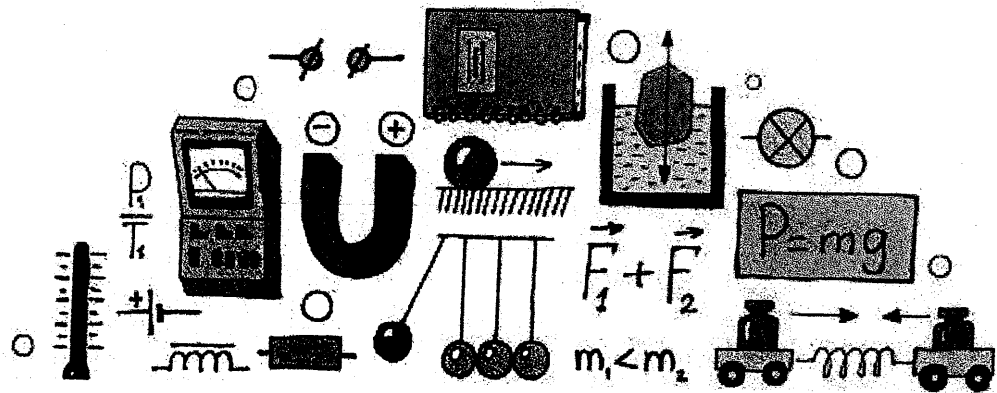
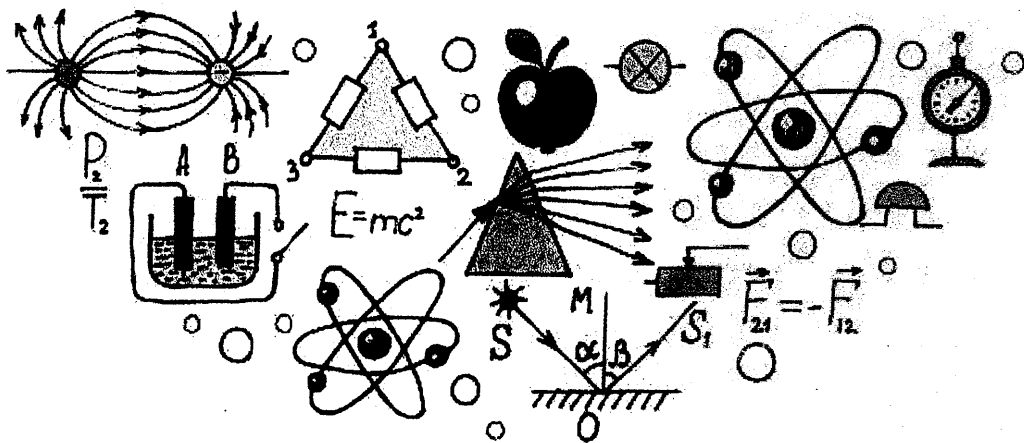


Hrvoje Miloloža



Skripta iz fizike



EDUKOS.
CENTAR ZNANJA

*Pitanje: **Kako si postao doktor?***

*Odgovor: **Godinama učenja i vježbanja.***

Citat iz filma Doctor Strange

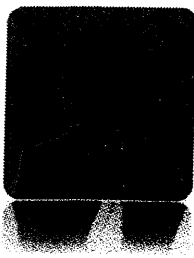
prazna stranica

SADRŽAJ

Uvodna riječ	7
Kako uspješno učiti	8
1. FIZIKALNI UVOD	10
2. MATEMATIČKI UVOD	23
3. JEDNOSTAVNA GIBANJA	25
4. ZAKONI OČUVANJA	37
5. DINAMIKA	47
6. SLOŽENA GIBANJA	60
7. FLUIDI	75
8. TERMIČKE POJAVE I PLINSKI ZAKONI	83
9. TERMODINAMIKA	100
10. ELEKTROSTATIKA	115
11. ISTOSMJERNA STRUJA	136
12. ELEKTROMAGNETIZAM	150
13. IZMJENIČNA STRUJA	165
14. TITRANJE	171
15. VALOVI	185
16. GEOMETRIJSKA OPTIKA	199
17. VALNA OPTIKA	210
18. SPECIJALNA TEORIJA RELATIVNOSTI	218
19. KVANTNA FIZIKA	225
20. NUKLEARNA FIZIKA	238
Završna riječ	251

prazna stranica

Uvodna riječ



Uspješno polaganje državne mature iz fizike u velikoj mjeri ovisi o razumijevanju fizikalne teorije i vještini rješavanja zadataka. Ova skripta nastala je iz potrebe da se na jednome mjestu objedine materijali koje sam tijekom godina davao polaznicima.

Skripta sadrži teorijske sažetke lekcija i zadatke s dosadašnjih matura. Zadaci su poredani od najnovijih prema najstarijima i raspoređeni u pripadajuće lekcije.

Fizika slovi kao jedan od najtežih predmeta na državnoj maturi. Moj pristup toj problematici je da od polaznika tražim redovito ponavljanje i osobnu odgovornost za svoje znanje. Budući da pripreme traju 4-8 mjeseci lako je opustiti se i zanemariti ponavljanje. Na idućoj stranici opisao sam kako doskočiti tom problemu.

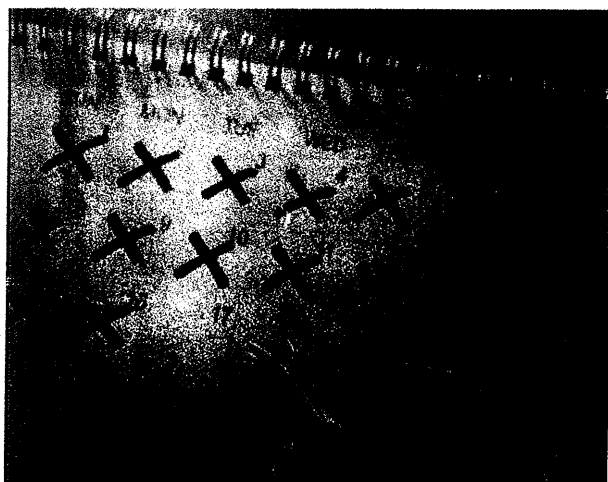
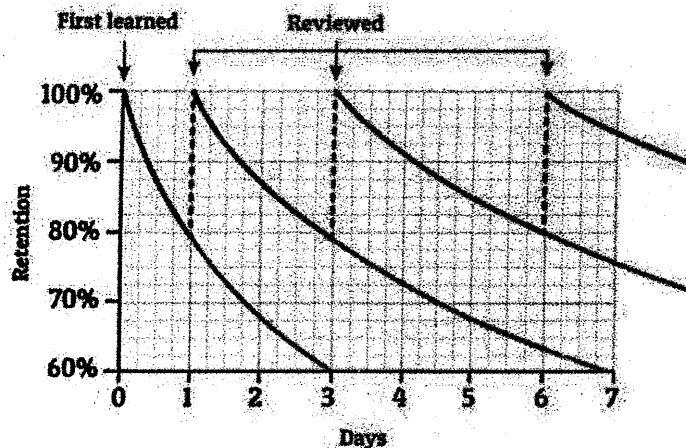
Htio bih se zahvaliti svim dosadašnjim polaznicima koji su me potaknuli na pisanje ove skripte i na svim njihovim komentarima koji su mi ukazali na gradivo koje im lakše ili teže sjeda. Nadam se da će naredna izdanja ove skripte biti sve bolja te da će pomoći i budućim polaznicima.

Pred nama je puno posla, ponavljanje i učenje fizike za sva 4 razreda srednje škole. Put je težak i dugačak, no do cilja se uvijek dolazi korak po korak. Krenimo s radom!

Kako uspješno učiti

Redovito ponavljanje gradiva je temelj uspješnog učenja.

Na slici desno prikazana je krivulja zaboravljanja. Nakon jednoga dana bez ponavljanja ljudi se sjećaju oko 80% onoga što su naučili. Nakon dva dana oko 68%, nakon tri dana oko 60% itd. Ta brzina zaboravljanja smanjuje se kada redovito ponavljamo. Jedan dan nakon ponavljanja gradiva u prosjeku se prisjećamo 88% gradiva (u odnosu na 80% bez ponavljanja), nakon drugog ponavljanja oko 90% itd. Bit je da se redovitim ponavljanjem naučeno gradivo premješta u dugotrajno pamćenje. Karakteristika tog pamćenja je da radi i pod stresom (tj. tijekom pisanja mature).



Zbog toga je važno napraviti plan redovitog ponavljanja gradiva. Pridržavanje plana ponavljanja treba pratiti na neki način. Dobar način je uzeti jedan kalendar i na njemu velikim crvenim slovom X označavati dane kada smo ponavljali. Kalendar stavimo na vidljivo mjesto tako da nas podsjeća na ponavljanje te da nas prošla ponavljanja potaknu na buduća.

Redovito ponavljanje bi trebalo trajati **barem 10 minuta**. Preporuča se ponavljati **naglas** jer se je tako puno lakše usredotočiti na gradivo u odnosu kada nešto ponavljamo u sebi.

Tijekom ponavljanja i pisanja zadaća treba **bilježiti** sve što nam nije jasno. Npr. zapisali smo da je konačna brzina nula ($v=0$ m/s) no nije nam jasno kako smo do toga došli. Uz to stavimo upitnik i na terminu pitamo za pojašnjenje.

1. FIZIKALNI UVOD

People do not decide their futures, they decide their habits and their habits decide their future.

-F.M. Alexander

POPIS FIZIKALNIH VELIČINA I PRIPADNIH MJERNIH JEDINICA

$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$s = v_0 t + a \frac{t^2}{2}$	$v = v_0 + at$
$v^2 = v_0^2 + 2as$	$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$	$f = \frac{1}{T}$	
KINEMATIKA			
Fizikalna veličina		Mjerne jedinice	
\bar{v} - srednja brzina		m/s	
Δs - prijeđeni put		m	
Δt - proteklo vrijeme		s	
\bar{a} - srednja akceleracija		m/s ²	
Δv - promjena brzine		m/s	
s - prijeđeni put		m	
v_0 - početna brzina		m/s	
v - konačna brzina		m/s	
t - proteklo vrijeme		s	
a - akceleracija		m/s ²	
a_{cp} - centripetalna akceleracija		m/s ²	
r - polumjer kružne putanje		m	
f - frekvencija		Hz	
T - period		s	

Dinamika			
$a = \frac{F}{m}$	$F_{tr} = \mu F_p$	$F_{elas} = kx$	$p = mv$
$F\Delta t = \Delta p$	$W = \Delta E$	$W = Fs \cos\alpha$	$E_k = \frac{mv^2}{2}$
$\Delta E_{gp} = mg\Delta h$	$E_{ep} = \frac{1}{2}kx^2$	$P = \frac{W}{t}$	$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

DINAMIKA	
	Mjerna jedinica
F - zbroj sila	N
m - masa tijela	kg
F_{tr} - sila trenja	N
μ - faktor trenja	broj
F_p - sila podloge	N
F_{elas} - elastična sila	N
k - konstanta elastičnosti opruge	N/m
x - produljenje opruge	m
p - količina gibanja	kgm/s
Δp - promjena količine gibanja	kgm/s
W - rad	J
ΔE - promjena ukupne energije	J
α - kut između smjera sile i smjera gibanja	stupanj
E_k - kinetička energija	J
E_{gp} - gravitacijska potencijalna energija	J
h - visina	m
E_{ep} - elastična potencijalna energija	J
P - snaga	W
F_G - gravitacijska sila	N
G - univerzalna gravitacijska konstanta	Nm ² /kg ²
m_1 i m_2 - mase tijela	kg
r - udaljenost središta dvaju tijela	m

$$p = \frac{F}{S} \qquad p = \rho gh \qquad F_u = \rho g V \qquad S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \qquad \rho = \frac{m}{V}$$

HIDROMEHANIKA	
Oznaka fizikalne veličine i naziv	Mjerne jedinice
<i>p</i> - tlak	<i>Pa</i>
<i>S</i> - površina	<i>m</i> ²
<i>ρ</i> - gustoća	<i>kg/m</i> ³
<i>g</i> - ubrzanje sile teže	<i>m/s</i> ²
<i>h</i> - dubina	<i>m</i>
<i>F_u</i> - sila uzgona	<i>N</i>
<i>V</i> - volumen	<i>m</i> ³
<i>S₁</i> i <i>S₂</i> - površine presjeka cijevi	<i>m</i> ²
<i>v₁</i> i <i>v₂</i> - brzine fluida u cijevima	<i>m/s</i>
<i>p₁</i> i <i>p₂</i> - statički tlakovi u cijevima	<i>Pa</i>

$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$	$\overline{E_k} = \frac{3}{2} k_B T$	$U = \frac{3}{2} N k_B T$	$pV = nRT$
$l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$	$Q = mc\Delta t$	$Q_t = m\lambda$	$Q_s = mr$
$Q = W + \Delta U$	$W = p\Delta V$	$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$	

FIZIKALNE VEŠTAČENJE	
Simbol	Vrijedna jedinica
n - količina tvari	mol
N - broj atoma ili molekula	broj
N_A - Avogadrova konstanta	mol ⁻¹
M - molarna masa	kg/mol
$\overline{E_k}$ - srednja kinetička energija jedne molekule	J
k_B - Boltzmannova konstanta	J/K
T - temperatura	K
U - unutarnja energija	J
R - opća plinska konstanta	J/Kmol
l - konačna duljina	m
l_0 - početna duljina	m
α - linearni koeficijent širenja	K ⁻¹
Q - toplina	J
Q_t - latentna toplina taljenja	J
λ - specifična toplina taljenja	J/kg
Q_s - latentna toplina isparavanja	J
r - specifična toplina isparavanja	J/kg
η - faktor korisnosti	broj

Elektricitet i magnetizam			
$F = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon_r r^2}$	$E = \frac{F}{q}$	$E = \frac{k q}{\epsilon_r r^2}$	$W = qU$
$E = \frac{U}{d}$	$\varphi = \frac{k q}{\epsilon_r r}$	$C = \frac{q}{U}$	$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$
$W = \frac{CU^2}{2}$	$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$	$I = \frac{U}{R}$	$R = \rho \frac{l}{S}$
$I = \frac{\epsilon}{R_0 + R_c}$	$P = UI$	$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2r\pi}$	$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{l}$
$F = BIl \sin \alpha$	$F_L = qvB \sin \alpha$	$\Phi = BS \cos \alpha$	$U_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
$U_i = -Blv \sin \alpha$	$I = \frac{U}{Z}$	$R_L = L\omega$	$R_C = \frac{1}{C\omega}$
$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$			

ELEKTRICITET I MAGNETIZAM	
Opisna fizikalna veličina i naziv	Mjerna jedinica
F- električna ili Coulombova sila	N
k- Coulombova konstanta	Nm ² /C ²
ε _r - relativna permitivnost sredstva	broj
ε ₀ - permitivnost vakuumu	N/A ²
q- električni naboj	C
E- jakost električnog polja	N/C
r- udaljenost središta dvaju nabijenih tijela	m
W- rad električne sile	J
U- napon ili razlika električnih potencijala	V
d- razmak ploča kondenzatora	m
φ- električni potencijal	V
r- udaljenost od nabijenog tijela	m
C- kapacitet kondenzatora	F
S- površina ploče kondenzatora	m ²
W- električna energija kondenzatora	J
I- jakost električne struje	A
Δq- količina naboja	C
R- električni otpor	Ω
ρ- električna otpornost	Ωm
l- duljina vodiča	m
ε- elektromotorni napon	V

R_u - unutarnji otpor	Ω
R_v - ukupni vanjski otpor	Ω
B - magnetska indukcija	T
μ_0 - permeabilnost vakuuma	N/A^2
μ_r - relativna permeabilnost	broj
r - udaljenost od vodiča	m
N - broj namotaja zavojnice	broj
l - duljina zavojnice	m
F - Ampereova sila	N
l - duljina vodiča	m
F_L - Lorentzova sila	N
v - brzina nabijene čestice	m/s
α - kut između v i B	stupanj
ϕ - magnetski tok	Wb
S - površina obuhvaćena vodičem koja se nalazi unutar magnetskog polja	m^2
α - kut između B i normale na površinu	stupanj
U_t - inducirani napon	V
$\Delta\phi$ - promjena magnetskog toka	Wb
v - brzina vodiča	m/s
α - kut između B i v	stupanj
Z - impedancija	Ω
R_L - induktivni otpor	Ω
L - induktivnost zavojnice	H
ω - kružna frekvencija	rad/s ili s^{-1}
R_C - kapacitivni otpor	Ω
R - ukupni omski otpor	Ω

$n = \frac{c}{v}$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$	$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$	$\frac{y'}{y} = -\frac{b}{a}$
$j = \frac{1}{f}$	$\lambda = \frac{sd}{a}$	$d \sin \alpha_k = k\lambda$	$\text{tg } \alpha_B = n$

<i>n</i> - indeks loma	broj
<i>c</i> - brzina svjetlosti u vakuumu	m/s
<i>v</i> - brzina svjetlosti u sredstvu	m/s
<i>α</i> - kut upada svjetlosti	stupanj
<i>β</i> - kut loma svjetlosti	stupanj
<i>a</i> - udaljenost predmeta od leće	m
<i>b</i> - udaljenost slike od leće	m
<i>f</i> - žarišna daljina (fokus)	m
<i>y'</i> - visina slike	m
<i>y</i> - visina predmeta	m
<i>j</i> - jakost leće	m ⁻¹ ili dpt
<i>λ</i> - valna duljina svjetlosti	m
<i>s</i> - razmak interferentnih pruga	m
<i>d</i> - razmak pukotina	m
<i>a</i> - udaljenost između pukotina i zastora	m
<i>d</i> - konstanta optičke rešetke	m
<i>α_k</i> - kut <i>k</i> -tog ogibnog maksimuma	stupanj
<i>k</i> - redni broj ogibnog maksimuma	broj
<i>α_B</i> - Brewsterov kut	stupanj
<i>n</i> - relativni indeks loma	broj

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad E_f = hf$$

$$E_k = E_f - W_i \quad \lambda = \frac{h}{p} \quad E_f = E_n - E_m = -13,6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); n > m$$

$$E = \Delta mc^2 \quad N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad A = \lambda N$$

VAŽIJDIBNA FIZIKA	
Simbol (oznaka)	Mjerna jedinica
L - relativistička duljina	m
L_0 - vlastita duljina	m
v - brzina sustava	m/s
T - relativističko vrijeme	s
T_0 - vlastito vrijeme	s
E - relativistička ukupna energija	J
E_f - energija fotona	J
h - Planckova konstanta	Js
f - frekvencija svjetlosti	Hz
E_k - kinetička energija elektrona	J
W_i - izlazni rad	J
λ - de Broglieva valna duljina	m
p - količina gibanja	kgm/s
E_n - energija elektrona na n -toj razini	J
E_m - energija elektrona na m -toj razini	J
n - redni broj elektronske staze	broj
m - redni broj elektronske staze	broj
E - oslobođena energija	J
Δm - defekt mase	kg
N - trenutni broj neraspadnutih jezgara	broj
N_0 - početni broj neraspadnutih jezgara	broj
t - proteklo vrijeme	s
T - vrijeme poluraspada	s
λ - konstanta raspada	s^{-1}
A - aktivnost uzorka	Bq

FIZIKALNE KONSTANTE	
Osnovna fizikalna konstanta - naziv	Mjerna jedinica
univerzalna gravitacijska konstanta	$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
ubrzanje sile teže	$g = 10 \text{ m/s}^2$
masa Zemlje	$M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
polumjer Zemlje	$R = 6370 \text{ km}$
atmosferski tlak	$p_a = 101325 \text{ Pa}$
unificirana atomska masa	$u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
opća plinska konstanta	$R = 8.314 \text{ J/Kmol}$
brzina svjetlosti u vakuumu	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
elementarni naboj	$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
masa elektrona	$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
masa protona	$m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Coulombova konstanta	$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
permitivnost vakuuma	$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
permeabilnost vakuuma	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
prag čujnosti	$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$
Boltzmannova konstanta	$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Planckova konstanta	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

POPIS NAJČEŠĆIH PREFIKSA, NJIHOVIH NAZIVA I BROJČANIH VRIJEDNOSTI

Manji od 1			Veći od 1		
Naziv	Oznaka	Vrijednost	Naziv	Oznaka	Vrijednost
deci	<i>d</i>	10^{-1}	deka	<i>da</i>	10^1
centi	<i>c</i>	10^{-2}	hekto	<i>h</i>	10^2
mili	<i>m</i>	10^{-3}	kilo	<i>k</i>	10^3
mikro	μ	10^{-6}	mega	<i>M</i>	10^6
nano	<i>n</i>	10^{-9}	giga	<i>G</i>	10^9
piko	<i>p</i>	10^{-12}	tera	<i>T</i>	10^{12}

POTENCIRANJE PREFIKSA ZA PRETVARANJE MJERNIH JEDINICA

Primjer:

- a) $17 \text{ mm} = 17 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- b) $17 \text{ mm}^2 = 17 \cdot (\text{mm})^2 = 17 \cdot (10^{-3} \text{ m})^2 = 17 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- c) $17 \text{ mm}^3 = 17 \cdot (\text{mm})^3 = 17 \cdot (10^{-3} \text{ m})^3 = 17 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$

SKALARNE I VEKTORSKE FIZIKALNE VELIČINE

Skalarne fizikalne veličine opisane su samo iznosom.

Primjeri su: put, vrijeme, temperatura, period, frekvencija, rad, energija, snaga, gustoća, masa, volumen, toplina, električni naboj, napon, električni otpor, indeks loma...

Vektorske fizikalne veličine opisane su iznosom, smjerom i hvatištem.

Primjeri su: pomak, brzina, akceleracija, količina gibanja, sila, jakost električnog polja, magnetska indukcija...

MJERNE JEDINICE ZA VRIJEME

godina	365 dana ili 12 mjeseci
mjesec	30 dana
tjedan	7 dana
dan	24 sata
sat	60 minuta
minuta	60 sekundi

NEKE NESTANDARDNE MJERNE JEDINICE

<i>km/h</i>	$\frac{1}{3.6} \text{ m/s}$
<i>t (tona)</i>	1000 <i>kg</i>
<i>L (litra)</i>	$\text{dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$

SREDNJE VRIJEDNOSTI I POGREŠKE MJERENJA

Primjer:

Mjereći jakost struje I dobivene su sljedeće vrijednosti:

$$I_1 = 7.12 \text{ A} \quad I_2 = 7.14 \text{ A} \quad I_3 = 7.09 \text{ A} \quad I_4 = 7.10 \text{ A} \quad I_5 = 7.15 \text{ A}$$

Rezultat mjerenja se zapisuje u obliku (srednja vrijednost \pm maksimalna apsolutna pogreška).

$$\text{U gornjem primjeru srednja vrijednost je } \bar{I} = \frac{7.12+7.14+7.09+7.10+7.15}{5} = 7.12 \text{ A}$$

Apsolutne pogreške su:

$$\Delta I_1 = |I_1 - \bar{I}| = |7.12 - 7.12| = 0 \text{ A}$$

$$\Delta I_2 = |I_2 - \bar{I}| = |7.12 - 7.14| = 0.02 \text{ A}$$

$$\Delta I_3 = |I_3 - \bar{I}| = |7.12 - 7.09| = 0.03 \text{ A}$$

$$\Delta I_4 = |I_4 - \bar{I}| = |7.12 - 7.10| = 0.02 \text{ A}$$

$$\Delta I_5 = |I_5 - \bar{I}| = |7.12 - 7.15| = 0.03 \text{ A}$$

Prema tome, rezultat mjerenja se zapisuje u obliku

$$I = (7.12 \pm 0.03) \text{ A}$$

ZADACI

1.1 Dobili ste dijamant. Izvagali ste ga i dobili sljedeće vrijednosti: $m_1 = 8,15$ g, $m_2 = 8,16$ g, $m_3 = 8,17$ g, $m_4 = 8,19$ g i $m_5 = 8,23$ g. Kolika je srednja vrijednost ovog mjerenja i pripadna maksimalna apsolutna pogreška?
R: $\bar{m} = 8,18$ g, $|\Delta m|_{max} = 0,05$ g

1.2 Učenici su izmjerili sljedeće vrijednosti napona na polovima neopterećene baterije: 4.50 V, 4.51 V, 4.53 V i 4.50 V. Koliko iznosi maksimalna apsolutna pogreška njihovoga mjerenja? R: A

- A) 0.02 V B) 0.03 V C) 4.50 V D) 4.53 V

1.3 Učenici su izmjerili sljedeće vrijednosti napona na polovima neopterećene baterije: 1.50 V, 1.51 V, 1.53 V i 1.50 V. Koji od predloženih odgovora predstavlja ispravan zapis rezultata toga mjerenja? R: C

- A. (1.50 ± 0.03) V
B. (1.50 ± 0.01) V
C. (1.51 ± 0.02) V
D. (1.51 ± 0.03) V

1.4 Učenici su u pokusu s interferencijom svjetlosti na dvjema pukotinama četiri puta mjerili razmak između susjednih interferentnih pruga i dobivene vrijednosti zapisali u tablicu. Koji je rezultat njihova mjerenja s pripadnom maksimalnom apsolutnom pogreškom? R: $s = (2,3 \pm 0,2)$ mm

s/mm	2,5	2,2	2,3	2,2
------	-----	-----	-----	-----

1.5 Učenici su četiri puta mjerili valnu duljinu svjetlosti pomoću interferencije svjetlosti na dvjema pukotinama i dobivene vrijednosti za isti izvor zapisali u tablicu. Koji je rezultat njihova mjerenja zajedno s pripadnom maksimalnom apsolutnom pogreškom? R: $\lambda = (646 \pm 30)$ nm

λ /nm	650	630	676	628
---------------	-----	-----	-----	-----

2. MATEMATIČKI UVOD

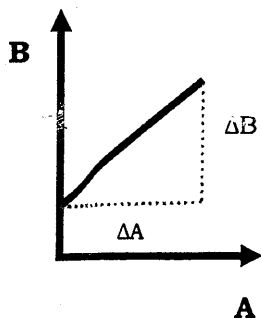
Knowing and not doing is same as not knowing.

-Robin Sharma

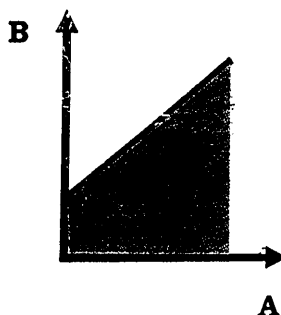
OSNOVNE MATEMATIČKE FORMULE

Površina kvadrata „stranica puta stranica“ $P = a \cdot a = a^2$	Površina pravokutnika „stranica puta visina“ $P = a \cdot b$	Površina pravokutnog trokuta „stranica puta visina kroz dva“ $P = \frac{a \cdot b}{2}$
Površina kruga „pi puta polumjer na kvadrat“ $P = \pi r^2$	Opseg kruga „dva pi puta polumjer“ $O = 2\pi r$	Volumen kugle „četiri trećine pi puta polumjer na treću“ $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
Površina kugle „četiri pi puta polumjer na kvadrat“ $S = 4\pi r^2$	Pitagorin poučak „kvadrat hipotenuze jednak je zbroju kvadrata kateta“ $c^2 = a^2 + b^2$	Volumen valjka „pi puta polumjer na kvadrat puta visina“ $V = \pi r^2 h$
$\sin \alpha = \frac{\text{nasuprotna kateta}}{\text{hipotenuza}}$	$\cos \alpha = \frac{\text{prilezeca kateta}}{\text{hipotenuza}}$	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{nasuprotna kateta}}{\text{prilezeca kateta}}$

NAGIB I POVRŠINA KOD GRAFOVA

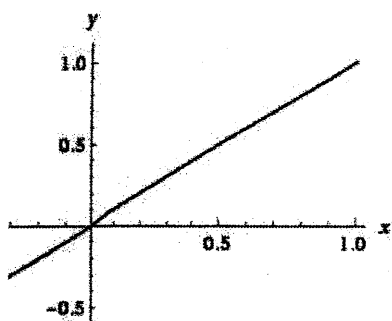
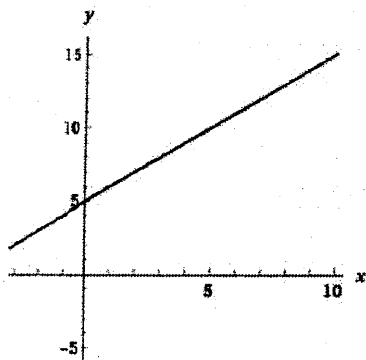
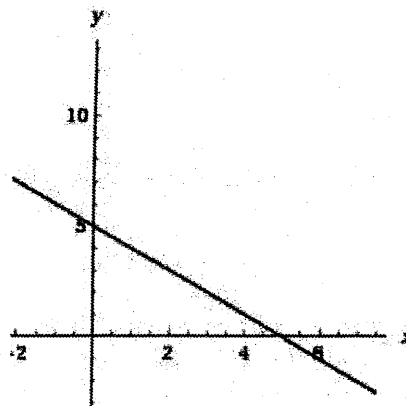
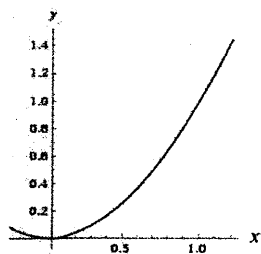
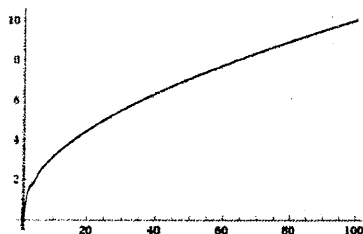
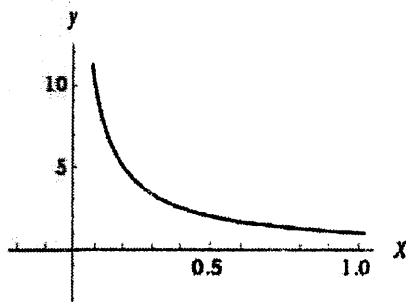
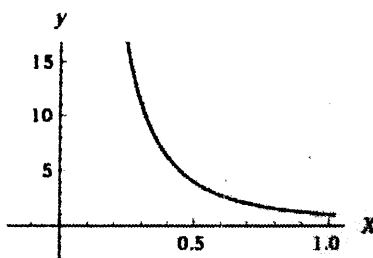


$$\text{nagib} = \frac{\Delta B}{\Delta A}$$



$$\text{površina} = \Delta A \cdot \Delta B \text{ ili } \frac{\Delta A \cdot \Delta B}{2}$$

(kombinacija pravokutnika i pravokutnih trokuta)

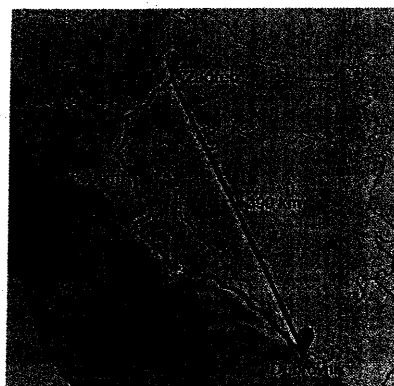
IZGLED OSNOVNIH GRAFOVA**PRAVAC $y = x$** **PRAVAC $y = x + 5$** **PRAVAC $y = -x + 5$** **PARABOLA $y = x^2$** **KORIJEN $y = \sqrt{x}$** **HIPERBOLA $y = \frac{1}{x}$** **POLINOM $y = \frac{1}{x^2}$** 

3. JEDNOSTAVNA GIBANJA

You don't need to be great to get started, but you have to start to be great.

-Zig Ziglar

Gibanje je osnovna pojava u fizici, a njome označavamo promjenu položaja tijela tijekom vremena. **Položaj** je mjesto na kojemu se tijelo trenutno nalazi. Matematički ga najčešće opisujemo koordinatom x za gibanje na pravcu, koordinatama x i y za gibanje u ravnini i koordinatama x, y i z za gibanje u prostoru. Položaj tijela grafički najčešće prikazujemo $x-t$ grafom za gibanje u 1 dimenziji i $y-x$ grafom za gibanje u 2 dimenzije.



Na slici desno označena su 2 položaja tijela (npr. automobila), Zagreb i Dubrovnik. Vektor koji spaja početni i konačni položaj naziva se **pomak** (ravna crta na slici), a njegov iznos naziva se **udaljenost** (390 km). Crta koja povezuje sve točke kroz koje je tijelo prošlo tijekom svog gibanja naziva se **putanja** (krivudava linija na slici), a njena duljina **put** (600 km).

Najčešće oznake su:

- x – položaj
- d – pomak
- r – udaljenost
- s – put

Hint: Put se uvijek povećava neovisno o smjeru gibanja. Smanjuje li se neka veličina na grafu onda se ne radi o putu.

Vrijeme koje prođe dok se nešto događa nazivamo **vremenskim intervalom**, a označavamo oznakom t ili Δt .

Pomoću navedenih veličina definiraju se i sljedeće veličine:

- srednja brzina po pomaku - količnik pomaka i pripadnog vremenskog intervala, $\bar{v} = \frac{d}{t}$

- srednja brzina tijela po putu - količnik puta i pripadnog vremenskog intervala $\bar{v} = \frac{s}{t}$ Često se gibanja sastoje od više dijelova pa s (ili Δs) označava ukupni put, a t (ili Δt) ukupno vrijeme.

- akceleracija- količnik promjene brzine i pripadnog vremenskog intervala $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Najjednostavnije vrste gibanja su ona koja se odvijaju u 1 dimenziji (pravocrtna gibanja):

1. Jednoliko pravocrtno gibanje stalnom brzinom
2. Jednoliko pravocrtno ubrzano gibanje
3. Jednoliko pravocrtno usporeno gibanje

Za sve 3 vrste gibanja vrijede jednake početne formule:

$$v = v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

1. JEDNOLIKO PRAVOCRTNO GIBANJE STALNOM BRZINOM

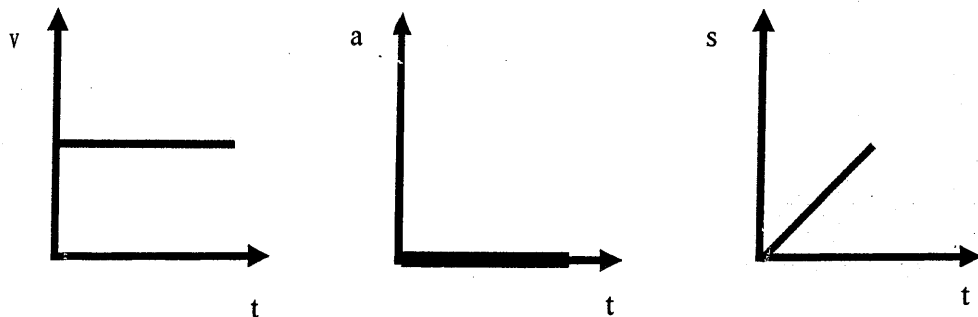
Glavne karakteristike ovog gibanja su:

- brzina tijela je stalna (konstantna), tj. $v = v_0$
- akceleracija tijela je stalna i iznosi nula, tj. $a = 0 \text{ m/s}^2$
- tijelo u jednakim vremenskim intervalima prijeđe jednake puteve, tj. udaljenost susjednih položaja tijela je stalna (donja slika prikazuje uzastopne položaje tijela koje se giba prema desno, a gledano od gore)



Hint: Ovo gibanje skraćeno nazivamo jednoliko gibanje.

Grafovi:



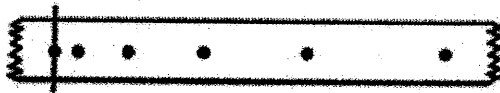
Jednolikom gibanju pripada i mirovanje:

- brzina tijela je stalna (konstantna), tj. $v = v_0 = 0 \text{ m/s}$
- akceleracija tijela je stalna i iznosi nula, tj. $a = 0 \text{ m/s}^2$
- tijelo se ne giba (s-t graf je horizontalan)

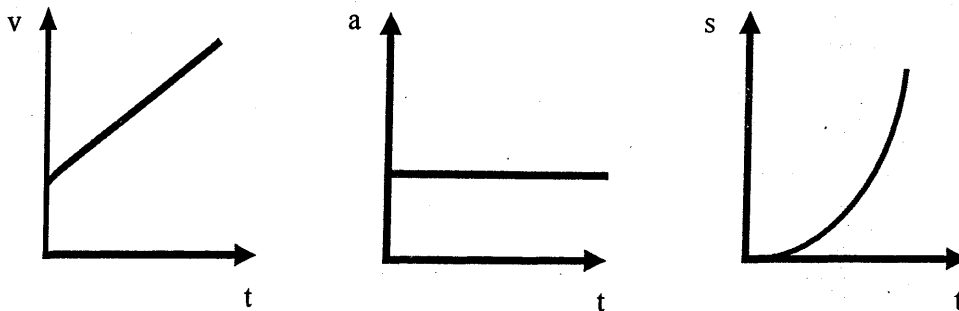
2. JEDNOLIKO PRAVOCRTNO UBRZANO GIBANJE

Glavne karakteristike ovog gibanja su:

- brzina tijela se u jednakim vremenskim intervalima povećava za iste iznose
- akceleracija tijela je stalna i pozitivna
- tijelo u jednakim vremenskim intervalima prelazi sve veće puteve, tj. udaljenost susjednih položaja tijela je sve veća (donja slika prikazuje uzastopne položaje tijela koje se giba prema desno, a gledano od gore)



Grafovi:



Poseban slučaj jednolikog pravocrtnog ubrzanog gibanja je SLOBODAN PAD za kojega vrijedi:

- početna brzina je nula $v_0 = 0 \text{ m/s}$
- akceleracija iznosi 10 m/s^2 i označava se slovom g (akceleracija Zemljine sile teže)
- prijeđeni put se označava slovom h

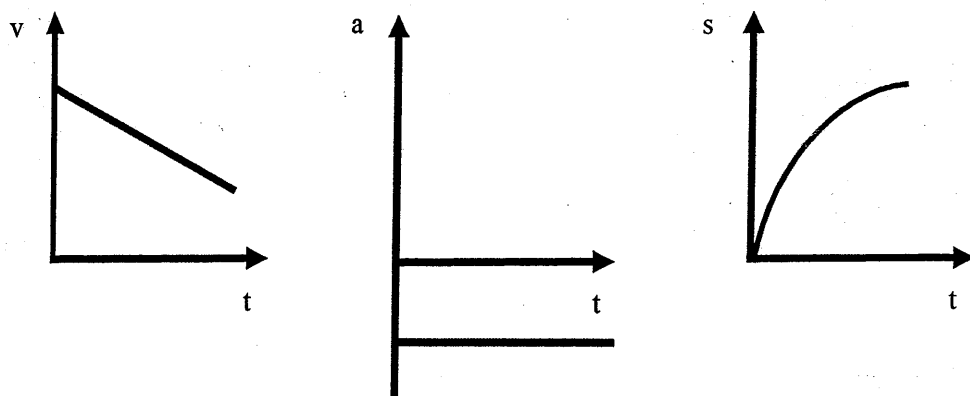
3. JEDNOLIKO PRAVOCRTNO USPORENO GIBANJE

Glavne karakteristike ovog gibanja su:

- brzina tijela se u jednakim vremenskim intervalima smanjuje za iste iznose
- akceleracija tijela je stalna i negativna
- tijelo u jednakim vremenskim intervalima prelazi sve manje puteve, tj. udaljenost susjednih položaja tijela je sve manja (donja slika prikazuje uzastopne položaje tijela koje se giba prema desno, a gledano od gore)



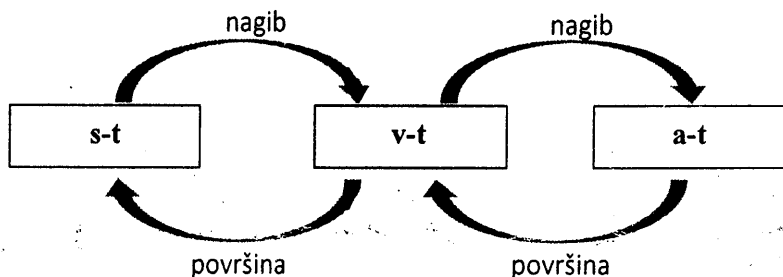
Grafovi:



Hint: Iako tijelo usporava prijeđeni put se povećava (vidi s-t graf). Brzina se smanjuje, akceleracija je stalna, a put se povećava.

Hint: Dok god je akceleracija pozitivna (čak i kada se smanjuje) tijelo ubrzava.

Veza među grafovima:



Česta pogreška je korištenje formule za srednju brzinu po putu $\bar{v} = \frac{s}{t}$ kod ubrzanog ili usporenog gibanja. U situaciji kada znamo prijeđeni put i proteklo vrijeme, tj. imamo zadano s i t , a tijelo se giba ubrzano ili usporeno treba koristiti ove formule

$$v = v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Iznimka je jednoliko kružno gibanje kod kojega postoji (centripetalna) akceleracija, a formula $\bar{v} = \frac{s}{t}$ se smije koristiti jer je iznos brzine stalan.

Hint: Kod nejednolikih gibanja akceleracija nije stalna (tj. mijenja svoju vrijednost (povećava i/ili smanjuje)). To se vidi na a-t grafu koji više nije stalan, a v-t graf postaje zakrivljen, tj. nije više ravan. Najpoznatiji primjer nejednolikog gibanja je titranje.

Kinematika

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$s = v_0t + a\frac{t^2}{2}$$

$$v = v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

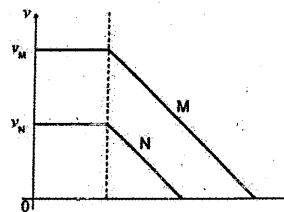
$$a_{\text{cp}} = \frac{v^2}{r}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

ZADACI

3.1 Graf prikazuje ovisnost brzine o vremenu za dva automobila u kojima vozači počinju kočiti kako bi se zaustavili ispred semafora. Početna brzina automobila M dva je puta veća od početne brzine automobila N. Koja je od navedenih tvrdnja o akceleracijama automobila i prijeđenim putovima od početka kočenja do zaustavljanja automobila M i N točna? R3035

A) $a_M = a_N$ i $s_M = 2s_N$ B) $a_M = 2a_N$ i $s_M = 2s_N$ C) $a_M = a_N$ i $s_M = 4s_N$ D) $a_M = 2a_N$ i $s_M = 4s_N$

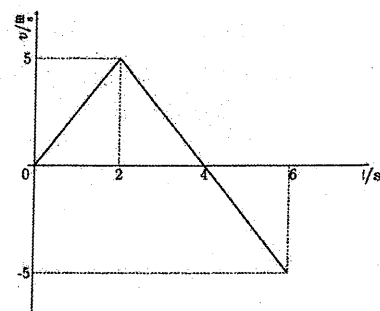


3.2 U trenutku uključivanja zelenoga svjetla na semaforu s križanja iz mirovanja počinje ubrzavati automobil akceleracijom 2 m/s^2 . U susjednome prometnom traku u istome smjeru jednoliko se pravocrtno giba kamion brzinom 20 m/s . Kamion se nije zaustavio na križanju i u trenutku polaska automobila prolazi pored njega. Nakon koliko će vremena automobil sustići kamion? R3034

A) nakon 5 s B) nakon 10 s C) nakon 15 s D) nakon 20 s

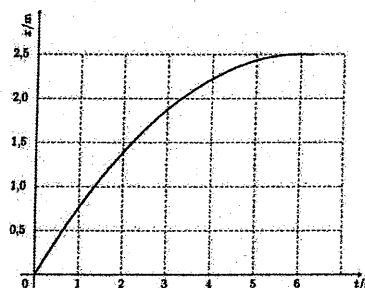
3.3 Na slici je prikazan graf ovisnosti brzine tijela o vremenu. Koliki su put s i pomak x tijela nakon 6 sekunda od početka gibanja? R3033

- A. $s = 5 \text{ m}$ i $x = 5 \text{ m}$
- B. $s = 15 \text{ m}$ i $x = 0 \text{ m}$
- C. $s = 5 \text{ m}$ i $x = -5 \text{ m}$
- D. $s = 15 \text{ m}$ i $x = 5 \text{ m}$



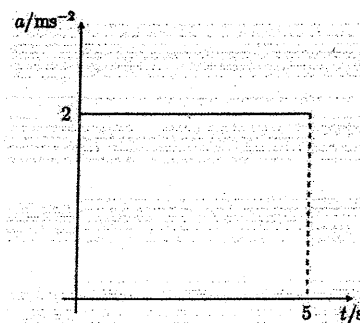
3.4 Na slici je prikazan x,t graf gibanja autića. Koja je od navedenih tvrdnja o gibanju autića točna? R3032

- A. Autić ima stalnu akceleraciju tijekom cijeloga puta.
- B. Autić postigne najveću brzinu nakon šest sekunda.
- C. Autić prijeđe ukupni put jednak površini ispod x,t grafa.
- D. U šestoj sekundi autić prijeđe veći put nego u prvoj sekundi.



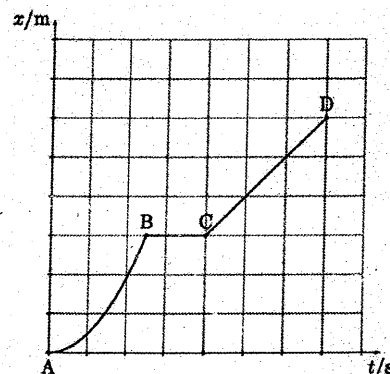
3.5 Na slici je prikazan a,t graf za jednoliko ubrzano gibanje električnoga romobila. Kolika je konačna brzina romobila nakon 5 sekunda ako mu je početna brzina bila 18 km/h ? R3031

- A. 5 m/s
- B. 10 m/s
- C. 15 m/s
- D. 25 m/s



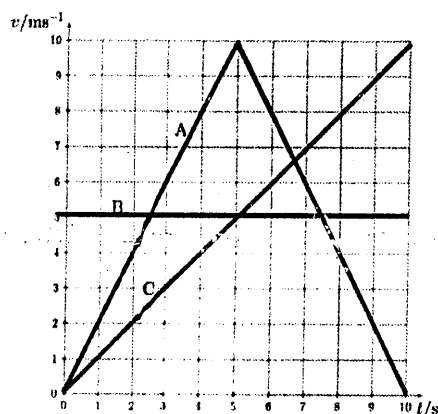
3.6 Na slici je prikazan graf ovisnosti položaja tijela o vremenu. Koji dio grafa prikazuje ubrzano gibanje? R3030

- A. AB
- B. BC
- C. CD
- D. AD

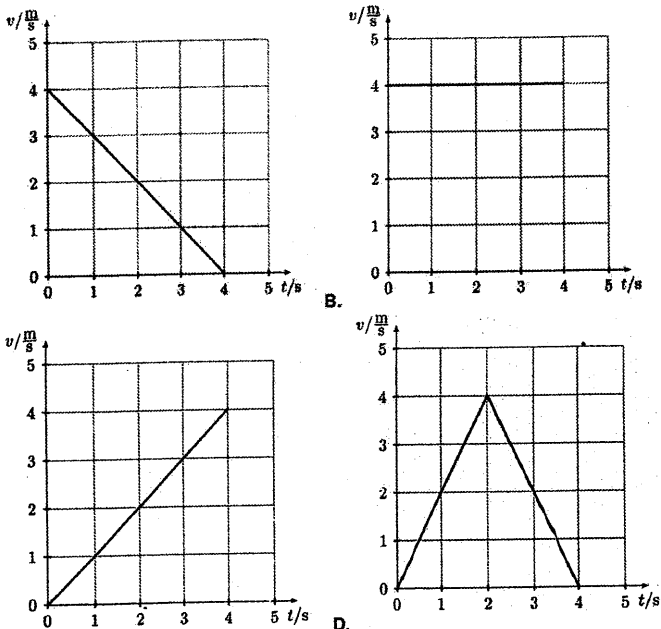


3.7 Na slici je prikazan graf ovisnosti brzine o vremenu za tri tijela A, B i C. Kako se odnose putovi s_A , s_B i s_C koje su tijela prešla za 10 sekundi? R3029

- A. $s_A > s_B > s_C$
- B. $s_A > s_B = s_C$
- C. $s_A = s_B > s_C$
- D. $s_A = s_B = s_C$



8 Na slici je prikazana ovisnost brzine o vremenu za četiri tijela. Koje je tijelo prešlo najveći put? R3028



9 Gibanje tijela snimljeno je uz pomoć elektromagnetskoga tipkala koje ostavlja trag na papirnatoj traci. Tračica se pomakne za 0,02 sekunde. Podatci o prijeđenome putu i vremenu prikazani su u tablici. Koliki je put tijelo prešlo za jednu sekundu ako se cijelo vrijeme gibalo na isti način? R3027

	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
put	2	8	18	32	50

- A) 44 cm
- B) 50 cm
- C) 64 cm
- D) 80 cm

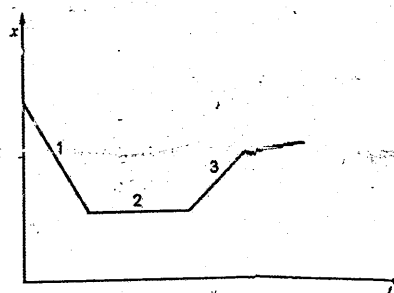
10 Automobil kreće iz mirovanja po ravnoj cesti stalnim ubrzanjem iznosa 1 m/s^2 . Kolika je brzina automobila nakon 98 metara? R3026

11 Automobil se prvih 5 km giba stalnom brzinom 60 km/h, a sljedećih 5 km stalnom brzinom 100 km/h. Kolika je srednja brzina automobila tijekom cijeloga puta? R3025

- A) 60 km/h
- B) 75 km/h
- C) 80 km/h
- D) 100 km/h

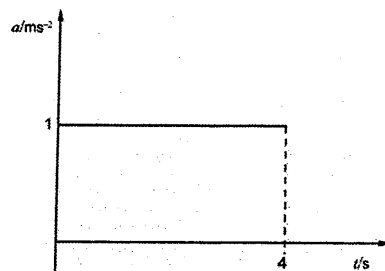
12 Na slici je prikazan x,t graf gibanja tijela. Kako se giba tijelo u intervalima označenim brojevima 1, 2 i 3? R3024

- 1 – jednoliko ubrzano, 2 – jednoliko pravocrtno, 3 – jednoliko usporeno
- 1 – jednoliko usporeno, 2 – mirovanje tijela, 3 – jednoliko pravocrtno
- 1 – jednoliko usporeno, 2 – mirovanje tijela, 3 – jednoliko ubrzano
- 1 – jednoliko pravocrtno, 2 – mirovanje tijela, 3 – jednoliko pravocrtno



3.13 Tijelo se giba jednoliko ubrzano i u četvrtoj sekundi prijeđe put od 10,5 m. Kolika je akceleracija tijela ako je tijelo na početku mirovalo? R3023

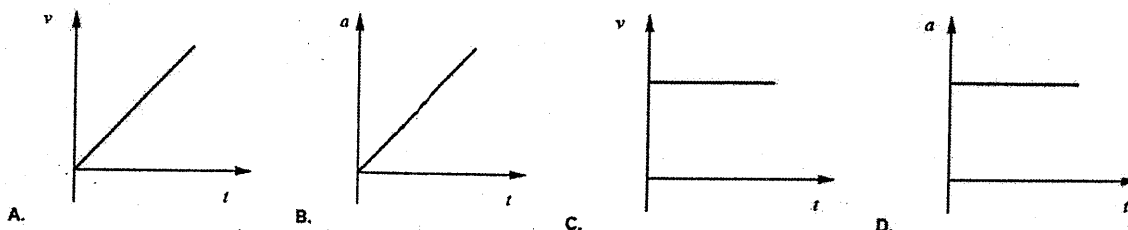
- A) 1.31 m/s² B) 2.33 m/s² C) 2.63 m/s² D) 3 m/s²



3.14 Na slici je prikazan a,t graf gibanja tijela. Kolika je konačna brzina tijela ako je početna brzina 4 m/s? R3022

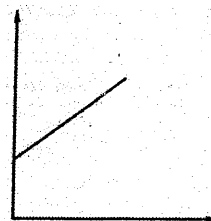
- A) 4 m/s B) 8 m/s C) 12 m/s D) 24 m/s

3.15 Nakon vremena t tijelo prijeđe put koji je opisan izrazom $s = 3 \text{ m} + 5 \text{ ms}^{-1} t$. Koji od ponuđenih grafova opisuje gibanje toga tijela? R3021

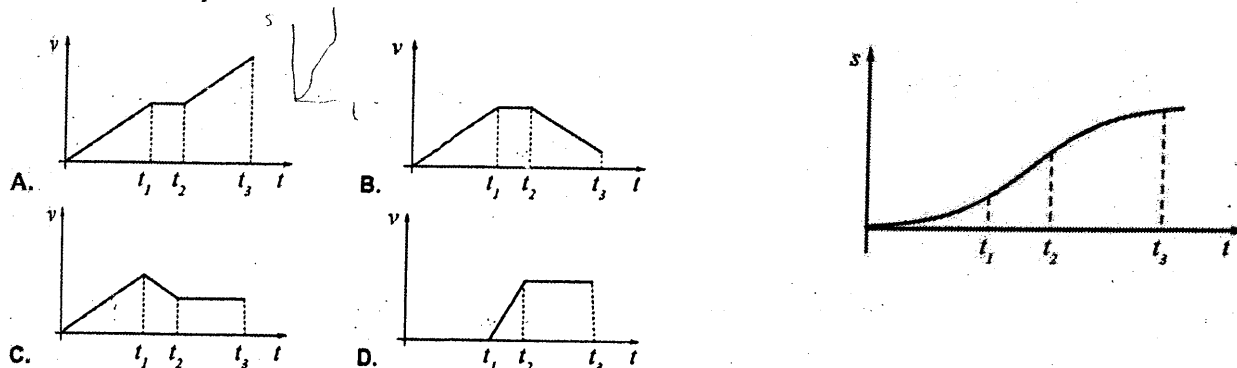


3.16 Na slici je prikazan graf ovisnosti brzine o vremenu za tijelo koje se giba. Čime je određen prevaljeni put toga tijela tijekom gibanja? R3020

- A) nagibom grafa B) površinom ispod grafa
C) odsječkom na apscisi D) odsječkom na ordinati



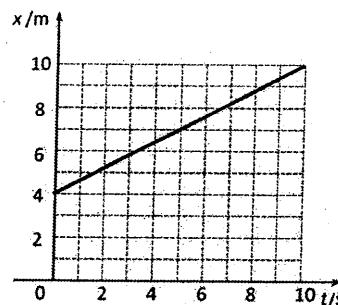
3.17 Na slici je prikazan graf ovisnosti puta o vremenu za tijelo koje se giba. Koji graf prikazuje ovisnost brzine o vremenu za to tijelo? R3019



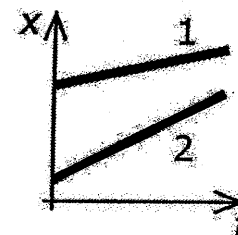
3.18 Kamen slobodno pada i udari u tlo brzinom 50 m/s. S koje je visine pao kamen? Zanemarite otpor zraka.
R3018

3.19 Automobil se prvu petinu puta giba brzinom 72 km/h, a preostali dio puta brzinom 36 km/h. Kolika je srednja brzina automobila na čitavome putu?
R3017

3.20 Graf prikazuje ovisnost položaja tijela o vremenu za tijelo koje se giba jednoliko po pravcu. Koliko iznosi srednja brzina tijela tijekom gibanja? R3016

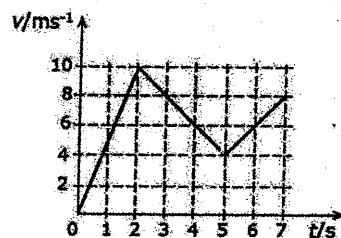


3.21 Crtež prikazuje dijagrame položaja u ovisnosti o vremenu za tijelo 1 i tijelo 2. Koja je od navedenih tvrdnja za ta tijela točna? R3015



- A. Tijelo 1 ima veću brzinu od tijela 2.
- B. Tijelo 1 ima veću akceleraciju od tijela 2.
- C. Tijelo 2 ima veću brzinu od tijela 1.
- D. Tijelo 2 ima veću akceleraciju od tijela 1.

3.22 Crtež prikazuje graf brzine nekoga tijela u ovisnosti o vremenu. Koji crtež prikazuje graf akceleracije toga tijela u ovisnosti o vremenu? R3014



- A. a/ms⁻² vs t/s
- B. a/ms⁻² vs t/s
- C. a/ms⁻² vs t/s
- D. a/ms⁻² vs t/s

3.23 Koji od ponuđenih grafova prikazuje iznos brzine koji se jednoliko smanjuje? R3013

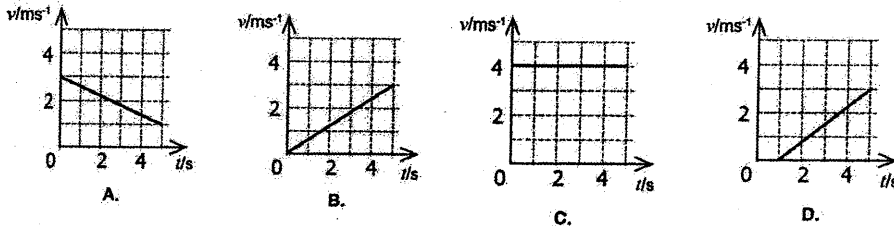
- A. v/ms⁻¹ vs t/s
- B. v/ms⁻¹ vs t/s
- C. v/ms⁻¹ vs t/s
- D. v/ms⁻¹ vs t/s

3.24 Grafovi prikazuju iznos akceleracije tijela u ovisnosti o vremenu. Koji od ponuđenih grafova prikazuje gibanje u kojemu se iznos brzine čitavo vrijeme jednoliko povećava? R3012

- A. a vs t
- B. a vs t
- C. a vs t

3.25 Tijelo se giba po pravcu. Početna brzina tijela iznosi 5 m/s. Nakon prijeđena 4 m brzina tijela iznosi 1 m/s. Koliko iznosi srednja akceleracija tijela? Orijentacija brzine tijela se ne mijenja. R3011

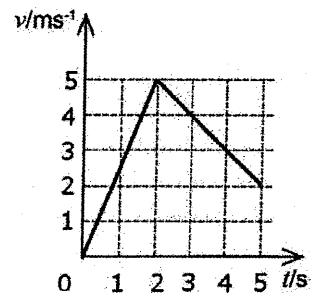
3.26 Prikazani su grafovi brzine u ovisnosti o vremenu za četiri gibanja. Koji od sljedećih grafova prikazuje gibanje s akceleracijom najvećega iznosa? R3010



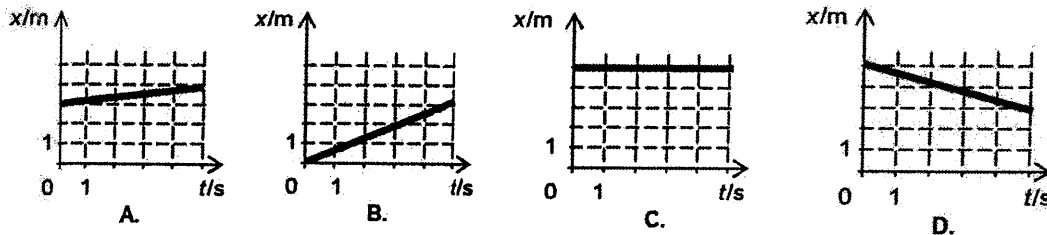
3.27 Krenuvši iz mirovanja, automobil se giba jednoliko ubrzano te nakon 10 s postigne brzinu 20 m/s. Automobil se sljedećih 10 s giba jednoliko brzinom koju je imao na kraju desete sekunde. Kolika je srednja brzina automobila za tih 20 s gibanja? R3009

- A) 10 m/s B) 15 m/s C) 20 m/s D) 30 m/s

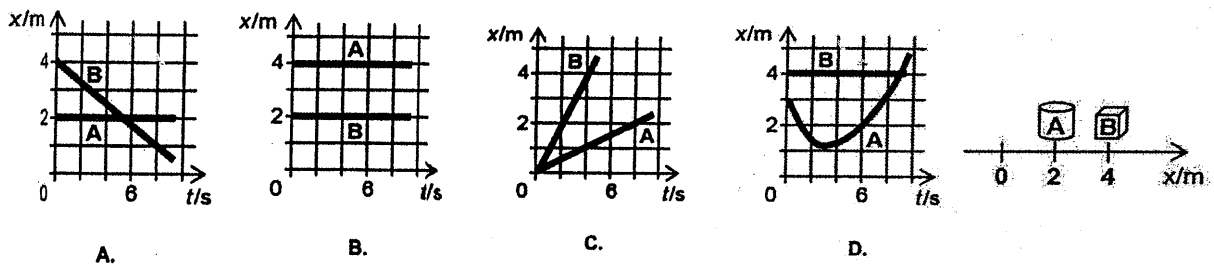
3.28 Na crtežu je prikazan (v, t) graf gibanja nekoga tijela. Koliko iznosi srednja brzina tijela tijekom prvih 5 s gibanja? R3008



3.29 Crtež prikazuje grafove položaja u ovisnosti o vremenu za četiri tijela. Koje tijelo ima najveću brzinu u $t = 1$ s? R3007

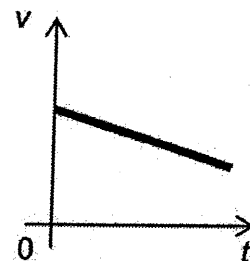


3.30 Crtež prikazuje položaje valjka A i kocke B u trenutku $t = 6$ s. Koji od navedenih grafova položaja u ovisnosti o vremenu odgovara tom crtežu? R3006



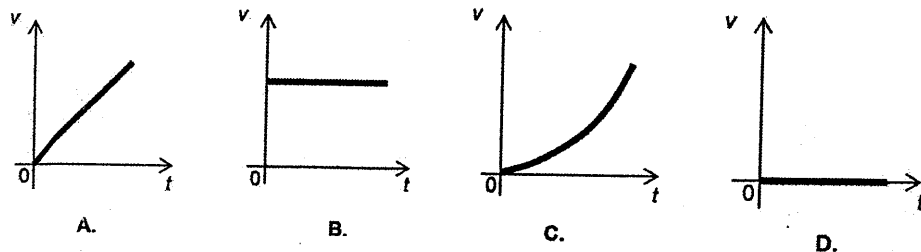
3.31 Automobil se giba jednoliko brzinom 108 km/h po ravnoj autocesti. Ususret mu dolazi kamion jednolikom brzinom 25 m/s. Ako su u tom trenutku automobil i kamion udaljeni 500 m, za koliko će se vremena udaljenost između njih smanjiti na 100 m? R3005

3.32 Na crtežu je prikazan dijagram brzine u ovisnosti o vremenu za pravocrtno gibanje nekoga tijela. Kakva je akceleracija toga tijela tijekom njegova gibanja? R3004

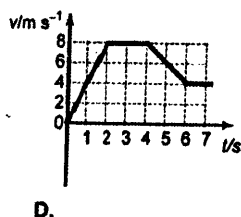
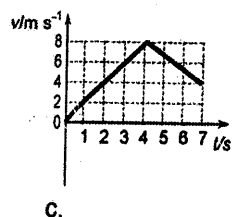
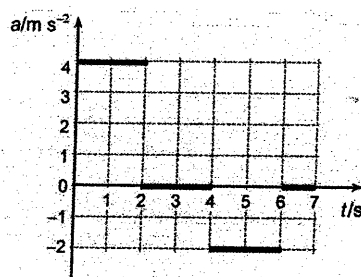
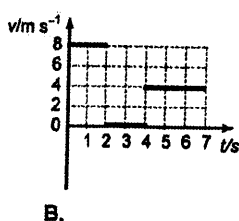
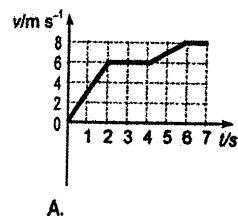


- A. Akceleracija tijela je jednaka nuli.
- B. Akceleracija tijela je stalna i različita od nule.
- C. Akceleracija tijela se jednoliko povećava.
- D. Akceleracija tijela se jednoliko smanjuje.

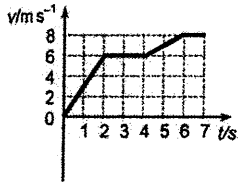
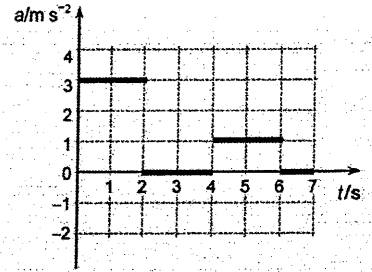
3.33 Koji od grafova prikazuje ovisnost brzine o vremenu za jednoliko ubrzano gibanje? R3003



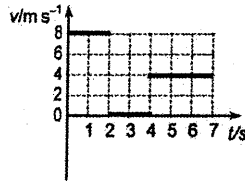
3.34 Slika prikazuje graf ubrzanja nekoga tijela u ovisnosti o vremenu. Tijelo se giba duž x-osi. U trenutku $t = 0$ s tijelo ima brzinu $v_0 = 0$ m/s. Koja slika prikazuje graf brzine toga tijela u ovisnosti o vremenu? R3002



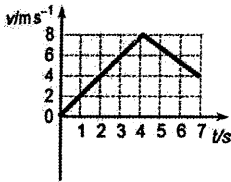
3.35 Slika prikazuje graf ubrzanja nekoga tijela u ovisnosti o vremenu. Tijelo se giba duž x-osi. U trenutku $t = 0$ s tijelo miruje, tj. $v_0 = 0$ m/s. Koja slika prikazuje graf brzine toga tijela u ovisnosti o vremenu? R3001



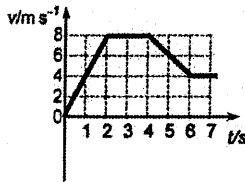
A.



B.



C.



D.

4. ZAKONI OČUVANJA

Focus is a matter of deciding what thing's you're not going to do.

-John Carmack

RAD I ENERGIJA U FIZICI

Rad u fizici definiramo kao umnožak sile F , puta s na kojem je ta sila djelovala te kosinusa kuta između smjera sile i smjera gibanja tijela

$$W = Fscos\alpha$$

Ovisno o iznosu kuta α rad može pozitivan, negativan ili nula.

Energija je veličina koja iskazuje sposobnost tijela da obavlja rad. Energija se javlja u dvije osnovne vrste: kinetička energija i potencijalna energija. Te dvije vrste energije mogu poprimiti različite oblike: mehanička energija, unutarnja energija, toplinska energija, električna energija, magnetska energija, kemijska energija, nuklearna energija, ...

U ovom dijelu promatrati ćemo samo **mehaničku energiju**, tj. zbroj kinetičke, gravitacijske potencijalne i elastične potencijalne energije:

$$E_{mehanička} = E_k + E_{gp} + E_{ep}$$

KINETIČKA ENERGIJA- E_k - energija gibanja, ima ju svako tijelo koje se giba. Tijelo koje miruje (brzina v je nula) nema kinetičku energiju.

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

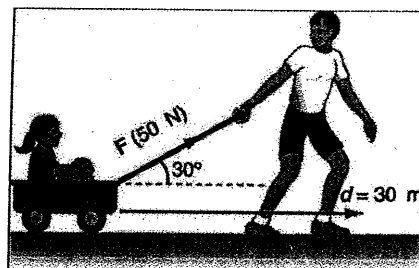
POTENCIJALNA ENERGIJA- E_p - energija koja je posljedica djelovanja sile i ovisi o položaju tijela prema drugim tijelima. U mehanici se pojavljuju gravitacijska i elastična potencijalna energija.

GRAVITACIJSKA POTENCIJALNA ENERGIJA- E_{gp} - potencijalna energija koju ima tijelo koje se nalazi na nekoj visini h u odnosu na površinu Zemlje. Nastaje kao posljedica djelovanja sile teže. Kada je tijelo na površini Zemlje (visina h je nula) gravitacijska potencijalna energija tijela je nula.

$$E_{gp} = mgh$$

ELASTIČNA POTENCIJALNA ENERGIJA- E_{ep} - potencijalna energija koju ima tijelo spojeno s izduženom ili skupljenom elastičnom oprugom. Nastaje kao posljedica djelovanja elastične sile. Kada je opruga u ravnotežnom položaju (produljenje x je nula) ili tijelo nije u dodiru s oprugom elastična potencijalna energija tijela je nula.

$$E_{ep} = \frac{kx^2}{2}$$



Hint: x ovdje ne označava položaj već iznos promjene duljine opruge kada se ona izduži ili skupi.

Ovako definirane energije uvijek imaju nenegativnu vrijednost (pozitivnu ili nulu) i ne treba voditi računa o smjeru gibanja tijela.

Važno: kada u obzir uzmemo gravitacijsku i elastičnu potencijalnu energiju tada više ne gledamo utjecaj gravitacijske i elastične sile na tijelo. U suprotnom bismo utjecaj tih sila uzeli 2 puta u obzir. Dakle, ili preko potencijalnih energija ili preko sila pa u izraz za rad. Nikako oboje!

ZAKON OČUVANJA ENERGIJE (ZOE)

Pokusom je opaženo da energija može prelaziti iz jednog oblika u drugi, a da je pri tome ukupna energija zatvorenog sustava stalna, tj. jednaka je na početku i na kraju nekog procesa. Ta činjenica naziva se zakon očuvanja energije.

Zakon očuvanja energije općenito pišemo u obliku $W = \Delta E$, tj. $W = E_2 - E_1$

pri čemu je E_2 ukupna mehanička energija sustava na položaju 2 ($E_2 = E_{k2} + E_{gp2} + E_{ep2}$), a E_1 ukupna mehanička energija sustava na položaju 1 ($E_1 = E_{k1} + E_{gp1} + E_{ep1}$). Položaje 1 i 2 sami odabiremo na skici zadatka tako da znamo što više veličina ($v_1, v_2, h_1, h_2, x_1, x_2$). Gornji izraz možemo sada zapisati u punom obliku kao

$$W_{UK} = (E_{k2} + E_{gp2} + E_{ep2}) - (E_{k1} + E_{gp1} + E_{ep1})$$

Taj zapis je najopćenitiji i najbolje je uvijek početi s njim pa redom provjeriti koji se članovi mogu izbaciti.

Rad W_{UK} koji se pojavljuje u toj jednadžbi predstavlja ukupan rad vanjskih sila (npr. rad napetosti niti, rad otpora zraka, rad sile trenja...). Važno je zapamtiti da u taj ukupan rad ne ulaze sila teža i elastična sila jer smo njihov utjecaj već uračunali u desnoj strani jednadžbe preko potencijalnih energija!

Ukupan rad je jednak promjeni ukupne energije sustava i može biti pozitivan, negativan ili nula.

Hint: U zadacima može pisati da tijekom gibanja dolazi do gubitaka energije ili da je tijelo na svladavanje neke sile potrošilo određenu količinu energije. Tada znamo da je ukupan rad negativan.

Hint: Rad je nula kada nema vanjskih sila ili kada vanjske sile djeluju okomito na smjer gibanja tijela. Tada se energija sustava ne mijenja. Primjer je rad sile teže kada se tijelo giba horizontalno po podlozi.

Hint: U zadacima često piše da se zanemare gubici energije tijekom gibanja. To je znak da je rad jednak nuli.

Moguće je da na tijelo istovremeno djeluje više sila u različitim smjerovima. Tada možemo izračunati rad svake sile posebno pa ih sve zbrojiti da dobijemo ukupan rad koji može biti pozitivan, negativan ili nula. Drugi način je da prvo izračunamo ukupnu vanjsku silu, a zatim njen rad koji također može biti pozitivan, negativan ili nula. Oba načina trebaju dati isto rješenje.

Hint: rad W se u ovom kontekstu može izračunati na 3 načina: preko sila i puta ($W = F \cos \alpha$), preko energija ($W = \Delta E$) i preko površine u F -s dijagramu.

ZAKON OČUVANJA KOLIČINE GIBANJA (ZOKG)

Pokusom je opaženo da je ukupna količina gibanja sustava neposredno prije i neposredno nakon sudara jednaka. Ta činjenica naziva se zakon očuvanja količine gibanja, a matematički se zapisuje u obliku:

$$\vec{p}_{UK,prije} = \vec{p}_{UK,nakon}$$

Zakon očuvanja količine gibanja (za dva tijela) pišemo u obliku

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

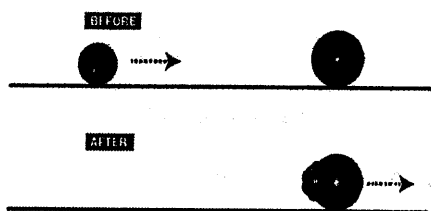
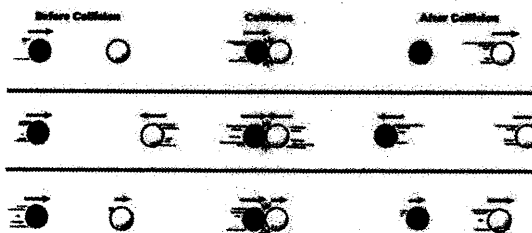
odnosno pomoću izraza za količinu gibanja $\vec{p} = m\vec{v}$

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$$

Crta označava vrijednost neke veličine neposredno nakon sudara. Budući da je količina gibanja vektorska veličina potrebno je voditi računa o smjeru gibanja pojedinog tijela prije i poslije sudara. Ukoliko jedno od tijela prije ili poslije sudara miruje tada mu je pripadna količina gibanja (i brzina) jednaka nuli. Prethodni izraz uglavnom pišemo bez vektora no pri tome vodimo računa o predznacima koji se određuju iz skice.

Promatrati ćemo dvije vrste sudara:

- **ELASTIČAN SUDAR**- tijekom sudara ne dolazi do spajanja tijela te se zanemaruju gubici kinetičke energije (ukoliko nije drugačije naglašeno). Dobar primjer je sudar biljarskih kugli. Desna slika prikazuje 3 slučaja elastičnog sudara (sami trenutak sudara se uglavnom ne skicira).



- **NEELASTIČAN SUDAR**- tijela se prilikom sudara spoje i nadalje se gibaju kao jedno tijelo mase $m_1 + m_2$. U ovom sudaru dolazi do gubitka kinetičke energije, tj. dio kinetičke energije pretvori se u unutarnju energiju tijela. Dobar primjer je sudar automobila.

Hint: kod obje vrste sudara treba nacrtati 2 skice: jedna prikazuje situaciju neposredno prije sudara, a druga situaciju neposredno nakon sudara. Pri tome pozitivan i negativan smjer moraju biti isti na obje skice (npr. pozitivan prema desno, negativan prema lijevo na obje skice).

Hint: Zakon očuvanja količine gibanja može se koristiti u primjerima sa sudarima, eksplozijama, ispaljivanjima...tj. kad god znamo mase te iznose i smjerove brzina tijela neposredno prije i nakon nekog događaja.

Hint: Glavna razlika između ZOE i ZOKG je da kod ZOE smjerovi nisu bitni, a kod ZOKG su smjerovi ključni.

SNAGA- P

Snaga se u fizici definira kao količnik obavljenog rada i proteklog vremena. Može se gledati i kao brzina obavljanja rada ili brzina promjene energije sustava.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta E}{t} = \frac{(E_{k2} + E_{gp2} + E_{ep2}) - (E_{k1} + E_{gp1} + E_{ep1})}{t}$$

U slučaju jednolikog pravocrtnog gibanja snaga se može računati kao umnožak sile koja obavlja rad i brzine tijela na kojemu se obavlja rad.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv$$

KORISNOST- η (eta)

Korisnost se u fizici definira kao omjer korisne i uložene veličine (najčešće se radi o radu ili snazi). Maksimalna korisnost iznosi 1, a minimalna 0 (odnosno 100% i 0%).

$$\eta = \frac{W_{koristan}}{W_{uložen}} = \frac{P_{korisna}}{P_{uložena}}$$

Hint: Koristan rad se uglavnom može izračunati iz dane situacije, npr.: znamo li iznos ukupne energije tijela u početnom i konačnom položaju korisni rad računamo preko $W_{kor} = \Delta E = E_2 - E_1$. Nakon toga uloženi rad možemo izračunati iz korisnosti: $\eta = \frac{W_{koristan}}{W_{uložen}}$. Također, uvijek vrijedi $W_{koristan} < W_{uloženi}$.

Česte fraze u zadacima:

- „pri udaru u tlo“- tijelo se nalazi neposredno uz tlo, još uvijek se giba prema dolje tako da ima neku brzinu, a za visinu se uzima da je 0 m
- „na površini“- visina je 0 m
- „neproduljena opruga“- produljenje x je 0 m
- „iz mirovanja“- početna brzina tijela je 0 m/s
- „ispustimo“- početna brzina tijela je 0 m/s
- „bacimo“, „ispalimo“- početna brzina nije 0 m/s
- „zaustavi se“, „stane“, „zaustavni put“- konačna brzina tijela je 0 m/s

Dinamika

$$F = ma$$

$$F_{tr} = \mu F_p$$

$$F_{elas} = kx$$

$$p = mv$$

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$W = \Delta E$$

$$W = Fs \cos\alpha$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Delta E_{sp} = mg\Delta h$$

$$E_{ep} = k\frac{x^2}{2}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$F_G = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ZADACI

4.1 Čekićem mase 2 kg udari se brzinom 1 m/s mali čavao koji je vrškom prislonjen na dasku. Čavao se zbog udara čekićem zabije u dasku 2 cm. Sva se energija čekića utroši na savladavanje sile otpora daske zabijanju čavla. Kolika je srednja sila otpora kojom se daska odupire zabijanju čavla? R4052

4.2 Teniska loptica mase m ispuštena je s visine h . Koja je od navedenih tvrdnja za ukupnu energiju pri padu teniske loptice na Zemlju točna? Zanimarite silu uzgona i otpora zraka. R4051

- A. Ukupna energija raste jer raste brzina loptice.
- B. Ukupna energija cijelo vrijeme ima istu vrijednost.
- C. Ukupna se energija smanjuje jer se smanjuje visina na kojoj se nalazi loptica.
- D. Ukupna se energija smanjuje jer gravitacijska sila nad lopticom vrši negativan rad.

4.3 Mala lubenica mase 1,45 kg pada iz mirovanja. Tijekom pada od 80 cm 10 % mehaničke energije lubenice gubi se na otpor zraka. Koliki je iznos mehaničke energije lubenice nakon prijeđenih 80 cm? R4050

4.4 Loptica mase m leti u vodoravnome smjeru brzinom v i udara okomito o vertikalni nepomični zid. Sudar loptice sa zidom savršeno je elastičan. Koliki je impuls sile kojim je zid djelovao na lopticu? R4049

- A) $0,5mv$ B) mv C) $2mv$ D) $4mv$

4.5 Na vertikalno postavljenu oprugu ravnotežne duljine 20 cm i zanemarive mase ispusti se tijelo mase 0,15 kg s visine 30 cm u odnosu na podlogu na kojoj se nalazi opruga. Pri padu tijelo maksimalno sabije oprugu do duljine 12,5 cm. Koliko iznosi konstanta elastičnosti opruge? R4048

4.6 Određeni uređaj obavi rad W_1 za vrijeme t_1 . Drugi uređaj, dva puta veće snage, obavi rad W_2 za vrijeme t_2 . Koja je od navedenih tvrdnja točna? R4047

- A. Ako je $t_2 = 2t_1$, onda je $W_2 = 2W_1$. B. Ako je $t_2 = 2t_1$, onda je $W_2 = W_1$.
C. Ako je $t_1 = 2t_2$, onda je $W_1 = W_2$. D. Ako je $t_1 = t_2$, onda je $W_1 = 2W_2$.

4.7 Motor dizalice ima snagu 1050 W. Teret mase 300 kg dizalica podigne na visinu 8 m za jednu minutu. Kolika je korisnost te dizalice? R4046

4.8 Po horizontalnoj površini biljarskoga stola gibaju se jedna prema drugoj dvije kugle jednakih masa m jednakim iznosima brzina v . Kugle se centralno elastično sudare i odbiju jedna od druge. Koja je od navedenih tvrdnja ispravna? Zanemarite trenje između kugala i podloge. R4045

- A. Ukupna količina gibanja kugala nakon sudara jednaka je nuli.
- B. Ukupna količina gibanja kugala nakon sudara jednaka je $2mv$.
- C. Ukupna energija kugala nakon sudara jednaka je nuli.
- D. Ukupna energija kugala nakon sudara jednaka je $2mv^2$.

4.9 Drveni kvadar mase 200 g miruje na ravnoj horizontalnoj podlozi. U jednome trenutku na kvadar djeluje horizontalna sila F . Nakon prijeđenoga puta od 30 cm kvadar postigne brzinu 3 m/s. Tijekom gibanja na rad sile trenja potroši se 0,3 J energije. Koliko iznosi sila F ? R4044

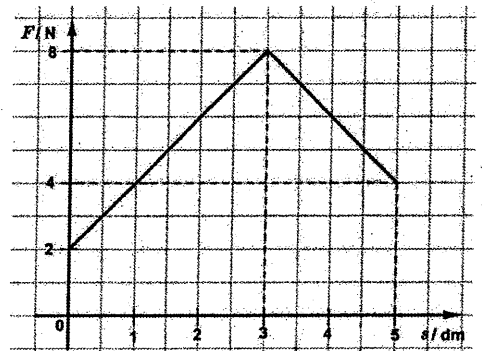
4.10 Tijelo mase m_1 i brzine v_1 neelastično se sudari s tijelom mase m_2 koje miruje. Kako se promijeni ukupna kinetička energija tih tijela nakon sudara? R4043

- A) Poveća se. B) Smanji se. C) Ostane ista.

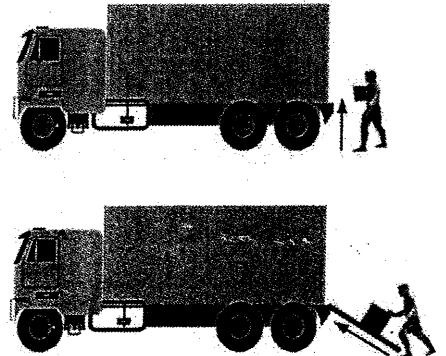
4.11 Kamen mase 5 kg bačen je vertikalno prema dolje s visine 100 m početnom brzinom 10 m/s. Koliki je rad potreban za svladavanje otpora zraka ako kamen udari o podlogu brzinom 20 m/s? R4042

4.12 Na slici je prikazana ovisnost sile koja djeluje na tijelo o prijeđenome putu. Sila djeluje na tijelo u smjeru gibanja tijela. Koliki je obavljeni rad sile na tijelo? R4041

- A) 1,3 J B) 1,5 J C) 1,9 J D) 2,7 J



4.13 Dva radnika utovaruju kamion kao što je prikazano na slici. Prvi radnik podiže teret vertikalno na visinu h i pritom obavi rad W_1 , dok drugi radnik teret iste mase gura na visinu h uz kosinu duljine l koja s horizontalnom ravninom zatvara kut 60° i obavi rad W_2 . Zanemarite trenje između kosine i tijela. Koliko iznosi omjer radova W_1/W_2 ? R4040

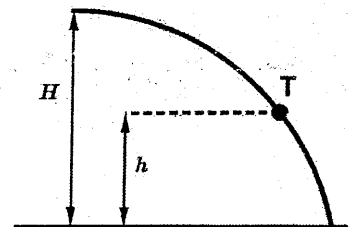


- A) $\frac{1}{2}$ B) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ C) 1 D) 2

4.14 Dvije loptice istih masa m nalaze se na istoj visini h . Obje loptice izbačene su jednakim početnim brzinama iznosa v_0 , jedna u horizontalnome smjeru, a druga vertikalno prema dolje. Neposredno prije udara o tlo prva loptica postigne brzinu v_1 , a druga loptica postigne brzinu v_2 . Kako se odnose iznosi tih brzina? Zanemarite otpor zraka. R4039

- A) $v_1 < v_2$ B) $v_1 > v_2$ C) $v_1 = v_2$

4.15 Tijelo je izbačeno s visine H brzinom v_0 u horizontalnome smjeru. Na slici je prikazana putanja tijela te točka T u kojoj se tijelo nalazi na visini h . Koji od navedenih izraza vrijedi za brzinu tijela v u točki T ? Zanemarite otpor zraka. R4038



- A) $v^2 = v_0^2 + 2gH$ B) $v^2 = 2gH$ C) $v^2 = 2g(H - h)$ D) $v^2 = v_0^2 + 2g(H - h)$

4.16 Iz bunara dubine 5 m čovjek stalnom brzinom podiže kantu u kojoj je 10 litara vode gustoće 1000 kg/m^3 . Masa prazne kante iznosi 1,5 kg. Koliki rad obavi čovjek podižući kantu s vodom iz bunara? Zanemarite trenje. R4037

- A) 75 J B) 250 J C) 575 J D) 1000 J

4.17 Dijete rastegne elastičnu vrpču pračke za 25 cm i izbaci lopticu mase 20 g. Kolikom brzinom izleti loptica? Konstanta elastičnosti vrpce jest 2 N/cm . R4036

4.18 Jedan kamen bačen je vertikalno prema gore s vrha litice brzinom v . Drugi kamen bačen je s iste litice jednakom brzinom v vertikalno prema dolje. Koji kamen ima veću brzinu u trenutku udara o tlo? Zanemarite otpor zraka. R4035

- A. Kamen bačen prema gore ima veću brzinu.
B. Oba kamena imaju jednaku brzinu.
C. Kamen bačen prema dolje ima veću brzinu.

4.19 Kuglicu mase 200 g izbacimo početnom brzinom 5 m/s s visine $1,75 \text{ m}$. Koliko iznosi kinetička energija kuglice kada se nalazi na visini $0,6 \text{ m}$ iznad tla? Zanemarite gubitak energije. R4034

- A) 2.5 J B) 4.8 J C) 6 J D) 7.2 J

4.20 Tijelo G bačeno je vertikalno prema gore s visine h početnom brzinom iznosa v . Tijelo H pušteno je da padne s iste visine h bez početne brzine. U kakvome su odnosu brzine kojima tijela padnu na tlo? Zanemarite otpor zraka. R4033

- A. Brzina tijela G veća je od brzine tijela H.
B. Brzina tijela G manja je od brzine tijela H.
C. Brzina tijela G jednaka je brzini tijela H.

4.21 Teret mase 150 kg podigne se nepomičnom koloturuom na visinu 3 m . Koliki je korisni rad W_k , a koliki uloženi rad W_u ako je korisnost 75% ? R4032

4.22 Dizalica stalnom brzinom podiže teret mase 2 t na visinu 4 m . Koliki je uloženi rad dizalice ako je korisnost 40% ? R4031

- A) 20 kJ B) 32 kJ C) 80 kJ D) 200 kJ

4.23 Tijelo G bačeno je vertikalno prema gore s visine h početnom brzinom iznosa v_G . Tijelo H bačeno je vertikalno prema dolje s iste visine h početnom brzinom iznosa v_H . Što vrijedi za brzine kojima tijela padnu na tlo ako su početne brzine v_G i v_H jednakoga iznosa? Zanemarite otpor zraka. R4030

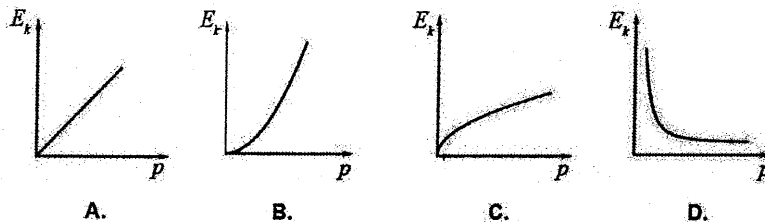
- A. Brzina tijela G veća je od brzine tijela H.
B. Brzina tijela G manja je od brzine tijela H.
C. Brzina tijela G jednaka je brzini tijela H.

4.24 Dizalica podigne tijelo mase m za visinu Δh tijekom vremena t . Koji od navedenih izraza vrijedi za snagu dizalice? R4029

- A) $P = mgt\Delta h$ B) $P = \frac{mg}{t\Delta h}$ C) $P = \frac{mgt}{\Delta h}$ D) $P = \frac{mg\Delta h}{t}$

4.25 Automobil mase 1200 kg ubrzava iz mirovanja do brzine 90 km/h za 8 s. Kolika je prosječna snaga motora toga automobila? Zanemarite trenje. R4028

4.26 Tijelo se giba jednoliko ubrzano. Koji graf prikazuje kako se kinetička energija tijela E_k mijenja ovisno o količini gibanja p ? Na početku je tijelo mirovalo. R4027



4.27 Prvo tijelo mase m bačeno je vertikalno uvis početnom brzinom v_0 i postiglo je maksimalnu visinu H_1 . Drugo tijelo mase $2m$ bačeno je vertikalno uvis početnom brzinom $3v_0$ i postiglo je maksimalnu visinu H_2 . Koliki je omjer tih visina? R4026

- A) 9/4 B) 3/2 C) 3 D) 9

4.28 Tijelo mase 150 g i brzine 1 m/s neelastično se sudari s tijelom mase 250 g i brzine 0.5 m/s. Tijela se gibaju po istome pravcu jedno prema drugomu. Koliko iznosi kinetička energija tijela nakon sudara? Zanemarite trenje. R4025

4.29 Tijelo mase 2 kg bačeno je vertikalno uvis početnom brzinom 40 m/s. Na koju će se najveću visinu u odnosu na početni položaj podići tijelo? Otpor i uzgon u zraku su zanemarivi. R4024

- A) na 20 m B) na 40 m C) na 60 m D) na 80 m

4.30 Tijelo je izbačeno vertikalno uvis početnom brzinom iznosa v_1 . Koliki je iznos brzine v_2 kojom tijelo udari o tlo? R4023

- A) $v_2 = v_1$ B) $v_2 < v_1$ C) $v_2 > v_1$

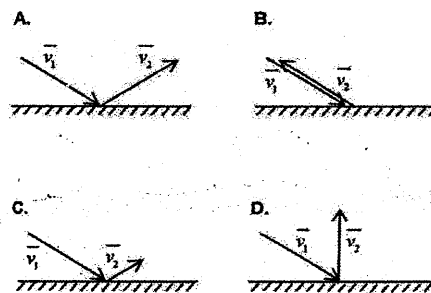
4.31 Tijelo mase 0,1 kg bačeno je s visine 2,5 m početnom brzinom 10 m/s prema dolje. Kolika je kinetička energija tijela na visini 1 m iznad tla? Otpor i uzgon u zraku su zanemarivi. R4022

- A) 1.0 J B) 6.0 J C) 6.5 J D) 7.5 J

4.32 S visine 25 m izbačeno je tijelo u vodoravnome smjeru početnom brzinom 20 m/s. Koliki je iznos brzine tijela pri udaru o tlo? Otpor i uzgon u zraku su zanemarivi. R4021

- A) 20 m/s B) 22.8 m/s C) 30 m/s D) 53.6 m/s

4.33 Tijelo klizi po podlozi bez trenja i elastično se sudari sa zidom. Brzina tijela prije sudara je \vec{v}_1 , a brzina tijela nakon sudara je \vec{v}_2 . Koji crtež prikazuje vektore brzina toga tijela prije i poslije sudara? R4020



4.34 Tijelo je izbačeno s tla vertikalno uvis brzinom 5 m/s. Do koje će visine iznad tla stići tijelo prije nego što počne padati natrag prema tlu? Zanemarite sile kojima zrak djeluje na tijelo. R4019

4.35 Čovjek ispusti kamen s visine 12 m iznad površine vode. Kolika je brzina kamena u trenutku udara o površinu vode? Zanemarite gubitke mehaničke energije. R4018

4.36 Tijelo A mase m elastično se sudari s nepomičnim tijelom B mase $3m$. Koja je od navedenih tvrdnji o iznosu količine gibanja nakon sudara točna? R4017

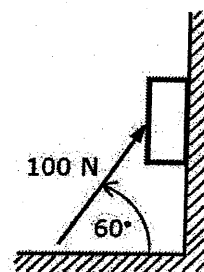
- A. Iznos količine gibanja tijela A bit će jednak trostrukomu iznosu količine gibanja tijela B.
- B. Iznos količine gibanja tijela B bit će veći od trostrukoga iznosa količine gibanja tijela A.
- C. Iznosi količine gibanja obaju tijela promijenjeni su za jednake iznose.
- D. Iznosi količine gibanja obaju tijela bit će jednaki kao i prije sudara.

4.37 Tijelo je s dna kosine gurnuto uz kosinu početnom brzinom 3 ms^{-1} . Giba se jednoliko usporeno i dosegne visinu $0,3 \text{ m}$ gdje se trenutačno zaustavi, a zatim se giba prema dnu kosine. Kolika će biti brzina tijela u trenutku kada stigne na dno kosine? R4016

4.38 Tijelo mase m pada s visine h . Početna brzina tijela je nula. Tijelo udara o tlo brzinom v . Koliko se pritom mehaničke energije pretvorilo u druge oblike energije tijekom padanja? R4015

- A) mgh
- B) $\frac{mv^2}{2}$
- C) $mgh + \frac{mv^2}{2}$
- D) $mgh - \frac{mv^2}{2}$

4.39 Ako se tijelo gura uz vertikalni zid silom od 100 N pod kutom od 60° u odnosu na tlo, prijeđe put od $1,5 \text{ m}$. Koliki je rad te sile? R4014



4.40 Vagon mase 10 t giba se brzinom 2 m/s u odnosu na prugu. Vagon mase 15 t giba se prema vagonu mase 10 t brzinom 1 m/s u odnosu na prugu. Nakon sudara oba se vagona gibaju zajedničkom brzinom v . Koliko se mehaničke energije pri sudaru vagona pretvorilo u druge oblike energije? R4013

4.41 Vagon mase 20 t giba se jednoliko po vodoravnoj pruži brzinom 1 m/s te nalijeće na mirni vagon mase 30 t . Koliko se kinetičke energije pretvori u druge oblike energije ako se vagoni nakon sudara gibaju zajedno? R4012

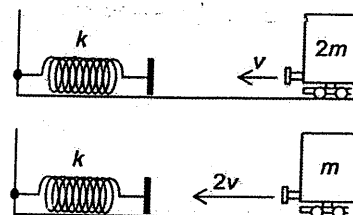
4.42 Adela i Filip miruju na ledu okrenuti jedno prema drugom. Adela gurne Filipa. Masa Adele je 20 kg , a Filipa 40 kg . Filip se nakon odgurivanja giba jednoliko brzinom iznosa v . Koliki je iznos Adeline brzine? Trenje zanemarite. R4011

- A) 0
- B) $0,5 v$
- C) $2 v$
- D) $4 v$

4.43 Lopta padne okomito na tlo brzinom 2 m/s . Prilikom udara o tlo pola kinetičke energije lopte pretvori se u druge oblike energije. Na koju će visinu odskočiti lopta? Zanemarite sile kojima zrak djeluje na loptu. R4010

4.44 Slika prikazuje dva vagona koji se gibaju prema oprugama jednakih konstanti elastičnosti k . Pri sudaru s oprugom vagon mase $2m$ sabije oprugu za x_1 , a vagon mase m sabije oprugu za x_2 . Koji odnos vrijedi za x_1 i x_2 ? R4009

- A) $x_2 = 0,5x_1$
- B) $x_2 = x_1$
- C) $x_2 = \sqrt{2}x_1$
- D) $x_2 = 2x_1$

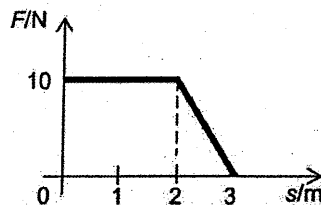


4.45 Kugla mase 0.3 kg udari u mirujuću kuglu mase 0.5 kg brzinom 2 ms^{-1} i odbije se u suprotnome smjeru brzinom 0.5 ms^{-1} . Kolikom se brzinom nakon sudara giba kugla veće mase? R4008

4.46 Kuglica mase 0.02 kg izbacuje se pračkom. Prilikom izbacivanja kuglice elastična vrpca pračke produži se za 0.25 m. Konstanta elastičnosti vrpce iznosi 100 N/m. Kolikom brzinom kuglica izleti iz pračke? R4007

4.47 Na tijelo djeluje ukupna sila koja se mijenja duž puta kako je prikazano na grafu. Tijelo početno miruje. Koliko iznosi kinetička energija tijela nakon što je ono prešlo 3 m? Trenje se zanemaruje. R4006

- A) 0 J B) 20 J C) 25 J D) 30 J



4.48 Tijelo mase 3 kg guramo jednoliko duž kosine koja je dugačka 4 m, a visoka 2 m. Trenje zanemarujemo. Koliki se rad izvrši nad tijelom ako ga se gura od dna do vrha kosine? R4005

4.49 Kugla mase 0,2 kg giba se brzinom 4 m/s, a kugla mase 0,5 kg brzinom 2 m/s. Obje kugle gibaju se pravocrtno u istome smjeru te prva kugla naleti na drugu. Koliko iznosi ukupna količina gibanja tih dviju kugli nakon sudara? R4004

- A) 0.2 kgm/s B) 0.8 kgm/s C) 1.0 kgm/s D) 1.8 kgm/s

4.50 Tijelo mase 10 kg pada s neke visine i pri udarcu o površinu Zemlje ima kinetičku energiju 4500 J. S koje je visine tijelo počelo padati ako je na savladavanje sile otpora zraka utrošilo 3500 J svoje energije? R4003

4.51 Kugla mase 0,2 kg udari u mirnu kuglu mase 0,5 kg brzinom 4 m/s. Koliko iznosi ukupna količina gibanja tih dviju kugli nakon sudara? R4002

- A) 0.8 kgm/s B) 1.2 kgm/s C) 2.0 kgm/s D) 2.8 kgm/s

4.52 Tijelo mase 10 kg pada s visine 80 m i pri udarcu o površinu Zemlje ima kinetičku energiju 4500 J. Koliko je energije tijelo utrošilo na savladavanje otpora zraka? R4001

5. DINAMIKA

If you can solve your problems, then what is the need of worrying?

If you cannot solve it, then what is the use of worrying?

-Shantideva

Newtonovi zakoni opisuju što se događa s tijelima kada na njih djeluju sile. Pojam sile opisuje međudjelovanje dvaju tijela te je sila vektorska veličina, tj. ima iznos, smjer i hvatište. Postoje tri Newtonova zakona: zakon tromosti, temeljna jednadžba gibanja i zakon sile i protusile koje skraćeno zovemo 1., 2. i 3. Newtonovim zakonom.

1. NEWTONOV ZAKON

Prvi Newtonov zakon (ili zakon tromosti (inercije)) opisuje što se događa s tijelom kada na njega ne djeluju sile ili kada je zbroj sila na tijelo jednak nuli:

**Kada na tijelo ne djeluju sile ili je zbroj sila jednak nuli
tada tijelo miruje ili se giba jednoliko pravocrtno.**

Vrijedi i obratno:

**Kada tijelo miruje ili se giba jednoliko pravocrtno
tada na njega ne djeluju sile ili je zbroj sila jednak nuli.**

Matematički zapis 1. Newtonovog zakona je: $F_{zbroj} = 0$

Dakle, kad god se u zadatku može zaključiti da je brzina tijela stalna (ili da tijelo miruje) može se primijeniti 1. Newtonov zakon te je pri tome svejedno koji smjer označimo kao pozitivan.

2. NEWTONOV ZAKON

Drugi Newtonov zakon (ili temeljna jednadžba gibanja) opisuje što se događa s tijelom kada na njega djeluje ukupna sila različita od nule:

Kada je zbroj sila koje djeluju na tijelo različit od nule tijelo se giba jednoliko ubrzano, usporeno ili kružno. Pri tome su smjerovi zbroja sila i akceleracije tijela jednaki.

Vrijedi i obratno:

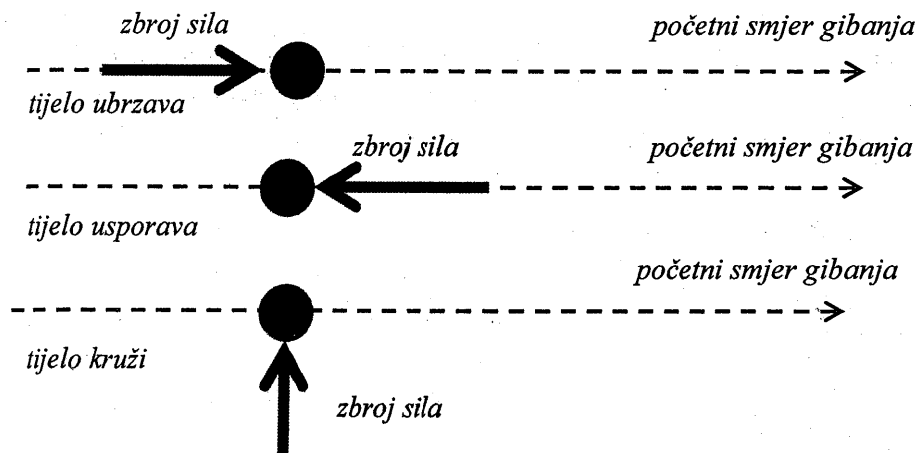
Kada se tijelo giba jednoliko ubrzano, usporeno ili kružno zbroj sila koje djeluju na tijelo je različit od nule. Pri tome su smjerovi zbroja sila i akceleracije tijela jednaki.

