



Zimsko kolo 2020./2021.

FIZIKA

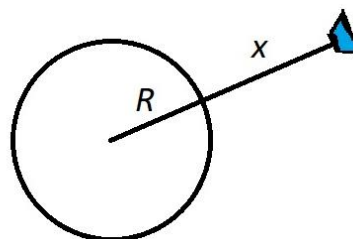
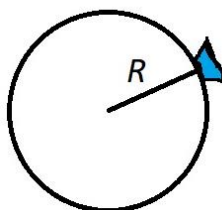
F.1. 2.r. Satelit se u trenutku lansiranja nalazi na površini Zemlje i udaljen je 6400 km od njezina središta. Tada na njega djeluje privlačna sila Zemlje F_g . Koliko je satelit udaljen od površine Zemlje u trenutku kada na njega djeluje privlačna sila Zemlje iznosa $0,25F_g$?

A. 6 400 km	B. 12 800 km	C. 19 200 km	D. 25 600 km	E. ne želimo odgovoriti na pitanje
-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------------------------

Rješenje:

$$R = 6\,400 \text{ km}$$

$$x = ?$$



Na površini Zemlje na satelit djeluje privlačna sila Zemlje $F_g = G \frac{m_z \cdot m_s}{R^2}$, gdje je G gravitacijska konstanta, m_z masa Zemlje, m_s masa satelita i $R = 6\,400$ km radijus Zemlje.

Na udaljenosti x od površine Zemlje iznos je privlačne sile kojom Zemlja djeluje na satelit: $F'_g = G \frac{m_z \cdot m_s}{(R+x)^2}$.

Prema zadatku vrijedi $F'_g = 0,25F_g$, pa je:

$$G \frac{m_z \cdot m_s}{(R+x)^2} = 0,25 \cdot G \frac{m_z \cdot m_s}{R^2}$$

Kraćenjem i sređivanjem dobije se:

$$\frac{1}{(R+x)^2} = \frac{1}{4R^2}$$

Korjenovanjem i unakrsnim množenjem proizlazi: $R+x = 2R$

pa je $x = R = 6\,400$ km