Matematički zapis 2. Newtonovog zakona je

$$a = \frac{F_{zbroj}}{m}$$

Dakle, kada se iz zadatka može zaključiti da se tijelo giba jednoliko ubrzano, usporeno ili kružno može se primijeniti 2. Newtonov zakon. Kod ubrzanog i usporenog gibanja **smjer gibanja** uzimamo kao pozitivan smjer, a kod kružnog gibanja **smjer prema središtu** uzimamo kao pozitivan.

- Kada je zbroj sila u smjeru gibanja tada se tijelo giba jednoliko ubrzano (prva skica dolje).
- Kada je zbroj sila u suprotnom smjeru od smjera gibanja tada se tijelo giba jednoliko usporeno (druga skica dolje).
- Kada je zbroj sila okomit na smjer gibanja tada se tijelo giba jednoliko kružno (treća skica dolje).



Drugi Newtonov zakon može se zapisati i u obliku

$$F\Delta t = m\Delta v$$

Izrazs lijeve strane naziva se **impuls sile I**, a izraz na desnoj strani promjena **količine gibanja Δp** . Količina gibanja p računa se kao umnožak mase i brzine tijela, $p = mv$, i vrlo je važna pri proučavanju sudara.

3. NEWTONOV ZAKON

Treći Newtonov zakon (zakon sile i protusile) opisuje činjenicu da tijela uvijek međudjeluju, prvo tijelo na drugo kao i drugo tijelo na prvo, i opisuje kakvo je to međudjelovanje:

**Dva tijela uvijek međudjeluju silama istih iznosa,
ali suprotnih smjerova i hvatišta.**

Drugim riječima, sile uvijek dolaze u paru, a nazivamo ih **sila i protusila**. Pri tome je sasvim svejedno koju silu nazivalo silom, a koju protusilom. Treći Newtonov zakon možemo primijeniti u svakoj situaciji ako nam to koristi prilikom rješavanja zadatka.

Primjer para sila:

Udarimo li šakom u boksačku vreću mi smo djelovali nekom silom na vreću. To možemo vidjeti po tome što se vreća udubi i zanjiše. No, prilikom udarca nas je zaboljela šaka pa zaključimo da je vreća djelovala nekom silom na našu šaku. Treći Newtonov zakon tvrdi da su te dvije sile (šaka na vreću i vreća na šaku) jednake po iznosu, a suprotne po smjeru i hvatištu.

Najčešće sile u dinamici su:

SILA TEŽA- F_g - sila kojom Zemlja djeluje na neko tijelo. Iznos je mg , smjer je prema središtu Zemlje, a hvatište je u tijelu.

SILA PODLOGE- F_p - sila kojom podloga djeluje na tijelo (često se naziva i *reakcija podloge*). Iznos se računa preko Newtonovih zakona (najčešće 1.), smjer je okomit na podlogu, a hvatište je u tijelu. Podloga može biti pod, kosina, zid, strop...

SILA TRENJA- F_{tr} - sila kojom podloga djeluje na tijelo. Iznos je μF_p , smjer je takav da zaustavi međusobno gibanje tijela i podloge (u 99% slučajeva je to u suprotnom smjeru od smjera gibanja tijela), a hvatište je u tijelu.

ELASTIČNA SILA- F_{el} - sila koja se javlja pri deformaciji nekog tijela, npr. elastične opruge, elastične vrpce...Iznos je kx , smjer je uvijek prema ravnotežnom položaju, a hvatište je u tijelu koje je uzrokovalo deformaciju.

NAPETOST NITI- T ili F_N - sila kojom napeta nit djeluje na tijelo za koje je privezana. Iznos se dobije iz Newtonovih zakona, smjer je uvijek takav da nit **vuče** tijelo (nit (špaga) ne može gurati tijelo), a hvatište je u tijelu.

TEŽINA- G - sila kojom tijelo djeluje na podlogu ili na ovjes na kojemu visi. Kada tijelo miruje na horizontalnoj podlozi ili visi bez njihanja iznos težine je mg , smjer je okomit na dodirnu površinu, a hvatište je u dodirnoj površini. **Oprez:** težina se **gotovo nikada** ne koristi u zadacima. U 99% zadataka treba promatrati samo silu težu i sile od ostalih tijela koje se spominju u zadatku. Težina (tijelo na podlogu) i sila podloge (podloga na tijelo) su par sila iz 3. Newtonovog zakona.

OTPOR ZRAKA- F_{oz} - sila kojom zrak djeluje na svako tijelo koje se giba. Iznos otpora zraka se povećava s povećanjem brzine, smjer je uvijek suprotan od smjera gibanja tijela, a hvatište je u tijelu koje se giba.

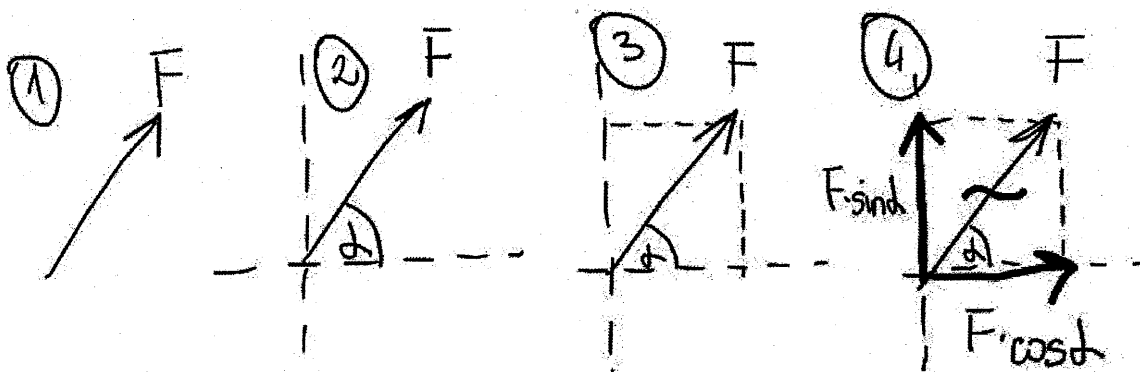
Hint: Česta pogreška je pisanje 2. Newtonovog zakona u obliku $F = ma$ umjesto $F_{uk} = ma$. Prvi način često dovodi do grešaka u raspisu sila pa ga treba izbjegavati.

Hint: Na skici nemojte upisivati F_{zbroj} već samo sile koje postoje, npr. F_g, F_{tr}, F_p, \dots . Ukupna sila F_{zbroj} nije posebna sila već zbroj svih sila koje djeluju na tijelo, a taj zbroj koristimo u izračunu, ali ne i na skici.

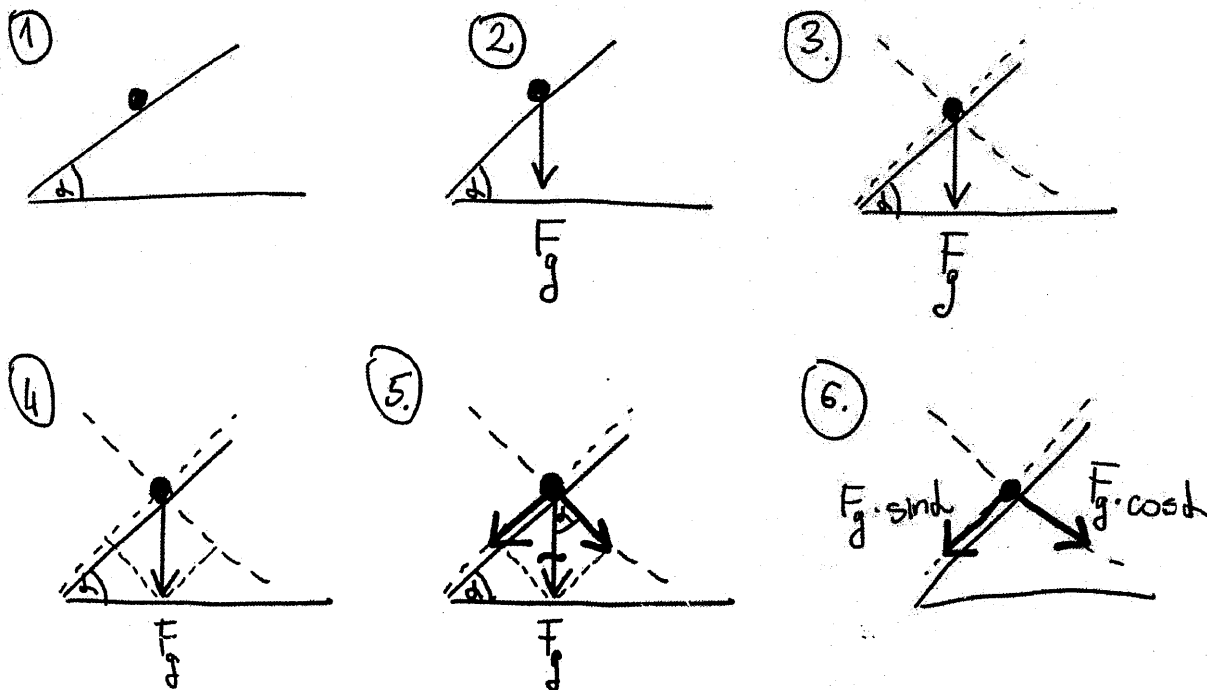
Hint: U situacijama s više tijela i smjerova treba promatrati svako tijelo i svaki smjer zasebno, raspisati odgovarajuće Newtonove zakone i po potrebi ih spojiti.

Sila	Iznos	Smjer
Sila teža F_g	mg	Prema središtu planeta
Sila podloge F_p	Računa se iz Newtonovih zakona	Okomito iz podloge
Sila trenja F_{tr}	μF_p	Tako da spriječi međusobno gibanje tijela i podloge.
Elastična sila F_{el}	kx	Prema položaju ravnoteže.
Napetost niti F_N	Računa se iz Newtonovih zakona	Duž niti tako da vuče tijelo
Težina G	Računa se iz Newtonovih zakona	Suprotno od sile podloge
Otpor zraka F_{oz}	Računa se iz Newtonovih zakona	Suprotno od smjera gibanja tijela

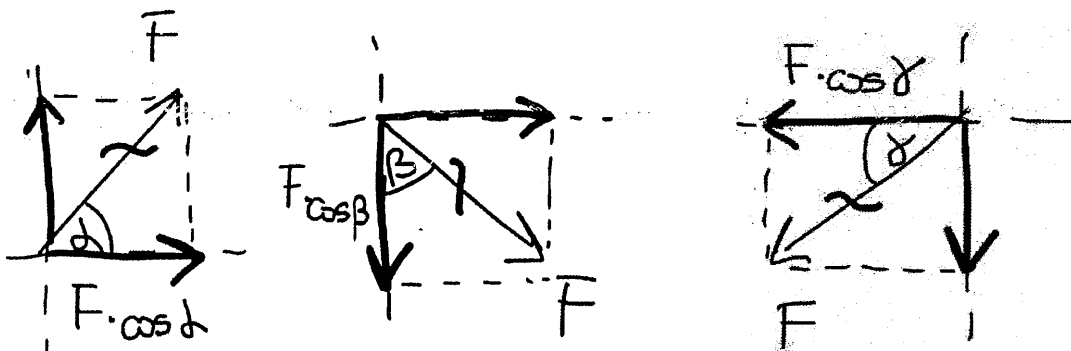
RASTAVLJANJE VEKTORA NA KOMPONENTE



RASTAVLJANJE SILE TEŽE NA KOSINI



Komponenta uz kut uvijek se računa s kosinusom kuta



Dinamika

$$a = \frac{F}{m}$$

$$F_{tr} = \mu F_p$$

$$F_{elas} = kx$$

$$p = mv$$

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$W = \Delta E$$

$$W = Fs \cos\alpha$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Delta E_{gp} = mg\Delta h$$

$$E_{ep} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ZADACI

5.1 Tijelo mase 200 g giba se po glatkoj horizontalnoj podlozi brzinom 6 m/s prema mirujućemu tijelu mase 300 g. Nakon sudara tijela se nastave gibati zajedno i nalijeću na hrapavu horizontalnu površinu na kojoj se zaustave. Koliki put prijeđu po hrapavoj površini gibajući se zajedno ako je faktor trenja između tijela i hrapave površine 0,2? Za vrijeme gibanja po glatkoj podlozi zanemarite silu trenja i sve gubitke energije. R5077

5.2 Četiri planeta, 1, 2, 3 i 4, kruže oko iste zvijezde. Podatci o masama planeta i njihovim udaljenostima od zvijezde prikazani su u tablici. Na koji od tih planeta zvijezda djeluje najvećom gravitacijskom silom? R5076

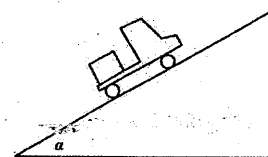
A. na planet 1 B. na planet 2 C. na planet 3 D. na planet 4

Planet	Masa	Udaljenost
1	2m	R
2	m	0,1R
3	0,5m	2R
4	4m	9R

5.3 Tijelo se uz pomoć napete niti podiže uvis. Kako se promijeni iznos napetosti niti kad se gibanje tijela promijeni iz jednolikoga u jednoliko usporeno? R5075

A. Smanji se. B. Poveća se. C. Ostaje jednak i uvijek je nula. D. Ostaje jednak i uvijek je različit od nule.

5.4 Na slici je prikazan kamion s ravnom platformom na kojoj se nalazi sanduk. Kamion se giba uz brijeg nagiba $\alpha = 30^\circ$. Koeficijent statičkoga trenja između platforme kamiona i sanduka iznosi 0,7. Koliko iznosi maksimalno ubrzanje koje kamion može postići prije nego što sanduk počne kliziti unatrag u odnosu na kamion? R5074



5.5 Tijelo ovješeno na nit spušta se prema tlu tako da se giba jednoliko. Koja je od navedenih tvrdnja o radu sile napetosti niti i radu gravitacijske sile na tijelo tijekom gibanja točna? R5073

A. Oba su rada pozitivna. C. Rad napetosti niti je pozitivan, a rad gravitacijske sile negativan.
B. Oba su rada jednaka nuli. D. Rad napetosti niti je negativan, a rad gravitacijske sile pozitivan.

5.6 Tijelo se giba stalnom brzinom duž osi x. Na tijelo počne djelovati stalna sila usmjerena duž osi y. Koja je od navedenih tvrdnja za gibanje tijela točna? R5072

- A. Iznos brzine tijela i smjer gibanja tijela neće se promijeniti.
- B. Iznos brzine tijela ostat će isti, a promijenit će se smjer gibanja tijela.
- C. Iznos brzine tijela će se smanjiti, a smjer gibanja tijela promijeniti.
- D. Iznos brzine tijela će se povećati, a smjer gibanja tijela promijeniti.

5.7 Tijelo mase 3 kg povlači se stalnom brzinom uz kosinu kuta nagiba 30° uz pomoć vanjske sile koja je paralelna s kosinom. Koeficijent trenja između kosine i tijela jednak je 0,1. Koliko iznosi rad vanjske sile na putu 10 cm? R5071

5.8 Kugle X i Y gibaju se jednoliko pravocrtno. Masa kugle X iznosi 1 kg i kugla se giba brzinom 2 m/s. Masa kugle Y iznosi 2 kg i kugla se giba brzinom 3 m/s. Koliki su iznosi sila F_x i F_y , ako je F_x ukupna sila na kuglu X, a F_y ukupna sila na kuglu Y? R5070

- A) $F_x = 0 \text{ N}$, $F_y = 0 \text{ N}$ B) $F_x = 4 \text{ N}$, $F_y = 2 \text{ N}$ C) $F_x = 2 \text{ N}$, $F_y = 3 \text{ N}$ D) $F_x = 3 \text{ N}$, $F_y = 6 \text{ N}$

5.9 Tijelu koje se gurne uz kosinu bez trenja početnom brzinom $v_0 = 3 \text{ m/s}$ potrebna je jedna sekunda da stane. Koliki je put prešlo tijelo prije zaustavljanja? $s = 1,5 \text{ m}$ R5069

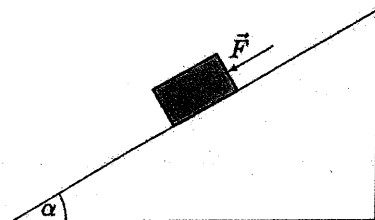
5.10 Balon promjera 3,5 metara napunjen je helijem. Ukupna masa balona i helija iznosi 9,2 kg. Balon je vezan užetom za tlo. Gustoća zraka iznosi $1,23 \text{ kg/M}^3$. Koliki je iznos sile napetosti užeta? R5068

5.11 Masa planeta Marsa iznosi 0,107 mase Zemlje, a polumjer Marsa 0,533 polumjera Zemlje. Koliko je puta sila teža na neko tijelo na Zemlji veća od sile teže na to tijelo na Marsu? R5067

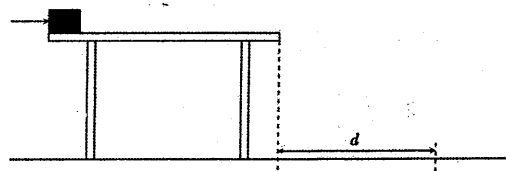
- A) 1,00 B) 1,64 C) 2,65 D) 4,98

5.12 Na tijelo mase m koje klizi niz kosinu djeluje stalna sila F kao što je prikazano na slici. Tijelo se giba niz kosinu akceleracijom a . Sila trenja je zanemariva. Koliki je iznos sile F ? R5066

- A) $F = m(a - g\cos\alpha)$ B) $F = m(a + g\cos\alpha)$
- C) $F = m(a - g\sin\alpha)$ D) $F = m(a + g\sin\alpha)$



5.13 Tijelo se gurne s jednoga ruba stola duljine 1 m početnom brzinom 3 m/s kao što je prikazano na slici. Nakon što prođe cijelu dužinu stola, s drugoga ruba padne na pod za 0,5 s i udari o tlo na udaljenosti $d = 30 \text{ cm}$ od podnožja stola. Koliki je faktor trenja između tijela i stola? R5065



5.14 Kuglica K_1 mase m nalazi se na udaljenosti $2r$ od kugle K mase M , a kuglica K_2 mase $2m$ nalazi se na udaljenosti r od kugle K. Koliki je omjer gravitacijske sile F_{g1} između kuglice K_1 i kugle K i gravitacijske sile F_{g2} između kuglice K_2 i kugle K? R5064

- A. 1/8 B. 1/4 C. 1/2 D. 1

5.15 Tri kvadra A, B i C, od istoga materijala i masa $m_A > m_B > m_C$, klišu po horizontalnoj podlozi bez trenja i jednakim brzinama nalijeću na hrapavu podlogu. Koji će kvadar prijeći najveću udaljenost do zaustavljanja? R5063

- A. Kvadar A prijeći će najveću udaljenost. B. Kvadar B prijeći će najveću udaljenost.
C. Kvadar C prijeći će najveću udaljenost. D. Svi kvadri prijeći će jednaku udaljenost.

5.16 Automobil se giba od sjevera prema jugu brzinom stalnoga iznosa preko ispupčenoga mosta koji iz bočnoga pogleda ima oblik kružnoga luka. Koji je smjer količine gibanja toga automobila kad se nalazi na najvišoj točki mosta? R5062

- A. horizontalan od sjevera prema jugu B. horizontalan od juga prema sjeveru
C. vertikalno prema gore D. vertikalno prema dolje

5.17 Tijelo A mase 3 kg povezano je nerastezljivom niti zanemarive mase s tijelom B mase 5 kg. Tijela miruju na horizontalnoj podlozi. Koeficijenti trenja između pojedinoga tijela i podloge su jednaki i iznose 0,1. U prvome slučaju na tijelo A djeluje horizontalna vučna sila iznosa 25 N. U drugome slučaju na tijelo B djeluje horizontalna vučna sila istoga iznosa, no suprotne orijentacije. Kolika je razlika iznosa napetosti niti između tijela u prvome i drugome slučaju? R5061

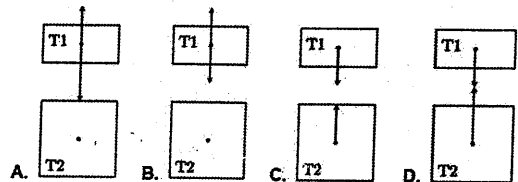
5.18 Svemirski brod nalazi se na pravcu koji prolazi kroz središta planeta X i Y. Središta planeta međusobno su udaljena 1500 milijuna kilometara. Masa planeta Y 4 je puta veća od mase planeta X. Na kojoj se udaljenosti od planeta X nalazi svemirski brod kad je ukupna gravitacijska sila planeta X i Y na njega jednaka nuli? R5060

- A. 375 milijuna kilometara B. 500 milijuna kilometara
C. 750 milijuna kilometara D. 1125 milijuna kilometara

5.19 Ukupnim impulsom sile I tijelo mase m pokrene se iz mirovanja tako da na kraju djelovanja ima kinetičku energiju E_k . Kolika će biti kinetička energija tijela mase $2m$ ako se to tijelo iz mirovanja pokrene ukupnim impulsom sile $I/2$? R5059

- A. $2E_k$ B. E_k C. $E_k/2$ D. $E_k/8$

5.20 Na slici su prikazana dva tijela, T_1 i T_2 . Na kojemu su od ponuđenih crteža ispravno prikazane sile kojima tijela međudjeluju? R5058



5.21 Tri tijela, A, B i C, jednakih masa m na horizontalnoj podlozi povezana su nerastezljivim nitima zanemarivih masa kao što je prikazano na slici. Tijelo C povlači se stalnom silom F koja sva tri tijela jednoliko ubrzava. Trenje između svih tijela i podloge je zanemarivo. Koliki je iznos ukupne sile na tijelo B? R5057



- A. 0 B. $F/3$ C. $2F/3$ D. F

5.22 Tijelo se spušta niz padinu visine 0,6 m na horizontalnu površinu. Trenje na padini je zanemarivo. Koliki će put prewalkiti tijelo na horizontalnoj površini ako je faktor trenja između tijela i površine 0,45? R5056

5.23 Tijelo mase 1,8 kg jednoliko vučemo po horizontalnoj površini uz pomoć elastične opruge pod kutom 30° u odnosu na horizontalu. Opruga se pritom rastegne za 2 cm. Konstanta elastičnosti opruge iznosi 400 N/m. Koliki je faktor trenja između tijela i podloge? R5055

5.24 Automobil miruje na horizontalnoj cesti. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R5054
 A. Na automobil djeluje samo sila teža. B. Na automobil ne djeluje niti jedna sila.
 C. Na automobil djeluje samo reakcija podloge. D. Na automobil djeluje više od jedne sile.

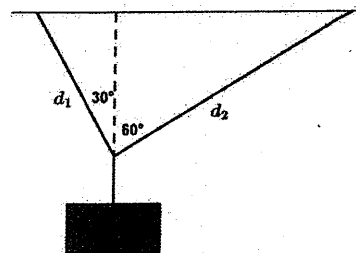
5.25 Na tijelo mase m uvijek duž istoga pravca djeluje ukupna promjenjiva sila čiji se iznos smanjuje u vremenu, no nikad ne postane nula. Kako se zbog toga giba tijelo? R5053
 A. Prvo se giba ubrzano, zatim jednoliko, a zatim usporeno. B. Prvo se giba ubrzano, a zatim usporeno.
 C. Prvo se giba ubrzano, a zatim jednoliko. D. Cijelo se vrijeme giba ubrzano.

5.26 Skijaš mase 80 kg spušta se niz stazu nagnutu pod kutom 30° u odnosu na horizontalu. Otpor zraka na skijaša iznosi 20 N, a faktor trenja između skija i snježne podloge iznosi 0,08. Koliko iznosi ubrzanje skijaša niz stazu? R5052

5.27 Kovanica je gurnuta po horizontalnoj površini stola visokoga 80 cm početnom brzinom 10 m/s. Kovanica prijeđe 1 m klizeći po stolu, odleti preko njegova ruba i padne na pod. Faktor trenja između kovanice i stola jest 0,2. Zanemarite otpor zraka. Kolika je brzina kovanice neposredno prije udara o pod? R5051

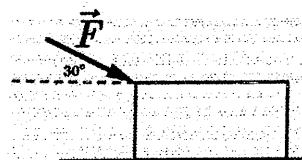
5.28 Tijelo mase 10 kg miruje na dnu kosine duljine 20 metara i nagiba 60° . Na tijelo počinje djelovati vučna sila od 120 N, paralelno uz kosinu. Koeficijent trenja između tijela i podloge jest 0,2. Nakon koliko će vremena tijelo stići na vrh kosine? R5050

5.29 Teret mase m ovješten je na dvjema žicama duljina d_1 i d_2 kao što je prikazano na slici. Napetost žice duljine d_1 iznosi N_1 , a napetost žice duljine d_2 iznosi N_2 . U kakvome su odnosu iznosi napetosti niti žica d_1 i d_2 i sile teže na tijelo? R5049



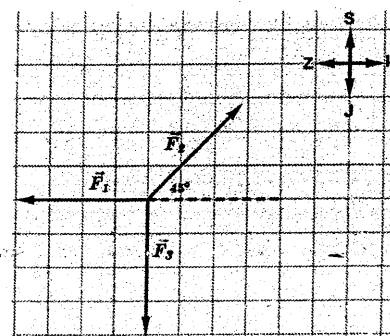
- A) $N_1 = N_2 = F_g$ B) $N_2 < N_1 = F_g$
 C) $N_1 > N_2 > F_g$ D) $N_2 < N_1 < F_g$

5.30 Na sanduk djelujemo stalnom silom 10 N pod kutom 30° prema ravni podloge kao što je prikazano na slici. Koliko iznosi sila trenja ako se sanduk po podlozi giba stalnom brzinom? R5048



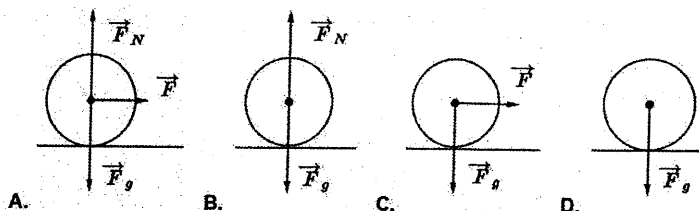
5.31 Na tijelo u mirovanju počnu istodobno djelovati tri sile jednakih iznosa kao što je prikazano dijagramom sila na slici. Kako će se i u kojemu smjeru gibati tijelo uslijed djelovanja sila? R5047

- A. jednoliko u smjeru sjeveroistoka
 B. jednoliko u smjeru jugozapada
 C. jednoliko ubrzano u smjeru sjeveroistoka
 D. jednoliko ubrzano u smjeru jugozapada



5.32 Kolika je akceleracija padobranca u trenutku kada sila otpora zraka iznosi jednu četvrtinu sile teže koja na njega djeluje? Zanemarite uzgon u zraku. R5046

5.33 Na kojoj je slici ispravno prikazan dijagram sila na loptu koja se giba jednoliko pravocrtno po ravnoj podlozi bez trenja? R5045



5.34 Traktor mase m ore njivu u obliku kružnice polumjera r stalnom brzinom v . Koliko iznosi rad sile podloge na traktor kada traktor jednom obiđe kružnicu? R5044

- A) nula B) $\frac{2mg\pi}{r}$ C) $2\pi mgr$ D) $2\pi mv^2$

5.35 Automobil mase 850 kg zaustavio se uslijed kvara na horizontalnoj cesti. Dva čovjeka pokušavaju ga gurati tako da djeluju paralelnim silama iste orijentacije. Jedan djeluje silom 275 N, a drugi silom 395 N na automobil. Sila trenja između ceste i automobila iznosi 560 N. Koliko iznosi akceleracija automobila? R5043

5.36 Kvadar mase m nalazi se na kosini nagiba 45° i giba se jednoliko niz kosinu. Koji je od navedenih izraza točan? R5042

- A) $F_{tr} < mg$ B) $F_{tr} = mg$ C) $F_{tr} > mg$

5.37 Na horizontalnoj podlozi nalaze se dva tijela masa $m_1 > m_2$ međusobno povezana nerastezljivom niti kao što je prikazano na slici. Kolika je napetost niti N koja povezuje tijela ako na tijelo manje mase djeluje stalna sila F i ako se tijela gibaju ubrzanjem a ? Zanemarite silu trenja između podloge i tijela. R5041



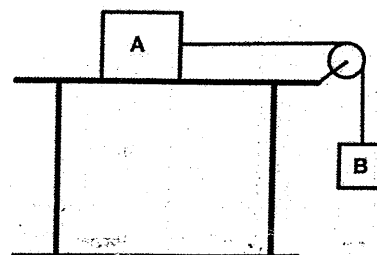
- A) $N = m_2a$ B) $N = m_2a + F$ C) $N = m_1a$ D) $N = F - m_1a$

5.38 Tijelo mase m giba se po horizontalnoj podlozi stalnom brzinom v bez trenja. Nakon toga nailazi na hrapavu podlogu takvu da je koeficijent trenja između tijela i podloge μ . Koliki je ukupni put prešlo tijelo po hrapavoj podlozi prije nego što se zbog trenja zaustavilo? R5040

- A) $\frac{2v^2}{\mu g}$ B) $\frac{v^2}{2\mu g}$ C) $\frac{\mu v^2}{2g}$ D) $2\mu g v^2$

5.39 Koliki je iznos stalne sile potrebne za ubrzanje automobila mase 1300 kg iz stanja mirovanja do brzine 72 km/h na putu 80 m? R5039

5.40 Tijelo A mase 5 kg miruje na stolu i povezano je nerastezljivom niti preko koloture s tijelom B mase 3 kg kao što je prikazano na slici. Koeficijent trenja između tijela A i podloge jest 0,2. Sustav pustimo da se giba iz stanja mirovanja. Koliku brzinu ima tijelo B nakon 0,5 s gibanja? Zanemarite masu niti i trenje između niti i koloture. R5038



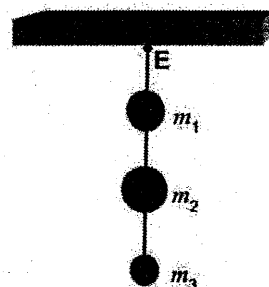
5.41 Učenik mjeri duljinu elastične opruge dok ju opterećuje utezima jednakih masa. U tablici je prikazana ovisnost produljenja opruge Δl o broju utega. Koliko iznosi produljenje opruge koja je opterećena jednim utegom? R5037

	0	2	4
	0	3	6

- A) 0.5 cm B) 1 cm C) 1.5 cm D) 2 cm

5.42 Na slici su prikazana tri tijela različitih masa ovješena u točki E. Mase tijela iznose $m_1 = 1,5 \text{ kg}$, $m_2 = 2 \text{ kg}$ i $m_3 = 0,5 \text{ kg}$. Kolika je napetost niti između tijela masa m_1 i m_2 ? R5036

- A) 5 N B) 15 N C) 25 N D) 40 N



5.43 Projektil mase 50 g leti brzinom 500 m/s i probije zid debljine 5 cm te se nastavi gibati dalje brzinom 200 m/s. Kolika je sila otpora zida? Pretpostavite da je sila otpora zida stalna. R5035

5.44 Kapljica kiše zbog djelovanja vjetra koji puše u horizontalnome smjeru padne na tlo pod kutom od 45° . Što od navedenoga vrijedi za silu F_v kojom vjetar djeluje na kapljicu? Na kapljicu kiše djeluje sila teža F_g . R5034

- A) $F_v = 0$ B) $F_v < F_g$ C) $F_v = F_g$ D) $F_v > F_g$

5.45 Kamen je s vrha nebodera izbačen u horizontalnome smjeru. Kakva je sila koja djeluje na kamen tijekom gibanja? Zanemarite otpor zraka. R5033

- A) Sila se povećava. B) Sila je stalna. C) Sila se smanjuje. D) Sila ne djeluje.

5.46 Automobil mase 1500 kg giba se po horizontalnome putu stalnom brzinom. Kolika vučna sila djeluje na automobil? Koeficijent trenja između kotača i podloge iznosi 0,1. R5032

5.47 Tijelo mase 2 kg ovješeno je na elastičnu oprugu koja se pritom produlji za 5 cm. Kolika je konstanta elastičnosti opruge? R5031

5.48 Na tijelo koje miruje počinja istodobno djelovati tri sile. Sila $F_1 = 5 \text{ N}$ djeluje u smjeru istoka, sila $F_2 = 7 \text{ N}$ u smjeru zapada, a sila $F_3 = 2 \text{ N}$ u smjeru sjevera. Koja je od navedenih tvrdnja o gibanju toga tijela točna?

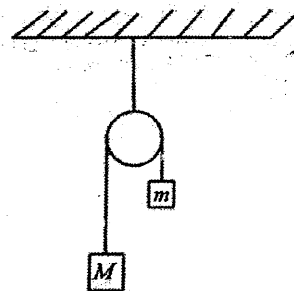
- A. Tijelo se giba jednoliko pravocrtno u smjeru sjeverozapada. R5030
 B. Tijelo se giba jednoliko ubrzano u smjeru sjeverozapada.
 C. Tijelo se giba jednoliko pravocrtno u smjeru zapada.
 D. Tijelo se giba jednoliko ubrzano u smjeru zapada.

5.49 Na tijelo djeluju dvije sile u istoj ravnini. Sila $F_1 = 5 \text{ N}$ djeluje prema sjeveru, a sila $F_2 = 3 \text{ N}$ prema zapadu. Kolika je ukupna sila na to tijelo? R5029

- A) 2.83 N B) 3.74 N C) 5.83 N D) 8.00 N

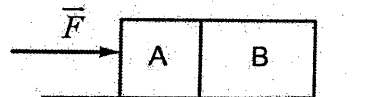
5.50 Tijelo se giba po pravcu stalnom brzinom 54 km/h pod djelovanjem stalne sile F . Koliko je vremena potrebno tijelu da se zaustavi nakon prestanka djelovanja sile F ? Koeficijent trenja između tijela i podloge iznosi 0,6. R5028

5.51 Dva tijela različitih masa, $M > m$, povezana su nerastezljivoj niti i ovješena preko nepomične koloture kao što je prikazano na slici. Koji izraz opisuje ubrzanje tijela mase M ? Masa koloture te trenje između koloture i niti su zanemarivi. R5027



- A) $\frac{M}{m}g$ B) $\frac{(M-m)}{M+m}g$ C) g D) $\frac{Mm}{M+m}g$

5.52 Tijelo A mase 2 kg i tijelo B mase 3 kg leže na horizontalnoj podlozi i međusobno se dodiruju kao što je prikazano na slici. Na tijelo A djeluje horizontalna sila $F = 10\text{ N}$. Kolikom silom tijelo B djeluje na tijelo A? Trenje je zanemarivo. R5026



5.53 Kvadar se giba jednoliko po vodoravnoj podlozi pod djelovanjem vodoravne vučne sile F . Koja je od navedenih tvrdnja točna za silu trenja \vec{F}_{tr} kojom podloga djeluje na kvadar? Pretpostavite da su vučna sila i sila trenja jedine sile koje imaju komponentu u vodoravnome smjeru. R5025

- A) $\vec{F}_{tr} = \vec{F}$ B) $\vec{F}_{tr} = -\vec{F}$ C) $\vec{F}_{tr} = \vec{F}/2$ D) $\vec{F}_{tr} = -\vec{F}/2$

5.54 Akceleracija slobodnoga pada na Mjesecu jest $g/6$, gdje je g akceleracija slobodnoga pada na Zemlji. Astronaut koji se nalazi na površini Mjeseca o dinamometar ovjesi tijelo mase 1,2 kg. Koliku silu pokazuje dinamometar? R5024

- A) 0 N B) 2 N C) 6 N D) 12 N

5.55 Zrakoplov mase $1,5 \cdot 10^5$ kg stoji na početku piste za uzlijetanje. Tijekom 25 s jednoliko ubrzava do brzine 65 m/s koja je potrebna za uzlijetanje. Kolika srednja sila djeluje na zrakoplov za vrijeme gibanja po pisti? R5023

5.56 Jabuka se nalazi na stolu. Sila kojom Zemlja djeluje na jabuku jest sila akcije. Koja je pripadna sila reakcije u skladu s III. Newtonovim zakonom gibanja? R5022

- A. sila kojom jabuka pritišće stol B. sila kojom stol djeluje na jabuku
C. sila kojom jabuka privlači Zemlju D. sila kojom stol pritišće Zemlju

5.57 Sanjke mase 10 kg gibaju se pravocrtno po horizontalnoj snježnoj pisti. U početnome trenutku brzina im je 6 m/s. Tijekom sljedeće 2 s sanjkama se smanji brzina na 2 m/s zbog djelovanja sile trenja. Koliki je faktor trenja između sanjki i piste? R5021

5.58 Na tijelo djeluju dvije sile iznosa 3 N i 5 N kao što je prikazano na crtežu. Masa tijela je 4 kg. Koliki je iznos akceleracije tijela? R5020



5.59 Tijelo mase 8 kg giba se brzinom 3 ms^{-1} . Koliki je iznos impulsa sile potreban da se zaustavi to tijelo? R5019

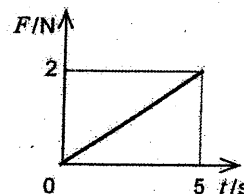
5.60 Elastična opruga produlji se za 0,1 m zbog djelovanja sile iznosa 15 N. Koliko iznosi konstanta elastičnosti te opruge? R5018

- A) 0,15 N/m B) 1,5 N/m C) 15 N/m D) 150 N/m

5.61 Na kvadar koji se nalazi na vodoravnoj podlozi djeluje sila iznosa 3 N. Sila je usporedna s podlogom. Kvadar se giba jednoliko u smjeru djelovanja sile. Što je od navedenoga točno za iznos sile trenja F_{tr} između kvadra i podloge? R5017

- A) $F_{tr} = 0 \text{ N}$ B) $0 \text{ N} < F_{tr} < 3 \text{ N}$ C) $F_{tr} = 3 \text{ N}$ D) $3 \text{ N} < F_{tr}$

5.62 Graf prikazuje iznos sile koja djeluje na neko tijelo u ovisnosti o vremenu. Koliki je impuls sile primilo tijelo tijekom prvih pet sekunda? R5016



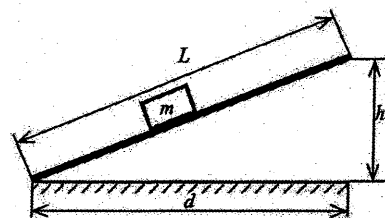
5.63 Tijelo leži na vodoravnoj podlozi. Za tijelo zavežemo nit kojom ga vučemo po podlozi. U jednome trenutku nit se prekine. Što je od navedenoga točno? Zanemarite trenje. R5015

- A) Tijelo se trenutačno zaustavi. B) Tijelo se nastavi gibati usporeno.
C) Tijelo se nastavi gibati jednoliko. D) Tijelo se nastavi gibati ubrzano.

5.64 Čovjek rukom pritišće površinu stola. Kakav je iznos sile kojom ruka djeluje na površinu stola? R5014

- A. manji od iznosa sile kojom stol djeluje na ruku
B. jednak iznosu sile kojom stol djeluje na ruku
C. veći od iznosa sile kojom stol djeluje na ruku

5.65 Tijelo mase m postavljeno je na ravnu gredu duljine L . Jedan kraj grede podigne se na visinu h od vodoravnoga tla, kao što je prikazano na crtežu. Koliki je iznos ukupne sile na tijelo? Oznakom d na crtežu označena je duljina osnovice kosine koju tvori greda. Zanemarite trenje. R5013



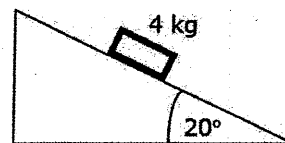
- A) $\frac{mgh}{l}$ B) $\frac{mgh}{d}$ C) $\frac{mgd}{h}$ D) $\frac{mgd}{L}$

5.66 Na vodoravnom stolu leži knjiga mase 4 kg. Vertikalno prema dolje na knjigu djelujemo silom iznosa 30 N. Kolikom silom površina stola djeluje na knjigu? R5012

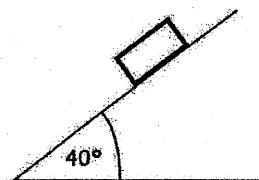


- A) 0 N B) 30 N C) 40 N D) 70 N

5.67 Tijelo mase 4 kg klizi niz kosinu jednolikom brzinom. Kut koji kosina zatvara s vodoravnom podlogom je 20° . Koliki je iznos sile trenja koja djeluje na tijelo? R5011



5.68 Kvadar mase 3 kg giba se jednolikom brzinom niz kosinu nagiba 40° . Koliki je iznos sile trenja na kvadar i u kojem smjeru djeluje? R5010



- A) 19 N uz kosinu B) 23 N uz kosinu
C) 19 N niz kosinu D) 23 N niz kosinu

5.69 Zemlja djeluje na kamen silom iznosa 100 N. Kolikom silom djeluje kamen na Zemlju? R5009

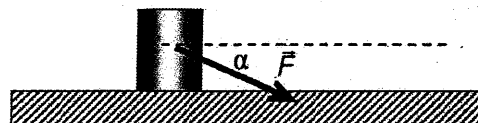
- A) silom iznosa 100 N B) silom većom od 100 N C) silom manjom od 100 N

5.70 Tijelo se giba jednoliko po pravcu po vodoravnoj podlozi. Pritom na tijelo u vodoravnome smjeru djeluju sila trenja iznosa 5 N i vanjska sila F u smjeru gibanja. Koliki je iznos sile F ? R5008

- A) $F = 0\text{ N}$ B) $0\text{ N} < F < 5\text{ N}$ C) $F = 5\text{ N}$ D) $F > 5\text{ N}$

5.71 Skijaška žičara vuče skijašicu uzbrdo nagiba 30° . Masa skijašice sa skijama je 80 kg, a faktor trenja iznosi 0.02. Kolikom silom žičara vuče skijašicu ako se ona uzbrdo giba stalnom brzinom? R5007

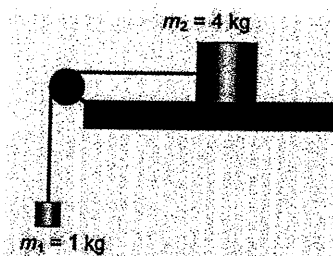
5.72 Na tijelo mase 30 kg djeluje se silom F pod kutom od 30° prema horizontali. Tijelo se giba jednoliko. Faktor trenja između tijela i podloge je 0.1. Odredite iznos sile F . R5006



5.73 Guramo ormar po sobi stalnom horizontalnom silom iznosa F i on se zbog toga giba stalnom brzinom. Na ormar osim sile guranja F djeluje i sila trenja F_{tr} između ormara i poda. U kakvome su odnosu iznosi tih dviju sila? R5005

- A) $F_{tr} < F$ B) $F_{tr} = F$ C) $F_{tr} > F$

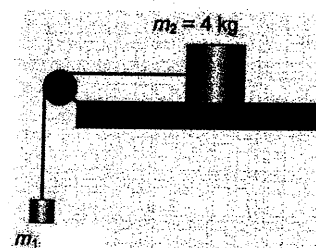
5.74 Sustav prikazan na slici sastoji se od jednoga koloturnika zanemarive mase i dvaju tijela. Trenje između tijela mase m_2 i stola, kao i trenje između niti i koloturnika mogu se zanemariti. Koliko iznosi akceleracija kojom se gibaju ova tijela? R5004



5.75 Jabuka pada na Zemlju zbog gravitacijskoga privlačenja između nje i Zemlje. Označi li se sila kojom Zemlja privlači jabuku s F_1 , a sila kojom jabuka privlači Zemlju s F_2 , u kakvome su odnosu iznosi tih dviju sila? R5003

- A) $F_1 < F_2$ B) $F_1 = F_2$ C) $F_1 > F_2$

5.76 Sustav prikazan na slici sastoji se od jednoga koloturnika zanemarive mase i dvaju tijela. Trenje niti s koloturnikom može se zanemariti. Tijela se gibaju akceleracijom od 1 ms^{-2} . Sila trenja između stola i tijela mase m_2 iznosi 5 N. Koliko iznosi masa m_1 ? R5002



5.77 Elektromotor podiže teret mase 100 kg stalnom brzinom 3 m/s. Koliku snagu razvija elektromotor? Zanemarite gubitke. R5001

- A) 300 W B) 1000 W C) 3000 W

6. SLOŽENA GIBANJA

Nobody who ever gave his best regretted it.

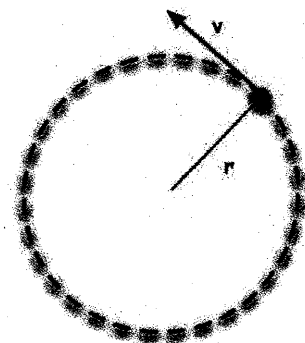
-George Halas

KRUŽNO GIBANJE

Za tijelo koje u jednakim vremenskim intervalima prijeđe jednak kut po kružnici (ili prijeđe jednak kružni luk) kažemo da se giba jednoliko kružno.

Primjeri jednolikog kružnog gibanja su:

- gibanje Mjeseca oko Zemlje,
- gibanje umjetnih satelita oko Zemlje,
- gibanje elektrona oko jezgre atoma,
- gibanje djece na vrtuljku itd.



Jednoliko kružno gibanje podrazumijeva **stalni iznos brzine** i **stalnu promjenu smjera brzine** tijela. Iako je iznos brzine stalan, smjer brzine se mijenja stoga postoji i akceleracija. Sjetite se da je smjer brzine uvijek tangencijalan na putanju. Na slici gore desno tijelo se giba u smjeru suprotnom od kazaljke na satu i prikazan je iznos i smjer brzine u trenutnom položaju. Korisno je zapamtiti da je smjer brzine također okomit na polumjer.

Pojmovi koji opisuju jednoliko kružno gibanje su:

PERIOD- T- vrijeme nakon kojega se gibanje ponavlja ili količnik proteklog vremena i broja ponavljanja gibanja

$$T = \frac{t}{N}$$

FREKVENCIJA-f- broj ponavljanja gibanja u sekundi ili količnik broja ponavljanja i proteklog vremena

$$f = \frac{N}{t}$$

Veza perioda i frekvencije je $T = \frac{1}{f}$.

BRZINA-v- količnik prijeđenog puta i proteklog vremena

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = \omega r$$

Nakon vremena od jednog perioda T tijelo jednom obiđe kružnicu pa je prijeđeni put jednak opsegu kružnice, tj. $\Delta s = 2\pi r$.

Hint: Ova brzina se ponekad naziva i obodna brzina, a smjer joj je uvijek tangencijalan na putanju.

Izraz $v = \frac{2\pi r}{T}$ se često koristi i treba ga upamtiti.

KUTNA BRZINA- ω (omega)- količnik opisanog kuta i proteklog vremena

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Nakon vremena od jednog perioda T tijelo jednom obiđe kružnicu, tj. opiše puni kut od 360° ili 2π radijana.

CENTRIPETALNA AKCELERACIJA- a_{cp} - akceleracija koja postoji zbog stalne promjene smjera brzine. Centripetalna akceleracija usmjerena je prema središtu kružne putanje.

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

CENTRIPETALNA SILA- F_{cp} - naziv za silu, ukupnu silu ili komponentu neke sile koja djeluje okomito na smjer gibanja tijela i time uzrokuje kružno gibanje. Centripetalna sila nije nova vrsta sile nego samo naziv za silu koja ispunjava gornji uvjet. Iznos centripetalne sile se dobije iz 2. Newtonovog zakona, smjer je uvijek prema središtu kružne putanje, a hvatište je u tijelu koje se giba.

Hint: Na skici nemojte upisivati F_{cp} već onu silu (ili sile) koja je odgovorna za kružno gibanje. Pri tome je pozitivan smjer uvijek prema središtu putanje. Kada odredimo kolika je ukupna sila na pravcu koji spaja tijelo i središte putanje možemo s time ići u 2. Newtonov zakon za kružno gibanje

$$F_{cp} = F_{uk} = ma_{cp} = m \frac{v^2}{r}$$

ili skraćeno

$$F_{cp} = m \frac{v^2}{r}$$

Ulogu centripetalne sile mogu imati:

- gravitacijska sila F_G (kod kružnog gibanja satelita)
- sila trenja F_{tr} (kod kružnog gibanja auta u zavoju)
- napetost niti F_N (kod kružnog gibanja tijela u horizontalnoj ravnini, npr. kamen privezan za špagu kojeg vrtimo iznad glave)
- Lorentzova sila F_L (kod gibanja nabijene čestice u magnetskom polju)

Složena gibanja su:

- horizontalni hitac
- vertikalni hitac prema gore i prema dolje
- kosi hitac

U svim navedenim gibanjima jedina sila koja djeluje na tijelo (ako nije drugačije navedeno) je sila teža F_g . Smjer početne brzine uzima se kao pozitivan smjer.

Za sva 4 složena gibanja vrijede jednake formule:

$$v = v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

koje se samo raspisuju za horizontalni (x) i vertikalni (y ili h) smjer.

HICI

Hint: Kod svih hitaca treba paziti na razliku pojmova „visina na kojoj se nalazi tijelo“ i „prijedeni put u vertikalnom smjeru“. Oba pojma se često označavaju slovom *h*. Visina na kojoj se nalazi tijelo je zapravo vertikalni položaj tijela (*y* na grafovima ispod) i uvijek se gleda u odnosu na tlo. Prijedeni put u vertikalnom smjeru se gleda kao duljina putanje, ali samo u vertikalnom smjeru i uglavnom se označava slovom *h* kao u donjim formulama.

HORIZONTALNI HITAC

Složeno gibanje sastavljeno od:

- jednolikog pravocrtnog gibanja stalnom brzinom u horizontalnom smjeru i
- slobodnog pada u vertikalnom smjeru prema dolje

Početna brzina usmjerena je horizontalno.

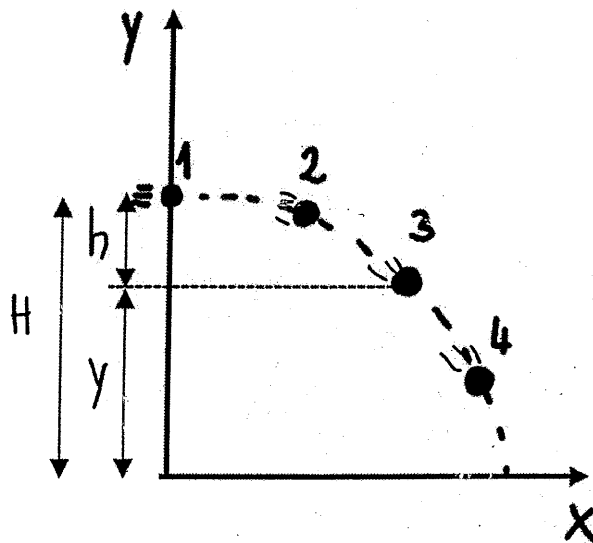
Akceleracija u horizontalnom smjeru je $a_x=0 \text{ m/s}^2$, a u vertikalnom smjeru je $a_y=g=10 \text{ m/s}^2$.

Putanja je dio parabole.

Osnovne formule su:

$v_x = v_0$	$v_y = gt$
$v_x^2 = v_0^2$	$v_y^2 = 2gh$
$x = v_0t$	$h = \frac{1}{2}gt^2$

<p>Domet $D = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$</p> <p>Trajanje hica $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$</p>



Na skici hica su prikazana 4 položaja tijela tijekom gibanja. S lijeve strane uz *y* os su za 3. položaj označene početna visina (*H*), trenutna visina (*y*) i prijedeni put u vertikalnom smjeru (*h*). Iz toga slijedi da je $H=y+h$.

VERTIKALNI HITAC PREMA GORE

Složeno gibanje sastavljeno od:

- jednolikog pravocrtnog gibanja stalnom brzinom u vertikalnom smjeru prema gore i
- slobodnog pada u vertikalnom smjeru prema dolje

Početna brzina usmjerena je vertikalno prema gore (pozitivan smjer).

U horizontalnom smjeru nema gibanja (mirovanje), a u vertikalnom smjeru akceleracija je $a = -g = -10 \text{ m/s}^2$

Putanja je dio pravca.

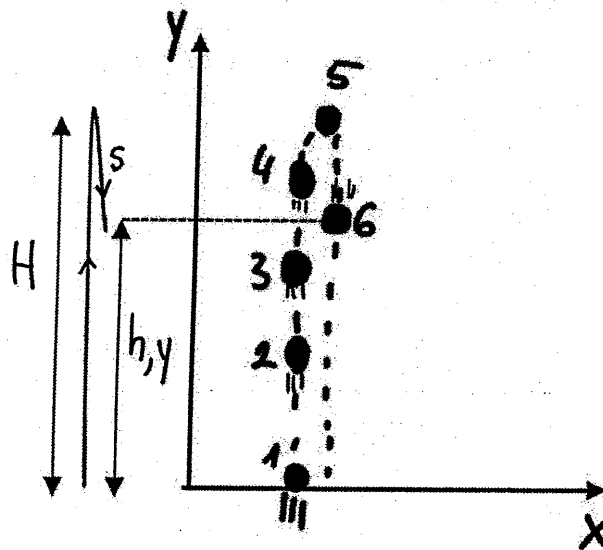
Osnovne formule:

$v_x = 0$	$v_y = v_0 - gt$
$v_x^2 = 0$	$v_y^2 = v_0^2 - 2gh$
$x = 0$	$h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$

Maksimalna visina $H = \frac{v_0^2}{2g}$

Trajanje uspona $t = \frac{v_0}{g}$

Ukupno trajanje hica $t = 2 \frac{v_0}{g}$



Na skici je prikazano 6 položaja tijela tijekom gibanja. S lijeve strane uz y os su označene (s lijeva na desno): maksimalna visina (H), prijeđeni put (s) (kao slamka koju treba izravnati da joj se izmjeri duljina) i trenutna visina (y ili h) za 6. položaj tijela.

VERTIKALNI HITAC PREMA DOLJE

Složeno gibanje sastavljeno od:

- jednolikog pravocrtnog gibanja stalnom brzinom u vertikalnom smjeru prema dolje i
- slobodnog pada u vertikalnom smjeru prema dolje

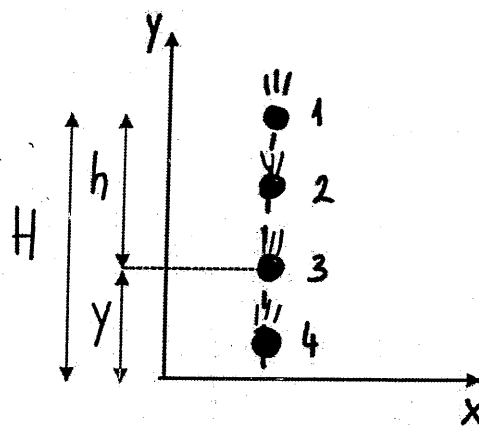
Početna brzina usmjerena je vertikalno prema dolje (pozitivan smjer). U horizontalnom smjeru nema gibanja (mirovanje), a u vertikalnom smjeru akceleracija je $a = g = 10 \text{ m/s}^2$

Putanja je dio pravca.

Osnovne formule:

$v_x = 0$	$v_y = v_0 + gt$
$v_x^2 = 0$	$v_y^2 = v_0^2 + 2gh$
$x = 0$	$h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$

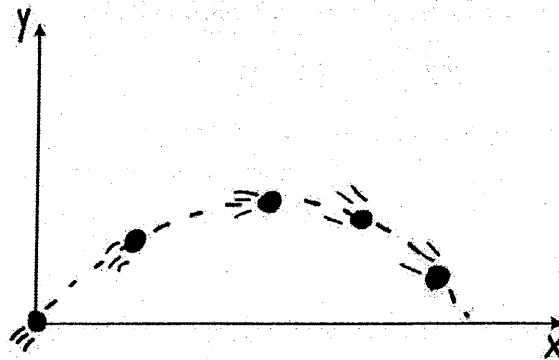
Na skici su prikazana 4 položaja tijela tijekom gibanja. S lijeve strane uz y os su označene početna visina (H), prijeđeni put u vertikalnom smjeru (h) i trenutna visina (y) za 3. položaj. Iz toga slijedi da je $H = y + h$, isto kao kod horizontalnoga hica.



KOSI HITAC

Složeno gibanje sastavljeno od:

- jednolikog pravocrtnog gibanja stalnom brzinom u horizontalnom smjeru
- jednolikog pravocrtnog gibanja stalnom brzinom u vertikalnom smjeru i
- slobodnog pada u vertikalnom smjeru prema dolje



Početna brzina usmjerena je pod nekim kutom u odnosu na horizontalu. U horizontalnom smjeru akceleracija je nula, a u vertikalnom smjeru akceleracija je $a = -g$. Putanja je dio parabole.

Kosi hitac se na maturi radi samo kvalitativno pa nije potrebno znati formule.

Hint: Zadaci s hicima često se mogu riješiti preko zakona očuvanja energije.

OPĆI ZAKON GRAVITACIJE

Gravitacijska sila djeluje uvijek po spojnici između središta dvaju tijela i uvijek je **privlačna**. Kada se promatra gravitacijska sila Zemlje smjer je uvijek prema središtu Zemlje.

SATELITI

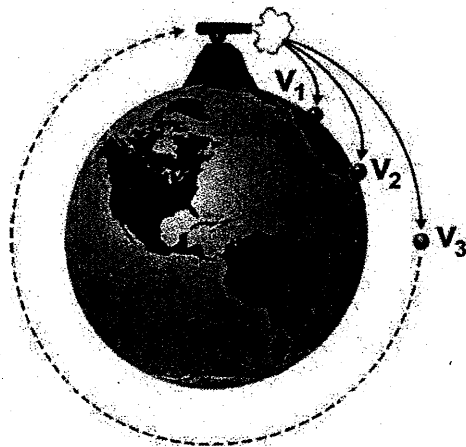
Satelit je tijelo koje se giba jednoliko kružno oko nekog planeta. Jedina sila koja pri tome djeluje je gravitacijska sila. Budući da u ovom slučaju gravitacijska sila uzrokuje kružno gibanje, ona je centripetalna sila.

$$F_{cp} = m \frac{v^2}{r}$$

$$G \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r} (*)$$

U formuli M označava masu planeta, a m masu satelita. Udaljenost satelita od središta planeta označena je slovom r . Iz gornje formule dobija se izraz za brzinu satelita, tj. **prvu kozmičku brzinu**

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



Treba voditi računa da često bude zadana visina satelita (h) u odnosu na površinu Zemlje (polumjera R). Tada se udaljenost satelita od središta Zemlje računa kao $r = R + h$. Na površini Zemlje ili nekog drugog planeta visina h je jednaka nuli, tj. vrijedi $r = R$.

Korisno je znati formulu za g , koja se dobije iz formule (*):

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

KEPLEROVI ZAKONI

Na gibanje planeta utječe samo gravitacijska sila Sunca i ostalih planeta u Sunčevom sustavu. Promatranjem gibanja planeta Johannes Kepler je uočio pravilnosti u njihovom gibanju. Te zakonitosti danas nazivamo Keplerovim zakonima:

1. Keplerov zakon:

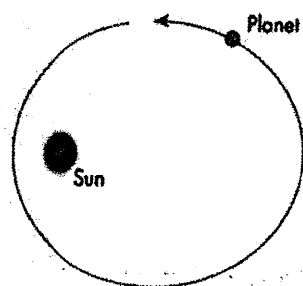
Planeti se gibaju oko Sunca po elipsama i Sunce je u jednom od žarišta tih elipsa.

2. Keplerov zakon:

Radijvektor Sunce-planet u jednakim vremenskim intervalima prebriše jednake površine, tj. planet se giba brže kad je bliže Suncu, a sporije kad je dalje od Sunca.

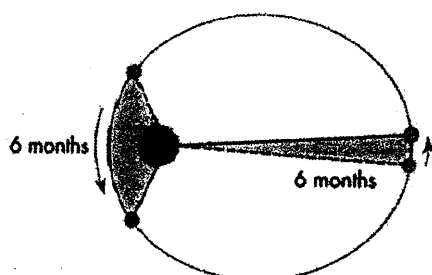
3. Keplerov zakon:

Omjer kuba velike poluosi eliptičke putanje planeta i kvadrata ophodnoga vremena jednak je za sve planete: $a^3/T^2 = \text{konst.}$



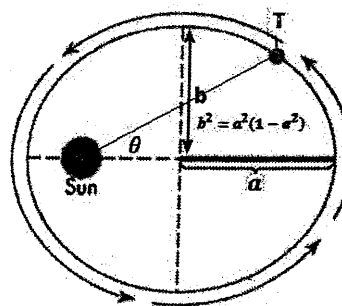
(1)

The orbits are ellipses



(2)

Equal areas in equal time



(3) $T = \text{time to complete orbit}$
 $T^2 \propto a^3$ $a = \text{semi-major axis}$

Sva tri Keplerova zakona mogu se teorijski izvesti iz 2. Newtonovog zakona i Newtonovog zakona gravitacije.

Kinematika

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$s = v_0 t + a \frac{t^2}{2}$$

$$v = v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Dinamika

$$F = ma$$

$$F_r = \mu F_p$$

$$F_{elas} = kx$$

$$p = mv$$

$$F \Delta t = \Delta p$$

$$W = \Delta E$$

$$W = F s \cos \alpha$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Delta E_{sp} = mg \Delta h$$

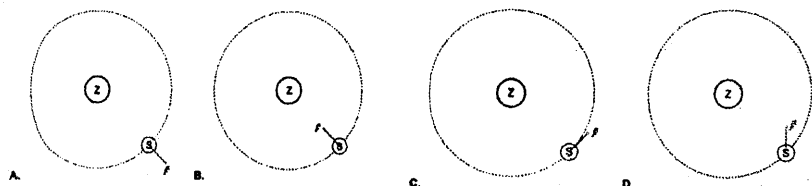
$$E_{sp} = k \frac{x^2}{2}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ZADACI

6.1 Na kojoj je slici ispravno prikazana ukupna sila na meteorološki satelit S dok jednoliko kruži oko Zemlje Z? R6076



6.2 Međunarodna svemirska stanica kruži oko Zemlje na visini 400 km iznad površine. Koja bi od navedenih tvrdnja bila točna za iznos gravitacijske sile koja djeluje na stanicu kada bi stanica kružila na visini 800 km iznad površine Zemlje? Polumjer Zemlje iznosi 6370 km. R6075

- A. Iznos gravitacijske sile ostao bi isti.
- B. Iznos gravitacijske sile smanjio bi se na četvrtinu početnoga iznosa.
- C. Iznos gravitacijske sile smanjio bi se na polovinu početnoga iznosa.
- D. Iznos gravitacijske sile smanjio bi se na više od polovine početnoga iznosa.

6.3 Koliki je iznos ubrzanja tijela u najvišoj točki putanje ako je izbačeno vertikalno uvis? Zanemarite uzgon u zraku. R6074

- A. Iznos je jednak nuli. B. Jednak je iznosu ubrzanja sile teže.
C. Veći je od iznosa ubrzanja sile teže. D. Manji je od iznosa ubrzanja sile teže.

6.4 Dvije osobe vrte se na vrtuljku tako da je jedna bliže, a druga dalje od osi rotacije. Koja od navedenih fizičkih veličina nije jednaka za obje osobe? R6073

- A) period kruženja B) frekvencija C) kutna brzina D) obodna brzina

6.5 Muha u svojem letu jednoliko kruži po putanji polumjera zakrivljenosti 60 cm. Tijekom 3 sekunde napravi četiri puna kruga. Kolika je obodna brzina muhe? R6072

6.6 Kolika je frekvencija okretanja kotača promjera 1,5 m ako točka na obodu kotača ima brzinu 72 km/h? R6071

6.7 Tijelo se giba po kružnici polumjera r stalnom kutnom brzinom iznosa ω . Koliki je iznos kutne brzine točke koja se nalazi na polovištu spojnice središta kružnice i tijela? R6070

- A. 0 B. $\omega/2$ C. ω D. 2ω

6.8 Ubrzanje sile teže na planetu X dva je puta veće u odnosu na ubrzanje sile teže na površini Zemlje polumjera R . Mase planeta X i Zemlje su jednake. Koliki je polumjer planeta X? R6069

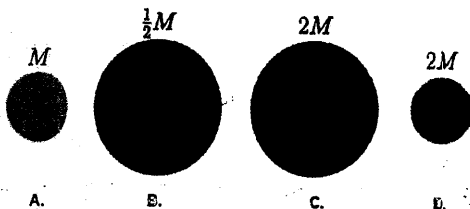
- A. $\frac{R}{2}$ B. $\frac{R}{\sqrt{2}}$ C. R D. $\sqrt{2}R$

6.9 Kuglicu mase m pustimo da slobodno pada s visine 25 m. Istodobno ispod nje s tla izbacimo drugu kuglicu iste mase m vertikalno prema gore. Kuglice se sudare i nastave se gibati zajedno brzinom 3 m/s prema dolje. Netom prije sudara brzina donje kuglice iznosi 5 m/s prema gore. Otpor zraka je zanemariv. Na kojoj su se visini iznad tla kuglice sudarile? R6068

6.10 Pretpostavite da se kazaljke sata gibaju kontinuirano. Koliko iznosi omjer kutnih brzina minutne i satne kazaljke sata? R6067

- A. 1 B. 6 C. 12 D. 72

6.11 Četiri homogena planeta imaju mase kao što je prikazano na slici. Koji bi od prikazanih planeta djelovao najvećom gravitacijskom silom na neko tijelo mase m koje se nalazi na površini toga planeta? R6066



6.12 Projektil mase $m = 8$ kg ispucava se vertikalno prema gore brzinom 10 m/s. U najvišoj točki svoje putanje eksplodira na dva komada od kojih jedan ima masu 3 kg i poleti brzinom 5 m/s vertikalno prema gore. Otpor zraka je zanemariv. Kojom brzinom drugi dio projektila udari u tlo? R6065

6.13 Tijelo se giba jednoliko po kružnici stalnoga polumjera centripetalnom akceleracijom a_{cp} . Koliki je iznos centripetalne akceleracije toga tijela ako mu se kutna brzina poveća 3 puta, a polumjer kruženja ostane isti? R6064

- A. $\frac{a_{cp}}{9}$ B. $\frac{a_{cp}}{3}$ C. $3a_{cp}$ D. $9a_{cp}$

6.14 Satelit Starlink giba se na stalnoj visini iznad površine Zemlje nekom brzinom. Masa satelita iznosi 250 kg. Koliki bi bio iznos brzine kojom bi se gibao po jednakoj putanji kada bi mu masa iznosila 500 kg? R6063

- A. Brzina satelita bi u drugome slučaju trebala biti dva puta manja nego u prvome slučaju.
B. Brzina satelita bi u drugome slučaju trebala biti jednaka kao i u prvome slučaju.
C. Brzina satelita bi u drugome slučaju trebala biti dva puta veća nego u prvome slučaju.
D. Brzina satelita bi u drugome slučaju trebala biti četiri puta veća nego u prvome slučaju.

6.15 Duljina sekundne kazaljke na satu iznosi 8 cm, a duljina minutne kazaljke 10 cm. Kazaljke se gibaju stalnim kutnim brzinama. Koliki je omjer obodnih brzina točaka na vrhovima sekundne i minutne kazaljke? R6062

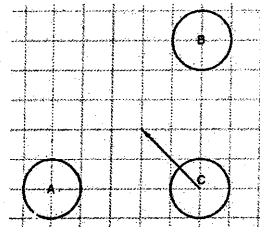
- A. 48 B. 50 C. 60 D. 75

6.16 Satelit jednoliko kruži u orbiti oko Zemlje polumjera R na visini $h = R$ iznad njezine površine. Koliko iznosi ubrzanje satelita ako je gravitacijsko ubrzanje pri površini Zemlje g ? R6061

- A. 0 B. $g/4$ C. $g/2$ D. g

6.17 Djevojčica sjedi na rubu vrtuljka polumjera 2 m koji u 4 s napravi jedan okret. Kolika je obodna brzina djevojčice na vrtuljku? R6060

6.18 Na slici su prikazani položaji tijela A, B i C jednakih masa i vektor rezultatne gravitacijske sile na tijelo C. Koji će biti smjer vektora rezultatne gravitacijske sile na tijelo C ako tijela A i B zamijene položaj? R6059



- A) \rightarrow B) \leftarrow C) \swarrow D) \nearrow

6.19 Lopta je izbačena vertikalno prema gore početnom brzinom v_0 . Koja je od navedenih tvrdnja točna za početnu brzinu lopte? R6058

- A) Smanjuje se brzina v_0 . B) Povećava se brzina v_0 .
C) Ne mijenja se brzina v_0 . D) Brzina v_0 u najvišoj je točki putanje 0.

6.20 Dva satelita masa $m_1 = 2m_2$ gibaju se oko Zemlje po kružnim putanjama jednakih polumjera $r_1 = r_2$. Koja od navedenih tvrdnja ne vrijedi za gibanje satelita? R6057

- A. Na satelite djeluju jednake centripetalne sile. B. Sateliti imaju jednaka ophodna vremena.
C. Sateliti se gibaju jednakim brzinama. D. Sateliti se gibaju jednakim centripetalnim ubrzanjima.

6.21 Crvena i plava lopta istodobno su izbačene s vrha nebodera. Crvena lopta izbačena je u horizontalnome smjeru, a plava je ispuštena da slobodno pada. Koja je od navedenih tvrdnja točna? Zanemarite otpor zraka. R6056

- A. Obje lopte udaraju u tlo istodobno i različitim brzinama.
- B. Obje lopte udaraju u tlo istodobno i istim brzinama.
- C. Plava lopta udara u tlo prva, manjom brzinom od crvene lopte.
- D. Crvena lopta udara u tlo prva, većom brzinom od plave lopte.

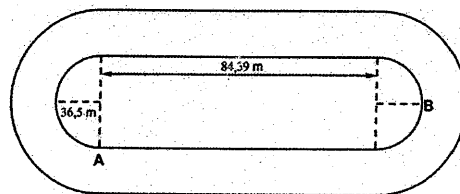
6.22 Dječak vrti kuglicu na niti u horizontalnoj ravnini. Kuglica opiše jednu kružnicu u jednoj sekundi. Sila napetosti niti F_N usmjerena je horizontalno. Dječak zatim počinje ubrzavati kuglicu držeći radijus putanje stalnim tako da kuglica opiše dva kruga u jednoj sekundi. Kolika je sada napetost niti? R6055

- A) $0.25 F_N$ B) $0.5 F_N$ C) $2 F_N$ D) $4 F_N$

6.23 Tijela X i Y u početku miruju na istoj visini iznad horizontalne podloge. U nekome trenutku tijelo X izbačeno je horizontalno brzinom v , a tijelo Y istodobno ispušteno. Koja je od navedenih tvrdnja točna ako se zanemari otpor zraka? R6054

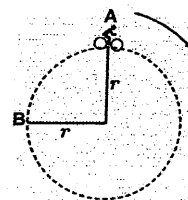
- A. Na tlo će prvo pasti tijelo X.
- B. Na tlo će prvo pasti tijelo Y.
- C. Tijela će na tlo pasti istodobno.

6.24 Olimpijska atletska staza sastoji se od dvaju ravnih dijelova duljina 84,39 m i dvije polukružnice polumjera 36,5 m. Atletičar trči po unutarnjoj stazi suprotno od smjera kazaljke na satu tako da mu je od točke A do točke B potrebno 14,17 s kao što je prikazano na slici. Kolika mu je prosječna brzina po putu? R6053



6.25 Na slici je prikazan biciklist koji se giba po kružnoj stazi polumjera zakrivljenosti r u smjeru kazaljke na satu. Koliki je put prešao biciklist gibajući se iz točke A u točku B? R6052

- A) $\frac{1}{2}r\pi$ B) $\frac{3}{2}r\pi$ C) $r\sqrt{2}$ D) $2r$



6.26 Tijelo je izbačeno početnom brzinom vertikalno uvis. Kolika je početna brzina tijela ako se tijelo nakon 10 s vratilo na mjesto izbačaja? Zanemarite otpor zraka. R6051

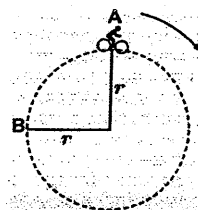
- A) 5 m/s B) 10 m/s C) 50 m/s D) 100 m/s

6.27 Električna igračka vlak mase 300 g giba se po zavoju promjera 50 cm stalnim iznosom brzine 5 cm/s. Kolika je ukupna sila na vlak? R6050

6.28 Tijelo je izbačeno početnom brzinom v_0 s visine 275 m u horizontalnome smjeru. Tijelo udara o tlo brzinom koja je pet puta veća od početne. Koliki su domet i početna brzina kojom je tijelo izbačeno? R6049

6.29 Na slici je prikazan biciklist koji se giba po kružnoj stazi polumjera zakrivljenosti r . Koliki je iznos pomaka koji je napravio biciklist gibajući se iz točke A u točku B? R6048

- A) $\frac{1}{2}r\pi$ B) $\frac{3}{2}r\pi$ C) $r\sqrt{2}$ D) $2r$



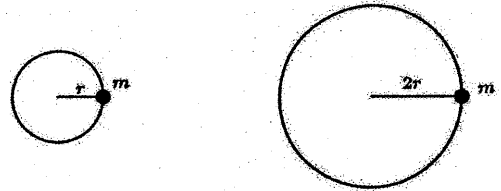
6.30 Tijelo je izbačeno početnom brzinom v_0 u vodoravnome smjeru iznad tla. Nakon vremena t tijelo padne na tlo. Koliko bi iznosilo vrijeme padanja tijela da je s iste visine izbačeno brzinom $4v_0$ u vodoravnome smjeru? Zanemarite otpor zraka. R6047

- A) t B) $t\sqrt{2}$ C) $2t$ D) $4t$

6.31 Djevojčica sjedi na rubu vrtuljka polumjera 4 m koji u 2 s napravi jedan okret. Kolika je centripetalna akceleracija djevojčice na vrtuljku? R6046

6.32 Mjesec obiđe Zemlju 13 puta u godini. Kolika je kutna brzina kojom Mjesec kruži oko Zemlje? Godina ima 365 dana. R6045

6.33 Na slici su prikazane kružne putanje dvaju tijela. Period kruženja tijela mase m po kružnici polumjera r iznosi T . Na tijelo pritom djeluje ukupna sila F . Kolika je ukupna sila potrebna da bi to tijelo kružilo jednakim periodom T po kružnici radijusa $2r$? R6044



- A) $F/4$ B) $F/2$ C) $2F$ D) $4F$

6.34 Satelit se giba po kružnoj putanji oko Zemlje. O kojoj od navedenih veličina ne ovisi brzina satelita? R6043

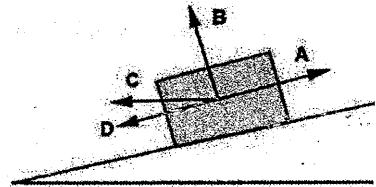
- A) o udaljenosti satelita od Zemlje B) o gravitacijskoj konstanti
C) o masi Zemlje D) o masi satelita

6.35 Tijelo se giba po kružnici polumjera r kutnom brzinom ω . Koji od navedenih izraza vrijedi za centripetalnu akceleraciju a_{cp} ? R6042

- A) $a_{cp} = \omega r^2$ B) $a_{cp} = \frac{\omega}{r^2}$ C) $a_{cp} = \omega^2 r$ D) $a_{cp} = \frac{\omega^2}{r}$

6.36 Automobil se giba brzinom stalnoga iznosa po kružnome nagnutom zavoju. Na slici je prikazan stražnji dio automobila. Koji smjer na slici odgovara smjeru ukupne sile na automobil? R6041

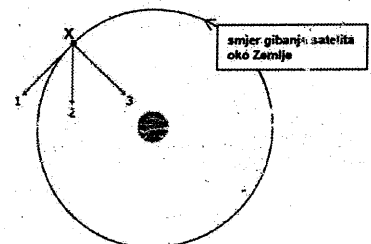
- A) smjer A B) smjer B C) smjer C D) smjer D



6.37 Dva tijela jednakih masa gibaju se po kružnim putanjama polumjera r_1 i r_2 jednakim kutnim brzinama. Koja je od navedenih veličina jednaka za ta dva tijela? R6040

- A) centripetalna sila B) obodna brzina C) centripetalno ubrzanje D) frekvencija

6.38 Satelit X giba se jednoliko po kružnoj putanji oko Zemlje kao što je prikazano na crtežu. Koja je od navedenih tvrdnja točna za ukupnu silu koja djeluje na satelit X? R6039



- A. Ukupna sila na satelit X jednaka je nuli.
B. Ukupna sila na satelit X djeluje u smjeru 1.
C. Ukupna sila na satelit X djeluje u smjeru 2.
D. Ukupna sila na satelit X djeluje u smjeru 3.

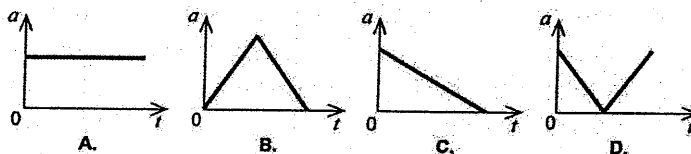
6.39 Tijelo se giba jednoliko po kružnici periodom T i frekvencijom f . Kolika će biti frekvencija vrtnje toga tijela ako mu je period vrtnje $2T$? R6038

- A) $f/4$ B) $f/2$ C) $2f$ D) $4f$

6.40 Tijelo se giba jednoliko po kružnici polumjera r brzinom iznosa v . Koliki je iznos brzine gibanja toga tijela po kružnici polumjera $4r$ ako na njega djeluje centripetalna sila istoga iznosa? R6037

- A) $v/2$ B) $v/4$ C) $2v$ D) $4v$

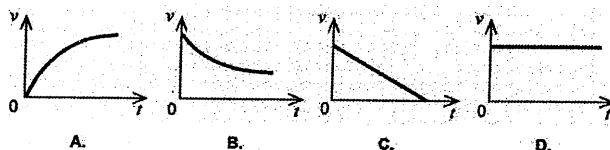
6.41 Tijelo je bačeno vertikalno uvis. Koji od ponuđenih grafova prikazuje iznos akceleracije tijela tijekom gibanja? Zanemarite otpor zraka. R6036



6.42 Dva satelita jednakih masa, S_1 i S_2 , jednoliko kruže oko istoga planeta. Radijus kruženja satelita S_1 jednak je polovici radijusa kruženja satelita S_2 . Iznos sile kojom planet djeluje na satelit S_1 je F_1 , a iznos sile kojom planet djeluje na satelit S_2 je F_2 . Što je od navedenoga točno za omjer iznosa sila kojima planet djeluje na satelite? R6035

- A) $F_1 = 0.25 F_2$ B) $F_1 = 0.5 F_2$ C) $F_1 = 2 F_2$ D) $F_1 = 4 F_2$

6.43 Tijelo je bačeno vodoravno s neke visine. Koji od ponuđenih grafova prikazuje iznos vodoravne komponente brzine tijela u ovisnosti o vremenu tijekom pada? Zanemarite otpor zraka. R6034



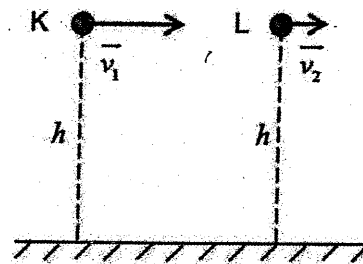
6.44 Period kruženja umjetnoga satelita oko planeta iznosi T . Udaljenost satelita od središta planeta iznosi r . Naolikoj udaljenosti od središta planeta kruži drugi satelit kojemu je period kruženja $T/8$? R6033

- A) $r/8$ B) $r/4$ C) $4r$ D) $8r$

6.45 Automobil mase 1000 kg nailazi na ispupčen most polumjera zakrivljenosti 20 m . Brzina automobila na vrhu mosta iznosi 10 m/s . Koliki je iznos sile kojom automobil djeluje na most kada se nalazi na vrhu mosta? R6032

6.46 Dva jednaka tijela, tijelo K i tijelo L, bačena su vodoravno s jednake visine h . Iznos početne brzine tijela K, v_1 , veći je od iznosa početne brzine tijela L, v_2 . Vrijeme trajanja pada tijela K označeno je s t_1 , a vrijeme trajanja pada tijela L s t_2 . Domet tijela K označen je s D_1 , a domet tijela L označen je s D_2 . Koja je od navedenih tvrdnji točna? R6031

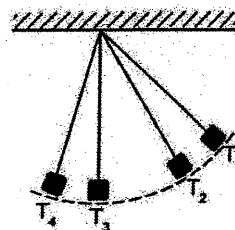
- A) $D_1 < D_2$; $t_1 < t_2$ B) $D_1 = D_2$; $t_1 = t_2$
 C) $D_1 > D_2$; $t_1 > t_2$ D) $D_1 > D_2$; $t_1 = t_2$



6.47 Čestica kruži po stazi polumjera $0,1 \text{ m}$ brzinom $9,6 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$. Kolika je frekvencija kruženja čestice? R6030

6.48 Neko se tijelo niže ovješeno o nit, kao što je prikazano na crtežu. U kojoj je točki putanje pri njihanju najveća napetost niti? R6029

- A) u T_1 B) u T_2 C) u T_3 D) u T_4



6.49 S visine od 150 m tijelo je izbačeno u vodoravnome smjeru početnom brzinom 10 m/s. Koji će položaj tijelo imati 3 sekunde nakon početka gibanja? Zanemarite otpor zraka. U ponuđenim odgovorima x označava vodoravnu udaljenost tijela od početnoga položaja, a y udaljenost tijela od tla. R6028

- A) $x = 10$ m, $y = 105$ m B) $x = 10$ m, $y = 45$ m
C) $x = 30$ m, $y = 105$ m D) $x = 30$ m, $y = 45$ m

6.50 Prva svemirska brzina za Zemlju iznosi v_1 . Masa Zemlje je M , a radijus Zemlje je R . Koliko iznosi prva svemirska brzina za planet čija je masa $M/4$, a radijus $4R$? R6027

- A) $v_1/16$ B) $v_1/4$ C) $4v_1$ D) $16v_1$

6.51 Materijalna točka giba se jednoliko po kružnici. Što od navedenog vrijedi za vektor količine gibanja te točke? R6026

- A. Ne mijenja se. B. Mijenja se po iznosu, ali ne mijenja smjer.
C. Mijenja se po smjeru, ali ne mijenja iznos. D. Mijenja se i po iznosu i po smjeru.

6.52 Filip pliva s jedne na drugu obalu rijeke brzinom od 0,5 m/s u smjeru okomitom na tok rijeke. Rijeka je široka 10 m. Koliko ga je metara rijeka odvukla nizvodno ako je brzina rijeke 3 m/s? R6025

- A) 10 m B) 15 m C) 30 m D) 60 m

6.53 Nogometaš udari loptu koja odleti po putanji prikazanoj na crtežu. Koja je od navedenih tvrdnji točna za ukupnu silu na loptu u točki X? Zanemarite sile kojima zrak djeluje na loptu. R6024

- A) Djeluje u smjeru A. B) Djeluje u smjeru B.
C) Djeluje u smjeru C. D) Jednaka je nuli.



6.54 Stijena mase 6 000 kg kruži u Saturnovu prstenu na udaljenosti $1,8 \cdot 10^8$ m od središta planeta i na nju djeluje centripetalna sila od 7 000 N. Kolika je masa Saturna? R6023

6.55 Tijelo se giba jednoliko po kružnici polumjera r_1 . Koliki treba biti polumjer r_2 kružnice po kojoj bi se to isto tijelo, uz jednaku centripetalnu silu, gibalo s dvostruko manjim periodom? R6022

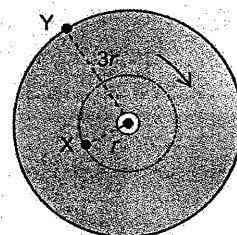
- A) $r_2 = 0.25 r_1$ B) $r_2 = 0.5 r_1$ C) $r_2 = 2 r_1$ D) $r_2 = 4 r_1$

6.56 Iz helikoptera koji leti u horizontalnome smjeru ispušten je paket. Što je za promatrača na tlu putanja paketa ako se zanemari utjecaj otpora zraka na paket? R6021

- A) dio pravca B) dio kružnice
C) dio elipse D) dio parabole

6.57 Kružna ploča položena je vodoravno te se vrti oko vertikalne osi kroz središte stalnom kutnom brzinom. Novčić X nalazi se na tri puta manjoj udaljenosti od središta ploče nego novčić Y. Kako se odnose njihove obodne brzine? R6020

- A) $v_x = v_y/3$ B) $v_x = v_y$ C) $v_x = 3v_y$



6.58 Brzina kruženja Zemlje oko Sunca je 30 puta veća od brzine kruženja Mjeseca oko Zemlje. Mjesec obiđe Zemlju približno 13 puta u godini dana. Koliki je omjer udaljenosti Zemlje od Sunca (r_z) i udaljenosti Mjeseca od Zemlje (r_M)? R6019

- A) $r_z : r_M = 1 : 13$ B) $r_z : r_M = 13 : 1$ C) $r_z : r_M = 1 : 390$ D) $r_z : r_M = 390 : 1$

6.59 Tijelo A i B izbace se u vodoravnome smjeru s jednakim početnim brzinama. Tijelo A izbaci se s veće visine nego tijelo B. Kako se odnose domet tijela A (D_A) i domet tijela B (D_B)? R6018

- A) $D_A > D_B$ B) $D_A < D_B$ C) $D_A = D_B$

6.60 Polumjer Zemljine putanje oko Sunca je 390 puta veći od polumjera Mjesečeve putanje oko Zemlje. Mjesec obiđe Zemlju približno 13 puta u godini dana. Koliki je omjer brzine kruženja Zemlje oko Sunca (v_z) i brzine kruženja Mjeseca oko Zemlje (v_M)? R6017

- A) $v_z : v_M = 1 : 13$ B) $v_z : v_M = 13 : 1$ C) $v_z : v_M = 1 : 30$ D) $v_z : v_M = 30 : 1$

6.61 Tijelo A slobodno pada s visine h , a tijelo B je s iste visine h izbačeno u vodoravnome smjeru. Kako se odnose vrijeme gibanja tijela A (t_A) i vrijeme gibanja tijela B (t_B) do trenutka pada? R6016

- A) $t_A < t_B$ B) $t_A = t_B$ C) $t_A > t_B$

6.62 Koliko iznosi akceleracija slobodnoga pada na površini Marsa g_M u usporedbi s akceleracijom slobodnoga pada na površini Zemlje g_Z ako je masa Marsa $m_M = 0,107 m_Z$ i polumjer Marsa $R_M = 0,53 R_Z$? R6015

- A) $g_M = 0.20 g_Z$ B) $g_M = 0.38 g_Z$ C) $g_M = 2.63 g_Z$ D) $g_M = 4.95 g_Z$

6.63 Planet X ima masu M i polumjer R . Planet Y ima masu $2M$ i polumjer $R/2$. Na astronauta na površini planeta X djeluje sila G . Kolika sila djeluje na toga astronauta na površini planeta Y? R6014

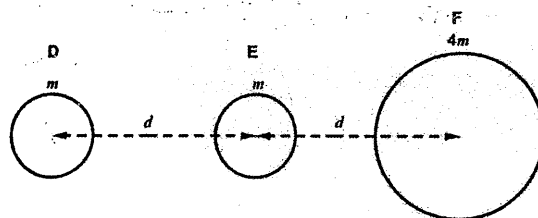
- A) $(1/8) G$ B) G C) $4 G$ D) $8 G$

6.64 Akceleracija sile teže na površini Mjeseca šest puta je manja nego na površini Zemlje. Ako je masa Mjeseca $7,3 \cdot 10^{22}$ kg, koliki je polumjer Mjeseca? R6013

6.65 Tijelo mase m nalazi se na Zemlji mase m_Z i polumjera R_Z . Koji od navedenih izraza vrijedi za ubrzanje sile teže na površini Zemlje? R6012

- A) $g = G \frac{m_Z}{R_Z^2}$ B) $g = G \frac{m_Z}{R_Z}$ C) $g = G \frac{m_Z \cdot m}{R_Z^2}$ D) $g = G \frac{m_Z}{R_Z}$

6.66 Na slici su prikazana dva planeta D i E mase m i planet F mase $4m$. Središta planeta nalaze se na istome pravcu, a udaljenost između središta dvaju susjednih planeta je d . Između kojih planeta gravitacijska sila ima najveći iznos? R6011



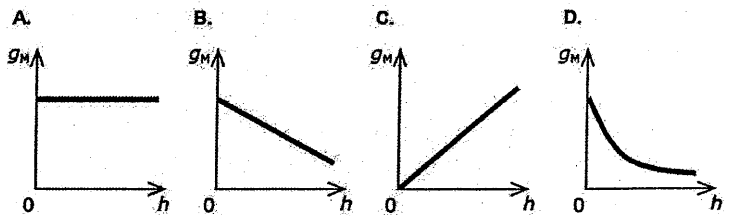
- A) D i E B) D i F C) E i F

6.67 Zvijezda privlači komet silom F kada je on na udaljenosti r od središta zvijezde. Kolikom silom zvijezda privlači komet kada joj se on približi na $1/3$ početne udaljenosti? R6010
 A) $(1/3) F$ B) $(1/9) F$ C) $3F$ D) $9F$

6.68 Ubrzanje sile teže na površini Zemlje polumjera R iznosi g . Koliko je ubrzanje sile teže g' na visini $h=3R$ iznad površine Zemlje? R6009
 A) $g'=(1/16)g$ B) $g'=(1/9)g$ C) $g'=(1/4)g$ D) $g'=(1/3)g$

6.69 Ubrzanje sile teže na površini Zemlje polumjera R i mase M iznosi g . Na kojoj visini h iznad površine Zemlje ubrzanje tijela iznosi $(1/16) g$? R6008
 A) $(1/4)R$ B) $3R$ C) $4R$ D) $16R$

6.70 Koji dijagram prikazuje akceleraciju slobodnoga pada na Mjesecu g_M u ovisnosti o udaljenosti od površine Mjeseca h ? R6007

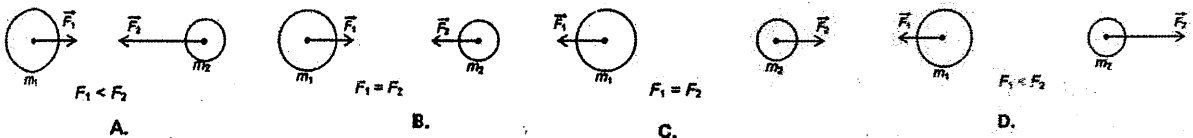


6.71 Na kojoj visini iznad površine Zemlje akceleracija sile teže iznosi $7,33 \text{ m s}^{-2}$? Masa Zemlje je $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, a polumjer $6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$. R6006

6.72 Dvije točkaste mase udaljene su za r . Mase se privlače gravitacijskom silom F . Kolika treba biti udaljenost između njih da se privlače silom $F/4$? R6005

A) $r/4$ B) $r/2$ C) $2r$ D) $4r$

6.73 Dvije kugle su na međusobnoj udaljenosti r . Masa prve kugle je $m_1 = 100 \text{ kg}$, a druge $m_2 = 50 \text{ kg}$. Kugle međudjeluju gravitacijskom silom. Na kojem su crtežu ispravno prikazani smjerovi i odnosi iznosa sila na kugle? R6004



6.74 Akceleracija slobodnoga pada na površini Mjeseca je g_M . Polumjer Mjeseca je R . Kolika je akceleracija slobodnoga pada na udaljenosti $2R$ od površine Mjeseca? R6003

A) $g_M/9$ B) $g_M/3$ C) $g_M/2$ D) $2g_M$

6.75 Masa Marsa je $6,5 \cdot 10^{23} \text{ kg}$, a polumjer 3400 km . Kolika je akceleracija slobodnoga pada na površini Marsa? R6002

6.76 Kolikom silom Mars privlači kamen mase 1 kg koji se nalazi na njegovoj površini? Masa Marsa je $6,5 \cdot 10^{23} \text{ kg}$, a polumjer 3400 km . R6001

7. FLUIDI

Multitasking is merely the opportunity to screw up more than one thing at a time.

-Steve Uzzell

Kod proučavanja fluida (tekućina i plinova) tlak p ima istu ulogu kao i sila kod krutih tijela. Tlak se definira kao količnik sile koja djeluje okomito na neku površinu i iznosa te površine ($p = F/S$). Dakle, pojmovi sile i tlaka uvijek dolaze skupa.

SILA UZGONA

Kada je tijelo barem jednim dijelom svoga volumena uronjeno u fluid tada na njega fluid djeluje silom uzgona

$$F_u = \rho_{FL} \cdot g \cdot V_{UR}$$

V_{UR} je uronjeni dio volumena tijela. Gornju formulu uvijek treba pisati s indeksima da ne dođe do zabune koju gustoću i volumen treba gledati.

Hint: Fluid djeluje samo na uronjeni dio tijela, a sila teža djeluje uvijek na cijelo tijelo.

Treba zapamtiti da za volumen tijela V vrijedi

$$V = V_{uronjeni} + V_{izvan\ fluida}$$

tj. znamo li da je 20% volumena tijela uronjeno u fluid tada znamo i da je 80% volumena tijela izvan fluida ili skraćeno $V_{UR} = 0.2 V$ i $V_{izvan} = 0.8 V$.

Sila uzgona je posljedica razlike u statičkim tlakovima (a time i razlike u silama) na različitim dubinama, a smjer je uvijek **prema površini** fluida. Sila uzgona postoji i u zraku, no iznos je vrlo mali (za predmete malog volumena) pa se najčešće zanemaruje. Silu uzgona treba kombinirati s 1. i 2. Newtonovim zakonom, ovisi na koji način se tijelo giba (stalna brzina, akceleracija, mirovanje...).

Po svom iznosu sila uzgona je jednaka težini istisnute tekućine, tj. može se računati i kao

$$F_u = m_{ist.tek.} \cdot g$$

ukoliko znamo koliko tekućine se izlije kada tijelo uronimo u nju (tada u startu tekućina treba biti nalivena do samoga ruba posude).

PROTOK

Protok (Q) je količnik volumena fluida (V) koji proteče poprečnim presjekom cijevi i pripadnog vremena (t). Može se izračunati i kao umnožak površine poprečnog presjeka cijevi (S) i brzine gibanja fluida (v).

$$Q = \frac{V}{t} = Sv$$

Mjerna jedinica protoka je m^3/s .

STATIČNA SITUACIJA

Ukupni tlak u fluidu sastoji se od doprinosa atmosferskog, hidrostatskog i hidrauličkog tlaka.

$$p_{uk} = p_{atm} + \rho_{FL}gh + \frac{F}{S}$$

Atmosferski tlak (p_{atm}) je posljedica težine stupca zraka koji se nalazi iznad neke površine. Vrijednost mu se mijenja ovisno o više čimbenika no u prosjeku iznosi 101325 Pa i ta se vrijednost koristi u zadacima.

Hidrostatski tlak ($\rho_{FL}gh$) je posljedica težine stupca fluida i ovisi na kojoj se dubini mjeri tlak (h označava dubinu unutar fluida ili visinu stupca fluida kojeg promatramo). Na površini fluida hidrostatski tlak je nula (jer je dubina $h=0$ m).

Hidraulički tlak ($\frac{F}{S}$) je posljedica djelovanja neke dodatne sile na fluid (npr. kada pritišćemo zatvorenu praznu bocu povećavamo tlak zraka u njoj). Hidraulički tlak je nula kada nema djelovanja vanjske sile.

DINAMIČNA SITUACIJA- TOK FLUIDA

Kada fluid teče primjenjuje se Bernoullijeva jednadžba

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

Prvi član naziva se statički tlak, a drugi dinamički tlak. Ovdje se pretpostavlja da je tok fluida u horizontalnom smjeru. Korisno je zapamtiti da je gibanje fluida brže u užoj cijevi, odnosno sporije u široj cijevi. Prema tome je i dinamički tlak veći u užoj cijevi, odnosno manji u široj cijevi. Za statički tlak vrijedi obrnuto. Ukupni tlak u fluidu (statički + dinamički) jednak je u svakom dijelu cijevi. Također, gustoća fluida jednaka je u svakom dijelu cijevi. Bernoullijeva jednadžba posljedica je zakona očuvanja energije i korisno ju je kombinirati s jednadžbom kontinuiteta

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

ODNOS GUSTOĆE TIJELA ρ I GUSTOĆE FLUIDA ρ_{FL}

Odnos gustoća	Opis	Primjer
$\rho > \rho_{FL}$	tijelo tone ili se nalazi na dnu	Kamen u vodi
$\rho = \rho_{FL}$	tijelo lebdi, tj. miruje na nekoj dubini	Vodeni balon u vodi
$\rho < \rho_{FL}$	tijelo izranja ili pluta na površini	Stiropor u vodi

Hidromehanika

$$p = \frac{F}{S}$$

$$p = \rho gh$$

$$F_u = \rho g V$$

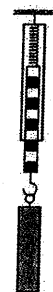
$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

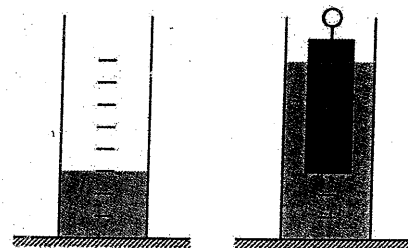
$$\rho = \frac{m}{V}$$

ZADACI

7.1 Učenik je dobio zadatak odrediti gustoću nepoznate tekućine. Od pribora je dobio dinamometar s najmanjim podjeljkom 1 N, tijelo i menzuru najmanjega podjeljka 50 mL napunjenu nepoznatom tekućinom. Prvo je ovjesio tijelo na dinamometar u zraku i očitao silu koju pokazuje dinamometar kao što je prikazano na slici 1. Zatim je uronio tijelo u menzuru s nepoznatom tekućinom tako da pluta kao što je prikazano na slici 2. Uz pomoć menzure izmjerio je volumen uronjenoga dijela tijela. Iz navedenih podataka odredio je gustoću nepoznate tekućine. U računu je zanemario silu uzgona u zraku. Kolika je gustoća nepoznate tekućine koju je učenik odredio iz dobivenih podataka? R7047



Slika 1.



Slika 2.

7.2 Cijev promjera D razdvaja se u dvije manje jednake cijevi od kojih je svaka promjera d . Kolika je brzina vode u velikoj cijevi ako je brzina vode u svakoj od manjih cijevi v ? R7046

- A) $\frac{dv}{D}$ B) $\frac{2dv}{D}$ C) $\frac{d^2v}{D^2}$ D) $\frac{2d^2v}{D^2}$

7.3 Na dnu trupa jedrilice nastala je rupa površine 2 cm^2 zbog koje morska voda prodire u unutrašnjost jedrilice. Rupa se nalazi na dubini $1,2 \text{ m}$ ispod površine mora. Kolikom najmanjom silom treba djelovati na čep kojim se s unutarnje strane zatvara rupa kako bi se zaustavilo prodiranje vode? Gustoća morske vode iznosi 1020 kg/m^3 . R7045

7.4 Horizontalna cijev kroz koju prolazi tekućina ima širi i uži dio. Statički i dinamički tlakovi tekućine u širem dijelu cijevi su p_{stA} i p_{dA} , a u užem dijelu cijevi su p_{stB} i p_{dB} . Koja je od navedenih tvrdnja o odnosima tlakova u cijevi točna? R7044

- A. $p_{stA} < p_{stB}$ i $p_{dA} < p_{dB}$ B. $p_{stA} > p_{stB}$ i $p_{dA} > p_{dB}$ C. $p_{stA} < p_{stB}$ i $p_{dA} > p_{dB}$ D. $p_{stA} > p_{stB}$ i $p_{dA} < p_{dB}$

7.5 U menzuri površine presjeka 12 cm^2 nalazi se ulje gustoće 900 kg/m^3 . Na površini ulja smješten je klip mase $0,1 \text{ kg}$ koji točno prekriva cijelu površinu ulja. Ukupni tlak na dnu menzure iznosi $104,5 \text{ kPa}$. Koliko je visok stupac ulja u menzuri pri normiranome atmosferskom tlaku? R7043

7.6 Horizontalna cilindrična cijev na jednome je kraju dvostruko manjega promjera nego na drugome. Kroz cijev struji idealni fluid bez turbulencija. Koliki je omjer brzine strujanja fluida kroz uži i brzine strujanja fluida kroz širi kraj te cijevi? R7042

A) 1/4 B) 1/2 C) 2 D) 4

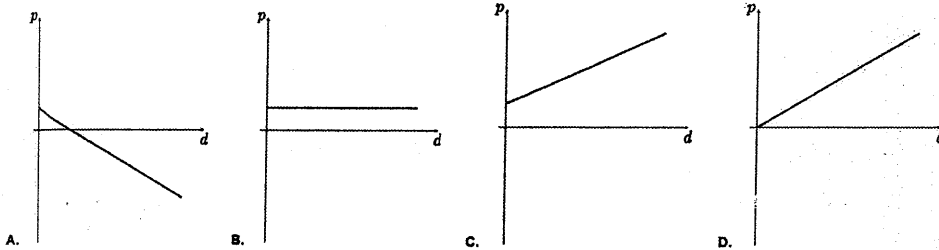
7.7 Kroz širi dio horizontalno postavljene cijevi promjera 5 cm protječe tekućina brzinom $v_1 = 15$ cm/s. Kroz uži dio iste cijevi brzina protjecanja tekućine je $v_2 = 4v_1$. Koliki je promjer užega dijela cijevi i kolika je gustoća tekućine ako je razlika statičkih tlakova između širega i užega dijela cijevi 155 Pa? Hidrostatski tlak u cijevi je zanemariv. R7041

7.8 Voda potpuno ispunjava posudu i ne preljeva se preko ruba. U posudu se polako uroni tijelo tako da se iz nje izlije određeni volumen vode. Koja je od navedenih tvrdnja za težinu vode koja se prelila preko ruba posude točna? R7040

- A. Jednaka je sili uzgona kojom voda djeluje na tijelo bez obzira na gustoću tijela.
- B. Jednaka je sili uzgona kojom voda djeluje na tijelo samo ako je gustoća tijela manja od gustoće vode.
- C. Jednaka je sili uzgona kojom voda djeluje na tijelo samo ako je gustoća tijela veća od gustoće vode.
- D. Jednaka je sili uzgona kojom voda djeluje na tijelo samo ako je gustoća tijela jednaka gustoći vode.

7.9 Na horizontalnu cijev promjera 4 cm spojena je druga horizontalna cijev promjera 2 cm iz koje istječe voda u bačvu volumena 50 litara. Razlika je statičkih tlakova vode u tim dvjema cijevima 500 Pa. Koliko je vremena potrebno kako bi se u potpunosti napunila prazna bačva u koju utječe voda iz cijevi? Hidrostatski tlak u cijevi je zanemariv. Gustoća vode iznosi 1000 kg/m^3 . R7039

7.10 Učenica prilikom zarona u more mjeri ovisnost ukupnoga tlaka p o dubini d . Koji od ponuđenih grafova ispravno prikazuje njezino mjerenje? R7038



7.11 Dječak drži pod vodom komad drva gustoće 800 kg/m^3 . Otpor vode je zanemariv. Gustoća vode iznosi 1000 kg/m^3 . Kojom će se akceleracijom komad drva početi gibati prema površini kada ga dječak otpusti? R7037

7.12 U čaši se nalazi voda na koju se pažljivo nalije ulje tako da se ne miješa s vodom. U čašu se potom stavi tijelo nepoznate gustoće tako da pluta između tekućina i potpuno je u njih uronjeno. Kolika je gustoća tijela ako se 45 % njegova volumena nalazi u vodi? $\rho_{\text{vode}} = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{ulja}} = 900 \text{ kg/m}^3$. R7036

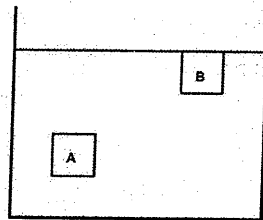
7.13 Splav napravljena od drva gustoće 800 kg/m^3 nalazi se na površini vode. U vodu se polako dodaje sol tako da joj gustoća naraste za 10 %. Gustoća vode iznosi 1000 kg/m^3 . Za koliko se posto smanji uronjeni dio volumena splavi u odnosu na ukupan volumen splavi? R7035

7.14 Čovjek stoji na dasci za stojeće veslanje volumena 185 litara. Jedna polovina volumena daske iznad je površine vode gustoće 1030 kg/m^3 . Kolika je ukupna težina čovjeka i daske? R7034

7.15 Koliki se dio volumena drvenoga čamca nalazi iznad površine morske vode ako je gustoća vode u kojoj se nalazi čamac 1030 kgm^{-3} ? Gustoća drvenoga čamca iznosi 770 kgm^{-3} . R7033

7.16 Tijelo A gustoće ρ_A i tijelo B gustoće ρ_B miruju u tekućini gustoće ρ kao što je prikazano na slici. U kakvome su odnosu navedene gustoće? R7032

- A) $\rho_A < \rho_B < \rho$ B) $\rho_A > \rho_B > \rho$
C) $\rho_A < \rho_B = \rho$ D) $\rho_A = \rho_B = \rho$

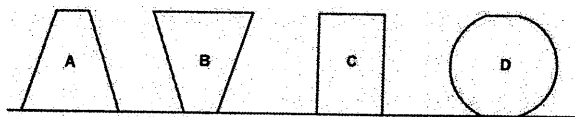


7.17 Kroz dugu cijev stalnoga poprečnog presjeka zrak struji stalnom brzinom v . Kako se promijeni statički tlak u cijevi ako se poveća brzina strujanja zraka? R7031

- A) Smanji se. B) Ostane jednak. C) Poveća se.

7.18 Na slici su prikazane posude ispunjene vodom. Kako se odnose tlakovi na dnu posuda? R7030

- A. $p_B = p_D < p_C < p_A$ B. $p_B = p_D > p_C > p_A$
C. $p_B = p_D = p_C = p_A$ D. $p_B < p_D < p_C < p_A$



7.19 Kada neko tijelo ubacimo u tekućinu A gustoće $\rho_A = 1,2 \text{ g/cm}^3$, ono pluta na površini tako da je jedna četvrtina volumena tijela iznad površine tekućine. Kada isto tijelo ubacimo u tekućinu B, ono pluta na površini tako da je jedna trećina volumena tijela iznad površine tekućine. Kolika je gustoća ρ_B tekućine B? R7029

7.20 U posudi se nalazi voda na čijoj površini pluta kuglica tako da je polovina obujma kuglice uronjena u vodu. Koja je od navedenih tvrdnja ispravna ako se na površinu vode dolije ulje? Pretpostavite da se voda i ulje ne miješaju. Gustoća kuglice veća je od gustoće ulja, a manja od gustoće vode. R7028

- A. Više od polovine obujma kuglice uronjeno je u vodu.
B. Polovina obujma kuglice uronjena je u vodu.
C. Manje od polovine obujma kuglice uronjeno je u vodu.

7.21 Djevojčica mase 34 kg sjedi na lopti tako da je lopta potpuno uronjena u vodu. Koliki je polumjer lopte? Ukupna masa lopte iznosi 200 g. Zanemarite silu uzgona na djevojčicu. R7027

7.22 Nastavnik je u razred donio dva balona jednakih volumena, jedan napunjen helijem, a drugi napunjen zrakom. Koja od navedenih tvrdnja vrijedi za iznos sile uzgona na pojedini balon? R7026

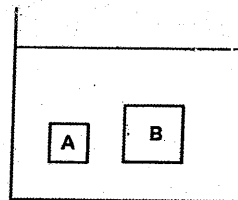
- A. Iznos sile uzgona veći je na balon napunjen helijem. B. Iznos sile uzgona veći je na balon napunjen zrakom.
C. Iznos sile uzgona jednak je na oba balona. D. Sila uzgona ne djeluje na balon napunjen zrakom.

7.23 Tijela A i B uronjena su u potpunosti u tekućinu gustoće ρ . Za mase tijela vrijedi $m_A = 2m_B$, a za njihove gustoće vrijedi $\rho_A = \rho_B/3$. Kako se odnose sile uzgona F_{UA} i F_{UB} na ta dva tijela? R7025

- A) $F_{UA}/F_{UB} = 2/3$ B) $F_{UA}/F_{UB} = 1$ C) $F_{UA}/F_{UB} = 3/2$ D) $F_{UA}/F_{UB} = 6$

7.24 Tijelo A mase m_A i tijelo B mase m_B miruju u tekućini gustoće ρ kao što je prikazano na slici. U kakvome su odnosu mase tih tijela? R7024

- A) $m_A < m_B$ B) $m_A > m_B$ C) $m_A = m_B$



7.25 Kroz uži dio horizontalno položene cijevi polumjera 1 cm teče voda brzinom 15 m/s pri statičkome tlaku $2 \cdot 10^5$ Pa. Koliki je polumjer širega dijela te cijevi ako je u tome dijelu statički tlak $3 \cdot 10^5$ Pa? Gustoća vode je 1000 kgm^{-3} . R7023

7.26 Tijelo se nalazi u tekućini gustoće ρ tako da je $1/5$ volumena tijela iznad površine tekućine. Kolika je gustoća tijela? R7022

- A) $\rho/5$ B) $\rho/2$ C) $4\rho/5$ D) ρ

7.27 Kroz uži dio horizontalno položene cijevi polumjera 1 cm teče voda brzinom 2 m/s pri statičkome tlaku $2 \cdot 10^5$ Pa. Koliki je statički tlak u širem dijelu te cijevi polumjera 1,73 cm? Gustoća vode je 1000 kgm^{-3} . R7021

7.28 Kroz horizontalnu cijev različitih poprečnih presjeka protječe voda. Poprečni je presjek užega dijela cijevi 5 cm^2 , a širega dijela cijevi 20 cm^2 . Kolike su brzine protjecanja vode u užemu i širem dijelu cijevi ako je razlika statičkih tlakova $\Delta p = 3 \cdot 10^4$ Pa? Gustoća vode iznosi 1000 kg/m^3 . R7020

7.29 Prazna plastična čaša mase 100 g pliva na vodi tako da je $1/4$ volumena čaše uronjena u vodu. Koliki se volumen ulja može uliti u čašu da ona još uvijek ne potone? Gustoća ulja iznosi 900 kg/m^3 , a gustoća vode 1000 kg/m^3 . R7019

7.30 Tri kuglice jednakih volumena nalaze se u posudi s vodom i potpuno su uronjene u vodu. Kuglice su od olova, željeza i aluminija i za njihove gustoće vrijedi $\rho_{\text{olova}} > \rho_{\text{željeza}} > \rho_{\text{aluminija}} > \rho_{\text{vode}}$. Koja je od navedenih tvrdnja o uzgonu točna? R7018

- A. Najveći je na kuglicu od olova. B. Najveći je na kuglicu od željeza.
C. Najveći je na kuglicu od aluminija. D. Jednak je na sve tri kuglice.

7.31 Na kojoj dubini h tlak u vodi iznosi $5p_a$? ($\rho_{\text{vode}} = 1000 \text{ kg/m}^3$, $p_a = 1013 \text{ hPa}$) R7017

7.32 Koji zakon očuvanja ima za posljedicu Bernoullijevu jednadžbu? R7016

- A) zakon očuvanja količine gibanja B) zakon očuvanja količine naboja C) zakon očuvanja energije

7.33 Koliki tlak stvara čovjek mase 76 kg na površinu $0,048 \text{ m}^2$? R7015

7.34 Uteg mase 1 kg ovješten je na dinamometar i uronjen u tekućinu gustoće 1 kg/dm^3 . Dinamometar pokazuje silu iznosa 8 N. Koliki je obujam toga utega? R7014

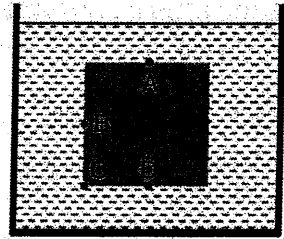
7.35 Čamac pluta na jezeru. Koliki će obujam vode dodatno istisnuti čamac nakon što u njega uđe čovjek mase 70 kg? Gustoća vode iznosi 1000 kg/m^3 . R7013

7.36 Da bi lopta mase m mirovala potpuno uronjena u vodi, treba na nju djelovati silom iznosa F vertikalno prema dolje. Koliko iznosi sila uzgona vode na loptu? R7012

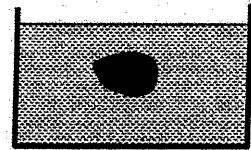
- A) $F - mg$ B) F C) mg D) $F + mg$

7.37 Tijelo oblika kocke cijelo je uronjeno u tekućinu kao što je prikazano na crtežu. Pritom su dvije stranice tijela vodoravne. Hidrostatski tlak u točki A je p_A , u točki B je p_B , u točki C je p_C , a u točki D je p_D . Što od navedenoga vrijedi za te hidrostatske tlakove? R7011

- A) $p_A < p_B < p_C < p_D$ B) $p_A < p_B < p_C = p_D$
 C) $p_A < p_B = p_C < p_D$ D) $p_A = p_B < p_C = p_D$



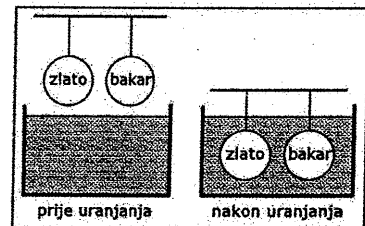
7.38 Kamen mase 15 kg spustimo u vodu. Koliko iznosi rezultantna sila na kamen dok tone i dok je cijelim obujmom ispod površine vode (kao što je prikazano na crtežu) prije nego što dotakne dno? Gustoća kamena je $2\,500\text{ kgm}^{-3}$, a vode $1\,000\text{ kgm}^{-3}$. Zanemarite viskoznost vode. R7010



7.39 Kroz cijev presjeka 24 cm^2 za 5 s prođe 120 L tekućine. Kolika je brzina protjecanja tekućine kroz tu cijev? R7009

- A) 0.01 m/s B) 0.1 m/s C) 1 m/s D) 10 m/s

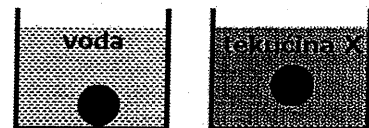
7.40 Dvije kugle jednakih volumena, jedna od zlata, a druga od bakra ovješene su o niti, kao što je prikazano na crtežu. Tako se ovješene kugle urone u vodu. Zbog toga se iznos sile napetosti niti na koju je ovješena kugla od zlata smanji za ΔF_{Au} , a kod kugle od bakra za ΔF_{Cu} . Koji odnos vrijedi za ΔF_{Au} i ΔF_{Cu} ? R7008



- A) $\Delta F_{Au} < \Delta F_{Cu}$ B) $\Delta F_{Au} = \Delta F_{Cu}$ C) $\Delta F_{Au} > \Delta F_{Cu}$

7.41 Kuglica u vodi tone, a ako je uronimo u tekućinu X, ona lebdi kako je prikazano na crtežu. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R7007

- A. Gustoća tekućine X manja je od gustoće vode.
 B. Gustoća tekućine X veća je od gustoće vode.
 C. Gustoća kuglice manja je od gustoće tekućine X.
 D. Gustoća kuglice veća je od gustoće tekućine X.



7.42 Idealna tekućina jednoliko struji kroz horizontalno postavljenu cijev kružnog poprječnog presjeka promjenjivog promjera. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R7006

- A. Ukupni je tlak veći na užem dijelu cijevi. B. Ukupni je tlak manji na užem dijelu cijevi.
 C. Dinamički je tlak veći na užem dijelu cijevi. D. Statički je tlak manji na širem dijelu cijevi.

7.43 Kroz vodoravno postavljenu cijev promjenjivoga presjeka stacionarno protječe voda. Kako se odnose statički tlakovi na presjecima S_1 i S_2 ako je $S_1 > S_2$? R7005

- A) $p_1 > p_2$ B) $p_1 = p_2$ C) $p_1 < p_2$

7.44 Kada je potpuno uronjeno u tekućinu, tijelo mase 1.5 kg istisne 0.8 kg tekućine. Što od navedenoga vrijedi za silu uzgona na tijelo? R7004

- A. Sila uzgona iznosi 7 N i usmjerena je prema gore. B. Sila uzgona iznosi 7 N i usmjerena je prema dolje.
 C. Sila uzgona iznosi 8 N i usmjerena je prema gore. D. Sila uzgona iznosi 8 N i usmjerena je prema dolje.

7.45 Balon mase 90 kg pada kroz zrak. Na balon djeluju sila otpora zraka od 300 N i sila uzgona od 60 N. Kolikom akceleracijom pada balon? R7003

7.46 Tijelo K gustoće ρ_K i tijelo L gustoće ρ_L drže se zaronjeni ispod površine vode gustoće ρ . Kada se tijela ispuste, tijelo K potone, a tijelo L ostane u istome položaju. Koji odnos vrijedi za gustoće tijela i vode? R7002

- A) $\rho_K = \rho > \rho_L$ B) $\rho_K > \rho > \rho_L$ C) $\rho_K > \rho = \rho_L$ D) $\rho_K = \rho = \rho_L$

7.47 Tijelo K gustoće ρ_K i tijelo L gustoće ρ_L drže se uronjeni ispod površine vode gustoće ρ . Kada se tijela ispuste, tijelo K ispliva, a tijelo L ostane u istome položaju. Koji odnos vrijedi za gustoće tijela i vode? R7001

- A) $\rho_K < \rho < \rho_L$ B) $\rho_K < \rho = \rho_L$ C) $\rho_K < \rho < \rho_L$ D) $\rho_K = \rho < \rho_L$

8. TERMIČKE POJAVE I PLINSKI ZAKONI

Dobiti 100 pobjeda u 100 bitaka nije vještina. Vještina je pobijediti neprijatelja bez borbe.

-Sun Tzu

TERMIČKO ŠIRENJE

Promjenom temperature tijela dolazi do promjene njegovih dimenzija.

LINEARNO TERMIČKO ŠIRENJE

Zagrijavanjem željeznih tračnica one se produljuju (to je razlog za postojanje malih razmaka između tračnica, bez tog razmaka tračnice bi se tijekom širenja savile). Hlađenjem se skupljaju. Postoji izravna veza između promjene temperature Δt i promjene duljine predmeta Δl

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta t$$

tj., konačna duljina predmeta iznosi

$$l = l_0 + \Delta l = l_0 + l_0 \alpha \Delta t = l_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

Pri tome je: l_0 - početna duljina tijela [m], Δt - promjena temperature [K ili °C] (konačna minus početna temperatura), α - linearni koeficijent širenja [K⁻¹].

Općenito, povećanjem temperature duljina tijela se povećava, a smanjenjem temperature duljina tijela se smanjuje. Postoje materijali s obrnutim svojstvom.

VOLUMNO TERMIČKO ŠIRENJE

Matematički jednaka zakonitost vrijedi i za volumno širenje tijela.

$$V = V_0 + \Delta V = V_0 + V_0 \gamma \Delta t = V_0 (1 + \gamma \Delta t)$$

Pri tome je: V_0 - početni volumen tijela [m³], Δt - promjena temperature [K ili °C] (konačna minus početna temperatura), γ - volumni koeficijent širenja [K⁻¹].

Za metale vrijedi $\gamma = 3\alpha$.

Oprez: u literaturi se nedosljedno koriste slova α , β i γ za linearni, površinski i volumni koeficijent širenja stoga je uvijek potrebno razumijeti kontekst u kojemu se rabi pojedina oznaka.

IDEALNI PLIN

Idealni plin je fizikalna predodžba u kojoj plin zamišljamo kao mnoštvo identičnih atoma ili molekula koje se nasumično gibaju u svim smjerovima, a smjer gibanja mijenjaju elastičnim sudarima s drugim atomima ili molekulama ili sa stijenkom posude u kojoj se nalaze. Među atomima ili molekulama idealnog plina nema međudjelovanja (nema privlačenja ili odbijanja osim u trenutku sudara) tako da se njihova potencijalna energija međudjelovanja može zanemariti.

Drugim riječima, za idealni plin važne su samo kinetičke energije njegovih atoma ili molekula. **Ukupna kinetička energija svih molekula u plinu naziva se unutarnja energija plina** (npr. ako se plin sastoji od 100 molekula, a svaka od njih ima kinetičku energiju 0.1 J tada je unutarnja energija plina $100 \cdot 0.1 \text{ J} = 10 \text{ J}$). Dobar primjer idealnog plina je zrak.

Svojstva idealnog plina su:

- molekule plina stalno se nasumično gibaju
- sudari molekula sa stijenka posude su savršeno elastični (nema gubitaka energije)
- temperatura plina je proporcionalna srednjoj kinetičkoj energiji molekula plina
- potencijalna energija molekula plina je zanemarivo mala
- kinetička energija molekula plina je znatno veća od potencijalne energije međudjelovanja molekula

Najvažnija svojstva idealnog plina su **tlak, volumen i temperatura**. Kada poznamo njihove vrijednosti kaže se da znamo **stanje plina**. Drugim riječima, stanje plina određeno je tlakom, volumenom i temperaturom. Sve tri veličine mogu se mijenjati u nekim procesima. Promjenom jedne veličine, npr. tlaka plina nužno se mijenja temperatura i/ili volumen plina. Eksperimentalno su otkrivene zakonitosti promjena navedenih svojstava plina i to u procesima u kojima je:

- tlak plina stalan- izoBARAN proces, tj. $p_2 = p_1$
- temperatura plina stalna- izoTERMNI proces, tj. $T_2 = T_1$
- volumen plina stalan- izoHORN proces, tj. $V_2 = V_1$

Nabrojani procesi nisu jedini mogući. U većini procesa istovremeno se mijenjaju sve tri veličine.

Nakon što su otkrivene zakonitosti za izobarne, izotermne i izohorne procese uočeno je da se sva tri procesa promjene stanja plina mogu izraziti jednom jednadžbom

$$pV = nRT$$

tzv. općom plinskom jednadžbom.

Pri tome su: p - tlak plina [Pa], V - volumen plina [m^3], n - množina tvari [mol], R - opća plinska konstanta (8.314 J/Kmol), T - temperatura plina [K]

OPREZ: M - molarna masa [kg/mol], u periodnom sustavu elemenata je zadana u g/mol !!!

TEMPERATURA

Službena mjerna jedinica temperature je KELVIN i temperatura se označava velikim slovom T . Veza sa stupnjem celzijevim je

$$T = t + 273, \quad OK = -273 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \Delta T = \Delta t$$

Hint: Dobro zapamtite da je $\Delta T = \Delta t$, tj. povećanje temperature za $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ je isto što i povećanje temperature za 5 K . Pazite na razliku pojmova „za“ i „na“.

Promjena volumena plina odnosi se na širenje (*eng.* ekspanzija) i skupljanje (*eng.* kontrakcija).

Promjena temperature plina odnosi se na zagrijavanje (povećanje temperature) i hlađenje (smanjenje temperature).

Promjena tlaka plina odnosi se na povećanje i smanjenje tlaka (ne postoji poseban naziv za to).

PRIJELAZ TOPLINE

Prisjetimo se da je temperatura tijela izravno vezana za srednju kinetičku energiju njegovih molekula. Da bismo zagrijali neko tijelo (tj. povećali mu temperaturu) ili ga ohladili (tj. smanjili mu temperaturu) moramo tom tijelu dovesti energiju ili oduzeti energiju. Ta energija koja se dovodi ili oduzima tijelu naziva se **toplina** Q [J].

Budući da se energija ne može stvoriti niti uništiti (ZOE) dovođenje energije jednom tijelu automatski podrazumijeva odvođenje energije nekom drugom tijelu. Drugim riječima, jedno tijelo će primiti toplinu (zagrijavati će se), a drugo tijelo će gubiti toplinu (hladiti će se). Treba napomenuti da kod faznih prijelaza (isparavanje-kondenzacija, taljenje-kristalizacija i sublimacija-resublimacija) ne dolazi do promjene temperature onog tijela koje prolazi fazni prijelaz.

Primjer: Ubacimo li vrući kamen temperature 80°C u vodu temperature 20°C njihove temperature će se s vremenom izjednačiti na npr. 25°C . Pri tome:

- kamen se ohladio s 80°C na $25 \text{ } ^\circ\text{C}$, tj. izgubio je (predao) toplinu te mu se unutarnja energija smanjila
- voda se zagrijala s 20°C na 25°C , tj. dobila je (primila) toplinu te joj se unutarnja energija povećala.

Zanemarimo li gubitke energije vrijedi da su iznosi (*apsolutna vrijednost*) predane i primljene topline jednaki, tj. $Q_{\text{kamen}} = Q_{\text{voda}}$. Iznos topline koji se preda, tj. primi ovisi o masi tijela, promjeni temperature i o vrsti materijala, a relacija je

$$Q = mc\Delta t$$

pri čemu je: Q - toplina koja se preda ili primi [J], m - masa tijela koje predaje ili prima toplinu [kg], c - specifični toplinski kapacitet tvari [J/kgK], Δt - promjena temperature tijela koje predaje ili prima toplinu [K ili $^\circ\text{C}$]

Ova formula vrijedi i za zagrijavanje (prima toplinu) i za hlađenje (predaje toplinu) tijela.

Unutarnju energiju idealnog plina možemo zapisati na više načina:

$$U = N\overline{E_K} = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV$$

a slično tome i promjenu unutarnje energije:

$$\Delta U = N\Delta\overline{E_K} = \frac{3}{2}Nk_B\Delta T = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}p\Delta V$$

FAZNI PRIJELAZI

Fazni prijelaz označava promjenu agregatnog stanja tvari (čvrsto, tekuće, plinovito). Prilikom faznog prijelaza tijelo predaje ili prima toplinu no temperatura mu se ne mijenja. Toplina koja je potrebna da se obavi fazni prijelaz naziva se **latentna toplina**.

Promatrati ćemo 4 fazna prijelaza: taljenje, kristalizaciju, isparavanje i kondenzaciju.

Taljenje i kristalizacija

Taljenje je prelazak iz čvrstog u tekuće agregatno stanje (npr. led se tali (topi) i postaje voda). Tijelo prima toplinu, unutarnja energija mu se povećava.

Kristalizacija je suprotan proces, tj. prelazak iz tekućeg u čvrsto agregatno stanje (npr. kristalizacija (smrzavanje) vode u led). Tijelo gubi toplinu, unutarnja energija mu se smanjuje.

Za oba procesa vrijedi relacija

$$Q_t = m\lambda$$

pri čemu je: Q_t - latentna toplina taljenja ili kristalizacije [J], m - masa tvari koja se istalila ili kristalizirala [kg], λ - specifična toplina taljenja ili kristalizacije [J/kg].

Isparavanje i kondenzacija

Isparavanje je prelazak iz tekućeg u plinovito agregatno stanje (npr. voda isparava i postaje vodena para). Tijelo prima toplinu, unutarnja energija mu se povećava.

Kondenzacija je suprotan proces, tj. prelazak iz plinovitog u tekuće agregatno stanje (npr. kondenzacija vodene pare u vodu). Tijelo gubi toplinu, unutarnja energija mu se smanjuje.

Za oba procesa vrijedi relacija

$$Q_i = mr$$

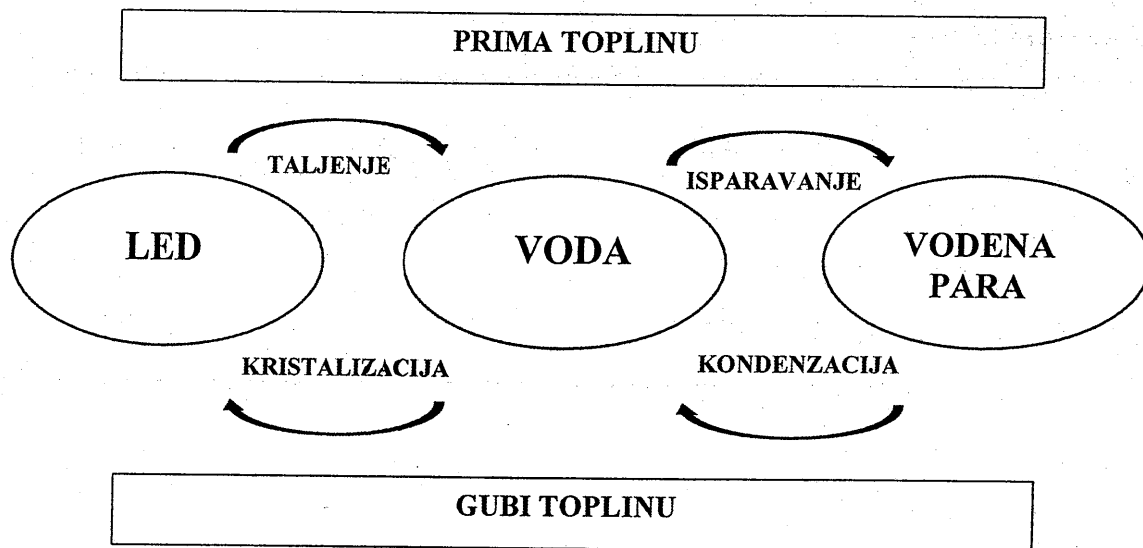
pri čemu je: Q_i - latentna toplina isparavanja ili kondenzacije [J], m - masa tvari koja je isparila ili se kondenzirala [kg], r - specifična toplina isparavanja ili kondenzacije [J/kg].

Primjer

Želimo li led pretvoriti u tekuću vodu potrebno mu je **dovesti** toplinu. Ukoliko je početna temperatura leda bila 0°C tada ledu treba dovesti samo latentnu toplinu taljenja $Q_t = m\lambda$. Tada će se led otopiti i pretvoriti u tekuću vodu temperature 0°C . U suprotnoj situaciji vodi bi trebalo **oduzeti** latentnu toplinu da se pretvori u led.

Želimo li vodu pretvoriti u vodenu paru potrebno joj je **dovesti** toplinu. Ukoliko je početna temperatura vode bila 100°C tada vodi treba dovesti samo latentnu toplinu isparavanja $Q_i = mr$. Tada će voda ispariti i pretvoriti se u vodenu paru temperature 100°C . U suprotnoj situaciji vodenoj pari bi trebalo **oduzeti** latentnu toplinu da se pretvori u vodu.

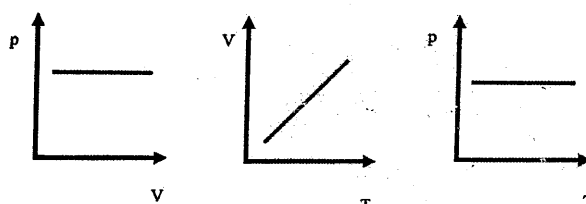
Vodena para temperature 100°C ima značajno veću unutarnju energiju nego voda temperature 100°C. Isto vrijedi i za vodu i led.



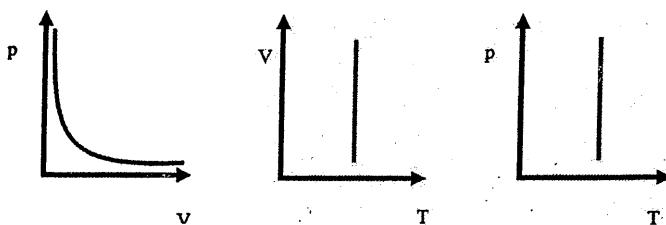
Hint: Na gornjem crtežu se pojmovi „prima toplinu“ i „gubi toplinu“ odnose na led, vodu i vodenu paru. No, u svim tim procesima uvijek istovremeno dolazi i do primanja i do gubitka topline. Npr. želimo li u dlanu otopiti kockicu leda tada će led primiti toplinu od našeg dlana i taliti se (mijenja agregatno stanje), a naš dlan će predavati (gubiti) toplinu ledu i hladiti se (smanjuje mu se temperatura).

IZOprocesi u pV, VT i pT grafovima

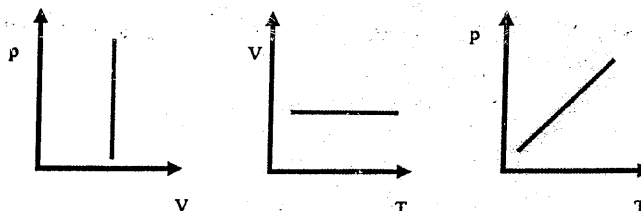
IZOBARNI PROCES- tlak je stalan, graf se zove **IZOBARA**



IZOTERMNI PROCES- temperatura je stalna, graf se zove **IZOTERMA**



IZOHORNI PROCES- volumen je stalan, graf se zove **IZOHORA**



Termodinamika

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} k_B T$$

$$U = \frac{3}{2} N k_B T$$

$$pV = nRT$$

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$$

$$Q = mc\Delta t$$

$$Q_i = m\lambda$$

$$Q_i = mr$$

$$Q = W + \Delta U$$

$$W = p\Delta V$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

ZADACI

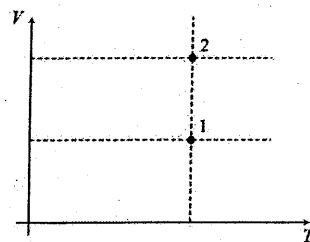
8.1 U čašu s 1,8 dL vode temperature 25 °C ubaci se komad leda mase 20 g temperature 0 °C. Kolika će biti temperatura vode nakon što se postigne termodinamička ravnoteža? Zanimarite gubitke topline na okolinu. Latentna toplina taljenja leda je 330 kJ/kg, a specifični toplinski kapacitet vode 4190 J/kg K. R8103

8.2 Tijelima masa m_A i m_B dovode se količine topline Q_A i Q_B . Specifični toplinski kapacitet tijela A dvostruko je veći od specifičnoga toplinskog kapaciteta tijela B. Pri kojim će se od navedenih uvjeta tijelima A i B temperature promijeniti za isti Δt ? R8102

A. $m_A = m_B$ i $Q_A = 2Q_B$ B. $m_A = 2m_B$ i $Q_A = Q_B$ C. $m_A = m_B/2$ i $Q_A = 2Q_B$ D. $m_A = m_B$ i $Q_A = Q_B/2$

8.3 Na slici su prikazana dva termodinamička stanja u V, T dijagramu za određenu količinu idealnoga plina. Koji su od navedenih odnosa između fizičkih veličina u termodinamičkim stanjima 1 i 2 točni? R8101

A. $V_2 > V_1, p_2 > p_1$ i $T_2 > T_1$ B. $V_2 > V_1, p_2 < p_1$ i $T_2 > T_1$
 C. $V_2 = V_1, p_2 = p_1$ i $T_2 = T_1$ D. $V_2 > V_1, p_2 < p_1$ i $T_2 = T_1$



8.4 Koji je od navedenih izraza za računanje promjene duljine metalne šipke Δl , početne duljine l_0 i linearnoga termičkog koeficijenta rastezanja α pri povećanju temperature za Δt točan? R8100

A) $\Delta l = 3l_0\alpha\Delta t$ B) $\Delta l = l_0\alpha\Delta t$ C) $\Delta l = -l_0\alpha\Delta t$ D) $\Delta l = l_0(1 + \alpha\Delta t)$

8.5 Planinar zagrijava 200 g vode u aluminijskoj posudi mase 100 g. Ploamenik daje 72 kJ topline u minuti koja se u potpunosti iskoristi za zagrijavanje posude i vode. Koliko je vremena potrebno da se zagriju posuda i voda od 20 °C do 90 °C? Specifični toplinski kapacitet aluminijske posude iznosi 900 J/kg K, a vode 4200 J/kg K. R8099

8.6 Dvije jednake bakrene kocke, od kojih je jedna temperature $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, a druga temperature $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, dovedu se u kontakt. Na kojoj će temperaturi prestati izmjena topline među kockama? Zanemarite gubitak topline u okolinu. R8098

- A. $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ B. $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ C. $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ D. $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

8.7 Graf ovisnosti volumena idealnoga plina o temperaturi pri stalnome tlaku plina je pravac. Na grafu je temperatura idealnoga plina nezavisna varijabla, a volumen zavisna varijabla. Što je od navedenoga točno za taj pravac? R8097

- A. Pravac je paralelan s osi V . B. Pravac je paralelan s osi T .
C. Nagib pravca proporcionalan je tlaku plina. D. Nagib pravca obrnuto je proporcionalan tlaku plina.

8.8 U bakrenome kalorimetru mase 200 g nalazi se 300 g vode temperature $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. U kalorimetar s vodom dovede se vodena para temperature $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koliku je masu vodene pare potrebno dovesti u kalorimetar da se pri temperaturi $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ uspostavi termodinamička ravnoteža kalorimetra i vode nakon kondenzacije vodene pare? Specifični toplinski kapacitet bakra iznosi 380 J/kg K , specifični toplinski kapacitet vode iznosi 4190 J/kg K , a specifična toplota isparavanja vode iznosi $2,26 \cdot 10^6\text{ J/kg}$. Zanemarite gubitak topline u okolinu. R8096

8.9 Koja je od navedenih tvrdnja za produljenje metalne šipke pri zagrijavanju točna? R8095

- A. Produljenje ovisi o promjeni temperature, vrsti metala i početnoj duljini šipke.
B. Produljenje ovisi o promjeni temperature i početnoj duljini šipke, ali ne ovisi o vrsti metala.
C. Produljenje ovisi o vrsti metala i početnoj duljini šipke, ali ne ovisi o promjeni temperature.
D. Produljenje ovisi o vrsti metala i promjeni temperature, ali ne ovisi o početnoj duljini šipke.

8.10 Tlak vodene pare iznad tekućine u ekspres-loncu pri temperaturi $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ iznosi 10^5 Pa . Pretpostavite da se vodena para ponaša kao idealni plin konstantnoga volumena. Tijekom zagrijavanja tlak vodene pare postigne vrijednost $1,26 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Kolika je temperatura postignuta u ekspres-loncu? R8094

8.11 Kada se zimi između dalekovoda ovjesi strujni kabel, najmanja udaljenost od najniže točke kabla do tla iznosi $h = 5\text{ m}$. Koji od ponuđenih odgovora predstavlja udaljenost h' ljeti kada su temperature zraka više? R8093

- A) $h' < 0\text{ m}$ B) $0\text{ m} < h' < 5\text{ m}$ C) $h' = 5\text{ m}$ D) $h' > 5\text{ m}$

8.12 Za ronioce je posebno opasna situacija kad naglo izrone s velike dubine zbog mogućega razaranja plućnoga tkiva uzrokovanoga mjehurićima udahnutoga zraka iz boce na toj dubini. Pretpostavite da je zrak idealni plin i da se temperatura plina ne mijenja prilikom izranjanja. Što se dogodi s mjehurićem zraka u plućima pri naglome izranjanju? R8092

- A. Tlak se u mjehuriću zraka smanji, a volumen se mjehurića zraka poveća.
B. Tlak se u mjehuriću zraka poveća i volumen se mjehurića zraka poveća.
C. Tlak se u mjehuriću zraka smanji, a gustoća se zraka u mjehuriću poveća.
D. Tlak se u mjehuriću zraka poveća i gustoća zraka se u mjehuriću poveća.

8.13 Zlatni prsten pao je u vruću vodu čija je temperatura za $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ viša od temperature okoline. Koja od navedenih tvrdnja točno opisuje promjenu nastalu na prstenu? R8091

- A. Prstenu se povećao i vanjski i unutarnji promjer.
B. Prstenu se povećao vanjski promjer, a unutarnji se smanjio.
C. Prstenu se povećao vanjski promjer, a unutarnji je ostao istih dimenzija.
D. Prstenu se povećao unutarnji promjer, a vanjski je ostao istih dimenzija.

8.14 U čvrstoj boci nalazi se idealni plin pod tlakom p . Koliki će biti tlak plina u boci kad se iz boce ispusti jedna četvrtina mase plina, a termodinamička se temperatura plina dvostruko poveća? R8090

- A. $3p/4$ B. $3p/2$ C. $p/2$ D. $p/4$

8.15 Na kojoj će temperaturi aluminijska šipka biti 0,5 % dulja nego na temperaturi $10\text{ }^\circ\text{C}$? Koeficijent je linearnoga toplinskog rastezanja aluminija $2,6 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$. R8089

- A. $182\text{ }^\circ\text{C}$ B. $192\text{ }^\circ\text{C}$ C. $202\text{ }^\circ\text{C}$ D. $212\text{ }^\circ\text{C}$

8.16 Iz tanke željezne ploče temperature T izrezan je dio pravokutnoga oblika kao što je prikazano na slici. Koja je od navedenih tvrdnja točna ako se izrezanomu dijelu i ploči temperatura povisi za jednaki iznos? R8088



- A. Izrezani dio stat će u otvor u ploči i potpuno ga ispuniti.
 B. Izrezani dio stat će u otvor, no neće ga potpuno ispuniti.
 C. Izrezani dio neće stati u otvor jer će širina izrezanoga dijela biti prevelika.
 D. Izrezani dio neće stati u otvor jer će dužina izrezanoga dijela biti prevelika.

8.17 Idealni plin zauzima obujam 25 cm^3 pri temperaturi 283 K i normiranome atmosferskom tlaku. Koliki je tlak plina ako mu se temperatura poveća za 25 %, a volumen smanji za 10 %? R8087

8.18 Prilikom građevinskih radova s visine 15 m pao je komad betona. Otpor zraka je zanemariv. Specifični toplinski kapacitet betona iznosi 840 J/kgK . Za koliko se poveća temperatura komada betona ako se pretpostavlja da mu se mehanička energija u potpunosti pretvori u unutarnju energiju? R8086

8.19 Koja od navedenih tvrdnja o promjenama agregacijskoga stanja neke tvari nije točna ako se promjene događaju pri normiranome tlaku? R8085

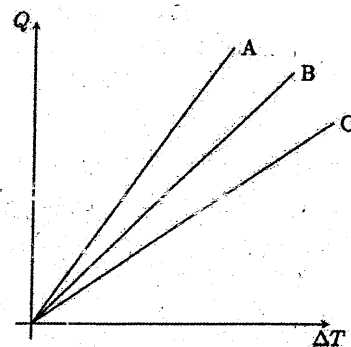
- A. Tijekom promjene agregacijskoga stanja temperatura tvari ostaje konstantna.
 B. Očvršćivanje i taljenje neke tvari odvijaju se pri istoj temperaturi.
 C. Specifična toplina isparavanja ovisi o masi neke tvari.
 D. Isparavanje i kondenzacija neke tvari odvijaju se pri istoj temperaturi.

8.20 U plastičnoj boci volumena $0,5\text{ litara}$ nalazi se zrak pri atmosferskome tlaku. Zrak se smatra idealnim plinom. Kada se boca stisne, tlak zraka u boci poveća se za četvrtinu njegove početne vrijednosti. Koliki je konačni volumen zraka u boci ako mu je temperatura stalna? R8084

8.21 Dvije metalne tanke žice A i B imaju pri temperaturi $0\text{ }^\circ\text{C}$ istu duljinu l_0 . Žica A zagrije se na $24\text{ }^\circ\text{C}$. Linearni koeficijent toplinskoga rastezanja žice A je 1,2 puta veći od linearnoga koeficijenta toplinskoga rastezanja žice B. Na koliku temperaturu treba zagrijati žicu B da bi se produljila za isti iznos kao i žica A? R8083

- A. na $20,0\text{ }^\circ\text{C}$ B. na $24,0\text{ }^\circ\text{C}$ C. na $28,8\text{ }^\circ\text{C}$ D. na $36,4\text{ }^\circ\text{C}$

8.22 Na slici je prikazan $Q, \Delta T$ graf za tri različite tekućine jednakih masa. Koji je od navedenih odnosa točan za njihove specifične toplinske kapacitete? R8082



- A. $c_A < c_B < c_C$ B. $c_A < c_B > c_C$ C. $c_A > c_B > c_C$ D. $c_A > c_B < c_C$

8.23 Latentna toplina isparavanja vode iznosi 2,26 MJ/kg. Specifični toplinski kapaciteti vode, pare i leda iznose redom 4200 J/kgK, 2100 J/kgK i 2100 J/kgK. Latentna toplina taljenja leda iznosi 330 kJ/kg. Što će preostati kada se jednomu kilogramu vodene pare temperature 100 °C oduzme 2 MJ topline? R8081

- A. samo vodena para B. smjesa vodene pare i vode
C. samo voda D. smjesa vode i leda

8.24 Idealni plin početne temperature 20 °C izohorno se zagrije na temperaturu 606 °C i pritom mu se tlak poveća za 100 kPa. Koliko iznosi početni tlak plina? R8080

8.25 Dva čavla od istoga metala, od kojih je jedan dvostruko duži od drugoga na temperaturi 10 °C, leže jedan pored drugoga. Kada se temperatura okoline u kojoj se nalaze čavli poveća na 40 °C, čavli se produlje. Koja je od navedenih tvrdnja o produljenjima čavala točna? R8079

- A. Kraći se čavao više produlji od dužega. C. Duži se čavao dvostruko više produlji od kraćega.
B. Oba se čavla jednako produlje. D. Duži se čavao više od dvostruko produlji od kraćega čavla.

8.26 Kugla polumjera r miruje na stolu i ima neku temperaturu. Povećanjem temperature polumjer kugle naraste za Δr . Povišuje li se središte kugle zbog opisane situacije i ako da, za koliko? R8078

- A. za $\Delta r/2$ B. ne povisi se C. za Δr D. za $2\Delta r$

8.27 Za povećanje temperature jedne zlatne kocke duljine brida a potrebna je količina topline Q . Kolika je količina topline potrebna da bi se drugoj zlatnoj kocki duljine brida $2a$ temperatura povećala za isti iznos ΔT ? Zanemarite gubitak topline u okolinu. R8077

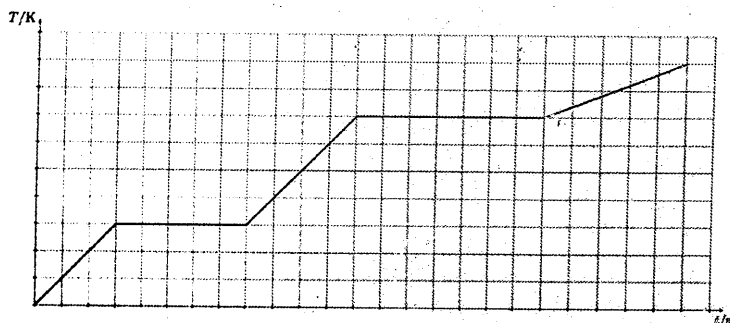
- A. Q B. $2Q$ C. $4Q$ D. $8Q$

8.28 Zbog čega se papirnata čaša tankih stijenki napunjena vodom ne zapali kada ju stavimo na plamenik?

- A. jer toplina s plamenika prelazi samo na vodu R8076
B. jer papir ima veći specifični toplinski kapacitet od vode
C. jer papirnata čaša ne može poprimiti višu temperaturu od vode

8.29 Koliku snagu mora imati grijač kako bi 250 g vode temperature 100 °C isparilo za 1 h ako se sva energija grijača upotrebljava za zagrijavanje vode? Specifična toplina isparavanja vode je 2,26 MJ/kg. R8075

8.30 Dijagram prikazuje ovisnost termodinamičke temperature T o vremenu zagrijavanja t pri prijelazu neke tvari iz čvrstoga agregacijskog stanja u plinovito agregacijsko stanje. Tvar se tijekom cijeloga vremena zagrijava izvorom topline čija se snaga ne mijenja. R8074



Koja je od navedenih tvrdnja ispravna?

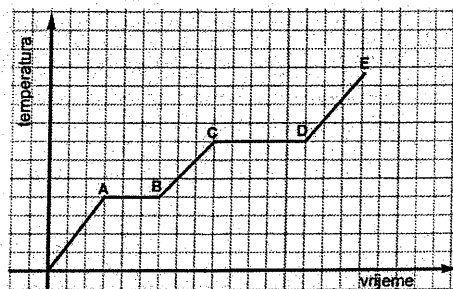
- A. Najmanja promjena temperature događa se tijekom zagrijavanja tijela u tekućem stanju.
B. Najveća promjena temperature događa se tijekom zagrijavanja tijela u čvrstom stanju.
C. Specifični toplinski kapacitet tvari u tekućem stanju manji je od specifičnoga toplinskog kapaciteta tvari u plinovitom stanju.
D. Specifična latentna toplina taljenja veća je od specifične latentne topline isparavanja.

- 8.31** Balon punjen helijem temperature $35\text{ }^\circ\text{C}$ pri tlaku $2p$ ima volumen 3 m^3 . Koliki je volumen balona na visini gdje je temperatura $-20\text{ }^\circ\text{C}$, a tlak $p/2$? Pretpostavite da se helij ponaša kao idealan plin. R8073
- 8.32** U košarkaškoj lopti polumjera 30 cm tlak zraka iznosi 170 kPa na temperaturi $27\text{ }^\circ\text{C}$. Koliko iznosi množina zraka u lopti? Pretpostavite da je zrak idealni plin. R8072
- 8.33** U posudi volumena 10 cm^3 nalazi se idealni plin pri tlaku 10^3 Pa i temperaturi $0\text{ }^\circ\text{C}$. Koliki je broj molekula plina u posudi? R8071
- 8.34** Tri kuglice jednakih masa ispuštene su s iste visine h i pale su na tlo. Jedna je kuglica aluminijska, druga bakrena, a treća željezna. Sva se mehanička energija tijekom pada pretvorila u toplinu. Koja je od navedenih tvrdnja točna? Zanemarite izmjenu topline s okolinom. $c_{\text{aluminij}}=920\text{ J/kgK}$, $c_{\text{bakar}}=380\text{ J/kgK}$, $c_{\text{željezo}}=460\text{ J/kgK}$. R8070
- A. Promjena temperature najveća je za aluminijsku kuglicu.
B. Promjena temperature najveća je za bakrenu kuglicu.
C. Promjena temperature najveća je za željeznu kuglicu.
D. Promjena temperature jednaka je za sve tri kuglice.
- 8.35** Štap ima duljinu l_0 na temperaturi t_0 . Kada štap zagrijemo na temperaturu $2t_0$, produljenje je štapa Δl . Koliko će biti produljenje toga štapa na temperaturi $3t_0$? R8069
- A) $2\Delta l$ B) $3\Delta l$ C) $4\Delta l$ D) $9\Delta l$
- 8.36** Mjehurić zraka giba se od dna prema vrhu jezera. Kako će se promijeniti volumen i tlak zraka u mjehuriću ako se pretpostavi da je temperatura vode stalna? R8068
- A. Smanjit će se i tlak i volumen. B. Povećat će se tlak, a smanjit će se volumen.
C. Smanjit će se tlak, a povećat će se volumen. D. Povećat će se i tlak i volumen.
- 8.37** Koliku snagu mora imati grijač kako bi 250 g vode temperature $100\text{ }^\circ\text{C}$ isparilo za 1 h ako se sva energija grijača upotrebljava za zagrijavanje vode? Specifična toplota isparavanja vode je $2,26\text{ MJ/kg}$. R8067
- 8.38** Koliko je molekula helija u balonu promjera 50 cm na temperaturi $27\text{ }^\circ\text{C}$ i tlaku $1,01\text{ bar}$? Pretpostavite da je balon sfernoga oblika, a helij idealni plin. R8066
- 8.39** U zatvorenoj posudi s pomičnim klipom volumena V nalazi se idealni plin pod tlakom p . Volumen je nakon izotermnoga širenja plina za 50% veći od volumena V . Za koliko se posto smanji tlak plina? R8065
- A) za 33% B) za 45% C) za 50% D) za 67%
- 8.40** Tri kuglice, olovna, bakrena i željezna, imaju jednaku masu m i zagrijane su do jednake temperature t_1 . Za specifične toplinske kapacitete kuglica vrijedi $c_{\text{olova}} < c_{\text{bakra}} < c_{\text{željeza}}$. U svaku od triju staklenih čaša napunjenih vodom temperature $t_2 < t_1$ ubaci se po jedna kuglica. Početni volumen i temperatura vode u svim su čašama jednaki. U kojoj će čaši konačna temperatura biti najveća? Zanemarite zagrijavanje staklenih čaša i okoline. R8064
- A. u čaši s olovnom kuglicom B. u čaši s bakrenom kuglicom
C. u čaši sa željeznom kuglicom D. u svim čašama jednaka

- 8.41** Koja od navedenih tvrdnja ne vrijedi za toplinsko širenje metalne kugle pri zagrijavanju?
 A. Volumen je kugle veći što je veća promjena temperature. R8063
 B. Promjena je volumena veća što je veći početni volumen kugle.
 C. Toplinsko širenje kugle ovisi o vrsti metala.
 D. Toplinskim širenjem kugle raste njezina gustoća.
- 8.42** Idealni plin nalazi se u posudi stalnoga volumena. Posuda sadrži množinu n plina pri tlaku p i temperaturi T . Za koji će se faktor povećati tlak ako se temperatura poveća četiri puta? R8062
 A) $4/nR$ B) $4/n$ C) 4 D) $4nR$
- 8.43** Učenik je izmjerio da je temperatura nekoga idealnog plina $23\text{ }^\circ\text{C}$. Izmjerenu temperaturu uvrštava u jednadžbu stanja idealnoga plina. Koji iznos temperature učenik treba uvrstiti da bi se ispravno koristio jednadžbom stanja idealnoga plina? R8061
 A) $23\text{ }^\circ\text{C}$ B) 23 K C) $296\text{ }^\circ\text{C}$ D) 296 K
- 8.44** Jedan kilogram željeza treba primiti 340 J topline da mu se temperatura povisi za jedan kelvin. Kojom fizičkom veličinom iskazujemo navedeno svojstvo tvari? R8060
 A. latentnom toplinom taljenja B. specifičnom toplinom taljenja
 C. specifičnim toplinskim kapacitetom D. unutarnjom energijom
- 8.45** Dva idealna plina istih množina tvari sastavljena od čestica molarnih masa M_1 i $M_2 = 2M_1$ imaju jednaku temperaturu, a za tlakove vrijedi $p_2 = 3p_1$. Kolika je gustoća drugoga plina ako je gustoća prvoga plina 1 g/cm^3 ? R8059
- 8.46** U zatvorenoj posudi nalazi se idealni plin na temperaturi $75\text{ }^\circ\text{C}$ i tlaku p_1 . Što vrijedi za tlak p_2 u posudi nakon izohornoga zagrijavanja plina do temperature $150\text{ }^\circ\text{C}$? R8058
 A) $p_2 = 0.5 p_1$ B) $p_2 = p_1$ C) $p_1 < p_2 < 2p_1$ D) $p_2 = 2p_1$
- 8.47** Balon napunjen plinom pri normiranim uvjetima podigne se u atmosferu do visine na kojoj je tlak $8 \cdot 10^4\text{ Pa}$. Koliko se puta volumen balona poveća ako pretpostavimo da se temperatura nije promijenila? R8057
- 8.48** U zatvorenoj posudi nalazi se idealni plin na temperaturi $75\text{ }^\circ\text{C}$ i tlaku p_1 . Što vrijedi za tlak p_2 u posudi nakon izohornoga zagrijavanja plina do temperature $150\text{ }^\circ\text{C}$? R8056
 A) $p_2 = 0.5p_1$ B) $p_2 = p_1$ C) $p_1 < p_2 < 2p_1$ D) $p_2 = 2p_1$
- 8.49** Koliki je koeficijent volumnoga širenja aluminija ako je koeficijent linearnoga širenja aluminija $2.4 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$? R8055
 A) $0.8 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ B) $2.4 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ C) $7.2 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ D) $8 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$
- 8.50** Dva idealna plina istih množina tvari sastavljena od čestica molarnih masa M_1 i $M_2 = 2M_1$ imaju jednaku temperaturu, a za tlakove vrijedi $p_2 = 3p_1$. Kolika je gustoća drugoga plina ako je gustoća prvoga plina 1 g/cm^3 ? R8054
- 8.51** U posudi se nalazi idealni plin na temperaturi $0\text{ }^\circ\text{C}$ i atmosferskome tlaku p_0 . Na koju temperaturu treba izohorno zagrijati plin kako bi tlak u posudi bio $3p_0$? R8053
 A) 273 K B) $273\text{ }^\circ\text{C}$ C) 546 K D) $546\text{ }^\circ\text{C}$

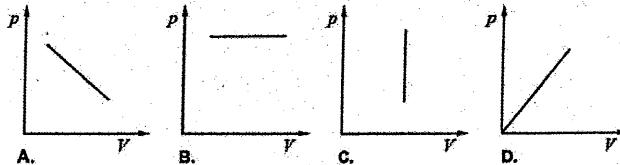
8.52 Na slici je prikazan fazni dijagram koji opisuje promjene agregacijskih stanja vode kada joj se stalno dovodi neka količina topline. Početna je temperatura leda $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolika je temperatura t u točki C? R8052

- A) $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ B) $0\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
 C) $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ D) $t > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$



8.53 U posudi volumena 10 cm^3 nalazi se idealni plin pri tlaku 10^3 Pa i temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koliki je broj molekula plina u posudi? R8051

8.54 Idealni plin nalazi se u staklenome balonu žarulje koja je ugašena. Koji od ponuđenih grafova prikazuje promjenu stanja toga plina koja se događa kada se žarulja upali? Zanemarite volumno rastezanje staklenoga balona. R8050



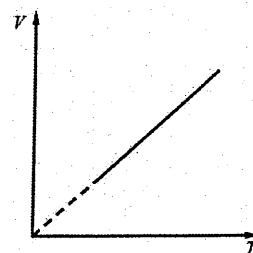
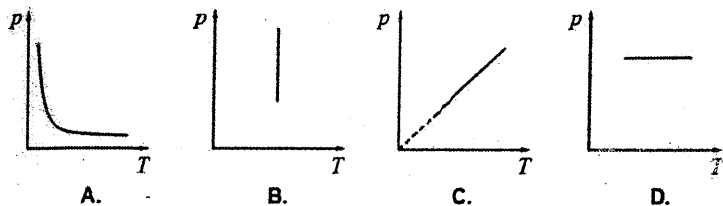
8.55 Tlak idealnoga plina poveća se izohorno za 15 %. Koliko se poveća temperatura plina? R8049

- A) 10% B) 15% C) 30% D) 85%

8.56 Aluminij, željezo i voda imaju jednaki volumen pri temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koja će tvar imati najveći volumen ako se sve tvari zagriju na jednaku temperaturu od $80\text{ }^{\circ}\text{C}$? Za volumne koeficijente rastezanja α vrijedi $\alpha_{\text{Al}} < \alpha_{\text{Fe}} < \alpha_{\text{voda}}$. R8048

- A) aluminij B) voda C) željezo

8.57 Na slici je prikazan V,T graf za određenu količinu idealnoga plina. Koji p,T graf odgovara prikazanomu V,T grafu? R8047



8.58 Homogena se bakrena kugla zagrijava. Koja od navedenih tvrdnja vrijedi za fizičke veličine pri zagrijavanju te kugle? R8046

- A. Povećavaju se masa i obujam kugle. B. Povećavaju se gustoća i obujam kugle.
 C. Smanjuje se gustoća, a povećava se obujam kugle. D. Povećavaju se masa i gustoća kugle.

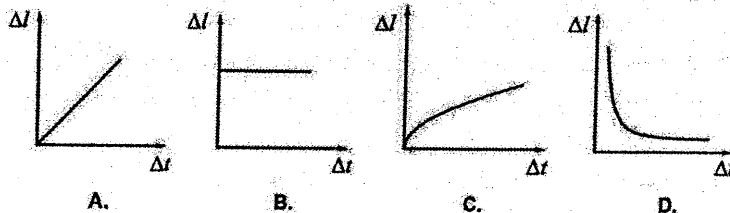
8.59 Koliko je topline potrebno dovesti vodi mase $0,5\text{ kg}$ da joj se temperatura poveća za 2 K ? Specifični toplinski kapacitet vode iznosi $4200\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. R8045

- A) 2,1 kJ B) 4,2 kJ C) 8,4 kJ D) 16,8 kJ

8.60 Idealni plin početne temperature $178\text{ }^{\circ}\text{C}$ izobarno se ohladi na temperaturu $54\text{ }^{\circ}\text{C}$ i pritom mu se obujam smanji za 5 cm^3 . Koliko iznosi početni obujam? R8044

8.61 Voda početne temperature $26\text{ }^\circ\text{C}$ i mase 1 kg zagrijavana je dovođenjem $62\ 850\text{ J}$ topline. Kolika je konačna temperatura vode nakon zagrijavanja? Specifični toplinski kapacitet vode iznosi $4190\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Zanemarite gubitke energije u okolinu. R8043

8.62 Koji graf prikazuje produljenje metalne žice Δl ovisno o promjeni temperature Δt ? R8042



8.63 U zatvorenoj je posudi idealni plin mase m pri tlaku p i temperaturi T . Što će se dogoditi s tlakom plina ako se pri stalnoj temperaturi smanji početna masa plina? R8041

- A) Smanjit će se. B) Povećat će se. C) Ostat će isti.

8.64 U zatvorenoj je posudi s pomičnim klipom volumena 0.5 m^3 idealni plin pod tlakom $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Koliki će biti tlak toga plina ako se volumen plina izotermno smanji za 25% ? R8040

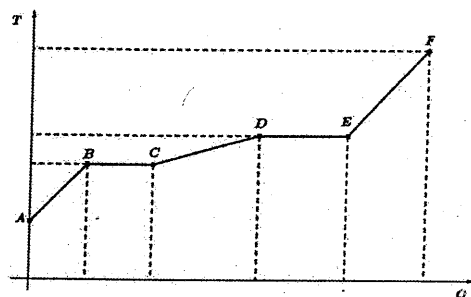
8.65 U kalorimetru je 2 dL vode temperature $100\text{ }^\circ\text{C}$. Nakon koliko će vremena sva voda iz kalorimetra ispariti ako je u kalorimetar uronjen grijač snage 1000 W ? Specifična toplina isparavanja vode iznosi $2,2 \cdot 10^6\text{ J/kg}$, a gustoća vode 1000 kg/m^3 . Zanemarite gubitke energije u okolinu. R8039

8.66 Idealan plin ima obujam V pri temperaturi $27\text{ }^\circ\text{C}$. Koliko će iznositi volumen toga plina na temperaturi $297\text{ }^\circ\text{C}$? Proces je izobaran. R8038

- A) $(1/11)V$ B) $(10/19)V$ C) $(19/10)V$ D) $11V$

8.67 Graf prikazuje ovisnost temperature o dovedenoj količini topline za neku određenu masu tvari. Tvar se početno (točka A na slici) nalazi u čvrstome agregatnom stanju i zagrijavanjem postupno prelazi u plinovito stanje. Koji dio grafa označen slovima od A do F prikazuje proces isparavanja tvari? R8037

- A) od A do B B) od B do C C) od C do D D) do D do E

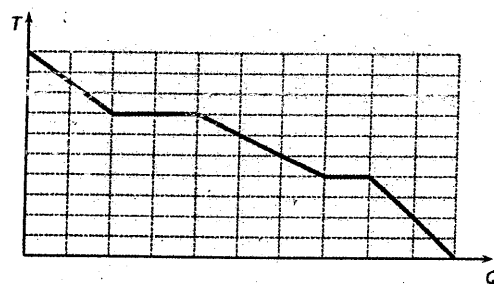


8.68 Staklenoj posudi mase 0.88 kg i temperature $20\text{ }^\circ\text{C}$ dovedeno je 2 kJ topline. Temperatura posude povećala se na $28\text{ }^\circ\text{C}$. Koliki je specifični toplinski kapacitet posude? R8036

8.69 Plin se nalazi u posudi stalnoga volumena na temperaturi T i tlaku p . Kolika će biti temperatura plina pri tlaku $\sqrt{3}p$? R8035

- A) $\frac{1}{3}T$ B) $\frac{\sqrt{3}}{3}T$ C) $\sqrt{3}T$ D) $3T$

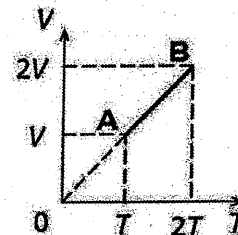
8.70 Graf prikazuje ovisnost temperature T o količini topline Q koja se oduzima određenoj masi vode. Voda se početno nalazi u plinovito stanju, a zatim se hladi odvođenjem topline. Tijekom kojega je od navedenih procesa odvedena najmanja količina topline? R8034



- A. tijekom snižavanja temperature plina
B. tijekom kristalizacije (očvršćivanja)
C. tijekom snižavanja temperature tekućine
D. tijekom kondenzacije

8.71 Voda mase m i temperature $90\text{ }^\circ\text{C}$ dodana je u posudu s vodom mase $2m$ i temperature $45\text{ }^\circ\text{C}$. Kolika će biti konačna temperatura vode nakon uspostavljanja termodinamičke ravnoteže? Zagrijavanje okoline i posude je zanemarivo. R8033

8.72 Crtež prikazuje dijagram volumena idealnoga plina u ovisnosti o njegovoj temperaturi izraženoj u kelvinima. Tlak plina u stanju A iznosi p . Koliki je tlak plina u stanju B? R8032



- A) $0.5 p$ B) p C) $2 p$ D) $4 p$

8.73 Uranjanjem u vodu uteg se zagrijao za 4 K , a voda ohladila za 2 K . Mase utega i vode su jednake. Zanemarite izmjenu topline s okolinom. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R8031

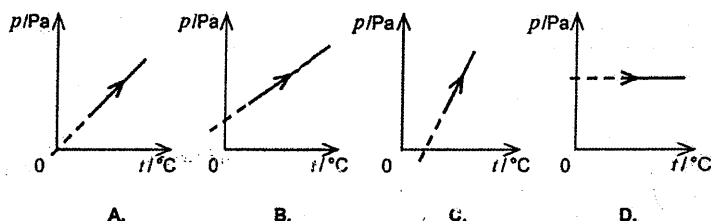
- A. Utteg je primio više topline nego što je voda predala.
 B. Specifični toplinski kapacitet utega veći je nego specifični toplinski kapacitet vode.
 C. Utteg je primio više unutarnje energije nego što je voda predala.
 D. Specifični toplinski kapacitet utega manji je nego specifični toplinski kapacitet vode.

8.74 Idealni plin molarne mase M_1 i idealni plin molarne mase $M_2 > M_1$ imaju jednaku temperaturu i pod jednakim su tlakom. Koji je odnos gustoća tih plinova? R8030

- A) $\rho_1 < \rho_2$ B) $\rho_1 = \rho_2$ C) $\rho_1 > \rho_2$

8.75 Grijač je tijelu tijekom 5 s predao toplinu od 6300 J . Kolika je snaga grijača? Zanemarite gubitke topline. R8029

8.76 Grafovi prikazuju tlak idealnoga plina u ovisnosti o temperaturi u Celzijevim stupnjevima. Koji od ponuđenih grafova prikazuje izohornu promjenu stanja idealnoga plina? R8028



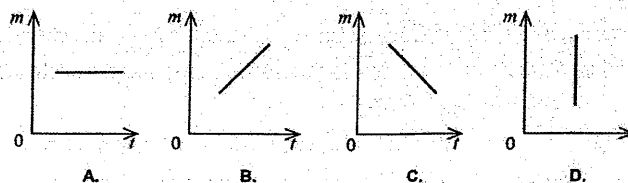
8.77 Bakreno tijelo mase m i olovno tijelo mase $3m$ zagrijani su za istu promjenu temperature. Pritom je bakrenomu tijelu predana toplina Q . Specifični toplinski kapaciteti bakra i olova odnose se kao $3 : 1$. Koliku su ukupnu toplinu primila oba tijela prilikom zagrijavanja? R8027

- A) $2Q$ B) $3Q$ C) $4Q$ D) $5Q$

8.78 Željezne šine od kojih su napravljene tračnice željezničke pruge složene su jedna za drugom po duljini. Na temperaturi od $0\text{ }^\circ\text{C}$ razmaknute su $4 \cdot 10^{-2}\text{ m}$. Šine su pri toj temperaturi duge $22,5\text{ m}$. Do koje bi se najmanje temperature morale zagrijati šine da bi nestao razmak? Koeficijent linearnoga rastezanja za željezo pri $0\text{ }^\circ\text{C}$ je $1,2 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$. R8026

8.79 Posuda volumena 2 m^3 , pri tlaku 10^5 Pa i temperaturi $25\text{ }^\circ\text{C}$, sadrži idealni plin. Kolika je masa toga plina? Masajednoga mola toga plina je 32 g . R8025

8.80 Određena se količina vode zagrijava u zatvorenoj posudi. Pritom je cjelokupna količina vode u tekućemu stanju. Koji od ponuđenih crteža prikazuje masu vode u ovisnosti o temperaturi tijekom grijanja? R8024



8.81 U posudi se nalazi plin na temperaturi $27\text{ }^\circ\text{C}$ i tlaku p_0 . Plin izohorno zagrijemo na temperaturu $327\text{ }^\circ\text{C}$. Koliki je tlak plina nakon zagrijavanja? R8023

- A) $0.5 p_0$ B) p_0 C) $2 p_0$ D) $5 p_0$

8.82 Tri tijela jednakih masa imaju specifične toplinske kapacitete za koje vrijedi $c_1 = 2c_2 = 3c_3$. Dok su u termičkome kontaktu, svim tijelima zajedno dovede se toplina iznosa $11Q$. Tijelo specifičnoga toplinskog kapaciteta c_2 pritom primi topline iznosa $3Q$. Koliko je topline Q_1 primilo tijelo specifičnog toplinskog kapaciteta c_1 , a koliko topline Q_3 , tijelo specifičnog toplinskog kapaciteta c_3 ? R8022

- A) $Q_1 = 2Q, Q_3 = 6Q$ B) $Q_1 = 3Q, Q_3 = 5Q$
C) $Q_1 = 5Q, Q_3 = 3Q$ D) $Q_1 = 6Q, Q_3 = 2Q$

8.83 Kalorimetar sadrži 400 g vode temperature $80\text{ }^\circ\text{C}$. U kalorimetar s vodom dolijemo $1\text{ }600\text{ g}$ vode temperature $40\text{ }^\circ\text{C}$. Koliko iznosi temperatura termodinamičke ravnoteže? Zanemarite zagrijavanje kalorimetra i druge gubitke topline. R8021

- A) $44\text{ }^\circ\text{C}$ B) $48\text{ }^\circ\text{C}$ C) $58\text{ }^\circ\text{C}$ D) $64\text{ }^\circ\text{C}$

8.84 Na temperaturi $600\text{ }^\circ\text{C}$ duljina bakrene žice je 60 m . Kolika je duljina te žice na temperaturi $0\text{ }^\circ\text{C}$? Linearni koeficijent termičkoga rastezanja bakra je $1,7 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$. R8020

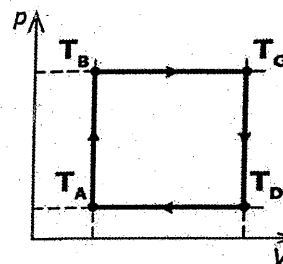
8.85 U boci se nalazi plin pod tlakom p i na temperaturi $20\text{ }^\circ\text{C}$. Kolika će biti temperatura toga plina ako se tlak u boci promijeni na $2p$? Pri zagrijavanju plina ne mijenja se obujam boce. R8019

- A) $10\text{ }^\circ\text{C}$ B) $40\text{ }^\circ\text{C}$ C) $273\text{ }^\circ\text{C}$ D) $313\text{ }^\circ\text{C}$

8.86 Na temperaturi od $500\text{ }^\circ\text{C}$ rupa u željeznoj ploči ima promjer 30 cm . Koliki je promjer te rupe u željeznoj ploči na temperaturi od $0\text{ }^\circ\text{C}$? Linearni koeficijent termičkoga rastezanja željeza iznosi $1,2 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$. R8018

8.87 Idealni plin prolazi kružni proces. Na crtežu je prikazano kako se pritom mijenja tlak plina (p) u ovisnosti o njegovu volumenu (V). Koja od označenih temperatura ovog procesa je najniža? R8017

- A) T_A B) T_B C) T_C D) T_D



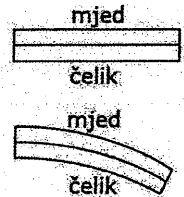
8.88 Idealnom plinu se izohorno poveća temperatura za 300 K . Pritom mu se tlak poveća tri puta. Kolika je bila početna temperatura plina? R8016

- A) 100 K B) 150 K C) 300 K

8.89 Grijaćem snage 3 kW zagrijava se $0,5\text{ kg}$ vode čija je početna temperatura $25\text{ }^\circ\text{C}$. Koliko je vremena potrebno da sva voda ispari? Zanemarite gubitke. Specifični toplinski kapacitet vode je $4\text{ }200\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$, a njezina specifična toplina isparavanja je $2,26 \cdot 10^6\text{ J kg}^{-1}$. R8015

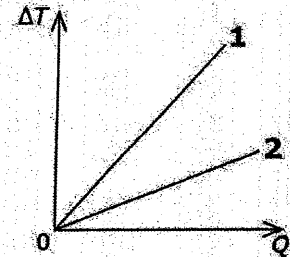
8.90 Bimetalna traka sastoji se od dviju spojenih traka napravljenih od mjedi i čelika, kako je prikazano na crtežu. Pri jednolikom zagrijavanju dolazi do savijanja prema čeličnoj traci. Zašto se to događa? R8014

- A. Temperatura mjedi viša je od temperature čelika.
- B. Temperatura čelika viša je od temperature mjedi.
- C. Mjed se produljuje više od čelika za istu promjenu temperature.
- D. Čelik se produljuje više od mjedi za istu promjenu temperature.



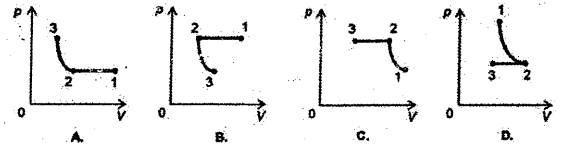
8.91 Tijela 1 i 2 imaju jednake mase. Dijagram pokazuje ovisnost promjene temperature o dovedenoj toplini. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R8013

- A. Tijelo 1 ima veći specifični toplinski kapacitet od tijela 2.
- B. Tijelo 1 ima manji specifični toplinski kapacitet od tijela 2.
- C. Tijela 1 i 2 imaju jednak specifični toplinski kapacitet.



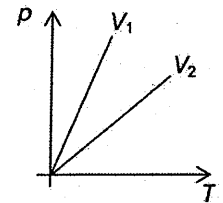
8.92 Idealnom plinu se izobarno poveća temperatura na 600 K. Pritom mu se obujam poveća dva puta. Kolika je početna temperatura plina? R8012

8.93 Idealnomu plinu volumen se prvo izobarno smanji na polovinu početne vrijednosti, a zatim tlak izotermno udvostruči. Koji graf opisuje navedeni proces? R8011



8.94 U (p,T) dijagramu prikazana su dva izohorna procesa izvršena nad jednakim količinama idealnoga plina obujama V_1 i V_2 . Koji je odnos tih obujama? R8010

- A) $V_1 < V_2$
- B) $V_1 = V_2$
- C) $V_1 > V_2$



8.95 Specifična toplina isparavanja vode iznosi 2260 kJ/kg. Vodena para mase 0.5 kg i temperature 100 °C kondenzira se u vodu temperature 100 °C. Koja se od navedenih izmjena topline dogodila tijekom toga procesa? R8009

- A. Iz pare je u okolinu prenesena toplina od 1130 kJ.
- B. Iz okoline je na paru prešla toplina od 1130 kJ.
- C. Iz pare je u okolinu prenesena toplina od 2260 kJ.
- D. Iz okoline je na paru prešla toplina od 2260 kJ.

8.96 Obujam idealnoga plina pri temperaturi od 293 K je 1 m³. Pri stalnome tlaku temperatura idealnoga plina naraste na 353 K. Odredite obujam plina pri toj temperaturi. R8008

8.97 Grijačem snage 500 W tali se 2 kg leda temperature 0 °C. Sva energija koju proizvede grijač potroši se na taljenje leda. Za koliko se vremena led rastali? Specifična toplina taljenja leda iznosi 330 000 J kg⁻³. R8007

8.98 U popodnevnim se satima temperatura zraka povećala za 13 K u odnosu na ranojutarnju temperaturu. Za koliko se povećala temperatura zraka u Celzijevim stupnjevima? R8006

- A) za 13 °C
- B) za 30 °C
- C) za 260 °C
- D) za 286 °C

8.99 Temperatura idealnoga plina je 0 °C. Na kojoj će temperaturi obujam plina biti dva puta veći od obujma plina pri 0 °C ako se tlak plina drži stalnim? R8005

- A) 0K
- B) 137 K
- C) 273 K
- D) 546 K

8.100 Voda se zagrijava u aluminijskome loncu uz stalno miješanje. Početno su voda i lonac na temperaturi od 20 °C. Nakon što su zajedno primili 91,2 kJ topline, temperatura vode i lonca povećala se na 60 °C. Odredite

masu vode ako je masa lonca 0,2 kg, specifični toplinski kapacitet vode 4200 J/(kg K), a specifični toplinski kapacitet aluminija 900 J/(kg K). R8004

8.101 Na termometru je očitana temperatura zraka od 290 K. Kolika je temperatura zraka u Celzijevim stupnjevima? R8003

- A) 15°C B) 17°C C) 19°C D) 21°C

8.102 Temperatura idealnoga plina je 0 °C. Na kojoj će temperaturi tlak plina biti dva puta veći od tlaka plina pri 0 °C ako se obujam plina drži stalnim? R8002

- A) 0 K B) 137 K C) 273 K D) 546 K

8.103 Voda se zagrijava u aluminijskome loncu uz stalno miješanje. Početno su voda i lonac na temperaturi od 20 °C. Nakon što zajedno prime 175,2 kJ topline, temperatura vode i lonca poveća se na 60 °C. Ako je masa vode 1 kg, masa lonca 0,2 kg, a specifični toplinski kapacitet vode 4200 J/kg K, koliki je specifični toplinski kapacitet aluminija? R8001

9. TERMODINAMIKA

Failing to plan is planning to fail.

-Jim Rohn

Molekularno-kinetička teorija tvari objašnjava makroskopske pojave (tlak, temperatura...) pomoću mikroskopskih pojava (nasumično gibanje atoma i molekula, elastični sudari atoma i molekula međusobno ili sa stijenkom posude...).

Ponovimo osnovna svojstva idealnog plina:

- molekule plina stalno se nasumično gibaju
- sudari molekula sa stijenka posude su savršeno elastični (nema gubitaka energije)
- temperatura plina je proporcionalna srednjoj kinetičkoj energiji molekula plina
- potencijalna energija molekula plina je zanemarivo mala
- kinetička energija molekula plina je znatno veća od potencijalne energije međudjelovanja molekula

Treća natuknica kaže da je temperatura plina proporcionalna srednjoj kinetičkoj energiji molekula plina (*uzima se srednja vrijednost jer molekule plina imaju različite brzine pa time i različite kinetičke energije*). Matematički zapis te tvrdnje je

$$\overline{E_K} = \frac{3}{2} k_B T$$

pri čemu su: $\overline{E_K}$ - srednja kinetička energija jedne molekule plina [J], k_B - Boltzmannova konstanta ($1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K), T - temperatura plina [K].

Unutarnja energija idealnog plina je zbroj kinetičkih energija svih molekula u plinu

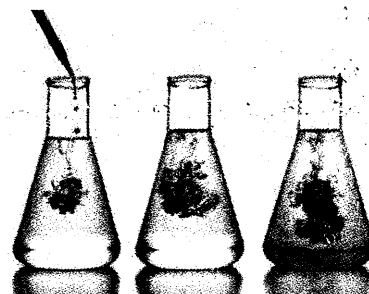
$$U = N \overline{E_K} = \frac{3}{2} N k_B T$$

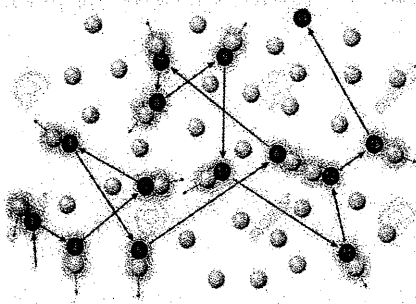
Budući da vrijedi $N = n N_A$ i $N_A k_B = R$, gornja se relacija može pisati i ovako

$$U = N \overline{E_K} = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n N_A k_B T = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} p V$$

u zadnjem koraku se koristi opća plinska jednačba $pV = nRT$.

Difuzija- spontano miješanje tvari različitih koncentracija. Koncentracija je broj atoma ili molekula po 1m^3 . Primjer je miješanje kapljica boje i vode.





Brownovo gibanje- nasumično gibanje čestica koje su mnogo veće nego atomi i obične molekule, ali premalene da bi bile vidljive golim okom u nekom fluidu, kao primjerice gibanje čestica dima u zraku ili peludnih čestica u vodi.

Difuzija i Brownovo gibanje dokazi su atomske teorije tvari.

Kao što je rečeno u prethodnoj lekciji **unutarnja energija** plina jednaka je zbroju kinetičkih energija svih njegovih molekula, tj.

$$U = N\overline{E_K} = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV$$

Također, spomenuli smo da je srednja kinetička energija idealnog plina proporcionalna temperaturi plina, tj.

$$\overline{E_K} = \frac{3}{2}k_B T$$

Sada možemo reći i što je temperatura.

Temperatura je svojstvo idealnog plina izravno vezano za srednju kinetičku energiju njegovih molekula. Drugim riječima, temperatura je mjera zagrijanosti tijela.

Vrlo je važno razlikovati pojmove **temperature** i **topline**. **Toplina** je dio unutarnje energije koji može prijeći s jednog na drugo tijelo. Toplina nije svojstvo idealnog plina već je svojstvo procesa (izobarni, izotermni, izohorni, adijabatski...). Također, toplina se mjeri u [J], a temperatura u [K].

Ukratko:

- **UNUTARNJA ENERGIJA**- U - zbroj kinetičkih energija svih molekula plina. Svojstvo plina.
- **TEMPERATURA**- T - mjera zagrijanosti tijela, proporcionalna srednjoj kinetičkoj energiji molekula idealnog plina. Svojstvo plina.
- **TOPLINA**- Q - dio unutarnje energije koji prelazi s jednog na drugo tijelo. Svojstvo procesa.

RAD PLINA

Plinovi su vrlo pogodni za procese u kojima je potrebna promjena volumena tvari (npr. u klipovima motora u automobilima). Prilikom širenja plin može pogurati neki predmet i tako obaviti rad (sjetimo se formule za rad $W = Fs$). Budući da su kod plinova najvažnija svojstva njegov tlak, volumen i temperatura tako se formula za rad plina kod izobarnog procesa može pisati u obliku

$$W = p\Delta V$$

Iz formule se odmah vidi da je **promjena volumena** plina ključna za rad plina.

- Širi li se plin (ekspanzija) tada je ΔV pozitivan broj i rad plina je pozitivan. Kažemo da je plin obavio rad.
- Skuplja li se plin (kompresija) tada je ΔV negativan broj i rad plina je negativan. Kažemo da je rad obavljen na plinu.
- Kod izohorne promjene (stalni volumen) $\Delta V = 0$ i rad je nula.

Rad plina može se također izračunati kao površina u pV dijagramu. Pri tome je važno u kojem smjeru se odvijao proces, tj. radi li se o širenju (pozitivan rad) ili skupljanju (negativan rad) plina.

Rad plina postoji i u drugim procesima (izotermni, adijabatski...) no formule su složenije i ne koriste se na maturi. Uskoro ćemo vidjeti i treći način za računanje rada plina.

Termodinamika se bavi izmjenom topline i mehaničkog rada između sustava i okoline. Najvažnija svojstva sustava (uglavnom se radi o plinovima) su tlak p , volumen V , temperatura T i unutarnja energija U . Prisjetimo se da su to sve svojstva sustava (plina), dok su toplina Q (dio unutarnje energije koji prelazi s jednog na drugo tijelo) i rad W svojstva procesa.

Primijetimo također da se unutarnja energija, toplina i rad mjere u džulima. Prvi zakon termodinamike upravo njih dovodi u vezu.

PRVI ZAKON TERMODINAMIKE

Toplina (Q) koja se dovede nekom sustavu djelomično prelazi u njegovu unutarnju energiju (ΔU), a djelomično u rad (W) koji sustav obavlja na okolini.

Prvi zakon termodinamike je u biti zakon očuvanja energije primijenjen na termodinamički sustav (plin.) Matematički zapis prvog zakona termodinamike je

$$Q = \Delta U + W$$

pri tome treba pratiti sljedeće dogovore:

- toplina Q
 - pozitivna kada sustav PRIMA toplinu
 - negativna kada sustav GUBI toplinu
- promjena unutarnje energije ΔU
 - pozitivna kada se sustav ZAGRIJAVA (raste temperatura), TALI ili ISPARAVA
 - negativna kada se sustav HLADI (smanjuje se temperatura), KRISTALIZIRA ili KONDENZIRA
- rad W
 - pozitivan kada se sustav ŠIRI (sustav obavlja rad)
 - negativan kada se sustav SKUPLJA (rad se obavlja na sustavu)

Prisjetimo se korisnih formula za rad i promjenu unutarnje energije plina.

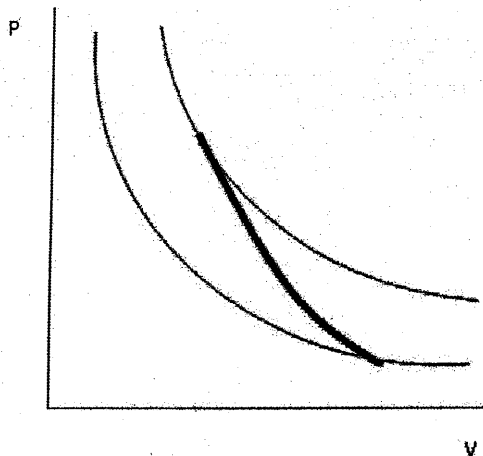
$$W = p\Delta V$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} Nk_B \Delta T$$

Prema tome za sljedeće procese vrijedi:

- izoHORN proces: $V_2 = V_1 \rightarrow \Delta V = 0 \rightarrow W = 0$
- izoTERMNI proces: $T_2 = T_1 \rightarrow \Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0$
- ADIJABATSKI proces: $Q = 0$

Hint: Iako u adijabatskom procesu ne dolazi do izmjene topline između plina i okoline temperatura plina se mijenja. To se vidi iz prvog zakona termodinamike $Q = \Delta U + W$, tj. kada stavimo da je $Q = 0$ J dobijemo $\Delta U = -W$. Ovdje treba paziti na predznak rada ili cijeli proces skicirati u pV dijagramu. Na slici desno je prikazana adijabata (deblja linija) i dvije izoterme. Adijabata je prepoznatljiva po tome što je strmija od izoterme i siječe ih.



DRUGI ZAKON TERMODINAMIKE

Toplina ne može sama od sebe, tj. bez uloženoga rada, prelaziti s tijela niže temperature na tijelo više temperature.

Na ovom načelu rade svi toplinski strojevi ((motor automobila, parni stroj, termalne elektrane, hladnjak, klima uređaj...)), tj. uređaji koji toplinu pretvaraju u koristan rad. Uočeno je da pri tome nužno dolazi do neželjenih gubitaka energije, tj. nije moguće svu toplinu pretvoriti u koristan rad. Zbog toga se uvodi faktor korisnosti η koji kaže koliki dio topline se uspije pretvoriti u koristan rad

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

Pri tome je: W - koristan rad [J], Q_1 - toplina koju je toplinski stroj primio [J]. Faktor korisnosti je broj između 0 i 1.

Budući da toplinski stroj ne iskoristi svu toplinu Q_1 koju primi, postoji ostatak topline Q_2 koji je neiskorišten za rad, tj. taj dio se nepovratno gubi (kažemo da je taj dio predan okolini). Prema tome, faktor korisnosti se može izraziti i na sljedeći način

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Kod Carnotovog ciklusa (kružni proces između dviju izoterme i dviju adijabata) faktor korisnosti može se računati kao

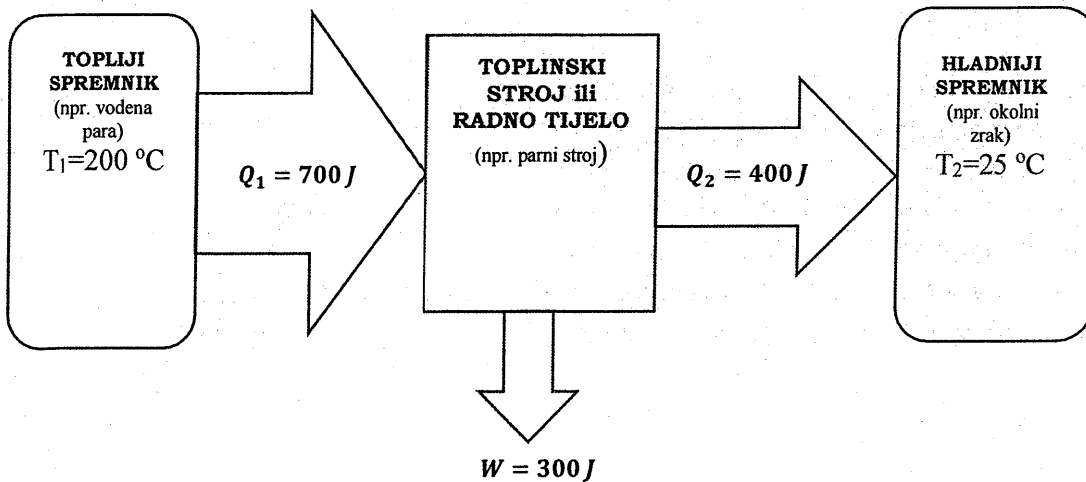
$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

pri čemu su:

T_1 - temperatura toplijeg spremnika (npr. vodena para u parnom stroju) [K],

T_2 - temperatura hladnijeg spremnika (npr. okolni zrak kod parnog stroja) [K]

SHEMA TOPLINSKOG STROJA



Topliji spremnik gubi (predaje) toplinu Q_1 , tu toplinu prima toplinski stroj. Toplinski stroj dio te topline pretvori u rad W , a ostatak Q_2 gubi (predaje) hladnijem spremniku, tj. hladniji spremnik prima toplinu Q_2 .

Pri tome vrijedi

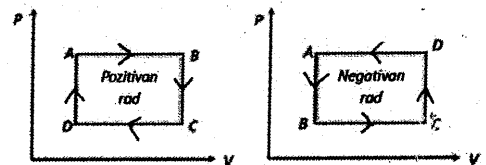
$$Q_1 = W + Q_2$$

Dakle:

- topliji spremnik samo gubi (Q_1) toplinu
- toplinski stroj prima (Q_1) i gubi (Q_2) toplinu
- hladniji spremnik samo prima (Q_2) toplinu

Kružni proces

Toplinski strojevi prolaze kružni proces u kojemu se radnom tijelu (npr. zraku) mogu mijenjati tlak, volumen i temperatura, ali na kraju procesa se radno tijelo vrati u početno stanje. Kružni proces se najčešće prikazuje u pV grafu, a obavljeni rad plina se može izračunati preko zaokružene površine na grafu. Kada je kružni proces išao u smjeru kazaljke na sat obavljeni rad je pozitivan (i obratno).



Perpetuum mobile 1. vrste

Toplinski stroj koji bi davao više rada nego što primi topline, tj. čiji bi faktor korisnosti bio veći od 1. Ovaj stroj bi narušavao prvi zakon termodinamike (tj. zakon očuvanja energije), tj. stvarao bi energiju. Do sada su propali svi pokušaji da se napravi takav stroj.

Perpetuum mobile 2. vrste

Toplinski stroj koji bi prebacivao toplinu iz hladnijeg u topliji spremnik bez utroška energije, tj. koji bi uspostavio spontani prijelaz topline s tijela niže na tijelo više temperature. Takav stroj ne bi kršio prvi zakon termodinamike (tj. zakon očuvanja energije) nego drugi zakon termodinamike (toplina spontano prelazi samo s tijela više na tijelo niže temperature).

Termodinamika

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} k_B T$$

$$U = \frac{3}{2} N k_B T$$

$$pV = nRT$$

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$$

$$Q = mc\Delta t$$

$$Q_t = m\lambda$$

$$Q_s = mr$$

$$Q = W + \Delta U$$

$$W = p\Delta V$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

ZADACI

9.1 Idealni plin koji služi kao radno sredstvo toplinskoga stroja u jednome dijelu kružnoga procesa preuzme 7 kJ topline. Tijekom toga procesa nad njim se obavi rad 3 kJ. Koliko mu se povećala unutarnja energija? R9086

9.2 Korisnost Carnotova toplinskog stroja iznosi 50 %. Kolika je temperatura toplijega spremnika ako je hladniji spremnik temperature 0 °C? R9085

A. 136,58 K B. 136,58 °C C. 273,15 K D. 273,15 °C

9.3 Idealni plin pri izobarnoj promjeni stanja izvrši rad nad okolinom iznosa 100 J. Pritom mu se volumen poveća s 1 dm³ na 2 dm³. Koliki je tlak plina pri toj promjeni stanja? R9084

9.4 Toplinski stroj tijekom svakoga kružnoga ciklusa izvrši rad 100 J na okolinu i pritom hladnijemu spremniku preda 500 J energije. Kolika je korisnost toga toplinskog stroja? Zanemarite gubitke energije u okolinu. R9083

A. 17 % B. 20 % C. 80 % D. 83 %

9.5 Robert Brown promatrao je zrnca peludi u kapljici vode svjetlosnim mikroskopom. Koja je od navedenih tvrdnja o ponašanju pojedinoga zrnca peludi vidljivoga svjetlosnim mikroskopom točna? R9082

- A. Zrnca peludi cijelo se vrijeme giba jednoliko pravocrtno.
- B. Zrnca peludi miruje u kapljici vode jer i molekule vode u kapljici miruju.
- C. Zrnca peludi giba se nasumično jer se s njim sudaraju molekule vode koje se također nasumično gibaju.
- D. Zrnca peludi giba se nasumično samo ako je voda jako zagrijana, a miruje ako je voda sobne temperature.

9.6 Volumen idealnoga plina prilikom izobarne ekspanzije povećao se za $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ pri tlaku $2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$. Koliko iznosi rad koji je obavio idealni plin pri ekspanziji? R9081

9.7 Korisnost Carnotova toplinskog stroja je 0,24, dok mu je topliji spremnik zagrijan na 400°C . Kolika je temperatura hladnijega spremnika? R9080

- A. 96°C
- B. 238°
- C. 304°C
- D. 511°C

9.8 Idealni jednoatomni plin nalazi se pri atmosferskome tlaku p u zatvorenoj posudi stalnoga volumena V . Kad se plinu dovede neka količina topline, apsolutna temperatura poraste mu za 10 %. Koliki je rad plin obavio tijekom dovođenja topline? R9079

- A. $-pV$
- B. 0
- C. $0,1 pV$
- D. pV

9.9 Svaki od dvaju idealnih jednoatomnih plinova različitih masa atoma nalaze se u svojoj posudi. Posude su međusobno jednake i održavaju se na stalnoj temperaturi 0°C . Koja od navedenih tvrdnja vrijedi za srednje kinetičke energije $\overline{E_k}$ čestica tih idealnih plinova? R9078

- A. $\overline{E_k}$ čestica tih plinova su jednake i iznose 0 J.
- B. $\overline{E_k}$ čestica tih plinova su jednake i veće od 0 J.
- C. $\overline{E_k}$ čestica plina veće mase atoma veća je od E_k čestica plina manje mase atoma.
- D. $\overline{E_k}$ čestica plina veće mase atoma manja je od E_k čestica plina manje mase atoma.

9.10 Kolika je korisnost toplinskoga stroja koji obavlja koristan rad iznosa 4800 J i spremniku niže temperature preda 2200 J topline? R9077

9.11 Idealni toplinski stroj prima toplinu od toplijega spremnika temperature T_1 i nakon obavijenoga rada predaje toplinu hladnijemu spremniku temperature T_2 . U kojemu će se od navedenih slučajeva povećati korisnost toplinskoga stroja? R9076

- A. kada se temperature obaju spremnika povećaju za isti iznos ΔT
- B. kada se temperature obaju spremnika smanje za isti iznos ΔT
- C. kada temperatura toplijega spremnika ostane ista i kada se temperatura hladnijega spremnika poveća za ΔT
- D. kada temperatura hladnijega spremnika ostane ista i kada se temperatura toplijega spremnika smanji za ΔT

9.12 Koja je od navedenih tvrdnja točna za toplinu pri dodiru dvaju tijela? R9075

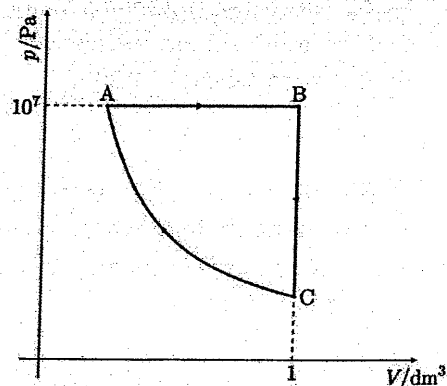
- A. Može prelaziti s tijela manje unutarnje energije na tijelo veće unutarnje energije.
- B. Može spontano prelaziti s tijela niže temperature na tijelo više temperature.
- C. Uvijek prelazi s tijela veće mase na tijelo manje mase.
- D. Uvijek prelazi s tijela veće unutarnje energije na tijelo manje unutarnje energije.

9.13 Pri kojemu će se od navedenih procesa povećati srednja kinetička energija molekula idealnoga plina? R9074

- A) pri izohornomu smanjenju tlaka
- B) pri izobarnomu povećanju volumena
- C) pri izotermnomu smanjenju volumena
- D) pri izotermnomu povećanju volumena

9.14 Idealni plin nalazi se u spremniku stalnoga volumena. Plin se zagrijava i temperatura mu se poveća sa 150 K na 600 K. Kako se promijeni efektivna brzina molekule plina? R9073

- A. Smanji se 4 puta. B. Smanji se 2 puta.
C. Poveća se 2 puta. D. Poveća se 4 puta.



9.15 Jedan mol idealnoga jednoatomnog plina prolazi kroz kružni proces koji se sastoji od izobare, izohore i izoterme kao što je prikazano na slici. Tijekom izobarnoga procesa plin izvrši rad od 7,5 kJ. Kolika je unutarnja energija plina u točki C? R9072

9.16 Na slici je prikazana ovisnost tlaka o volumenu za određenu količinu idealnoga plina. U kojemu od navedenih intervala volumena plin obavi najveći rad? R9071

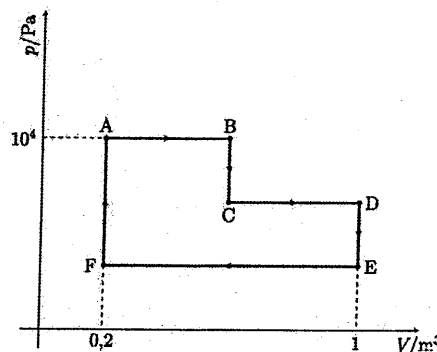
- A. od 0 dm³ do 1 dm³
B. od 1 dm³ do 2 dm³
C. od 2 dm³ do 3 dm³
D. od 3 dm³ do 4 dm³



9.17 Pri adijabatskoj ekspanziji jednoatomnoga idealnog plina promijenila se temperatura plina. Koja je od navedenih jednadžbi za promjenu temperature ΔT u tome procesu točna? R9070

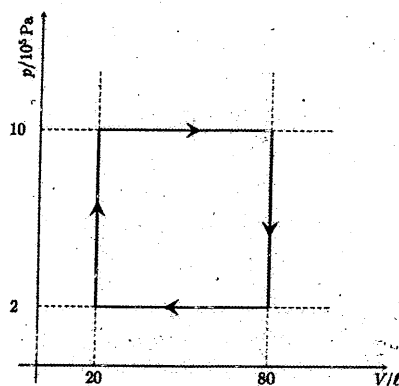
- A. $\Delta T = \frac{3(Q-W)}{2nR}$ B. $\Delta T = -\frac{2Q}{3nR}$
C. $\Delta T = -\frac{2nR}{2W}$ D. $\Delta T = \frac{2W}{3nR}$

9.18 Na slici je prikazan kružni proces kroz koji prolazi jedan mol idealnoga jednoatomnog plina. Proces se sastoji od triju izobara i triju izohora. Od stanja A do stanja B plin izvrši rad iznosa 4 kJ, što je duplo više rada nego što izvrši od stanja B do stanja E. Kolika je unutarnja energija plina u točki C? R9069



9.19 Na slici je prikazan kružni proces kroz koji prolazi neki idealni plin. Koliko iznosi ukupni rad tijekom ovoga kružnog procesa? R9068

- A. 0 J B. 12 kJ C. 48 kJ D. 60 kJ



9.20 Idealni plin nalazi se u cilindru s pomičnim klipom. Kako će se promijeniti tlak i temperatura plina pri adijabatskoj kompresiji? R9067

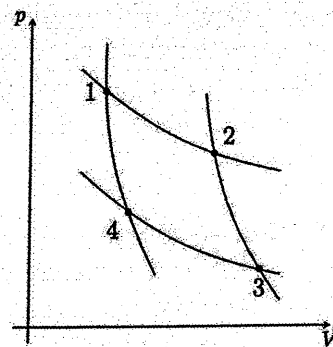
- A. Tlak i temperatura se smanje. B. Tlak i temperatura se povećaju.
C. Tlak se smanji, a temperatura se poveća. D. Tlak se poveća, a temperatura se smanji.

9.21 Na slici je prikazan p,V dijagram Carnotova kružnoga procesa za idealni plin. U kojim su od navedenih parova točaka temperature idealnoga plina međusobno jednake? R9066

- A. 1 i 4 B. 2 i 3 C. 1 i 2 D. 2 i 4

9.22 Idealnomu plinu temperatura se izohorno povećava za neki iznos. Što se od navedenoga dogodi zbog povećanja temperature? R9065

- A. Poveća se broj čestica plina. B. Poveća se unutarnja energija plina.
C. Smanji se tlak plina. D. Plin izvrši neku količinu rada.



9.23 Zrak je smjesa različitih plinova s najvećim udjelom dušika i kisika. Ljeti su prosječne temperature zraka veće nego zimi. Koja je od navedenih tvrdnja o odnosu prosječnih kinetičkih energija molekula dušika i kisika točna? Pretpostavite da je zrak idealni plin. R9064

- A. Prosječna kinetička energija molekula kisika uvijek je veća od prosječne kinetičke energije molekula dušika.
B. Prosječna kinetička energija molekula kisika uvijek je manja od prosječne kinetičke energije molekula dušika.
C. Prosječna kinetička energija molekula kisika i dušika međusobno je jednaka, no ljeti je veća nego zimi.
D. Prosječna kinetička energija molekula kisika i dušika međusobno je jednaka, no zimi je veća nego ljeti.

9.24 Koliko se nekomu idealnom plinu mora izotermno dovesti topline kako bi mu se pri normiranome atmosferskom tlaku volumen povećao s 4 m^3 na 6 m^3 ? R9063

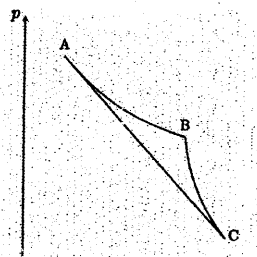
9.25 Hladni je spremnik Carnotova toplinskoga stroja pri temperaturi T. Pri kojoj će od navedenih temperatura toplijega spremnika korisnost toga stroja biti najveća? R9062

- A. T/2 B. T C. 2T D. 3T

9.26 U jednoj zatvorenoj posudi nalazi se helij, a u drugoj zatvorenoj posudi argon pri jednakim temperaturama. Pretpostavite da su plinovi idealni. Kakav je odnos srednjih kinetičkih energija atoma navedenih plinova? R9061

- A. Atomi helija imaju približno deset puta veću srednju kinetičku energiju od atoma argona.
B. Atomi helija imaju jednaku srednju kinetičku energiju kao i atomi argona.
C. Atomi helija imaju približno deset puta manju srednju kinetičku energiju od atoma argona.
D. Atomi helija imaju približno sto puta manju srednju kinetičku energiju od atoma argona.

9.27 Na slici je prikazan kružni termodinamički proces u p,V dijagramu. Od točke A do točke B idealni plin duž izoterme obavlja rad nad okolinom iznosa 5 J. Od točke B do točke C plin duž adijabate obavlja rad nad okolinom iznosa 3 J. Kolika je promjena unutarnje energije plina u izotermnome procesu ΔU_{AB} , a kolika u adijabatskome procesu ΔU_{BC} ? R9060



9.28 Toplinski stroj obavi 1 kJ rada za svakih 4 kJ uložene energije. Koja od navedenih tvrdnja vrijedi za ovaj toplinski stroj? R9059

- A. Korisnost stroja veća je od 100 %. B. Korisnost stroja manja je od 100 %.
C. Stroj radi bez spremnika niže temperature. D. Stroj radi bez spremnika više temperature.

9.29 Pri kojemu se od navedenih tlakova realni plin ponaša najslabije idealnomu plinu? R9058

- A. pri 1 bar B. pri 1 kbar C. pri 1 Mbar D. pri 1 Gbar

9.30 U zatvorenoj posudi s pomičnim klipom nalaze se 2 mola idealnoga plina temperature $20\text{ }^\circ\text{C}$ i volumena 25 L. Plin se izobarno zagrijava i pritom obavi rad 3 kJ. Kolika je promjena volumena idealnoga plina u tome procesu? R9057

9.31 Koliko će se puta povećati temperatura idealnoga plina ako se srednja kvadratna brzina njegovih molekula poveća četiri puta? R9056

A. dva puta B. četiri puta C. osam puta D. šesnaest puta

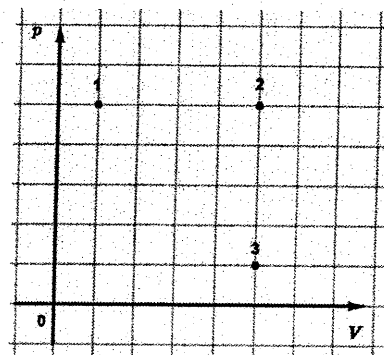
9.32 Korisnost Carnotova toplinskoga stroja iznosi 30 %. Radno tijelo predaje određenu količinu topline spremniku temperature 400 K. Kolika je temperatura spremnika od kojega radno tijelo prima toplinu? R9055

9.33 Što od navedenoga vrijedi za promjenu unutarnje energije ΔU , toplinu Q i rad W pri izobarnoj kompresiji idealnoga plina? R9054

- A) $\Delta U < 0$, $Q < 0$, $W < 0$ B) $\Delta U = 0$, $Q < 0$, $W < 0$
 C) $\Delta U > 0$, $Q = 0$, $W > 0$ D) $\Delta U > 0$, $Q > 0$, $W > 0$

9.34 Na slici je prikazan p,V graf za tri stanja idealnoga plina 1, 2 i 3. Svakomu stanju pripada unutarnja energija U_1 , U_2 i U_3 . U kakvu su međusobnom odnosu unutarnje energije plina? R9053

- A) $U_1 = U_3 > U_2$ B) $U_1 = U_2 > U_3$
 C) $U_2 = U_3 < U_1$ D) $U_1 = U_3 < U_2$



9.35 Koji je od navedenih izraza za izohorni proces točan? R9052

- A) $Q = \Delta U$ B) $Q = 0$ C) $Q = c\Delta T$ D) $Q = W$

9.36 U posudi na temperaturi T nalazi se smjesa dvaju idealnih plinova O_2 i H_2 . Masa molekule O_2 šesnaest je puta veća od mase molekule H_2 ($m(\text{O}_2) = 16m(\text{H}_2)$). Koliki je omjer srednjih kinetičkih energija molekule kisika i vodika $E_k(\text{O}_2) / E_k(\text{H}_2)$? R9051

- A) 1/16 B) 1 C) 4 D) 16

9.37 Koja je od navedenih termodinamičkih veličina jednaka nuli u kružnome procesu? R9050

- A) ΔU B) Q C) W D) E_k

9.38 Koja je od navedenih tvrdnja točna za toplinski stroj? R9049

- A. Hladniji spremnik predaje svu energiju toplijemu spremniku.
 B. Hladniji spremnik prima dio energije od radnoga tijela.
 C. Hladniji i topliji spremnik su u termodinamičkoj ravnoteži.
 D. Hladniji spremnik obavlja rad.

9.39 Za rad kojega od navedenih uređaja nisu ključna načela zakona termodinamike? R9048

- A) za hladnjak B) za generator C) za klima uređaj D) za Otto motor

9.40 U nekome se procesu idealnom plinu povećala unutarnja energija za 2 kJ te je plin predao okolini 5 kJ topline. Koliki je rad obavio plin? R9047

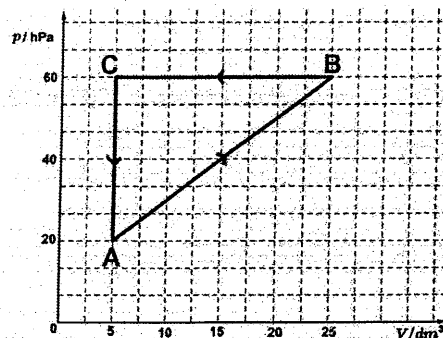
9.41 Idealni plin obavi rad W tijekom izobarnoga procesa u kojemu mu se volumen poveća s V na $3V$. Koliki dodatni rad obavi idealni plin za daljnje izobarno povećanje volumena s $3V$ na $6V$? R9046

- A) W B) $1.5W$ C) $2W$ D) $3W$

9.42 Koja je od navedenih tvrdnja u skladu sa zakonima termodinamike? R9045

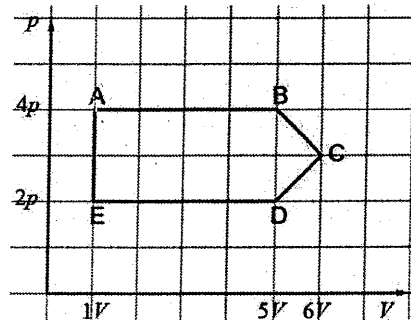
- A. Toplina nekad spontano prelazi s tijela niže na tijelo više temperature.
 B. Moguć je perpetuum mobile druge vrste.
 C. Postoji toplinski stroj bez hladnoga spremnika.
 D. Ne postoji toplinski stroj koji svu toplinu iz toplijega spremnika pretvara u rad.

9.43 Idealni plin u zatvorenoj posudi podvrgava se promjenama tijekom termodinamičkoga procesa kao što je prikazano u p, V grafu. Koliki je rad obavio plin tijekom jednoga procesa $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$? R9044



9.44 Na slici je prikazan kružni proces idealnoga plina. Koliki rad obavi plin u procesu $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$? R9043

- A) $-16 pV$ B) $-9 pV$ C) $9 pV$ D) $16 pV$



9.45 Za koju od navedenih promjena stanja idealnoga plina vrijedi da je promjena unutarnje energije $\Delta U = 0$? R9042

- A) za adijabatsku B) za izobarnu
 C) za izohornu D) za izotermnu

9.46 Koja je od navedenih tvrdnja točna za srednju kinetičku energiju molekule dvaju idealnih plinova pri istoj temperaturi? R9041

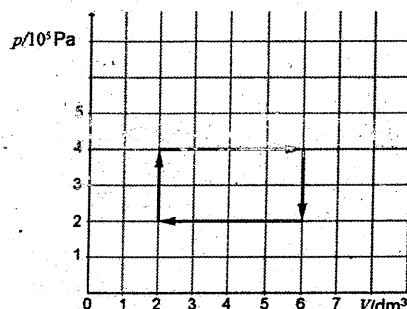
- A. Molekule različitih plinova imaju jednaku srednju kinetičku energiju.
 B. Plin čije su molekule veće mase ima veću srednju kinetičku energiju.
 C. Plin čije su molekule manje mase ima veću srednju kinetičku energiju.

9.47 Temperatura toplijega spremnika toplinskoga stroja je 1,5 puta veća od temperature njegova hladnijega spremnika. Kolika je korisnost toga toplinskog stroja? R9040

9.48 U metalnome spremniku s pomičnim klipom nalazi se 1 L idealnoga plina pod tlakom $2 \cdot 10^5$ Pa. Za koliko se promijeni unutarnja energija idealnoga plina ako se pri stalnome tlaku volumen plina smanji na 0,6 L? R9039

9.49 Na slici je prikazan kružni proces idealnoga plina u p, V grafu. Koliki rad obavi idealni plin u kružnome procesu? R9038

- A) 800 J B) 1200 J C) 1600 J D) 2400 J



9.50 Kako se mijenjaju unutarnja energija ΔU , toplina Q i rad W u procesu adijabatske kompresije idealnoga plina? R9037

- A. $\Delta U > 0, Q = 0, W < 0$ B. $\Delta U > 0, Q = 0, W > 0$
 C. $\Delta U = 0, Q < 0, W < 0$ D. $\Delta U > 0, Q > 0, W > 0$

9.51 Korisnost toplinskoga stroja iznosi 20 %. Radno tijelo predaje određenu količinu topline spremniku temperature 300 K. Kolika je temperatura spremnika od kojega radno tijelo prima toplinu? R9036

9.52 Na plinu je obavljen rad od 1700 J. Pritom je plin okolini predao 600 J topline. Što se dogodilo s unutarnjom energijom plina? R9035

- A. Povećala se za 1100 J. B. Povećala se za 2300 J.
C. Smanjila se za 1100 J. D. Smanjila se za 2300 J.

9.53 Koji izraz opisuje unutarnju energiju idealnoga plina? R9034

- A) $U=(3/2)NkT$ B) $U=(3/2)pVT$ C) $U=(3/2)NpV$ D) $U=(3/2)nkT$

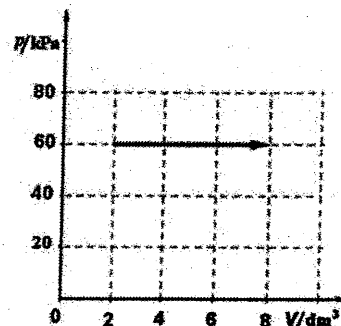
9.54 Koja od navedenih jednakosti vrijedi za kružni proces idealnoga plina? R9033

- A) $Q = \Delta U$ B) $\Delta Q = W$ C) $Q = W$ D) $W = 0$

9.55 Što je difuzija? R9032

- A. spontano miješanje dviju različitih tvari
B. tlak koji nastaje kada molekule plina udaraju u stijenku posude
C. sila kojom molekule neke tvari djeluju jedna na drugu
D. unutarnja energija koju imaju molekule plina pri temperaturi od 0 K

9.56 Graf prikazuje ovisnost tlaka o obujmu plina za određeni proces. Za koliko se promjeni unutarnja energija plina u tome procesu ako se plinu dovede 500 J topline? R9031



9.57 Koja je od navedenih tvrdnja karakteristična za Brownovo gibanje? R9030

- A. Sudari molekula su savršeno elastični. B. Molekule imaju određene dimenzije.
C. Između molekula djeluju odbojne sile. D. Molekule se nasumično gibaju.

9.58 U Carnotovu kružnome procesu radno tijelo je hladnijemu spremniku temperature 150 °C predalo 1,26 MJ topline. Temperatura je toplijega spremnika 300 °C. Koliki je rad u tome kružnome procesu obavilo radno tijelo? R9029

9.59 Pri kojoj se promjeni stanja plina ne mijenja volumen plina? R9028

- A) izotermnoj B) izobarnoj C) izohornoj D) adijabatskoj

9.60 Korisnost nekoga Carnotova stroja jest 25 %. Temperatura toplijega spremnika jest 124 °C. Kolika je temperatura hladnijega spremnika? R9027

9.61 Dva mola idealnoga jednoatomnog plina izohorno se zagrijava od 273 K do 400 K. Koliko se pritom promijeni unutarnja energija toga plina? R9026

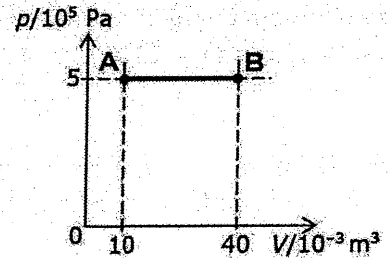
9.62 Određena količina idealnoga plina zagrijava se izohorno. Čemu je jednaka toplina koju plin primi od okoline? R9025

- A. promjeni potencijalne energije molekula plina B. radu obavljenomu nad plinom
C. radu koji obavi plin D. promjeni unutarnje energije plina

9.63 Srednja kinetička energija atoma helija iznosi $6,4 \cdot 10^{-21}$ J. Kolika je temperatura helija? Pretpostavite da se helij ponaša kao idealni plin. R9024

- A) 36°C B) 191 K C) 309°C D) 696 K

9.64 Crtež prikazuje promjenu od stanja A do stanja B idealnoga jednoatomnog plina. Izračunajte promjenu unutarnje energije plina u tome procesu. R9023



9.65 Plin se nalazi u cilindru koji je zatvoren pomičnim klipom. Koji od navedenih procesa dovodi do povećanja temperature plina? R9022

- A) izobarna kompresija B) izotermna ekspanzija
C) adijabatska kompresija D) adijabatska ekspanzija

9.66 Tijekom promjene stanja plin gubi toplinu od 100 J , a u isto vrijeme obavlja rad od 20 J . Što je od navedenoga točno za unutarnju energiju toga plina? R9021

- A) Smanjila se za 120 J B) Smanjila se za 80 J .
C) Povećala se za 80 J . D) Povećala se za 120 J .

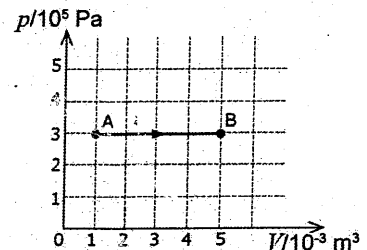
9.67 Toplinski stroj radi između dvaju toplinskih spremnika temperatura T_A i T_B , tako da vrijedi $T_A > T_B$. Što će se dogoditi s korisnošću toga stroja ako se T_B smanji, a T_A ostane nepromijenjena? R9020

- A) Smanjit će se. B) Neće se promijeniti. C) Povećat će se.

9.68 Srednja kinetička energija nasumičnoga gibanja čestica jednoatomnoga idealnog plina iznosi $6 \cdot 10^{-20}$ J. Kolika je termodinamička temperatura toga plina? R9019

9.69 U cilindru s pomičnim klipom nalazi se plin pod tlakom $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$ pri temperaturi 300 K . Plin se izobarno stlačina volumen $0,9 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ i pritom se na plinu obavi rad od 20 J . Kolika je temperatura plina nakon tlačenja? R9018

9.70 Ako se idealnomu plinu dovede $3\,000\text{ J}$ topline, plin priđe iz stanja A u stanje B, kao što je prikazano na crtežu. Kolika je promjena unutrašnje energije plina? R9017

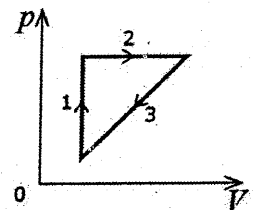


9.71 Idealnomu plinu predana je toplina od $5 \cdot 10^6\text{ J}$ pri stalnome tlaku. Plin je pritom obavio rad od $3 \cdot 10^6\text{ J}$. Kako se pritom promijenila unutrašnja energija plina? R9016

- A) Smanjila se za $8 \cdot 10^6\text{ J}$ B) Smanjila se za $2 \cdot 10^6\text{ J}$
C) povećala se za $2 \cdot 10^6\text{ J}$ D) Povećala se za $8 \cdot 10^6\text{ J}$

9.72 Na crtežu je prikazan (p, V) dijagram kružnoga procesa kojemu je podvrgnut neki plin. Na kojem dijelu kružnoga procesa plin predaje toplinu okolini? R9015

- A) 1 B) 2 C) 3



9.73 Obujam plina na temperaturi 0°C iznosi 10 L , a tlak 10^6 Pa . Plin se izobarno zagrije na temperaturu 1000°C . Koliki rad pritom obavi plin? R9014

9.74 Temperatura jednoatomnog idealnog plina iznosi T . Što će se dogoditi s unutrašnjom energijom jednoatomnog idealnog plina ako se temperatura plina smanji na $T/2$? R9013

- A. Povećat će se dva puta. B. Smanjit će se dva puta.
C. Povećat će se četiri puta. D. Smanjit će se četiri puta.

9.75 Carnotov stroj radi između dvaju toplinskih spremnika, jednog temperature $10\text{ }^\circ\text{C}$ i drugog temperature $100\text{ }^\circ\text{C}$. Kolika je korisnost tog stroja? R9012

9.76 Temperatura idealnog plina povećava se s 40 K na 160 K . Kako će se promijeniti srednja brzina nasumičnog gibanja atoma tog plina? R9011

- A) Smanjit će se 4 puta. B) Smanjit će se 2 puta.
C) Povećat će se 2 puta. D) Povećat će se 4 puta.

9.77 Carnotov stroj radi s pomoću dvaju toplinskih spremnika, jednog temperature $327\text{ }^\circ\text{C}$, a drugog temperature $27\text{ }^\circ\text{C}$. Koliki rad obavi na svakih 10 kJ preuzete topline? R9010

9.78 Tijelo se sudari neelastično sa zidom. U takvome se sudaru uz početnu brzinu v temperatura tijela povećava za 0.5 K . Za koliko bi se povećala temperatura tijela uz početnu brzinu $4v$ uz pretpostavku da se prilikom sudara uvijek pola kinetičke energije tijela pretvori u unutrašnju energiju tijela? R9009

- A) za 1 K B) za 2 K C) za 4 K D) za 8 K

9.79 Odredite unutarnju energiju idealnoga plina koji sadrži 10^{23} čestica na temperaturi 200 K . R9008

9.80 Pri stalnome tlaku od $5 \cdot 10^5\text{ Pa}$ idealnomu plinu dovede se $6 \cdot 10^3\text{ J}$ topline, a plinu se pritom povećava obujam od 1 dm^3 na 5 dm^3 . Za koliko se u tome procesu povećala unutarnja energija plina? R9007

9.81 Potrebno je povećati korisnost idealnoga toplinskoga stroja. Može se povećati temperatura toplijega spremnika za ΔT ili smanjiti temperatura hladnijega spremnika za isti iznos ΔT . Koja je od navedenih tvrdnji točna? R9006

- A. Korisnost će biti veća ako se povećava temperatura toplijega spremnika za ΔT .
B. Korisnost će biti veća ako se smanji temperatura hladnijega spremnika za ΔT .
C. Korisnost će se povećati jednako u obama slučajevima.
D. Korisnost se ne će promijeniti zbog promjene temperature spremnika topline.

9.82 Idealni plin temperature T zagrije se tako da se srednja kinetička energija nasumičnoga gibanja njegovih čestica udvostruči. Kolika je temperatura plina nakon zagrijavanja? R9005

- A) $\frac{T}{\sqrt{2}}$ B) $T\sqrt{2}$ C) $2T$ D) $4T$

9.83 Koja od navedenih tvrdnji ne vrijedi za model idealnoga plina? R9004

- A. Potencijalna energija međusobnoga djelovanja čestica plina je zanemariva.
B. Čestice plina se stalno nasumično gibaju.
C. Sudari čestica plina sa stijenkama posude nisu savršeno elastični.
D. Temperatura plina je proporcionalna srednjoj kinetičkoj energiji nasumičnoga gibanja čestica plina.

9.84 Pri stalnome tlaku od $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$ na plinu se obavi rad od 1000 J . Za koliko se smanjio obujam plina? R9003

9.85 Koja od navedenih tvrdnji ne vrijedi za model idealnoga plina? R9002

- A. Kinetička energija nasumičnoga gibanja čestica plina manja je od potencijalne energije njihova međusobnoga djelovanja.
- B. Čestice plina se stalno nasumično gibaju.
- C. Sudari čestica plina sa stijenkama posude su savršeno elastični.
- D. Temperatura plina proporcionalna je srednjoj kinetičkoj energiji nasumičnoga gibanja čestica plina.

9.86 Pri stalnome tlaku od 10^5 Pa plin obavi rad od 1000 J. Za koliko se povećao obujam plina? R9001

10. ELEKTROSTATIKA

When in doubt, check it out.

-Jack Canfield

Natrljamo li vunenom krpom plastični štap primijetiti ćemo da on tada može privući sitne komadiće papira ili papra. Plastičnim štapom koji nije natrljan to ne možemo postići. Natrljamo li stakleni štap komadom kože primjećujemo istu pojavu. Natrljani štap privlači male komadiće papira, a ne natrljani štap ne privlači. Očito je da u tijeku trljanja dolazi do procesa kojim štap dobija svojstva koja prije nije imao.

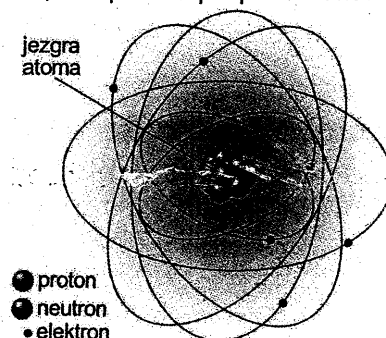
Približe li se međusobno dva natrljana plastična ili dva natrljana staklena štapa uočava se međusobno odbijanje, a približe li se natrljani plastični i stakleni štap uočava se međusobno privlačenje. Ne natrljani štapovi se niti privlače niti odbijaju. Ovo nas navodi na ideju da su svojstva natrljanog plastičnog i staklenog štapa istog podrijetla, no da se ponašaju na suprotan način.

Ova pojava objašnjava se novim temeljnim svojstvom svih tvari (tj. čestica koje ih tvore), a naziva se **električni naboj**. Čestice koje posjeduju električni naboj međudjeluju električnom silom. **Električna sila** djeluje na daljinu (tijela se ne moraju doticati), a može biti **privlačna** i **odbojna**. U skladu s time zaključilo se da postoje dvije vrste električnog naboja koji su nazvani pozitivan i negativan (nazivi su proizvoljni, mogli su se zvati crni i bijeli), tj. često govorimo o **predznaku električnog naboja** (naboj pozitivnog predznaka, tj. naboj negativnog predznaka).

- Čestice s istom vrstom električnog naboja (pozitivan i pozitivan ili negativan i negativan) međusobno se odbijaju.
- Čestice s različitom vrstom električnog naboja (pozitivan i negativan ili negativan i pozitivan) međusobno se privlače.
- Čestica s električnim nabojem i čestica bez električnog naboja se niti odbijaju niti privlače.
- Čestice bez električnog naboja se niti privlače niti odbijaju.

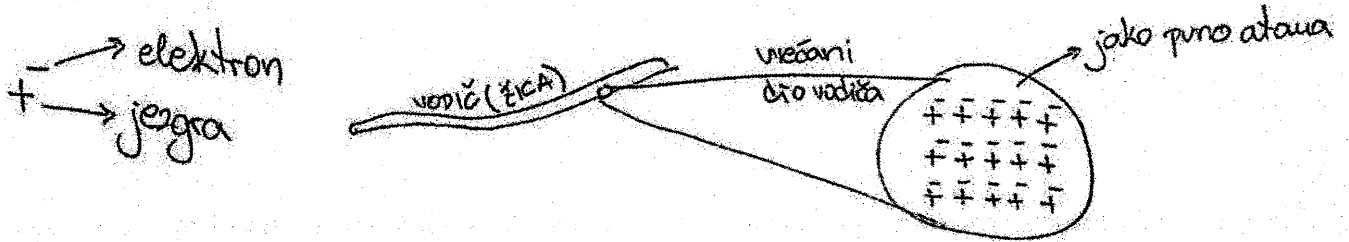
Koristimo izraze „električki nabijeno tijelo“, „tijelo s pozitivnim ili negativnim nabojem“ ili skraćeno, „naboj“.

Nositelji električnog naboja su protoni i elektroni, njihov naboj je po iznosu jednak, a suprotan po predznaku. Naboj protona je $q_p = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, a naboj elektrona $q_e = -e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Neutroni nemaju svojstvo električnog naboja, tj. $q_n = 0 \text{ C}$. U vodičima protoni i neutroni se ne mogu gibati, mogu se gibati samo elektroni. Ukupan naboj više tijela koja promatramo je uvijek stalan jer se elektroni samo premještaju s jednog na drugo tijelo. Ta činjenica se naziva **zakon očuvanja naboja**.



SHEMATSKI PRIKAZ ATOMA

Prikaz atoma na desnoj slici nije prikladan kad želimo prikazati građu nekog tijela. Tada koristimo shematski prikaz jednog ili više atoma:



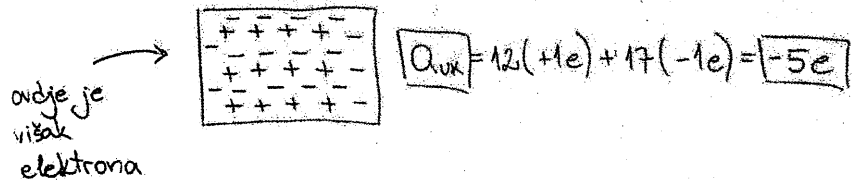
Zbog jednostavnosti možete pisati da je kod sheme atoma naboj jezgre $+1e$, a naboj elektronskog omotača $-1e$.

UKUPAN NABOJ TIJELA

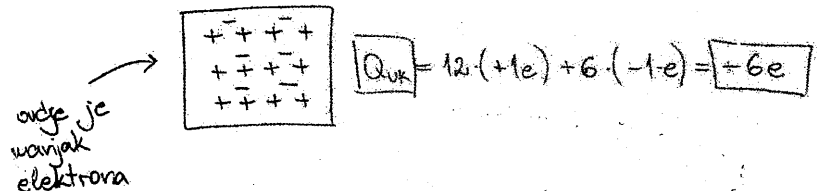
Ukupan naboj tijela ovisi o međusobnom odnosu broja protona i elektrona u tijelu. Kod shematskog prikaza atoma to se svodi na broj jezgara (N_j) i broj elektrona (N_e) tako da se ukupan naboj računa kao

$$Q_{uk} = N_j e + N_e (-e)$$

Ukupan naboj tijela može biti pozitivan, negativan ili nula te se može mijenjati ovisno o međudjelovanju s ostalim tijelima.

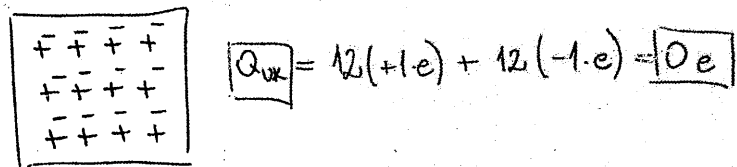


Pozitivno nabijeno tijelo: više shematskih jezgara nego elektrona



Negativno nabijeno tijelo: manje shematskih jezgara od elektrona

Neutralno tijelo: jednak broj shematskih jezgara i elektrona

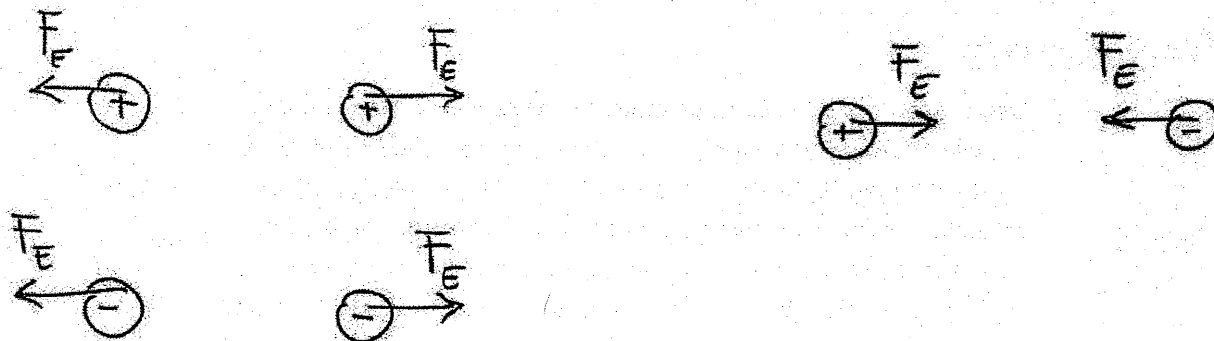


Kad znamo da u nabijenom tijelu ima N više elektrona od protona onda ukupan naboj tijela možemo jednostavnije izračunati kao $Q_{uk} = N(-e)$. Ovdje moramo paziti da je ukupan naboj takvog tijela negativan, zato je minus u zagradi.

Slično tome, kad znamo da u nabijenom tijelu ima N više protona od elektrona (ili da ima N manje elektrona od protona) onda ukupan naboj tijela možemo jednostavnije izračunati kao $Q_{uk} = Ne$. U ovom slučaju je ukupan naboj tijela pozitivan pa izostavljamo minus.

MEĐUDJELOVANJE MALIH NABIJENIH TIJELA

Vektori električnih sila se uvijek nalaze duž spojnice tijela. Pri tome se tijela istih predznaka naboja međusobno odbijaju, a suprotnih predznaka naboja privlače:

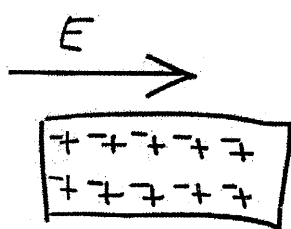
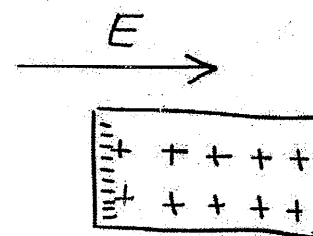


Između nabijenog i neutralnog tijela nema odbijanja ni privlačenja:



MEĐUDJELOVANJE VEĆIH NABIJENIH TIJELA

Kod većih tijela treba skicirati što se događa sa elektronima unutar tijela. U vodičima postoje slobodni elektroni koji se mogu pomicati unutar vodiča. Na desnoj slici prikazani su elektroni koji su se pod utjecajem električnog polja premjestili na lijevu stranu vodiča.



Kod izolatora elektroni se mogu pomicati samo u neposrednoj blizini jezgre. Na lijevoj slici prikazani su elektroni koji su se pod utjecajem električnog polja pomaknuli malo prema lijevo no svaki se još nalazi uz svoju jezgru.

U oba primjera ukupan naboj tijela je ostao nula jer elektroni nisu ni dolazili ni odlazili s tijela, samo su se preraspodijelili.

COULOMBOV ZAKON

Dva električni nabijena tijela međudjeluju električnom ili Coulombovom silom F_E

$$F_E = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon_r r^2}$$

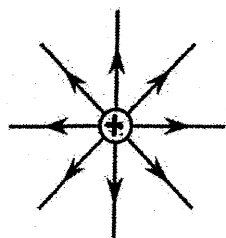
pri čemu su:

- $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ - Coulombova konstanta, ϵ_r - relativna permitivnost sredstva, q_1 i q_2 - naboji dvaju tijela [C], r - udaljenost između dvaju tijela [m].

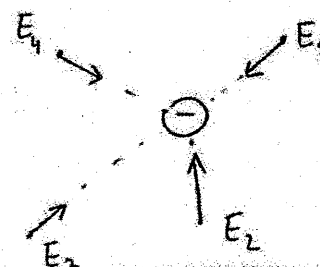
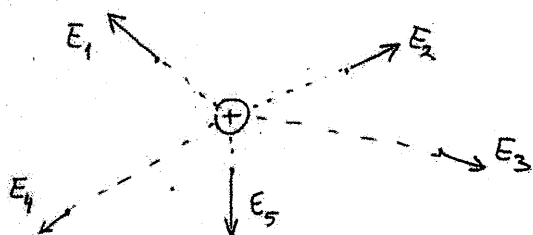
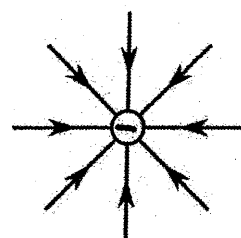
Ovisno o kombinaciji predznaka naboja Coulombova sila može biti privlačna i odbojna.

Hint: Coulombov zakon u gornjem obliku vrijedi samo za čestice i vrlo mala (točkasta) tijela. Kod većih tijela postoji električno privlačenje čak i u slučaju kada je jedno od tijela električki neutralno. To se najbolje vidi iz crteža sa shematskim prikazom atoma.

ELEKTRIČNO POLJE



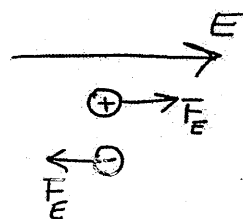
Oko svakog tijela s viškom pozitivnih ili negativnih nositelja naboja pojavljuje se električno polje. Električno polje je količnik električne sile F_E i naboja čestice q koju promatramo. Smjer električnog polja za tijelo s viškom pozitivnog naboja (lijevi crtež) je od tijela prema van, a za tijelo s viškom negativnog naboja (desni crtež) smjer je prema tijelu. Na oba crteža su prikazane električne silnice, a na donjim crtežima vektori električnog polja u pojedinim točkama prostora oko nabijenih malih kuglica.



Kada se pozitivno i negativno nabijeno tijelo stave u isto električno polje na njih će djelovati električna sila u suprotnim smjerovima, kao na slici desno.

Električno polje nabijene čestice naboja q računa se prema formuli

$$E = \frac{k \cdot q}{\epsilon_r \cdot r^2}$$



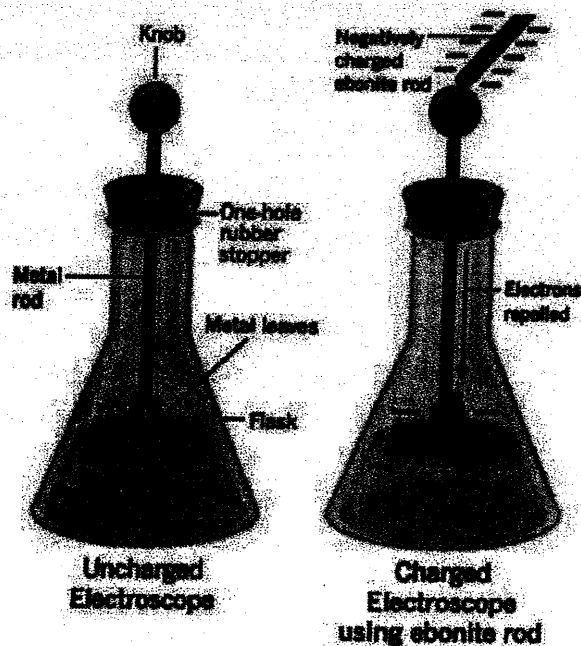
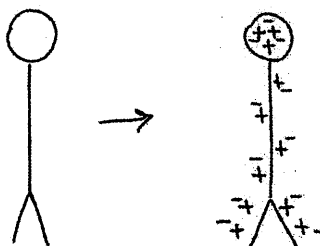
Hint: smjer električnog polja u nekoj točki se može odrediti gledajući u kojem smjeru bi djelovala električna sila na zamišljeni pozitivan naboj u toj točki. Treba znati da električno polje (kao i električni potencijal) postoji u svakoj točki prostora neovisno o tome nalazi li se u toj točki neka nabijena čestica ili ne.

ELEKTROSKOP

Elektroskop je jednostavna naprava kojom se ispituje je li neko tijelo električki nabijeno. Sastoji se od metalne kugle na vrhu, dva metalna listića u zaštitnom kućištu i izoliranog postolja.

U početku je elektroskop električki neutralan te su listići unutar njega također električki neutralni. Kada na gornju kuglu dovedemo višak elektrona oni će putem štapa doći do listića na kojima će se jednoliko rasporediti. Listići su sada električki negativni te se odbijaju. Što se više elektrona dovede na listiće to se snažnije odbijaju i sve su razmaknutiji. Vrijedi i obratno, uklonimo li dio elektrona listići će se slabije odbijati tj. razmak listića će se smanjiti. To se događa sve dok listići opet ne postanu električki neutralni. Odvedemo li još elektrona s listića oni će tada postati električki pozitivni (sada ima više protona u njima) te se opet odbijaju.

Elektroskop sa shematskim atomima prikazujemo ovako:

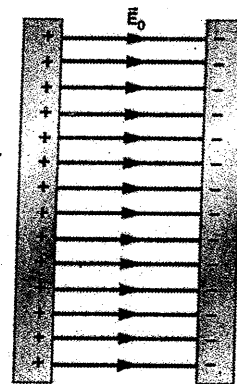


KONDENZATORI

Kondenzatori su naprave u kojima se mogu pohranjivati razdvojeni električni naboji, tj. na taj način se pohranjuje električna energija. Kondenzator čine dvije razdvojene vodljive plohe na kojoj se nalaze jednake količine električnih naboja suprotnih predznaka.

Glavna osobina kondenzatora je njegov kapacitet C . Kapacitet kondenzatora je količnik naboja na njegovim pločama i razlike potencijala (napona) među njima, tj.

$$C = \frac{Q}{U}$$



Za pločasti kondenzator postoji posebna formula kojom se kapacitet može odrediti iz dimenzija kondenzatora

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

Pri čemu su:

- $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} F/m$ - permitivnost vakuuma
- ϵ_r - permitivnost sredstva ili dielektrična konstanta (broj, bude zadan u zadatku)
- S - površina ploče [m^2]
- d - razmak ploča [m]

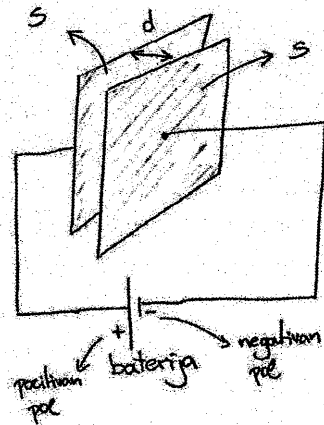
Ploče mogu biti u obliku kruga, pravokutnika, kvadrata...samo treba znati njihovu površinu. Pri tome se u formulu uvrštava površina samo jedne ploče, a nikako obje.

Između ploča kondenzatora postoji približno homogeno električno polje usmjereno od pozitivno nabijene ploče prema negativno nabijenoj (vidi gornju sliku). Električno polje i napon na kondenzatoru vezani su na sljedeći način

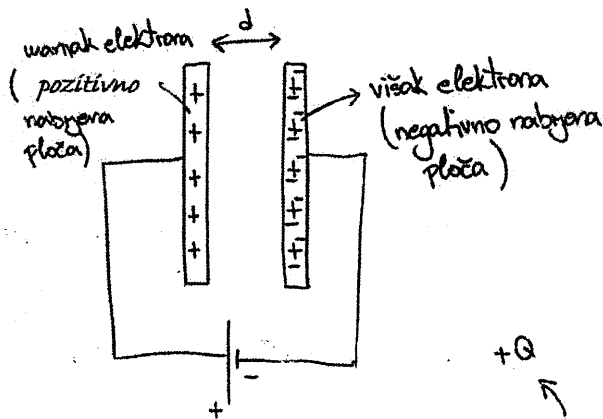
$$U = Ed$$

gdje je:

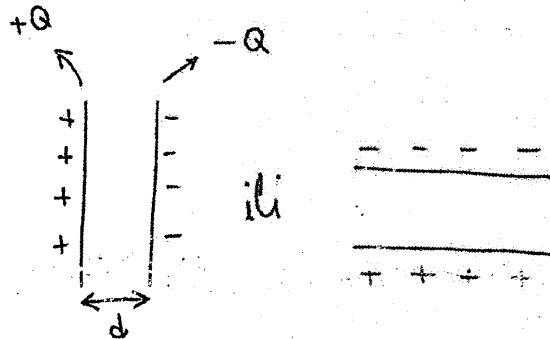
- U - razlika potencijala, tj. napon, između ploča kondenzatora [V],
- E - električno polje [V/m ili N/C],
- d - razmak ploča kondenzatora [m]



SKICIRANJE KONDENZATORA



• POJEDNOSTAVLJENA SKICA



Električna energija pohranjena u kondenzatoru može se računati kao

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

gdje je

- W - energija pohranjena u kondenzatoru ili rad potreban za nabijanje kondenzatora [J]
- C - kapacitet kondenzatora [F]
- U - napon na kondenzatoru [V]

Spajajući kondenzatore u seriju i paralelu može se dobiti željena vrijednost kapaciteta. Pri tome vrijedi

	SERIJSKI SPOJ	PARALELNI SPOJ
ukupni kapacitet	$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	$C_P = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
ukupni napon	$U_S = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$	$U_P = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$
ukupni naboj	$Q_S = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$	$Q_P = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$

Hint: Ukupni kapacitet kod serijskog i paralelnog spoja kondenzatora se računa obrnuto u odnosu na otpornike.

Hint: Sve dok je kondenzator spojen na bateriju **napon** na kondenzatoru je stalan i jednak je naponu baterije.

Hint: Jednom kada kondenzator odspojimo od baterije elektroni više ne mogu dolaziti niti odlaziti s njegovih ploča tako da je ukupan **naboj** kondenzatora stalan. Ukoliko se ne spominje smatra se da je kondenzator nabijen i odspojen od baterije.

ELEKTRIČNI POTENCIJAL

Električni potencijal φ skalarna je veličina jednaka količniku električne potencijalne energije koju ima električki nabijena čestica u nekoj točki prostora i njezina naboja. Skalar znači da električni potencijal nema smjer i najvažnije je da može biti pozitivan, negativan i nula.

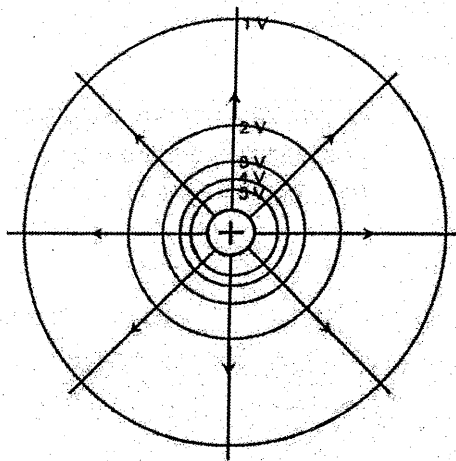
U formuli za električni potencijal

$$\varphi = \frac{k q}{\epsilon_r r}$$

q je naboj čestice koja stvara električni potencijal, a r je udaljenost od čestice do neke točke. Znamo li električni potencijal u dvije točke tada se njihova razlika naziva **napon** (napon je razlika potencijala).

Električni potencijal nabijene metalne kugle računa se na jednak način kao i električni potencijal nabijene čestice. Pri tome treba zapamtiti da je električni potencijal nabijene metalne kugle jednak u njenoj unutrašnjosti kao i na površini.

Skup točaka u prostoru s jednakim električnim potencijalom naziva se ekvipotencijalna ploha, odnosno ekvipotencijalna linija radi li se o skupu točaka u ravnini. Ekvipotencijalne linije koje stvara malo točkasto nabijeno tijelo su koncentrične kružnice kao na desnoj slici.



Ukupan električni potencijal uvijek je zbroj električnih potencijala svih čestica koje se spominju s time da se obavezno u obzir uzima i predznak naboja. Kod električne sile je drugačije, tamo se prvo skiciraju smjerovi sila vodeći računa o privlačenju ili odbijanju, a kod uvrštavanja brojeva u formulu ne stavlja se " - " ako je naboj bio negativan (to se već uračunalo prilikom određivanja smjera). Električni potencijal nema smjer, već samo iznos!!!

Hint: električni potencijal (kao i električno polje) postoji u svakoj točki prostora oko nabijene čestice.

Hint: Kada spojimo dva metalna nabijena tijela elektroni će prelaziti s jednog na drugo tijelo sve dok se električni potencijali tih tijela ne izjednače. Kad se izjednače više nema prelaska elektrona pa čak i ako su količine naboja na ta dva tijela različita (ovo je slično kao kod spojenih posuda različitih volumena, voda će ih ispuniti tako da hidrostatski tlak na istoj dubini bude jednak neovisno o tome što je u jednoj posudi više vode). Poseban slučaj je kada su dva metalna tijela **jednakih dimenzija**. Tada će izjednačavanje potencijala ujedno značiti i jednaku količinu naboja (i po iznosu i po predznaku) na svakom od tijela. To odmah znači da na svakom tijelu završi točno polovica ukupnog početnog naboja te da su konačni predznaci naboja na tijelima isti kao i predznak ukupnog početnog naboja na obje kugle (ako je bio pozitivan obje kugle će na kraju biti pozitivne i obratno).

Primjer 1.

Koliki je električni potencijal na udaljenosti 3 nm od jezgre helija. Naboj jezgre helija je $+2e$.

$$R: \varphi = \frac{k q}{\epsilon_r r} = \frac{k 2e}{\epsilon_r r} = 0.96 \text{ V}$$

Primjer 2.

U točki A nalazi se proton, a u točki B elektron. Udaljenost točke A i B je 1 m. Koliko je ukupni električni potencijal u točki C koja se nalazi na polovicu udaljenosti između točaka A i B.

$$R: \varphi = \frac{k q_{\text{proton}}}{\epsilon_r r} + \frac{k q_{\text{elektron}}}{\epsilon_r r} = C \text{ V}$$

Napomena: naboj protona je pozitivan, a elektrona negativan.

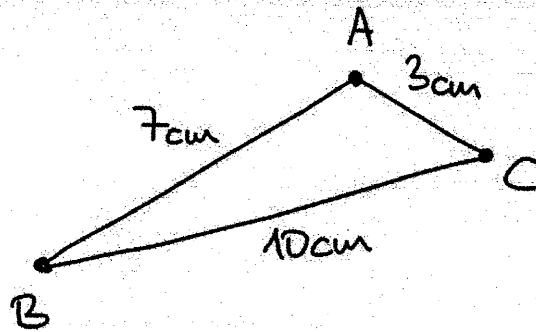
Primjer 3.

Odredi ukupan električni potencijal u točki C. Naboj u točki A iznosi -4 nC , a u točki B 8 nC .

$$q_A = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_B = 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$\varphi_C = ?$$



$$\varphi_C = \varphi_A + \varphi_B$$

$$\varphi_C = \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{q_A}{r_A} + \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{q_B}{r_B}$$

$$\varphi_C = \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{(-4 \cdot 10^{-9})}{3 \cdot 10^{-2}} + \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{8 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-2}}$$

$$\varphi_C = -480 \text{ V}$$

Elektricitet i magnetizam

$$F = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon_r r^2}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{k q}{\epsilon_r r^2}$$

$$W = qU$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\varphi = \frac{k q}{\epsilon_r r}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_u + R_v}$$

$$P = UI$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2r\pi}$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{\ell}$$

$$F = BIl \sin \alpha$$

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$U_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$U_i = -Blv \sin \alpha$$

$$I = \frac{U}{Z}$$

$$R_L = L\omega$$

$$R_C = \frac{1}{C\omega}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

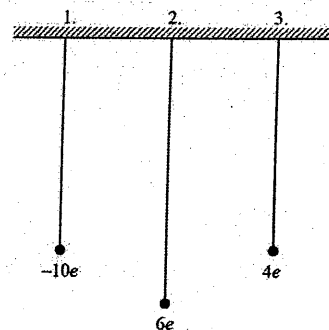
ZADACI

10.1 Dvije jednake pozitivno nabijene metalne kugle međusobno se dodiruju na horizontalnoj ravnoj podlozi. Kugle se zbog električnoga međudjelovanja odbijaju i počinju se gibati. Kako se mijenjaju iznosi brzina i akceleracija kugli u odnosu na njihov početni položaj? Zanemarite trenje između kugli i podloge, kao i gravitacijsku silu između kugli. R10088

- A. Iznosi brzina i akceleracija im se smanjuju.
 B. Iznosi brzina i akceleracija im se povećavaju.
 C. Iznosi brzina su im stalni, a iznosi akceleracija jednaki nuli.
 D. Iznosi brzina im se povećavaju, a iznosi akceleracija smanjuju.

10.2 Na slici su prikazane tri jednake metalne kuglice s nabojima $-10e$, $6e$ i $4e$ koje vise na tankim najlonskim nitima. Prvo se međusobno dotaknu prva i druga kuglica i razdvoje se pa se zatim međusobno dotaknu druga i treća kuglica i one se razdvoje. Koliki su konačni naboji na prvoj, drugoj i trećoj kuglici? R10087

- A. $0, 0$ i 0 B. $-2e, e$ i e C. $4e, 2e$ i $2e$ D. $-4e, 0$ i 0

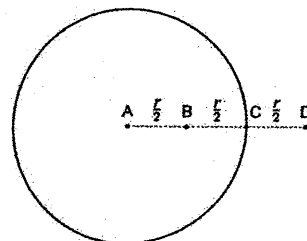


10.3 Kondenzator s paralelnim pločama priključi se na izvor napona, čime se kondenzator nabije. Kondenzator se zatim odspoji od izvora napona i nakon toga mu se između ploča umetne dielektrik. Koja je od navedenih tvrdnja za napon među pločama i pohranjenu električnu potencijalnu energiju u kondenzatoru točna? R10086

- A. Smanjuju se napon i električna potencijalna energija.
 B. Povećavaju se napon i električna potencijalna energija.
 C. Smanjuje se napon, a povećava se električna potencijalna energija.
 D. Povećava se napon, a smanjuje se električna potencijalna energija.

10.4 Na slici je prikazana metalna pozitivno nabijena šuplja kugla. Točka C nalazi se na vanjskoj površini kugle. Koja je od navedenih tvrdnja za iznos električnoga polja u točkama A, B, C i D točna? R10085

- A. $E_A > E_B > E_C > E_D$ B. $E_B = E_C = E_A > E_D$
 C. $E_C > E_D > E_A = E_B$ D. $E_A = E_B = E_C = E_D$



10.5 Kondenzator kapaciteta C_1 spoji se na izvor određenoga napona U tako da energija električnoga polja kondenzatora iznosi $0,5 \text{ nJ}$. Kad se kondenzator kapaciteta C_2 spoji na izvor jednakoga napona U , energija njegova električnog polja iznosi $4,5 \text{ nJ}$. Koliko iznosi omjer kapaciteta C_2/C_1 ? R10084

- A) $C_2/C_1 = \sqrt{3}$ B) $C_2/C_1 = 2,25$ C) $C_2/C_1 = 3$ D) $C_2/C_1 = 9$

10.6 Tri pozitivno nabijena točkasta naboja $Q_1 = 4 \text{ nC}$, $Q_2 = 1 \text{ nC}$ i $Q_3 = 9 \text{ nC}$ smještene su na istome pravcu. Naboji Q_1 i Q_3 trajno su učvršćeni u prostoru, a naboj Q_2 nalazi se između njih. Kad je udaljenost između Q_1 i Q_2 jednaka a , a udaljenost između Q_2 i Q_3 jednaka b , ukupna sila na naboj Q_2 jednaka je nuli. Koliki je omjer udaljenosti $\frac{a}{b}$? R10083

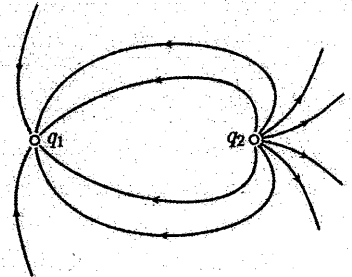
- A) $\frac{a}{b} = \frac{4}{9}$ B) $\frac{a}{b} = \frac{2}{3}$ C) $\frac{a}{b} = \frac{9}{4}$ D) $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$

10.7 U jednostavnome modelu atoma vodika elektron kruži oko protona po stazi polumjera $2,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Koliki je iznos brzine kruženja elektrona oko protona u navedenome modelu? R10082

10.8 Pločasti kondenzator priključen je na izvor stalnoga napona. Iznos naboja na pojedinoj ploči jednak je q_0 , a iznos električnoga polja između ploča kondenzatora jednak je E_0 . Poveća se razmak ploča kondenzatora, dok kondenzator ostaje spojen na isti izvor napona. Kako će se zbog toga promijeniti električno polje i iznos naboja na pojedinoj ploči kondenzatora? R10081

- A) $E > E_0, q > q_0$ B) $E > E_0, q < q_0$ C) $E < E_0, q > q_0$ D) $E < E_0, q < q_0$

10.9 Na slici je prikazano električno polje naboja q_1 i q_2 . Koja od navedenih tvrdnja ispravno opisuje prikaz na slici? R10080



- A) $|q_1| < |q_2|$ i $q_2 < 0$ B) $|q_1| < |q_2|$ i $q_2 > 0$
C) $|q_1| > |q_2|$ i $q_2 > 0$ D) $|q_1| > |q_2|$ i $q_2 < 0$

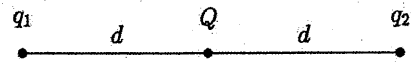
10.10 Kondenzator na svojim pločama nosi naboje iznosa $+Q$ i $-Q$ kad je spojen na bateriju napona U . Razmak među pločama kondenzatora udvostruči se dok kondenzator ostaje spojen na bateriju. Koja je od navedenih tvrdnja za napon između ploča kondenzatora točna tijekom razmicanja ploča? R10079

- A. Smanjuje se. B. Povećava se. C. Ostaje stalan i jednak nuli. D. Ostaje stalan, no različit od nule.

10.11 Dva točkasta naboja q_1 i $q_2 = -2q_1$ smješteni su u zraku na stalnoj udaljenosti r . Električno polje u točki T koja se nalazi na sredini spojnice između njih iznosi E . Koliki su po iznosu u točki T električno polje prvoga točkastog naboja E_1 i drugoga točkastog naboja E_2 ? R10078

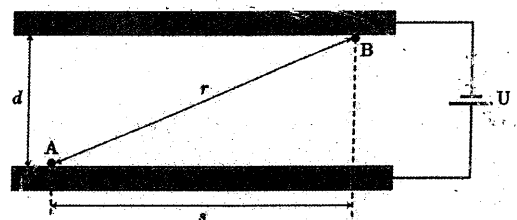
- A. $E_1 = \frac{1}{2}E, E_2 = \frac{1}{2}E$ B. $E_1 = \frac{1}{3}E, E_2 = \frac{2}{3}E$ C. $E_1 = \frac{2}{3}E, E_2 = \frac{1}{3}E$ D. $E_1 = \frac{1}{4}E, E_2 = \frac{3}{4}E$

10.12 Naboj $Q = -10$ nC nalazi se na sredini spojnice naboja q_1 i q_2 . Naboji se nalaze na stalnim udaljenostima kao što je prikazano na slici. Koliki je iznos naboja q_1 ako je ukupna električna sila na naboj q_2 jednaka nuli? R10077



- A. -20 nC B. -40 nC C. 20 nC D. 40 nC

10.13 Proton se premješta vanjskom silom F od točke A do točke B između dviju metalnih nabijenih ploča međusobno razmaknutih za d kao što je prikazano na slici. Horizontalna udaljenost između točaka A i B iznosi s , a najkraća udaljenost između točaka iznosi r . Koliki je iznos rada koji obavi sila F koja djeluje na proton dok ga premjesti od točke A do točke B u tome električnom polju? R10076



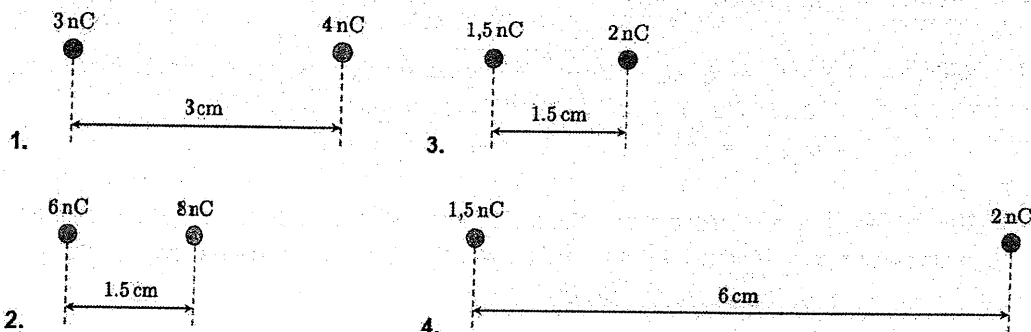
- A. Fr B. Fs C. Fd D. 0

10.14 Kondenzator na svojim pločama nosi naboje iznosa $+Q$ i $-Q$ kad je spojen na bateriju napona U . Iznos je električnoga polja među pločama E . Spojna žica pozitivne ploče kondenzatora prespoji se na negativni pol baterije, a spojna žica negativne ploče kondenzatora prespoji se na pozitivni pol baterije. Za koliko se zbog toga promijeni iznos električnoga polja među pločama kondenzatora? R10075

- A. za 0 B. za $E/2$ C. za E D. za $2E$

10.15 Na četiri slike prikazana su po dva električna naboja na određenim udaljenostima. Na kojim su slikama električne sile između naboja jednakih iznosa? R10074

- A. 1. i 2.
B. 1. i 3.
C. 2. i 3.
D. 2. i 4.



10.16 Na svaku od dviju metalnih kugla različitih polumjera nanese se različite količine električnoga naboja. Kugle se međusobno dotaknu. Kada će naboj prestati prelaziti s jedne kugle na drugu? R10073

- A. kada se naboji na kuglama izjednače
B. kada razlika potencijala između kugli postane nula
C. kada se iznosi električnih polja na površini kugli izjednače
D. kada električna sila između kugli postane nula

10.17 Dva kondenzatora jednakih kapaciteta C spojimo prvo serijski, a nakon toga paralelno. Kako se odnose ukupni kapaciteti $\frac{C_{\text{serijski}}}{C_{\text{paralelno}}}$ za te spojeve? R10072

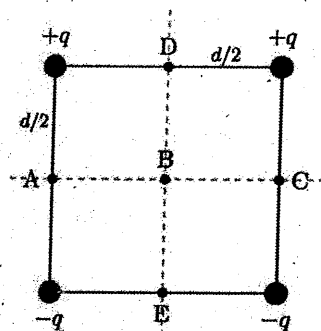
- A. 1/4 B. 1/2 C. 2 D. 4

10.18 Ploče kondenzatora, svaka površine 60 cm^2 , razmaknute su za 1 mm . Između ploča je vakuum. Koliko je energije pohranjeno u kondenzatoru dok je priključen na bateriju napona 12 V ? R10071

10.19 Pločasti kondenzator kapaciteta 44 pF spojen je na izvor napona U . Između ploča kondenzatora je vakuum. Kada se kondenzator, dok je i dalje priključen na izvor napona, stavi u ulje relativne permitivnosti $2,59$, količina naboja na pločama kondenzatora promijeni se za 35 nC . Koliki je iznos napona U ? R10070

10.20 Četiri naboja nalaze se u vrhovima kvadrata stranice duljine d kao što je prikazano na crtežu. Prema kojoj je točki orijentirano električno polje u točki B? R10069

- A. prema točki D B. prema točki C C. prema točki E D. prema točki A



10.21 Pločasti kondenzator određenoga kapaciteta priključi se na izvor stalnoga napona. Dok je kondenzator spojen na izvor, poveća se razmak između ploča. Koja je od navedenih tvrdnja o stanju kondenzatora u opisanim uvjetima točna? R10068

- A. Povećao se kapacitet kondenzatora. B. Smanjio se kapacitet kondenzatora.
C. Smanjio se napon na kondenzatoru. D. Povećao se naboj na kondenzatoru.

10.22 Pozitivni naboj iznosa 20 nC i mase 50 g nalazi se u homogenome električnom polju ovješeno na nit duljine ℓ . Električno polje iznosa $2,5 \text{ MV/m}$ usmjereno je vertikalno prema gore. Naboj se nalazi u zraku. Sila uzgona je zanemariva. Koliki je iznos napetosti niti na koju je ovješeno naboj? R10067

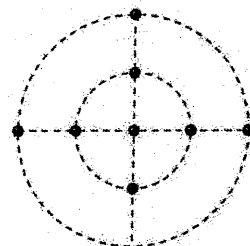
10.23 Pločasti kondenzator spojen je na bateriju napona U . Kolika je razlika potencijala među pločama kondenzatora ako se u njega umetne dielektrik bez odvajanja od izvora napona? R10066

- A. 0 B. $U/2$ C. U D. $2U$

10.24 Dva naboja $q_1 = +q$ i $q_2 = -2q$ učvršćena su u praznome prostoru. Koliki je iznos ukupnoga električnog polja E u točki koja se nalazi na polovištu njihove spojnice? R10065

- A. $E = E_1 - E_2$ B. $E = E_2 - E_1$ C. $E = E_1 + E_2$ D. $E = 0$

10.25 Na slici je prikazano osam naboja jednake količine naboja 2 nC smještenih na kružnice polumjera 10 cm i 20 cm . Kolika je rezultantna električna sila na naboj u središtu koncentričnih kružnica? R10064



- A. $1,8 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ B. $9 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ C. $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ D. $0,9 \text{ N}$

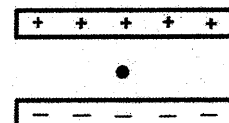
10.26 Paralelne ploče kondenzatora kapaciteta C_0 između kojih je zrak priključene su na izvor stalnoga napona te je iznos naboja na pojedinoj ploči jednak Q_0 . Između ploča toga kondenzatora stavi se dielektrik relativne permitivnosti 2 dok kondenzator ostaje spojen na isti izvor napona. Koliko iznose kapacitet kondenzatora i naboj na pojedinoj ploči kondenzatora? R10063

- A. $C = C_0/2$ i $Q = 2Q_0$ B. $C = 2C_0$ i $Q = Q_0/2$ C. $C = C_0/2$ i $Q = Q_0/2$ D. $C = 2C_0$ i $Q = 2Q_0$

10.27 Naboj q iznosa 1 nC fiksiran je u ishodištu. Drugi naboj istoga iznosa nalazi se u točki u kojoj je vrijednost električnoga potencijala prvoga naboja 2 V . Taj se naboj pusti u slobodno gibanje. Kolika mu je kinetička energija nakon što je prešao $4,5 \text{ m}$? R10062

10.28 Točke A i B nalaze se na udaljenostima $r_A = 200 \text{ cm}$ i $r_B = 250 \text{ cm}$ od točkastoga naboja $Q = 1 \mu\text{C}$. Koliki je napon između točaka A i B? R10061

10.29 Na slici je prikazan Millikanov pokus u kojemu kapljica miruje između dviju horizontalno postavljenih električki nabijenih ploča. Zašto kapljica ostaje mirovati? R10060



- A. jer nema električni naboj B. jer je napon između ploča jednak nuli
C. jer je nabijena pozitivnim nabojem D. jer je ukupna sila na kapljicu jednaka nuli

10.30 Neutralnoj metalnoj kuglici približimo negativno nabijenu metalnu kuglicu tako da se dodirnu. Kako će biti nabijene kuglice nakon razdvajanja? R10059

- A. Jedna će biti pozitivno, a druga negativno nabijena. B. Obje će biti negativno nabijene.
C. Obje će biti pozitivno nabijene. D. Obje će biti neutralne.

10.31 Dva točkasta naboja $Q_1 = +2 \text{ nC}$ i $Q_2 = -4 \text{ nC}$ smještena su u zraku na udaljenosti 45 cm . Na kojoj je udaljenosti od Q_1 duž spojnice naboja ukupno električno polje nula? R10058

10.32 Koliki je električni potencijal na udaljenosti 75 cm od točkastoga naboja $+2 \text{ nC}$? R10057

10.33 Na slici je prikazana negativno nabijena metalna kugla. Koje je orijentacije vektor elektrostatikoga polja \vec{E} u točki T? R10056

- A) \rightarrow B) \leftarrow C) \uparrow D) \downarrow



10.34 Metalnu kuglu naboja 2 mC dotaknemo s drugom identičnom neutralnom kuglom. Kolika sila djeluje između kugla nakon dodira kada ih razmaknemo na udaljenost 1 m u vakuumu? R10055

- A) 9 N B) 36 N C) 9 kN D) 36 kN

10.35 U homogeno električno polje uleti negativno nabijena čestica brzinom v u smjeru silnica polja. Kako će se gibati čestica? R10054

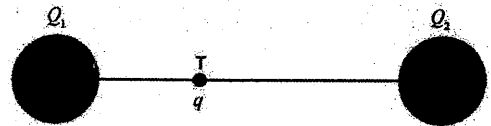
- A. jednoliko pravocrtno B. jednoliko ubrzano po pravcu
C. jednoliko usporeno po pravcu D. jednoliko po kružnici

10.36 Dvije metalne kugle A i B jednakih polumjera električki su nabijene. Naboj kugle A iznosi $Q_A = -1,6 \cdot 10^{-18}$ C, a naboj kugle B iznosi $Q_B = +9,6 \cdot 10^{-19}$ C. Kugle spojimo vodičem zanemariva kapaciteta. Koja je od navedenih tvrdnja za kuglu A nakon spajanja točna? R10053

- A. Kugla A dobila je osam protona. B. Kugla A izgubila je osam protona.
C. Kugla A dobila je osam elektrona. D. Kugla A izgubila je osam elektrona.

10.37 Na udaljenosti 50 cm od točkastoga naboja električni potencijal iznosi 2 V. Koliko iznosi električni potencijal na udaljenosti 15 cm od istoga naboja? Naboj se nalazi u zraku. R10052

10.38 Na spojnici dvaju točkastih naboja Q_1 i Q_2 smješten je u točki T treći naboj q kao što je prikazano na slici. Kakvi su po predznaku i iznosu naboji Q_1 i Q_2 ako je ukupna sila na naboj q jednaka nuli? R10051



- A. Naboji Q_1 i Q_2 imaju suprotne predznake i Q_1 je veći po iznosu od Q_2 .
B. Naboji Q_1 i Q_2 imaju suprotne predznake i Q_2 je veći po iznosu od Q_1 .
C. Naboji Q_1 i Q_2 imaju iste predznake i Q_1 je veći po iznosu od Q_2 .
D. Naboji Q_1 i Q_2 imaju iste predznake i Q_2 je veći po iznosu od Q_1 .

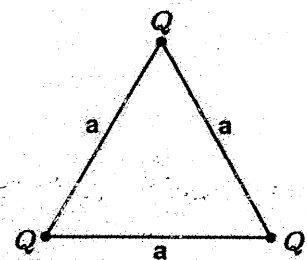
10.39 Dva pozitivna točkasta naboja iznosa 1 nC i 10 nC nalaze se u homogenome električnom polju iznosa 1 N/C tako da se njihova spojnica poklapa s jednom od silnica polja. Vektor polja usmjeren je od manjega naboja prema većemu naboju. Koliko iznosi ukupno električno polje u točki koja se nalazi na sredini spojnice dvaju naboja ako su oni udaljeni 2 m? R10050

- A) 10 N/C B) 80 N/C C) 90 N/C D) 100 N/C

10.40 Ploče pločastoga kondenzatora udaljene su 1 mm u vakuumu. Koliki je kapacitet kondenzatora ako je površina pojedine ploče 10 dm²? R10049

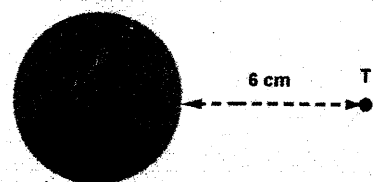
10.41 U vrhovima jednakostraničnoga trokuta stranice a nalaze se kuglice nabijene jednakim nabojem Q . Kuglice se nalaze u vakuumu. Koliki je iznos sile koja djeluje na pojedinu kuglicu? R10048

- A) $F = k \frac{Q^2}{a^2}$ B) $F = k \frac{Q^2 \sqrt{3}}{a^2}$
C) $F = 2k \frac{Q^2 \sqrt{3}}{a^2}$ D) $F = 2k \frac{Q^2}{a^2}$



10.42 U središtu nabijene metalne kugle polumjera 3 cm potencijal iznosi 600 V. Točka T udaljena je 6 cm od površine kugle. Kolika je razlika potencijala između središta kugle i točke T? R10047

- A) 200 V B) 400 V C) 600 V D) 800 V

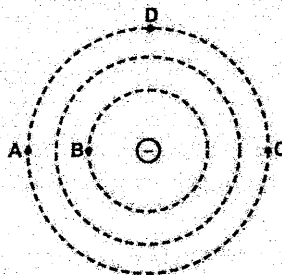


10.43 Četiri jednaka točkasta naboja nalaze se u vrhovima kvadrata stranice a . Sila između dvaju susjednih naboja jest F . Kolika je ukupna sila na pojedini naboj? R10046

- A) $1.41 F$ B) $1.91 F$ C) $2.12 F$ D) $2.41 F$

10.44 Na slici su prikazane ekvipotencijalne linije električnoga polja negativnoga naboja. Probni naboj q premješta se između dviju od prikazanih točaka A, B, C i D. Koja od navedenih jednakosti vrijedi za odnos iznosa obavljenih radova pri premještanju probnoga naboja? R10045

- A) $W_{AB} = W_{BD}$ B) $W_{BC} = W_{AC}$
 C) $W_{AB} = W_{AC}$ D) $W_{BC} = W_{CD}$



10.45 Ploče kondenzatora međusobno su udaljene 2 cm i priključene na napon $2 \cdot 10^3 \text{ V}$. Između ploča kondenzatora homogeno električno polje usmjereno je vertikalno prema gore. U tome polju u zraku lebdi kapljica ulja mase $3 \mu\text{g}$. Koliki je njezin naboj? R10044

10.46 Metalna kugla G nabijena je pozitivno, a metalna kugla H je neutralna. Kugle se ne dodiruju. Kako će biti nabijene kugle ako ih međusobno spojimo metalnom žicom? R10043

- A. Kugla G bit će pozitivna, a kugla H negativna. B. Kugla G bit će negativna, a kugla H pozitivna.
 C. Obje kugle bit će pozitivne. D. Obje kugle bit će neutralne.

10.47 Između ploča kondenzatora s razmakom d nalazi se zrak. Koja je od navedenih tvrdnja točna ako se između tih ploča stavi dielektrik električne permitivnosti ϵ_r ? R10042

- A. Smanjit će se napon između ploča kondenzatora. C. Povećat će se naboj na pločama kondenzatora.
 B. Povećat će se električno polje između ploča kondenzatora. D. Smanjit će se kapacitet kondenzatora.

10.48 Razmak između ploča pločastoga kondenzatora u vakuumu iznosi $0,75 \text{ mm}$. Kada se kondenzator stavi u ulje i razmak između ploča poveća na $1,8 \text{ mm}$, kapacitet kondenzatora ostane isti. Kolika je relativna permitivnost ulja? R10041

10.49 Pločasti kondenzator s razmakom između ploča d spojen je na izvor napona. Kondenzator se zatim odvoji od izvora, a razmak između ploča se smanji. Koja će se od navedenih fizičkih veličina smanjiti pri približavanju ploča kondenzatora? R10040

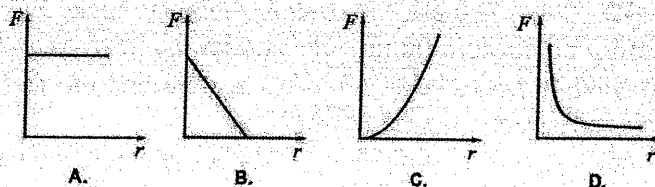
- A. električno polje između ploča B. kapacitet kondenzatora
 C. naboj na pločama kondenzatora D. razlika potencijala između ploča

10.50 Učenik izvodi eksperiment tako da metalnoj neutralnoj kugli približi negativno nabijeni plastični štapić pazeći da ne dotakne kuglu. Zatim dok je negativni štapić i dalje u blizini kugle, negativno nabijenu stranu kugle kratko uzemlji. Kako će biti nabijena kugla ako se nakon toga prvo prekine uzemljenje, a zatim udalji negativno nabijeni štapić? R10039

- A) Bit će negativno nabijena. B) Bit će pozitivno nabijena. C) Ostat će neutralna.

10.51 Koliki je naboj kuglice mase 1 g koja lebdi u vakuumu iznad druge kuglice s nabojem $7,04 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ na udaljenosti 5 cm ? R10038

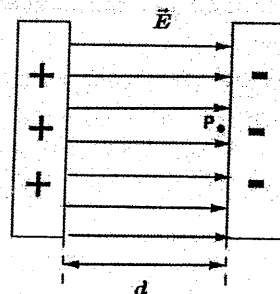
10.52 Elektrostatska sila F djeluje između dvaju točkastih naboja koji su na međusobnoj udaljenosti r . Koji graf prikazuje ovisnost sile F o udaljenosti r ? R10037



10.53 Neutralnoj metalnoj kugli približimo negativno nabijeni štap, a zatim ju uzemljimo. Kako će kugla biti nabijena nakon što se uklone štap i uzemljenje? R10036

- A) pozitivno nabijena B) negativno nabijena C) električki neutralna

10.54 Dvije nabijene metalne ploče razmaknute 10 cm nalaze se u vakuumu kao što je prikazano na slici. Homogeno električno polje između ploča ima jakost 2500 N/C. Elektron je pušten iz mirovanja u točki P koja je neposredno u blizini negativno nabijene ploče. Koliko je vremena potrebno elektronu da stigne do pozitivno nabijene ploče? R10035



10.55 Naboj metalne kugle iznosi $-8 \cdot 10^{-19}$ C. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R10034

- A. Metalna kugla ima 5 elektrona više nego protona. B. Metalna kugla ima 5 elektrona manje nego protona.
C. Metalna kugla ima 8 elektrona više nego protona. D. Metalna kugla ima 8 elektrona manje nego protona.

10.56 Kondenzator kapaciteta C_1 i kondenzator kapaciteta C_2 spojeni su u seriju. Koji je izraz točan za ukupan kapacitet C tako spojenih kondenzatora? R10033

- A) $C = C_1 + C_2$ B) $C = C_1 = C_2$ C) $C > C_1$ i $C > C_2$ D) $C < C_1$ i $C < C_2$

10.57 Dvije jednake male metalne kugle imaju naboje q_1 i q_2 . Kada se nalaze na udaljenosti 20 cm, između njih djeluje odbojna sila od $1.35 \cdot 10^{-4}$ N. Kugle se nakon toga dodirnu i zatim se ponovno vrte na udaljenost 20 cm te tada između njih djeluje odbojna sila $1.406 \cdot 10^{-4}$ N. Koliko iznose naboji q_1 i q_2 ? R10032

10.58 Električki nabijena čestica dovedena je u blizinu električki neutralnoga metalnog tijela. Koja je od navedenih tvrdnja točna za električnu silu između tijela? R10031

- A. Ne djeluje električna sila. B. Djeluje privlačna električna sila. C. Djeluje odbojna električna sila.

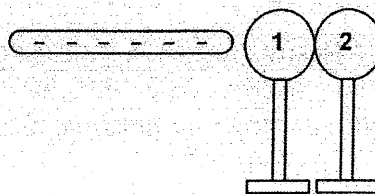
10.59 Dvije jednake kugle naboja $q_A = 3$ nC i $q_B = -1$ nC dodirnu se i potom razdvoje na udaljenost 20 cm. Kolika sila djeluje između kugla nakon razdvajanja? Je li sila nakon razdvajanja kugla privlačna ili odbojna? R10030

10.60 Električki neutralnomu tijelu dovedeno je 10^5 elektrona. Koliko iznosi količina naboja toga tijela? R10029

- A) $-1.6 \cdot 10^{-24}$ C B) $-1.6 \cdot 10^{-14}$ C C) $1.6 \cdot 10^{-24}$ C D) $1.6 \cdot 10^{-14}$ C

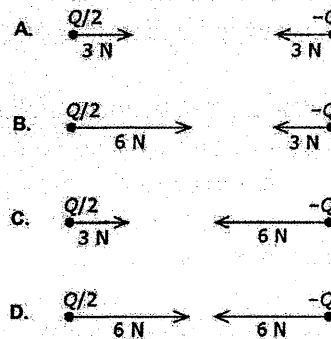
10.61 Na izvor napona 150 V priključen je kondenzator kapaciteta 2 nF, a na izvor napona 250 V kondenzator kapaciteta 3 nF. Kondenzatori se odspoje i zatim međusobno spoje paralelno. Koliki je zajednički napon na kondenzatorima nakon spajanja? R10028

10.62 Dvije jednake neutralne metalne kugle na stalcima od izolatora postavljene su tako da se dodiruju. Negativno nabijeni štap postavljen je pored kugle 1 kao što je prikazano na crtežu. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R10027



- A. Kugla 1 je pozitivno nabijena, a kugla 2 je negativno nabijena.
- B. Kugla 1 je negativno nabijena, a kugla 2 je pozitivno nabijena.
- C. Kugla 1 je pozitivno nabijena i kugla 2 je pozitivno nabijena.
- D. Kugla 1 je negativno nabijena i kugla 2 je negativno nabijena.

10.63 Dva tijela naboja Q i $-Q$ međusobno se elektrostatski privlače silom iznosa 6 N . Naboj na jednome tijelu smanji se na $Q/2$, a međusobna udaljenost tijela ostane ista. Koji crtež točno prikazuje elektrostatske sile kojima ta tijela međusobno djeluju? R10026



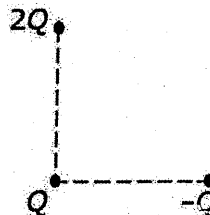
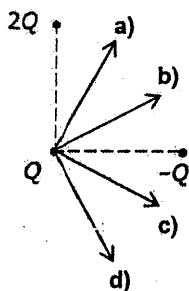
10.64 Nenabijena metalna kugla postavljena je između štapa 1 i štapa 2. Naboji na kugli raspodjele se kao na crtežu. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R10025

- A. Štap 1 je neutralan, a štap 2 je negativno nabijen.
- B. Štap 1 je negativno nabijen, a štap 2 je neutralan.
- C. Štap 1 je neutralan, a štap 2 je pozitivno nabijen.
- D. Štap 1 je negativno nabijen, a štap 2 je pozitivno nabijen.

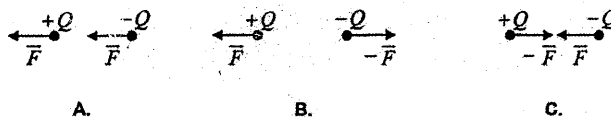


10.65 Crtež prikazuje tri naboja Q , $2Q$ i $-Q$ smještene u vrhove jednakokravnoga pravokutnog trokuta. Koji od nacrtanih smjerova ima sila na naboj Q nastala djelovanjem drugih dvaju naboja? R10024

- A. smjer a)
- B. smjer b)
- C. smjer c)
- D. smjer d)



10.66 Koji od ponuđenih crteža točno prikazuje sile međudjelovanja mirnih naboja Q i $-Q$? R10023



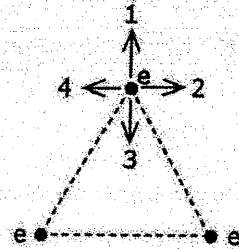
10.67 Električki neutralno tijelo nakon trljanja vunenom krpom postane elektrizirano nabojem $+Q$. Koliki je ukupan naboj krpe i tijela nakon trljanja? Vunena krpa bila je električki neutralna prije trljanja. R10022

- A) $-Q$ B) 0 C) $+Q$ D) $+2Q$

10.68 Dva točkasta naboja, Q_1 i Q_2 , međusobno su udaljeni $0,1\text{ m}$. Sila međudjelovanja između naboja iznosi F . Na kolikoj se međusobnoj udaljenosti trebaju nalaziti naboji Q_1 i $2Q_2$ da bi sila međudjelovanja između njih također iznosila F ? R10021

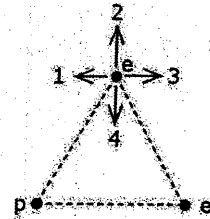
10.69 Atom helija sastoji se od elektronskoga omotača s dvama elektronima i jezgre koja sadrži dva protona i dva neutrona. Koliko iznosi električni naboj opisanoga atoma helija, Q_A , a koliko električni naboj jezgre atoma helija, Q_J ? U odgovorima e označava elementarni naboj. R10020

- A) $Q_A = 0, Q_J = 0$ B) $Q_A = -2e, Q_J = +2e$
 C) $Q_A = 0, Q_J = +2e$ D) $Q_A = -2e, Q_J = 0$



10.70 Tri elektrona razmještena su tako da zatvaraju jednakostraničan trokut, kao što je prikazano na crtežu. Koja strjelica označava vektor rezultantne elektrostatske sile na elektron u gornjem vrhu trokuta? R10019

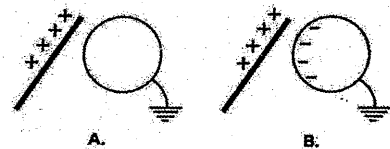
- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4



10.71 Dva elektrona i jedan proton razmjestimo na vrhove jednakostraničnoga trokuta, kao što je prikazano na crtežu. Koja strjelica prikazuje vektor rezultantne elektrostatske sile na elektron u gornjem vrhu? R10018

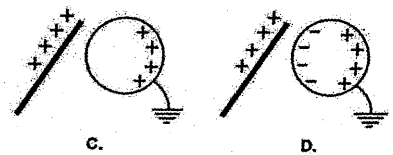
- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

10.72 Pozitivno naelektrizirani štap približi se metalnoj, električki neutralnoj i uzemljenoj kugli. Koji crtež prikazuje pravilan raspored naboja na kugli? Jedan znak „+” označava jednaku količinu pozitivnoga naboja koliko i jedan znak „-” negativnoga naboja. R10017



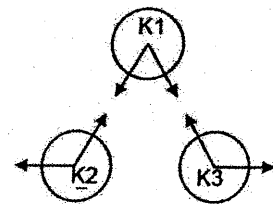
10.73 Ravni kondenzator, između čijih se ploča nalazi zrak, spojen je na bateriju tako da na sebe primi naboj Q . Tako nabijen kondenzator odspoji se od baterije te u prostor između ploča umetne dielektrik relativne permitivnosti $\epsilon_r = 8$. Pri umetanju dielektrika kondenzator je električki izoliran od okoline. Naboj na kondenzatoru nakon umetanja dielektrika označen je s Q' . Što vrijedi za odnos naboja Q'/Q ? R10016

- A) $Q'/Q = 1/8$ B) $Q'/Q = 1$ C) $Q'/Q = 8$ D) $Q'/Q = 64$

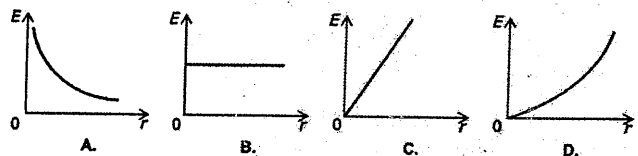


10.74 Crtež prikazuje tri nabijene šuplje kugle od kojih su najmanje dvije negativno nabijene. Strjelice prikazuju električne sile kojima kugle međusobno djeluju. Koja je kugla pozitivno nabijena? R10015

- A) kugla 1 B) kugla 2 C) kugla 3 D) nijedna

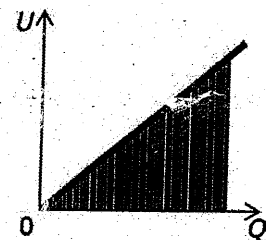


10.75 Koji dijagram prikazuje iznos električnog polja točkastog naboja u ovisnosti o udaljenosti r od tog naboja? R10014

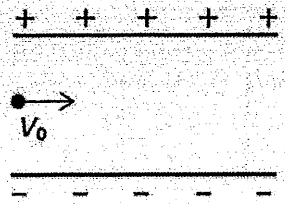


10.76 Dijagram prikazuje napon između ploča kondenzatora u ovisnosti o naboju pri nabijanju kondenzatora. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R10013

- A. Nagib grafa jednak je kapacitetu kondenzatora.
 B. Označena površina ispod grafa jednaka je kapacitetu kondenzatora.
 C. Nagib grafa jednak je energiji pohranjenoj u kondenzatoru.
 D. Označena površina ispod grafa jednaka je energiji pohranjenoj u kondenzatoru.



10.77 Kolika je brzina elektrona koji se ubrzao kroz napon od 100 V? Elektron je u početnoj točki mirovao. R10012



10.78 Proton ulazi u prostor između dviju nabijenih ploča, kako je prikazano na crtežu. Električno polje između ploča je homogeno. Početna brzina protona iznosi v_0 okomita je na električno polje. Kako će se gibati proton u prostoru između ploča? R10011

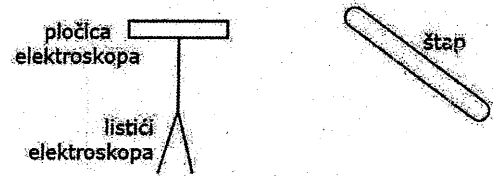
- A. po dijelu parabole prema pozitivno nabijenoj ploči B. po dijelu parabole prema negativno nabijenoj ploči
C. po kružnom luku prema pozitivno nabijenoj ploči D. po kružnom luku prema negativno nabijenoj ploči

10.79 Tri jednake metalne šuplje kugle nalaze se na stalcima od izolatora. Na početku kugla 1 nabijena je nabojem Q , a kugle 2 i 3 su neutralne. Kuglom 1 dotaknemo kuglu 2 i odmaknemo je. Zatim kuglom 1 dotaknemo kuglu 3 i odmaknemo je. Koliki je konačni naboj na kugli 1? R10010

- A) Q B) $Q/2$ C) $Q/3$ D) $Q/4$

10.80 Elektroskop je negativno nabijen. Što će se dogoditi ako se pločici elektroskopa približi pozitivno nabijeni štap bez njihova doticanja? R10009

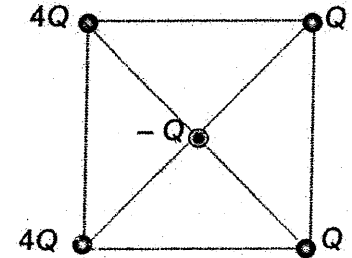
- A. Listići elektroskopa će se međusobno približiti.
B. Listići elektroskopa će se razmaknuti.
C. Ništa se ne će dogoditi.



10.81 Koji od navedenih parova čine čestice koje se međusobno električki privlače? R10008

- A) proton i elektron B) proton i neutron
C) proton i proton D) elektron i elektron

10.82 Četiri pozitivna naboja smještena su u vrhovima kvadrata kako je prikazano na crtežu. Negativni naboj smješten je u središte kvadrata. Koja strjelica prikazuje smjer ukupne sile na naboj u središtu kvadrata? R10007

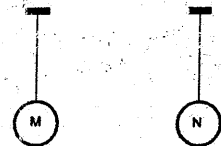


10.83 Dva točkasta naboja u zraku se međusobno odbijaju silom $2 \mu\text{N}$. Naboji su smješteni na jednak razmak u sredstvo relativne dielektrične konstante 8. Kolika je sila između tih naboja u navedenom sredstvu? R10006

- A) 0N B) $0.25 \mu\text{N}$ C) $2 \mu\text{N}$ D) $16 \mu\text{N}$

10.84 Negativno nabijeni štap približi se bez doticanja nenabijenomu elektroskopu. Kazaljka se elektroskopa otkloni. Kakav je pritom ukupni naboj na elektroskopu? R10005

- A) pozitivan B) negativan C) jednak nuli

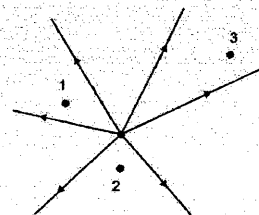


10.85 Dvije jednake metalne kugle prikazane na slici vise na nitima od izolatora. Obje kugle su početno električki neutralne. Kugla M nabije se pozitivno nabojem od $+8 \text{ nC}$ i zatim se dotakne kuglom N. Koliko će nakon toga iznositi naboj na kugli N? R10004

- A) -8 nC B) -4 nC C) $+4 \text{ nC}$ D) $+8 \text{ nC}$

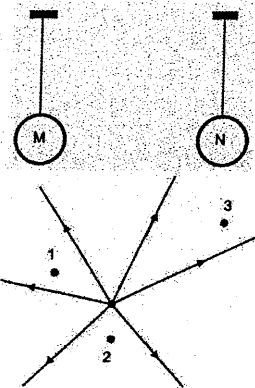
10.86 Na slici su prikazane silnice električnoga polja i tri točke u tom polju označene brojevima 1, 2 i 3. Postavimo li proton u točku 1, polje će na njega djelovati silom F_1 , u točki 2 će na proton djelovati sila F_2 , a u točki 3 sila F_3 . Koji odnos vrijedi za iznose spomenutih sila? R10003

- A) $F_3 > F_2 > F_1$ B) $F_1 > F_2 > F_3$ C) $F_2 > F_1 > F_3$ D) $F_3 > F_1 > F_2$



10.87 Dvije jednake metalne kugle prikazane na slici vise na nitima od izolatora. Objе kugle su početno električki neutralne. Kugla M nabije se negativno nabojem od -6 nC i zatim se dotakne kuglom N. Koliko će nakon toga iznositi naboj na kugli N? R10002

- A) -6 nC B) -3 nC C) $+3$ nC D) $+6$ nC



10.88 Na slici su prikazane silnice električnoga polja. Koji odnos vrijedi za iznose električnoga polja u označenim točkama 1, 2 i 3? R10001

- A) $E_3 > E_2 > E_1$ B) $E_2 > E_1 > E_3$ C) $E_1 > E_3 > E_2$ D) $E_3 > E_1 > E_2$

11. ISTOSMJERNA STRUJA

Putovanje od 1000 kilometara počinje prvim korakom.

-kineska poslovica

Električna struja je usmjereno gibanje nabijenih čestica u nekome sredstvu. U većini slučajeva radi se o gibanju elektrona u metalnim vodičima, tj. žicama. Da bi se elektroni gibali kroz žicu potrebno je uspostaviti razliku potencijala, tj. napon, na krajevima žice. Tu zadaću ima baterija ili izvor napona.

Jakost struje definira se kao količnik količine naboja koji prođe presjekom žice i pripadnog vremena, tj.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{Ne}{t}$$

Bilo koja količina naboja može se zapisati kao višekratnik elementarnog naboja $\Delta Q = Ne$.

OHMOV ZAKON

Jakost struje veća je uz veću razliku potencijala, tj. napon. Pri tome vrijedi

$$I = \frac{U}{R}$$

gdje je I - jakost struje kroz žicu, U - razlika potencijala, tj. napon na krajevima žice, R - električni otpor žice. Električni otpor žice ovisi o njenim dimenzijama i vrsti materijala od koje je napravljena

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi r^2}$$

gdje smo uzeli da je presjek žice krug, pa je r polumjer kruga. ρ je električna otpornost materijala.

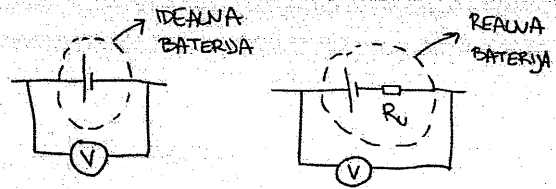
U strujnome krugu često koristimo bateriju napona E (elektromotorni napon) i unutarnjeg otpora R_U . Spojimo li više elemenata u strujni krug čiji je ukupni otpor R_V tim krugom će teći struja jakosti

$$I = \frac{E}{R_U + R_V}$$

Hint: Kada je vanjski otpor nula takav spoj se naziva kratki spoj i daje najveću moguću struju u strujnome krugu.

SKICA BATERIJE

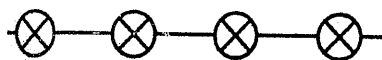
U zadacima se često zanemaruje unutarnji otpor baterije (idealna baterija), a kad se ne može zanemariti treba ga prikazati kao na slici dolje desno. Pri tome ne smijemo zaboraviti da je unutarnji otpor svojstvo baterije, tj. da to nije zasebni otpornik te se voltmetar ne može postaviti između baterije i unutarnjeg otpora.



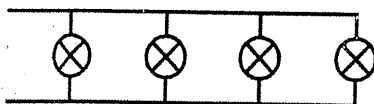
SERIJSKI I PARALELNI SPOJ

U strujni krug mogu se spojiti razni elementi (žarulja, ventilator, grijalica...) koji će povećavati ili smanjivati ukupni otpor strujnog kruga. Možemo ih spojiti serijski, paralelno ili mješovito. Također, to možemo napraviti i s baterijama. U tablici se nalaze formule za računanje ukupnog otpora i ukupnog napona u serijskom i paralelnom spoju.

		OTPORNICI	
		serijski spoj	paralelni spoj
ukupni otpor		$R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$
ukupni napon		$U_S = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$	$U_P = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$
ukupna struja		$I_S = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$	$I_P = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
		IZVORI NAPONA	
		serijski spoj	paralelni spoj
ukupni napon		$U_S = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$	$U_P = U_{MAX}$



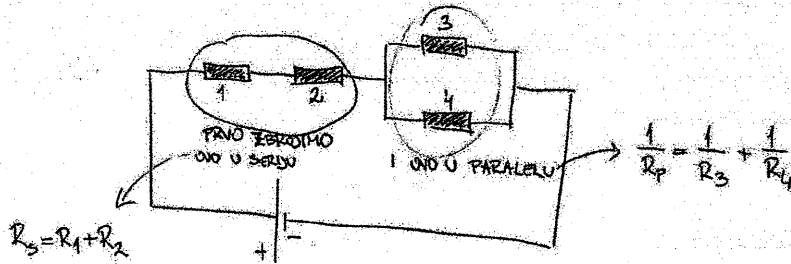
Serijski spoj žaruljica



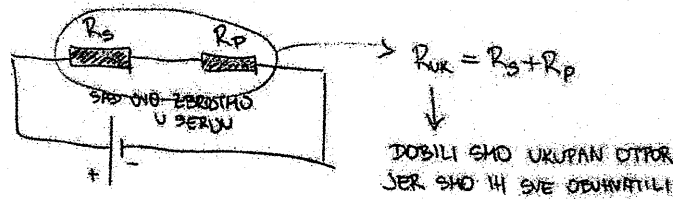
Paralelni spoj žaruljica

KAKO RAČUNAMO UKUPAN OTPOR U STRUJNOM KRUGU?

Iz sheme strujnog kruga prvo treba prepoznati dijelove s čistim serijskim ili paralelnim spojem otpornika i njih zbrojiti prema gornjim formulama. Evo primjera:



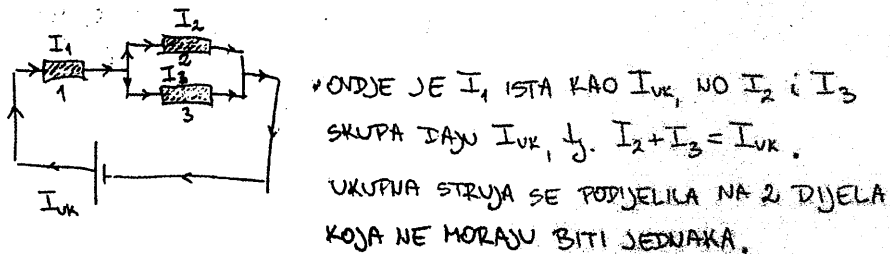
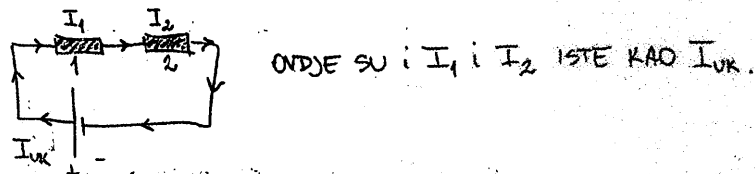
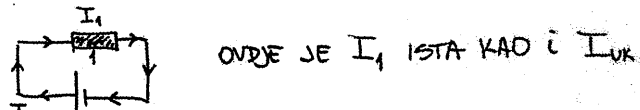
Nakon toga skiciramo jednostavniju shemu i zbrojimo preostale otpornike da dobijemo ukupan otpor:



Hint: Umjesto pojma ukupan otpor često se koristi pojam ekvivalentan otpor strujnog kruga. U zadacima je često najbolje prvo izračunati ukupan otpor kako bismo mogli izračunati i ukupnu struju.

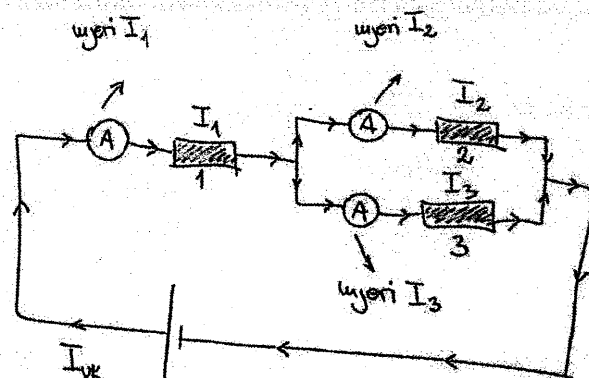
KAKO CRTAMO TOK STRUJE KROZ ŽICE I OTPORNIKE?

Dogovoreni smjer struje je od + pola baterije kroz strujni krug sve do - pola baterije te kroz samu bateriju. Evo nekoliko primjera:

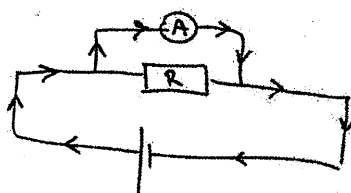


KAKO MJERIMO JAKOST STRUJE KROZ OTPORNIK?

Kako bismo izmjerili jakost struje treba ispred ili iza otpornika staviti ampermetar.



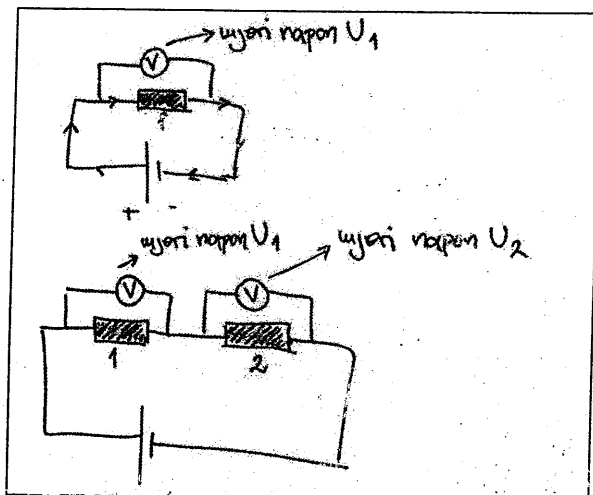
Hint: Otpor ampermetra je zanemariv pa njegovo pravilno priključivanje u strujni krug ne utječe na iznos ukupne struje. Ampermetar se uvijek treba spojiti serijski, a spoji li se paralelno struja će zaobići otpornik kao na shemi ispod:



KAKO MJERIMO NAPON NA OTPORNIKU?

Za mjerenje napona na otporniku potrebno je paralelno s otpornikom spojiti voltmetar kao na desnoj slici.

Hint: Voltmetar ima vrlo veliki otpor, praktički beskonačan u odnosu na ostale dijelove strujnog kruga. Spoji li se voltmetar serijski u strujni krug to će ukupan otpor učiniti praktički beskonačnim te ukupnu struju praktički spustili na 0.

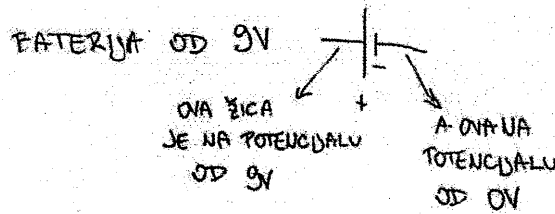


NEMA STRUJE NI U SVAKOM dijelom žice!

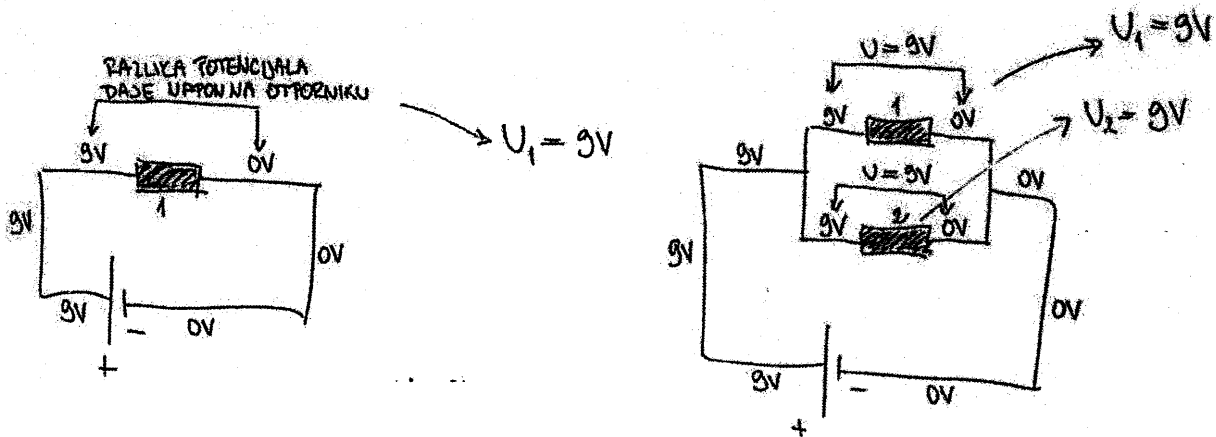
$$I = \frac{\epsilon}{R_u + R_V} \rightarrow \text{OVO JE } \infty \rightarrow I = 0 \text{ A U CIJELOM KRUGU !}$$

KAKO OZNAČAVAMO ELEKTRIČNI POTENCIJAL NA ŽICAMA?

Uvijek treba početi od žice koja je spojena na negativan pol baterije jer je ona na potencijalu 0V. Žica koja je spojena na pozitivan pol baterije je na potencijalu koji je jednak elektromotornom naponu baterije:



Nakon što smo odredili sve potencijale žica lako je izračunati napone na otpornicima (napon je razlika potencijala):



Hint: Ista žica je uvijek na istom potencijalu. Potencijal se mijenja jedino kad otpornik ili baterija spajaju dvije žice.

Napon na otporniku (trošilu) može se odrediti i kao umnožak jakosti struje kroz otpornik i njegovog otpora

$$U = IR$$

Tu je važno voditi računa da uzimamo samo jakost struje koja prolazi kroz otpornik koji nas zanima.

Na otpornicima dolazi do pretvorbe električne energije u neku drugu vrstu energije (toplinsku, svjetlosnu, mehaničku...). Električna energija može se računati iz relacije

$$E = UIt$$

pa se prema tome snaga električne struje računa kao

$$P = \frac{E}{t} = \frac{UIt}{t} = UI$$

Često se koristi mjerna jedinica kWh za električnu energiju. Pri tome vrijedi

$$kWh = 10^3 \cdot W \cdot 3600 \cdot s = 3.6 \cdot 10^6 \text{ Ws} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Elektricitet i magnetizam

$$F = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon_r r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$F = qE$$

$$E = \frac{k q}{\epsilon_r r^2}$$

$$W = qU$$

$$U = Ed$$

$$\varphi = \frac{k q}{\epsilon_r r}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$$I = \frac{\epsilon}{R_u + R_v}$$

$$P = UI$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2r\pi}$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{l}$$

$$F = BIl \sin \alpha$$

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$U_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$U_i = -Blv \sin \alpha$$

$$I = \frac{U}{Z}$$

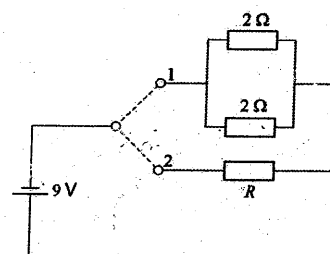
$$R_L = L\omega$$

$$R_c = \frac{1}{C\omega}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_c)^2}$$

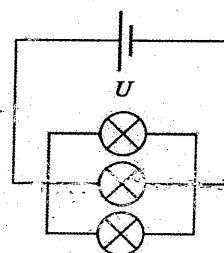
ZADACI

11.1 Slika prikazuje strujni krug koji se sastoji od idealne baterije napona 9 V, dva otpornika otpora 2Ω, otpornika nepoznatoga otpora R i sklopke. Snaga koju daje baterija trostruko je veća kad je sklopka u položaju 1 nego kad je u položaju 2. Koliki je otpor nepoznatoga otpornika? R11070



11.2 Na slici su prikazane tri jednake žarulje spojene na idealni izvor napona U. Što će se dogoditi ako pregori srednja žarulja? R11069

- A. Nijedna žarulja neće svijetliti.
- B. Preostale dvije žarulje svijetlit će jače nego prije.
- C. Preostale dvije žarulje svijetlit će slabije nego prije.
- D. Preostale dvije žarulje svijetlit će jednako kao i prije.

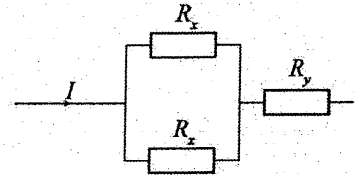


11.3 Strujni krug sastoji se od idealne baterije napona 5 V spojene na paralelni spoj dvaju identičnih otpornika. Svaki od tih otpornika ima duljinu 1 cm i napravljen je od tanke žice od nikroma otpornosti $1,12 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$. Za rad strujnoga kruga baterija daje 25 W. Kolika je površina poprečnoga presjeka žice od koje je napravljen pojedini otpornik? R11068

11.4 Otpornik nepoznatoga otpora R spojen je s otpornikom otpora $18\ \Omega$ tako da njihov ukupan otpor iznosi $6\ \Omega$. Kako su spojeni otpornici i koliki je iznos otpora R ? R11067

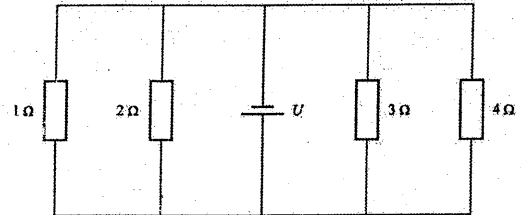
- A. Otpornici su spojeni serijski i $R = 9\ \Omega$. B. Otpornici su spojeni serijski i $R = 11\ \Omega$.
 C. Otpornici su spojeni paralelno i $R = 9\ \Omega$. D. Otpornici su spojeni paralelno i $R = 11\ \Omega$.

11.5 Na slici je prikazan dio strujnoga kruga s otporima R_x i R_y jednakih iznosa. Otpornik otpora $R_x = 200\ \Omega$ razvije toplinu $1,5\ \text{kJ}$ u vremenu 10 sekundi. Koji broj elektrona prođe otpornikom otpora R_y u istome vremenu? R11066

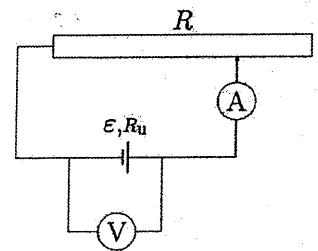


11.6 Slika prikazuje strujni krug sa spojenom idealnom baterijom nepoznatoga napona. Kroz koji otpornik prolazi najviše naboja u jedinici vremena? R11065

- A. kroz otpornik otpora $1\ \Omega$
 B. kroz otpornik otpora $2\ \Omega$
 C. kroz otpornik otpora $3\ \Omega$
 D. kroz otpornik otpora $4\ \Omega$

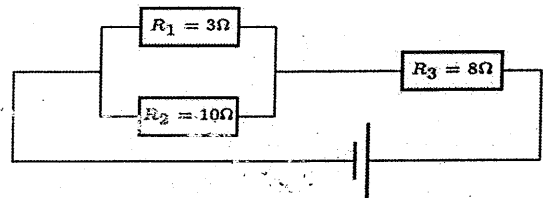


11.7 Učenik treba odrediti elektromotorni napon izvora ϵ i njegov unutarnji otpor R_u . Na raspolaganju ima voltmetar, ampermetar, promjenjivi otpornik i izvor. Složio je strujni krug kao što je prikazano na slici. Kako bi odredio ϵ i R_u učenik treba napraviti dva mjerenja. U prvome mjerenju ampermetar pokazuje $2\ \text{A}$, a voltmetar $4,5\ \text{V}$. U drugome mjerenju, nakon što se promijeni otpor na promjenjivome otporniku, ampermetar pokazuje $1,5\ \text{A}$, a voltmetar $6\ \text{V}$. Koliki su unutarnji otpor i elektromotorni napon izvora? R11064



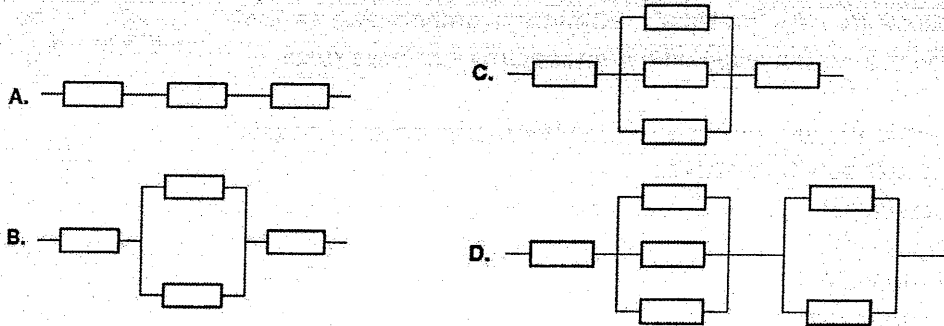
11.8 Na slici je prikazana shema spoja triju otpornika. Koja je od navedenih tvrdnja za prikazani spoj otpornika točna? R11063

- A) Najveći je napon na krajevima otpornika R_3 .
 B) Najveća struja prolazi otpornikom R_1 .
 C) Najveći je napon na krajevima otpornika R_2 .
 D) Najmanja struja prolazi otpornikom R_1 .



11.9 Učenik treba složiti strujni krug s dvjema serijski spojenim žaruljicama jednakih otpora R . Svaka žaruljica predviđena je za spajanje na napon $1,75\ \text{V}$. Na raspolaganju mu je baterija napona $9\ \text{V}$ zanemarivoga unutarnjeg otpora. Učenik u strujni krug serijski priključi promjenjivi otpornik kako bi žaruljice svijetlile kao da je svaka od njih spojena samostalno na napon $1,75\ \text{V}$. Koliki treba biti omjer otpora na promjenjivome otporniku R' i otpora žaruljice R ? R11062

11.10 Na slici su prikazana četiri različita spoja jednakih otpornika. Koji od navedenih spojeva ima najmanji ukupni otpor? R11061

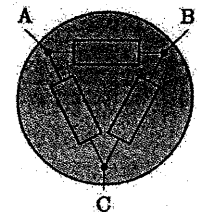


11.11 Električna peć priključena na gradsku mrežu ima 2 metra dugu grijaću žicu te za 25 minuta povisi temperaturu u prostoriji za 5 °C. Kolika bi trebala biti duljina grijaće žice od istoga materijala jednakoga poprečnog presjeka kako bi se za 15 minuta postiglo jednako povećanje temperature u toj prostoriji? Gubitci topline iz prostorije u okolinu i promjena poprečnog presjeka žice su zanemarivi. R11060

11.12 Dva otpornika otpora R_1 i R_2 spojena su paralelno na neki izvor napona. Naponi na krajevima otpornika redom iznose U_1 i U_2 , a struje kroz njih jednake su I_1 i I_2 . Koja je od navedenih jednačbi za takav spoj točna? R11059

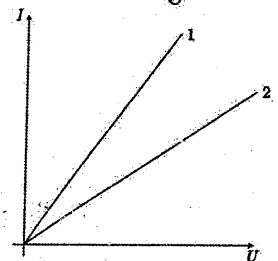
A. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ B. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{R_2}$ C. $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$ D. $\frac{U_1}{R_2} = \frac{U_2}{R_1}$

11.13 U strujni krug serijski se spoje baterija napona 12 V, ampermetar i kutija na slici u kojoj se nalaze tri identična otpornika. Kada se kutija spoji preko točaka A i B, struja kroz ampermetar iznosi 1 A. Kolika se snaga troši na otporniku AB? R11058



11.14 Na slici je prikazan I, U graf za dvije metalne žice jednakih duljina načinjenih od istoga materijala. Koji je od navedenih odnosa za električne otpore R_1 i R_2 i promjere žica d_1 i d_2 točan? R11057

A. $R_1 < R_2$ i $d_1 < d_2$ B. $R_1 < R_2$ i $d_1 > d_2$
C. $R_1 > R_2$ i $d_1 < d_2$ D. $R_1 > R_2$ i $d_1 > d_2$



11.15 Promjenjivomu otporniku dovoljno velike snage može se mijenjati otpor od 0 Ω do 1000 Ω. Žarulja predviđena za istosmjerni napon 12 V ima snagu 2 W dok svijetli. Potrebno je spojiti devet takvih žarulja i promjenjivi otpornik serijski na izvor istosmjernoga napona od 220 V tako da svaka žarulja svijetli jednakim sjajem kao da je zasebno priključena na izvor napona od 12 V. Koliki mora biti otpor promjenjivoga otpornika? R11056

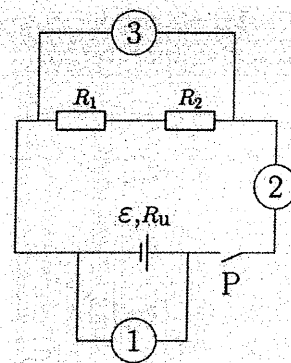
11.16 Na istome rasvjetnom tijelu žarulja snage 100 W zamijenjena je žaruljom snage 25 W. Dok je na rasvjetnome tijelu bila žarulja snage 100 W, njom je prolazila struja iznosa 1 A. Koliki je otpor žarulje snage 25 W? R11055

A. 100 Ω B. 200 Ω C. 300 Ω D. 400 Ω

11.17 Učenik treba odrediti unutarnji otpor izvora. Na raspolaganju ima dva otpornika različitih otpora R_1 i R_2 , prekidač, voltmetre i ampermetre te izvor stalnoga napona. Na slici je prikazan jedan od načina spajanja strujnoga kruga.

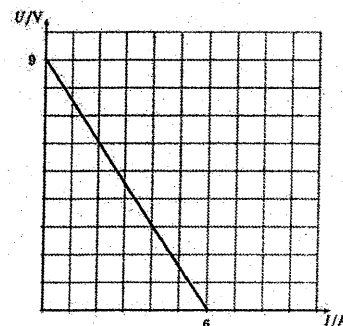
Učenik mora ispravno izmjeriti elektromotorni napon izvora. Navedeni su mogući položaji na koje učenik može spojiti voltmetar.

1. Položaj 1 uz otvoreni prekidač
2. Položaj 2 uz otvoreni prekidač
3. Položaj 3 uz otvoreni prekidač
4. Položaj 1 uz zatvoreni prekidač
5. Položaj 2 uz zatvoreni prekidač
6. Položaj 3 uz zatvoreni prekidač



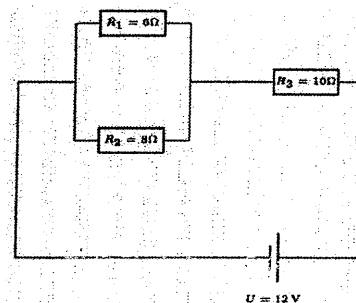
a) Na crtu napišite redni broj iskaza kojim učenik može ispravno izmjeriti elektromotorni napon izvora. R11054

b) Učenik je napravio nekoliko mjerenja. Prvo je spojio svaki otpornik pojedinačno u strujni krug i očitao vrijednosti na mjernim instrumentima, a potom je otpornike spojio u seriju pa u paralelu i ponovno očitao vrijednosti na mjernim instrumentima. Mjerenja je prikazao U, I grafom kao što je prikazano na slici. Koliki je elektromotorni napon izvora? Koliki je unutarnji otpor izvora? R11054



11.18 Kada se neki otpornik spoji na izvor napona, strujnim krugom prolazi struja I . Koji od ponuđenih načina spajanja otpornika jednakih otpora dovodi do toga da ukupna struja kroz strujni krug iznosi $4I$? R11053

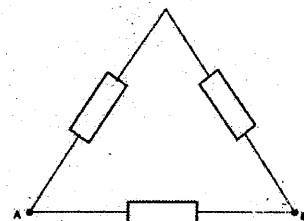
- A. dva otpornika serijski B. četiri otpornika serijski
C. dva otpornika paralelno D. četiri otpornika paralelno



11.19 Tri otpornika R_1, R_2 i R_3 spojeni su na izvor napona U kao na slici. Kolika je snaga na otporniku R_3 ? R11052

11.20 Na slici su prikazana tri jednaka otpornika otpora R . Koliko iznosi ekvivalentni otpor između točaka A i B? R11051

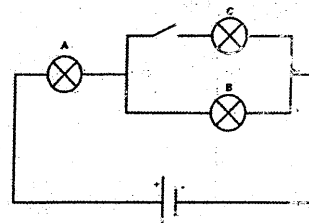
- A) $3R$ B) $3R/2$ C) $2R/3$ D) $R/3$



11.21 Aluminijski vodič duljine l i promjera d ima električni otpor R . Koliko će iznositi otpor aluminijskoga vodiča duljine $2l$ i promjera $2d$? R11050

- A) $R/2$ B) R C) $2R$ D) $8R$

11.22 Strujni krug na slici sastoji se od baterije napona 12 V , tri žaruljice svaka otpora $2\ \Omega$ i sklopke. Kolika je snaga na žaruljici A ako se sklopka zatvori? R11049



11.23 Na slici je prikazan spoj triju otpornika jednakih otpora koji spojeni imaju ekvivalentni otpor R . Koliki je ekvivalentni otpor otpornika kada se iz spoja ukloni otpornik R_3 ? R11048

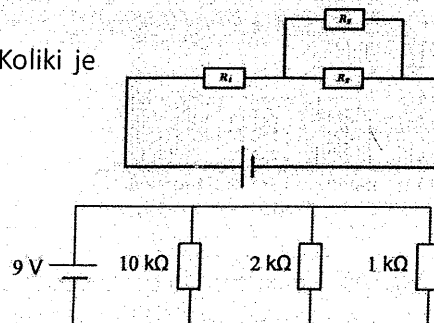
- A) $(1/2)R$ B) $(3/4)R$ C) $(4/3)R$ D) $(3/2)R$

11.24 Stranice trokuta predstavljaju otpornike jednakoga otpora R . Koliki je ukupni otpor takvoga spoja između točaka dvaju vrhova? R11047

- A) $R/3$ B) $2R/3$ C) $3R/2$ D) $3R$

11.25 Strujni krug spojen je kao što je prikazano na slici. Koliki je iznos snage koja se troši u grani s otpornikom iznosa $2\text{ k}\Omega$? R11046

- A) 81 mW B) 40.5 mW C) 8.1 mW D) 129.6 mW

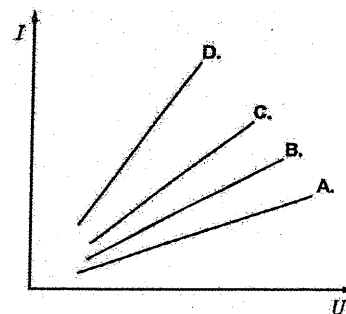


11.26 Odredite količinu naboja koji prođe uređajem snage 4 W koji je priključen na idealnu bateriju napona 9 V ako je uređaj bio uključen od 8.00 do 12.00 sati? R11045

11.27 Dva otpornika otpora $4\ \Omega$ i $6\ \Omega$ vezani su u seriju na izvor napona 12 V . Kolika se energija utroši na otporniku od $6\ \Omega$ tijekom jedne minute? Zanimarite unutarnji otpor izvora. R11044

- A) 288 J B) 432 J C) 518.4 J D) 1440 J

11.28 Učenik je dobio eksperimentalni zadatak u kojemu je morao istražiti ovisnost struje o naponu. Dvama otpornicima koje je imao na raspolaganju koristio se na četiri načina. Svaki je otpornik spajao zasebno na izvor i mjerio je struju za različite vrijednosti napona. Zatim ih je spajao u seriju pa u paralelu i mjerio je struju za različite vrijednosti napona. Dobivene podatke za svako mjerenje spojio je pravcima i prikazao u I, U grafu. Koji od ponuđenih pravaca prikazuje serijski spoj otpornika? R11043



11.29 Kada se u strujni krug spoji otpor od $1\ \Omega$, pad napona na krajevima izvora iznosi 2 V . Kada se spoji otpor od $2\ \Omega$, pad napona na krajevima izvora iznosi $2,4\text{ V}$. Koliki je unutarnji otpor izvora? R11042

11.30 Bakrena žica otpora R oblika cilindra ima poprečni presjek S i duljinu l . Koliki je otpor druge bakrene žice jednakoga volumena i duljine $2l$? R11041

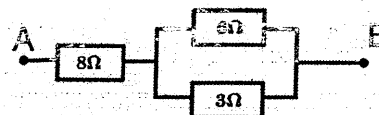
- A) $0.5R$ B) R C) $2R$ D) $4R$

11.31 Na bateriju elektromotornoga napona $4,5\text{ V}$ priključimo žaruljicu. Koliki je unutarnji otpor baterije ako je pri struji 500 mA napon na žaruljici $4,1\text{ V}$? R11040

11.32 Ekvivalentni otpor četiriju jednakih serijski spojenih otpornika iznosi R . Koliki će biti ekvivalentni otpor sklopa ako iste otpornike spojimo paralelno? R11039

- A) $R/16$ B) $R/4$ C) $4R$ D) $16R$

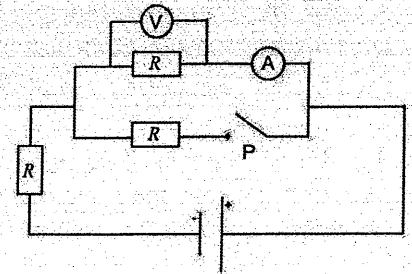
11.33 Koliko iznosi ekvivalentni otpor spoja prikazanoga na slici između točaka A i B? R11038



11.34 Kolika je duljina čelične žice poprečnoga presjeka $0,1\text{ mm}^2$ i električnoga otpora $60\ \Omega$? Električna otpornost čelika je $0,12 \cdot 10^{-6}\ \Omega\text{m}$. R11037

- A) $7,2\text{ m}$ B) 50 m C) 72 m D) 500 m

11.35 Na slici je prikazana shema strujnog kruga s trima otpornicima jednakih otpora R i izvorom istosmjerne struje. Ampermetar A i voltmetar V mjere struju i napon prije uključivanja prekidača P . Kakve će vrijednosti struje i napona mjeriti ampermetar i voltmetar kada se prekidač P uključi? R11036



- A. manju struju i manji napon
- B. manju struju i veći napon
- C. veću struju i manji napon
- D. veću struju i veći napon

11.36 Koliki je električni otpor bakrene žice duljine 100 km i poprečnoga presjeka 20 mm^2 ? Električna otpornost bakra je $0,0172 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$. R11035

- A) $0.000\ 086 \Omega$
- B) 0.086Ω
- C) 86Ω
- D) $86\ 000 \Omega$

11.37 Homogenu metalnu žicu otpora R razrežemo na četiri jednaka dijela koje zatim međusobno paralelno spojimo. Koliki je ukupni otpor? R11034

- A) $R/16$
- B) $R/4$
- C) R
- D) $4R$

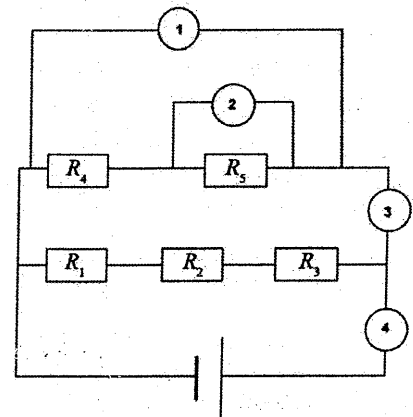
11.38 Koja je od navedenih tvrdnja za otpor metalnoga vodiča točna? R11033

- A. Otpor se povećanjem duljine vodiča smanjuje.
- B. Otpor vodiča ne ovisi o vrsti metala.
- C. Otpor se povećanjem polumjera vodiča smanjuje.
- D. Otpor vodiča ovisi o jakosti struje kroz vodič.

11.39 Vodičem prolazi struja $0,4 \text{ A}$. Koliko elektrona prođe poprečnim presjekom vodiča svake minute? R11032

11.40 Na slici je prikazan strujni krug. Na koji od položaja označenih brojevima 1, 2, 3 ili 4 treba spojiti ampermetar da bi se izmjerila električna struja koja prolazi otpornikom R_5 ? R11031

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4



11.41 Na električnoj žarulji s volframovom niti piše 230 V i 100 W . Koliki je otpor niti te žarulje? R11030

- A) 0.4Ω
- B) 2.3Ω
- C) 43.8Ω
- D) 529Ω

11.42 Koliki je ukupni otpor dvaju paralelno spojenih otpornika od 2Ω koji se nalaze u strujnome krugu? Zanimajte otpor izvora. R11029

11.43 Dva bakrena vodiča imaju jednake duljine. Omjer je polumjera poprečnih presjeka tih vodiča $r_1 : r_2 = 1 : 5$. Kako se odnose otpori R_1 i R_2 tih vodiča? R11028

- A) $R_1 : R_2 = 25 : 1$
- B) $R_1 : R_2 = 5 : 1$
- C) $R_1 : R_2 = 1 : 5$
- D) $R_1 : R_2 = 1 : 25$

11.44 Na slici je prikazana čvorna točka grananja struja I_1, I_2, I_3, I_4 i I_5 . Koliko iznosi struja I_5 ? R11027

- A) 5 A B) 9 A C) 11 A D) 15 A

11.45 Trošilo je spojeno na akumulator i kroz njega prolazi struja 2,5 A tijekom 2 sata. Pritom se prenese 108 kJ električne energije. Koliki je napon na krajevima akumulatora? R11026

- A) 6 V B) 12 V C) 18 V D) 24 V

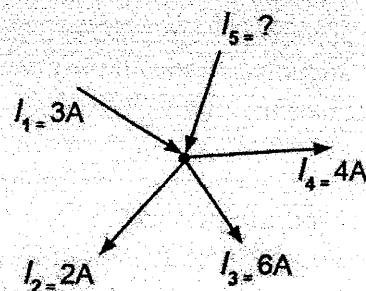
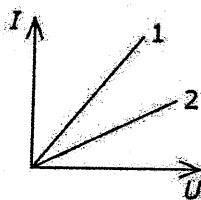
11.46 Na izvor stalnoga napona priključeno je trošilo. Što će se dogoditi sa strujom kroz trošilo ako se smanji otpor toga trošila? R11025

- A) Smanjit će se. B) Ostat će ista. C) Povećat će se.

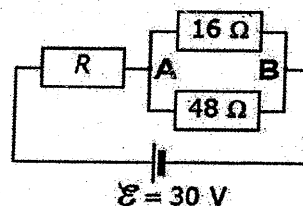
11.47 Snop elektrona prolazi između dviju elektroda. S jedne na drugu elektrodu tijekom 2 s prijeđe 10^{11} elektrona. Kolika struja prolazi između elektroda? R11024

11.48 Crtež prikazuje grafove struje u ovisnosti o naponu za dva otpornika. Koja je tvrdnja točna? R11023

- A. Otpornik 1 ima manji otpor od otpornika 2.
B. Otpornik 2 ima manji otpor od otpornika 1.
C. Otpornici 1 i 2 imaju jednaki otpor.

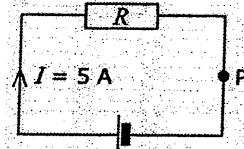


11.49 U strujnome krugu prikazanome na crtežu napon između točaka A i B iznosi 5 V. Koliko iznosi otpor R? Zanemarite unutarnji otpor izvora. R11022



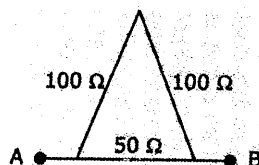
11.50 Strujnim krugom prikazanim na crtežu prolazi struja iznosa 5 A. Kolika će struja prolaziti kroz otpornik R ako se u točki P prekine vodič? R11021

- A) 0 A B) 2.5 A C) 5 A D) 10 A



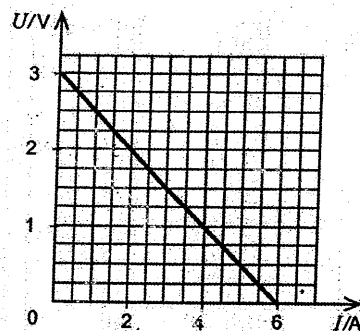
11.51 Koliki je otpor R_{AB} žičanoga okvira oblikovanoga kao što je prikazano na crtežu? R11020

- A) 25 Ω B) 40 Ω C) 50 Ω D) 250 Ω



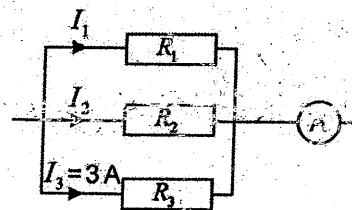
11.52 Promjenjivi otpornik spojen je na izvor elektromotornoga napona ϵ i unutarnjega otpora R_u . Graf prikazuje napon na promjenjivome otporniku u ovisnosti o struji koja prolazi kroz taj otpornik. Koliko iznosi struja kratkoga spoja? R11019

- A) 3 A B) 6 A C) 9 A D) 18 A



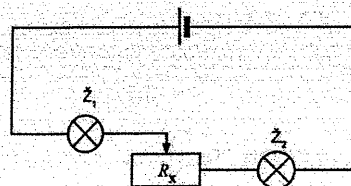
11.53 Na crtežu je prikazan dio strujnoga kruga. Omjer otpora je $R_1 : R_2 : R_3 = 1 : 2 : 4$. Struja koja prolazi kroz otpornik R_3 iznosi $I_3 = 3$ A. Koliku struju pokazuje ampermetar A? R11018

- A) 3 A B) 6 A C) 12 A D) 21 A



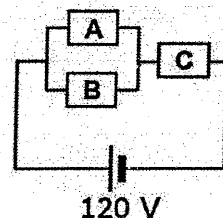
11.54 Bakrena žica duljine 1 000 m ima otpor 1 Ω. Kolika je masa te žice? Otpornost bakra je $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, a gustoća $8\,900 \text{ kgm}^{-3}$. R11017

11.55 Na izvor istosmjernoga napona serijski su spojene žaruljice \check{Z}_1 i \check{Z}_2 te promjenjivi otpornik, kao što je prikazano na crtežu. Što će se od navedenoga dogoditi s intenzitetima svjetlosti žaruljica kada se promjenjivomu otporniku poveća otpor R_x ? R11016

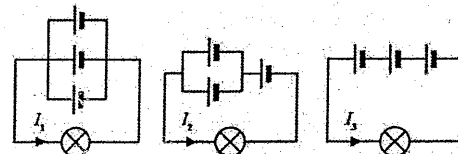


- A. Smanjit će se intenziteti svjetlosti žaruljica \check{Z}_1 i \check{Z}_2 .
- B. Smanjit će se intenzitet svjetlosti žaruljice \check{Z}_1 , a povećat će se intenzitet svjetlosti žaruljice \check{Z}_2 .
- C. Povećat će se intenzitet svjetlosti žaruljice \check{Z}_1 , a smanjit će se intenzitet svjetlosti žaruljice \check{Z}_2 .
- D. Povećat će se intenziteti svjetlosti žaruljica \check{Z}_1 i \check{Z}_2 .

11.56 U krug istosmjerne struje napona 120 V uključena su tri jednaka otpornika, otpornik A, otpornik B i otpornik C, kao što je prikazano na crtežu. Odredite napon na krajevima svakoga otpornika. R11015

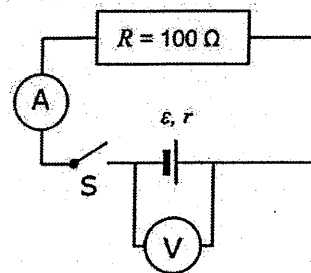


11.57 Zadana su tri strujna kruga, kao što je prikazano na crtežu. Kako se odnose struje I_1 , I_2 i I_3 kroz žarulje? Žarulje su u svim trima strujnim krugovima jednakih otpora. Svi su izvori jednakih elektromotornih napona i zanemarivih unutarnjih otpora. R11014



- A) $I_1 < I_2 < I_3$
- B) $I_2 < I_1 < I_3$
- C) $I_1 < I_3 < I_2$
- D) $I_3 < I_2 < I_1$

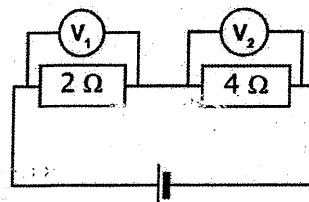
11.58 Otpornik otpora $R = 100 \Omega$ preko sklopke S spojen je na izvor elektromotornog napona ϵ i unutarnjeg otpora r , kao što je prikazano na crtežu. Ako je sklopka S otvorena, voltmetar pokazuje 4,5 V. Ako je sklopka zatvorena, ampermetar pokazuje 0,04 A. Pretpostavite da su ampermetar i voltmetar idealni. Koliki je unutarnji otpor baterije r ? R11013



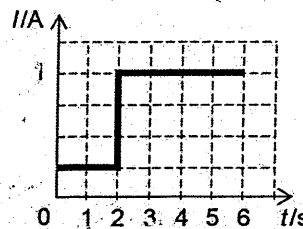
11.59 Ampermetar ima mjerno područje 1 A i unutrašnji otpor 0,1 Ω . Njime treba mjeriti struje iznosa do 3 A. Koliki je dodatni otpor potrebno spojiti s ampermetrom u strujnom krugu kako bi to bilo moguće? R11012

11.60 Crtež prikazuje strujni krug. Voltmetar V_1 pokazuje 8 V. Koliko pokazuje voltmetar V_2 ? R11011

- A) 2 V
- B) 4 V
- C) 8 V
- D) 16 V

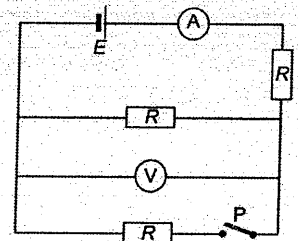


11.61 Struja I koja prolazi kroz otpornik otpora R tijekom vremena t mijenja se kako je prikazano na grafu. Kolika količina naboja prođe kroz otpornik za 6 sekundi? R11010



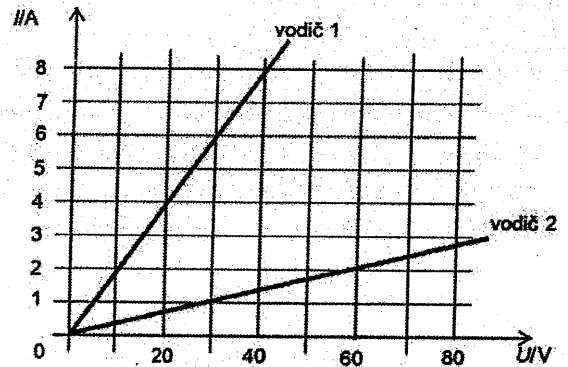
11.62 Struja kratkoga spoja za bateriju elektromotornoga napona 20 V iznosi 25 A. Kolika je jakost struje u krugu ako se na bateriju spoji vodič otpora 4 Ω ? R11009

11.63 Baterija u strujnome krugu prikazanome na crtežu ima elektromotorni napon E . Smatra se da su ampermetar i voltmetar idealni. Kako će se promijeniti iznosi na mjernim uređajima kada se zatvori prekidač P ? R11008



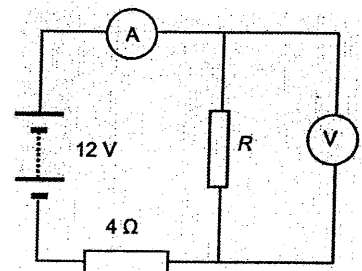
- A. Iznos na ampermetru će se povećati, a na voltmetru smanjiti.
- B. Povećat će se iznosi i na ampermetru i na voltmetru.
- C. Iznos na ampermetru će se smanjiti, a na voltmetru povećati.
- D. Smanjit će se iznosi i na ampermetru i na voltmetru.

11.64 Na grafu je prikazana ovisnost jakosti struje I o naponu U za dva vodiča. Koliko bi iznosio ukupni otpor serijskoga spoja tih dvaju vodiča? R11007



- A) 0.23Ω
- B) 4.3Ω
- C) 25Ω
- D) 35Ω

11.65 U strujnome krugu prikazanome na slici voltmetar pokazuje 4 V . Unutrašnji otpor baterije je zanemariv. Koliku jakost struje pokazuje ampermetar uz uvjet da su instrumenti idealni? R11006

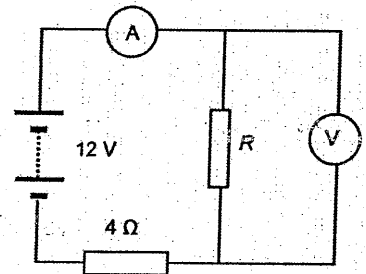


- A) 1 A
- B) 2 A
- C) 3 A
- D) 4 A

11.66 Poprečnim presjekom vodiča za $0,1 \text{ s}$ proteče $3,125 \cdot 10^{14}$ elektrona. Kolika je jakost struje koja teče vodičem? R11005

- A) 0.5 mA
- B) 5 mA
- C) 0.5 A
- D) 5 A

11.67 U strujnome krugu prikazanome na slici ampermetar pokazuje 2 A . Unutrašnji otpor baterije je zanemariv. Koliki napon pokazuje voltmetar uz uvjet da su instrumenti idealni? R11004



- A) 4 V
- B) 6 V
- C) 8 V
- D) 12 V

11.68 Vodičem teče struja od $0,5 \text{ mA}$. Koliko elektrona prođe poprečnim presjekom vodiča za $0,1 \text{ s}$? R11003

- A) $0.5 \cdot 10^{14}$
- B) $3.125 \cdot 10^{14}$
- C) $3.125 \cdot 10^{17}$
- D) $3.125 \cdot 10^{19}$

11.69 Za koju je fizikalnu veličinu mjerna jedinica Ah (ampersat)? R11002

- A) za električnu struju
- B) za električnu silu
- C) za rad električne sile
- D) za električni naboj

11.70 Dva trošila različitih otpora spojena su serijski na izvor istosmjernoga napona. Koja je od navedenih tvrdnja točna za taj strujni krug? R11001

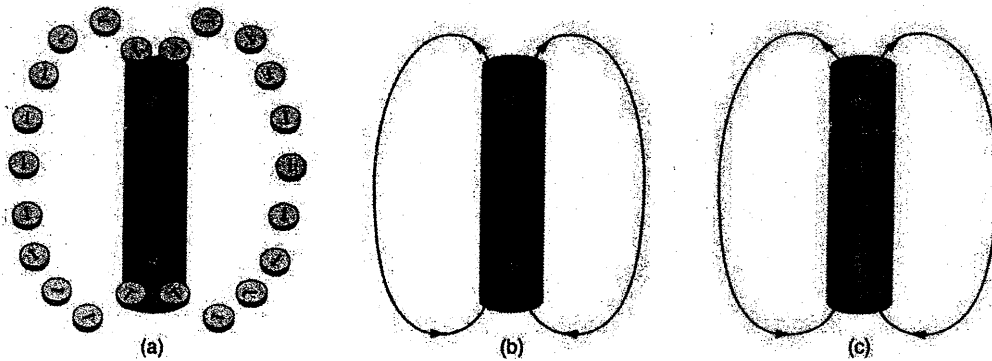
- A. Napon je jednak na obama trošilima.
- B. Napon je najmanji na trošilu najvećega otpora.
- C. Struja je najmanja kroz trošilo najvećega otpora.
- D. Struja je jednaka kroz oba trošila.

12. ELEKTROMAGNETIZAM

You are never ever going to feel like it. Ever.

-Mel Robbins

Magneti uvijek imaju dva pola, sjeverni (N-north) i južni (S-south). Kada se magnet prepolovi dobiju se dva manja magneta. Kod električnih naboja postoje pozitivno i negativno nabijene čestice koje mogu postojati same za sebe, no kod magneta svaki magnet ima oba pola, sjeverni i južni. U blizini magneta kompas se uvijek postavi u smjeru magnetskih silnica koje prema dogovoru imaju smjer od sjevernog prema južnom polu. Magnetske silnice su, za razliku od električnih, zatvorene krivulje.



Istoimeni magnetski polovi se odbijaju, dok se raznoimeni privlače.

Magnetsko polje postoji oko svakog vodiča kojim teče struja. Struja može biti stalna ili izmjenična. Ukoliko nema struje tada nema ni magnetskog polja oko vodiča. Za takav vodič kažemo da je **elektromagnet**.

Formula koja opisuje magnetsko polje (ili magnetsku indukciju) ravnog vodiča je

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2r\pi}$$

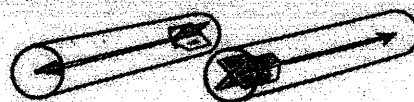
Smjer magnetskih silnica određuje se pravilom desne ruke (nikada lijeve). Palac desne ruke se postavi u smjeru toka struje, a savijeni prsti tada pokazuju magnetske silnice.



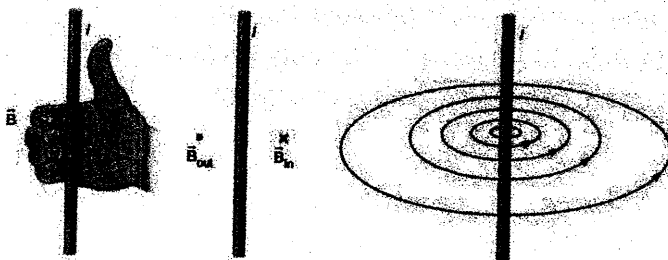
Analogija s pikado strelicom:

Točkica (špic) - nešto ide prema nama (struja ili magnetske silnice)

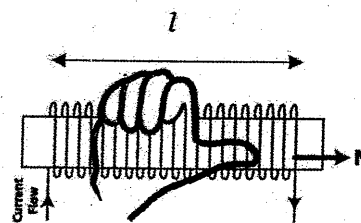
Križić (pera) - nešto ide od nas (struja ili magnetske silnice)



Na donjoj slici prikazane su magnetske silnice iz više perspektiva. Uočimo točkicu i križić na srednjoj slici. Točkica znači da magnetska silnica ide prema nama, a križić da ide od nas.



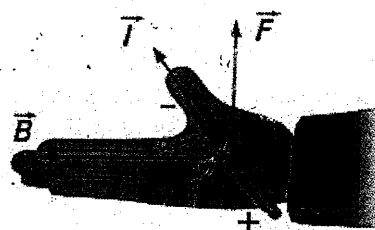
Oko zavojnice kojom teče struja (bilo stalna ili promjenjiva na bilo koji način) stvara se magnetsko polje (zavojnica je elektromagnet). Položaji magnetskih polova se određuju tako da se zavojnica obuhvati desnom rukom na način da prsti pokazuju smjer obavijanja struje, tada palac pokazuje smjer sjevernog pola zavojnice. Mijenjajući jakost struje mijenja se i jakost magnetskog polja. Jakost magnetskog polja unutar zavojnice računa se po formuli



$$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{l}$$

gdje su: N - broj namotaja, I - jakost struje, l =duljina zavojnice.

Kad se vodič kojim teče struja stavi u vanjsko magnetsko polje tada to magnetsko polje na njega djeluje silom koja se naziva Amperova sila. Njen smjer se određuje na sljedeći način: palac desne ruke postavi se u smjeru struje, a ispruženi prsti u smjeru magnetskog polja. Sila onda ima smjer iz dlana prema van (kao kada Spiderman ispaljuje paučinu iz dlana).



Formula za Amperovu silu (nekada se naziva i magnetska sila) je

$$F = BIl \sin \alpha$$

Dvije žice kojima teku struje međudjeluju Amperovim silama jedna na drugu. Formulu za Ampereovu silu u tom slučaju dobivamo povezivanjem formule za Ampereovu silu za jedan vodič i formule za magnetsku indukciju za drugi vodič, tj.

$$F = BI_1 l \sin \alpha \quad i \quad B = \mu_0 \mu_0 \frac{I_2}{2r\pi}$$

$$F = \mu_0 \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2r\pi} l \sin \alpha$$

Pojavljaju se 3 situacije:

- vodičima teku struje u istome smjeru → sila je privlačna ($\alpha=90^\circ$)
- vodičima teku struje u suprotnim smjerovima → sila je odbojna ($\alpha=90^\circ$)
- vodičima teku struje u okomitim smjerovima → nema sile ($\alpha=0^\circ$)

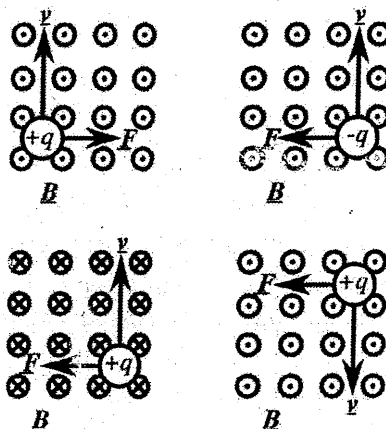
Kada se nabijena čestica (proton, elektron, jezgra atoma) ili metalni štap (kojim ne teče struja) giba u magnetskom polju tada to magnetsko polje djeluje silom na česticu ili štap. Ta sila se naziva Lorentzova sila, a računa se prema formuli

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

Smjer sile se definira za pozitivno nabijenu česticu ovako: palac desne ruke postavi se u smjeru brzine čestice, a ispruženi prsti u smjeru magnetskog polja. Tada sila ima smjer iz dlana prema van (Spiderman). Ako je čestica negativno nabijena smjer sile je suprotan.

Par primjera za vježbanje primjene pravila desne ruke za Lorentzovu silu. Prizajmo je li čestica pozitivna ili negativna, u kojem smjeru se giba i u kojem je smjeru magnetsko polje (točkice ili križići) i da koristimo DESNU RUKU!!!

Kada nabijena čestica uleti u magnetsko polje pod pravim kutom nastavit će se gibati po kružnici ili dijelu kružnice. U tom slučaju će Lorentzova sila imati ulogu centripetalne sile i možemo se služiti svim formulama za kružno gibanje (ali ne i formulama za gibanje satelita).

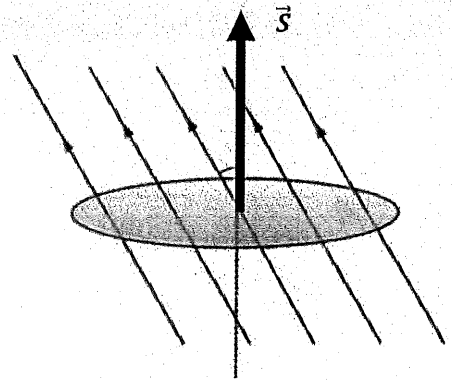


ELEKTROMAGNETSKA INDUKCIJA

Magnetski tok ϕ opisuje koliko magnetskih silnica prolazi kroz neku zatvorenu površinu. Ovisi o iznosu magnetske indukcije B , površini S koja se nalazi unutar magnetskog polja i kutu α između magnetske indukcije i normale \vec{S}

$$\phi = BS \cos \alpha$$

Normala \vec{S} je vektor koji je uvijek okomit na površinu koju zatvara vodič, a iznos je jednak dijelu površine unutar magnetskog polja.



Hint: Kad su silnice paralelne s površinom tada je magnetski tok 0 Wb (jer je $\cos 90^\circ = 0$).

Kad god se magnetski tok mijenja (povećava se, smanjuje se) dolazi do **induciranja** (pobuđivanja) struje odnosno **napona** u vodiču ili zavojnici. Kada je magnetski tok stalan ne dolazi do induciranja (pobuđivanja) struje, tj. napona.

Formule za inducirani napon u zavojnici (N zavoja) i u vodiču su

$$U_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad U_i = -Blv \sin \alpha$$

Minus u formuli je posljedica Lenzovog pravila (zapravo posljedica ZOE):

Inducirana struja ima takav smjer da nastoji vratiti magnetski tok u početno stanje.

- ako se magnetski tok **povećao**, inducirana struja će stvoriti silnice **suprotnog smjera** od silnica vanjskog magnetskog polja i time nastojati vratiti početno stanje magnetskog toka
- ako se magnetski tok **smanjio**, inducirana struja će stvoriti silnice **istoga smjera** kao silnice vanjskog magnetskog polja i time nastojati vratiti početno stanje magnetskog toka
- ako se magnetski tok promijeni zbog nekog drugog razloga (promjena površine S ili kuta α) inducirana struja će opet stvoriti silnice takvog smjera da vrati početno stanje magnetskog toka, a točan smjer struje se odredi ovisno o situaciji u zadatku

Hint: U zadacima se uglavnom traži samo iznos inducirano napona tako da gornje formule možemo pisati u apsolutnim zagrada

$$|U_i| = N \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t} \quad |U_i| = |Blv \sin \alpha|$$

Elektricitet i magnetizam

$$F = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon_r r^2}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{k q}{\epsilon_r r^2}$$

$$W = qU$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\phi = \frac{k q}{\epsilon_r r}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + R_y}$$

$$P = UI$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2r\pi}$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{\ell}$$

$$F = BI\ell \sin \alpha$$

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$U_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$U_i = -Blv \sin \alpha$$

$$I = \frac{U}{Z}$$

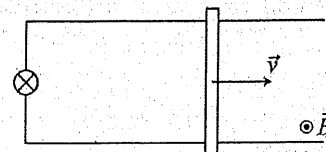
$$R_L = L\omega$$

$$R_C = \frac{1}{C\omega}$$

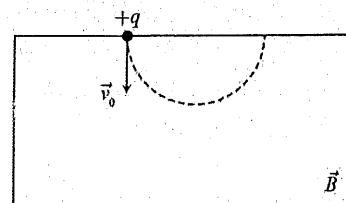
$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

ZADACI

12.1 Na slici su prikazane metalne tračnice zanemarivoga otpora razmaknute 1 m koje se nalaze u homogenome vremenski nepromjenjivom magnetskom polju iznosa 1,2 T okomitom na ravninu tračnica. Vanjska sila povlači metalnu šipku postavljenu poprečno na tračnice tako da se giba stalnom brzinom v . Na tračnice je priključena žarulja otpora 6 W koja svijetli stalnom snagom 24 W. Koliku udaljenost duž tračnica šipka prođe za 0,5 sekunda? R12071



12.2 Slika prikazuje pozitivno nabijenu česticu koja ulijeće početnom brzinom v_0 u prostor u kojemu se nalazi homogeno magnetsko polje B . Čestica u polju opiše polukružnicu i zatim ga napusti. Koji je smjer magnetskoga polja? R12070



A) \times B) \cdot C) \rightarrow D) \leftarrow

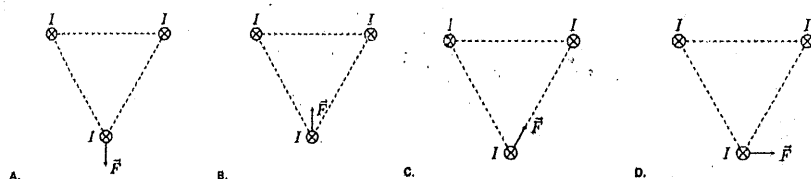
12.3 U tablici su navedena svojstva zavojnica: broj namotaja N , duljina l te vrsta tvari koja se nalazi u zavojnici. Unutar koje će od navedenih zavojnica, pri jednakoj struji kroz njih, magnetsko polje biti najvećega iznosa? R12069

	N	l / m	vrsta tvari
zavojnica 1	1000	0,1	zrak
zavojnica 2	2000	0,1	željezo
zavojnica 3	1000	0,2	željezo
zavojnica 4	2000	0,2	zrak

A. unutar zavojnice 1 B. unutar zavojnice 2
C. unutar zavojnice 3 D. unutar zavojnice 4

12.4 Zavojnica ima površinu poprečnoga presjeka 10 cm², duljinu 45 cm i 250 namotaja. Koliki je iznos induciranoga napona u zavojnici ako se struja kroz nju poveća s 1,2 A na 2,6 A u vremenu 0,07 s? Zavojnica se nalazi u zraku. R12068

12.5 Na slici su prikazana tri paralelna, međusobno jednako udaljena i beskonačno duga vodiča kojima prolaze jednake struje I u naznačenome smjeru. Koja od ponuđenih slika točno prikazuje vektor ukupne magnetske sile kojom gornja dva vodiča djeluju na donji vodič? R12067

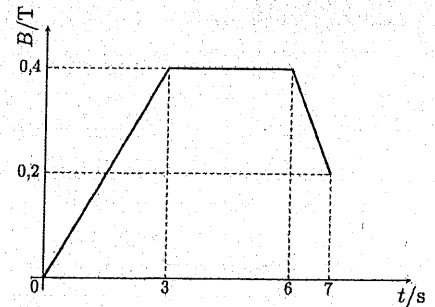


12.6 Vodljivi prsten nalazi se u homogenome magnetskom polju indukcije B usmjerenom vertikalno prema gore. Pri kojem će se od navedenih gibanja prstena u njemu inducirati struja? R12066

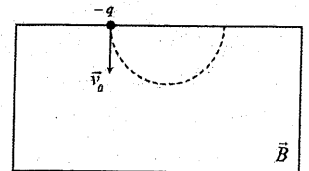
A. Prsten se rotira oko vertikalne osi. B. Prsten slobodno pada i ne rotira se.

C. Prsten se rotira oko horizontalne osi. D. Prsten se giba jednoliko i ne rotira se.

12.7 Zavojnica s 50 namotaja poprečnoga presjeka $0,15 \text{ m}^2$ postavljena je u homogenome magnetskom polju tako da joj je poprečni presjek okomit na silnice polja. Iznos magnetskoga polja mijenja se u vremenu kao što je prikazano na slici. Smjer magnetskoga polja ne mijenja se u vremenu. Zavojnica ima otpor $0,5 \text{ W}$. Koliko iznose inducirani elektromotorni napon i struja u zavojnici od šeste do sedme sekunde? R12065



12.8 Slika prikazuje negativno nabijenu česticu koja ulijeće početnom brzinom v_0 u prostor u kojemu se nalazi homogeno magnetsko polje \vec{B} . Čestica u polju opiše polukružnicu i zatim ga napusti. Koji je smjer magnetskoga polja \vec{B} ? R12064
A) \times B) \cdot C) \rightarrow D) \leftarrow



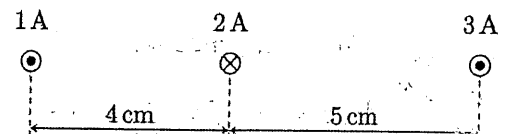
12.9 Ravnim vodičem prolazi struja koja na udaljenosti r od vodiča stvara magnetsko polje iznosa B . Koliki je iznos magnetskoga polja na udaljenosti $2r$ od vodiča? R12063
A) $B/8$ B) $B/4$ C) $B/2$ D) B

12.10 Duga tanka žica postavljena je u beskonačnu zavojnicu koja ima 1000 navoja po metru svoje dužine paralelno s osi zavojnice. Kroz žicu i zavojnicu prolaze struje iznosa $I = 1 \text{ A}$. Udaljenost žice od osi zavojnice iznosi 1 mm . Koliki je iznos ukupnoga magnetskog polja na osi zavojnice? R12062

12.11 Ravnim metalnim vodičem otpornosti ρ , poprečnoga presjeka S i duljine ℓ koji se giba okomito na silnice homogenoga magnetskog polja brzinom v prolazi inducirana struja I . Koji je od navedenih izraza za induciranu struju točan? R12061

A) $I = \frac{BSv}{\rho}$ B) $I = \frac{Bl^2v}{\rho}$ C) $I = \frac{BSv}{\rho l^2}$ D) $I = \frac{B\rho Sv}{l^2}$

12.12 Tri paralelna jako dugačka vodiča leže u istoj ravnini u vakuumu. Podatci o međusobnim udaljenostima vodiča i strujama kroz njih prikazani su na slici. Koliki je ukupan iznos sile na dio srednjega vodiča duljine 15 m ? R12060



12.13 Proton ulijeće stalnom brzinom 10^7 m/s u homogeno magnetsko polje iznosa $0,02 \text{ T}$ okomito na silnice polja. Koliko je centripetalno ubrzanje toga protona u magnetskome polju? R12059

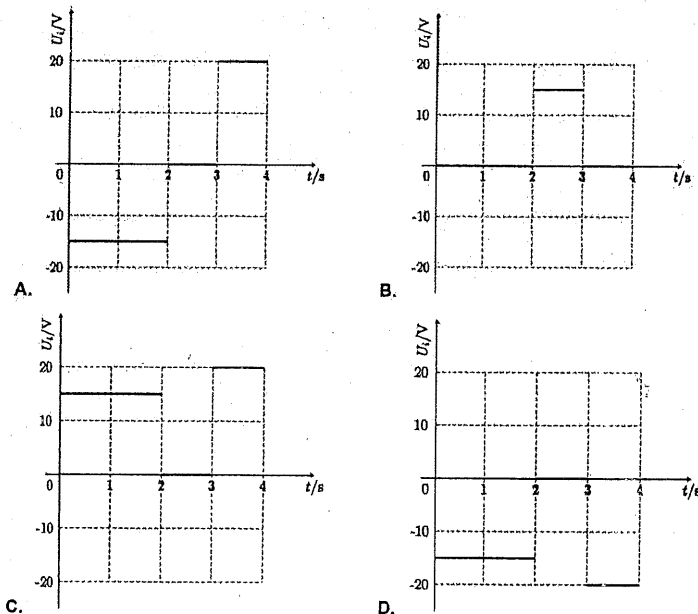
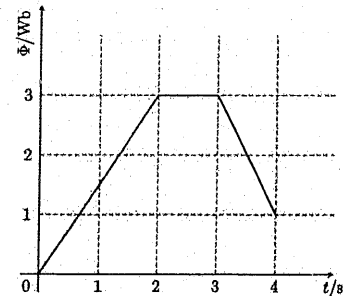
12.14 Vodljiva petlja u obliku kvadrata stranice a nalazi se u homogenome magnetskom polju B usmjerenome prema gore tako da je magnetski tok kroz petlju jednak $0a^2$. Petlji se promijeni oblik tako da sad izgleda kao kružnica, a opseg joj ostane isti. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R12058

- A. Magnetski se tok kroz petlju poveća i smjer je induciranoga magnetskog polja prema dolje.
- B. Magnetski se tok kroz petlju poveća i smjer je induciranoga magnetskog polja prema gore.
- C. Magnetski se tok kroz petlju smanji i smjer je induciranoga magnetskog polja prema dolje.
- D. Magnetski se tok kroz petlju smanji i smjer je induciranoga magnetskog polja prema gore.

12.15 Nabijena čestica mase $3,32 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ i naboja q ubrzava se iz mirovanja razlikom potencijala $4,9 \cdot 10^4 \text{ V}$ i tako ubrzana ulijeće okomito na silnice homogenoga magnetskog polja $1,5 \text{ T}$. Čestica u polju opisuje kružnicu polumjera $0,03 \text{ m}$. Koliko iznosi naboj čestice? R12057

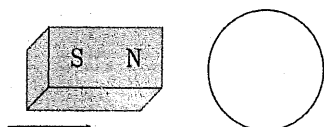
12.16 Elektron se u vakuumu giba brzinom $3 \cdot 10^4$ m/s blizu ravnoga vodiča kojim prolazi struja 4 A. Kolikom silom vodič djeluje na elektron u trenutku kad on proljeće pokraj vodiča na udaljenosti 2,5 cm u smjeru koji je paralelan s vodičem? R12056

12.17 Na slici je prikazan graf ovisnosti magnetskoga toka o vremenu u zavojnici. Koja slika točno prikazuje graf ovisnosti induciranoga napona o vremenu? R12055

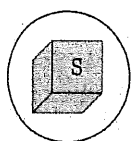


12.18 U kojemu se od slučajeva prikazanih na slikama **neće** inducirati struja u metalnome prstenu? R12054

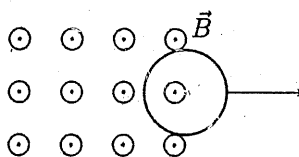
A. Magnet se pomiče paralelno ravnini prstena.



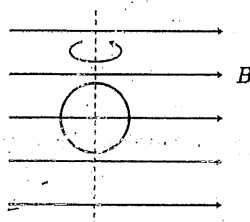
B. Magnet miruje unutar ravnine prstena.



C. Prsten se pomiče udesno tako da izlazi iz magnetskoga polja iznosa B .

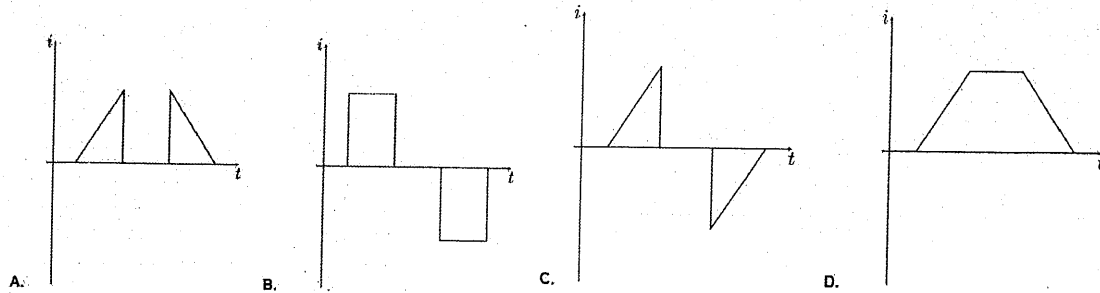
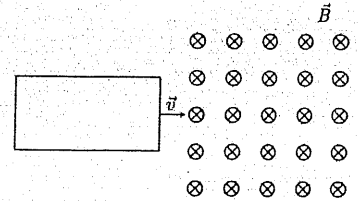


D. Prsten rotira oko označene osi u magnetskome polju iznosa B .



12.19 Dvije paralelne žice, svaka duljine 1,2 m i mase 25 mg, nalaze se u vertikalnoj ravnini jedna iznad druge. Žice su smještene okomito na silnice homogenoga magnetskog polja iznosa 0,2 mT. Kroz svaku žicu prolazi struja iznosa 10 A u istome smjeru. Donja je žica učvršćena, a gornja lebdi iznad nje. Žice se nalaze u zraku i zanemaruje se sila uzgona. Kolika je udaljenost između žica? R12053

12.20 Vodljiva strujna petlja stalnom brzinom v ulazi u homogeno magnetsko polje indukcije B okomito prema silnicama toga polja kao što je prikazano na slici. Koji graf ispravno prikazuje ovisnost inducirane struje o vremenu za ovaj slučaj? R12052

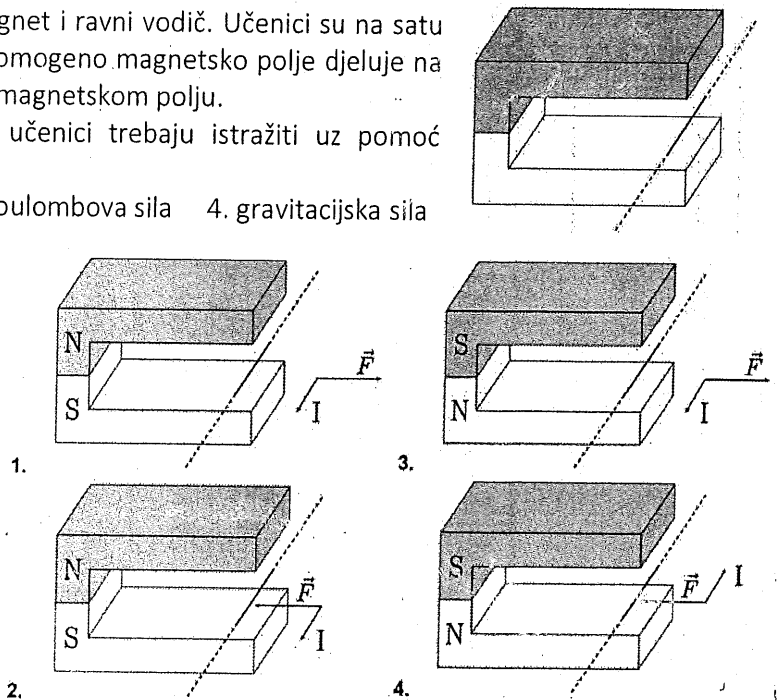


12.21 Na slici su prikazani potkovasti magnet i ravni vodič. Učenici su na satu fizike dobili zadatak da istraže silu kojom homogeno magnetsko polje djeluje na vodič kojim prolazi struja i nalazi se u tome magnetskom polju.

a) Na crtu napišite redni broj sile koju učenici trebaju istražiti uz pomoć prikazanoga pribora. R12051

1. Ampereova sila 2. Lorentzova sila 3. Coulombova sila 4. gravitacijska sila

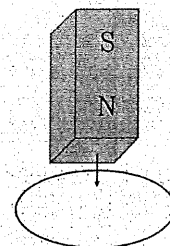
b) Učenici su dobili zadatak da ispravno označe polove magneta prema smjeru struje u vodiču i smjeru sile koja je djelovala na vodič. Na crtu napišite redni broj crteža na kojemu su ispravno označeni polovi magneta. R12051



c) Magnetska indukcija u prostoru gdje se nalazi vodič iznosi $0,1 \text{ T}$. Duljina vodiča na koji djeluje sila iznosi 3 cm , a struja kroz njega $0,5 \text{ A}$. Silnice magnetskoga polja okomite su na vodič. Koliki je iznos sile kojom magnetsko polje magneta djeluje na vodič? R12051

12.22 Štapičasti magnet slobodno pada kroz metalni prsten. Koja je od navedenih tvrdnja istinita u trenutku ulaska magneta kroz prsten kao što je prikazano na slici? R12050

- A. Smjer inducirane struje u prstenu poklapa se sa smjerom gibanja kazaljke na satu.
- B. Smjer inducirane struje u prstenu obrnut je od smjera gibanja kazaljke na satu.
- C. Smjer inducirane struje u prstenu upravo se mijenja.
- D. U prstenu nema inducirane struje.

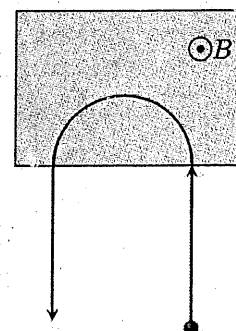


12.23 Ion argona naboja $1,6 \cdot 10^{-19}$ C ubrzan je u električnome polju razlikom potencijala 900 V iz mirovanja. Nakon što se ubrza, ion ulijeće okomito na silnice homogenoga magnetskog polja iznosa 400 mT i giba se po kružnoj putanji polumjera 7,5 cm. Kolika je masa iona argona? R12049

12.24 Učenik je od zavojnice napravio elektromagnet tako da ju je priključio na izvor napona. Što od navedenoga treba napraviti učenik kako bi se smanjilo magnetsko polje unutar zavojnice? R12048

- A. povećati struju koja prolazi zavojnicom
- B. povećati broj namotaja zavojnice
- C. rastegnuti zavojnicu
- D. umetnuti željeznu jezgru unutar zavojnice

12.25 Nabijena čestica ulazi u homogeno magnetsko polje iznosa 0,5 T okomito na silnice polja koje izlaze iz površine papira i pritom opisuje polukružnu putanju kao na slici. Masa čestice iznosi $2,7 \cdot 10^{-30}$ kg, a naboj $9,6 \cdot 10^{-19}$ C. Je li čestica pozitivno ili negativno nabijena? Koliko se dugo čestica nalazi u tome magnetskom polju? R12047



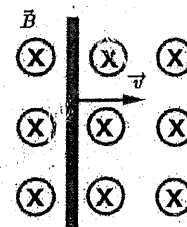
12.26 Okomito na silnice homogenoga magnetskog polja indukcije 1,2 T postavljen je vodič savijen u obliku kružnice polumjera 2 cm. Povećanjem magnetske indukcije polja tijekom 2 s u vodiču se inducira struja 0,8 mA. Na koju se vrijednost povećala indukcija homogenoga polja ako je otpor vodiča 1 Ω? R12046

12.27 U kojemu od navedenih slučajeva neće doći do pojave elektromagnetske indukcije? R12045

- A. Vodič se giba okomito na silnice magnetskoga polja.
- B. Vodič se giba usporedno sa silnicama magnetskoga polja.
- C. Vodič miruje u magnetskome polju koje se povećava.
- D. Vodič miruje u magnetskome polju koje se smanjuje.

12.28 Na slici je prikazana metalna žica koja se giba u homogenome magnetskom polju. Što se događa s induciranim naponom na krajevima žice kada iznos brzine raste? R12044

- A) Povećava se.
- B) Smanjuje se.
- C) Ostaje jednak.
- D) Jednak je nuli.

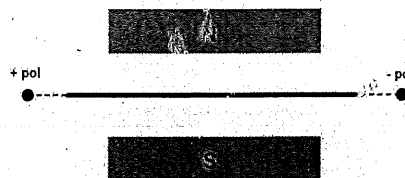


12.29 Kako se može povećati magnetska indukcija unutar zavojnice promjenom samo jedne veličine? R12043

- A. smanjenjem struje kroz zavojnicu
- B. smanjenjem broja namotaja zavojnice
- C. povećanjem duljine zavojnice
- D. dodavanjem željezne šipke unutar zavojnice

12.30 Između polova magneta nalazi se ravni vodič. U kojemu se smjeru pomakne vodič kada se priključi na izvor napona kao što je prikazano na slici? R12042

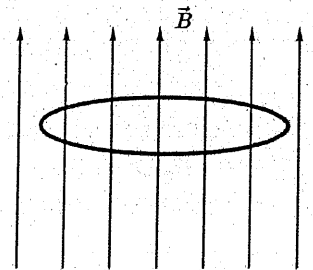
- A) x
- B) ·
- C) ↑
- D) ↓



12.31 U katodnoj cijevi elektroni se u početku gibaju horizontalno od zapada prema istoku i imaju kinetičku energiju $2,4 \cdot 10^{-15}$ J. Okomita komponenta Zemljina polja usmjerena je prema površini Zemlje i ima vrijednost $2 \cdot 10^{-5}$ T. Kolika je akceleracija elektrona u katodnoj cijevi? R12041

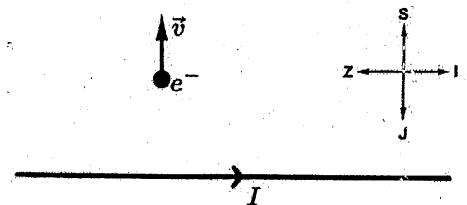
12.32 Homogeno magnetsko polje stalnoga iznosa usmjereno je vertikalno prema gore. U tome se polju u slobodan pad pusti horizontalno postavljena petlja kao što je prikazano na slici. Koja je od navedenih tvrdnja istinita? R12040

- A. U petlji se inducira struja u smjeru kazaljke na satu.
- B. U petlji se inducira struja obrnuto od smjera kazaljke na satu.
- C. Smjer inducirane struje u petlji mijenja se u vremenu.
- D. U petlji nema inducirane struje.



12.33 Proton uleti brzinom 100 m/s u homogeno magnetsko polje iznosa 0,2 mT. Vektor brzine i vektor polja zatvaraju kut od 60° . Koliko punih namotaja spirale napravi proton dok se pomakne 1 m u smjeru polja? R12039

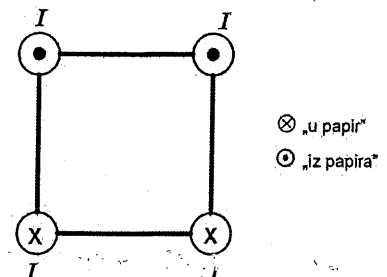
12.34 Na slici je prikazan elektron e^- koji se giba brzinom v u blizini ravnoga vodiča kojim prolazi struja I . Orijentacija vektora brzine elektrona i smjer struje naznačeni su na slici. U kojemu smjeru djeluje magnetska sila na elektron? R12038



- A) u smjeru istoka
- B) u smjeru zapada
- C) u smjeru sjevera
- D) u smjeru juga

12.35 Na slici su prikazana četiri duga paralelna vodiča kroz koje prolaze struje jednake jakosti I u naznačenim smjerovima. Vodiči se nalaze u vrhovima kvadrata. Koja je orijentacija vektora magnetskoga polja \vec{B} u središtu kvadrata? R12037

- A) \downarrow
- B) \uparrow
- C) \leftarrow
- D) \rightarrow



12.36 Alfa-čestica mase $6,68 \cdot 10^{-27}$ kg i naboja $+2e$ ima energiju 2 keV i ulijeće u magnetsko polje indukcije 0,2 T okomito na smjer silnica polja. Koliki je polumjer putanje koju opisuje alfa-čestica u tome polju? R12036

12.37 Elektron i proton ulijeću jedan za drugim u homogeno magnetsko polje okomito na smjer polja indukcije 30 mT. Početne brzine elektrona i protona iznose 10^5 m/s. Elektron i proton izlaze iz polja nakon što svaki od njih opiše pola kružnice. Koliki je razmak između točaka u kojima su elektron i proton napustili polje? R12035

12.38 Na slici je prikazan dio dugoga ravnog vodiča kojim prolazi električna struja I . Koja je orijentacija vektora magnetske indukcije B u točki G? R12034



- A) prema dolje \downarrow
- B) iz ravnine papira
- C) prema gore \uparrow
- D) u ravninu papira \times

12.39 Struja prolazi kroz dva paralelna beskonačna vodiča u istome smjeru. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R12033

- A. Vodiči ne djeluju jedan na drugoga.
- B. Vodiči se međusobno privlače.
- C. Vodiči se međusobno odbijaju.

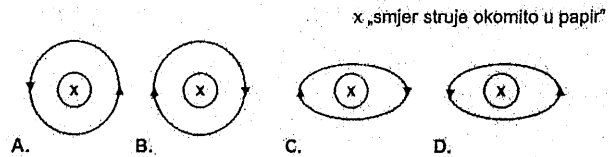
12.40 Vodič duljine 20 cm nalazi se u magnetskome polju i sa smjerom polja zatvara kut 30° . Kolika je magnetska indukcija ako vodičem prolazi struja 2 A i ako na njega djeluje sila 4 mN? R12032

12.41 Što je od navedenoga elektromagnet? R12031

- A. magnet koji miruje u električnome polju B. vodič kojim prolazi električna struja
C. vodič koji miruje u magnetskome polju D. vodič koji miruje u električnome polju

12.42 Elektron kinetičke energije 200 eV uleti u homogeno magnetsko polje indukcije 5 mT okomito na silnice magnetskoga polja. Koliki je polumjer kružne putanje po kojoj se giba elektron? R12030

12.43 Koja od ponuđenih slika točno prikazuje silnicu magnetskoga polja oko ravnoga vodiča kojim prolazi struja okomito na ravninu papira? R12029



12.44 Metalni obruč otpora 2Ω nalazi se u homogenome magnetskom polju. Obruč je postavljen okomito na magnetske silnice. Kolika količina naboja proteče obručem kada se magnetski tok promijeni za $5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$? R12028

12.45 Vodič se nalazi u magnetskome polju. U kojemu se od navedenih primjera na krajevima vodiča ne inducira napon? R12027

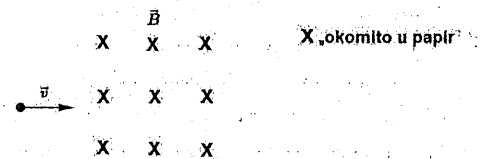
- A. ako se vodič giba paralelno sa silnicama magnetskoga polja
B. ako se vodič giba okomito na silnice magnetskoga polja
C. ako se magnetska indukcija polja smanjuje
D. ako se magnetska indukcija polja povećava

12.46 Štapićasti magnet razdijelimo u dva dijela i postavimo ih blizu jedan drugomu kao što je prikazano na slici. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R12026

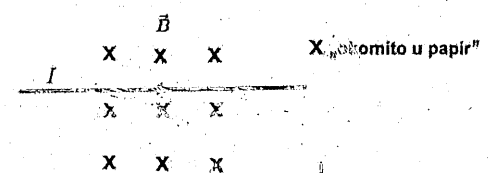


- A. Između dvaju razdvojenih dijelova magneta postoji privlačna magnetska sila.
B. Između dvaju razdvojenih dijelova magneta postoji odbojna magnetska sila.
C. Između dvaju razdvojenih dijelova magneta ne postoji magnetska sila.

12.47 Okomito na silnice homogenoga magnetskog polja uleti α -čestica brzinom $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ kao što je prikazano na slici. Kolika mora biti jakost tog magnetskog polja da se α -čestica nastavi gibati po kružnici polumjera 10 cm? ($q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_\alpha = 6,68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$). R12025

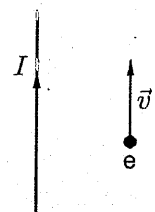


12.48 Dugi ravni vodič kojim prolazi električna struja jakosti I nalazi se u homogenome magnetskom polju indukcije B kao što je prikazano na slici. U kojemu smjeru djeluje magnetska sila na vodič? R12024

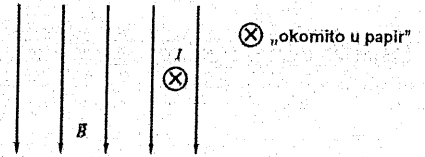


- A) \uparrow B) \downarrow C) \rightarrow D) \leftarrow

12.49 Elektron se giba brzinom $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ paralelno s ravnim vodičem kroz koji prolazi električna struja jakosti 2 A. Smjer struje i smjer brzine elektrona prikazani su na slici. Kolikom silom vodič djeluje na elektron ako su oni udaljeni 3 cm? R12023

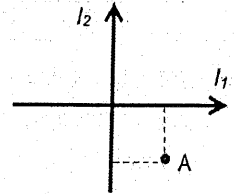


12.50 U homogenome magnetskom polju indukcije B nalazi se vodič kojim teče struja I . Vodič je postavljen okomito na ravninu papira kao što je prikazano na slici. U kojemu smjeru djeluje magnetska sila na vodič? R12022



- A) ulijevo B) okomito iz papira C) okomito u papir D) udesno

12.51 Kroz dva duga ravna vodiča koji se sijeku pod pravim kutom prolaze struje $I_1 = I_2 = 10$ A. Točka A udaljena je 2 cm od svakoga vodiča kao što je prikazano na slici. Koliki je iznos magnetskoga polja B u točki A? Vodiči i točka A nalaze se u istoj ravnini. R12021

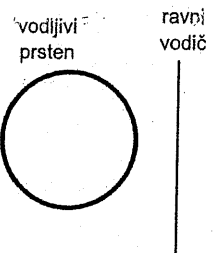


- A) 0 T B) $5 \cdot 10^{-5}$ T C) $1 \cdot 10^{-4}$ T D) $2 \cdot 10^{-4}$ T

12.52 Magnetsko polje na udaljenosti 5 cm od ravnoga vodiča kojim teče struja iznosi 10^{-4} T. Koliko iznosi struja koja teče kroz taj vodič? R12020

12.53 Zavojnicom koja ima 20 namotaja po centimetru duljine prolazi struja 5 A. Kolika je magnetska indukcija unutar zavojnice? R12019

12.54 Pored vodljivoga prstena nalazi se ravni vodič kao što je prikazano na crtežu. Ravni vodič i vodljivi prsten miruju. U kojemu od navedenih slučajeva struja prolazi vodljivim prstenom? R12018



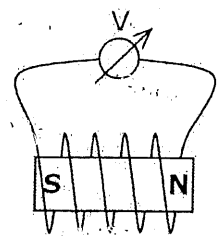
- A. Ravnim vodičem ne prolazi struja i negativno je nabijen.
B. Ravnim vodičem ne prolazi struja i pozitivno je nabijen.
C. Ravnim vodičem prolazi izmjenična struja.
D. Ravnim vodičem prolazi struja stalnoga iznosa.

12.55 Proton se giba brzinom $5 \cdot 10^6$ m/s po kružnoj stazi okomito na silnice magnetskoga polja iznosa 0,2 T. Koliki je polumjer staze gibanja toga protona? R12017

- A) 6 cm B) 8 cm C) 18 cm D) 26 cm

12.56 Zavojnica je priključena na voltmetar. U zavojnici se nalazi magnet kao što je prikazano na crtežu. Promatramo dva slučaja:

1. Magnet unutar zavojnice miruje.
2. Magnet se izvlači iz zavojnice.



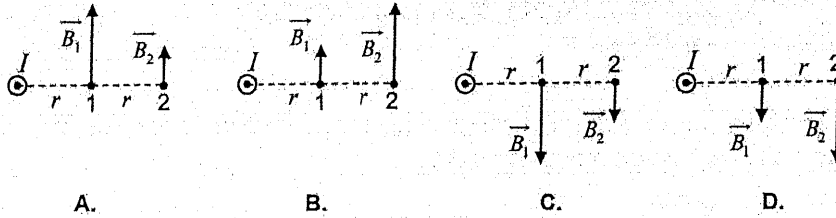
Što se od navedenoga događa s kazaljkom voltmetra? R12016

- A. Otkloni se i u prvome i u drugome slučaju. B. Otkloni se samo u prvome slučaju.
C. Otkloni se samo u drugome slučaju. D. Ne otkloni se ni u prvome ni u drugome slučaju.

12.57 Elektron je ubačen u homogeno električno polje. Kakva treba biti orijentacija početne brzine elektrona, da li se on u električnome polju giba jednoliko ubrzano po pravcu? R12015

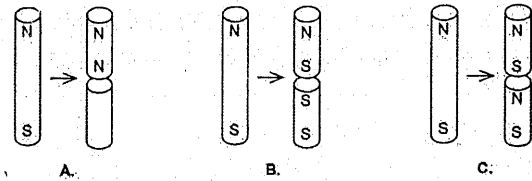
- A) jednaka orijentaciji električnog polja B) suprotna orijentaciji električnog polja
C) okomita na električno polje D) pod kutom od 45° u odnosu na električno polje

12.58 Ravnim vodičem prolazi struja I . Točka 1 udaljena je od vodiča za r , a točka 2 za $2r$. Struja prolazi okomito iz ravnine crtanja. Koji od ponuđenih crteža točno prikazuje vektore magnetskoga polja u točkama 1 i 2? R12014



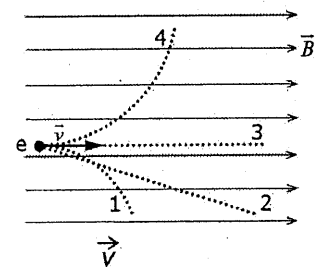
12.59 Magnetsko polje u središtu zavojnice kojom prolazi struja iznosi 2 mT. Koliko će to polje iznositi ako se u zavojnicu umetne željezna jezgra relativne permeabilnosti 120? R12013

12.60 Ravni se magnet razdijeli na dva jednaka komada. Koji od ponuđenih crteža točno prikazuje dijeljenje magneta? R12012



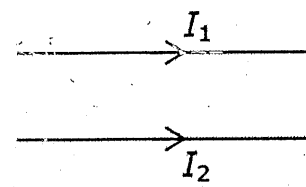
12.61 Elektron ulijeće u homogeno magnetsko polje okomito na silnice polja. Što se događa s brzinom elektrona dok se giba u magnetskome polju? R12011
 A. Brzini se mijenjaju smjer i iznos. B. Brzini se ne mijenjaju ni smjer niti iznos.
 C. Brzini se mijenja smjer; a po iznosu je stalna. D. Brzina je po smjeru stalna, a rrijenja joj se iznos.

12.62 Elektron ulijeće brzinom \vec{v} u homogeno magnetsko polje \vec{B} paralelno silnicama polja. Po kojoj će se od putanja predloženih na crtežu gibati elektron u tom magnetskom polju? R12010
 A) 1 B) 2 C) 3 D) 4



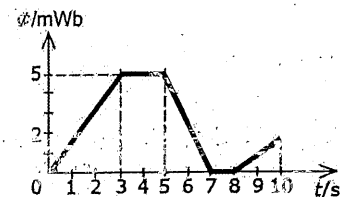
Znak \otimes označava homogeno magnetsko polje koje ulazi okomito u papir.

12.63 Proton prolazi dijelom prostora u kojem na njega djeluje homogeno magnetsko polje. Koja strjelica prikazuje smjer sile na proton u trenutku prikazanom na crtežu? R12009
 A) \uparrow B) \rightarrow C) \downarrow D) \leftarrow



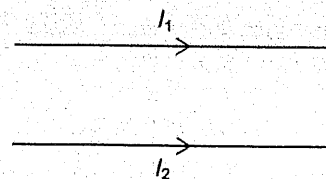
12.64 Dva paralelna vodiča nalaze se u vakuumu. Kroz njih prolaze struje I_1 i I_2 , kako je prikazano na crtežu. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R12008
 A. Vodiči se međusobno odbijaju.
 B. Vodiči se međusobno privlače.
 C. Vodiči ne djeluju jedan na drugog jer su u vakuumu.
 D. Vodiči ne djeluju jedan na drugog jer su paralelni.

12.65 Zavojnica zanemarivog omskog otpora ima 600 zavoja. Crtež prikazuje graf magnetskog toka kroz tu zavojnicu u ovisnosti o vremenu. a) U kojem je vremenskom intervalu inducirani napon na krajevima zavojnice najveći? b) Koliko iznosi taj napon? R12007



12.66 Magnet se izvlači iz zavojnice s 400 zavoja tako da srednja brzina promjene magnetskoga toka kroz jedan zavoj iznosi 10 mWb/s. Koliko pritom iznosi napon u strujnome krugu? R12006
 A) 0 V B) 1 V C) 4 V D) 10 V

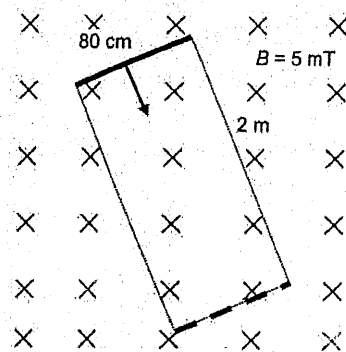
12.67 Dva duga, ravna i međusobno paralelna vodiča nalaze se u homogenome magnetskome polju od $2 \cdot 10^{-6}$ T. Vodičima teku struje 10 A u istome smjeru. Vodiči se nalaze u ravnini okomitoj na silnice magnetskoga polja i međusobno su udaljeni 0.2 m. Kolika je ukupna sila na 1 m duljine vodiča kojim teče struja I_1 ? R12005



12.68 Na udaljenosti 2 m od ravnoga vodiča kojim teče stalna struja magnetsko polje iznosi 2 mT. Na kolikoj udaljenosti od toga vodiča magnetsko polje iznosi 4 mT? R12004

- A) 1 m B) 2 m C) 4 m D) 8 m

12.69 Na slici je prikazan bakreni štap koji leži u magnetskome polju iznosa 5 mT. Štap se jednoliko pomiče okomito na silnice polja brzinom 20 m/s. Pritom se između krajeva štapa inducira napon od 0,08 V. a) Kolika je duljina štapa? b) Na slici označite na kojem je kraju štapa + pol, a na kojem – pol. R12003

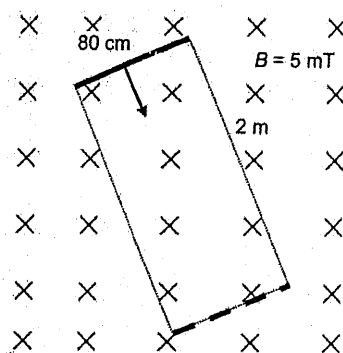


12.70 Na udaljenosti 2 m od ravnoga vodiča kojim teče stalna struja magnetsko polje iznosi 4 mT. Koliko će iznositi magnetsko polje na udaljenosti 1 m od toga vodiča? R12002

- A) 2 mT B) 4 mT C) 8 mT D) 16 mT

12.71 Na slici je prikazan bakreni štap duljine 80 cm koji leži u magnetskome polju iznosa 5 mT. Štap se jednoliko pomiče okomito na silnice polja brzinom 20 m/s. a) Koliki se napon inducira između krajeva štapa? b) Na slici označite na kojem je kraju štapa + pol, a na kojem – pol. R12001

Križići označuju da silnice polja imaju smjer okomito u papir.



Križići označuju da silnice polja imaju smjer okomito u papir.

13. IZMJENIČNA STRUJA

Courage is not the absence of fear but the ability to act in spite of it.

-Mark Twain

Do sada smo proučavali istosmjernu struju stalne jakosti. Inače, jakost struje se može mijenjati s vremenom, a najčešći slučaj je da se mijenja sinusoidalno, tj. zapisuje se u obliku

$$i = I_0 \sin(\omega t)$$

gdje su:

- i - trenutna vrijednost struje [A]
- I_0 - maksimalna vrijednost struje (amplituda sinusne funkcije) [A]
- ω - kutna frekvencija ($\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$), [s^{-1} ili rad/s]
- t - vrijeme [s]

Najčešća frekvencija izmjenične struje je 50 Hz, tj. period je 0.02 s ($T = \frac{1}{f}$)

VAŽNO:

budući da se ω mjeri u rad/s kalkulator mora biti u radijanima kada se računa trenutna vrijednost struje

Na isti način mijenja se i napon u krugu izmjenične struje

$u = U_0 \sin(\omega t)$ uz isto značenje slova.

Ukupni otpor u krugu izmjenične naziva se impedancija Z , a može se računati prema formulama

$$Z = \frac{U_0}{I_0} = \frac{u}{i}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

pri čemu su:

- R - ukupni omski otpor (spominje li se više omskih otpora tada njih prvo treba zbrojiti, najčešće serijski)
- R_L - induktivni otpor (dodatni otpor koji ima zavojnica u krugu izmjenične struje)
- R_C - kapacitivni otpor (dodatni otpor koji ima kondenzator u krugu izmjenične struje)

Korisno je zapamtiti i sljedeće:

- iz izraza za impedanciju vidi se da će ona biti najmanja (minimalna) kada su pod korjenom R_L i R_C jednaki, tj. kada je $R_L = R_C$. Iz te se jednakosti može dobiti period, frekvencija, kapacitet kondenzatora ili induktivnost zavojnice. Sinonim za minimalnu impedanciju je pojam rezonancija u krugu izmjenične struje

Induktivni i kapacitivni otpor imaju svoje posebne formule

$$R_L = L\omega \quad R_C = \frac{1}{C\omega}$$

pri čemu su:

- L - induktivnost zavojnice [H- henri]
- C - kapacitet kondenzatora [F- farad]

Ukoliko se neki od elemenata ne spominje tada je njegov otpor jednak nuli.

Kada vodičem teče struja oko njega se stvara magnetsko polje ($B = \mu_0\mu_r \frac{I}{2r\pi}$). Tako je i sada kod izmjenične struje ($B = \mu_0\mu_r \frac{I_0 \sin(\omega t)}{2r\pi}$) samo što se iznos magnetskog polja sinusoidalno mijenja, tj. nije stalno. Zbog toga se mijenja i magnetski tok ($\Phi = BS \cos\alpha$) pa se mogu inducirati naponi u okolnim vodičima ($U_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$). Ovo je korisno zbog teorije, u zadacima se ne pojavljuje.

U krugu izmjenične struje napon se mijenja prema formuli $u = U_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$, pri čemu je u trenutna vrijednost napona, a U_0 maksimalna vrijednost napona. Postoji i tzv. efektivni napon U_{ef} koji se računa kao $U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$, a predstavlja kvadratnu srednju vrijednost napona, i o njemu ovise učinci struje.

Isto vrijedi i za struju, tj. $i = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$, $I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

Elektricitet i magnetizam

$$F = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon_r r^2}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{k q}{\epsilon_r r^2}$$

$$W = qU$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\varphi = \frac{k q}{\epsilon_r r}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_u + R_v}$$

$$P = UI$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2r\pi}$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{\ell}$$

$$F = BI\ell \sin \alpha$$

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$U_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$U_i = -B\ell v \sin \alpha$$

$$I = \frac{U}{Z}$$

$$R_L = L\omega$$

$$R_C = \frac{1}{C\omega}$$

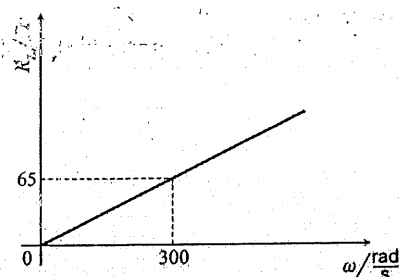
$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

ZADACI

13.1 Izmjenična struja opisana je jednadžbom $i = 0,2A \sin(110\pi s^{-1}t)$. Kolika je frekvencija opisane izmjenične struje? R13031

13.2 Na slici je prikazana ovisnost induktivnog otpora o kružnoj frekvenciji. Koliki je induktivitet zavojnice? R13030

13.3 Otpornik otpora 30Ω spojen je serijski sa zavojnicom i kondenzatorom na izvor izmjeničnoga napona tako da induktivni otpor zavojnice iznosi 60Ω , a kapacitivni otpor kondenzatora 100Ω . Koliko iznosi ukupni otpor toga RLC kruga? R13029



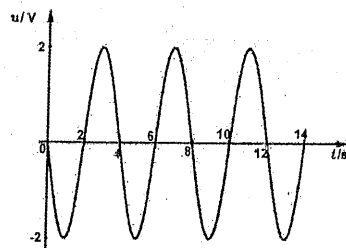
13.4 Na žarulji \check{Z}_1 stoji oznaka 100 W i 230 V, a na žarulji \check{Z}_2 40 W i 230 V. Žarulje se prvo spajaju paralelno, a zatim serijski na izmjenični izvor napona 230 V. Koja je od navedenih tvrdnja točna za sjaj žarulja u navedenim spojevima? R13028

- A. I u paralelnome i u serijskome spoju jače sjaji žarulja \check{Z}_1 .
- B. I u paralelnome i u serijskome spoju jače sjaji žarulja \check{Z}_2 .
- C. U paralelnome spoju jače sjaji žarulja \check{Z}_1 , a u serijskome spoju jače sjaji žarulja \check{Z}_2 .
- D. U paralelnome spoju jače sjaji žarulja \check{Z}_2 , a u serijskome spoju jače sjaji žarulja \check{Z}_1 .

13.5 Zavojnica induktivnoga otpora 12 Ω , kondenzator kapacitivnoga otpora 20 Ω i otpornik otpora 15 Ω spojeni su u seriju i priključeni na izvor izmjeničnoga napona. Kolika je impedancija u tome strujnom krugu? R13027

13.6 Na slici je prikazan graf ovisnosti trenutačnoga napona u o vremenu t . Koliko iznose maksimalni U_0 i efektivna vrijednost napona U_{ef} ? R13026

- A) $U_0 = 4V, U_{ef} = 2\sqrt{2}V$
- B) $U_0 = 2V, U_{ef} = \sqrt{2}V$
- C) $U_0 = 2V, U_{ef} = 1/\sqrt{2}V$
- D) $U_0 = \sqrt{2}V, U_{ef} = 2V$

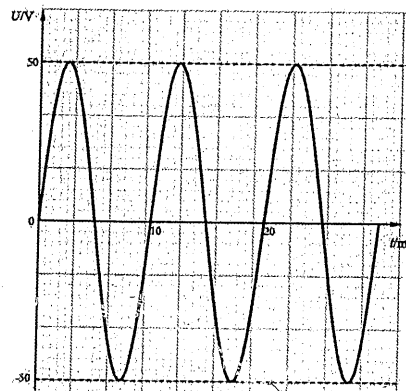


13.7 Otpornik, zavojnica i kondenzator vezani su u seriju na izvor izmjeničnoga napona. Struja u krugu ima maksimalnu vrijednost i u fazi je s naponom. Koliki je tada ukupni otpor? R13025

- A) $Z = 0$
- B) $Z = R$
- C) $Z = R_L - R_C$
- D) $Z = \sqrt{R^2 + (R_L - (-R_C))^2}$

13.8 Otpornik otpora $R = 100 \Omega$ spojen je na izvor izmjeničnoga napona. Na slici je prikazana ovisnost napona na otporniku o vremenu. Koliko iznosi maksimalna električna struja koja prolazi kroz otpornik? R13024

- A) 0 A
- B) 0.5 A
- C) 50 A
- D) 5000 A



13.9 Otpornik i kondenzator spojeni su serijski na izvor izmjenične struje. Kako će se promijeniti ukupan otpor u krugu izmjenične struje ako se frekvencija poveća? R13023

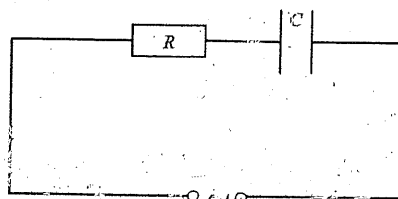
- A) Smanjit će se.
- B) Povećan će se.
- C) Ostat će jednak.

13.10 Kondenzator kapacitivnoga otpora 100 Ω nalazi se u krugu izmjenične struje frekvencije 50 Hz. Koliki je kapacitet kondenzatora? R13022

- A) 0.32 F
- B) 32 mF
- C) 32 μ F
- D) 32 nF

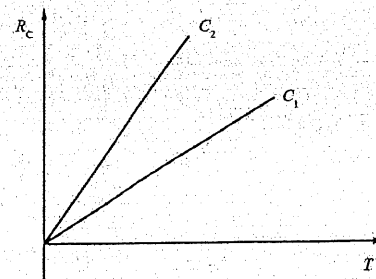
13.11 Na slici je prikazan izmjenični RC strujni krug. Kojim se od navedenih izraza računa impedancija toga strujnog kruga? R13021

- A) $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$
- B) $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
- C) $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
- D) $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2 - \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$



13.12 U serijskome RC spoju izmjenične struje kapacitivni otpor iznosi 40Ω , a omski otpor 30Ω . Kolika je impedancija toga spoja? R13020

13.13 Na grafu je prikazana ovisnost kapacitivnoga otpora R_c o periodu T izmjenične struje za kondenzatore kapaciteta C_1 i C_2 . Koji je odnos kapaciteta C_1 i C_2 ? R13019



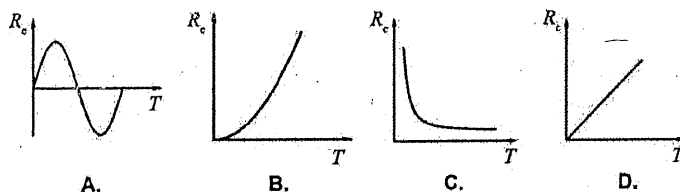
- A) $C_1 > C_2$ B) $C_1 < C_2$ C) $C_1 = C_2$

13.14 U serijskome RLC spoju izmjenične struje induktivni otpor iznosi 20Ω , kapacitivni otpor 60Ω , a omski otpor 30Ω . Kolika je impedancija toga spoja? R13018

13.15 Izmjenična struja maksimalne vrijednosti 5 A i frekvencije 50 Hz prolazi kroz potrošač otpora 10Ω . Koji izraz opisuje ovisnost izmjeničnoga napona na potrošaču o vremenu? R13017

- A) $u = 2V \sin(50s^{-1}t)$ B) $u = 2V \sin(314s^{-1}t)$
C) $u = 50V \sin(50s^{-1}t)$ D) $u = 50V \sin(314s^{-1}t)$

13.16 Koji graf prikazuje ovisnost kapacitetskoga otpora R_c o periodu T u krugu izmjenične struje? R13016



13.17 Zavojnica induktivnoga otpora 120Ω nalazi se u krugu izmjenične struje frekvencije 60 Hz . Koliki je induktivitet zavojnice? R13015

- A) $22.1 \mu\text{H}$ B) $138.9 \mu\text{H}$ C) 0.318 H D) 2 H

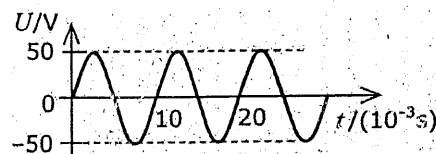
13.18 Kondenzator kapacitivnoga otpora 120Ω nalazi se u krugu izmjenične struje frekvencije 60 Hz . Koliki je kapacitet toga kondenzatora? R13014

- A) $22.1 \mu\text{F}$ B) $138.9 \mu\text{F}$ C) 0.318 F D) 2 F

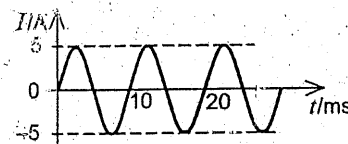
13.19 Zavojnica i otpornik otpora 25Ω serijski su spojeni na izvor izmjeničnoga napona 20 V i frekvencije 50 Hz . Omski otpor zavojnice je 10Ω , a njezin induktivitet $0,1 \text{ H}$. Kolika struja prolazi zavojnicom? R13013

13.20 Koliki je induktivni otpor zavojnice induktiviteta $0,4 \text{ H}$ kada njom prolazi izmjenična struja frekvencije 50 Hz ? Zanemarite omski otpor zavojnice. R13012

13.21 Kondenzator kapaciteta C serijski je spojen sa zavojnicom induktiviteta $0,5 \text{ H}$ na izvor izmjeničnoga napona. Napon izvora ovisi o vremenu kao što je prikazano na crtežu. Koliki treba biti kapacitet C da bi impedancija strujnoga kruga bila minimalna? R13011



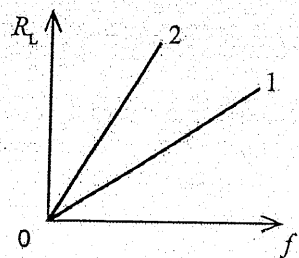
13.22 Otpornik otpora 100Ω spojen je u krug izmjenične struje. Graf prikazuje struju koja prolazi kroz otpornik u ovisnosti o vremenu. Koliki je maksimalni napon na otporniku? R13010



- A) 5 V B) 10 V C) 50 V D) 500 V

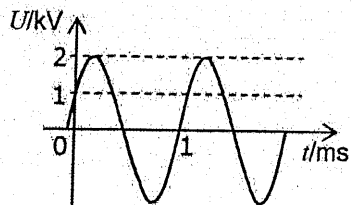
13.23 Zavojnicom Z_1 induktiviteta L_1 i zavojnicom Z_2 induktiviteta L_2 prolazi izmjenična struja. Crtež prikazuje dijagram induktivnoga otpora R_L tih zavojnica u ovisnosti o frekvenciji f izmjenične struje. Koji je odnos između induktiviteta L_1 i L_2 ? R13009

- A) $L_1 < L_2$ B) $L_1 = L_2$ C) $L_1 > L_2$



13.24 Zavojnica je spojena na izvor napona $u = 220\sqrt{2} V \sin(314ts^{-1})$. Zavojnicom prolazi maksimalna struja $2\sqrt{2} A$. Kolika je impedancija strujnoga kruga? R13008

13.25 Na crtežu je prikazan graf napona na kondenzatoru u ovisnosti o vremenu u strujnome krugu izmjenične struje. Kapacitet kondenzatora je 5 nF. Koliki je najveći iznos naboja na jednoj od ploča kondenzatora? R13007



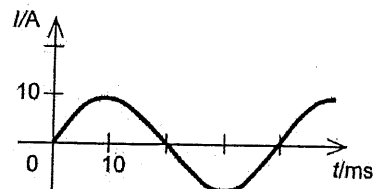
13.26 Kroz zavojnicu prolazi izmjenična struja. Kako se promijeni induktivni otpor zavojnice ako se period izmjenične struje poveća 3 puta? R13006

- A) Poveća se 3 puta. B) Smanji se 3 puta.
C) Poveća se $\sqrt{3}$ puta. D) Smanji se $\sqrt{3}$ puta.

13.27 Otpornik otpora 200Ω i kondenzator kapaciteta $10 \mu F$ serijski su spojeni na izvor izmjeničnog napona frekvencije 50 Hz. Kolika je impedancija tog strujnog kruga? R13005

13.28 Na grafu je prikazana ovisnost izmjenične struje o vremenu. Kolika je frekvencija struje? R13004

- A) 10 Hz B) 25 Hz C) 40 Hz D) 50 Hz



13.29 Zavojnica induktiviteta $0.25 H$ i kondenzator serijski su spojeni na izvor izmjeničnoga napona frekvencije 60 Hz. Izračunajte kapacitet kondenzatora ako je njegov kapacitivni otpor jednak induktivnomu otporu zavojnice. R13003

13.30 Krug izmjenične struje sastavljen je od serijskoga spoja otpornika omskoga otpora 300Ω i kondenzatora kapacitivnoga otpora 400Ω . Koliko iznosi impedancija ovoga strujnoga kruga? R13002

13.31 Krug izmjenične struje sastavljen je od zavojnice zanemarivoga omskoga otpora i induktivnoga otpora 600Ω te kondenzatora kapacitivnoga otpora 200Ω . Koliko iznosi impedancija ovoga strujnoga kruga? R13001

14. TITRANJE

Start before you are ready.

-Mel Robbins

Osnovni pojmovi kod titranja:

- **TITRANJE**- gibanje koje se periodički ponavlja (lijevo-desno, gore-dolje,...)
- **TITRAJ**- jedno cijelo ponavljanje gibanja
- **PERIOD**- vrijeme potrebno za jedan titraj
- **POLOŽAJ RAVNOTEŽE**- položaj s najmanjom potencijalnom energijom
- **ELONGACIJA**- bilo koja udaljenost tijela koje titra od položaja ravnoteže
- **AMPLITUDA**- najveća elongacija, tj. najveća udaljenost tijela koje titra od položaja ravnoteže

Prilikom titranja tijelo se trenutno zaustavi u amplitudnim položajima, a zatim se vraća prema položaju ravnoteže i prođe kroz njega, zaustavi se u amplitudi pa ide nazad itd.

PRIMJERI TITRANJA

Matematičko njihalo

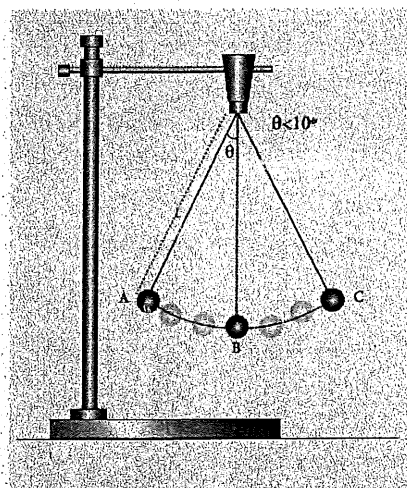
Matematičko njihalo sastoji se od malenog tijela vezanog za nit i stavljenog u titranje lijevo-desno, kao na slici. Tijekom gibanja tijelu se mijenja gravitacijska potencijalna energija i kinetička energija. U položajima A i C tijelo se zaustavi pa je tu kinetička energija jednaka nuli. U ta dva položaja je gravitacijska potencijalna energija ujedno najveća jer je tijelo na najvećem visini. To su **amplitudni položaji**.

U položaju B, koji se naziva i **položaj ravnoteže**, brzina kuglice je najveća pa je time i kinetička energija najveća. Gravitacijska potencijalna energija tu je najmanja jer je visina na kojoj se nađe tijelo najmanja. Uobičajeno je da se na tom položaju stavi da je visina 0 m i ostale visine se mjere po tome.

Zanemare li se gubici energije tijekom gibanja (zanemarimo li utjecaj zraka) tada je ukupna energija tijela (gravitacijska potencijalna + kinetička) konstantna.

Period titranja matematičkog njihala računa se iz relacije

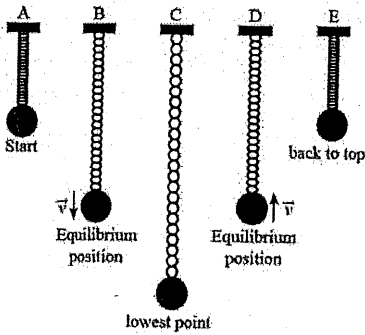
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



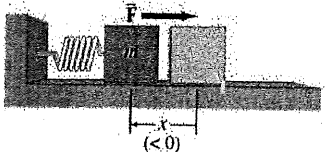
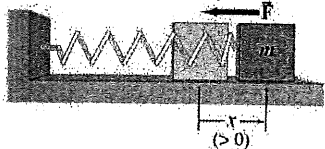
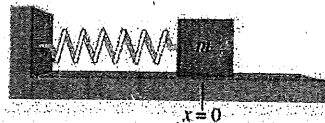
Iako se kod matematičkog njihala tijelo giba po kružnome luku ovo nije primjer jednolikog kružnog gibanja. Naime, tijekom gibanja tijelu se mijenjaju i brzina i akceleracija te ukupna sila na tijelo nije usmjerena prema središtu putanje (osim kada se tijelo nađe u položaju ravnoteže).

Hint: Ukupna energija tijela kod titranja na niti računa se kao $E_{UK}=E_K+E_{GP}$ te se za najniži položaj može pisati $h=0\text{m}$.

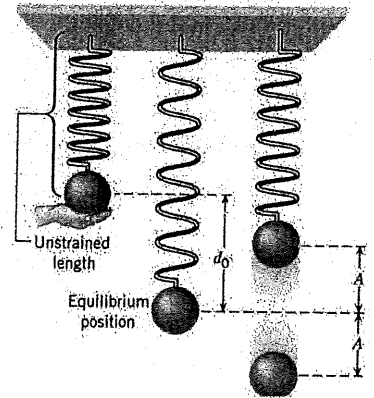
Titranje utega spojenog s oprugom



Tijelo se može postaviti u titranje i tako da se spoji s elastičnom oprugom te pomakne iz položaja ravnoteže. Elastična sila nastojati će vratiti tijelo u položaj ravnoteže te će doći do titranja. Na lijevoj slici prikazani su amplitudni (A, C i E) i ravnotežni (B i D) položaji prilikom titranja.



Na desnoj slici prikazano je produljenje opruge kada pridržavamo uteg (kao da nema utega), kada uteg miruje u ravnotežnom položaju te kada titra. I ovdje dolazi do promjene gravitacijske potencijalne, kinetičke, ali i elastične potencijalne energije. Za gravitacijsku potencijalnu i kinetičku energiju vrijedi sve kao kod matematičkog njihala. Treba samo dodati da je elastična potencijalna energija najveća onda kada je elongacija najveća, tj. u amplitudnim položajima.



Nešto jednostavnija situacija se dobije kada uteg titra horizontalno (tada nema promjene gravitacijske potencijalne energije) kao na slici lijevo. U ravnotežnom položaju brzina (i kinetička energija) je najveća, a u amplitudnim je nula. Za elastičnu potencijalnu energiju vrijedi obratno, najveća je u amplitudnim položajima, a najmanja u položaju ravnoteže.

Period titranja utega na opruzi dobije se iz relacije

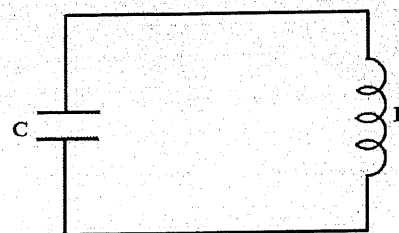
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Hint: Smjer elastične sile na tijelo koje titra je uvijek prema položaju ravnoteže.

Hint: Ukupna energija tijela kod titranja na opruzi računa se kao $E_{UK}=E_K+E_{EP}$ neovisno o tome titra li tijelo horizontalno ili vertikalno.

Titranje elektrona u LC strujnom krugu

Kada u LC strujni krug spojimo nabijeni kondenzator i zavojnicu doći će do titranja elektrona, tj. kondenzator će se naizmjenično prazniti i puniti. Električna energija pohranjena u kondenzatoru pretvarati će se u energiju magnetskog polja zavojnice i obratno. Zanemarimo li gubitke energije (nema omskih otpora) ovo titranje elektrona će trajati sve dok ne prekinemo strujni krug. Period titranja elektrona dobije se iz relacije



$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Iz gornje formule lako se dobije frekvencija titranja, koja često nosi naziv rezonantna ili Thomsonova frekvencija.

VRIJEDNOSTI KARAKTERISTIČNIH VELIČINA U RAVNOTEŽNOM I AMPLITUDNOM POLOŽAJU

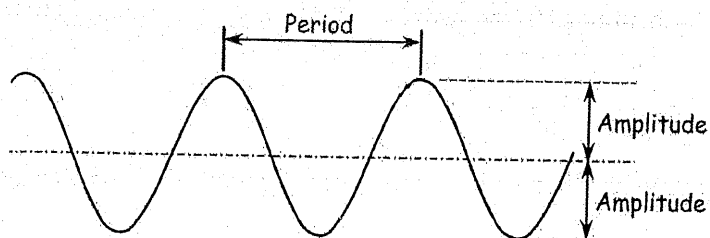
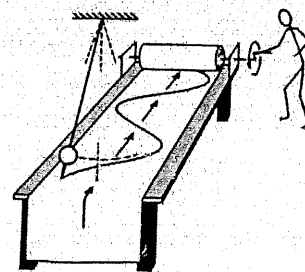
	x - elongacija	v - brzina	a - akceleracija	F_{el} - elastična sila
formula	$x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$	$v = v_0\cos(\omega t + \varphi_0)$	$a = -a_0\sin(\omega t + \varphi_0)$	$F_{el} = kx$
ravnatežni položaj $x=0$	0	$v_0 = \frac{2\pi A}{T}$	0	0
amplitudni položaj $x=A$	A	0	$a_0 = \frac{4\pi^2 A}{T^2}$	kA

	E_{EP} - elastična potencijalna energija	E_{GP} - gravitacijska potencijalna energija	E_K - kinetička energija	E_{UK} - ukupna energija
formula	$E_{EP} = \frac{kx^2}{2}$	$E_{GP} = mgh$	$E_K = \frac{mv^2}{2}$	$E_{UK} = E_{EP} + E_{GP} + E_K$
ravnatežni položaj $x=0$	0	0	$\frac{kA^2}{2}$	$\frac{kA^2}{2}$
amplitudni položaj $x=A$	$\frac{kA^2}{2}$	mgH (samo kod mat. nihalja)	0	$\frac{kA^2}{2}$

Hint: Bilo koje titranje je nejednoliko ubrzano/usporeno gibanje jer se akceleracija mijenja.

VREMENSKI PRIKAZ TITRANJA

Kada se elongacija tijela prikaže na x-t grafu dobije se sinusoida. Na slici desno prikazan je način bilježenja elongacije matematičkog njihala. Na kugli je postavljena olovka koja ostavlja trag na papiru koji stalnom brzinom prolazi ispod nje. Naravno da će s vremenom titranje prestati jer dolazi do gubitaka energije zbog trenja između olovke i papira.



REZONANCIJA

Za dva tijela kažemo da su u rezonanciji onda kada su im vlastite frekvencije titranja približno jednake. Tada dolazi do najvećeg prijenosa energije titranja između tih tijela pa se amplituda titranja jednog tijela naglo povećava.

Hint: Kutna brzina ω se mjeri u rad/s tako da kalkulator treba obavezno prebaciti u radijane kod računanja elongacije x , brzine v i akceleracije a

Titranje i valovi

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$v = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v_0 = \frac{2\pi A}{T}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$a = -a_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a_0 = \frac{4\pi^2 A}{T^2}$$

$$y = A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$f_p = f_i \frac{v + v_p}{v - v_i}$$

$$I = \frac{P}{S}$$

ZADACI

14.1 Matematičko njihalo sastoji se od niti duljine 30 cm na koju je ovješeno tijelo mase 200 g. Kad nit zatvara kut 5° s vertikalom, kinetička energija tijela jednaka je 30 % maksimalne kinetičke energije. Koliki kut zatvara njihalo s vertikalom kad je maksimalno otklonjeno tijekom titranja? R14082

14.2 Matematičko njihalo titra određenim periodom i amplitudom. Masa njihala i amplituda titranja povećaju se trostruko. Nakon povećanja njihalo i dalje titra harmonijski. Koja je od navedenih tvrdnja za period titranja matematičkoga njihala nakon povećanja mase i amplitude točna? R14081

- A. Period titranja se nije promijenio. B. Period titranja povećao se $\sqrt{3}$ puta.
 C. Period titranja povećao se 3 puta. D. Period titranja povećao se 9 puta.

14.3 Na opruzi konstante elastičnosti 35 N/m harmonijski titra uteg amplitudom 8 cm. Koliko iznosi elastična potencijalna energija opruge u trenutku kad tijelo ima polovinu maksimalne brzine koju može postići? R14080

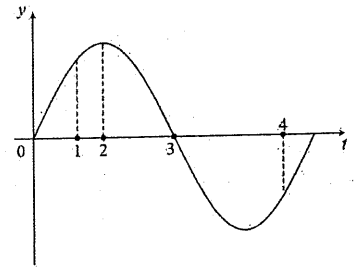
14.4 Učenik mjeri najveću brzinu v bloka mase m koji je ovješeno na idealnu oprugu i koji harmonijski titra amplitudom A . Ako se blok zamijeni blokom mase $2m$, ali amplituda titranja ostane jednaka, koliko iznosi maksimalna brzina bloka mase $2m$? R14079

- A) $2v$ B) $\frac{v}{\sqrt{2}}$ C) $\frac{v}{2}$ D) $\frac{v}{4}$

14.5 Tijelo harmonijski titra amplitudom 5 cm. Period titranja tijela iznosi 0,1 s. Koliko iznosi elongacija kada je brzina tijela 2 m/s? R14078

14.6 Graf prikazuje ovisnost elongacije o vremenu za harmonijsko titranje jedne čestice. U kojoj točki označenoj na vremenskoj osi akceleracija čestice iznosi nula? R14077

- A. u točki 1 B. u točki 2 C. u točki 3 D. u točki 4



14.7 Kuglica je ovješena o tanku nerastezljivu nit čiju duljinu učenici pokusom trebaju odrediti.

a) Navedeni su skupovi pribora koji su učenicima na raspolaganju za izvođenje pokusa.

1. nit, kuglica, stativ, vaga
2. nit, kuglica, stativ, dinamometar
3. nit, dvije kuglice različitih masa, stativ, vaga
4. nit, kuglica, stativ, štoperica

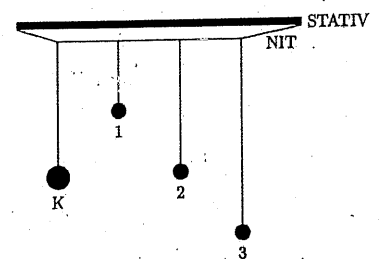
Na crtu napišite redni broj skupa pribora koji je učenicima minimalno potreban kako bi odredili nepoznatu duljinu niti.

b) Četiri kuglice uz pomoć niti različitih duljina ovještene su kao što je prikazano na slici. Titranje pojedine kuglice prenosi se na preostale kuglice preko niti kojom su spojene. Učenik izvuče samo kuglicu K iz ravnotežnoga položaja okomito na ravninu gledanja i pusti je da se njiše. Navedena su moguća opažanja učenika o titranju kuglica.

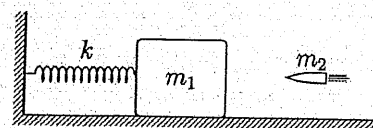
1. Kuglica 1 će zatitrati, a kuglice 2 i 3 neće uopće zatitrati.
2. Kuglica 1 zatitrat će najvećom amplitudom, a kuglice 2 i 3 manjom.
3. Kuglica 2 zatitrat će najvećom amplitudom, a kuglice 1 i 3 manjom.
4. Kuglica 3 zatitrat će najvećom amplitudom, a kuglice 1 i 2 manjom.

Na crtu napišite redni broj iskaza koji točno opisuje što će se od navedenoga dogoditi.

c) Kuglica mase 15 g ovješena je o tanku nerastezljivu nit neke duljine i harmonijski titra tako da joj maksimalna brzina iznosi 12 cm/s. Kolika je ukupna energija njihala? R14076



14.8 Tijelo mase $m_1 = 2$ kg miruje na horizontalnoj podlozi i uz pomoć opruge konstante elastičnosti $k = 1000$ N/m spojeno je za čvrsti oslonac kao što je prikazano na slici. Trenje između tijela i podloge je zanemarivo. U trenutku udara zrno metka mase $m_2 = 60$ g ima brzinu $v = 600$ m/s u horizontalnome smjeru te se trenutno zabilo u tijelo i ostalo u njemu. Kolika je amplituda titranja toga tijela nakon zabijanja zrna u njega? R14075



14.9 Harmonički oscilator sastoji se od tijela mase m koje titra na opruzi konstante elastičnosti k amplitudom A . Koliki je iznos rada koji obavi vanjska sila ako amplituda titranja nakon njezina djelovanja iznosi $2A$? R14074

- A) $\frac{1}{2}kA^2$ B) kA^2 C) $\frac{3}{2}kA^2$ D) $2kA^2$

14.10 Kolika mora biti duljina niti l matematičkoga njihala kako bi njegov period titranja bio jednak polovini perioda titranja tijela mase m ovješena na elastičnu oprugu konstante elastičnosti k ? R14073

- A. $l = \frac{mg}{2k}$ B. $l = \frac{mg}{4k}$ C. $l = \frac{m^2g}{4k^2}$ D. $l = \frac{g}{4} \sqrt{\frac{m}{k}}$

14.11 Maksimalna kinetička energija matematičkoga njihala koje titra iznosi 0,5 mJ. Koja je od navedenih tvrdnja za kinetičku energiju E_k i potencijalnu energiju E_p njihala točna u nekome trenutku tijekom titranja njihala? R14072

- A. $E_k = 0$ mJ i $E_p = 0,25$ mJ B. $E_k = 0,25$ mJ i $E_p = 0$ mJ
C. $E_k = 0,25$ mJ i $E_p = 0,25$ mJ D. $E_k = 0,5$ mJ i $E_p = 0,5$ mJ

14.12 Tijelo mase m na opruzi napravi 40 titraja u jednoj minuti. Tijelo mase m zamijeni se tijelom mase $4m$. Koliko titraja u jednoj minuti napravi tijelo mase $4m$? R14071

- A. 10 B. 20 C. 80 D. 160

14.13 Sustav se sastoji od tijela koje harmonijski titra na opruzi periodom T . Ukupna energija sustava iznosi E . Elongacija tijela dana je jednadžbom $x = A \sin(2\pi t)$ Koja je od navedenih tvrdnja točna za potencijalnu E_p i kinetičku energiju E_k sustava u trenutku kada je $t = T/4$? R14070

- A. $E_k = E/4$, $E_p = 3E/4$ B. $E_p = E_k = E/2$ C. $E_p = E$, $E_k = 0$ D. $E_k = E$, $E_p = 0$

14.14 Na laboratorijskim vježbama iz Fizike učenici proučavaju harmonijsko gibanje tijela na opruzi. Za snimanje gibanja koristili su se ultrazvučnim detektorom gibanja, tzv. *motion detector*. Snimka gibanja koju je zabilježio detektor gibanja prikazana je na slici.

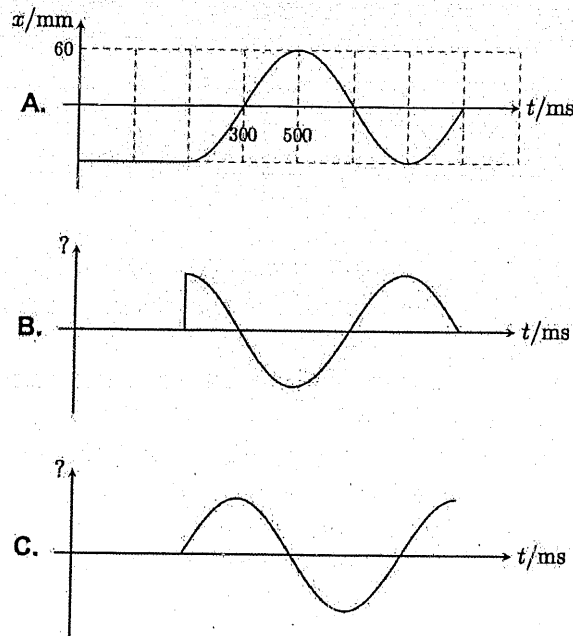
a) Na temelju prikazanih grafova učenici trebaju utvrditi koja se fizička veličina nalazi na ordinati grafa B, a koja na ordinati grafa C. Navedeni iskazi označavaju moguće odgovore učenika.

1. na grafu B brzina, na grafu C akceleracija
2. na grafu B elongacija, na grafu C brzina
3. na grafu B brzina, na grafu C elongacija
4. na grafu B akceleracija, na grafu C brzina

Na crtu napišite redni broj iskaza koji točno opisuje fizičke veličine koje se redom nalaze na ordinatama grafova B i C. R14069

b) Koliki je period titranja tijela na opruzi? R14069

c) Kolika je najveća brzina titranja tijela? R14069



14.15 Koja je od navedenih tvrdnja točna za matematičko njihalo tijekom titranja? R14068

- A. Brzina i akceleracija tijela jednake su nuli kada je tijelo u ravnotežnome položaju.
- B. Brzina i akceleracija tijela jednake su nuli kada je tijelo u amplitudnome položaju.
- C. Brzina i akceleracija tijela nisu nikad istodobno jednake nuli.
- D. Brzina tijela u amplitudnome je položaju maksimalna, a akceleracija tijela tada je jednaka nuli.

14.16 Tijelo mase 100 grama titra harmonijski amplitudom 10 cm i periodom 12 s. Početni fazni kut iznosi 0 rad. Koliki je iznos sile na tijelo u trenutku kad je proteklo 2 s od početka titranja? R14067

14.17 Tijelo mase 20 g harmonijski titra na elastičnoj opruzi periodom 0,51 s. Amplituda titranja je 15 cm. Kolika je kinetička energija tijela u trenutku kada je ono udaljeno 5 cm od ravnotežnoga položaja? R14066

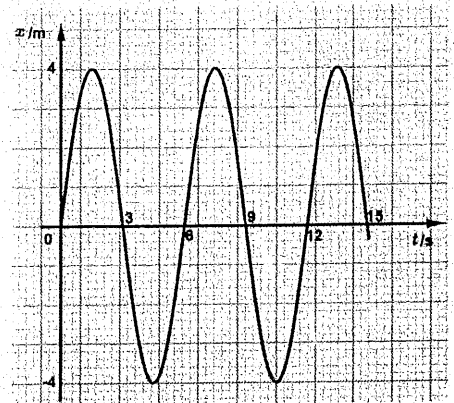
14.18 Koja od navedenih jednadžbi opisuje iznos sile F na tijelo tijekom harmonijskoga titranja? R14065

- A. $F = 0,5\sqrt{x}$ B. $F = 2,4x$ C. $F = 8x^2$ D. $F = \frac{1,2}{x}$

14.19 Elongacija tijela koje harmonijski titra na opruzi konstante elastičnosti 2,5 N/m dána je izrazom $x = 4\text{ cm} \sin(1,57\text{ s}^{-1}t)$. Kolika je maksimalna kinetička energija tijela? R14064

- A. 2 mJ B. 20 mJ C. 2 J D. 20 J

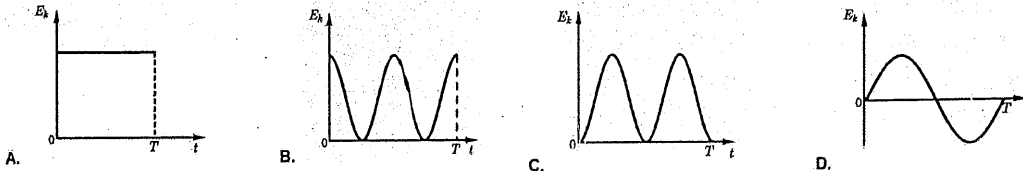
14.25 Na slici je prikazana ovisnost elongacije tijela koje harmonijski titra o vremenu. Kolika je maksimalna brzina titranja tijela? R14058



14.26 Tijelo mase m pričvršćeno je na elastičnu oprugu i harmonijski titra amplitudom A . Kolika je ukupna energija titranja sustava ako se masa tijela poveća tri puta, a amplituda titranja ostane jednaka? R14057

- A) tri puta manja B) jednaka kao i prije
C) tri puta veća D) devet puta veća

14.27 Na kojemu je od ponuđenih grafova prikazana kinetička energija harmonijskoga oscilatora ako je u $t = 0$ sustav počeo titrati iz položaja ravnoteže $x = 0$? R14056



14.28 Učenik treba odrediti konstantu elastičnosti opruge mjereći period titranja tijela ovješena na elastičnu oprugu. Što mu je od navedenih mjernih instrumenata potrebno da bi odredio konstantu elastičnosti? R14055

- A. zaporni sat i vaga B. dinamometar i vaga
C. ravnalo i zaporni sat D. zaporni sat i kutomjer

14.29 Uteg titra na opruzi. Ukupna energija sustava iznosi 2 J, amplituda titranja 20 cm, a maksimalna brzina utega tijekom gibanja 1,2 m/s. Koliko iznosi frekvencija titranja utega? R14054

14.30 Tijelo ukupne energije E titra na opruzi oko ravnotežnoga položaja ($x = 0$) s amplitudom A . Koliko iznosi kinetička energija tijela kada se tijelo nalazi na udaljenosti $x = 0.5 A$? R14053

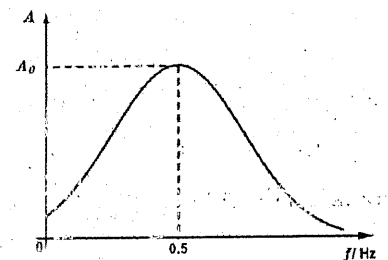
- A) $(1/3) E$ B) $(1/2) E$ C) $(2/3) E$ D) $(3/4) E$

14.31 Tijelo mase m ovješeno je na opruzi, povučeno iz ravnotežnoga položaja i u trenutku $t = 0$ pušteno da titra. Frekvencija kojom tijelo titra jest f . Nakon koliko vremena tijelo prolazi drugi put kroz ravnotežni položaj? R14052

- A) $1/(4f)$ B) $3/(4f)$ C) $4/(3f)$ D) $4/(f)$

14.32 Na slici je prikazana ovisnost amplitude o frekvenciji titranja za neko matematičko njihalo M . Kolika je približna duljina matematičkoga njihala N koje se nalazi u rezonanciji s matematičkim njihalom M ? R14051

- A) 0.25 m B) 0.5 m C) 1 m D) 1.5 m



14.33 Kuglica mase 400 g harmonijski titra po žlijebu prikazanome na slici između položaja 1 i 3 s amplitudom 40 cm. Put od položaja 1 do položaja 3 kuglica prijeđe za 0,5 s. Kolika je ukupna energija kuglice? R14050



14.34 Harmonijski oscilator sastoji se od utega pričvršćenoga na oprugu koji neprigušeno titra. Početna energija oscilatora iznosi 10 J. Kolika je elastična potencijalna energija sustava kada uteg prolazi kroz ravnotežni položaj? R14049

- A) -10 J B) 0 J C) 5 J D) 10 J

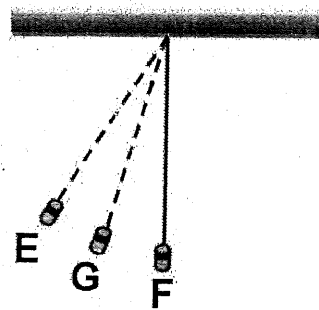
14.35 Tijelo mase 1 kg harmonijski titra. Ovisnost ubrzanja tijela o vremenu dana je jednadžbom $a = (24\text{ms}^{-2})\sin(4\text{s}^{-1}t)$. Kolika je kinetička energija tijela u trenutku kada mu je elongacija 0,75 m? R14048

14.36 Tijelo ovješeno na elastičnu oprugu harmonijski titra. Koja je od navedenih tvrdnja točna kada tijelo prolazi ravnotežnim položajem? R14047

- A. Brzina i akceleracija su maksimalne. B. Brzina i akceleracija su nula.
C. Brzina je maksimalna, a akceleracija je nula. D. Brzina je nula, a akceleracija je maksimalna.

14.37 Na slici je prikazano matematičko njihalo koje se sastoji od tijela mase m i nerastezljive niti duljine l . Njihalo harmonijski titra oko ravnotežnoga položaja i postiže amplitudni položaj u točki E. Koja je od navedenih tvrdnja o gravitacijskoj potencijalnoj energiji njihala točna? Zanimarite otpor zraka. R14046

- A. Najveća je u položaju E. B. Najveća je u položaju G.
C. Najveća je u položaju F. D. Jednaka je u položajima E, F i G.



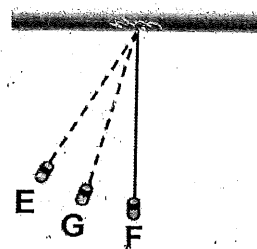
14.38 Tijelo harmonijski titra amplitudom 20 cm i periodom T . Tijelo počinje titrati iz ravnotežnoga položaja u pozitivnome smjeru osi x . Kolika je vrijednost elongacije u trenutku $T/6$? R14045

14.39 Tijelo ovješeno na elastičnu oprugu harmonijski titra. Koja je od navedenih tvrdnja točna za brzinu i akceleraciju tijela u amplitudnome položaju? R14044

- A. Brzina i akceleracija su maksimalne. B. Brzina i akceleracija su nula.
C. Brzina je maksimalna, a akceleracija je nula. D. Brzina je nula, a akceleracija je maksimalna.

14.40 Na slici je prikazano matematičko njihalo koje se sastoji od tijela mase m i nerastezljive niti duljine l . Njihalo harmonijski titra oko ravnotežnoga položaja F i postiže amplitudni položaj u točki E. Koja je od navedenih tvrdnja o kinetičkoj energiji njihala točna? R14043

- A. Njihalo ima najveću kinetičku energiju u položaju E.
B. Njihalo ima najveću kinetičku energiju u položaju G.
C. Njihalo ima najveću kinetičku energiju u položaju F.
D. Njihalo ima jednaku kinetičku energiju u položajima E, F i G.



14.41 Kolika je duljina matematičkoga njihala čiji je period titranja 2 s? R14042

14.42 Udaljenost između amplitudnih položaja u vertikalnoj ravnini tijela koje harmonijski titra na opruzi iznosi 10 cm. Koliko iznosi amplituda toga titranja? R14041

- A) 2,5 cm B) 5 cm C) 10 cm D) 20 cm

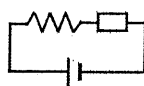
14.43 Tijelo koje harmonijski titra amplitudom A_1 ima maksimalnu kinetičku energiju E_{k1} . Kolika je maksimalna kinetička energija ako se amplituda titranja poveća na $2A_1$? R14040

- A) $E_{k2} = E_{k1}$ B) $E_{k2} = 2E_{k1}$ C) $E_{k2} = \sqrt{E_{k1}}$ D) $E_{k2} = 4E_{k1}$

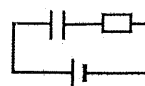
14.44 Dva tijela titraju harmonijski u vertikalnoj ravnini. U nekome je trenutku jedno tijelo u ravnotežnome položaju, a drugo u amplitudnome položaju. Kolika je fazna razlika titranja tih dvaju tijela? R14039

- A) 0 B) $\pi/2$ C) π D) 2π

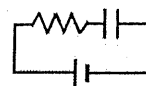
14.45 Na slikama su prikazana tri strujna kruga. Koji strujni krug predstavlja LC-titrajni krug nakon odvajanja izvora napona i ponovnoga zatvaranja strujnoga kruga? R14038



A.



B.

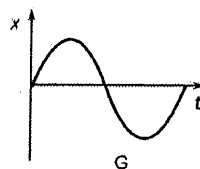


C.

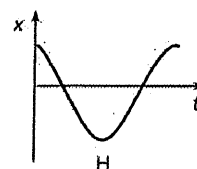
14.46 Koliki mora biti kapacitet kondenzatora da bi uz zavojnicu induktivnosti 3 mH period LC-titrajnoga kruga bio $7 \cdot 10^{-5}$ s? R14037

14.47 Grafovi prikazuju ovisnost elongacije x o vremenu t za dva tijela G i H koja počinju harmonijski titrati u $t = 0$ s. Kolika je razlika u fazi titranja između tijela G i tijela H? R14036

- A) $\pi/4$ B) $\lambda/4$ C) $\pi/2$ D) $\lambda/2$



G



H

14.48 O kojoj veličini ovisi period titranja tijela ovješena na elastičnu oprugu? R14035

- A) o masi B) o amplitudi C) o elongaciji D) o elastičnoj sili

14.49 Što je amplituda? R14034

- A. bilo koja udaljenost od ravnotežnoga položaja B. najveća udaljenost od ravnotežnoga položaja
C. broj titranja u jedinici vremena D. vrijeme potrebno za jedan titraj

14.50 Tijelo ovješeno na elastičnu oprugu titra periodom T na planetu P , a periodom T_1 na planetu P_1 . Ubrzanje sile teže na planetu P veće je od ubrzanja sile teže na planetu P_1 . Kako se odnose periodi titranja? R14033

- A) $T_1 > T$ B) $T_1 < T$ C) $T_1 = T$

14.51 Tijelo mase 2 kg, ovješeno o oprugu konstante elastičnosti 200 N/m, titra vertikalno. Amplituda titranja je 2 cm. Kako glasi izraz za elongaciju toga tijela u ovisnosti o vremenu? R14032

- A. $y = 2 \text{ m} \sin(100 \text{ s}^{-1} t)$ B. $y = 2 \text{ m} \sin(10 \text{ s}^{-1} t)$
C. $y = 2 \text{ cm} \sin(100 \text{ s}^{-1} t)$ D. $y = 2 \text{ cm} \sin(10 \text{ s}^{-1} t)$

14.52 Koja je od navedenih tvrdnja točna za matematičko njihalo u titranju u trenutku kada je iznos akceleracije tijela najveći? R14031

- A. Ukupna je energija tijela najmanja. B. Ukupna je sila na tijelo najmanja.
C. Tijelo je u ravnotežnome položaju. D. Otklon je tijela najveći.

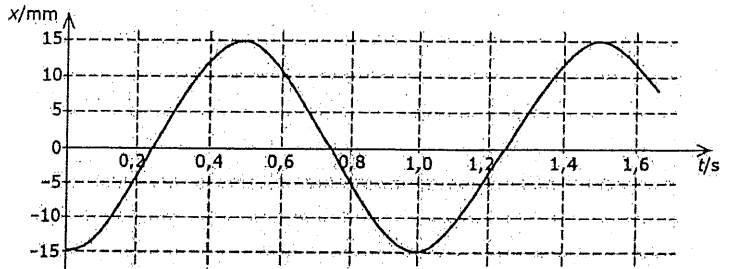
14.53 Matematičko njihalo sastavljeno je od niti i kuglice. Što treba učiniti da se poveća frekvencija toga njihala? R14030

- A) povećati masu kuglice B) skratiti nit C) smanjiti masu kuglice D) produljiti nit

14.54 Elongacija tijela koje harmonijski titra dana je relacijom $y = 2 \text{ cm} \sin(\pi t \text{ s}^{-1} + \pi/4)$. Koliko iznosi elongacija tijela u početnome trenutku? R14029

- A) $-\sqrt{2} \text{ cm}$ B) 0 cm C) $\sqrt{2} \text{ cm}$ D) 2 cm

14.55 Uteg ovješeno na opruzi povučen je prema dolje i pušten je da titra. Slika prikazuje graf elongacije u ovisnosti o vremenu. Koliko iznosi maksimalna brzina utega? R14028



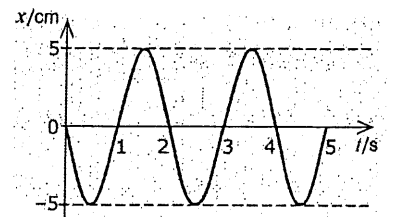
14.56 Tijelo mase m ovješeno je na opruzi. Tijelo je povučeno iz ravnotežnoga položaja i pušteno da titra. Period titranja tijela je T . Koliko je vremena potrebno da se tijelo, nakon puštanja, vrati u ravnotežni položaj? R14027

- A) $0.25 T$ B) $0.5 T$ C) T D) $1.5 T$

14.57 Uteg mase m harmonijski titra na opruzi. Kolika treba biti masa utega na toj opruzi da bi se frekvencija titranja udvostručila? R14026

- A) $4m$ B) $2m$ C) $0.5m$ D) $0.25m$

14.58 Graf prikazuje elongaciju tijela u ovisnosti o vremenu. Kako glasi jednadžba titranja toga tijela? R14025

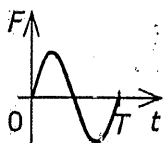
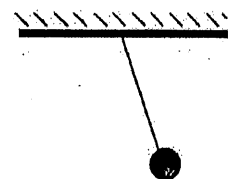


14.59 Tijelo harmonijski titra. Elongacija tijela u ovisnosti o vremenu opisana je izrazom $y = 2m \sin\left(\frac{\pi t}{3s} + \pi\right)$. Koliki je period titranja toga tijela? R14024

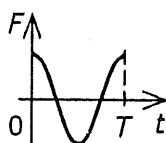
- A) $(2/3)s$ B) $(3/2)s$ C) $3s$ D) $6s$

14.60 Uteg mase $0,2 \text{ kg}$ harmonijski titra na opruzi konstante elastičnosti 80 N/m s amplitudom $0,1 \text{ m}$. Kolika je brzina toga utega kada mu je elongacija $0,05 \text{ m}$? R14023

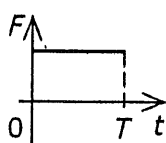
14.61 Jednostavno njihalo otklonjeno je iz ravnotežnoga položaja i pušteno, kao što je prikazano na crtežu. Njihalo izvodi harmonijsko titranje. Koji graf prikazuje ukupnu silu koja uzrokuje harmonijsko titranje toga njihala tijekom jednoga perioda titranja počevši od trenutka kada je pušteno? R14022



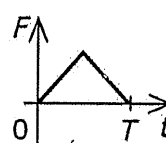
A.



B.



C.



D.

14.62 Tijelo harmonijski titra ovješeno na opruzi konstante elastičnosti $0,2 \text{ N/m}$. Kinetička energija pri prolasku kroz ravnotežni položaj iznosi $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. Kolikom amplitudom titra to tijelo? Zanimarite gubitke energije. R14021

- A) 1.3 cm B) 2.5 cm C) 5.0 cm D) 7.5 cm

14.63 Uteg obješen na oprugu harmonijski titra s periodom T . Ako se udvostruči amplituda titranja, uteg i dalje titra harmonijski. Koliki je period titranja utega u tome slučaju? R14020

- A) $0.25 T$ B) $0.5 T$ C) T D) $2 T$

14.64 Pokusom treba ispitati ovisnost perioda titranja oscilatora o masi utega. U tu svrhu upotrebljavaju se dva oscilatora. Oscilatori se sastoje od utega pričvršćenoga o oprugu. Uteg jednoga oscilatora ne može se premještati na oprugu drugoga oscilatora. Što bi od navedenoga u tu svrhu trebalo upotrebljavati? R14019

- A. oscilatore jednakih opruga i jednakih masa B. oscilatore jednakih opruga, a različitih masa
 C. oscilatore različitih opruga, a jednakih masa D. oscilatore različitih opruga i različitih masa

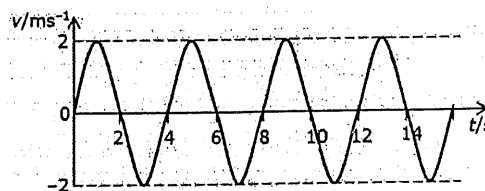
14.65 Jednostavno njihalo titra harmonijski. Što treba učiniti da se poveća njegov period? R14018

- A) smanjiti duljinu njihala B) povećati duljinu njihala
 C) smanjiti amplitudu titranja D) povećati amplitudu titranja

14.66 Tijelo harmonijski titra amplitudom 2 cm. Koliki put prijeđe tijekom dvaju perioda? R14017

- A) 4 cm B) 8 cm C) 16 cm D) 32 cm

14.67 Graf prikazuje brzinu u ovisnosti o vremenu titranja jednostavnog njihala. Kolika je amplituda titranja tog njihala? R14016



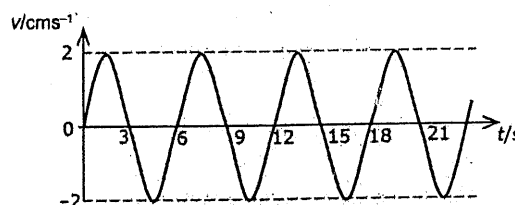
14.68 Trebate ispitati ovisi li period titranja harmonijskog oscilatora o konstanti elastičnosti opruge. Što je od navedenog potrebno za to? R14015

- A. opruge jednakih konstanti elastičnosti i utezi jednakih masa
 B. opruge jednakih konstanti elastičnosti i utezi različitih masa
 C. opruge različitih konstanti elastičnosti i utezi jednakih masa
 D. opruge različitih konstanti elastičnosti i utezi različitih masa

14.69 Matematičko njihalo titra. U nekoj točki njegova kinetička energija iznosi 3 J, a potencijalna energija u odnosu na ravnotežni položaj 2 J. Kolika je kinetička energija njihala u trenutku kada prolazi kroz ravnotežni položaj? R14014

- A) 0 J B) 2 J C) 3 J D) 5 J

14.70 Crtež prikazuje graf brzine titranja tijela u ovisnosti o vremenu. Kolika je maksimalna akceleracija tog tijela? Trenje zanemarite. R14013



14.71 Što je potrebno izmjeriti da bi se pomoću jednostavnoga matematičkoga njihala odredila akceleracija sile teže? R14012

- A. period titranja i masu obješenoga utega B. period titranja i duljinu niti njihala
 C. masu obješenoga utega i duljinu niti njihala D. period i amplitudu titranja

14.72 Tijelo vezano na oprugu izvodi titranje oko ravnotežnoga položaja. Kako se naziva vrijeme trajanja jednoga titraja tijela? R14011

- A) elongacija B) frekvencija C) period

14.73 Tijelo mase 1 kg harmonijski titra. Brzina titranja toga tijela mijenja se u vremenu po formuli $v = (9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) \cos(\pi\cdot\text{s}^{-1}t)$. Kolika je ukupna energija titranja tijela? R14010

14.74 Vremenska ovisnost elongacije tijela koje harmonijski titra dana je izrazom $y = 2 \text{ cm} \sin(\pi \text{ s}^{-1} t)$. Na koji glasi izraz za brzinu toga tijela u ovisnosti o vremenu? R14009

- A) $v = 2 \text{ cm/s} \sin(2\pi \text{ s}^{-1} t)$ B) $v = 2\pi \text{ cm/s} \sin(\pi \text{ s}^{-1} t)$
C) $v = 2 \text{ cm/s} \cos(2\pi \text{ s}^{-1} t)$ D) $v = 2\pi \text{ cm/s} \cos(\pi \text{ s}^{-1} t)$

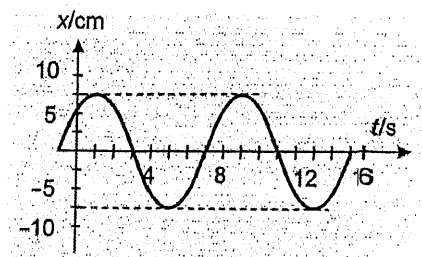
14.75 Tijelo vezano na oprugu titra oko ravnotežnoga položaja. Kako se naziva najveći pomak od ravnotežnoga položaja? R14008

- A) period B) frekvencija C) elongacija D) amplituda

14.76 Duljina neopterećene elastične opruge je 0.15 m. Na oprugu ovjesimo uteg mase 0.1 kg i zatitramo. Period harmonijskoga titranja utega na opruzi iznosi 0.5 s. Kolika će biti duljina opruge opterećene tim utegom nakon što titranje prestane? R14007

14.77 Na grafu je prikazano kako elongacija tijela koje titra ovisi o vremenu. Koliki je period titranja tijela? R14006

- A) 2 s B) 4 s C) 6 s D) 8 s



14.78 Slika prikazuje tijelo koje je vezano za oprugu. Oprugu rastegnemo iz ravnotežnoga položaja i pritom izvršimo rad od 120 J. Kada oprugu pustimo, tijelo neprigušeno titra. Kolika je elastična potencijalna energija ovoga titrajnoga sustava kada se tijelo nađe u amplitudnome položaju? R14005

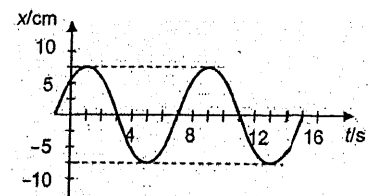
- A) 0 J B) 60 J C) 100 J D) 120 J



14.79 U radioprijamniku se ugađanje frekvencije prijama ostvaruje pomoću LC kruga u kojem je spojena zavojnica induktiviteta 0,6 μH i kondenzator promjenljivoga kapaciteta. Na kojoj će se frekvenciji moći primati program tim prijamnikom ako se vrijednost kapaciteta postavi na 3,5 pF? R14004

14.80 Na grafu je prikazano kako elongacija tijela koje titra ovisi o vremenu. Kolika je amplituda titranja tijela? R14003

- A) 4.5 cm B) 5.0 cm C) 7.5 cm D) 8.0 cm



14.81 Slika prikazuje harmonijski oscilator sastavljen od utega-pričvršćenoga za oprugu koji neprigušeno harmonijski titra. Ukupna energija toga oscilatora iznosi 6 J. Kolika je kinetička energija utega u trenutku kad on prolazi kroz ravnotežni položaj? R14002

- A) 0 J B) 3 J C) 4 J D) 6 J



14.82 U radioprijamniku se ugađanje frekvencije prijama ostvaruje pomoću LC kruga u kojem su serijski spojeni zavojnica induktiviteta 0,8 μH i kondenzator promjenljivoga kapaciteta. Uz koju će se vrijednost kapaciteta moći primati program stanice koja emitira na 95 MHz? R14001

15. VALOVI

It's never crowded along the extra mile.

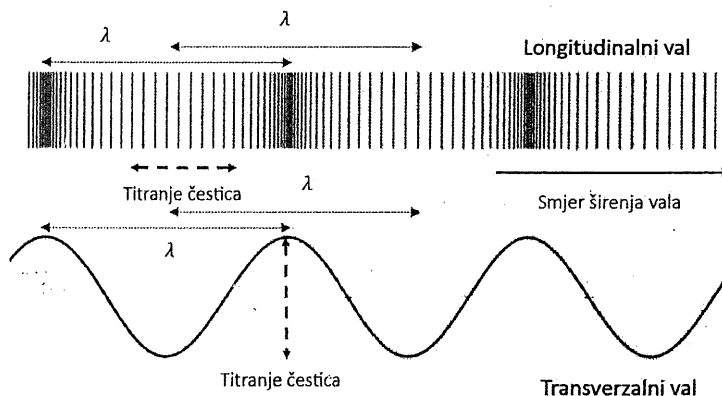
-Wayne Dyer

Titranje i valovi vrlo su usko povezani. Prisjetimo se osnovnih pojmova kod titranja:

- TITRANJE: gibanje koje se periodički ponavlja
- TITRAJ: jedno cijelo ponavljanje gibanja
- PERIOD: vrijeme potrebno za jedan titraj
- POLOŽAJ RAVNOTEŽE- položaj s najmanjom potencijalnom energijom
- ELONGACIJA: bilo koja udaljenost tijela koje titra od ravnotežnog položaja
- AMPLITUDA: najveća elongacija, tj. najveća udaljenost tijela koje titra od ravnotežnog položaja

Kod valova postoji jako puno čestica koje su međusobno povezane (npr. dijelovi špage, molekule u zraku, molekule u vodi, dijelovi dugačke opruge) i koje titraju svaka za sebe. Pri tome treba primjetiti da iako svaka čestica titra za sebe, zbog njihove povezanosti titranje se prenosi s jedne čestice na drugu i kažemo da je nastalo valno gibanje. Dakle, dolazi do širenja vala, tj. prijenosa energije, dok pojedinačne čestice titraju oko položaja ravnoteže (tj. one se ne pomiču skupa s valom).

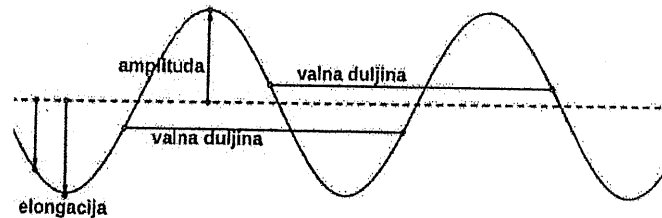
Longitudinalni val se može dobiti tako da npr. lijevi kraj opruge zatitramo lijevo-desno duž opruge. Titranje se prenosi na druge dijelove opruge koji također zatitraju lijevo-desno te se dobije val koji se širi prema desno. U tom slučaju su smjer titranja čestica (lijevo-desno) i smjer širenja vala (desno) međusobno paralelni. Primjeri su: zvuk, val na opruzi koju zatitramo lijevo-desno.



Transverzalni val se dobije tako da jedan kraj špage (npr. lijevi kraj) zatitramo gore dolje. Titranje se prenosi na druge dijelove špage (prenosi se u desno) i nastaje val, tj. titranje koje se prenosi kroz prostor. U ovom slučaju se dijelovi špage gibaju gore-dolje dok se val širi prema desno, tj. smjer titranja čestica (gore-dolje) i smjer širenja vala (desno) su međusobno okomiti. Takva vrsta vala naziva se transverzalni val (poprečni). Primjeri su: val na špagi, elektromagnetski val i svjetlost, val na opruzi koju zatitramo gore-dolje.

Gornja slika prikazuje usporedbu longitudinalnih i transverzalnih valova. Valna duljina λ kod longitudinalnih valova se može odrediti kao udaljenost dvaju susjednih zgušnjenja ili dvaju susjednih razrjeđenja sredstva. Valna duljina λ kod transverzalnih valova može se odrediti kao udaljenost dvaju susjednih brijegova ili dvaju susjednih dolova vala.

Na donjoj slici prikazane su osnovne veličine kod valova: elongacija, amplituda i valna duljina. Pripazimo da se kod valova elongacija označava s y (kod titranja je bilo s x). Kod valova x označava udaljenost neke čestice sredstva od izvora vala (čestica koja je prva zatitrala), tj. grafovi kod valova su najčešće y - x (elongacija vs. udaljenost od izvora vala) tj. s njih se ne može izravno iščitati period vala već **valna duljina** (jedna puna sinusoida). Valna duljina je put koji prijeđe val za vrijeme jednoga perioda.



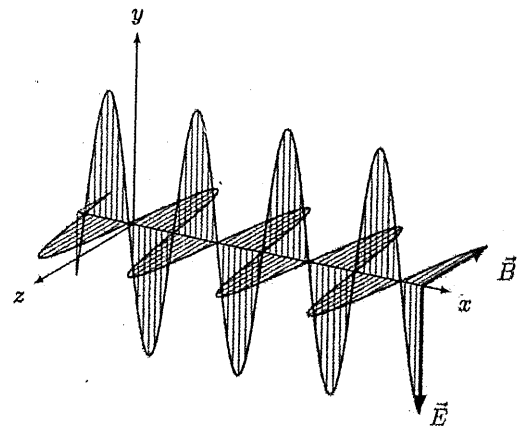
Treba paziti na razliku **brzine titranja čestice** i **brzine širenja vala**. Brzina čestice računa se po formuli $v = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$, dok se brzina vala računa po formuli $v = \lambda f$. Dakle, brzina čestice se periodički mijenja (zato što titraju), a brzina vala je konstantna.

Formula koja opisuje širenje valova je $y = A \sin(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda})$, pri čemu je x udaljenost neke čestice sredstva od izvora vala. Član $\frac{2\pi}{\lambda}$ naziva se valni broj, često se označava slovom k pa se prethodna formula može kraće zapisati kao $y = A \sin(\omega t - kx)$.

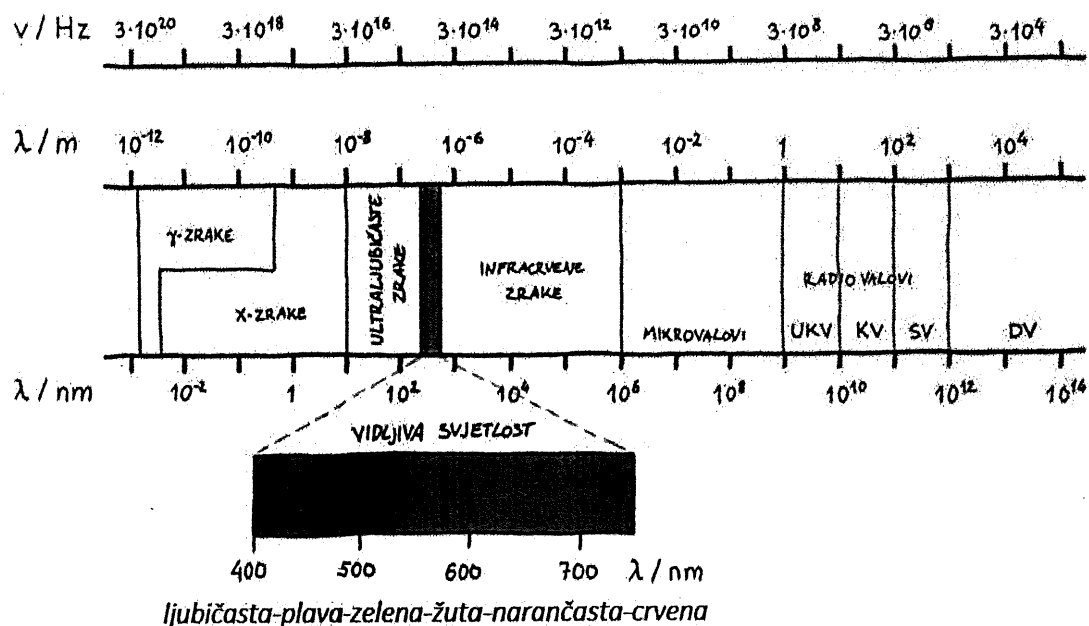
Za širenje mehaničkih valova (valovi na špagi, žici, vodi, valovi zvuka...) potrebno je sredstvo širenja. Npr. da bi se zvuk širio potrebno mu je neko sredstvo (zrak, voda, beton...), tj. zvuk se ne može širiti kroz vakuum jer nema molekula koje bi titrale.

Elektromagnetski valovi

Važan primjer transverzalnih valova su elektromagnetski valovi. Za razliku od mehaničkih valova, **elektromagnetski valovi** (radiovalovi, mikrovalovi, infracrveno zračenje, vidljiva svjetlost, ultraljubičasto zračenje, X zračenje, gama zračenje) mogu se širiti i kroz **vakuum**. Naime, za njihovo širenje nije potrebno sredstvo jer kod njih titraju električno i magnetsko polje za čije postojanje ne treba sredstvo. Pri tome su smjerovi titranja **električnog polja**, **magnetskog polja** i **smjer širenja vala** svi međusobno okomiti (vidi sliku desno), npr. električno polje titra duž y osi, magnetsko polje duž z osi, a smjer širenja je duž x osi. Električno i magnetsko polje titraju u fazi (istovremeno postižu minimalne i maksimalne vrijednosti)



Za elektromagnetske valove potrebno je zapamtiti spektar, tj. vizualni prikaz naziva i valnih duljina pojedinih vrsta elektromagnetskih valova (te vrste su uvedene samo kako bi se elektromagnetski valovi kategorizirali, slično kao što automobile kategoriziramo na kabriolete, limuzine, karavane, SUV...). U gornjem redu nalaze se vrijednosti frekvencije (ponekad se označava slovom ν (ni)), u srednjem vrijednosti valne duljine za pojedine vrste elektromagnetskih valova. Treba zapamtiti redoslijed boja i približne valne duljine u nanometrima za vidljivi dio spektra. Važna napomena: brzina svih elektromagnetskih valova u vakuumu je jednaka i iznosi $3 \cdot 10^8$ m/s (brzina svjetlosti).

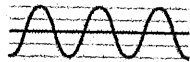


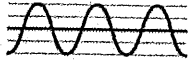
SUPERPOZICIJA (zbrajanje, interferencija) VALOVA

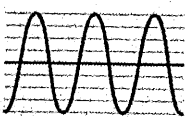
Valovi koji se u isto vrijeme nađu u istoj točki prostora zbrajaju se ili superponiraju (kaže se i interferiraju). Matematički, radi se o jednostavnom zbrajanju elongacija, tj. sinusnih funkcija: Ovisno o razlici u fazi $\Delta\varphi$ i razlici u hodu Δx može doći do pojačavanja ili slabljenja ukupnog vala koji nastane. Njihova veza je

$$\frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

Posebno su zanimljivi valovi jednakih amplituda, valnih duljina i frekvencija koji se istovremeno nađu u istom dijelu prostora. Tada će doći do zbrajanja valova, tj. interferencije, a dobiveni novi val ovisi o razlici faza $\Delta\varphi$ između dva vala.

1. VAL 

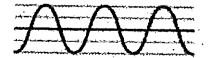
2. VAL 

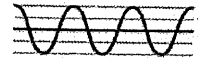
1. VAL + 2. VAL 

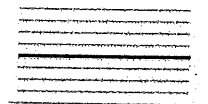
KONSTRUKTIVNA INTERFERENCIJA

Valovi koji se nalaze u fazi ($\Delta\varphi = 0, 2\pi, 4\pi, \dots$) će **konstruktivno interferirati**, tj. novi val će biti veći od izvornih valova (crtež lijevo).

Valovi koji se nalaze u protufazi ($\Delta\varphi = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$) će **destruktivno interferirati**, tj. poništiti će se te nema novog vala (crtež desno).

1. VAL 

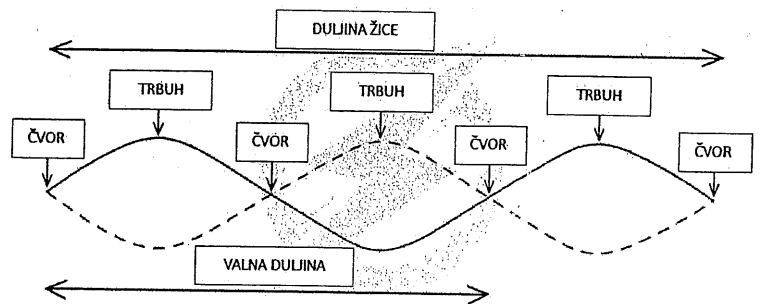
2. VAL 

1. VAL + 2. VAL 

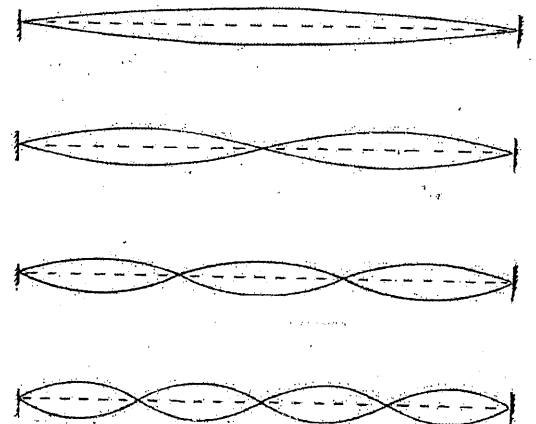
DESTRUKTIVNA INTERFERENCIJA

STOJNI VALOVI

Kada dva vala interferiraju u ograničenom prostoru (na žici, u fruli...) može doći do tzv. stojnog vala, vala kod kojega neke čestice stalno titraju maksimalnom elongacijom (trbusi), a neke čestice uopće ne titraju (čvorovi). Na slici je prikazan val sa 4 čvora (2 na krajevima i 2 u sredini). Na slici se vidi da su dva susjedna čvora stojnog vala uvijek udaljena za pola valne duljine, a susjedni čvor i trbuh stojnog vala za četvrtinu valne duljine.



Osnovni ton kod stojnog vala odnosi se na stojni val s najvećom valnom duljinom, tj. minimalnim brojem čvorova u danoj situaciji. Kod titranja žice koja je učvršćena na dva kraja minimalni broj čvorova je 2 (jedan na svakom kraju). Tada je na jednu duljinu žice L stala polovica valne duljine vala, pa je valna duljina jednaka $\lambda = 2L$. Na slici desno je to prvi primjer. U drugom primjeru na duljinu žice stane točno jedna valna duljina, u trećem 1.5, u četvrtom 2...



ZVUK

Zvuk je najvažniji primjer **longitudinalnog** (uzdužnog) vala. Nastaje kada neki predmet (izvor zvuka) zatitra frekvencijom 20-20000 Hz. Titranje predmeta zatim uzrokuje titranje čestica sredstva (zrak, voda, željezo, kost...) koje se zatim prenosi do našega uha. Važna osobina zvuka je ta da se u svim smjerovima širi **stalnom brzinom** te da se širi u obliku sfernih valova. Zvuk se širi i u vodi i u čvrstim materijalima, no pri tome mu se mijenjaju valna duljina i brzina širenja. Frekvencija zvuka se ne mijenja jer ona ovisi o frekvenciji izvora zvuka (ovo vrijedi sve dok se izvor zvuka i primatelj zvuka ne gibaju međusobno). Kao i za ostale valove i za zvuk vrijedi formula

$$v = \lambda f$$

Brzina zvuka ovisi o temperaturi zraka na sljedeći način

$$v = 331 \text{ m/s} \sqrt{\frac{T}{273}} = 331 \text{ m/s} \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$$

Temperatura T je izražena u Kelvinima, a temperatura t je izražena u °C. Zvuk se može širiti kroz metale, tekućine i plinove, a brzina zvuka je najveća u metalima, manja u tekućinama, a najmanja u plinovima. Zvuk se ne širi u vakuumu jer nema sredstva koje bi titralo i time prenosilo valni poremećaj.

DOPLEROV UČINAK

Kada se primatelj zvuka (P) i izvor zvuka (I) međusobno **približavaju ili udaljavaju** primatelj će čuti zvuk **različite frekvencije (više ili niže)** no što je odaslan frekvencija zvuka. Ta pojava naziva se Dopplerov učinak, a frekvencija koju čuje primatelj dobije se iz relacije

$$f_P = f_I \frac{v \pm v_P}{v \pm v_I}$$

gdje su:

f_P - frekvencija zvuka koju čuje primatelj zvuka, f_I - frekvencija zvuka koju odašilje izvor, v - brzina zvuka, v_P - brzina primatelja, v_I - brzina izvora.

Predznaci u gornjoj formuli se uzimaju ovisno o situaciji, a slijede ovu logiku:

- primatelj čuje **višu** frekvenciju kada se primatelj i izvor zvuka nastoje **približiti** (matematički to znači povećanje brojnika i/ili smanjenje nazivnika)
- primatelj čuje **nižu** frekvenciju zvuka kada se primatelj i izvor zvuka nastoje **udaljiti** (matematički to znači smanjenje brojnika i/ili povećanje nazivnika)

Ukoliko netko od njih miruje pripadna brzina mu je 0 m/s.

INTENZITET ZVUKA I RAZINA ZVUKA

Zvuk se širi u sfernim valovima stalnom brzinom, no s udaljenosti njegov intenzitet (snaga po jediničnoj površini) slabi. Intenzitet zvuka računa se kao

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Iskoristili smo formulu za površinu sfere polumjera r . Snaga zvuka može se zapisati i kao $P = \frac{E}{t}$, gdje je E energija zvučnog vala, a t vrijeme. Zvuk dvostruko većeg intenziteta ljudsko uho neće čuti kao dvostruko glasnijeg jer ljudsko uho čuje prema logaritamskoj, a ne linearnoj skali. Stoga je uvedena fizikalna veličina razina zvuka koja se računa kao

$$L = 10 \log \frac{I_{UK}}{I_0}$$

gdje je I_0 prag čujnosti (najmanji intenzitet zvuka kojeg čuje potpuno zdravo ljudsko uho), a I_{UK} zbroj intenziteta svih izvora zvuka. Mjerna jedinica za razinu zvuka je dB (decibel).

Titranje i valovi

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$v = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v_0 = \frac{2\pi A}{T}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$a = -a_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a_0 = \frac{4\pi^2 A}{T^2}$$

$$y = A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$f_p = f_i \frac{v + v_p}{v - v_i}$$

$$I = \frac{P}{S}$$

ZADACI

15.1 Koji od sljedećih dijelova elektromagnetskoga spektra ima najmanju valnu duljinu? R15072

- A. vidljiva svjetlost B. gama-zračenje C. infracrveno zračenje D. ultraljubičasto zračenje

15.2 Slušatelj se nalazi na udaljenosti 3 m od izvora zvuka. Za koliko će se smanjiti razina zvuka ako se slušatelj udalji na 30 m od izvora zvuka? R15071

- A. 1 dB B. 2 dB C. 10 dB D. 20 dB

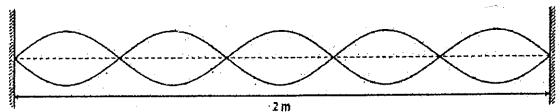
15.3 Transverzalni val širi se napetom žicom koja je učvršćena na jednome kraju. Koja će se od navedenih fizičkih veličina koje opisuju val promijeniti refleksijom na čvrstome kraju? R15070

- A. iznos brzine B. valna duljina C. frekvencija D. faza titranja

15.4 Koja je od navedenih tvrdnja točna za radiovalove i valove vidljive svjetlosti koji se šire u istome sredstvu? R15069

- A. Radiovalovi imaju veću brzinu od valova vidljive svjetlosti.
B. Radiovalovi imaju manju brzinu od valova vidljive svjetlosti.
C. Radiovalovi imaju manju frekvenciju od valova vidljive svjetlosti.
D. Radiovalovi imaju manju valnu duljinu od valova vidljive svjetlosti.

15.5 Na slici je prikazan stojni val frekvencije 550 Hz koji nastaje na napetoj niti. Koliko iznosi brzina valova na toj niti? R15068



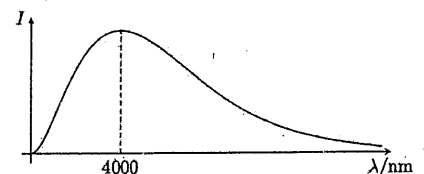
- A. 1100 m/s B. 550 m/s C. 440 m/s D. 275 m/s

15.6 Dva ravna vala istih valnih duljina šire se kroz isti medij. Za odnos amplituda valova vrijedi $A_2 = 3A_1$. Kako se odnose energije valova? R15067

- A) $E_2/E_1 = 1/3$ B) $E_2/E_1 = 1$ C) $E_2/E_1 = 3$ D) $E_2/E_1 = 9$

15.7 Graf prikazuje ovisnost intenziteta elektromagnetskoga zračenja daleke zvijezde o valnoj duljini. Kojemu dijelu elektromagnetskoga spektra pripada zračenje najvećega intenziteta? R15066

- A. UV zračenju B. vidljivomu zračenju
C. infracrvenomu zračenju D. radio valovima



15.8 Detektor na udaljenosti r od izvora zvuka snage P mjeri razinu zvuka L . Što se događa sa snagom izvora i razinom zvuka udaljavanjem detektora od izvora? R15065

- A. Snaga izvora i razina zvuka se mijenjaju. C. Snaga se izvora ne mijenja, a razina se zvuka mijenja.
B. Snaga izvora i razina zvuka ostaju jednaki. D. Snaga se izvora mijenja, a razina se zvuka ne mijenja.

15.9 Transverzalni val amplitude A i frekvencije f prostire se u x, y ravnini duž napete niti u smjeru osi x brzinom v . Koja od navedenih tvrdnja točno opisuje maksimalnu brzinu pojedine čestice niti? R15064

- A. Maksimalna brzina čestice iznosi $2fA$ i usmjerena je duž osi x .
B. Maksimalna brzina čestice iznosi $2fA$ i usmjerena je duž osi y .
C. Maksimalna brzina čestice iznosi $2\pi fA$ i usmjerena je duž osi x .
D. Maksimalna brzina čestice iznosi $2\pi fA$ i usmjerena je duž osi y .

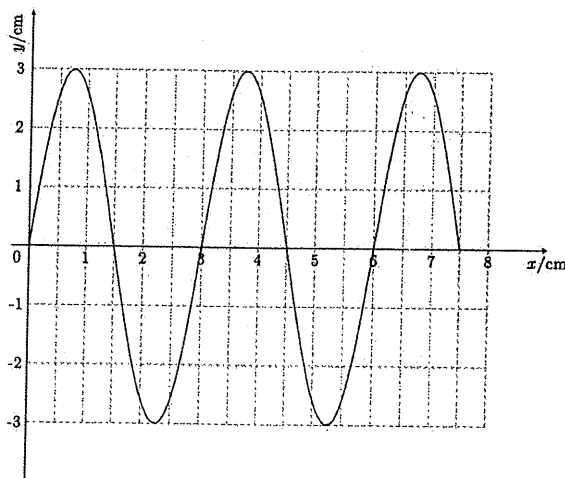
15.10 Kada se izvor zvuka frekvencije 500 Hz približava brzinom v studentu fizike koji miruje, on čuje zvuk frekvencije f_1 . Kada se student brzinom v približava istomu izvoru zvuka koji miruje, čuje zvuk frekvencije f_2 . Koja je od navedenih tvrdnja za odnos frekvencija točna? R15063
A) $f_1 = f_2 > 500\text{Hz}$ B) $f_1 = f_2 < 500\text{Hz}$ C) $f_1 > f_2 > 500\text{Hz}$ D) $f_2 > f_1 > 500\text{Hz}$

15.11 Zadana je jednadžba vala $y = 2\text{cm} \sin(\pi s^{-1}t - 2\pi m^{-1}x)$. Koliki je najveći iznos brzine titranja neke čestice sredstva kojim se val širi? R15062
A) 0,0628 m/s B) 0,1256 m/s C) 0,2512 m/s D) 6,28 m/s

15.12 Razina jakosti zvuka koju bilježi detektor iznosi 60 dB kad su točkasti izvor zvuka i detektor smješteni u zraku na udaljenosti 10 m. Kad se izvor i detektor smjeste u vodu na jednaku udaljenost, 20 % energije valova zvuka apsorbira se u vodi. Koliko iznosi razina jakosti zvuka koju bilježi detektor u vodi? R15061

15.13 Koja od navedenih boja vidljive svjetlosti ima najveću valnu duljinu? R15060
A. crvena B. plava C. zelena D. žuta

15.14 Slika prikazuje ovisnost elongacije o udaljenosti od izvora vala za transverzalni val koji se širi duž osi x u nekome trenutku. Kolike su amplituda i valna duljina vala? R15059
A. $A = 3\text{ cm}, \lambda = 2,5\text{ cm}$ B. $A = 3\text{ cm}, \lambda = 3\text{ cm}$
C. $A = 3\text{ cm}, \lambda = 7,5\text{ cm}$ D. $A = 6\text{ cm}, \lambda = 2,5\text{ cm}$



15.15 Osoba sluša glazbu koja dolazi iz točkastoga izvora zvuka snage 2,5 mW. Izvor je smješten tako da je osobi jedno uho od njega udaljeno 55 cm, a drugo 57 cm. Kolika je razlika razina zvukova koje osoba čuje lijevim i desnim uhom? R15058

15.16 Koje je vrste valova moguće polarizirati? R15057
A. samo valove zvuka B. samo transverzalne valove
C. samo longitudinalne valove D. transverzalne i longitudinalne valove

15.17 Izvor vala titra prema jednadžbi $x = 5\text{cm} \sin\left(\frac{\pi t}{0,4s}\right)$. Val se širi zrakom brzinom 50 m/s slijeva na desno. Koja je od navedenih jednadžbi vala točna? R15056

A. $y = 0,05m \sin\left(\frac{\pi t}{0,4s} - \frac{\pi x}{40m}\right)$ B. $y = 0,05m \sin\left(\frac{\pi t}{0,4s} - \frac{\pi x}{20m}\right)$
C. $y = 0,05m \sin\left(\frac{2\pi t}{0,4s} - \frac{2\pi x}{40m}\right)$ D. $y = 0,05m \sin\left(\frac{2\pi t}{0,4s} - \frac{2\pi x}{20m}\right)$

15.18 Valna duljina stojnoga vala iznosi 0,6 m. Kolika je brzina vala ako frekvencija iznosi 1,5 Hz? R15055

15.19 Točkasti izvor zvuka stalne frekvencije nalazi se u praznome prostoru i emitira zvuk koji se širi jednoliko u svim smjerovima. U nekoj točki koja je od izvora udaljena za r razina zvuka iznosi L . Koji od ponuđenih odgovora može biti razina zvuka u točki koja je od izvora udaljena više od r , ali manje od $2r$? R15054

A. $2L$ B. L C. $L/2$ D. 0

15.20 Koji od navedenih valova u svim uvjetima putuje brzinom manjom od brzine svjetlosti u vakuumu? R15053

- A. ultrazvuk B. mikroval C. infracrvena svjetlost D. X-zrake

15.21 Val amplitude A prostire se brzinom v kroz neko sredstvo. Kada prijeđe u drugo sredstvo, brzina mu postane $2v$. Koja je od navedenih tvrdnja točna za valnu duljinu vala u drugome sredstvu? R15052

- A. Prepolovi se. B. Ostane ista kao u prvome sredstvu.
C. Udvostruči se. D. Učetverostruči se.

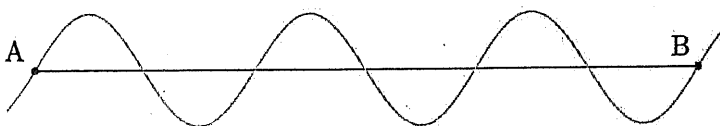
15.22 Zvuk se u zraku širi brzinom v_z , u vodi brzinom v_v i u željezu brzinom $v_{\check{z}}$. Koji je od navedenih odnosa točan za brzinu širenja u navedenim sredstvima? R15051

- A. $v_z > v_v > v_{\check{z}}$ B. $v_z = v_v = v_{\check{z}}$
C. $v_z < v_v = v_{\check{z}}$ D. $v_z < v_v < v_{\check{z}}$

15.23 Potresni val na površini Zemlje proizvede vodeni val koji možemo smatrati sinusoidalnim transverzalnim valom. Brzina takvoga vala iznosi 2,5 m/s, a frekvencija 0,5 Hz. Kako glasi jednadžba toga vala? R15050

- A. $y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{2s} - \frac{x}{1,25m} \right)$ B. $y = A \sin 2\pi \left(\frac{0,5t}{1s} - \frac{x}{2,5m} \right)$
C. $y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{0,5s} - \frac{x}{5m} \right)$ D. $y = A \sin 2\pi \left(\frac{0,5t}{1s} - \frac{x}{5m} \right)$

15.24 Na slici je prikazan val koji put od točke A do točke B prijeđe za 1,5 s. Kolika je frekvencija vala? R15049



15.25 Deset jednakih električnih sirena proizvodi zvuk razine intenziteta 50 dB. Koliko bi takvih sirena proizvelo zvuk razine intenziteta 60 dB? R15048

- A. 20 B. 60 C. 100 D. 200

15.26 Elektromagnetski val širi se vakuumom. Koja je od navedenih tvrdnja ispravna za brzinu toga elektromagnetskog vala? R15047

- A. Povećanjem njegove frekvencije povećat će mu se brzina.
B. Povećanjem njegove energije povećat će mu se brzina.
C. Povećanjem njegove valne duljine povećat će mu se brzina.
D. Nemoguće je povećati brzinu toga vala.

15.27 Koji od navedenih jednadžba opisuje harmonijski val brzine 5 m/s, perioda 0,16 s i amplitude 30 cm? R15046

- A. $y = 0,3m \sin \pi (0,16s^{-1}t - 5m^{-1}x)$ B. $y = 0,3m \sin \pi (12,5s^{-1}t - 2,5m^{-1}x)$
C. $y = 0,3m \sin \pi (12,5s^{-1}t - 0,064m^{-1}x)$ D. $y = 0,3m \sin \pi (0,32s^{-1}t - 2,5m^{-1}x)$

15.28 Koje se svojstvo zvučnoga vala ne mijenja kada val prelazi iz zraka u vodu? R15045

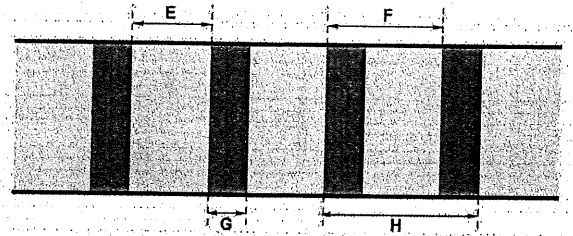
- A. valna duljina B. frekvencija C. brzina D. amplituda

15.29 U kojemu od navedenih primjera nastaje mehanički longitudinalni val? R15044

- A. Vrhom olovke dotaknemo mirnu površinu vode.
- B. Zrakoplov se giba brzinom većom od brzine zvuka.
- C. Radarom određujemo brzinu automobila.
- D. Jedan kraj dugačkoga užeta zatitramo okomito na duljinu užeta.

15.30 Na slici je prikazano širenje zvuka kroz sredstvo. Tamne i svijetle pruge označavaju zgusnuća i razrjeđenja sredstva pri širenju zvuka. Kojim je slovom ispravno označena valna duljina zvuka? R15043

- A) slovom E B) slovom F C) slovom G D) slovom H



15.31 Djevojčica i dječak stoje na obali rijeke i odmaraju se slušajući cvrkut ptice. Djevojčica koja se nalazi na udaljenosti 75 cm od ptice mjeri zvuk intenziteta $2,1 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$. Koliki intenzitet zvuka mjeri dječak koji se nalazi na udaljenosti 3,75 m od ptice? Kolika je snaga zvučnih valova nastalih cvrkutom ptice? R15042

15.32 Koji od navedenih primjera sadrži isključivo mehaničke valove? R15041

- A. zvuk, svjetlost, val na površini vode B. zvuk, val na površini vode, potresni val
- C. svjetlost, mikrovalovi, val na žici gitare D. radiovalovi, val na žici gitare, mikrovalovi

15.33 Što se događa s energijom koja se u danome vremenskom intervalu prenosi mehaničkim valom stalne brzine kada se amplituda vala utrostruči? R15040

- A. Poveća se tri puta. B. Poveća se devet puta.
- C. Smanji se tri puta. D. Smanji se devet puta.

15.34 Kako će se promijeniti brzina širenja zvuka u zraku ako se temperatura zraka poveća dva puta? R15039

- A. Povećat će se četiri puta. B. Povećat će se dva puta.
- C. Povećat će se $\sqrt{2}$ puta. D. Ostat će nepromijenjena.

15.35 Ana proizvede zvuk koji se jednoliko širi u svim smjerovima i čiji intenzitet na udaljenosti 1 m iznosi 10^{-6} W/m^2 . Koliki intenzitet zvuka čuje Stipe koji se nalazi na udaljenosti 20 m od Ane? R15038

- A) 10^{-6} W/m^2 B) 10^{-7} W/m^2 C) $5 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$ D) $2,5 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$

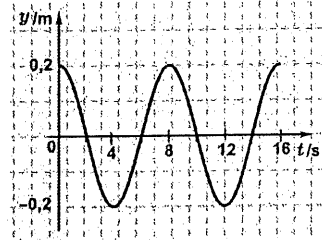
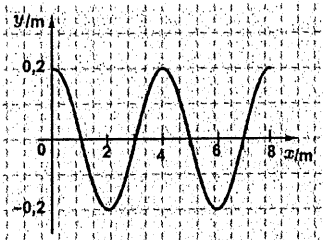
15.36 Osnovna frekvencija stojnoga vala na napetoj žici učvršćenoj na obama krajevima iznosi 340 Hz. Kolika je frekvencija prikazanoga stojnog vala nastalog na istoj žici? R15037

- A) 68 Hz B) 340 Hz C) 850 Hz D) 1700 Hz



15.37 Marko je planinareći po Biokovu naišao na duboku jamu. Koliko je duboka jama ako je Marko čuo odjek svojega glasa nakon 4,6 s? Brzina zvuka u zraku iznosi 340 m/s. R15036

15.38 Na lijevoj slici prikazana je ovisnost elongacije o položaju čestica sredstva kojim se širi val, a na desnoj slici ovisnost elongacije jedne čestice o vremenu za isti val. Kako glasi jednadžba vala? R15035



- A) $y = 0.2m \sin\left(\frac{\pi t}{8s} - \frac{\pi x}{4m} + \frac{\pi}{2}\right)$
- B) $y = 0.2m \sin\left(\frac{\pi t}{4s} - \frac{\pi x}{2m} + \frac{\pi}{2}\right)$
- C) $y = 0.2m \sin\left(\frac{\pi t}{4s} - \frac{\pi x}{2m}\right)$
- D) $y = 0.2m \sin\left(\frac{\pi t}{8s} - \frac{\pi x}{4m}\right)$

15.39 Promatrač na obali izmjeri da je frekvencija zvuka koji emitira brodska sirena 875 Hz, dok kapetan toga broda izmjeri da je frekvencija zvuka brodske sirene 900 Hz. Kolikom se brzinom brod udaljava od obale? Brzina zvuka u zraku iznosi 340 m/s. R15034

15.40 Intenzitet zvuka milijun je puta veći od intenziteta pri pragu čujnosti. Kolika je razina jakosti toga zvuka? R15033

- A) 0 dB
- B) 6 dB
- C) 10 dB
- D) 60 dB

15.41 Zadana je jednadžba vala $y = 10cm \sin\left(\frac{\pi t}{4s} - \frac{2\pi x}{24m}\right)$. Kolika je brzina širenja toga vala? R15032

- A) 3 m/s
- B) 6 m/s
- C) 10 m/s
- D) 12 m/s

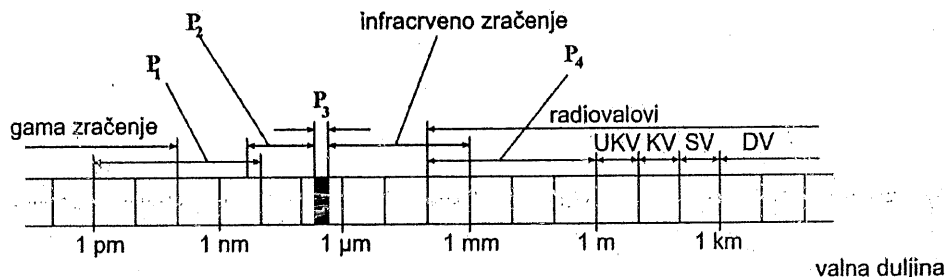
15.42 Kolika je ukupna razina intenziteta zvuka gudačkoga kvarteta ako svaki od četiriju instrumenata daje ton intenziteta 10^{-6} W/m^2 ? R15031

15.43 Koja od navedenih tvrdnja o elektromagnetskim valovima nije točna? R15030

- A. Elektromagnetski valovi mogu se širiti vakuumom.
- B. Smjer električnoga i magnetskoga polja okomiti su na smjer širenja vala.
- C. Elektromagnetski valovi su transverzalni valovi.
- D. Brzina elektromagnetskih valova ovisi o amplitudi elektromagnetskoga polja.

15.44 Na slici je prikazan spektar elektromagnetskih valova po valnim duljinama. U kojemu se dijelu spektra označenoga s P1, P2, P3 ili P4 nalaze mikrovalovi? R15029

- A) P1
- B) P2
- C) P3
- D) P4



15.45 Hitna pomoć projuri pokraj mirnoga opažatelja s uključenom zvučnom sirenom. Koja je od navedenih tvrdnja točna za frekvenciju zvuka koju čuje opažatelj? R15028

- A. Povećava se kad se hitna pomoć približava, a smanjuje kad se udaljava.
- B. Smanjuje se kad se hitna pomoć približava, a povećava kad se udaljava.
- C. Povećava se kada se hitna pomoć približava i udaljava.
- D. Ne mijenja se kada se hitna pomoć približava i udaljava.

15.46 Zvuk dolazi okomito na granicu između zraka i vode. Što će se dogoditi s valnom duljinom i brzinom zvuka pri prijelazu iz zraka u vodu? R15027

- A. Smanjit će se brzina zvuka, a povećat će se valna duljina.
- B. Povećat će se brzina zvuka, a smanjit će se valna duljina.
- C. Povećat će se brzina zvuka i valna duljina.
- D. Smanjit će se brzina zvuka i valna duljina.

15.47 Od čega je od navedenoga manja valna duljina mikrovala? R15026

- A. Manja je od valne duljine infracrvene svjetlosti.
- B. Manja je od valne duljine ultraljubičaste svjetlosti.
- C. Manja je od valne duljine dugih radiovalova.
- D. Manja je od valne duljine gama zračenja.

15.48 Izvor vala titra prema jednadžbi $x = 2\text{cm} \sin(7.4s^{-1}t)$. Val se širi duž žice brzinom 15 m/s. Kolika je razlika u fazi između dviju točaka vala međusobno udaljenih 2 m? R15025

15.49 Dva koherentna vala šire se istodobno kroz isto sredstvo u istome smjeru. Kolika mora biti razlika hoda između tih dvaju valova kada destruktivno interferiraju? R15024

- A) $\pi/2$
- B) $\lambda/2$
- C) π
- D) λ

15.50 Koja tvrdnja vrijedi za vektore električnoga polja E i magnetskoga polja B elektromagnetskoga vala? R15023

- A. Vektori E i B koji titraju u istoj fazi zatvaraju kut 0° .
- B. Vektori E i B koji titraju u istoj fazi zatvaraju kut 90° .
- C. Vektori E i B koji titraju u protufazi zatvaraju kut 0° .
- D. Vektori E i B koji titraju u protufazi zatvaraju kut 90° .

15.51 Na žici duljine 17.5 m može se izbrojiti osam čvorova stojnoga vala uključujući i krajeve žice. Izvor vala učini 20 potpunih titraja u 10 s. Kolikom se brzinom širi val duž žice? R15022

15.52 Što je valna duljina? R15021

- A. pomak čestice u bilo kojemu trenutku od ravnotežnoga položaja
- B. put što ga val prijeđe dok čestica u izvoru napravi pola titraja
- C. najveći pomak čestice od ravnotežnoga položaja
- D. put što ga val prijeđe dok čestica u izvoru napravi jedan puni titraj

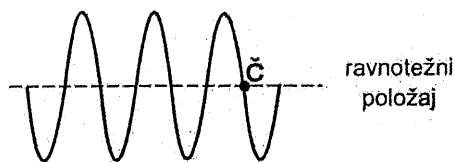
15.53 Zvučnik snage 5 kW i površine 5 dm^2 emitira zvuk jednoliko čitavom svojom površinom. Koliki je intenzitet emitiranoga zvuka? R15020

15.54 Valna duljina elektromagnetskoga vala približno je jednaka promjeru jabuke. Kojemu dijelu elektromagnetskoga spektra pripada taj val? R15019

- A) mikrovalovima
- B) ultraljubičastom dijelu spektra
- C) vidljivoj svjetlosti
- D) infracrvenom dijelu spektra

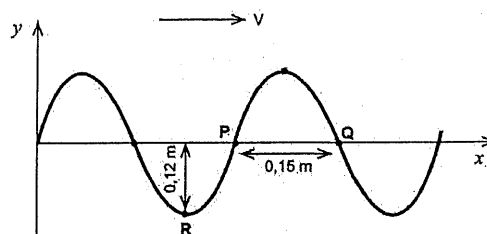
15.55 Na crtežu je prikazana slika vala na niti u određenome trenutku. Koja je od navedenih tvrdnja točna za česticu niti označenu slovom Č? R15018

- A. Elongacija je najveća, a brzina je jednaka 0.
- B. Elongacija je najveća i brzina je najveća.
- C. Elongacija je jednaka 0 i brzina je jednaka 0.
- D. Elongacija je jednaka 0, a brzina je najveća.



15.56 Intenzitet zvuka iznosi 10^3 W/m^2 . Koliko iznosi razina intenziteta toga zvuka ako je prag čujnosti 10^{-12} W/m^2 ? R15017

15.57 Crtež prikazuje transversalni val u nekome trenutku koji se širi duž osi x brzinom 1,5 m/s kroz neko sredstvo. Udaljenost od točke P do točke Q jest 0,15 m. Udaljenost točke R od osi x jest 0,12 m. Kolika je maksimalna brzina čestica toga vala? R15016



15.58 Napeta žica duljine 1 m učvršćena je na krajevima. Žicu se zatitra tako da na njoj nastane stojni val. Kolika je najveća moguća valna duljina takvoga stojnog vala? R15015

- A) 0.5 m
- B) 1 m
- C) 2 m
- D) 4 m

15.59 Izvor zvuka frekvencije f_0 giba se stalnom brzinom po kružnici. U središtu te kružnice je prijarnik zvuka. Što je od navedenoga točno za frekvenciju f koju registrira prijarnik? R15014

- A) $f > f_0$
- B) $f = f_0$
- C) $f < f_0$

15.60 Otvoreni LC krug emitira elektromagnetski val valne duljine λ_0 . Ako se kapacitet u tome LC krugu smanji na devetinu početne vrijednosti, krug emitira elektromagnetski val valne duljine λ . Koliki je omjer valnih duljina λ / λ_0 ? R15013

- A) 1/9
- B) 1/3
- C) 3
- D) 9

15.61 Koliko je daleko od promatrača eksplodirala raketa vatrometa ako je promatrač vidio njezin bljesak 2 s prije nego što je čuo zvuk eksplozije? Brzina zvuka u zraku iznosi 340 m/s i puno je manja od brzine svjetlosti. R15012

- A) 170 m
- B) 340 m
- C) 680 m
- D) 1360 m

15.62 Koliko vremena treba radiosignalu da prijeđe udaljenost od 250 m u vakuumu? R15011

- A) $8.3 \cdot 10^{-7} \text{ s}$
- B) $1.2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$
- C) $2.4 \cdot 10^6 \text{ s}$
- D) $7.5 \cdot 10^{10} \text{ s}$

15.63 Jednadžba vala u nekome sredstvu glasi $y = (5\text{cm}) \cdot \sin(100\text{ts}^{-1} - 2\text{xm}^{-1})$. Izvor vala smješten je u ishodištu koordinatnoga sustava. Koja točka sredstva titra po funkciji $y = (5\text{cm}) \cdot \sin(100\text{ts}^{-1})$? R15010

- A. izvor vala
- B. točka udaljena 0,5 m od izvora vala
- C. točka udaljena 1 m od izvora vala
- D. točka udaljena 100 m od izvora vala

15.64 Zvuk se širi nekim sredstvom. Što se pritom događa s česticama sredstva? R15009

- A. Čestice sredstva miruju, a zvuk se prenosi od čestice do čestice.
- B. Čestice sredstva prigušuju širenje zvuka te se on najbolje širi u vakuumu.
- C. Čestice sredstva gibaju se kroz sredstvo te je brzina širenja zvuka jednaka brzini gibanja čestica.
- D. Čestice sredstva titraju oko ravnotežnoga položaja, a energiju titranja prenose na susjedne čestice.

15.65 Puhanjem u sviralu, zatvorenu na jednome kraju, stvara se osnovni ton frekvencije 0,2 kHz. Kolika je duljina svirale? Brzina zvuka u zraku je 340 m/s. R15008

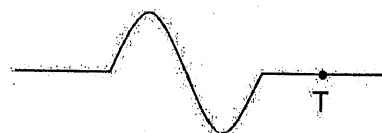
15.66 U medicinskoj dijagnostici koristi se ultrazvuk valne duljine 0,5 mm i brzine 1 500 m/s. Kolika je frekvencija tog ultrazvuka? R15007

- A) $3.0 \cdot 10^5$ Hz
- B) $7.5 \cdot 10^5$ Hz
- C) $3.0 \cdot 10^6$ Hz
- D) $7.5 \cdot 10^6$ Hz

15.67 Crtež prikazuje transverzalni puls koji se širi po užetu udesno.

Kako će se gibati točka T tijekom prolaska pulsa? R15006

- A) gore pa dolje
- B) dolje pa gore
- C) lijevo pa desno
- D) desno pa lijevo

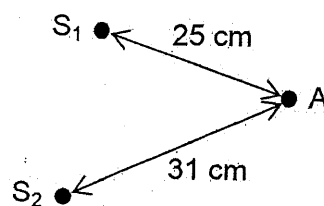


15.68 Žica dugačka 9 m učvršćena je na krajevima. Žicu se zatitra tako da se njom širi transverzalni val te se na njoj formira stojni val s četirima čvorovima (računajući i krajeve). Koliko iznosi valna duljina vala kojim je žica zatitrana? R15005

- A) 3 m
- B) 4.5 m
- C) 6 m
- D) 9 m

15.69 Na slici su prikazana dva izvora valova na vodi, S_1 i S_2 . Izvori titraju u fazi i oba daju valove valne duljine 4 cm i amplitude 2 cm. Kako će se gibati voda u točki A koja je od izvora S_1 i S_2 udaljena kao što je prikazano na crtežu? R15004

- A. Stalno će mirovati.
- B. Titrat će amplitudom od 1 cm.
- C. Titrat će amplitudom od 2 cm.
- D. Titrat će amplitudom od 4 cm.



15.70 Točkasti izvor vala titra frekvencijom 50 Hz. Val se širi brzinom od 300 m/s. Kolika je razlika u fazi između točaka koje su 2 m i 8 m udaljene od izvora? R15003

- A) 0 rad
- B) π rad
- C) 6 rad
- D) 2π rad

15.71 Val prelazi iz sredstva A u sredstvo B. U sredstvu A brzina vala iznosi 100 m/s, a valna duljina 0,5 m. U sredstvu B se brzina vala poveća na 160 m/s. Kolika je valna duljina vala u sredstvu B? R15002

- A) 0.5 m
- B) 0.8 m
- C) 100 m
- D) 160 m

15.72 Val prelazi iz sredstva A u sredstvo B. U sredstvu A brzina vala iznosi 100 m/s, a valna duljina 0,5 m. U sredstvu B valna se duljina poveća na 0,8 m. Kolika je brzina vala u sredstvu B? R15001

- A) 50 m/s
- B) 80 m/s
- C) 100 m/s
- D) 160 m/s

16. GEOMETRIJSKA OPTIKA

Working hard for something we don't care about is called stress. Working hard for something we love is called passion.

-Simon Sinek

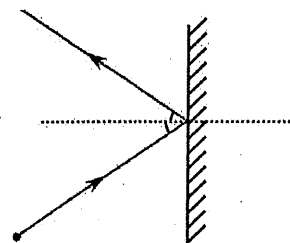
Optika je dio fizike koji proučava pojave vezane uz svjetlost (vidljivi dio elektromagnetskog spektra). Geometrijska optika promatra svjetlost sa stajališta čestične teorije, a valna optika sa stajališta valne teorije svjetlosti. Čestična i valna teorija se međusobno nadopunjuju i daju potpuni opis pojava vezanih uz svjetlost.

4 zakona geometrijske optike:

1. Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti
 - Svjetlost se u istome sredstvu širi pravocrtno.
2. Zakon odbijanja (refleksije) svjetlosti
 - Svjetlost se dolaskom na ravnu glatku površinu odbija od nje pod istim kutom pod kojim je i došla
3. Zakon loma (refrakcije) svjetlosti
 - Dolaskom na granicu dvaju sredstava svjetlost se jednim dijelom odbija, a jednim dijelom prelazi (lomi) u drugo sredstvo.
4. Zakon ne miješanja svjetlosnih snopova
 - Presijecanjem dvaju svjetlosnih snopova (npr. žutog i plavog) oni se ne miješaju, tj. ne utječu jedan na drugoga (tj. ostaju jednake boje)

Ravno zrcalo

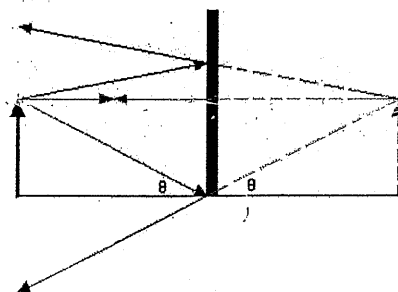
Dolaskom na ravno zrcalo zrake svjetlosti se odbijaju pod istim kutom pod kojim su i došle. Kutevi se uvijek gledaju u odnosu na **normalu** (iscrtkani pravac okomit na zrcalo na desnoj slici).



Sliku predmeta nađemo tako da nacrtamo više zraka svjetlosti koje dolaze s vrha predmeta i odbijaju se od zrcala. Zatim nacrtamo produžetke odbijenih zraka (crtkane zrake) i tamo gdje se one sijeku nastaje slika predmeta.

Kod ravnog zrcala uvijek nastaje slika koja je:

- uspravna (jednako okrenuta kao i predmet)
- jednake veličine kao i predmet
- virtualna (sijeku se samo produžeci odbijenih zraka)

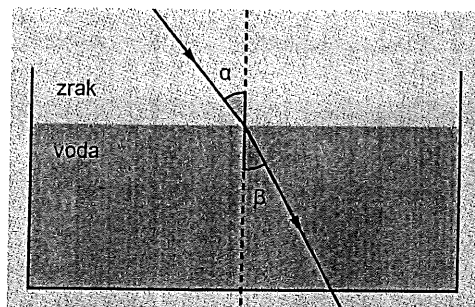


Svjetlost se može širiti kroz različita sredstva (vakuum, zrak, vodu, staklo, dijamant...). Granica dvaju sredstava naziva se dioptar. Razlikujemo ravni dioptar (npr. kod vode, planparalelne ploče, prizme ...) i sferni dioptar (npr. kod leća).

Lom svjetlosti

Kada svjetlost mijenja sredstvo širenja (npr. prelazi iz zraka u vodu) dolazi do promjene smjera širenja svjetlosti. Ta pojava se naziva lom svjetlosti. Na slici se α naziva upadni kut, a β kut loma. Vezani su zakonom loma ili Snellovim zakonom

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

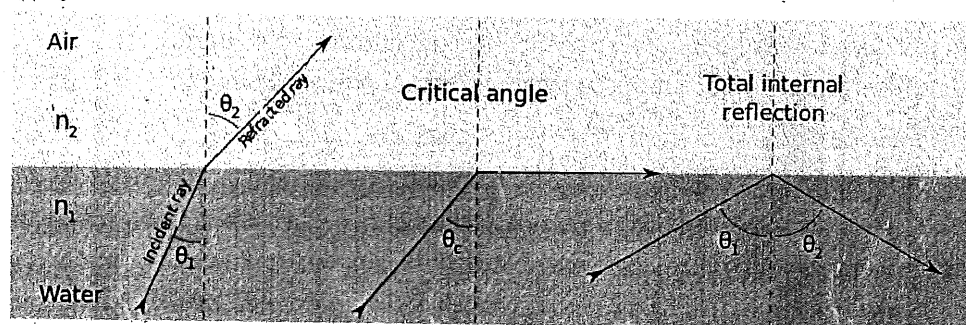


S n_1 označen je indeks loma sredstva iz kojega dolazi svjetlost, a s n_2 indeks loma sredstva u koji ide zraka svjetlosti. **Indeks loma** je omjer brzine svjetlosti u vakuumu i u nekome sredstvu ($n = \frac{c}{v}$). Brzina svjetlosti je najveća u vakuumu (u vodi je manja, u staklu još manja, u dijamantu još manja itd.) Sredstvo s većim indeksom loma naziva se optički gušće (npr. dijamant je optički gušći ($n=2.4$) od stakla ($n=1.5$))

Kada svjetlost mijenja sredstvo širenja mijenja joj se **smjer, brzina i valna duljina, ali frekvencija ostaje jednaka**. Frekvencija svjetlosti izravno je vezana za boju svjetlosti (npr. plavi snop svjetlosti ostaje plav i nakon loma u vodi, ali mu se promijene brzina, valna duljina i smjer širenja).

Hint: Kada svjetlost upada pod kutom od 0° nastavlja se širiti u istome smjeru.

Samo kada svjetlost dolazi iz optički gušćeg sredstva u optički rjeđe sredstvo (npr. iz vode (indeks loma 1.33) u zrak (indeks loma 1)) može doći do pojave **potpunog odbijanja (totalna refleksija)**. Tada se zraka svjetlosti odbija na granici dvaju sredstava i vraća se u sredstvo iz kojega je došla. Uvjet je da je kut upada svjetlosti veći od graničnog kuta za neka dva sredstva. Granični kut se izračuna iz zakona loma uz uvjet da je kut loma β jednak 90° (srednja slika dolje). Na ovom načelu se svjetlost širi kroz svjetlovode (staklene žice).

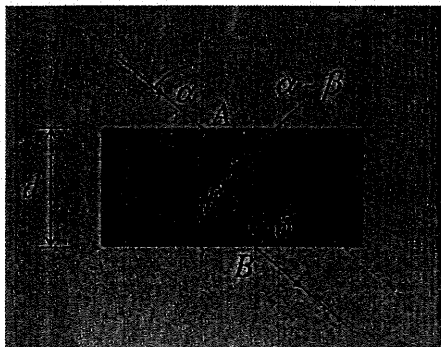
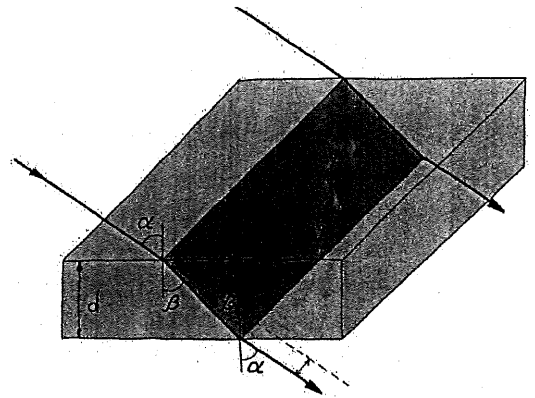


Kod zakona loma svjetlosti dobro je zapamtiti sljedeće pravilo:

- Kada svjetlost prelazi iz optički gušćeg sredstva (npr. voda) u optički rjeđe sredstvo (npr. zrak) tada se lomi od okomice, kao na gornjoj slici. Vrijedi i obrnuto pravilo. Ovo se može provjeriti iz zakona loma tako da stavimo neke brojeve za n_1, n_2 i α pa izračunamo β .
- Dolazi li svjetlost okomito na granicu dvaju sredstava tada se ne lomi već nastavlja ići u istome smjeru.

Planparalelna ploča

Primjer planparalelne ploče je prozorsko staklo. Na njemu se zraka svjetlosti lomi 2 puta: prvi put kada iz zraka prelazi u staklo na gornjoj plohi (točka A na donjoj slici), a drugi put kada iz stakla prelazi u zrak na donjoj plohi (točka B).

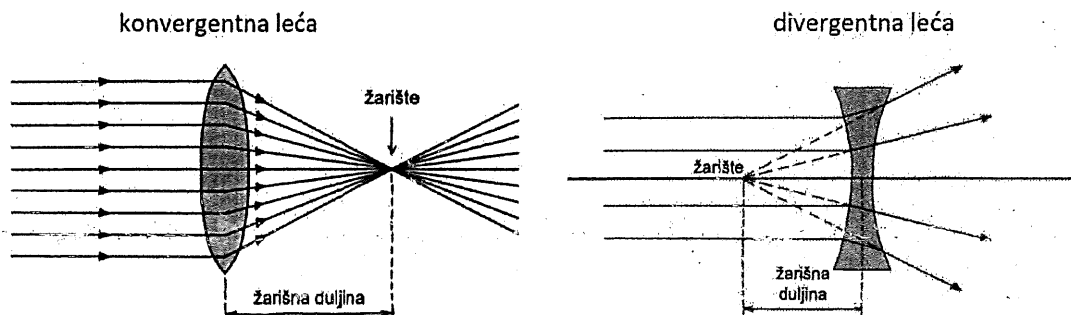


Na slikama se vide kutevi upada (α) i loma (β), debljina ploče (d) i pomak zrake svjetlosti (δ). S lijeve slike se vidi da je $\delta = |AB| \sin(\alpha - \beta)$ te da je $|AB| = \frac{d}{\cos\beta}$. Spajajući ta dva izraza dobije se izraz za pomak zrake svjetlosti

$$\delta = \frac{d \sin(\alpha - \beta)}{\cos\beta}$$

Leće

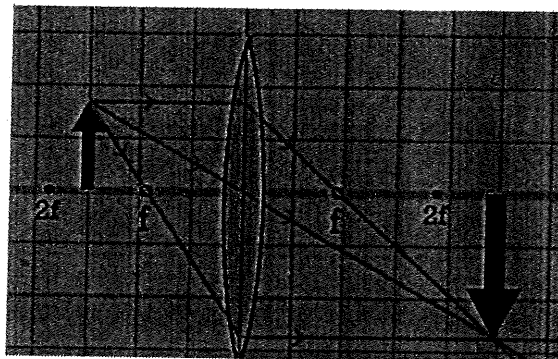
Leća je prozirno sredstvo koje pravilno lomi svjetlost (zrcalo ne lomi već odbija svjetlost) te svjetlost prolazi kroz leću. Leće se dijele na konvergentne (sabarne) i divergentne (rasipne). Konvergentne leće skupljaju zrake svjetlosti, a divergentne šire zrake svjetlosti. Točka u kojoj se skupljaju zrake svjetlosti naziva se žarište ili fokus. Svaka leća ima 2 simetrična fokusa jer svjetlost može dolaziti s obje strane.



Sliku kod leća nalazimo pomoću karakterističnih zraka svjetlosti.

Karakteristične zrake kod konvergentne leće:

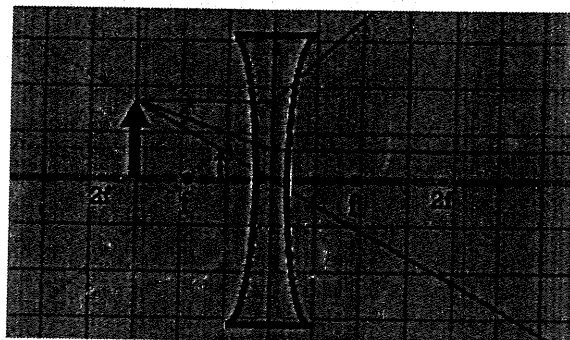
1. Zraka koja dolazi paralelno s optičkom osi lomi se kroz fokus na drugoj strani
2. Zraka koja prolazi kroz fokus lomi se paralelno s optičkom osi
3. Zraka koja prolazi kroz središte leće ne lomi se već nastavlja ići u istome smjeru



Nastala slika ovisi o položaju predmeta i može biti uspravna ili obrnuta, uvećana ili umanjena te realna ili virtualna.

Karakteristične zrake kod divergentne leće:

1. Zraka koja dolazi paralelno s optičkom osi lomi se kao da izlazi iz fokusa
2. Zraka koja ide prema drugom fokusu lomi se paralelno s optičkom osi
3. Zraka koja prolazi kroz središte leće ne lomi se već nastavlja ići u istome smjeru



Hint: Dovoljno je nacrtati dvije od tri karakteristične zrake da bi se odredio položaj slike

Veza između udaljenosti predmeta od leće (a), udaljenosti slike od leće (b) i fokusa je

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Konvergentna leća ima **pozitivan** fokus, a divergentna **negativan**. Recipročna vrijednost fokusa naziva se dioptrija (j), tj.

$$j = \frac{1}{f}$$

Veza visine slike (y') i visine predmeta (y) je

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{b}{a}$$

Povećanje slike se označava slovom m . Kada je slika veća od predmeta tada je $|m| > 1$ (uvećana slika), a kada je slika manja od predmeta $|m| < 1$ (umanjena slika). Kada je m pozitivan broj slika se naziva uspravna, a kada je m negativan broj slika se naziva obrnuta.

Kada se lomljene zrake odmah sijeku dobivena slika se naziva **realna** i udaljenost slike od leće (b) je **pozitivna**. U slučaju da se lomljene zrake ne sijeku tada treba napraviti njihove produžetke da bi se našao položaj slike. U tom slučaju slika se naziva **virtualna** i njena udaljenost od leće (b) je **negativna**.

Divergentna leća uvijek daje uspravnu (m pozitivan), umanjenu ($|m| < 1$) i virtualnu sliku (b je negativan). Konvergentna leća daje različite slike ovisno o položaju predmeta i uvijek treba napraviti skicu situacije.

Kada kod leća piše da slika nastane **na zastoru** to odmah znači da je slika **realna**, tj. da se može raditi samo o konvergentnoj leći (jer divergentna leća uvijek daje virtualnu sliku).

Hint: Kada iz zadatka nije jasno radi li se o uspravnoj ili obrnutoj slici povećanje m uvijek prvo zapišemo s + i -, a nakon što smo napravili skicu vidjet ćemo je li uspravna (+) ili obrnuta (-). Naravno, kod divergentne leće uvijek znamo da je slika uspravna (+).

Optika

$$n = \frac{c}{v}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{y'}{y} = -\frac{b}{a}$$

$$j = \frac{1}{f}$$

$$\lambda = \frac{sd}{a}$$

$$d \sin \alpha_k = k\lambda$$

$$\text{tg } \alpha_B = n$$

ZADACI

16.1 Crvena i ljubičasta zraka svjetlosti izlaze iz stakla u zrak. Izmjereni kutovi upada i loma za crvenu svjetlost su $\alpha_1 = 34,9^\circ$ i $\beta_1 = 60^\circ$, a za ljubičastu svjetlost $\alpha_2 = 27,6^\circ$ i $\beta_2 = 45^\circ$. Koliko iznose indeksi loma za crvenu i ljubičastu svjetlost? R16049

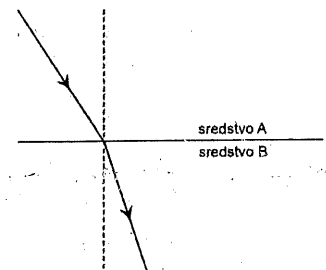
- A. Indeks loma za crvenu svjetlost iznosi 1,514, a indeks loma za ljubičastu svjetlost 1,526.
- B. Indeks loma za crvenu svjetlost iznosi 1,526, a indeks loma za ljubičastu svjetlost 1,514.
- C. Indeks loma za crvenu svjetlost iznosi 0,66, a indeks loma za ljubičastu svjetlost 0,65.
- D. Indeksi loma za crvenu i za ljubičastu svjetlost iznose 1,526.

16.2 Liječnik se koristi svjetlovodom u endoskopu za pregled unutarnjih organa. Koji je od navedenih fizičkih principa najvažniji za rad svjetlovoda u endoskopu? R16048

- A. totalna refleksija svjetlosti
- B. interferencija svjetlosti
- C. polarizacija svjetlosti
- D. disperzija svjetlosti

16.3 Slika prikazuje zraku svjetlosti pri prijelazu iz optičkoga sredstva A u optičko sredstvo B. Što je točno za brzinu i valnu duljinu svjetlosti pri prijelazu iz optičkoga sredstva A u optičko sredstvo B? R16047

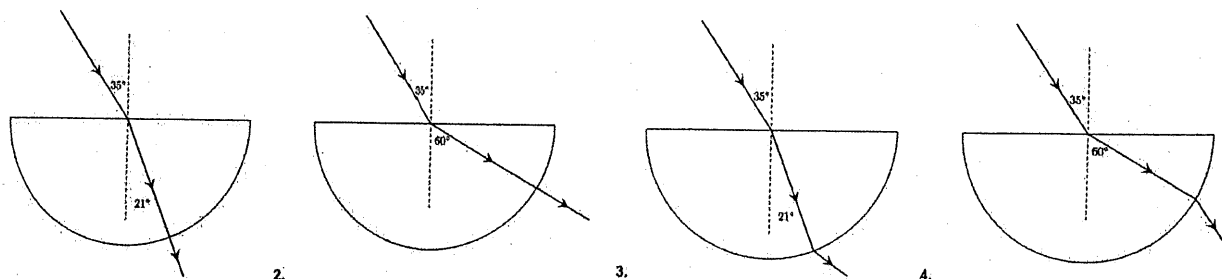
- A. Brzina i valna duljina se smanjuju.
- B. Brzina i valna duljina se povećavaju.
- C. Brzina se smanjuje, a valna se duljina povećava.
- D. Brzina se smanjuje, a valna se duljina ne mijenja.



16.4 Svjetlovod indeksa loma 1,55 uronjen je u vodu indeksa loma 1,33. Pod kojim se najvećim kutom smije savinuti svjetlovod tako da svjetlost ne izađe iz svjetlovoda u vodu? R16046

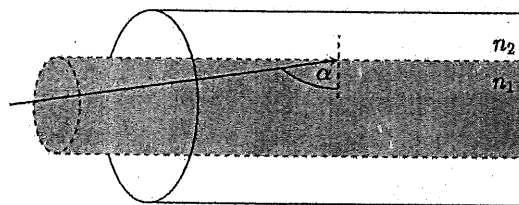
16.5 Svjetlost iz nekoga optičkog sredstva upada na granicu sa zrakom pod kutom 30° . U kojemu će se od navedenih sredstava indeksa loma n svjetlost totalno reflektirati? R16045
 A. u glicerolu $n = 1,47$ B. u jantaru $n = 1,55$ C. u staklu $n = 1,62$ D. u dijamantu $n = 2,42$

16.6 Učenik je dobio zadatak da eksperimentalno konstruira put zrake svjetlosti koja iz zraka upada na središte zakrivljenosti staklene polukružne ploče.



- a) Na crtu za odgovore napišite redni broj slike koja točno prikazuje prolazak zrake svjetlosti. R16044
 b) Koliki je indeks loma stakla od kojega je napravljena polukružna ploča? R16044

16.7 Svjetlovod je dugačka tanka nit koja se sastoji od dvaju slojeva materijala indeksa lomova n_1 i n_2 kao što je prikazano na slici. Strelica prikazuje zraku svjetlosti koja upada pod kutom α na granicu dvaju slojeva. Koji od navedenih uvjeta mora biti ispunjen da bi upadna zraka svjetlosti putovala samo unutarnjim slojem svjetlovoda? R16043



- A. $n_1 < n_2$ i $\sin \alpha \leq \frac{n_2}{n_1}$ B. $n_1 > n_2$ i $\sin \alpha \geq \frac{n_2}{n_1}$
 C. $n_1 > n_2$ i $\sin \alpha \leq \frac{n_2}{n_1}$ D. $n_1 < n_2$ i $\sin \alpha \geq \frac{n_2}{n_1}$

16.8 Učenici su dobili zadatak odrediti žarišnu daljinu sabirne leće uz pomoć slike predmeta dobivene na zastoru.

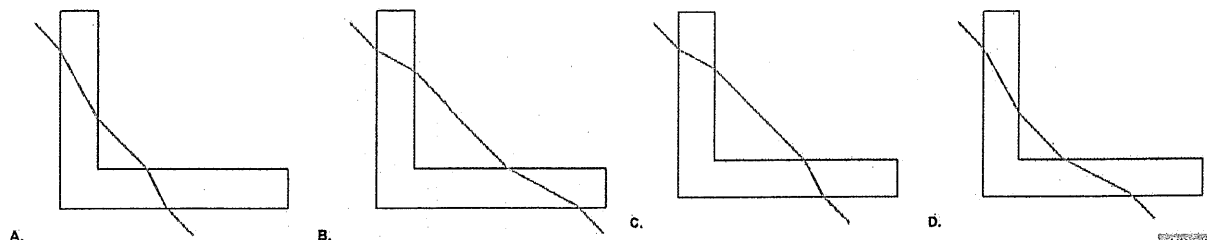
a) Koja je od navedenih tvrdnja točna za sliku predmeta dobivenu na zastoru? R16042

1. Slika je uspravna, virtualna i uvećana.
2. Slika je uspravna, realna i uvećana.
3. Slika je obrnuta, virtualna i uvećana.
4. Slika je obrnuta, realna i umanjena.

b) Od mjerenja zapisanih u tablici samo je jedno ispravno. Odaberite ispravno mjerenje i uz pomoć njega izračunajte žarišnu daljinu leće. R16042

a / cm	b / cm	y / cm	y' / cm
10,00	-5,05	0,60	0,30
8,20	12,40	3,50	2,30
15,30	-30,80	5,30	-10,20
12,40	6,50	6,10	-3,20
-13,30	7,65	2,80	1,60

16.9 Na slikama je prikazana zraka svjetlosti koja iz zraka upada na komad stakla u obliku slova L. Koja od ponuđenih slika ispravno prikazuje mogući lom svjetlosti? R16041



16.10 Dalekovidna osoba ne vidi jasno predmete koji su od oka udaljeni manje od 100 cm. Ta se osoba koristi naočalama za čitanje kako bi jasno mogla čitati tekst na udaljenosti 25 cm. Kolika je jakost leća naočala kojima se koristi ta osoba? R16040

A. +3,5 dpt B. +3 dpt C. -3 dpt D. -3,5 dpt

16.11 Svjetlost upada iz zraka na obojeno staklo indeksa loma $n = 1,5$. Koliko iznosi upadni kut svjetlosti ako je kut loma jednak 30° ? R16039

16.12 Koliko iznosi upadni kut zrake svjetlosti koja iz zraka upada na površinu vode ako se reflektirana zraka vrati u izvor? R16038

A. 0° B. 45° C. 60° D. 90°

16.13 Jakost leća naočala iznosi +2,5 dioptrijske. Koja od navedenih tvrdnja vrijedi za ove naočale? R16037

- A. Leće naočala su divergentne, a koriste se za ispravljanje kratkovidnosti.
- B. Leće naočala su konvergentne, a koriste se za ispravljanje kratkovidnosti.
- C. Leće naočala su konvergentne, a koriste se za ispravljanje dalekovidnosti.
- D. Leće naočala su divergentne, a koriste se za ispravljanje dalekovidnosti.

16.14 Realan predmet nalazi se ispred sustava dviju tankih leća. Prva leća L_1 stvara umanjenu realnu sliku, dok druga leća L_2 stvara virtualnu i uvećanu sliku. Kakve su leće L_1 i L_2 ? R16036

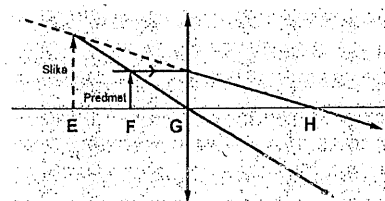
- A. L_1 je konvergentna leća i L_2 je konvergentna leća.
- B. L_1 je konvergentna leća, a L_2 je divergentna leća.
- C. L_1 je divergentna leća, a L_2 je konvergentna leća.
- D. L_1 je divergentna leća i L_2 je divergentna leća.

16.15 Na koju udaljenost od tanke konvergentne leće žarišne daljine 30 cm treba staviti predmet da bi se dobila virtualna slika tri puta veća od predmeta? R16034

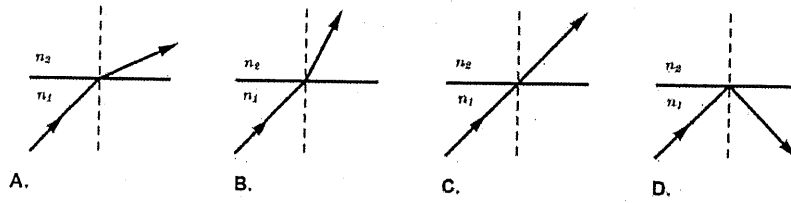
16.16 Na crtežu je prikazano nastajanje slike predmeta uz pomoć leće.

U kojoj se točki nalazi žarište leće? R16033

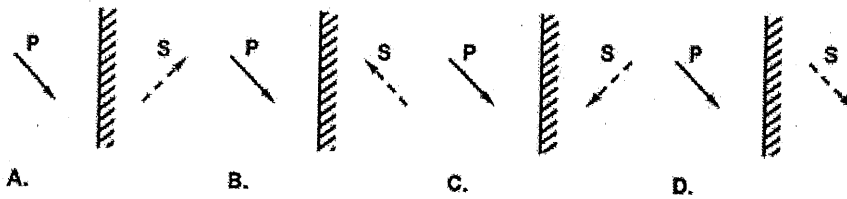
- A) u točki E
- B) u točki F
- C) u točki G
- D) u točki H



16.17 Na slici je prikazan prolazak svjetlosti iz optičkoga sredstva indeksa loma n_1 u optičko sredstvo indeksa loma n_2 . Koja od ponuđenih slika ispravno prikazuje prolazak svjetlosti ako je $n_1 < n_2$? R16032



16.18 Koji crtež prikazuje virtualnu sliku S koja nastaje kada predmet P stavimo ispred ravnoga zrcala? R16031



16.19 Predmet se nalazi na udaljenosti $2f$ od tjemena konvergentne leće žarišne duljine f . Kako se promijeni slika predmeta kada se približi na udaljenost $f/2$? R16030

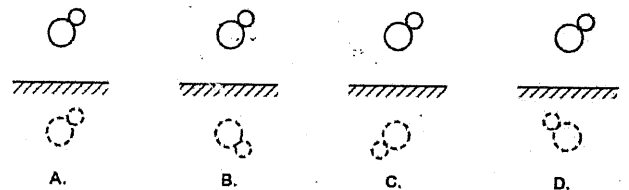
- A. Poveća se i preokrene se. B. Smanji se i ne preokrene se.
C. Poveća se i ne preokrene se. D. Smanji se i preokrene se.

16.20 Luka je od oftalmologa dobio nalaz na kojemu piše da mu trebaju naočale jakosti -2 dpt. Kakve leće na naočalama treba nositi Luka? R16029

- A. divergentne leće žarišne daljine 50 cm B. konvergentne leće žarišne daljine 50 cm
C. divergentne leće žarišne daljine 200 cm D. konvergentne leće žarišne daljine 200 cm

16.21 Stakleni kvadar nalazi se na stolu. Snop svjetlosti iz laserskoga pokazivača upada na „gornju” površinu kvadra pod kutom od 70° . Zraka svjetlosti prolazi kroz kvadar i na okomitu stranu upada pod graničnim kutom totalne refleksije. Koliko iznosi indeks loma stakla od kojega je kvadar načinjen? R16028

16.22 Koji od ponuđenih crteža ispravno prikazuje sliku predmeta nastalu refleksijom na ravnome zrcalu? R16027



16.23 Jedna leća ima jakost $j_1 = 1 \text{ m}^{-1}$, a druga $j_2 = -1 \text{ m}^{-1}$. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R16026

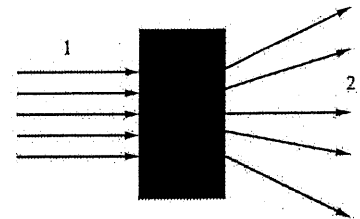
- A. Leća jakosti j_1 daje uvijek uvećane slike, a leća jakosti j_2 daje uvijek umanjene slike.
B. Leća jakosti j_1 daje uvijek umanjene slike, a leća jakosti j_2 daje uvijek uvećane slike.
C. Leća jakosti j_1 daje uvijek uspravne slike, a leća jakosti j_2 daje i uspravne i obrnute slike.
D. Leća jakosti j_1 daje i uspravne i obrnute slike, a leća jakosti j_2 daje uvijek uspravne slike.

16.24 Svjetlost prelazi iz vode u zrak i pada okomito na ravni dioptar. Što će se pritom dogoditi s brzinom i smjerom širenja svjetlosti? R16025

- A. Brzina će se smanjiti, a smjer širenja neće se promijeniti.
- B. Brzina će se smanjiti i promijeniti će se smjer širenja.
- C. Brzina će se povećati i promijeniti će se smjer širenja.
- D. Brzina će se povećati, a smjer širenja neće se promijeniti.

16.25 Leća daje dva puta uvećanu sliku na zastoru koji je 3 m udaljen od predmeta. Kolika je žarišna daljina leće? R16024

16.26 U crnoj kutiji nalazi se optičko tijelo. Na slici su prikazani upadni paralelni snop svjetlosti 1 i izlazni snop svjetlosti 2. Koje se optičko tijelo nalazi u kutiji? R16023



- A) konvergentna leća
- B) divergentna leća
- C) konkavno zrcalo
- D) konveksno zrcalo

16.27 Predmet je na udaljenosti $f/2$ od divergentne leće. Koja je tvrdnja točna za nastalu sliku predmeta? R16022

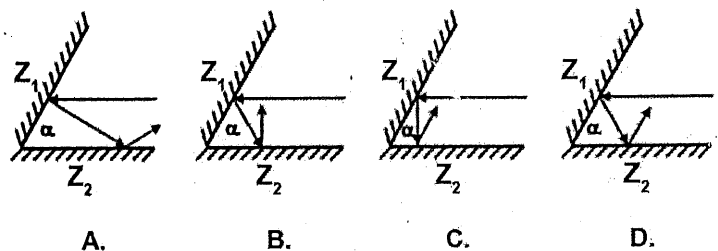
- A) Slika je uvećana i virtualna.
- B) Slika je uvećana i realna.
- C) Slika je umanjena i virtualna.
- D) Slika je umanjena i realna.

16.28 Totalna refleksija je pojava kada se svjetlost pri prijelazu iz jednoga sredstva u drugo na granici između tih dvaju sredstava reflektira natrag u sredstvo iz kojega dolazi. Koji uvjet mora biti zadovoljen da bi došlo do pojave totalne refleksije? R16021

- A. Kut upada svjetlosti mora biti manji od graničnoga kuta.
- B. Kut upada svjetlosti mora biti veći od kuta loma.
- C. Svjetlost mora dolaziti iz optički rjeđega sredstva.
- D. Svjetlost mora dolaziti iz optički gušćega sredstva.

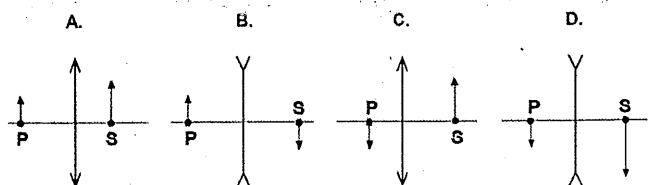
16.29 Predmet visine 4 cm postavljen je na udaljenosti 20 cm od divergentne leće koja ima žarišnu daljinu 30 cm. Na kojoj udaljenosti od leće nastaje slika predmeta i kolika je visina nastale slike? R16020

16.30 Dva ravna zrcala Z_1 i Z_2 međusobno zatvaraju kut α . Zraka svjetlosti dolazi paralelno sa zrcalom Z_2 . Koja slika prikazuje pravilnu putanju zrake nakon refleksije na zrcalima? R16019



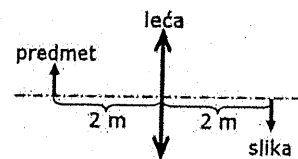
16.31 Novčić promjera 3 cm postavljen je uspravno na udaljenosti 24 cm od konvergentne leće koja ima žarišnu daljinu 16 cm. Na kojoj udaljenosti od leće nastaje slika novčića i koliki je promjer nastale slike? R16018

16.32 Od predmeta P s pomoću tanke leće dobije se slika S. Koji od navedenih crteža točno prikazuje položaje predmeta, leće i slike? (Napomena: Pod A. i C. leća je konvergentna, a pod B. i D. divergentna.) R16017



16.33 S pomoću tanke leće na zastoru dobije se slika predmeta kao što je prikazano na crtežu. Kolika je jakost te leće? R16016

- A) 0.5 m^{-1} B) 1 m^{-1} C) 2 m^{-1} D) 4 m^{-1}



16.34 Monokromatska svjetlost prelazi iz zraka u vodu. Što se od navedenoga pritom događa? R16015

- A. Brzina svjetlosti ostaje ista, a njezina se frekvencija povećava.
 B. Smanje se brzina svjetlosti i njezina frekvencija.
 C. Povećaju se brzina svjetlosti i njezina frekvencija.
 D. Smanji se brzina svjetlosti, a njezina frekvencija ostaje ista.

16.35 Zraka svjetlosti upada pod kutom 50° prema okomici na površinu dijamanta. Koliki je kut lomljene zrake u odnosu na okomicu? Indeks loma dijamanta iznosi 2,4. R16014

16.36 Predmet se nalazi na udaljenosti x od tjemena konvergentne leće žarišne daljine f . Slika predmeta uvećana je i realna. Što je od navedenoga točno za udaljenost x ? R16013

- A) $x < f$ B) $x = f$ C) $f < x < 2f$ D) $x = 2f$

16.37 Zraka monokromatske svjetlosti dolazi iz zraka u staklo. Kut upada je 42° , a kut loma 26° . Koliki je indeks loma stakla? R16012

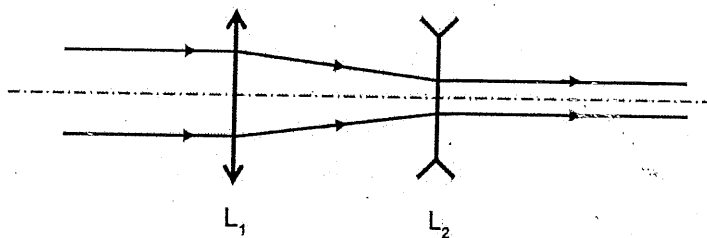
16.38 Divergentna leća ima žarišnu daljinu f . Predmet se nalazi na udaljenosti $2f$ od središta leće. Oštra slika predmeta vidi se na udaljenosti d od središta leće. Koliko iznosi d ? R16011

- A) $(2/3)f$ B) f C) $(3/2)f$ D) $2f$

16.39 Čovjek visok 1,8 m stoji uspravno ispred ravnoga zrcala u kojem se vidi u cijelosti. Kakva je slika čovjeka u zrcalu? R16010

- A) realna, visoka 1.8 m B) virtualna, visoka 1.8 m
 C) realna, veća od 1.8 m D) virtualna, veća od 1.8 m

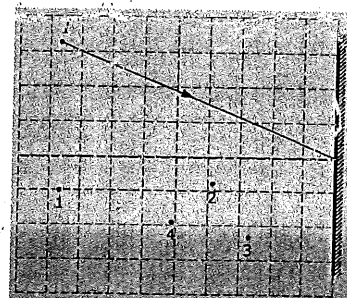
16.40 Konvergentna leća L_1 , žarišne duljine iznosa 20 cm, i divergentna leća L_2 , žarišne duljine iznosa 5 cm, nalaze se u zraku. Leće su razmještene kao što je prikazano na crtežu. Na tako postavljene leće pada paralelni snop svjetlosti usporedno s optičkom osi leća. Nakon prolaska kroz obje leće, snop svjetlosti ostaje paralelan i usporedan optičkoj osi leća. Kolika je udaljenost između leće L_1 i leće L_2 ? R16009



16.41 Zraka svjetlosti upada na ravno zrcalo iz točkastoga izvora svjetlosti I, kao što je prikazano na crtežu. Kroz koju od navedenih točaka prolazi reflektirana zraka svjetlosti? R16008

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

16.42 Realni predmet je od divergentne leće udaljen 20 cm, a virtualna slika koja se vidi kroz leću je na udaljenosti 10 cm od leće. Kolika je jakost leće? R16007



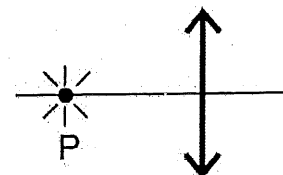
16.43 Zraka svjetlosti dolazi na ravno zrcalo pod upadnim kutom 25° . Koliki je kut između upadne i reflektirane zrake? R16006

- A) 25° B) 50° C) 65° D) 90°

16.44 Promatra se slika realnog i uspravnog predmeta s pomoću divergentne leće. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R16005

- A. Divergentna leća uvijek daje virtualnu sliku tog predmeta.
 B. Divergentna leća može dati obrnutu sliku tog predmeta.
 C. Divergentna leća uvijek daje realnu sliku tog predmeta.
 D. Divergentna leća može dati uvećanu sliku tog predmeta.

16.45 Točkasti izvor svjetlosti P smješten je na optičkoj osi konvergentne leće žarišne daljine 8 cm. Zrake svjetlosti koje izlaze iz izvora P nakon prolaska kroz leću čine paralelni snop. Koliko iznosi razmak između izvora svjetlosti i leće? R16004



- A) 4 cm B) 8 cm C) 16 cm D) 32 cm

16.46 Konvergentna leća stvara sliku predmeta na zastoru udaljenome 12 cm od leće. Žarišna daljina leće je 6 cm. Kolika je udaljenost između predmeta i slike toga predmeta? R16003

- A) 18 cm B) 20 cm C) 22 cm D) 24 cm

16.47 Konvergentna leća ima žarišnu daljinu f . Kakva slika nastane kada je udaljenost predmeta od leće veća od f , a manja od $2f$? R16002

- A) realna i obrnuta B) realna i uspravna C) virtualna i uspravna D) virtualna i obrnuta

16.48 Konvergentna leća ima žarišnu daljinu f . Kakva slika nastane kada je udaljenost predmeta od leće manja od f ? R16001

- A) realna i uvećana B) realna i umanjena C) virtualna i uvećana D) virtualna i umanjena

17. VALNA OPTIKA

Knowledge is not power. Knowledge is only potential power. Action is power.

-Tony Robbins

Kada se svjetlost propušta kroz uske pukotine ili nailazi na oštre prepreke do izražaja dolaze njena valna svojstva. Pojave koje demonstriraju valnu prirodu svjetlosti su: interferencija, ogib i polarizacija svjetlosti.

INTERFERENCIJA SVJETLOSTI je pojava u kojoj se svjetlosni valovi koji u neku točku dolaze iz dvaju koherentnih izvora mogu pojačati, djelomično poništiti ili potpuno poništiti. **Koherentni** izvori daju svjetlost iste valne duljine i moraju biti u fazi. To se može postići tako da se npr. laser propusti kroz dvije uske pukotine i time se dobiju 2 laserska snopa.

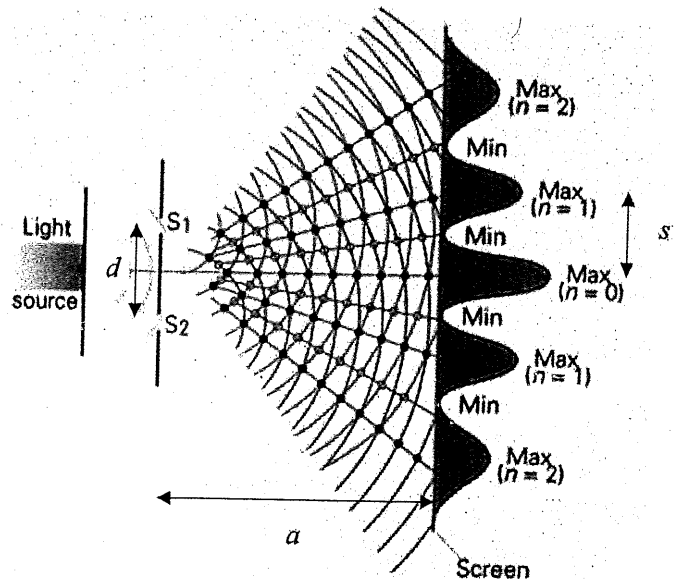
Najpoznatiji primjeri interferencije svjetlosti su **Youngov pokus** (sinonim je pokus s dvije pukotine) i prolaz svjetlosti kroz **optičku rešetku**.

U **Youngovom pokusu** monokromatska (jednobojna) koherentna svjetlost propušta se kroz dvije vrlo uske pukotine. Pri tome se svjetlost dijeli u dva snopa koja interferiraju (zbrajaju se kao dva zasebna vala) i na zastoru nastaje interferentna slika s karakterističnim svijetlim i tamnim prugama. Svijetle pruge nastaju na mjestima gdje se susreću 2 brijega vala, a tamne pruge na mjestima gdje se susreću brijeg i dol vala.

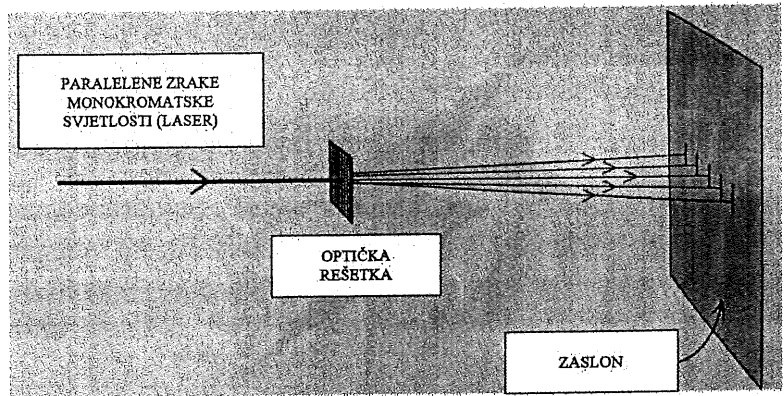
Na slici se vidi da su maksimumi (svijetle pruge) jednako razmaknuti jedan od drugoga, ali im se intenzitet smanjuje što su dalje od središnjeg maksimuma. Veza razmaka maksimuma (s), udaljenosti pukotina od zastora (a), međusobnog razmaka pukotina (d), i valne duljine svjetlosti (λ), je

$$\lambda = \frac{sd}{a}$$

Ova formula omogućava jednostavno mjerenje valne duljine svjetlosti.



Optička rešetka sastoji se od velikog broja uskih pukotina, a funkcionira isto kao dvije pukotine u Youngovom pokusu. Kod optičke rešetke može se koristiti monokromatska (jednobojna), ali i bijela (polikromatska, višebojna) svjetlost. Kut ogiba pojedine boje ovisi o njenoj valnoj duljini.



$$d \sin \alpha_k = k \lambda$$

- d - konstanta optičke rešetke (razmak susjednih pukotina)
- α_k - kut pod kojih se vidi k -ti maksimum
- k - redni broj maksimuma ($k=0, 1, 2, 3, \dots$ tj. nulti (središnji), prvi, drugi, treći itd.)
- λ - valna duljina svjetlosti

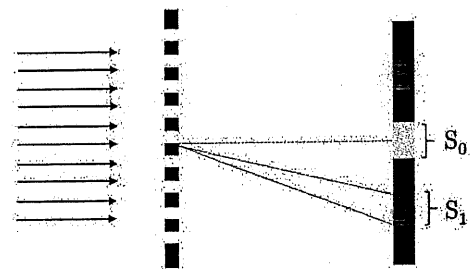
Na slici gore desno prikazani su ogibni maksimumi za monokromatsku svjetlost (u ovom primjeru ih je ukupno 7). Maksimalni mogući redni broj maksimuma (k_{max}) dobije se za kut $\alpha_k = 90^\circ$ te se dobiveni broj zaokruži na prvi manji cijeli broj (npr. dobijemo li da je $k_{max} = 3.7$ onda to zaokružimo na 3). Općenito se ukupan broj maksimuma za monokromatsku svjetlost dobije kao $2k_{max} + 1$.

Kut pod kojim se vidi pojedini maksimum (α_k) vezan je uz udaljenost tog maksimuma od središnjeg maksimuma (y_k) i udaljenosti zastora (a) formulom

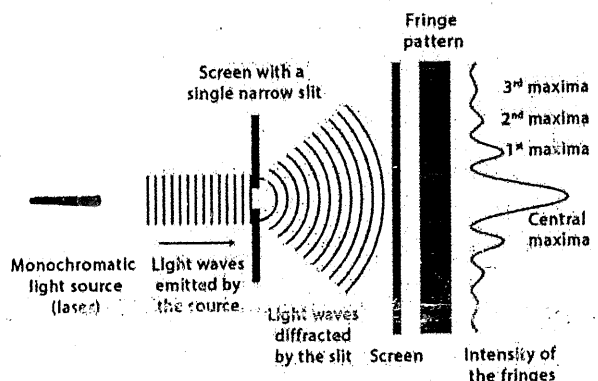
$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{y_k}{a}$$

Za bijelu svjetlost se na položaju 0. maksimuma dobije bijela linija, a prema gore i dolje se vide spektri svjetlosti (slika desno). U tom slučaju se ukupan broj vidljivih spektara svjetlosti računa kao $2k_{max}$ (središnji maksimum nije spektar već bijela pruga pa se ne broji). Konstanta optičke rešetke (d) može se odrediti iz broja pukotina (N) po nekoj duljini rešetke (l) kao

$$d = \frac{l}{N}$$



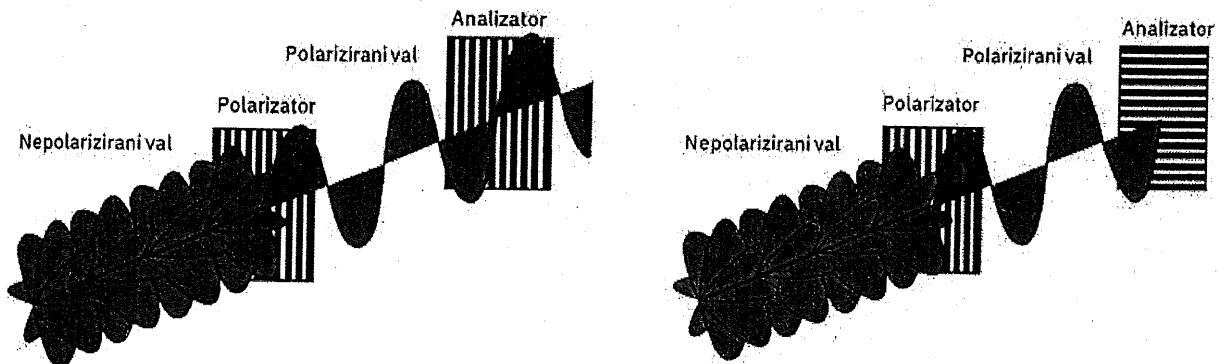
OGIB (difrakcija) SVJETLOŠTI je pojava pri kojoj svjetlost zalazi u područje geometrijske sjene. To je inače karakteristika valova tako da se ovom pojavom potvrđuje valna priroda svjetlosti. Ogib svjetlosti može se demonstrirati na pukotini, na vrlo oštrom predmetu (npr. žilet) ili na vrlo uskom predmetu (npr. vlas kose ili tanka žica). Kod pukotine je važno da je njena dimenzija bliska valnoj duljini svjetlosti.



Kod pukotine bi se očekivalo da će se na zastoru vidjeti samo jedna svijetla pruga no dobije se opet interferencijski uzorak sa svijetlim i tamnim područjima.

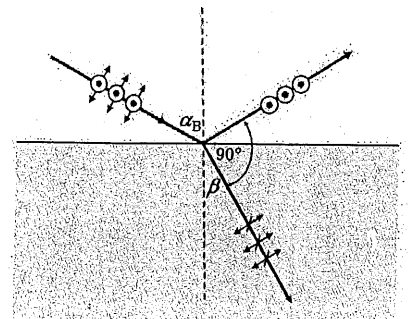
POLARIZACIJA SVJETLOSTI je pojava kada električno polje u elektromagnetskom valu titra u samo jednoj ravnini. U svjetlosti koju daje žarulja ima mnoštvo elektromagnetskih valova čija električna polja titraju u nasumičnim smjerovima. Takva svjetlost naziva se nepolarizirana, a možemo ju polarizirati na dva načina: propuštanjem kroz polarizator te odbijanjem od granice dvaju optičkih sredstava.

Kada nepolariziranu svjetlost propustimo kroz polarizator dobiti ćemo polariziranu svjetlost (oba crteža dolje). Kada se koriste dva uzastopna polarizatora mijenjanjem kuta između njih može se postići da kroz 2. polarizator propustimo cijelu polariziranu svjetlost (tada je kut između dva polarizatora 0° , lijevi crtež) ili da potpuno blokiramo svjetlost (tada je kut 90° , desni crtež). Za kuteve između 0° i 90° propušta se samo dio polarizirane svjetlosti.



Drugi način polarizacije je odbijanjem zrake svjetlosti od neke površine, npr. vode. Da bi se dobila polarizirana svjetlost treba namjestiti upadni kut α tako da kut između odbijene i lomljene zrake svjetlosti bude 90° . Tada će odbijena zraka biti polarizirana. Tu situaciju opisuje Brewsterov zakon

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n_2}{n_1} = n$$



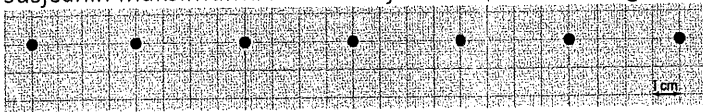
gdje je α_B Brewsterov kut, n_1 indeks loma sredstva iz kojeg dolazi zraka svjetlosti, n_2 indeks loma sredstva u koji se lomi zraka svjetlosti, a n je tzv. apsolutni indeks loma.

Optika	$n = \frac{c}{v}$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$	$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$	$\frac{y'}{y} = -\frac{b}{a}$
	$j = \frac{1}{f}$	$\lambda = \frac{sd}{a}$	$d \sin \alpha_k = k\lambda$	$\operatorname{tg} \alpha_B = n$

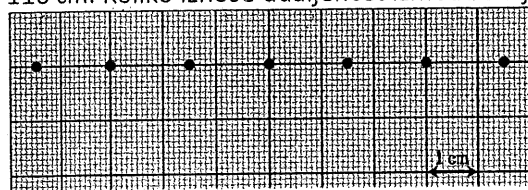
ZADACI

17.1 Učenik promatra mirnu površinu vode koristeći se naočalama s polarizacijskim filtrima. Neka zraka svjetlosti upada na površinu vode pod kutom α te se djelomično lomi i djelomično reflektira. Reflektiranu zraku te naočale ne propuštaju do oka učenika. Koliki je kut loma te zrake svjetlosti pri prijelazu iz zraka u vodu? Indeks loma vode iznosi 1,33. R17044

17.2 Učenici su izveli Youngov pokus koristeći se dvjema pukotinama razmaknutim $70 \mu\text{m}$, milimetarskim papirom, laserom nepoznate valne duljine i metrom. Milimetarski papir zalijepili su na vertikalni zid. Pukotine su postavili na udaljenost 4 m od zida paralelno s papirom. Laserski snop propustili su kroz pukotine te je nastala interferencijska slika na milimetarskome papiru kako je prikazano na slici. Koliko iznose razmak između susjednih maksimuma i valna duljina lasera korištenoga u ovome pokusu? R17043



17.3 Crvena svjetlost valne duljine 650 nm prolazi okomito kroz Youngove pukotine. Na slici su prikazani interferencijski maksimumi na milimetarskome papiru koji je paralelan s ravninom pukotina i od njih udaljen 110 cm . Koliko iznose udaljenost između susjednih maksimuma i razmak između pukotina? R17042



17.4 U Youngovu pokusu na zastoru se vide svijetle pruge koje nastaju interferencijom svjetlosti s dvaju točkastih koherentnih izvora. Koja je od navedenih tvrdnja točna ako se poveća udaljenost između zastora i izvora? R17041

- A. Poveća se udaljenost između susjednih pruga, a ne promijeni im se boja.
- B. Smanji se udaljenost između susjednih pruga, a ne promijeni im se boja.
- C. Poveća se udaljenost između susjednih pruga i promijeni im se boja.
- D. Smanji se udaljenost između susjednih pruga i promijeni im se boja.

17.5 Svjetlost valne duljine 600 nm upada na dvije pukotine. Na zastoru udaljenome a_1 od pukotina četvrti maksimum interferencijskoga uzorka udaljen je za y od centralnoga maksimuma. Kad se kroz dvije iste pukotine propusti svjetlost valne duljine λ_2 , na zastoru udaljenome $a_2 = 3/4 a_1$ peti maksimum interferencijskoga uzorka udaljen je za isti y od centralnoga maksimuma. Kolika je valna duljina λ_2 ? R17040

- A. 480 nm B. 600 nm C. 640 nm D. 800 nm

17.6 Učenik mjeri udaljenost između susjednih maksimuma za crvenu (s_c), zelenu (s_z) i plavu (s_p) svjetlost u Youngovu pokusu s dvjema pukotinama. Udaljenost od pukotina i zastora stalna je kao i razmak između pukotina. Koji je od navedenih odnosa točan? R17039

- A. $s_c < s_z < s_p$ B. $s_c > s_z < s_p$ C. $s_c < s_z > s_p$ D. $s_c > s_z > s_p$

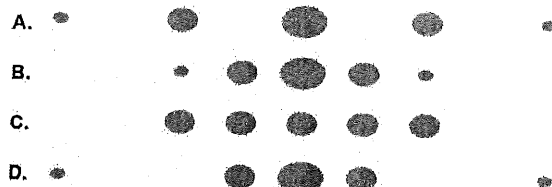
17.7 Razmak između zastora i pukotina u Youngovu se pokusu udvostruči. Što se zbog toga dogodi s razmakom između susjednih svijetlih pruga na zastoru ako se ostatak eksperimentalnoga postava ne mijenja? R17038

- A. Dvostruko se smanji. B. Ostane isti. C. Dvostruko se poveća. D. Četverostruko se poveća.

17.8 Koja je od navedenih tvrdnja o magnetskome polju radiovalova točna? R17037

- A. Paralelno je s električnim poljem vala i sa smjerom širenja vala.
- B. Paralelno je s električnim poljem vala i okomito na smjer širenja vala.
- C. Okomito je na električno polje vala i na smjer širenja vala.
- D. Okomito je na električno polje vala i paralelno sa smjerom širenja vala.

17.9 Prolaskom monokromatske svjetlosti kroz optičku rešetku određene konstante na zastoru nastaje ogibna slika. Koji je od prikazanih uzoraka nastao upotrebom optičke rešetke najveće konstante? R17036



17.10 Dva koherentna vala svjetlosti upadaju na zastor u istoj točki koja je osvijetljena. Koja od navedenih veličina ne može biti fazna razlika valova? R17035

- A. 0
- B. π
- C. $3\pi/2$
- D. 2π

17.11 Elektromagnetski val u vakuumu ima valnu duljinu 400 nm. Kolika mu je valna duljina u sredstvu indeksa loma 2? R17034

- A. 100 nm
- B. 200 nm
- C. 400 nm
- D. 800 nm

17.12 Pri prolasku bijele svjetlosti kroz optičku rešetku vidljiv je spektar najviše trećega reda. Koliko je ukupno spektara vidljivo na zastoru? R17033

- A) 1
- B) 3
- C) 6
- D) 7

17.13 Konstanta optičke rešetke iznosi 2 μm . Koliko zarezova po duljini ima zadana optička rešetka? R17032

- A) 500 zarezova po milimetru
- B) 500 zarezova po centimetru
- C) 500 zarezova po decimetru
- D) 500 zarezova po metru

17.14 Kako se od nepolarizirane svjetlosti može dobiti potpuno polarizirana svjetlost? R17031

- A) lomom na optičkoj prizmi
- B) ogibom na optičkoj prizmi
- C) refleksijom na površini vode
- D) refleksijom na zrcalu

17.15 Nepolarizirana svjetlost neće proći kroz dva polaroida kada njihove ravnine zatvaraju određeni kut. Koji je to kut? R17030

- A) 0°
- B) 45°
- C) 90°
- D) 180°

17.16 Na optičku rešetku s 1000 zarezova po milimetru upada bijela svjetlost. Pod kojim se kutom vidi prvi maksimum za ljubičastu svjetlost valne duljine 400 nm? R17029

17.17 Učenik izvodi pokus puštajući laserski snop svjetlosti valne duljine λ na dvije vrlo uske pukotine razmaknute za d . Na zastoru udaljenome a od pukotina opaža svijetle pruge razmaknute za s . Učenik uzima drugi laser čija je valna duljina svjetlosti $\lambda_1 = 1,5\lambda$. Koliki razmak s_1 opaža učenik između svijetlih pruga na zastoru nakon što pukotine osvijetli drugim laserom? R17028

- A) $s_1 = 0,5s$
- B) $s_1 = (2/3)s$
- C) $s_1 = s$
- D) $s_1 = (3/2)s$

17.18 Paralelan snop koherentne svjetlosti valne duljine 400 nm upada okomito na optičku rešetku s 1000 zarezova po milimetru duljine. Koji se maksimalni red spektra vidi tom rešetkom? R17027

17.19 Učenik izvodi pokus puštajući laserski snop svjetlosti frekvencije f na dvije vrlo uske pukotine razmaknute za d . Na zastoru udaljenome a od pukotina opaža svijetle pruge razmaknute za s . Učenik uzima drugi laser čija je frekvencija svjetlosti $f_1 = 1,5 f$. Koliki razmak s_1 opaža učenik između svijetlih pruga na zastoru nakon što osvijetli pukotine drugim laserom? R17026

- A) $s_1 = 0,5s$ B) $s_1 = (2/3)s$ C) $s_1 = s$ D) $s_1 = (3/2)s$

17.20 Što od navedenoga dokazuje da je svjetlost transverzalni val? R17025

- A) ogib svjetlosti B) disperzija svjetlosti
C) polarizacija svjetlosti D) interferencija svjetlosti

17.21 Svjetlost iz zraka upada na staklenu ploču te se djelomično reflektira i djelomično lomi. Kut je loma svjetlosti 34° , a reflektirana je zraka linearno potpuno polarizirana. Koliki je kut upada svjetlosti? R17024

- A) 34° B) 56° C) 68° D) 124°

17.22 Pod kojim uvjetom nastaje ogib svjetlosti na pukotini? R17023

- A. Valna duljina svjetlosti puno je veća od širine pukotine.
B. Valna duljina svjetlosti puno je manja od širine pukotine.
C. Valna duljina svjetlosti približno je jednaka širini pukotine.

17.23 Učenik je izveo eksperiment u kojemu je laserski snop svjetlosti usmjerio na tanku vlas kose i promatrao nastalu sliku na zastoru. Koja se fizička pojava može dokazati tim eksperimentom? R17022

- A) polarizacija svjetlosti B) fotoelektrični učinak
C) disperzija svjetlosti D) ogib svjetlosti

17.24 Kakvi moraju biti valovi svjetlosti u Youngovu pokusu da bi nastala interferentna slika na zastoru? R17021

- A) transverzalni i koherentni B) transverzalni i nekoherentni
C) longitudinalni i koherentni D) longitudinalni i nekoherentni

17.25 Bijela svjetlost upada okomito na optičku rešetku. Što vrijedi za kutove prvoga ogibnog maksimuma crvene i zelene boje? R17020

- A) Kutovi su jednaki za obje valne duljine. B) Kut je veći za crvenu boju.
C) Kut je veći za zelenu boju. D) Kutovi su proporcionalni zbroju valnih duljina.

17.26 Na optičku rešetku konstante $2 \cdot 10^{-7}$ m upada svjetlost valne duljine $5,6 \cdot 10^{-7}$ m pod kutom za koji je $\sin \alpha = 0,8372$. Koji se maksimalni red spektra vidi tom rešetkom? R17019

- A) prvi B) drugi C) treći D) četvrti

17.27 Snop monokromatske svjetlosti pada okomito na dvije pukotine. Na zastoru nastaje interferentna slika. Što treba učiniti da se smanji razmak između svijetlih pruga na zastoru? R17018

- A. povećati razmak između pukotina
B. povećati udaljenost između pukotina i zastora
C. povećati valnu duljinu svjetlosti

17.28 Svjetlost valne duljine 500 nm pada na optičku rešetku. Maksimum trećega reda vidi se pod kutom 30° . Kolika je konstanta te rešetke? R17017

17.29 Koja od navedenih pojava dokazuje da je svjetlost transverzalni val? R17016

- A) refrakcija B) polarizacija C) difrakcija D) disperzija

17.30 Dva snopa svjetlosti destruktivno interferiraju u točki T. Za koliko se razlikuju prijedeni putovi tih dvaju snopova do točke T? R17015

- A) za paran broj valnih duljina B) za neparan broj valnih duljina
C) za neparan broj polovica valnih duljina D) za paran broj polovica valnih duljina

17.31 Kolika je konstanta optičke rešetke ako se spektar petoga reda svjetlosti valne duljine 500 nm vidi pod kutom od 30°? R17014

17.32 Youngovim pokusom s monokromatskom svjetlošću dobivaju se interferentne pruge na zastoru. Što od navedenoga treba učiniti da se poveća razmak između interferentnih pruga? R17013

- A. Treba smanjiti razmak između pukotina.
B. Treba povećati razmak između pukotina.
C. Treba smanjiti razmak između zastora i pukotina.
D. Treba upotrebljavati svjetlost manje valne duljine.

17.33 Paralelan snop svjetlosti valne duljine 600 nm pada okomito na optičku rešetku. Optička rešetka ima 400 pukotina na svaki milimetar duljine. Vidi li se na ogibnoj slici svijetla pruga petoga reda? R17012

17.34 Paralelan snop monokromatske svjetlosti valne duljine 500 nm upada okomito na optičku rešetku. Maksimum drugoga reda vidi se pod kutom od 20°. Kolika je konstanta rešetke? R17011

17.35 Svjetlost frekvencije f i brzine c giba se kroz zrak i ulazi u sredstvo indeksa loma 1,3. koja je od navedenih tvrdnji točna za frekvenciju i brzinu svjetlosti u tom sredstvu? R17010

- A. Frekvencija je f , a brzina $1,3 c$. B. Frekvencija je $f/1,3$, a brzina c .
C. Frekvencija je $1,3 f$, a brzina c . D. Frekvencija je f , a brzina $c/1,3$.

17.36 Koji od navedenih valova ne mogu biti polarizirani? R17009

- A) valovi zvuka B) radiovalovi
C) mikrovalovi D) valovi svjetlosti

17.37 Okomito na optičku rešetku pada crvena i zelena monokromatska svjetlost. Koja je od navedenih tvrdnji o kutu prvog ogibnog maksimuma točna? R17008

- A. Kut je veći za crveno svjetlo.
B. Kut je veći za zeleno svjetlo.
C. Kut je jednak za obje valne duljine.

17.38 Svjetlost valne duljine $5 \cdot 10^{-4}$ m pada na optičku rešetku s 800 zarezâ po milimetru. Pod kojim se kutom vidi ogibni maksimum drugog reda? R17007

17.39 Svjetlost valne duljine 600 nm pada na optičkoj rešetci konstante 4 μm . Koliko ogibnih maksimuma može vidjeti na zastoru? R17006

17.40 Infracrveno zračenje valne duljine $2 \mu\text{m}$ nailazi na pregradu s dvjema pukotinama međusobnoga razmaka 1 mm . Maksimumi interferencije detektiraju se na udaljenosti 1 m od pregrade. Koliki je razmak između susjednih maksimuma interferencije? R17005

- A) 1 mm B) 2 mm C) 3 mm D) 4 mm

17.41 Na optičkoj rešetki ogiba se bijela svjetlost. Koje je boje svjetlost koja se ogiba pod najmanjim ogibnim kutom ako se promatra spektar prvoga reda? R17004

- A) crvene B) ljubičaste C) zelene D) žute

17.42 Na optičku rešetku okomito upada monokromatska svjetlost valne duljine 400 nm . Sinus ogibnoga kuta za prvi maksimum iznosi $0,2$. Kolika je konstanta optičke rešetke? R17003

- A) $1 \mu\text{m}$ B) $2 \mu\text{m}$ C) $3 \mu\text{m}$ D) $4 \mu\text{m}$

17.43 Učenik izvodi eksperiment u kojemu laserski snop svjetlosti usmjeri na tanku vlas kose i promatra nastalu sliku na zastoru. Koja se fizička pojava može dokazati tim eksperimentom? R17002

- A. polarizacija svjetlosti B. fotoelektrični učinak
C. disperzija svjetlosti D. ogib svjetlosti

17.44 Zraka svjetlosti upada iz zraka pod kutom od 60° prema okomici na mirnu površinu tekućine. Izračunajte apsolutni indeks loma tekućine ako je kut između odbijene i lomljene zrake 90° . R17001

18. SPECIJALNA TEORIJA RELATIVNOSTI

If you don't like how things are, change it. You are not a tree.

-Jim Rohn

Svako gibanje je relativno. To znači da se gibanje može opisati sa stajališta barem dvaju sustava. Zamislimo da se prema čovjeku koji sjedi na klupi približava biciklist. Jedan sustav je tada klupa (u tom sustavu se nalazi čovjek koji sjedi), a drugi sustav je bicikl (na njemu sjedi biciklist) i pri tome čovjek miruje u odnosu na klupu, a biciklist miruje u odnosu na bicikl.

Sa stajališta čovjeka on iz svog sustava (klupa) vidi da se biciklist i bicikl gibaju prema njemu. Sa stajališta biciklista on iz svog sustava (bicikl) vidi da se čovjek i klupa gibaju prema njemu. Svatko od njih predmete promatra iz svog sustava u kojemu miruje (čovjek u odnosu na klupu, biciklist u odnosu na bicikl). Za čovjeka je klupa **sustav mirovanja**, a za biciklista je bicikl **sustav mirovanja**. Njih dvojica bi izmjerila jednake brzine za onog drugog samo bi im smjerovi bili suprotni. Također bi izmjerili jednake dimenzije (npr. širinu klupe) i trajanje približavanja biciklista.

Specijalna teorija relativnosti bavi se relativnim opisom nekih pojava (duljine, vremenski intervali, relativne brzine...) kada je brzina gibanja tijela jednaka **10% brzine svjetlosti ili veća**. Tada više ne vrijede formule iz mehanike (kinetička energija, količina gibanja...) već treba koristiti točnije formule, tj. formule iz specijalne teorije relativnosti. Pokazuje se da u takvim situacijama **nećemo** izmjeriti jednake vrijednosti za dimenzije i trajanje istih događaja kada ih se promatra iz dva različita sustava.

Važan pojam u specijalnoj teoriji relativnosti je inercijalni sustav.

Inercijalni sustav je svaki sustav koji se giba jednoliko pravocrtno ili miruje. Bit inercijalnih sustava je sljedeća:

- Recimo da se vozite u vlaku nekom stalnom brzinom (vlak je inercijalni sustav u ovom primjeru) i da su prozori potpuno zamračeni i da ne možete osjetiti vibracije vlaka ni čuti zvukove izvana. Tada ne postoji način na koji biste odredili giba li se vlak ili miruje. Drugi način da se to kaže je da su fizikalni zakoni jednaki u svim inercijalnim sustavima (u onima koji miruju, u onima koje se gibaju brzinom 100 km/h, 200 km/h itd., bitno je da je brzina stalna)

Neinercijalni sustavi su svi ostali (mogu se gibati ubrzano, usporeno, kružno ili nekom kombinacijom). Bit inercijalnih sustava je sljedeća:

- Recimo da se vozite u istom vlaku kao gore i da vlak odjednom za koči. To biste osjetili (nagnući biste se naprijed, stvari u peronu bi popadale s polica...) i mogli biste reći da se vlak giba. Slično je kad vlak ubrza ili dođe u zavoj.

lati (tvrdnje koje se smatra istinitima i ne dokazuju se) specijalne teorije relativnosti:

Zakoni fizike su isti u svim inercijalnim sustavima.

- Ovo znači da bismo u svakom inercijalnom sustavu mogli koristiti Newtonove zakone, zakon očuvanja energije, zakon očuvanja količine gibanja, zakon očuvanja naboja itd. na potpuno jednaki način.

Brzina svjetlosti u vakuumu je jednaka u svim sustavima neovisno o njihovom međusobnom gibanju.

- Ovo znači da uvijek mjerimo da se svjetlost giba brzinom $3 \cdot 10^8$ m/s u odnosu na nas neovisno o tome gibamo li joj se u susret, udaljavamo od nje ili mirujemo. Ovo nije slučaj s predmetima iz svakodnevice gdje je relativna brzina veća ako se gibamo u susret nekome u odnosu kada mirujemo.

Podjela postulata specijalne teorije relativnosti:

Dilatacija vremena- vrijeme se, iz sustava koji miruje uvijek čini dužim nego vrijeme u sustavu koji se giba

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Kontrakcija duljina- duljina se, iz sustava koji miruje uvijek čini kraćom nego duljina u sustavu koji se giba. Pri tome se skraćuju samo dimenzije tijela na pravcu gibanja, ne i one okomite na pravac gibanja.

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Količina gibanja, ukupna energija, kinetička energija, energija mirovanja se računaju prema formulama:

relativistička količina gibanja $p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

relativistička ukupna energija $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

relativistička kinetička energija $E_K = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$

energija mirovanja $E_0 = mc^2$

ukupnu energiju E se može zapisati kao $E = E_K + E_0$ pa se od tu izrazi E_K u obliku $E_K = E - E_0$ i time obije treća (najsloženija) formula.

Relativističko i vlastito vrijeme i duljina

Ponekad je zbunjujuće koje vrijeme je relativističko (T), a koje je vlastito (T_0). Isto vrijedi i za relativističku (L) i vlastitu (L_0) duljinu.

- Kada vrijeme ili duljinu mjerimo u svom sustavu tada se radi o vlastitom vremenu T_0 i vlastitoj duljini L_0 .
 - Npr. nalazimo se na Zemlji i mjerimo duljinu štapa koji je također na Zemlji. Nalazimo se u vlaku i mjerimo vrijeme padanja kapljice u vlaku. Nalazimo se u svemirskom brodu i mjerimo duljinu stola u svemirskom brodu. Itd.
- Kada vrijeme ili duljinu mjerimo u drugom sustavu tada se radi o relativističkom vremenu T i relativističkoj duljini L .
 - Npr. nalazimo se na Zemlji i s nje mjerimo duljinu štapa koji se nalazi u svemirskom brodu. Nalazimo se u vlaku i iz njega mjerimo vrijeme padanja kapljice na stanici pokraj vlaka. Nalazimo se u svemirskom brodu i iz njega mjerimo duljinu stola na Zemlji. Itd.

Dogodi li se da unatoč svemu ne možemo dokučiti tko je tko onda uspoređujemo brojeve:

T je uvijek veći od T_0 (dilatacija, tj. produžavanje vremena),

a L je uvijek kraći od L_0 (kontrakcija, tj. skraćivanje duljina).

Hint: za usporedbu L i L_0 ili T i T_0 ključno je da se mjeri ista stvar iz dva različita sustava. Nije dovoljno znati mjerimo li nešto iz svog ili drugog sustava, moramo biti sigurni da mjerimo istu stvar (npr. duljinu istog štapa, trajanje iste pojave itd.)

Moderna fizika

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_f = hf$$

$$E_k = E_f - W_i$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$E_f = E_n - E_m = -13,6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); n > m$$

$$E = \Delta mc^2$$

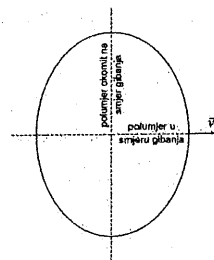
$$N = N_0 2^{-\frac{t}{\tau}} = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

$$A = \lambda N$$

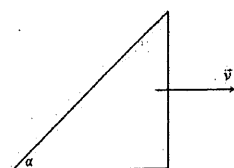
ZADACI

18.1 Slika prikazuje tijelo koje u mirovanju ima oblik kugle i giba se pored Zemlje stalnom relativističkom brzinom. Opažači na Zemlji mjere polumjere tijela u smjeru gibanja i okomito na smjer gibanja kao što je prikazano na slici. Polumjer tijela okomit na smjer gibanja iznosi 3 km, a onaj paralelan sa smjerom gibanja 2 km, oba mjerena iz sustava Zemlje. Također, na Zemlji je izmjereno kako tijelo svake sekunde odašilje svjetlosni signal. Kolika je brzina tijela u odnosu na Zemlju? Kolikom periodom tijelo odašilje signal mjereno iz sustava tijela? R18039



18.2 Vrijeme života piona mjereno u sustavu u kojemu on miruje iznosi 26 ns. Neki pion stvoren je visoko u atmosferi tako da se odmah približava prema tlu brzinom $0,95c$. Koliki su vrijeme života piona i udaljenost koju će prijeći mjereno iz sustava promatrača na Zemlji? R18038

18.3 Na slici je prikazana pravokutna kosina vlastite duljine hipotenuze 2 m i vlastita kuta $\alpha = 45^\circ$ koja se nalazi u svemirskome brodu koji se giba brzinom $0,866c$ paralelno s bazom kosine. Koliku duljinu hipotenuze kosine i kut kosine mjeri mirni promatrač sa Zemlje? R18037



18.4 Mion je nestabilna čestica čiji životni vijek mjereno u vlastitome sustavu iznosi $2 \cdot 10^{-6}$ s. Koliki je izmjereni životni vijek miona koji se giba brzinom $v = c \sqrt{\frac{99}{100}}$ u odnosu na mjeritelja? R18036
 A) $2 \cdot 10^{-5}$ s B) $2 \cdot 10^{-6}$ s C) $2 \cdot 10^{-7}$ s D) $2 \cdot 10^{-8}$ s

18.5 U nekome inercijalnom sustavu promatrač P ima štap vlastite duljine 1 m na kojemu se nalazi mrav. Promatrač ispali raketom štap s mravom tako da se gibaju stalnom brzinom iznosa $c/2$ u smjeru duljine štapa. Koja je tvrdnja točna u sustavu u kojemu mrav miruje? R18035
 A. Štap miruje i izmjerena duljina mu je manja od 1 m.
 B. Štap i promatrač P gibaju se stalnom brzinom različitom od nule.
 C. Promatrač P giba se brzinom $c/2$, a izmjerena duljina štapa je 1 m.
 D. Štap se giba brzinom $c/2$ i izmjerena duljina mu je 1 m.

18.6 Zašto prema Einsteinovoj teoriji relativnosti putovanje tijela brzinom svjetlosti nije moguće? R18034
 A. jer bi ukupna energija tijela bila nula
 B. jer bi se masa mirovanja tijela približavala nuli
 C. jer bi ukupna energija tijela bila beskonačno velika
 D. jer bi vrijednost Lorentzova faktora bila jednaka nuli

18.7 Neutron se giba jednoliko pravocrtno brzinom $0,8c$ i prolazi kroz dva detektora. Promatrač u laboratoriju, u odnosu na kojega detektori miruju, izmjeri da je razmak između njih 30 mm. Koliko iznosi vrijeme prolaska između dvaju detektora mjereno iz sustava neutrona? R18033
 A. $45 \cdot 10^{-12}$ s B. $75 \cdot 10^{-12}$ s C. $125 \cdot 10^{-12}$ s D. $208,3 \cdot 10^{-12}$ s

18.8 Kapetan u svemirskome brodu zatitra tijelo ovješeno o oprugu frekvencijom f_0 mjereno u sustavu broda. Pretpostavite da se svemirski brod giba u odnosu na Zemlju nekom relativističkom brzinom. Koju bi od navedenih frekvencija titranja f istoga tijela mogao mjeriti motritelj sa Zemlje? R18032
 A. $2 f_0$ B. $1,5 f_0$ C. f_0 D. $0,8 f_0$

18.9 Opažać na Zemlji opazi svemirsku letjelicu i izmjeri da joj je duljina 1 km kada se približava Zemlji brzinom $0,6c$. Koliku duljinu letjelice mjeri kapetan koji se u njoj nalazi? R18031
A. 600 m B. 800 m C. 1000 m D. 1250 m

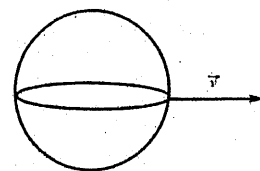
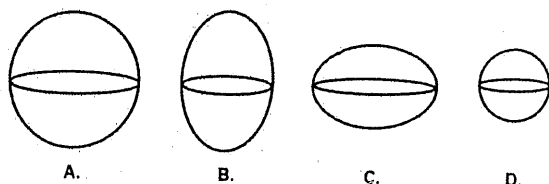
18.10 Ura u mirovanju otkucava svake sekunde, a nalazi se u svemirskome brodu vlastite duljine 100 m. Svemirski brod se u odnosu na mirnoga promatrača giba brzinom $0,6c$. Koliki će vremenski interval između dvaju otkucaja ure i koliku će duljinu svemirskoga broda mjeriti mirni promatrač? R18030
A. manje od 1 s, manje od 100 m B. manje od 1 s, više od 100 m
C. više od 1 s, manje od 100 m D. više od 1 s, više od 100 m

18.11 Putnik se nalazi u stražnjemu dijelu zrakoplova koji se giba brzinom 700 km/h. Iz lasera se emitira svjetlosni snop prema prednjemu dijelu zrakoplova. Koliku brzinu laserskoga snopa izmjeri putnik u prednjemu dijelu zrakoplova? R18029
A) $700 \text{ km/h} + c$ B) $700 \text{ km/h} - c$ C) c D) 700 km/h

18.12 Jednakokrani pravokutni trokut katete $\sqrt{3}$ cm miruje u nekome inercijalnom sustavu. Promatrač se giba paralelno s jednom njegovom katetom brzinom $c/2$. Koliku površinu trokuta mjeri promatrač? R18028

18.13 Čestica mase m giba se brzinom $0,8c$. Koji od navedenih omjera energija vrijedi za tu česticu? R18027
A) $\frac{E_k}{E_0} = \frac{2}{3}$ B) $\frac{E}{E_k} = \frac{5}{4}$ C) $\frac{E_k}{E_0} = \frac{3}{2}$

18.14 Svemirski brod u obliku kugle giba se brzinom $0,95c$ u odnosu na promatrača na Zemlji kao što je prikazano na slici. Koji oblik svemirskoga broda mjeri promatrač sa Zemlje? R18026



18.15 Kolika je kinetička energija čestice mase m koja se giba brzinom $0,8c$? R18025
A) $E_k = (2/3)mc^2$ B) $E_k = (4/3)mc^2$ C) $E_k = (5/3)mc^2$ D) $E_k = (16/9)mc^2$

18.16 Kolikom se brzinom giba elektron ako je njegova ukupna relativistička energija šest puta veća od njegove energije mirovanja? R18024

18.17 Koja od navedenih fizičkih veličina ima jednaki iznos za promatrača na Zemlji i za promatrača u letjelici koja se giba brzinom $0,99c$ u odnosu na Zemlju? R18023

- A) brzina svjetlosti B) količina gibanja miona
C) energija miona D) srednje vrijeme života miona

18.18 Duljina vagona koji stoji jednaka je duljini putničke čekaonice i iznosi L_0 . Kada taj vagon prolazi brzinom $0,8c$ pokraj putničke čekaonice, njegova duljina za promatrača u čekaonici iznosi $0,6L_0$. Kolika je duljina čekaonice za promatrača u vagonu koji se giba? R18022

- A) $0,6 L_0$ B) L_0 C) $1,2 L_0$ D) $1,6 L_0$

18.19 Astronaut je u raketi koja se giba brzinom $0,6c$ s obzirom na Zemlju. Izvedeći pokus sudara dviju kuglica, astronaut zaključuje da su u njegovu sustavu količina gibanja i energija očuvani. Što zaključuje promatrač sa Zemlje? R18021

- A. Očuvane su i količina gibanja i energija. B. Očuvana je količina gibanja, ali energija nije.
 C. Očuvana je energija, ali količina gibanja nije. D. Nisu očuvane ni količina gibanja ni energija.

18.20 Kojom se od navedenih brzina treba gibati tijelo da za njega ne vrijede zakoni klasične mehanike? R18020

- A) $3 \cdot 10^4$ m/s B) $3 \cdot 10^5$ m/s C) $3 \cdot 10^6$ m/s D) $3 \cdot 10^7$ m/s

18.21 Koja od navedenih izjava nije u skladu s postulatima specijalne teorije relativnosti? R18019

- A. Svi su inercijalni sustavi ravnopravni.
 B. Brzina svjetlosti ovisi o gibanju izvora te svjetlosti.
 C. Svjetlost se u vakuumu širi brzinom c .
 D. Brzina svjetlosti u vakuumu najveća je moguća brzina.

18.22 Svemirski brod duljine d_1 prolazi pored Zemlje brzinom $0,6c$. Koliku će duljinu broda d_2 izmjeriti promatrač na Zemlji? Brzina svjetlosti u vakuumu iznosi c . R18018

- A) $d_2 = 0$ B) $d_2 = (4/5) d_1$ C) $d_2 = (5/4) d_1$ D) $d_2 = (25/16) d_1$

18.23 Koja je od navedenih tvrdnja postulat specijalne teorije relativnosti? R18017

- A. Brzina svjetlosti ista je u svim inercijskim referentnim sustavima.
 B. Vrijeme teče sporije u sustavu koji se giba.
 C. Količina gibanja ista je u svim inercijskim referentnim sustavima.
 D. Tijelo koje se giba izgleda kraće u smjeru gibanja.

18.24 Koliku će duljinu štapa mjeriti mirni promatrač sa Zemlje ako se štap nalazi u letjelici koja se giba pored Zemlje brzinom $0,8c$? Vlastita duljina štapa iznosi 10 cm. Štap je položen svojom duljinom u smjeru gibanja letjelice. R18016

- A) 0 cm B) 6 cm C) 10 cm D) 16.67 cm

18.25 Mioni u laboratorijskome sustavu gibaju se brzinom $0,9 c$ i imaju vrijeme poluraspada $1,44 \cdot 10^{-5}$ s. Koliko je vrijeme poluraspada miona u sustavu u kojemu miruju? R18015

18.26 Svemirski brod X giba se prema svemirskome brodu Y brzinom $0,5 c$. Kapetan svemirskoga broda X ispali laserski puls brzinom c prema brodu Y. Koliku brzinu laserskoga pulsa mjeri posada na brodu Y? R18014

- A) $0,5 c$ B) $\sqrt{0,5} c$ C) c D) $1,5 c$

18.27 Što označava E u Einsteinovoj relaciji $E = mc^2$? R18013

- A. potencijalnu energiju tijela mase m B. energiju mirovanja fotona
 C. kinetičku energiju tijela mase m koje se giba brzinom c D. energiju mirovanja tijela mase m

18.28 Svemirski brod prolazi pored Zemlje brzinom $0,8 c$. Duljina svemirskoga broda u smjeru gibanja, koju izmjeri posada broda, iznosi 50 m. Koliku će duljinu svemirskoga broda izmjeriti promatrač na Zemlji? R18012

18.29 Svemirski brod prolazi brzinom $8,0c$ uz svemirsku postaju. Astronauti u svemirskome brodu u smjeru svojega gibanja izmjere da duljina postaje iznosi 60 m . Koliku duljinu postaje u smjeru gibanja broda izmjere promatrači smješteni u postaji? Brzina svjetlosti u vakuumu je c . R18011

- A) 36 m B) 48 m C) 60 m D) 100 m

18.30 Ispred promatrača na Zemlji prolazi svemirski brod brzinom $0,6c$. S bočne strane broda nalazi se okno. Promatrač na brodu vidi da je okno kružno polumjera $0,5\text{ m}$. Kakvo okno na brodu vidi promatrač sa Zemlje? Brzina svjetlosti u vakuumu je c . R18010

- A. kružno polumjera $0,4\text{ m}$ C. eliptično s velikom poluosi $0,5\text{ m}$ položenoj okomito na smjer gibanja broda
B. kružno polumjera $0,5\text{ m}$ D. eliptično s velikom poluosi $0,5\text{ m}$ položenoj u smjeru gibanja broda

18.31 Putnik iz svemirskoga broda, koji napušta Zemlju brzinom $0,8c$, pošalje laserski signal prema Zemlji. Kolika je brzina laserskoga signala u odnosu na putnika u brodu (v_1), a kolika u odnosu na Zemlju (v_2)? Brzina svjetlosti u vakuumu je c . R18009

- A) $v_1 = 0,2c, v_2 = 0,2c$ B) $v_1 = 0,2c, v_2 = 0,8c$
C) $v_1 = 0,8c, v_2 = 0,2c$ D) $v_1 = c, v_2 = c$

18.32 Putnik u svemirskome brodu izmjeri da trajanje neke pojave iznosi 1 s , a promatrač na Zemlji izmjeri da trajanje te pojave iznosi 2 s . Kolika je brzina kojom se svemirski brod giba u odnosu na Zemlju? Brzina svjetlosti u vakuumu je c . R18008

- A) $0,33c$ B) $0,50c$ C) $0,87c$ D) c

18.33 Svemirski brod čija je duljina u sustavu mirovanja 40 m giba se brzinom $0,8c$ u odnosu na promatrača na Zemlji. Kolika je duljina svemirskoga broda u odnosu na toga promatrača? Brzina svjetlosti u vakuumu označena je sa c . R18007

18.34 Raketa prolazi pored svemirske postaje brzinom v u smjeru paralelnom duljini rakete. Dežurni fizičar u postaji izmjeri da je duljina rakete 25 m . Koliku duljinu rakete mjeri putnik u raketi? R18006

- A) manju od 25 m B) jednaku 25 m C) veću od 25 m

18.35 Astronaut mjeri svoj puls te izmjeri 65 otkucaja u minuti. Astronaut se nalazi u svemirskom brodu koji se od Zemlje udaljava brzinom $0,8c$. Koliki puls astronauta mjeri promatrač na Zemlji? R18005

- A) 39 otkucaja u minuti B) 52 otkucaja u minuti
C) 81 otkucaja u minuti D) 108 otkucaja u minuti

18.36 Štap je u sustavu mirovanja dugačak 3 m . Promatrač u odnosu na kojega se štap giba jednoliko duž svoje uzdužne osi mjeri da je duljina štapa 1 m . Kolikom se brzinom štap giba u odnosu na promatrača? R18004

18.37 Astronautkinja putuje raketom koja se giba jednoliko po pravcu brzinom $\frac{c\sqrt{3}}{2}$ u odnosu na Zemlju. Ona je u svojem sustavu izmjerila da njezino putovanje traje 2 godine. Koliko je vremena putovanje trajalo za promatrača na Zemlji? R18003

18.38 Vlastito vrijeme života neke čestice iznosi $T_0 = 2\ \mu\text{s}$. Koliko iznosi njezino vrijeme života u laboratorijskome sustavu u kojem se čestica giba brzinom $0,6c$? R18002

18.39 Vlastito vrijeme života neke čestice iznosi T_0 . Kolika treba biti brzina čestice u laboratorijskome sustavu da za promatrača u tome sustavu njezino vrijeme života iznosi $2T_0$? R18001

19. KVANTNA FIZIKA

Don't wish it were easier, wish you were better.

-Jim Rohn

Kvantna fizika proučava zakonitosti na atomskoj i čestičnoj razini.

Planckova kvantna hipoteza

Max Planck je pretpostavio da elektromagnetsko zračenje nastaje titranjem sićušnih električnih oscilatora, tj. elektrona. Pri tome oni stvaraju elektromagnetske valove određene frekvencije f , a za njihovu energiju je pretpostavio da može dolaziti samo u „paketićima“ od

$$E = hf$$

To znači da elektron koji titra frekvencijom f ne može izračiti elektromagnetski val (tj. foton) energije $0.4hf$, niti $0.9hf$, već samo elektromagnetske valove energije hf . Ta se tvrdnja naziva Planckovom kvantnom hipotezom. Promijeni li se frekvencija titranja elektrona samo tada se može promijeniti i energija izračenih elektromagnetskih valova (tj. fotona).

Ukupna energija izračenih elektromagnetskih valova (tj. fotona) može se računati kao

$$E = Nhf$$

gdje je N broj izračenih elektromagnetskih valova (tj. fotona).

Hint: Kvantizirana veličina znači da može poprimiti samo određene iznose te da ima određeni najmanji iznos. Primjer kvantizirane veličine je novac, najmanji iznos je 1 lipa za kune ili 1 cent za euro, a svi drugi iznosi se mogu dobiti kao cijeli broj lipa ili centi.

Fotoni

Prema Einsteinu foton je kvant elektromagnetskog zračenja određene frekvencije, tj. kvantna čestica. Kvant je određeni najmanji iznos neke veličine koja se prema kvantnoj teoriji skokovito mijenja (npr. kvant energije je hf jer cijelo zračenjem može primiti energiju hf , $2hf$, $55hf$, ali ne i $0.2hf$, $24.7hf$...).

Energija fotona računa se prema relaciji

$$E = hf$$

Bijela svjetlost je sastavljena od velikog broja fotona različitih frekvencija. Jednobojna (monokromatska) svjetlost je sastavljena od velikog broja fotona istih frekvencija. Frekvencija fotona izravno određuje boju svjetlosti.

Svi fotoni (neovisno o frekvenciji) uvijek se gibaju brzinom svjetlosti u vakuumu (kada su u nekom sredstvu koristimo se formulom $n = \frac{c}{v}$ da im odredimo brzinu), a korisno je s gornjom formulom kombinirati i formulu za brzinu valova $v = \lambda f$, tj. $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda}$, jer se tada formula za energiju fotona može pisati u obliku koji se često koristi

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Fotoelektrični učinak

Kada se metal obasjava svjetlošću u određenim uvjetima dolazi do izbacivanja elektrona s površine metala. Ta se pojava naziva fotoelektrični učinak (foto- za svjetlost i električni- za elektrone). Inače, u metalima postoje elektroni koji nisu vezani za svoje matične atomske jezgre (tzv. slobodni elektroni) i upravo se njih može, pomoću svjetlosti, izbaciti iz metala. Pokusom su utvrđene sljedeće zakonitosti:

- Do pojave fotoelektričnog učinka dolazi tek kada se metal obasjava svjetlošću **minimalne frekvencije** f_{min} ili veće od nje. Pri manjim frekvencijama svjetlosti elektroni se ne izbacuju iz metala.
 - Hint: minimalnoj frekvenciji f_{min} odgovara maksimalne valna duljina λ_m prema formuli $v = \lambda f$, gdje je $v = c$ brzina svjetlosti. Minimalna frekvencija i maksimalna valna duljina često se nazivaju i granična frekvencija i granična valna duljina.
- Intenzitet svjetlosti (broj fotona koji u 1 s padnu na 1 m² površine metala) nema utjecaja na pojavu fotoelektričnog učinka već samo na **broj** elektrona koji se izbace iz metala (veći intenzitet- više izbačenih elektrona). Ukoliko frekvencija svjetlosti nije dovoljna da se elektroni izbace, svjetlost većeg intenziteta neće ništa promijeniti.
- Kinetička energija izbačenih elektrona ovisi samo o frekvenciji upadne svjetlosti, a ne ovisi o intenzitetu.

Sve te zakonitosti Einstein je uspio objasniti na sljedeći način:

Svjetlost, koja se sastoji od mnoštva fotona određenih frekvencija, se dolaskom na površinu metala sudara s elektronima i predaje im svoju energiju (stručni naziv je da su fotoni **apsorbirani**, tj. upijeni). Da bi određeni elektron napustio metal mora dobiti (apsorbirati) foton dovoljno velike energije da bi uspio savladati kemijske veze u metalu i napustiti ga. Zato ne može svjetlost (fotoni) bilo kojih frekvencija izbaciti elektrone, već samo oni koji imaju dovoljno veliku energiju. Energija koja je potrebna elektronima da napuste metal naziva se **izlazni rad** W_i .

Dobiju li elektroni energiju koja je veća od izlaznog rada W_i tada ne samo da napuste metal već imaju i određenu **kinetičku energiju** E_k izvan metala. Ukoliko elektroni dobiju energiju koja je točno jednaka izlaznom radu, tada, nakon što napuste metal, nemaju kinetičku energiju. To se događa upravo za minimalnu frekvenciju (maksimalnu valnu duljinu) upadne svjetlosti. Primjenjujući zakon očuvanja energije Einstein je došao do relacije koja opisuje fotoelektrični učinak

$$E_f = E_K + W_i$$

gdje je $E_f = hf = \frac{hc}{\lambda}$ energija fotona. Prime li elektroni minimalnu energiju potrebnu za izlazak iz metala tada napuštaju metal no nemaju kinetičku energiju pa vrijedi

$$E_f = W_i$$

a budući da minimalnu energiju dobivamo za minimalnu frekvenciju, tj. za maksimalnu valnu duljinu fotona gornja formula se može pisati i ovako

$$hf_{min} = W_i$$

$$\frac{hc}{\lambda_{max}} = W_i$$

Ukoliko je energija fotona manja od izlaznog rada određenog metala tada neće doći do izbacivanja elektrona, tj. ne dolazi do fotoelektričnog učinka.

Elektrone koji su izbačeni iz metala i koji imaju kinetičku energiju može se opet zaustaviti tako da se upotrijebi električno polje, tj. uspostavi se razlika potencija (napon) te tada vrijedi

$$E_K = qU = eU$$

Napon potreban za zaustavljanje elektrona naziva se **zaustavni napon**. Gornja formula je izvedena uzimajući u obzir negativan naboj elektrona tako da se u nju naboj e upisuje kao pozitivan broj. Ista formula vrijedi i za ubrzavanje nabijenih čestica (i pozitivnih i negativnih).

de Broglijeva („de broljeva“) relacija

Pokusima je pokazano da elektroni i fotoni ponekad pokazuju čestična, a ponekad valna svojstva. Npr. pojave ogiba i interferencije su valne pojave, a uočene su i kod elektrona (ogib elektrona) i kod fotona (Youngov pokus, optička rešetka). Kod fotoelektričnog učinka i elektroni i fotoni se ponašaju kao čestice (sudaraju se i možemo ih prebrojati). To je navelo Louisa de Broglie da iznese hipotezu da sve čestice imaju i čestična i valna svojstva. Prema tome bi se mogla izračunati valna duljina npr. elektrona ili protona. Relacija je sljedeća

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

Dakle, količina gibanja (čestično svojstvo) je povezana s valnom duljinom (valno svojstvo).

Bohrov model atoma

Niels Bohr je prvi dao model atoma koji je u potpunosti objašnjavao tadašnje eksperimentalne rezultate. Bohr je postulirao sljedeće:

- Elektroni se u atomu gibaju po kružnim stazama koje su kvantizirane (imaju strogo određene polumjere) za koje vrijedi

$$r_n = an^2$$

gdje je $a = r_1 = 0.53 \cdot 10^{-10}m$ i predstavlja polumjer staze elektrona koji je najbliži jezgri atoma (odnosi se samo na atom vodika). Elektroni u svakoj od tih staza imaju točno određenu energiju (također kvantiziranu) koja se može promijeniti kada elektron, zbog nekog razloga, promijeni stazu u kojoj se nalazi. Budući da brzina kruženja elektrona ovisi o polumjeru kruženja i ona je također kvantizirana. Dakle, polumjer, energija i brzina elektrona u atomu su kvantizirane.

- Elektroni koji se nalaze u jednoj od dopuštenih staza nalaze se u tzv. **stacionarnom stanju**, tj. ne gube energiju i mogu se vječno gibati na taj način. Za elektron koji se nalazi u jednoj od dopuštenih stanja kaže se da se nalazi na jednoj energijskoj razini u atomu. Najniža vrijednost energije koju može imati elektron u atomu naziva se **osnovnom razinom** i za elektron u atomu vodika iznosi -13.6 eV . Minus znači da je taj elektron vezan za jezgru u atomu i da se ne može udaljiti od nje sve dok ne dobije energiju izvana (od fotona). Energije elektrona na ostalim razinama računaju se prema relaciji

$$E_n = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$n = 5$	_____	$-0,54 \text{ eV}$
$n = 4$	_____	$-0,85 \text{ eV}$
$n = 3$	_____	$-1,50 \text{ eV}$
$n = 2$	_____	$-3,40 \text{ eV}$

$n = 1$	_____	$-13,60 \text{ eV}$

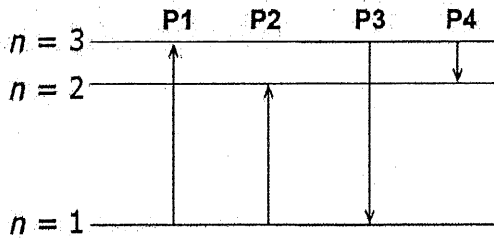
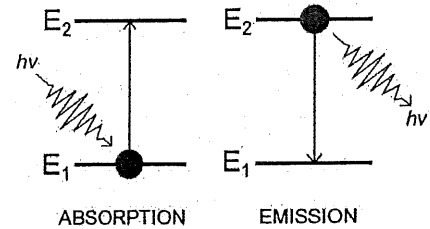
Desni crtež prikazuje prvih 5 energijskih razina za elektron u atomu vodika izraženih u elektronvoltima. Za $n = \infty$ energija elektrona postaje 0 eV i takav elektron više nije vezan za atom te se naziva slobodnim elektronom.

- Kada elektron prijeđe s više na nižu energijsku razinu (sa staze većeg u stazu s manjim polumjerom) **emitira foton** čija je energija jednaka razlici energija elektrona u tim razinama, tj. energija fotona koji se izračuna se prema relaciji

$$E_f = E_n - E_m = -13.6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad n > m$$

Energija fotona koji se emitira uvijek je pozitivna. Elektroni u atomu također mogu i apsorbirati fotone, i to samo ako je energija fotona jednaka razlici energijskih razina u tom atomu. Ukoliko to nije slučaj, foton neće biti apsorbiran.

Ovako shematski izgleda proces emisije (zračenja) i apsorpcije (upijanja) fotona. Energijske razine u atomu označene su s E_1 i E_2 . Svaka energijska razina odgovara energiji elektrona koji se nalazi u njoj. Prilikom **apsorpcije fotona**, elektron se podiže na **višu** energijsku razinu (stazu s većim polumjerom), a prilikom **emisije fotona** elektron se spušta na **nižu** energijsku razinu (stazu s manjim polumjerom).



Mogući su prelasci elektrona između bilo kojih energijskih razina (na slici lijevo prelasci su označeni oznakama P1 do P4). Svaki prelazak znači apsorpciju ili emisiju fotona energije $E_n - E_m$.

Kada elektron apsorbira foton i podigne se na višu energijsku razinu kaže se da je atom pobuđen. Pobuđeno stanje atoma traje oko 10^{-8} s nakon čega se elektron spušta u jedno od nižih energijskih stanja i pri tome emitira foton.

Moderna fizika

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_f = hf$$

$$E_k = E_f - W_i$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$E_f = E_n - E_m = -13,6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); n > m$$

$$E = \Delta mc^2$$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

$$A = \lambda N$$

ZADACI

19.1 Koja je od navedenih tvrdnja za energije i polumjere staza elektrona u Bohrovu modelu atoma točna? R19083

- A. Energije elektrona i polumjeri njihovih staza su kvantizirani.
- B. Ni energije elektrona ni polumjeri njihovih staza nisu kvantizirani.
- C. Energije elektrona su kvantizirane, ali polumjeri njihovih staza nisu kvantizirani.
- D. Energije elektrona nisu kvantizirane, ali polumjeri njihovih staza jesu kvantizirani.

19.2 De Broglieva valna duljina nekoga slobodnog elektrona koji se giba stalnom brzinom v u smjeru osi x jednaka je λ . Kako se mijenja valna duljina elektrona kad se u prostoru uključi električno polje usmjereno duž osi y ? R19082

- A. Valna duljina elektrona stalno se smanjuje.
- B. Valna duljina elektrona stalno se povećava.
- C. Valna duljina elektrona prvo se povećava, a zatim smanjuje.
- D. Valna duljina elektrona prvo se smanjuje, a zatim povećava.

19.3 Vidljiva svjetlost može izazvati fotoelektrični učinak na uzorku cezija. Koja je boja svjetlosti kojom treba obasjati uzorak cezija kako bi izbačeni elektroni imali najveću maksimalnu kinetičku energiju? R19081

- A. crvena B. zelena C. plava D. ljubičasta

19.4 Elektron energije 10 eV ima valnu duljinu λ_1 , a elektron energije 1000 eV ima valnu duljinu λ_2 . Koliki je omjer λ_1/λ_2 ? R19080

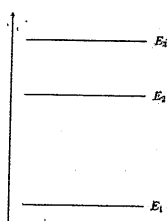
- A. 1/1000 B. 1/10 C. 10 D. 100

19.5 Određeni materijal obasjan je elektromagnetskim zračenjem energije fotona 2 eV i pritom dolazi do fotoelektričnoga učinka. Maksimalna kinetička energija pojedinoga elektrona izbačenoga iz materijala iznosi 0,8 eV. Koliko će iznositi maksimalna kinetička energija pojedinoga izbačenog elektrona ako se taj materijal obasja elektromagnetskim zračenjem energije fotona 2,5 eV? R19079

- A. 0,8 eV B. 1,3 eV C. 1,7 eV D. 2,5 eV

19.6 Na slici je prikazan dio energijskih razina za neki atom. Razmak između razina E_1 i E_2 dva je puta veći od razmaka između razina E_2 i E_3 . Kad elektron prijeđe s razine E_3 na razinu E_2 , emitira foton valne duljine λ . Koje još valne duljine može imati foton koji se emitira pri prijelazu elektrona iz viših u niža energijska stanja? R19078

- A) samo $\lambda/2$ B) $\lambda/2$ i $\lambda/3$ C) samo 2λ D) 2λ i 3λ



19.7 Koja od navedenih pojava ukazuje na valnu prirodu elektrona? R19077

- A. fotoelektrični učinak
- B. ogib elektrona prolaskom kroz pukotinu
- C. usmjereno gibanje elektrona u vodičima
- D. ubrzavanje elektrona između ploča kondenzatora

19.8 Valna je duljina plave svjetlosti granična valna duljina za fotoelektrični učinak za neku metalnu pločicu. Kojim laserom treba obasjati istu pločicu kako bi došlo do fotoelektričnoga učinka? R19076

- A. laserom koji emitira infracrveno zračenje
- B. laserom koji emitira crvenu svjetlost
- C. laserom koji emitira zelenu svjetlost
- D. laserom koji emitira ljubičastu svjetlost

19.9 Elektronski mikroskop koristi se razlikom potencijala 1 kV za ubrzanje elektrona iz mirovanja. Zanimarivi su relativistički efekti. Kolika je valna duljina elektrona u nastaloj elektronskoj snopi? R19075

19.10 Zadan je energijski spektar atoma vodika kao što je prikazano na slici. Kod kojega se od navedenih prijelaza u vodikovu atomu emitira foton najveće valne duljine? R19074

A. $n = 1 \rightarrow n = 2$ B. $n = 2 \rightarrow n = 1$ C. $n = 2 \rightarrow n = 5$ D. $n = 5 \rightarrow n = 2$

19.11 Frekvencija svjetlosti koja upada na metalnu ploču tri je puta veća od granične frekvencije metala izlaznoga rada W_i . Kolika je kinetička energija izbačenih fotoelektrona E_k ? R19073

A) $E_k = \frac{W_i}{3}$ B) $E_k = \frac{W_i}{2}$ C) $E_k = 2W_i$ D) $E_k = 3W_i$

19.12 U kojemu od navedenih dijelova spektra elektromagnetskih valova foton ima najveću energiju? R19072

A. u mikrovalovima B. u infracrvenome zračenju
 C. u ultraljubičastome zračenju D. u rendgenskome zračenju

19.13 Brzina protona je 10^6 puta veća od brzine čestice mase 1 mg. Koliki je omjer valnih duljina protona i čestice? R19071

19.14 Pločica od određenoga materijala obasjana je monokromatskim elektromagnetskim zračenjem koje izbacuje elektrone iz materijala. Na koji se način može smanjiti broj izbačenih elektrona iz metala? R19070

A. povećanjem frekvencije upadnoga zračenja uz stalni intenzitet
 B. smanjenjem valne duljine upadnoga zračenja uz stalni intenzitet
 C. smanjenjem intenziteta upadnoga zračenja uz stalnu frekvenciju
 D. povećanjem intenziteta upadnoga zračenja uz stalnu valnu duljinu

19.15 Kolika je valna duljina protona koji se giba brzinom $0,01c$? R19069

19.16 Što treba učiniti s upadnim zračenjem kako bi se povećala maksimalna kinetička energija elektrona izbačenih fotoefektom iz metalne pločice? R19068

A. povećati intenzitet zračenja uz stalnu frekvenciju zračenja
 B. povećati valnu duljinu zračenja uz stalni intenzitet zračenja
 C. smanjiti frekvenciju zračenja uz stalni intenzitet zračenja
 D. smanjiti valnu duljinu zračenja uz stalni intenzitet zračenja

19.17 Koji od navedenih pokusa dokazuje valnu prirodu čestica? R19067

A. izbijanje elektrona s površine metala u fotoelektričnome efektu
 B. ogib elektrona na kristalnoj rešetki
 C. interferencija svjetlosti na optičkoj rešetki
 D. Rutherfordov pokus u kojemu se listić zlata gađa alfa-česticama

$n = 5$ ————— $-0,54 \text{ eV}$

$n = 4$ ————— $-0,85 \text{ eV}$

$n = 3$ ————— $-1,50 \text{ eV}$

$n = 2$ ————— $-3,30 \text{ eV}$

$n = 1$ ————— $-13,60 \text{ eV}$

19.18 Koja je od navedenih tvrdnja točna ako je energija elektrona u Bohrovu modelu atoma vodika E , polumjer kružne putanje toga elektrona r , a obodna brzina v ? R19066

- A. E i r su kvantizirani, a v nije B. E i v su kvantizirani, a r nije
 C. r i v su kvantizirani, a E nije D. E , r i v su kvantizirani

19.19 Atom vodika apsorbira jedan za drugim tri fotona energija 1,89 eV, 0,97 eV i 0,26 eV. Zbog toga elektron u atomu prelazi iz kvantne staze rednoga broja $m = 2$ u kvantnu stazu rednoga broja n . Koji je redni broj kvantne staze n ? R19065

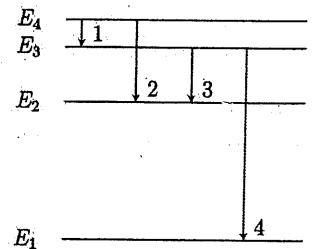
19.20 Granična valna duljina za nastanak fotoelektričnoga efekta kod kalcija iznosi $\lambda_0 = 384$ nm. Koliko iznosi napon pri kojemu će se zaustavljati elektroni emitirani iz kalcija kada se kalcij obasja svjetlošću valne duljine $\lambda = 250$ nm? R19064

19.21 Elektron se giba brzinom 1 km/s. Kolika mu je valna duljina? R19063

- A. 0,397 nm B. 1,43 nm C. 0,727 μm D. 2,62 μm

19.22 U spektru nekoga elementa opažaju se ljubičasta, plava, zelena i crvena linija. One nastaju prijelazima elektrona koji su na priloženoj slici prikazani strelicama. Kojim je brojem označena strelica koja odgovara fotonu ljubičaste svjetlosti? R19062

- A. brojem 1 B. brojem 2 C. brojem 3 D. brojem 4



19.23 Koliko fotona u sekundi emitira laser valne duljine 600 nm i snage 1 W? R19061

19.24 Elektron i proton imaju istu de Broglievu valnu duljinu. Koja je od navedenih tvrdnja za brzinu gibanja čestica i njihovu kinetičku energiju točna? R19060

- A. Elektron ima veću brzinu i kinetičku energiju od protona.
 B. Proton ima veću brzinu i kinetičku energiju od elektrona.
 C. Elektron ima veću brzinu od protona, a proton veću kinetičku energiju od elektrona.
 D. Proton ima veću brzinu od elektrona, a elektron veću kinetičku energiju od protona.

19.25 U jednome slučaju elektron u vodikovu atomu prelazi direktno iz stanja $n = 5$ u stanje $m = 1$, a u drugome iz stanja $n = 5$ prvo prelazi u neko stanje k , a zatim u stanje $m = 1$. U kojoj se od navedenih situacija ispusti foton najniže moguće energije? R19059

- A. kada prelazi direktno u stanje $m = 1$ B. kada prvo prelazi u stanje $k = 2$
 C. kada prvo prelazi u stanje $k = 3$ D. kada prvo prelazi u stanje $k = 4$

19.26 Dvije čestice masa m_1 i m_2 imaju jednake kinetičke energije. Kako se odnose njihove valne duljine ako je masa prve čestice m_1 dvostruko veća od mase druge čestice m_2 ? R19058

- A. $\lambda_1 = 2\lambda_2$ B. $\lambda_1 = \lambda_2$ C. $\lambda_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\lambda_2$ D. $\lambda_1 = \frac{1}{2}\lambda_2$

19.27 Pretpostavite da elektron kruži oko jezgre u skladu s Bohrovim modelom atoma po putanji u kojoj ima najnižu energiju. Kakvi su polumjer putanje i brzina elektrona pri kruženju po toj putanji? R19057

- A. Polumjer je najmanji, a brzina je najveća. B. Polumjer i brzina su najmanji.
 C. Polumjer je najveći, a brzina je najmanja. D. Polumjer i brzina su najveći.

19.28 Svjetlost valne duljine 400 nm upada na metalnu ploču sačinjenu od materijala čiji je izlazni rad 2 eV. Kolika je kinetička energija elektrona koji izlaze iz metala? R19056

19.29 Koja je od navedenih tvrdnja u skladu s Planckovom kvantnom hipotezom? R19055

- A. Energija fotona obrnuto je proporcionalna frekvenciji zračenja.
- B. Energija fotona može biti samo cjelobrojni višekratnik kvanta energije.
- C. Energija fotona obrnuto je proporcionalna brzini fotona.
- D. Energija fotona vidljive svjetlosti veća je od energije fotona gama-zračenja.

19.30 Koja najmanja frekvencija elektromagnetskoga vala izaziva emisiju fotoelektrona iz metala čiji je izlazni rad 4 eV? R19054

19.31 Koja je od navedenih tvrdnja točna za Bohrov model atoma? R19053

- A. Elektron je najviše vezan za jezgru ako se nalazi u osnovnome stanju.
- B. Elektron je najviše vezan za jezgru ako se nalazi na energijskoj razini atoma $n = 4$.
- C. Elektron koji se nalazi u osnovnome stanju ima potencijalnu energiju $E_p = -13,6$ eV.
- D. Elektron koji se nalazi u osnovnome stanju ima kinetičku energiju $E_k = -13,6$ eV.

19.32 Za prelazak elektrona u vodikovu atomu iz trećega pobuđenog stanja u šesto pobuđeno stanje potrebno je da atom apsorbira foton energije 2,86 eV. Koliko iznosi valna duljina apsorbiranoga fotona? R19052

19.33 Srebro je obasjano elektromagnetskim zračenjem valne duljine 220 nm. Najveća valna duljina zračenja koja izaziva fotoelektrični učinak kod srebra iznosi 261 nm. Kolika je de Broglieva valna duljina izbačenih elektrona? R19051

19.34 Učenik izvodi eksperiment u kojemu mora istražiti energiju fotoelektrona. Što mora mjeriti da bi uspješno izveo eksperiment? R19050

- A. temperaturu fotoelektrona
- B. razliku potencijala potrebnu za zaustavljanje fotoelektrona
- C. pomak koji fotoelektroni prijeđu u zadanome vremenu
- D. vrijeme potrebno da fotoelektroni prijeđu zadani put

19.35 Kolika je najmanja energija potrebna za ionizaciju atoma vodika koji se nalazi u osnovnome stanju? R19049

- A) 10.21 eV B) 12.75 eV C) 13.06 eV D) 13.60 eV

19.36 Kolika je valna duljina elektrona ubrzanoga iz stanja mirovanja razlikom potencijala 120 V? R19048

19.37 Atom vodika prelazi iz pobuđenoga stanja n u osnovno stanje emitirajući foton valne duljine 121,8 nm. Koliki je kvantni broj n ? R19047

- A) 2 B) 3 C) 4 D) 5

19.38 Eksperiment difrakcije elektrona provodi se uz pomoć elektrona ubrzanih iz mirovanja razlikom potencijala iznosa 1 kV. Kolika je de Broglieva valna duljina elektrona? R19046

19.39 Ako se elektroni u atomima vodika nalaze na energijskoj razini $n = 4$, koliki je maksimalni broj različitih fotona koji se mogu emitirati pri prijelazu takvih atoma u osnovno stanje ako su svi prijelazi dopušteni? R19045

- A) 1 B) 4 C) 6 D) 8

19.40 Natrijevu pločicu obasjamo elektromagnetskim zračenjem frekvencije $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz. Najveća valna duljina koja izaziva fotoelektrični učinak kod natrija jest 530 nm. Kolika je de Broglieva valna duljina emitiranih elektrona pri napuštanju natrija? R19044

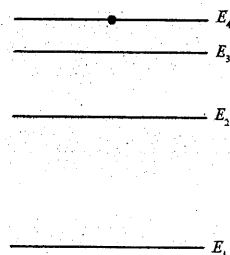
19.41 Elektron i proton gibaju se istim brzinama. Koja je od navedenih tvrdnja točna? R19043

- A. Elektron ima veću valnu duljinu i manju kinetičku energiju od protona.
- B. Elektron ima veću valnu duljinu i veću kinetičku energiju od protona.
- C. Proton ima veću valnu duljinu i manju kinetičku energiju od elektrona.
- D. Proton ima veću valnu duljinu i veću kinetičku energiju od elektrona.

19.42 Kolika je energija E_0 mirovanja elektrona? R19042

- A) 0.0017 eV B) 0.512 eV C) 0.0017 MeV D) 0.512 MeV

19.43 Na slici su prikazane energijske razine atoma nekoga elementa. Elektron prelazi iz energijskoga stanja E_4 u stanje E_1 , pri čemu su svi prijelazi između razina dopušteni. Koliko različitih fotona s obzirom na valnu duljinu atom može pritom emitirati? R19041



- A) 3 B) 4 C) 5 D) 6

19.44 Najveća je valna duljina fotona koji može izazvati fotoelektrični učinak na srebru 261 nm. Koliki je izlazni rad za srebro? R19040

- A) 4.76 neV B) 476 neV C) 4.76 eV D) 476 eV

19.45 Kinetička energija elektrona iznosi 1,8 keV. Za koliko se treba povećati kinetička energija elektrona da bi mu se valna duljina smanjila na 60% početne vrijednosti? R19039

19.46 Foton energije 5 eV uzrokuje fotoelektrični učinak na metalu čiji je izlazni rad 2 eV. Kolika će biti maksimalna kinetička energija elektrona izbačenoga iz toga metala? R19038

- A) 2 eV B) 3 eV C) 5 eV D) 7 eV

19.47 Cezijevu pločicu obasjamo elektromagnetskim zračenjem valne duljine 450 nm. Kolika je razlika potencijala potrebna za zaustavljanje emisije elektrona iz pločice? Izlazni rad za cezij iznosi 2 eV. R19037

19.48 Polumjer je najmanje staze u Bohrovu modelu atoma r_1 . Koliki je polumjer četvrte staze r_4 u tome modelu? R19036

- A) $r_4 = 2r_1$ B) $r_4 = 4r_1$ C) $r_4 = 8r_1$ D) $r_4 = 16r_1$

19.49 Pod djelovanjem elektromagnetskoga zračenja energije 4,5 eV iz kalijeve pločice izlijeću elektroni maksimalne kinetičke energije $4 \cdot 10^{-19}$ J. Koliko iznosi izlazni rad za kalij? R19035

19.50 Kako se može povećati maksimalna kinetička energija izbačenih elektrona pri fotoelektričnome efektu? R19034

- A. smanjivanjem frekvencije upadnoga zračenja B. povećavanjem frekvencije upadnoga zračenja
- C. povećavanjem valne duljine upadnoga zračenja D. povećavanjem intenziteta upadnoga zračenja

19.51 Foton ultraljubičastoga zračenja ima energiju E_1 , a foton infracrvenoga zračenja ima energiju E_2 . Koji od navedenih izraza vrijedi za njihove energije? R19033

- A) $E_1 > E_2$ B) $E_1 < E_2$ C) $E_1 = E_2$

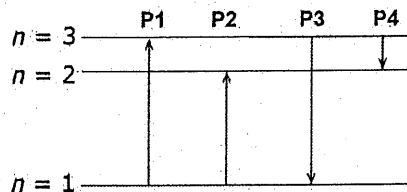
19.52 U elektronskome se mikroskopu elektron giba brzinom 10^6 m/s. Kolika je valna duljina toga elektrona? R19032

19.53 Elektron koji se giba brzinom v ima de Broglievu valnu duljinu λ . Kolika je de Broglieva valna duljina elektrona koji se giba brzinom $v/4$? R19031

- A) $\lambda/4$ B) $\lambda/2$ C) 2λ D) 4λ

19.54 Na crtežu su prikazana tri energetska nivoa nekoga atoma. Strelicama su označeni prijelazi između energetskih nivoa. Koji od tih prijelaza odgovara apsorpciji fotona najmanje energije? R19030

- A) P_1 B) P_2 C) P_3 D) P_4



19.55 Svjetlost određenoga intenziteta pada na metal čiji je izlazni rad 2 eV. Izbijeni elektroni imaju maksimalnu kinetičku energiju 1 eV. Intenzitet svjetlosti poveća se dva puta. Kolika će biti maksimalna kinetička energija izbijenih elektrona? R19029

- A) 0.5 eV B) 1 eV C) 2 eV D) 3 eV

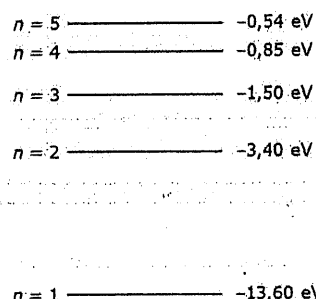
19.56 Kolika je de Broglieva valna duljina elektrona koji se ubrao kroz napon od 200 V? Elektron je u početnoj točki mirovao. R19028

19.57 Elektron de Broglieve valne duljine λ ima količinu gibanja iznosa p i giba se brzinom znatno manjom od brzine svjetlosti. Koliki je iznos količine gibanja nekoga drugog elektrona de Broglieve valne duljine 2λ ? R19027

- A) $p/4$ B) $p/2$ C) $2p$ D) $4p$

19.58 Tijelo u potpunosti apsorbira 10^{15} fotona frekvencije $6 \cdot 10^{14}$ Hz. Koliko mu se pritom promijeni unutarnja energija? R19026

19.59 Atom vodika u osnovnome stanju apsorbira foton energije 12,10 eV. Na energetskome dijagramu strelicom povežite početno stanje sa završnim pri toj apsorpciji pazeći na smjer. Kolika je najmanja energija fotona koji može biti emitiran iz tog energetskog stanja? R19025



19.60 Izlazni rad ploče od natrija je 2,3 eV, a ploče od bakra 4,7 eV. Elektromagnetsko zračenje valne duljine 400 nm upada na obje ploče. Što se događa s elektronima koji su u tim pločama? R19024

- A. Elektroni ne izlaze niti iz jedne ploče.
B. Elektroni ne izlaze iz ploče od natrija, a izlaze iz ploče od bakra.
C. Elektroni izlaze iz ploče od natrija, a ne izlaze iz ploče od bakra.
D. Elektroni izlaze iz obje ploče.

19.61 Kolika je de Broglieva valna duljina elektrona kinetičke energije 10^{-18} J? R19023

19.62 Dvije čestice različitih masa imaju jednaku de Broglievu valnu duljinu. Što je od navedenoga točno za te dvije čestice? R19022

- A. Čestica manje mase ima veću količinu gibanja. B. Čestica veće mase ima veću količinu gibanja.
C. Čestica manje mase ima veću brzinu. D. Čestica veće mase ima veću brzinu.

19.63 Fotoni energije 9 eV dolaze na metalnu pločicu zbog čega iz nje izlaze elektroni kinetičke energije 6 eV. Kolika je kinetička energija elektrona koji izlaze iz te metalne pločice ako na nju dolaze fotoni energije 18 eV? R19021

- A) 6 eV B) 9 eV C) 12 eV D) 15 eV

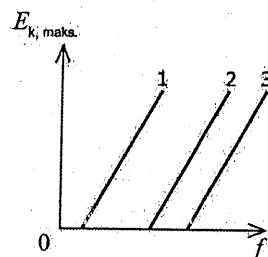
19.64 Atom vodika prelazi iz prvoga pobuđenog stanja energije $-5,44 \cdot 10^{-19}$ J u osnovno stanje energije $-21,76 \cdot 10^{-19}$ J. Kolika je frekvencija elektromagnetskoga zračenja koje je pritom emitirano? R19020

19.65 Da bi objasnio zračenje crnoga tijela, Planck je uveo tzv. kvantnu hipotezu. Koja je od navedenih veličina tom hipotezom kvantizirana? R19019

- A) električni naboj B) energija zračenja
C) frekvencija D) valna duljina

19.66 Na crtežu je prikazan graf maksimalne kinetičke energije fotoelektrona u ovisnosti o frekvenciji upadnoga zračenja f za tri metala, metal 1, metal 2 i metal 3. Kakav je odnos između izlaznih radova W_1 , W_2 i W_3 tih metala? R19018

- A) $W_1 < W_2 < W_3$ B) $W_1 = W_2 = W_3$ C) $W_1 > W_2 > W_3$



19.67 Čestice X i Y gibaju se brzinama istog iznosa. Čestica Y ima veću de Broglievu valnu duljinu od čestice X. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R19017

- A. Y mora imati veći naboj nego X.
B. Y mora imati manji naboj nego X.
C. Y mora imati veću masu nego X.
D. Y mora imati manju masu nego X.

19.68 Fotoni energije 5 eV izbijaju elektrone iz nekog metala. Najveći iznos kinetičke energije izbijenih elektrona je 3 eV. Koliki je izlazni rad metala? R19016

- A) 2 eV B) 3 eV C) 5 eV D) 8 eV

$n = 5$	_____	-0,54 eV
$n = 4$	_____	-0,85 eV
$n = 3$	_____	-1,50 eV
$n = 2$	_____	-3,40 eV

19.69 Na energetsom dijagramu s pomoću strjelice prikažite apsorpciju fotona koji ima najveću valnu duljinu za dane energetske nivoe. Kolika je ta valna duljina? R19015

$n = 1$	_____	-13,60 eV
---------	-------	-----------

19.70 Kolika je energija fotona elektromagnetskog zračenja valne duljine $9,6 \cdot 10^{-8}$ m? R19014

- A) 0.13 eV B) 1.29 eV C) 12.94 eV D) 129.39 eV

$n = 5$	_____	-0,54 eV
$n = 4$	_____	-0,85 eV
$n = 3$	_____	-1,50 eV
$n = 2$	_____	-3,40 eV

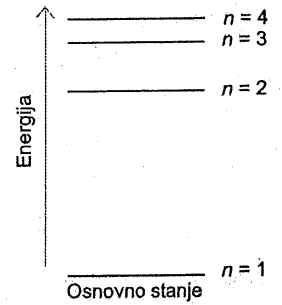
19.71 Elektron u vodikovu atomu prijeđe iz stanja $n=4$ u stanje $n=2$. Kolika je energija emitiranog fotona? R19013

$n = 1$	_____	-13,60 eV
---------	-------	-----------

19.72 Pločica od kalija obasjana je svjetlošću valne duljine 350 nm. Izlazni rad za kalij je $3,52 \cdot 10^{-19}$ J. Koliki je napon potreban da zaustavi izbijene elektrone s maksimalnom kinetičkom energijom? R19012

19.73 Na crtežu je shematski prikazan dio energijskoga spektra nekoga atoma. Pri kojem od navedenih prijelaza s jedne energijske razine na drugu atom apsorbira foton najveće valne duljine? R19011

- A) pri $n=1 \rightarrow n=2$ B) pri $n=2 \rightarrow n=1$
C) pri $n=3 \rightarrow n=4$ D) pri $n=4 \rightarrow n=3$



19.74 Koja od navedenih tvrdnji vrijedi za de Broglievu valnu duljinu elektrona? R19010

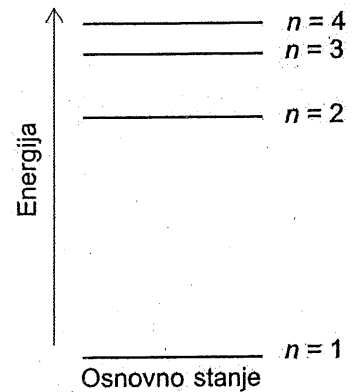
- A. Proporcionalna je kinetičkoj energiji elektrona.
B. Proporcionalna je količini gibanja elektrona.
C. Obrnuto je proporcionalna kinetičkoj energiji elektrona.
D. Obrnuto je proporcionalna količini gibanja elektrona.

19.75 Kojoj vrsti zračenja pripadaju fotoni energije 2 eV? R19009

- A) gama zračenju B) vidljivoj svjetlosti
C) mikrovalnom zračenju D) radiovalovima

19.76 Na crtežu je shematski prikazan dio energijskoga spektra nekoga atoma. Za koji od navedenih prijelaza s jedne energijske razine na drugu elektron treba primiti najveću energiju? R19008

- A) pri $n=1 \rightarrow n=2$ B) pri $n=2 \rightarrow n=1$
C) pri $n=2 \rightarrow n=4$ D) pri $n=4 \rightarrow n=2$



19.77 Pločica od cinka obasjana je monokromatskim elektromagnetskim zračenjem koje izbacuje elektrone iz cinka. Na koji se način može povećati broj izbačenih elektrona? R19007

- A. povećanjem intenziteta zračenja B. povećanjem frekvencije zračenja C. povećanjem valne duljine zračenja

19.78 Elektron u atomu prelazi sa stanja niže energije E_1 u stanje više energije E_2 . Što se događa s atomom? R19006

- A) emitira foton energije $E_2 - E_1$ B) apsorbira foton energije $E_2 - E_1$
C) emitira foton energije E_1 D) apsorbira foton energije E_1

19.79 Foton energije 3,27 eV izazove fotoelektrični učinak na nekome metalu. Fotoelektron izleti iz metala s kinetičkom energijom od 1,19 eV. Koliki je izlazni rad za taj metal? R19005

- A) 1.19 eV B) 2.08 eV C) 3.27 eV D) 4.46 eV

19.80 Elektron i proton imaju jednake količine gibanja. Što im je još jednako? R19004

- A) de Broglieve valne duljine B) kinetičke energije C) brzine

19.81 Elektron u atomu prelazi sa stanja više energije E_2 u stanje niže energije E_1 . Što se događa s atomom? R19003

- A) emitira foton energije $E_2 - E_1$ B) apsorbira foton energije $E_2 - E_1$
C) emitira foton energije E_1 D) apsorbira foton energije E_1

19.82 Foton energije 3,27 eV izazove fotoelektrični učinak na nekome metalu. Izlazni rad fotoelektrona za taj metal je 2,08 eV. Kolika je kinetička energija fotoelektrona? R19002

- A) 1.19 eV B) 2.08 eV C) 3.27 eV D) 5.35 eV

19.83 De Broglieve valne duljine elektrona i protona bit će jednake kada elektron i proton imaju jednake: R19001

- A) količine gibanja B) kinetičke energije C) brzine

20. NUKLEARNA FIZIKA

Feel the fear and do it anyway.

-Jack Canfield

Nuklearna fizika proučava zakonitosti koje se odvijaju na razini jezgara (*lat. nucleus*) atoma. Otkriveno je da u prirodi postoje samo 4 osnovne sile: jaka sila, elektromagnetska sila, slaba sila, gravitacijska sila

Sve ostale sile (sila trenja, napetost niti, Lorentzova sila...) su zapravo posljedica jedne od gore navedenih (uglavnom elektromagnetske). Jaka sila je odgovorna da se jezgra atoma održi na okupu jer se u njoj pozitivno nabijeni protoni snažno odbijaju.

	Relativna jakost	Doseg	Djeluje
jaka sila	1	10^{-15} metara	između nukleona (protona i neutrona)
elektromagnetska sila	1/137	beskonačan	između nabijenih čestica
slaba sila	10^{-6}	10^{-18} metara	kod beta raspada
gravitacijska sila	$6 \cdot 10^{-39}$	beskonačan	između tijela s masom

ATOMSKA JEZGRA

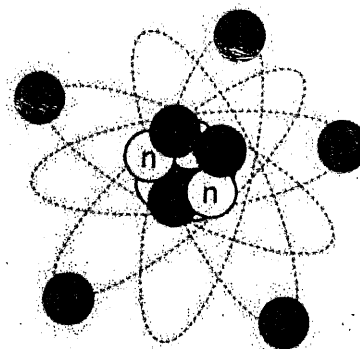
Atomska jezgra sastavljena je od protona i neutrona koje na okupu drži jaka sila. Postoji nekoliko važnih pojmova koje treba dobro razlikovati:

ATOMSKI BROJ je broj protona u jezgri, označava se sa Z

NEUTRONSKI BROJ je broj neutrona u jezgri, označava se sa N

NUKLEONSKI (MASENI) BROJ je broj nukleona (protoni + neutroni) u jezgri, označava se sa A

IZOTOPI su atomi sa istim atomskim, a različitim nukleonskim brojem (imaju isti broj protona, a različit broj neutrona u jezgri)



Sastav jezgre X se zapisuje u obliku A_ZX

npr. ${}^{14}_6C$ označava jezgru ugljika koja ima: $Z = 6$ protona i $A = 14$ nukleona. Kako je $A = Z + N$, broj neutrona se računa kao $N = A - Z = 14 - 6 = 8$ neutrona u jezgri.

DEFEKT MASE

Prilikom spajanja nukleona (protona i neutrona) u atomsku jezgru konačna masa atomske jezgre je **manja** od zbroja masa svih protona i neutrona koji ju čine. Ta razlika u masi naziva se defekt mase Δm i računa se prema relaciji

$$E = \Delta mc^2$$

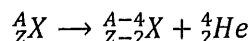
pri čemu je E energija koja se oslobađa prilikom formiranja jezgre. Kada se tu energiju podijeli s brojem nukleona (protoni + neutroni) dobije se tzv. energija vezanja po nukleonu koja se često izražava u MeV.

Da bi se neku jezgru razdvojilo na sastavne čestice (protone i neutrone) treba uložiti energiju koja je barem jednaka energiji vezanja po nukleonu pomnoženu s brojem nukleona. To se može postići tako da se jezgru atoma pogodi jako brzim česticama.

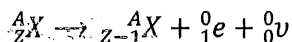
RADIOAKTIVNOST

Radioaktivnost je spontano zračenje jezgri atoma. Postoje 4 vrste zračenja: alfa, beta+, beta- i gama zračenje. Kod svih vrsta zračenja očuvan je atomski broj, nukleonski broj i vrijedi zakon očuvanja naboja.

1. **Alfa zračenje**- atomska jezgra emitira jezgru helija ${}^4_2\text{He}$ koja ima 2 protona i 4 nukleona. Opća formula za alfa zračenje je

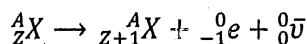


2. **Beta+ zračenje**- atomska jezgra emitira pozitron 0_1e (naboj $+e$ i 0 nukleona, pozitron je antičestica elektrona, ima istu masu i suprotan naboj) i neutrino ${}^0_0\nu$ (naboj 0 i 0 nukleona). Opća formula za beta+ zračenje je



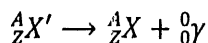
3. **Beta - zračenje**- atomska jezgra emitira elektron ${}^0_{-1}e$ (naboj $-e$ i 0 nukleona) te antineutrino ${}^0_0\bar{\nu}$ (naboj 0 i 0 nukleona).

Opća formula za beta- zračenje je



4. **Gama zračenje**- atomska jezgra emitira foton (elektromagnetsko zračenje) ${}^0_0\gamma$ koji nema naboj i nema nukleona

Opća formula za gama zračenje je



X' označava pobuđeno stanje jezgre, tj. stanje s većom energijom.

Dakle, osnovno pravilo kod pisanja nuklearnih reakcija je voditi računa da zbroj atomskih brojeva (Z) bude jednak s lijeve i desne strane jednadžbe, te da zbroj nukleonskih brojeva (A) bude jednak s lijeve i desne strane.

ZAKON RADIOAKTIVNOG RASPADA

Tijekom vremena jezgre nekoga elementa se raspadaju na jedan od 4 gore navedena načina. Pri tome postoji veza između broja raspadnutih i broja neraspadnutih jezgara nakon vremena t . Veza je sljedeća

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}$$

pri čemu su:

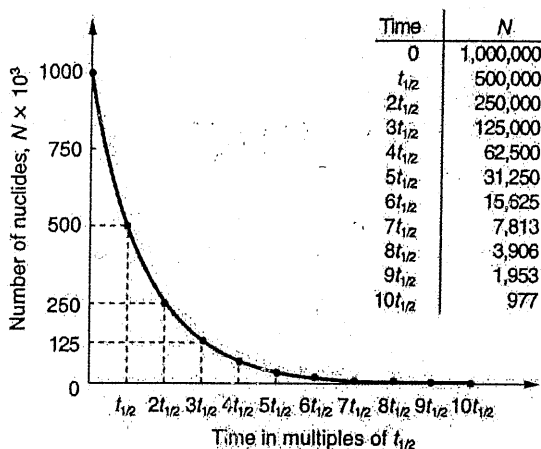
- N - broj NERASPADNUTIH jezgara
- N_0 - početni broj jezgara
- prema tome broj RASPADNUTIH jezgara se računa kao $N_0 - N$
- t - vrijeme
- T - vrijeme poluraspada (vrijeme nakon kojega se broj neraspadnutih jezgara smanji na polovicu početnog broja jezgara)
- λ - konstanta raspada [s^{-1}]

Konstanta raspada λ se može izračunati iz relacije

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

Nakon jednog vremena poluraspada preostane $\frac{N_0}{2}$ neraspadnutih jezgara, nakon dva vremena poluraspada preostane $\frac{N_0}{4}$ neraspadnutih jezgara, nakon 3 vremena poluraspada $\frac{N_0}{8}$, tj. nakon n poluraspada preostane $\frac{N_0}{2^n}$ neraspadnutih jezgara.

U tablici je prikazan broj neraspadnutih jezgara nakon određenog broja vremena poluraspada.



Vrijeme poluraspada se može odrediti i grafički:

očitamo vrijeme za koje se broj neraspadnutih jezgara smanji na polovicu početnog broja jezgara

Hint: Kod radioaktivnosti uvijek je lakše naći nešto za broj NERaspadnutih jezgri jer se na njih odnosi N u formuli $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$. Kada saznamo što vrijedi za neraspadnute jezgre onda je lako zaključiti što vrijedi za RASPADNUTE. Ne zaboravimo da vrijedi

POČETAN BROJ JEZGRI = BROJ NERASPADNUTIH + BROJ RASPADNUTIH, tj.

$$N_0 = N + N_{\text{rasp}}$$

AKTIVNOST UZORKA

Aktivnost uzorka označava koliko se radioaktivnih raspada dogodi svake sekunde. Aktivnost se vremenom smanjuje isto kao i broj neraspadnutih jezgara.

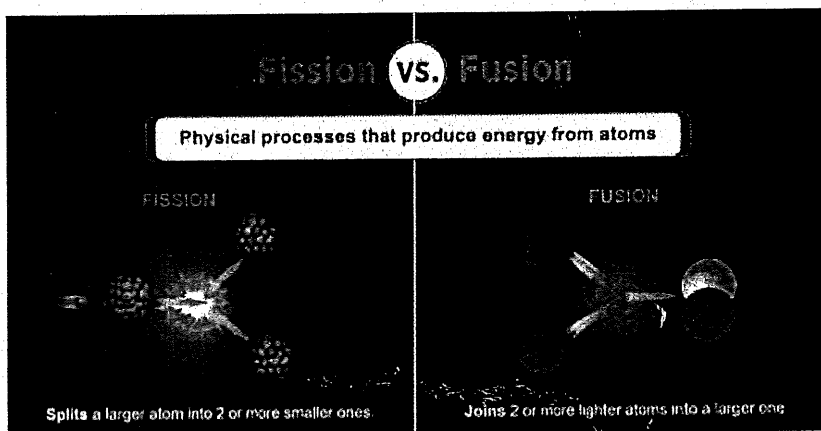
$$A = \lambda N = \lambda N_0 2^{-\frac{t}{T}} = A_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

Mjerna jedinica za aktivnost je becquerel (bekerel) [Bq] i označava 1 raspad u sekundi.

NUKLEARNA FISIJA I NUKLEARNA FUZIJA

Nuklearna fisija je proces raspada veće jezgre na više manjih pri čemu se oslobađa energija u obliku brzih neutrona. To nije spontani proces već se veću jezgru treba pogoditi najčešće vrlo brzim neutronima da ju se pobudi na raspad.

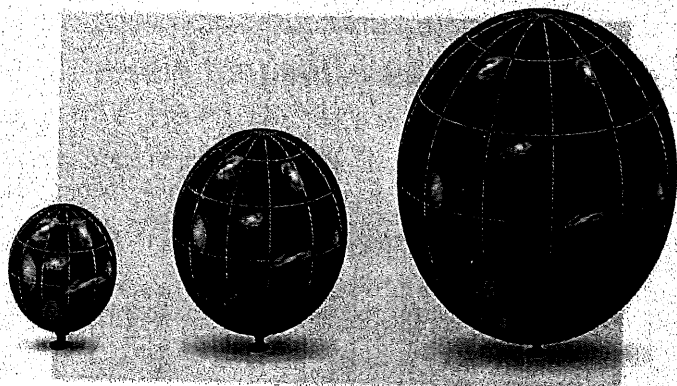
Nuklearna fuzija je proces spajanja lakših jezgara u težu jezgru. Pri tome se jedan dio mase originalnih jezgara pretvara u energiju koja se izrači u obliku fotona (elektromagnetsko zračenje). Fuzija se događa u zvijezdama i pri tome se jedan dio mase zvijezde pretvori u energiju (elektromagnetsko zračenje, fotoni) te se masa zvijezde s vremenom smanjuje.



Oba procesa predstavljaju način dobivanja energije iz atoma. Fisija se koristi u nuklearnim elektranama za proizvodnju električne energije i u atomskim bombama (Hiroshima i Nagasaki). Fuzijske nuklearne elektrane su u fazi testiranja, no fuzijske (hidrogenske) bombe postoje od 1950- tih godina i znatno su razornije od fisijskih.

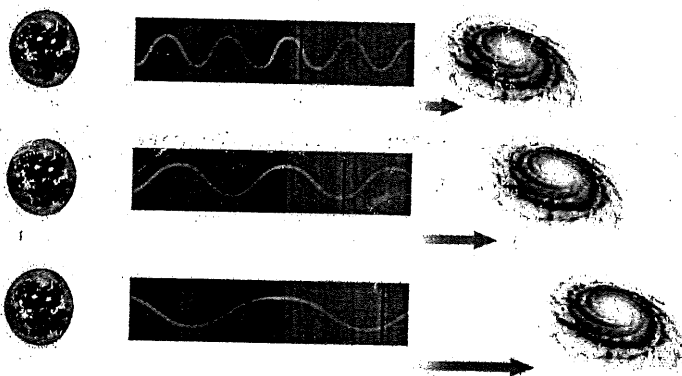
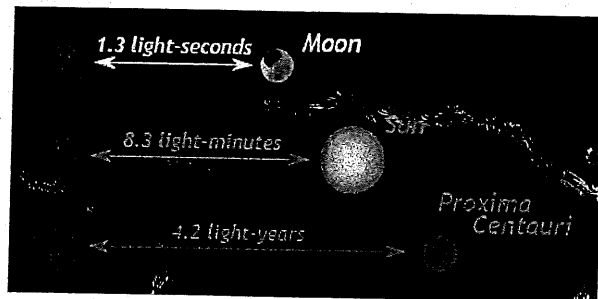
Model nastanka i struktura svemira

Astrofizika je dio fizike koji se bavi objašnjavanjem pojava u svemiru. Do 20. stoljeća smatralo se da je svemir statičan, tj. da se objekti u svemiru ne gibaju. No 1920-tih godina je Edwin Hubble otkrio da osim naše galaksije (Mliječne staze) postoje i druge galaksije i da se sve one udaljavaju od nas određenom brzinom. Otkrio je da postoji izravna veza između udaljenosti neke galaksije od nas i brzine kojom se udaljava: što je dalje brže se udaljava. Drugim riječima, Hubble je otkrio da se svemir širi.



Širenje svemira znači da je on u prošlosti bio manji nego danas. Vratimo li se jako daleko u prošlost svemir je bio jako mal i jako gust, a u samome početku beskonačno mal i beskonačno gust. Taj početak svemira označava početak postojanja vremena i prostora i naziva se Veliki prasak (eng. Big Bang) i od tada se svemir širi i razvija. Krajem 20. stoljeća otkriveno je da se širenje svemira ubrzava, tj. da se svemir širi sve većom brzinom. Ovo opažanje je bilo potpuno neočekivano. Naime, između svih tijela u svemiru djeluje gravitacijska sila koja je uvijek privlačna pa se očekivalo da se širenje svemira usporava (jer se sva tijela privlače). Kada je uočeno da to nije tako pretpostavilo se da postoji još neki oblik materije koji do sada nismo uočili, a koja bi bila odgovorna za ubrzano širenje svemira. Danas se smatra da ta materija (tzv. tamna energija) čini oko 70% svemira. Ostalih 30% se odnosi na materiju koja ima gravitacijsko djelovanje. Samo 5% se odnosi na uobičajenu materiju (protone, elektrone, neutrone...) od kojih su građene sve zvijezde i mi, a 25% čini tzv. tamna tvar koju opažamo samo kroz gravitacijsko djelovanje na običnu tvar, tj. ne opažamo ju izravno teleskopima. Dakle, teleskopima trenutno izravno opažamo samo oko 5% onoga što postoji.

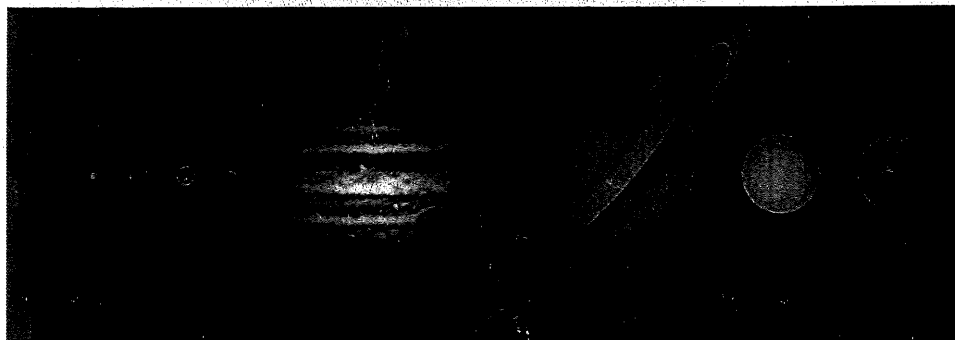
Najnovija mjerenja daju vrijednost od 13.8 milijardi godina za starost svemira (starost Zemlje je oko 4.6 milijardi godina). Budući da su udaljenosti između svemirskih tijela jako velike koristi se posebna mjerna jedinica za udaljenost, godina svjetlosti (*gs*). To je udaljenost koju svjetlost prijeđe u vakuumu za 1 godinu, tj. $1 \text{ gs} = c \cdot 1 \text{ god} = 3 \cdot 10^8 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} = 9.5 \cdot 10^{15} \text{ m}$. Ponekad se koristi i mjerna jedinica parsek (*pc*) za koju vrijedi $1 \text{ pc} = 3.26 \text{ gs}$.



Zbog širenja svemira svi se svemirski objekti međusobno udaljavaju pa dolazi do Dopplerovog učinka. Naime, svjetlost koja dolazi s objekta koji se od nas udaljava ima veću valnu duljinu (manju frekvenciju) od one kojom je odaslana. Na slici lijevo je prikazana galaksija koja se udaljava od Zemlje i kako se svjetlost emitirana s nje pomiče prema većim valnim duljinama. Npr. ukoliko je svjetlost izvorno emitirana u zelenom dijelu spektra (valne

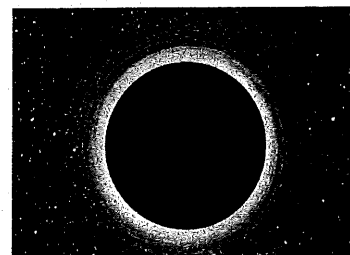
duljine oko 550 nm) kada dođe do nas može biti viđena više kao crvena svjetlost (valne duljine oko 700 nm). Ta pojava naziva se pomak prema crvenom (*eng. redshift*) i može poslužiti za mjerenje udaljenosti i starosti odaslane svjetlosti.

Najočitija pojava na noćnom nebu su zvijezde koje se sastoje od ionizirajućeg plina. Zvijezda najbliža Zemlji je Sunce, a iduća najbliža je Proxima Centauri na udaljenosti 4.2 gs. Oko Sunca kruži 8 planeta (Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran i Neptun). Pluton se više ne smatra planetom. Jupiter je najveći, a Zemlja najmanji planet u Sunčevom sustavu. Svi planeti kruže oko Sunca u približno istoj ravnini te što su dalje od Sunca treba im više vremena za jedan ophod oko Sunca (3. Keplerov zakon).

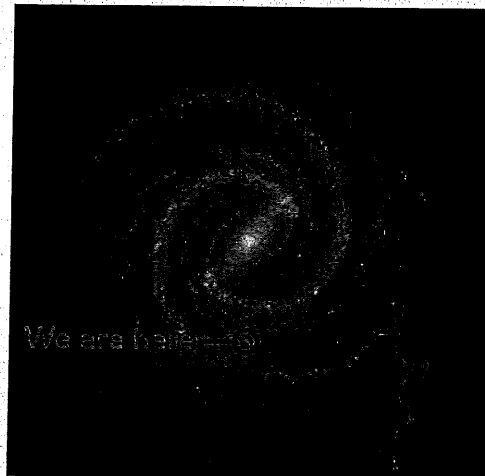


Na noćnom nebu se opaža i galaksija u kojoj se mi nalazimo, Mliječna staza (ili Kumova slama). Galaksije su eliptične, spiralne ili kuglaste nakupine zvijezda. Mliječna staza ima promjer od 100 000 godina svjetlosti i sadrži oko 10 milijardi zvijezda. Procjenjuje se da u svemiru postoji oko 10 milijardi galaksija.

U središtu svake galaksije nalazi se crna rupa, objekt oblika kugle koji ima tako snažno gravitacijsko polje da ni jedan objekt (pa čak ni svjetlost) ne može napustiti crnu rupu jednom kada joj se približi bliže od tzv. horizonta događaja. Mase crnih rupa su reda veličine mase zvijezda, no postoje i supermasivne crne rupe čije su mase od milijun do milijardu puta veće od mase Sunca.



Unutar zvijezda odvija se proces pretvorbe vodika u helij u procesu koji se naziva termonuklearna fuzija. Za taj proces je potrebna vrlo visoka temperatura. U unutrašnjosti Sunca temperatura je oko 15 milijuna °C, a na površini Sunca oko 6000 °C. Kod još viših temperatura moguć je nastanak i drugih težih jezgara (od litija pa sve do željeza). Taj proces naziva se nukleosinteza. Vrlo masivne zvijezde mogu doživjeti eksploziju koja se naziva supernova i u kojoj nastaju kemijski elementi teži od željeza.



Moderna fizika

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_f = hf$$

$$E_k = E_f - W_i$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$E_f = E_n - E_m = -13,6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); n > m$$

$$E = \Delta mc^2$$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

$$A = \lambda N$$

ZADACI

20.1 Jezgra urana ^{235}U raspadne se u jezgru olova ^{207}Pb emitirajući pritom sedam α -čestica.

Koliko β^- čestica pri tom raspadu emitira jezgra urana ^{235}U ? R20074

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

20.2 Ako je N_0 broj neraspadnutih jezgara u nekome uzorku u početnome trenutku $t = 0$, tada je nakon vremena t broj neraspadnutih jezgara $N = N_0 e^{-\lambda t}$. Što je u navedenoj jednadžbi označeno s λ ? R20073

- A. vrijeme poluraspada
- B. valna duljina protona
- C. valna duljina protona i neutrona
- D. konstanta radioaktivnoga raspada

20.3 Izotop torija ^{230}Th raspada se α -raspadom. Atom kojega elementa nastaje tim radioaktivnim raspadom? R20072

A. Pr B. U C. Ac D. Ra

20.4 Koji je od navedenih raspada reakcija fisije? R20071

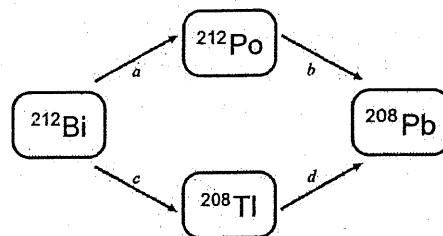
A. α raspad B. β^+ raspad C. β^- raspad D. γ raspad

20.5 Koji je od navedenih znanstvenika eksperimentalno utvrdio da se atom sastoji od uglavnom praznoga prostora s malom, gustom, pozitivnom jezgrom? R20070

A. Niels Bohr B. James Chadwick C. Ernest Rutherford D. Joseph John Thomson

20.6 Slika prikazuje dio torijeva niza prirodnih radionuklida koji završava stabilnim olovom. Koja od navedenih tvrdnja vrijedi za čestice a , b , c i d nastale raspadima u prikazanome nizu? R20069

A. a i c su β^- čestice, b i d su α čestice
B. a i d su β^- čestice, b i c su α čestice
C. a i d su γ čestice, b i c su β^- čestice
D. a i c su α čestice, b i d su β^- čestice



20.7 Koji je od navedenih nuklearnih procesa fisija? R20068

A. raspad teške jezgre B. spajanje lakih jezgara C. spajanje teških jezgara D. gama-raspad lake jezgre

20.8 Koja od navedenih sila najviše pridonosi držanju protona na okupu u atomskoj jezgri? R20067

A. slaba nuklearna sila B. jaka nuklearna sila C. elektromagnetska sila D. gravitacijska sila

20.9 Koja je od navedenih tvrdnja za β^+ raspad točna? R20066

A. Maseni broj jezgre smanji se za jedan. B. Maseni broj jezgre poveća se za jedan.
C. Atomski broj jezgre smanji se za jedan. D. Atomski broj jezgre poveća se za jedan

20.10 Koji od navedenih izraza predstavlja moguću nuklearnu reakciju? R20065

A) $^{10}\text{B} + \alpha \rightarrow ^{13}\text{N} + p$ B) $^{10}\text{B} + n \rightarrow ^{11}\text{B} + \beta^-$
C) $^{23}\text{Na} + p \rightarrow ^{20}\text{Ne} + \alpha$ D) $^{14}\text{N} + p \rightarrow ^{13}\text{C} + \beta^+$

20.11 Neki radioaktivni izotop sadrži $8 \cdot 10^{23}$ atoma. Koliko će se atoma raspasti za 5 dana ako je vrijeme poluraspada izotopa 16 dana? R20064

20.12 Koje se otkriće smatra jednim od dokaza teorije velikoga praska o postanku svemira? R20063

A. otkriće neutronske zvijezde B. otkriće međusobnoga sudara galaksija
C. otkriće eksplozija zvijezda – supernove D. otkriće pozadinskoga mikrovalnog zračenja

20.13 Koji izotop X nastaje kao produkt nuklearne reakcije $^{24}_{12}\text{Mg} + ^4_2\text{He} \rightarrow X + n$? R20062

A. $^{27}_{13}\text{Al}$ B. $^{27}_{14}\text{Si}$ C. $^{28}_{14}\text{Si}$ D. $^{31}_{15}\text{P}$

20.14 U medicinskoj dijagnostici koristi se izotop fluora F-18 čije je vrijeme poluraspada 110 minuta. Aktivnost je unesenoga fluora u organizam 370 MBq. Koliko je jezgri izotopa F-18 prisutno u krvotoku pacijenta nakon jednoga sata? R20061

20.15 Koja je od navedenih tvrdnja za Sunce u dalekoj budućnosti točna? R20060

- A. Sunce će postati crna rupa. B. Sunce će postati bijeli patuljak.
 C. Sunce će eksplodirati kao supernova. D. Sunce će postati neutronska zvijezda.

20.16 Koliko neutrona ima izotop koji nastane β^- raspadom izotopa ${}^{135}_{50}\text{Sn}$? R20059
 A. 84 B. 85 C. 86 D. 87

20.17 Koja je od navedenih tvrdnja točna ako jezgru tricija mase m_T sačinjavaju dva neutrona, svaki mase m_N i jedan proton mase m_P ? R20058
 A. $2m_N + m_P = m_T$ B. $2m_N + m_P > m_T$ C. $2m_N + m_P < m_T$ D. $2m_N + m_P = 3m_T$

20.18 Broj bakterija na površini nekoga jezera smanjuje se prema zakonu radioaktivnoga raspada s vremenom poluraspada od 12 sati. U podne prvoga dana broj bakterija iznosi N . Koliki je broj bakterija na površini jezera u podne trećega dana? R20057
 A. $N/2$ B. $N/4$ C. $N/8$ D. $N/16$

20.19 Koja je od navedenih tvrdnja točna ako fizičar analizira elektromagnetsku silu F_E i gravitacijsku silu F_G između dvaju protona u atomskoj jezgri na udaljenosti 10^{-15} m? R20056
 A. $|F_E| < |F_G|$ i sile su iste orijentacije B. $|F_E| < |F_G|$, a sile su suprotne orijentacije
 C. $|F_E| > |F_G|$ i sile su iste orijentacije D. $|F_E| > |F_G|$, a sile su suprotne orijentacije

20.20 Energija vezanja po nukleonu za tricij (${}^3_1\text{H}$) iznosi približno 2,8 MeV. Kolika je najmanja energija potrebna za rastavljanje jezgre na nukleone? R20055
 A. 2,8 MeV B. 5,6 MeV C. 8,4 MeV D. 11,2 MeV

20.21 Bizmut ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ radioaktivni je izotop koji se raspada na sljedeći način: ${}^{210}_{83}\text{Bi} \xrightarrow{\beta^-} X \xrightarrow{\alpha} Y$. Koliki je maseni broj A i broj protona Z elementa Y nastaloga pri ovome raspadu? R20054
 A. $A = 214$ i $Z = 80$ B. $A = 206$ i $Z = 82$ C. $A = 206$ i $Z = 80$ D. $A = 210$ i $Z = 82$

20.22 Sunce je zvijezda koja je vidljiva zbog svjetlosti koju odašilje u svemir. Koliki se postotak svemira sastoji od vidljive tvari? R20053
 A. $< 10\%$ B. $10\% - 50\%$ C. $51\% - 90\%$ D. $> 90\%$

20.23 Kolika je procijenjena starost Svemira prema teoriji Velikoga praska? R20052
 A. oko 4 milijuna godina B. oko 14 milijuna godina
 C. oko 4 milijarde godina D. oko 14 milijardi godina

20.24 Koji od navedenih izraza ne predstavlja moguću nuklearnu reakciju? R20051
 A. ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$ B. ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + \gamma$
 C. ${}^{23}_{11}\text{Na} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{20}_{10}\text{Ne} + {}^4_2\text{He}$ D. ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + \beta^+$

20.25 Koji je od navedenih procesa glavni izvor energije u unutrašnjosti Sunca? R20050
 A. nuklearna fuzija B. nuklearna fisija C. alfa-raspad D. beta-raspad

20.26 Koji izotop označen s X nastaje u nuklearnoj reakciji ${}^{26}_{13}\text{Al} + n \rightarrow p + X$? R20049
 A. ${}^{26}_{12}\text{Mg}$ B. ${}^{27}_{12}\text{Mg}$ C. ${}^{26}_{13}\text{Al}$ D. ${}^{27}_{13}\text{Al}$

20.27 Za potrebe medicinskih pretraga liječnik je naručio 10 g radioaktivnoga izotopa Tc-99m čije je vrijeme poluraspada 6 sati. Koliko su toga radioaktivnog izotopa u tvornici trebali isporučiti da bi liječnik dobio naručenu količinu ako dostava traje 18 sati? R20048

A. 160 g B. 80 g C. 40 g D. 20 g

20.28 Neki komad radioaktivnoga materijala sastoji se od samo jednoga izotopa. Koji od navedenih radioaktivnih raspada neće promijeniti atomski broj izotopa? R20047

A. α raspad B. β^- raspad C. β^+ raspad D. γ raspad

20.29 Koliko će se atoma iz 1 g radija raspasti nakon 10 godina? Vrijeme je poluraspada radija 1620 godina, a molarna masa radija 226 g/mol. R20046

20.30 Defekt mase jezgre deuterija ${}^2_1\text{H}$ iznosi $2,389 \cdot 10^{-3}u$. Koliko se energije proizvede ako se defekt mase pretvori u energiju? R20045

20.31 Pri kojemu se od navedenih raspada mijenja samo energija jezgre? R20044

A) pri α raspadu B) pri β raspadu C) pri γ raspadu

20.32 Što se emitira pri gama-raspadu? R20043

A) jezgre helija B) brzi elektroni
C) pozitroni D) elektromagnetski valovi

20.33 Aktivnost uzorka nekoga radioaktivnog elementa iznosi 400 Bq. Nakon 6 sati aktivnost istoga uzorka iznosi 25 Bq. Koliko je vrijeme poluraspada toga uzorka? R20042

20.34 Koja od navedenih jednadžba prikazuje proces fuzije? R20041

A) ${}^4_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma$ B) ${}^2_1\text{He} + {}^3_1\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
C) ${}^3_1\text{He} \rightarrow {}^3_2\text{He} + e^- + \bar{\nu}$ D) ${}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n} \rightarrow 2{}^2_1\text{He}$

20.35 Dva radioaktivna uzorka B i C imaju jednaku početnu aktivnost. Vrijeme poluraspada uzorka B iznosi šest sati, a uzorka C jedan dan. Koliki je omjer aktivnosti $A_B : A_C$ tih dvaju uzoraka nakon dva dana? R20040

A) $A_B : A_C = 1 : 64$ B) $A_B : A_C = 64 : 1$ C) $A_B : A_C = 1 : 16$ D) $A_B : A_C = 16 : 1$

20.36 Vrijeme poluraspada ${}^{11}_6\text{C}$ jest 20,4 min. Nakon koliko se vremena raspadne $3/4$ početnoga broja jezgara? R20039

20.37 Radioaktivni izotop rednoga broja Z pri β^- raspadu prelazi u novi izotop. Koji je redni broj jezgre nastaloga izotopa? R20038

A) Z-1 B) Z+1 C) Z-2 D) Z+2

20.38 Koliko neutrona ima izotop X koji nastaje pri α raspadu izotopa ${}^{226}_{88}\text{Ra}$? Napišite jednadžbu toga α raspada. R20037

20.39 Starost arheoloških uzoraka organskoga podrijetla određuje se uz pomoć izotopa ugljika ${}^{14}_6\text{C}$ čije je vrijeme poluraspada 5730 godina. Koliki se postotak atoma raspao u radioaktivnome uzorku ugljika mase 1 mg čija je starost 3000 godina? Molarna masa ugljika je 14 g/mol. R20036

20.40 Koliko neutrona ima izotop X koji nastaje pri β^- raspadu izotopa ${}^{228}_{88}\text{Ra}$? Napišite jednadžbu toga β^- raspada. R20035

20.41 Jedna banana prosječno sadržava 400 mg kalija od čega je 0,0117 % radioaktivni izotop $^{40}_{19}\text{K}$. Vrijeme poluraspada toga izotopa je $4,027 \cdot 10^{16}$ s, a molarna masa 39,96 g/mol. Kolika je aktivnost u bekerelima radioaktivnoga uzorka iz jedne banane? R20034

20.42 Koja je tvrdnja točna za energiju u procesu fisije teških elemenata i fuzije lakih elemenata? R20033

- A. Energija se oslobađa u procesu fisije, a dovodi u procesu fuzije.
- B. Energija se dovodi u procesu fisije, a oslobađa u procesu fuzije.
- C. Energija se oslobađa u procesu fisije i fuzije.
- D. Energija se dovodi u procesu fisije i fuzije.

20.43 U uzorku je 6400 jezgara nekoga radioaktivnog elementa čije je vrijeme poluraspada 40 min. Koliko će jezgara ostati neraspadnuto nakon 2 sata? R20032

20.44 Po čemu se izotop vodika ^3_1H razlikuje od vodika ^1_1H ? R20031

- A) Izotop ^3_1H ima u jezgri jedan proton više od ^1_1H
- B) Izotop ^3_1H ima u jezgri jedan neutron više od ^1_1H
- C) Izotop ^3_1H ima u jezgri dva protona više od ^1_1H
- D) Izotop ^3_1H ima u jezgri dva neutrona više od ^1_1H

20.45 Pri nuklearnoj reakciji oslobodi se 10^6 kWh energije. Koliko iznosi defekt mase u toj reakciji? R20030

20.46 Koja je od navedenih sila jedna od četiriju osnovnih sila u prirodi? R20029

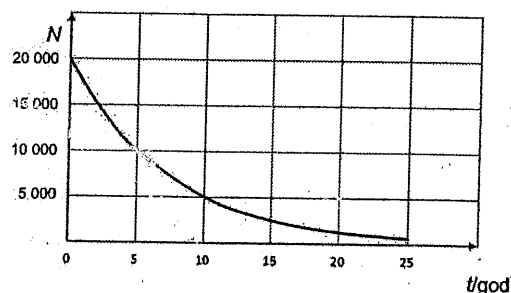
- A) sila trenja
- B) centripetalna sila
- C) gravitacijska sila

20.47 Element jod ima vrijeme poluraspada 8 dana. Kolika je aktivnost joda mase $8 \cdot 10^{-7}$ g? Molna masa joda iznosi 131 g/mol. R20028

20.48 Čemu je jednak maseni broj atoma? R20027

- A) broju neutrona u atomu
- B) broju protona u atomu
- C) broju nukleona u atomu
- D) broju elektrona u atomu

20.49 Graf prikazuje ovisnost broja neraspadnutih čestica N nekoga radioaktivnog elementa o vremenu t . Kolika je aktivnost uzorka toga elementa u kojemu se nalazi 2016 čestica? R20026



20.50 U koji izotop prelazi $^{236}_{92}\text{U}$ alfa raspadom? R20025

- A) $^{232}_{90}\text{Th}$
- B) $^{234}_{90}\text{Th}$
- C) $^{238}_{94}\text{Pu}$
- D) $^{240}_{94}\text{Pu}$

20.51 Koliko je vrijeme poluraspada nekoga elementa ako se nakon 40 dana raspadne 75 % početnoga broja atoma? R20024

- A) 10 dana
- B) 20 dana
- C) 40 dana
- D) 80 dana

20.52 Vrijeme poluraspada izotopa plutonija je 14 godina. Početna masa toga izotopa plutonija u uzorku jest 80 g. Kolika će biti masa toga izotopa plutonija u uzorku 28 godina kasnije? R20023

- A) 0 g
- B) 10 g
- C) 20 g
- D) 40 g

20.53 Koja je od navedenih tvrdnja točna za β^+ raspad nekoga radioaktivnog elementa ^A_ZX ? R20022

- A) Maseni broj A poveća se za 1.
- B) Maseni broj A smanji se za 1.
- C) Redni broj Z poveća se za 1.
- D) Redni broj Z smanji se za 1.

20.54 Nestabilna atomska jezgra raspadom emitira samo α -česticu. Koliki je redni broj nove jezgre u odnosu na početnu jezgru? R20021

- A. veći za dva B. veći za jedan C. manji za jedan D. manji za dva

20.55 Čime je određeno vrijeme poluraspada uzorka radioaktivnoga elementa? R20020

- A. brojem jezgri u uzorku
B. starošću uzorka
C. konstantom radioaktivnoga raspada elementa uzorka

20.56 Koju česticu označava X u nuklearnoj reakciji ${}^{44}_{20}\text{Ca} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{41}_{19}\text{K} + X$? R20019

- A) elektron B) neutron C) jezgru vodika D) jezgru helija

20.57 Radioaktivni uzorak sadrži 10^6 radioaktivnih jezgri. Koliko će ostati neraspadnutih jezgri nakon tri vremena poluraspada toga uzorka? R20018

- A) 10^5 B) $1.25 \cdot 10^5$ C) $1.33 \cdot 10^5$ D) $8 \cdot 10^5$

20.58 Jezgra kisika ima oznaku ${}^{17}_8\text{O}$. Koliko nukleona sadrži ta jezgra kisika? R20017

- A) 8 B) 9 C) 17 D) 25

20.59 Kojim radioaktivnim zračenjem jezgra ne mijenja svoj broj protona? R20016

- A) α zračenjem B) β zračenjem C) γ zračenjem

20.60 Vrijeme poluraspada nekoga radioaktivnog uzorka je 28 dana. Za koje se vrijeme raspadne $7/8$ početne količine toga uzorka? R20015

20.61 Što je od navedenoga jednakih iznosa za atomske jezgre koje su izotopi? R20014

- A) broj nukleona B) broj neutrona C) masa D) broj protona

20.62 Koliko protona sadrži jezgra kisika ${}^{17}_8\text{O}$? R20013

- A) 8 B) 9 C) 17 D) 25

20.63 Masa α -čestice je $6,645 \cdot 10^{-27}$ kg, a ukupna masa dvaju protona i dvaju neutrona $6,695 \cdot 10^{-27}$ kg. Kolika se energija oslobodi kod stvaranja α -čestice? R20012

- A) 2.813 MeV B) 28.13 MeV C) 281.3 MeV D) 2813 MeV

20.64 Koja čestica X nastaje u navedenoj nuklearnoj reakciji ${}^{14}_7\text{N} + \alpha \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + X$? R20011

- A) neutron B) elektron C) pozitron D) proton

20.65 Vrijeme poluraspada izotopa stroncija je 29 godina. Početna masa tog izotopa stroncija u uzorku je 60 g. Kolika će biti masa tog izotopa stroncija u uzorku 100 godina kasnije? R20010

20.66 Koliki se udio početnog broja radioaktivnih jezgara raspadne nakon isteka 3 vremena poluraspada? R20009

- A) $1/8$ B) $1/3$ C) $2/3$ D) $7/8$

20.67 Koja je od navedenih tvrdnji točna za radioaktivni raspad jezgre? R20008

- A. α raspadom nastaju elektroni
B. β raspadom mijenja se broj nukleona u jezgri
C. α raspadom ne mijenja se broj neutrona u jezgri
D. β raspadom mijenja se broj protona u jezgri

20.68 Jezgra bizmuta $^{213}_{83}\text{Bi}$ raspadne se β^- raspadom. Koja jezgra pritom nastane? R20007
 A) $^{212}_{82}\text{Pb}$ B) $^{213}_{84}\text{Po}$ C) $^{213}_{82}\text{Pb}$ D) $^{214}_{84}\text{Po}$

20.69 Neki element ima vrijeme poluraspada jedan dan. Koliki se postotak početnoga broja čestica toga elementa raspadne nakon dva dana? R20006
 A) 25% B) 50% C) 75% D) 10%

20.70 Od 10 000 jezgri nekoga radioaktivnoga izotopa u prva se četiri dana raspadne 5000 jezgri. Koja je od navedenih tvrdnji točna? R20005

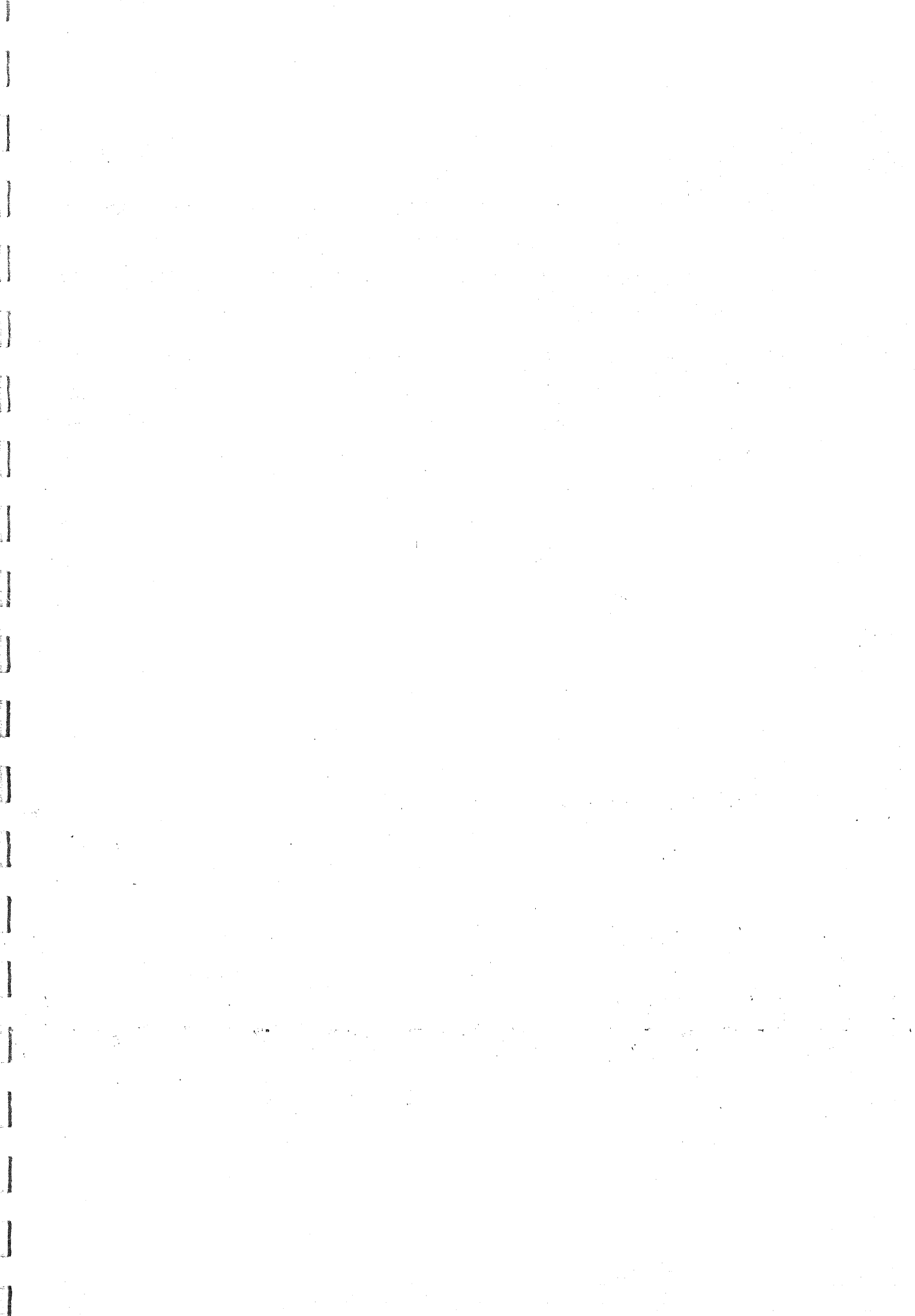
- A. U prva se dva dana raspalo 2 500 jezgri.
- B. U sljedeća će se četiri dana raspasti preostalih 5 000 jezgri.
- C. U prva se dva dana raspalo više jezgri nego u sljedeća dva dana.
- D. Svaki se dan raspadne jednaki broj jezgri.

20.71 Koju jezgru emitira atomska jezgra pri α -raspadu? R20004
 A) vodika B) deuterija C) tricija D) helija

20.72 Za koje je vrijednosti a i b moguća nuklearna reakcija $^{14}_a\text{X} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^b_8\text{Y} + ^1_1\text{H}$? R20003
 A) a = 7, b = 17 B) a = 8, b = 19 C) a = 8, b = 17 D) a = 7, b = 15

20.73 Što atomska jezgra emitira pri β^- raspadu? R20002
 A) proton B) neutron C) pozitron D) elektron

20.74 Za koje je vrijednosti a i b moguća nuklearna reakcija $^a_7\text{X} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^b_{17}\text{Y} + ^1_1\text{H}$? R20001
 A) a = 10, b = 5 B) a = 12, b = 8 C) a = 14, b = 4 D) a = 14, b = 8



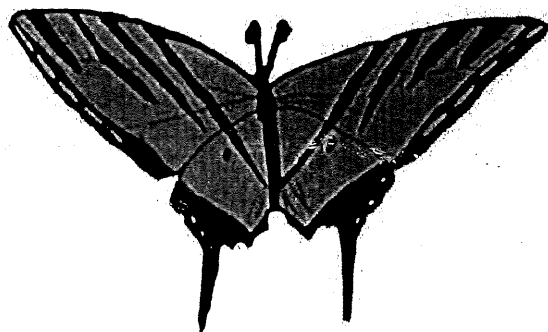
Završna riječ

Prošli smo dugačak put i evo nas na kraju skripte. Nadam se da ste obnovili svoje znanje srednjoškolske fizike, naučili nešto novo te da ste spremni za proučavanje fizike na fakultetskoj razini. Ne brinite, bit fizike je ista samo se koristi malo naprednija matematika.

Koji god studij odabrali zapamtite da se sve teške stvari ostvaruju korak po korak. Uživajte u studiranju, nemojte se samo koncentrirati na polaganje ispita, studij je daleko više od toga. Puno učite, puno ponavljajte, pomozite svojim kolegama kojima teže ide i steknite nove prijatelje i iskustva. Bila mi je čast voditi vas kroz jedno kratko razdoblje vašeg života.

Sretno dalje :)

Hrvoje Miloloža



Rješenja

3001	A
3002	D
3003	A
3004	B
3005	$t=7,3\text{ s}$
3006	D
3007	B
3008	$v=3,1\text{ m/s}$
3009	B
3010	D
3011	$a= - 3\text{ m/s}^2$
3012	A
3013	A
3014	C
3015	C
3016	$v=0,6\text{ m/s}$
3017	$v=40\text{ km/h}$
3018	$h=125\text{m}$
3019	B
3020	B
3021	C
3022	B
3023	D
3024	D
3025	B
3026	$v=14\text{ m/s}$
3027	B
3028	B
3029	D
3030	A
3031	C
3032	A
3033	D
3034	D
3035	C

4001	W=3500 J	4047	C
4002	A	4048	k=93,33 N/m
4003	h=80 m	4049	C
4004	D	4050	E _{meh} =10,44 J
4005	W=60 J	4051	B
4006	C	4052	F=50 N
4007	v=17,7 m/s		
4008	v=1,5 m/s		
4009	C		
4010	h=0,1 m		
4011	C		
4012	W=6000 J		
4013	W=27000 J		
4014	W=130 J		
4015	D		
4016	v=1,73 m/s		
4017	C		
4018	v=15,5 m/s		
4019	h=1,25 m		
4020	A		
4021	C		
4022	C		
4023	A		
4024	D		
4025	E _k =7,81·10 ⁻⁴ J		
4026	D		
4027	B		
4028	P=46875 W		
4029	D		
4030	C		
4031	D		
4032	W _k =4500 J, W _u =6000 J		
4033	A		
4034	B		
4035	B		
4036	v=25 m/s		
4037	C		
4038	D		
4039	C		
4040	C		
4041	D		
4042	W=4250 J		
4043	B		
4044	F=4 N		
4045	A		
4046	η=38.1%		

5001	C	5047	D
5002	$m_1=1 \text{ kg}$	5048	$F_{tr}=8,66 \text{ N}$
5003	B	5049	D
5004	$a=2 \text{ m/s}^2$	5050	$t=4,13 \text{ s}$
5005	B	5051	$v=10,58 \text{ m/s}$
5006	$F=36,76 \text{ N}$	5052	$a=4,1 \text{ m/s}^2$
5007	$F_z=413,9 \text{ N}$	5053	D
5008	C	5054	D
5009	A	5055	$\mu=0,49$
5010	A	5056	$s=1,33 \text{ m}$
5011	$F_{tr}=13,7 \text{ N}$	5057	B
5012	D	5058	C
5013	A	5059	D
5014	B	5060	B
5015	C	5061	$\Delta F_N=6,25 \text{ N}$
5016	$F\Delta t=5 \text{ Ns}$	5062	A
5017	C	5063	D
5018	D	5064	A
5019	$F\Delta t=24 \text{ Ns}$	5065	$\mu=0,43$
5020	$a=0,5 \text{ m/s}^2$	5066	C
5021	$\mu=0,2$	5067	C
5022	C	5068	$F_N=184,14 \text{ N}$
5023	$F=3,9 \cdot 10^5 \text{ N}$	5069	$s=1,5 \text{ m}$
5024	B	5070	A
5025	B	5071	$W=1,76 \text{ J}$
5026	$F_{BA}=6 \text{ N}$	5072	D
5027	B	5073	D
5028	$t=2,5 \text{ s}$	5074	$a=1,06 \text{ m/s}^2$
5029	C	5075	A
5030	B	5076	B
5031	$k=400 \text{ N/m}$	5077	$s=1,44 \text{ m}$
5032	$F=1500 \text{ N}$		
5033	B		
5034	C		
5035	$F=105 \cdot 10^3 \text{ N}$		
5036	C		
5037	C		
5038	$v=1,25 \text{ m/s}$		
5039	$F=3250 \text{ N}$		
5040	B		
5041	C		
5042	A		
5043	$a=0,129 \text{ m/s}^2$		
5044	A		
5045	B		
5046	$a=7,5 \text{ m/s}^2$		

6001	$F=3,7\text{ N}$	6047	A
6002	$g=3,7\text{ m/s}^2$	6048	C
6003	A	6049	$v_0=15,14\text{ m/s}, D=112,3\text{ m}$
6004	B	6050	$F_{cp}=3\cdot 10^{-3}\text{ N}$
6005	C	6051	C
6006	$h=989\cdot 10^3\text{ m}$	6052	B
6007	D	6053	$\bar{v}=10\text{ m/s}$
6008	B	6054	C
6009	A	6055	D
6010	D	6056	A
6011	C	6057	A
6012	A	6058	C
6013	$R=1,7\cdot 10^6\text{ m}$	6059	C
6014	D	6060	$v=3,14\text{ m/s}$
6015	B	6061	B
6016	B	6062	A
6017	D	6063	B
6018	A	6064	D
6019	D	6065	$v=10,44\text{ m/s}$
6020	A	6066	D
6021	D	6067	C
6022	A	6068	$h=18,95\text{ m}$
6023	$M=5,7\cdot 10^{26}\text{ kg}$	6069	B
6024	A	6070	C
6025	D	6071	$f=4,24\text{ Hz}$
6026	C	6072	$v=5,03\text{ m/s}$
6027	B	6073	D
6028	C	6074	B
6029	C	6075	D
6030	$f=1,53\cdot 10^5\text{ Hz}$	6076	B
6031	D		
6032	$F=5000\text{ N}$		
6033	B		
6034	D		
6035	D		
6036	A		
6037	C		
6038	B		
6039	D		
6040	D		
6041	C		
6042	C		
6043	D		
6044	C		
6045	$\omega=2,59\cdot 10^{-6}\text{ rad/s}$		
6046	$a_{cp}=39,5\text{ m/s}^2$		

7001	B	7047	$\rho=1200 \text{ kg/m}^3$
7002	C		
7003	$a=6 \text{ m/s}^2$		
7004	C		
7005	A		
7006	C		
7007	B		
7008	B		
7009	D		
7010	$F_{uk}=90 \text{ N}$		
7011	B		
7012	D		
7013	$V_{dod}=0,07 \text{ m}^3$		
7014	$V=2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$		
7015	$P=1,58 \cdot 10^4 \text{ Pa}$		
7016	C		
7017	$h=40,5 \text{ m}$		
7018	D		
7019	$V_{ulja}=3,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$		
7020	$v_1=8 \text{ m/s}, v_2=2 \text{ m/s}$		
7021	$p=201776 \text{ Pa}$		
7022	C		
7023	$r_2=1,73 \text{ cm}$		
7024	A		
7025	D		
7026	C		
7027	$r=0,2014 \text{ m}$		
7028	C		
7029	$\rho_B=1350 \text{ kg/m}^3$		
7030	C		
7031	A		
7032	D		
7033	$V_{iz}=0,25 V_{\xi}$		
7034	$G=952,75 \text{ N}$		
7035	$\Delta(V_{ur}/V)=7,2\%$		
7036	$\rho=945 \text{ kg/m}^3$		
7037	$a=2,5 \text{ m/s}^2$		
7038	C		
7039	$t=154,2 \text{ s}$		
7040	A		
7041	$\rho=918,52 \text{ kg/m}^3$		
7042	D		
7043	$h=0,26 \text{ m}$		
7044	D		
7045	$F=2,45 \text{ N}$		
7046	D		

8001	$c_{AL}=900 \text{ J/kgK}$	8047	D	8093	B
8002	D	8048	B	8094	$T_2=381,97 \text{ K}$
8003	B	8049	B	8095	A
8004	$m_V=0,5 \text{ kg}$	8050	C	8096	$m_{\text{pare}}=11,72 \text{ g}$
8005	D	8051	$N=2,7 \cdot 10^{18}$	8097	D
8006	A	8052	C	8098	C
8007	$t=1320 \text{ s}$	8053	D	8099	$t=54,25 \text{ s}$
8008	$V_2=1,2 \text{ m}^3$	8054	$\rho_2=6 \text{ g/cm}^3$	8100	B
8009	A	8055	C	8101	D
8010	A	8056	C	8102	A
8011	A	8057	$V_2=1,27V_1$	8103	$\tau=14,62^\circ\text{C}$
8012	$T_1=300 \text{ K}$	8058	C		
8013	B	8059	$\rho_2=6 \text{ g/cm}^3$		
8014	C	8060	C		
8015	$t=429 \text{ s}$	8061	D		
8016	B	8062	C		
8017	A	8063	D		
8018	$l_0=29,82^\circ\text{C}$	8064	C		
8019	D	8065	A		
8020	$l_0=59,39 \text{ m}$	8066	$N=1,59 \cdot 10^{24}$		
8021	B	8067	$P=156,94 \text{ W}$		
8022	D	8068	C		
8023	C	8069	A		
8024	A	8070	B		
8025	$m=2583 \text{ g}$	8071	$N=2,7 \cdot 10^{18}$		
8026	$t_2=148^\circ\text{C}$	8072	$n=7,7 \text{ mol}$		
8027	A	8073	$V_2=9,86 \text{ m}^3$		
8028	B	8074	C		
8029	$P=1260 \text{ W}$	8075	$P=156,9 \text{ W}$		
8030	A	8076	C		
8031	D	8077	D		
8032	B	8078	C		
8033	$t_{\text{zaj}}=60^\circ\text{C}$	8079	C		
8034	B	8080	$p_1=50 \text{ kPa}$		
8035	C	8081	B		
8036	$c=284,09 \text{ J/kgK}$	8082	C		
8037	D	8083	C		
8038	C	8084	$V_2=0,4 \text{ l}$		
8039	$t=440 \text{ s}$	8085	C		
8040	$p_2=2,67 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	8086	$\Delta T=0,178 \text{ K}$		
8041	A	8087	$p_2=140792,2 \text{ Pa}$		
8042	A	8088	A		
8043	$t_2=41^\circ\text{C}$	8089	C		
8044	$V_1=18,2 \text{ cm}^3$	8090	B		
8045	B	8091	A		
8046	C	8092	A		

9001	$\Delta V = 10^{-2} \text{ m}^3$	9047	$W = -7 \text{ kJ}$
9002	A	9048	B
9003	$\Delta V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	9049	B
9004	C	9050	A
9005	C	9051	B
9006	B	9052	A
9007	$\Delta U = 4000 \text{ J}$	9053	D
9008	$U = 414 \text{ J}$	9054	A
9009	D	9055	$T_1 = 571,4 \text{ K}$
9010	$W = 5 \text{ kJ}$	9056	D
9011	C	9057	$\Delta V = 1,54 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$
9012	$\eta = 0,24$	9058	A
9013	B	9059	B
9014	$W = 3,6 \cdot 10^4 \text{ J}$	9060	$\Delta U_{AB} = 0 \text{ J}, \Delta U_{BC} = -3 \text{ J}$
9015	C	9061	B
9016	C	9062	D
9017	$\Delta U = 1800 \text{ J}$	9063	$Q = 2,03 \cdot 10^5 \text{ J}$
9018	$T_2 = 270 \text{ K}$	9064	C
9019	$T = 2898,6 \text{ K}$	9065	B
9020	C	9066	C
9021	A	9067	B
9022	C	9068	C
9023	$\Delta U = 22500 \text{ J}$	9069	$U = 4,5 \text{ kJ}$
9024	A	9070	C
9025	D	9071	B
9026	$\Delta U = 3167 \text{ J}$	9072	$U = 3750 \text{ J}$
9027	$T_2 = 298 \text{ K}$	9073	C
9028	C	9074	B
9029	$W = 4,45 \cdot 10^5 \text{ J}$	9075	A
9030	D	9076	B
9031	$\Delta U = 140 \text{ J}$	9077	$\eta = 0,69$
9032	A	9078	B
9033	C	9079	B
9034	A	9080	B
9035	A	9081	$W = 5000 \text{ J}$
9036	$T_1 = 375 \text{ K}$	9082	C
9037	A	9083	A
9038	A	9084	$p = 10^5 \text{ Pa}$
9039	$\Delta U = -120 \text{ J}$	9085	D
9040	$\eta = 33,3 \%$	9086	$\Delta U = 10 \text{ kJ}$
9041	A		
9042	D		
9043	C		
9044	$W = -40 \text{ J}$		
9045	D		
9046	B		

10001	B	10047	B
10002	B	10048	B
10003	C	10049	$C=8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F}$
10004	C	10050	B
10005	C	10051	D
10006	B	10052	$\varphi = 6,67 \text{ V}$
10007	C	10053	D
10008	A	10054	C
10009	A	10055	C
10010	D	10056	B
10011	B	10057	$\varphi = 24 \text{ V}$
10012	$v=6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$	10058	$r_1=108,64 \text{ cm}$
10013	D	10059	B
10014	A	10060	D
10015	A	10061	$U=900 \text{ V}$
10016	B	10062	$E_k=10^{-9} \text{ J}$
10017	B	10063	D
10018	A	10064	B
10019	A	10065	C
10020	C	10066	C
10021	$r_2=14,1 \text{ cm}$	10067	$F_N=0,45 \text{ N}$
10022	B	10068	B
10023	C	10069	C
10024	D	10070	$U=500 \text{ V}$
10025	A	10071	$E=3,82 \text{ nJ}$
10026	A	10072	A
10027	A	10073	B
10028	$U=210 \text{ V}$	10074	B
10029	B	10075	A
10030	$F=2,25 \cdot 10^{-7} \text{ N}$, odbojna	10076	C
10031	B	10077	D
10032	$q_1=20 \text{ nC}$, $q_2=30 \text{ nC}$	10078	B
10033	D	10079	D
10034	A	10080	B
10035	$t=2,13 \cdot 10^{-8} \text{ s}$	10081	D
10036	A	10082	$v=1,1 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
10037	D	10083	B
10038	$q_2=3,95 \cdot 10^{-7} \text{ C}$	10084	D
10039	B	10085	C
10040	D	10086	A
10041	$\epsilon_r=2,4$	10087	B
10042	A	10088	D
10043	C		
10044	$Q=3 \cdot 10^{-13} \text{ C}$		
10045	A		
10046	B		

11001	D	11047	B
11002	D	11048	C
11003	B	11049	$P=32 \text{ W}$
11004	A	11050	A
11005	A	11051	C
11006	B	11052	$P_3=7,98 \text{ W}$
11007	D	11053	D
11008	A	11054	a) 1, b) $\varepsilon=9 \text{ V}$, $R_U=1,5 \Omega$
11009	$I=4,17 \text{ A}$	11055	D
11010	$Q=4,5 \text{ C}$	11056	$R_X=672 \Omega$
11011	D	11057	B
11012	$R=0,05 \Omega$	11058	$P=8 \text{ W}$
11013	$R_U=12,5 \Omega$	11059	A
11014	A	11060	$L_2=1,2 \text{ m}$
11015	$U_A=U_B=40 \text{ V}$, $U_C=80 \text{ V}$	11061	D
11016	A	11062	$R'/R=3,14$
11017	$m=151 \text{ kg}$	11063	A
11018	D	11064	$R_U=3 \Omega$, $\varepsilon=10,5 \text{ V}$
11019	B	11065	A
11020	B	11066	$N_y=1,08 \cdot 10^{20}$
11021	A	11067	C
11022	$R=60 \Omega$	11068	$S=5,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$
11023	A	11069	D
11024	$I=8 \cdot 10^{-9} \text{ A}$	11070	$R=3 \Omega$
11025	C		
11026	A		
11027	B		
11028	A		
11029	$R=1 \Omega$		
11030	D		
11031	C		
11032	$N=1,5 \cdot 10^{20}$		
11033	C		
11034	A		
11035	C		
11036	A		
11037	B		
11038	$R=10 \Omega$		
11039	A		
11040	$R_U=0,8 \Omega$		
11041	D		
11042	$R_U=0,5 \Omega$		
11043	A		
11044	C		
11045	$Q=6400 \text{ C}$		
11046	B		

12001	$U_i=80 \text{ mV}$	12047	Negativno, $t=1,77 \cdot 10^{-11} \text{ s}$
12002	C	12048	C
12003	$L=0,08 \text{ m}$,	12049	$m=8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
12004	A	12050	B
12005	$F_{UK}=8 \cdot 10^{-5} \text{ N}$	12051	a) 1, b) 1, c) $F=1,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$
12006	C	12052	B
12007	a) 5-7 s, b) $U_i=1,5 \text{ V}$	12053	$r=11,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
12008	B	12054	B
12009	A	12055	A
12010	C	12056	$F_L=1,51 \cdot 10^{-19} \text{ N}$
12011	C	12057	$q=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
12012	C	12058	A
12013	$B=240 \text{ mT}$	12059	$a=1,92 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2$
12014	A	12060	$F_{UK}=2,1 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
12015	B	12061	A
12016	C	12062	$B_{UK}=1,3 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
12017	D	12063	C
12018	C	12064	B
12019	$B=4\pi \cdot 10^{-3} \text{ T}$	12065	$U_i=1,5 \text{ V}$, $I=3 \text{ A}$
12020	$I=25 \text{ A}$	12066	C
12021	D	12067	B
12022	A	12068	$U_i=3,5 \text{ mV}$
12023	$F_L=1,07 \cdot 10^{-17} \text{ N}$	12069	B
12024	A	12070	A
12025	$B=1,04 \text{ T}$	12071	$s=5 \text{ m}$
12026	A		
12027	A		
12028	$Q=2,5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$		
12029	B		
12030	$r=9,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}$		
12031	B		
12032	$B=0,02 \text{ T}$		
12033	B		
12034	B		
12035	$d=6,96 \text{ cm}$		
12036	$r=3,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$		
12037	D		
12038	B		
12039	$N=60$		
12040	D		
12041	$a=2,55 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2$		
12042	A		
12043	D		
12044	A		
12045	B		
12046	$B_2=2,47 \text{ T}$		

13001	$Z=400 \Omega$
13002	$Z=500 \Omega$
13003	$C=2,8 \cdot 10^{-5} \text{ F}$
13004	B
13005	$R=376 \Omega$
13006	B
13007	$Q_{\max}=10^{-5} \text{ C}$
13008	$Z=110 \Omega$
13009	A
13010	D
13011	$C=5,1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$
13012	$R_L=125,7 \Omega$
13013	$I=0,43 \text{ A}$
13014	A
13015	C
13016	D
13017	D
13018	$Z=50 \Omega$
13019	A
13020	$Z=50 \Omega$
13021	B
13022	C
13023	A
13024	B
13025	B
13026	B
13027	$Z=17 \Omega$
13028	C
13029	$Z=50 \Omega$
13030	$L=0,22 \text{ H}$
13031	$f=55 \text{ Hz}$

14001	C=3,5 pF	14047	C
14002	D	14048	$E_k=13,5 \text{ J}$
14003	C	14049	B
14004	$f=110 \text{ MHz}$	14050	$E_{uk}=1,26 \text{ J}$
14005	D	14051	C
14006	D	14052	B
14007	$L=21,3 \text{ cm}$	14053	D
14008	D	14054	$f=0,955 \text{ Hz}$
14009	D	14055	A
14010	$E_{uk}=40,5 \text{ J}$	14056	B
14011	C	14057	B
14012	B	14058	$v_0=4,19 \text{ m/s}$
14013	$a_0=0,02 \text{ m/s}^2$	14059	B
14014	D	14060	B
14015	C	14061	$\omega=1,57 \text{ rad/s}$
14016	$A=1,27 \text{ m}$	14062	1.) 1, 2.) $\frac{1}{\sqrt{k}}$, 3.) $k_1=0,25k_2$
14017	C	14063	B
14018	B	14064	A
14019	B	14065	B
14020	C	14066	$E_k=0,03 \text{ J}$
14021	C	14067	$F=2,4 \text{ mN}$
14022	B	14068	C
14023	$v=1,73 \text{ m/s}$	14069	a) 4., b) $T=0,8 \text{ s}$, c) $v_0=0,471 \text{ m/s}$
14024	D	14070	C
14025	$x = 5 \text{ cm} \sin(\pi t \text{ s}^{-1} + \pi)$	14071	B
14026	D	14072	C
14027	A	14073	B
14028	$v_0=0,094 \text{ m/s}$	14074	C
14029	C	14075	$A=0,79 \text{ m}$
14030	B	14076	4., 3., $E_{uk}=1,08 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
14031	D	14077	C
14032	D	14078	$x=3,86 \text{ cm}$
14033	C	14079	B
14034	B	14080	$E_{ep}=0,084 \text{ J}$
14035	A	14081	A
14036	C	14082	$\alpha=6^\circ$
14037	$C=4,14 \cdot 10^{-8} \text{ F}$		
14038	C		
14039	B		
14040	D		
14041	B		
14042	$L=1,014 \text{ m}$		
14043	C		
14044	D		
14045	$x=17,32 \text{ cm}$		

15001	D	15047	D
15002	B	15048	C
15003	D	15049	f=2 Hz
15004	A	15050	D
15005	C	15051	D
15006	B	15052	C
15007	C	15053	A
15008	L=0,425 m	15054	C
15009	D	15055	v=0,9 m/s
15010	A	15056	B
15011	A	15057	B
15012	C	15058	$\Delta L=0,31$ dB
15013	B	15059	B
15014	B	15060	A
15015	C	15061	L=59 dB
15016	$v_0=3,77$ m/s	15062	A
15017	L=150 dB	15063	C
15018	D	15064	D
15019	A	15065	C
15020	$I=10^5$ W/m ²	15066	C
15021	D	15067	D
15022	v=10 m/s	15068	C
15023	B	15069	C
15024	B	15070	D
15025	$\Delta\varphi = 0,99$ rad	15071	D
15026	C	15072	B
15027	C		
15028	A		
15029	D		
15030	D		
15031	L=66 dB		
15032	A		
15033	D		
15034	$v_f=9,71$ m/s		
15035	B		
15036	d=782 m		
15037	D		
15038	D		
15039	C		
15040	B		
15041	B		
15042	$P=1,48 \cdot 10^{-7}$ W		
15043	B		
15044	B		
15045	B		
15046	B		

16001	C	16047	A
16002	A	16048	A
16003	D	16049	A
16004	B		
16005	A		
16006	B		
16007	$j = -5 \text{ m}^{-1} = -5 \text{ dpt}$		
16008	D		
16009	$d = 15 \text{ cm}$		
16010	B		
16011	A		
16012	$n = 1,53$		
16013	C		
16014	$\beta = 18,6^\circ$		
16015	D		
16016	B		
16017	C		
16018	$b = 48 \text{ cm}, y' = -6 \text{ cm}$		
16019	D		
16020	$b = -12 \text{ cm}, y' = 2,4 \text{ cm}$		
16021	D		
16022	C		
16023	B		
16024	$f = 0,67 \text{ m}$		
16025	D		
16026	D		
16027	B		
16028	$n = 1,37$		
16029	A		
16030	A		
16031	C		
16032	B		
16033	D		
16034	$a = 20 \text{ cm}$		
16035	izbačen s mature		
16036	A		
16037	C		
16038	A		
16039	$\alpha = 48,6^\circ$		
16040	B		
16041	C		
16042	1.) 4, 2.) $f = 4,26 \text{ cm}$		
16043	B		
16044	a) 1, b) $n = 1,6$		
16045	D		
16046	$\alpha = 59,1^\circ$		

17001	$n=1,73$
17002	D
17003	B
17004	B
17005	B
17006	$N=13$
17007	$\alpha=53^\circ$
17008	A
17009	A
17010	D
17011	$d=2,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
17012	Ne
17013	A
17014	$d=5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
17015	C
17016	B
17017	$d=3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
17018	A
17019	C
17020	B
17021	A
17022	D
17023	C
17024	B
17025	C
17026	B
17027	$k_{\max}=2$
17028	D
17029	$\alpha=23,57^\circ$
17030	C
17031	C
17032	A
17033	C
17034	B
17035	B
17036	B
17037	C
17038	C
17039	D
17040	C
17041	A
17042	$s=1,5 \text{ cm}, d=4,77 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
17043	$s=4 \text{ cm}, \lambda=700 \text{ nm}$
17044	$\beta = 36^\circ 56' 8''$

18001	$v=0,87c$
18002	$T=2,6 \cdot 10^{-6} s$
18003	$T=4 \text{ god}$
18004	$v=0,94 c$
18005	A
18006	C
18007	$L=24 \text{ m}$
18008	C
18009	D
18010	C
18011	D
18012	$L=30 \text{ m}$
18013	D
18014	C
18015	$T_0=0,63 \cdot 10^{-5} s$
18016	B
18017	A
18018	B
18019	B
18020	D
18021	A
18022	A
18023	A
18024	$v=0,986 c$
18025	A
18026	B
18027	A
18028	$P=1,3 \text{ cm}^2$
18029	C
18030	C
18031	D
18032	D
18033	B
18034	C
18035	C
18036	A
18037	$L=1,58 \text{ m}, \alpha'=63,43^\circ$
18038	$T=83,3 \text{ ns}, d=23,73 \text{ m}$
18039	$v=0,745c, T_0=0,67s$

19001	A	19047	A
19002	A	19048	$\lambda=1,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
19003	A	19049	D
19004	A	19050	B
19005	B	19051	$\lambda=1,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$
19006	B	19052	$\lambda=434,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}$
19007	A	19053	A
19008	A	19054	$f_{\min}=9,66 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
19009	B	19055	B
19010	D	19056	$E_k=1,11 \text{ eV}$
19011	C	19057	A
19012	$U=1,35 \text{ V}$	19058	C
19013	$E=2,55 \text{ eV}$	19059	D
19014	C	19060	A
19015	$4 \rightarrow 5, \lambda=4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$	19061	$N=3 \cdot 10^{18}$
19016	A	19062	D
19017	D	19063	C
19018	A	19064	$U=1,7 \text{ V}$
19019	B	19065	$n=7$
19020	$f=2,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$	19066	D
19021	D	19067	B
19022	C	19068	D
19023	$\lambda=4,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	19069	$\lambda=1,32 \cdot 10^{-13} \text{ m}$
19024	C	19070	C
19025	$1 \rightarrow 3, E_{\min}=1,9 \text{ eV}$	19071	$\lambda_p/\lambda_{\xi}=6 \cdot 10^{14}$
19026	$\Delta U=4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$	19072	D
19027	B	19073	C
19028	$\lambda=8,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}$	19074	D
19029	B	19075	$\lambda=3,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
19030	B	19076	D
19031	D	19077	B
19032	$\lambda=7,28 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	19078	B
19033	A	19079	B
19034	B	19080	C
19035	$W_i=3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	19081	D
19036	D	19082	A
19037	$U=0,76 \text{ V}$	19083	A
19038	B		
19039	$\Delta E_k=3.2 \text{ eV}$		
19040	C		
19041	D		
19042	D		
19043	A		
19044	$\lambda=1,41 \cdot 10^{-9} \text{ m}$		
19045	C		
19046	$\lambda=3,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}$		

20001	D	20045	$E=3,57 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
20002	D	20046	$N_{\text{rasp}}=1,14 \cdot 10^{19}$
20003	A	20047	D
20004	D	20048	B
20005	C	20049	A
20006	C	20050	A
20007	B	20051	D
20008	D	20052	D
20009	D	20053	A
20010	$m=5,5 \text{ g}$	20054	B
20011	D	20055	C
20012	B	20056	D
20013	A	20057	D
20014	D	20058	B
20015	$t=84 \text{ dana}$	20059	A
20016	C	20060	B
20017	C	20061	$N=2,41 \cdot 10^{12}$
20018	B	20062	B
20019	D	20063	D
20020	C	20064	$N_{\text{rasp}}=1,56 \cdot 10^{23}$
20021	D	20065	C
20022	D	20066	C
20023	C	20067	B
20024	B	20068	A
20025	A	20069	B
20026	$A=8,856 \cdot 10^{-6} \text{ Bq}$	20070	C
20027	C	20071	A
20028	$A=3,7 \cdot 10^9 \text{ Bq}$	20072	D
20029	C	20073	D
20030	$\Delta m=4 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$	20074	D
20031	D		
20032	$N=800$		
20033	C		
20034	$A=12,14 \text{ Bq}$		
20035	${}^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{228}_{89}\text{X} + {}^0_{-1}\text{e}, N_N=139$		
20036	$p=30,43\%$		
20037	${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{X} + {}^4_2\text{He}, N_N=136$		
20038	B		
20039	$t=40,8 \text{ min}$		
20040	A		
20041	B		
20042	$T=1,5 \text{ h}$		
20043	D		
20044	C		

Periodni sustav elemenata IUPAC

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1 H 1,01																	2 He 4,00	
3 Li 6,94	4 Be 9,01															9 F 19,0	10 Ne 20,2	
11 Na 23,0	12 Mg 24,3														17 Cl 35,5	18 Ar 39,9		
19 K 39,1	20 Ca 40,1	21 Sc 45,0	22 Ti 47,9	23 V 50,9	24 Cr 52,0	25 Mn 54,9	26 Fe 55,8	27 Co 58,9	28 Ni 58,7	29 Cu 63,5	30 Zn 65,4	31 Ga 69,7	32 Ge 72,6	33 As 74,9	34 Se 79,0	35 Br 79,9	36 Kr 83,8	
37 Rb 85,5	38 Sr 87,6	39 Y 88,9	40 Zr 91,2	41 Nb 92,9	42 Mo 95,9	43 Tc [98]	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131	
55 Cs 133	56 Ba 137	57-71 Lantanoidi	72 Hf 178	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]	
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 Aktinoidi	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [266]	107 Bh [264]	108 Hs [277]	109 Mt [268]	110 Ds [269]	111 Rg [272]	112 Cn [285]							
57 La 139	58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm [145]	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175				
89 Ac [227]	90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]				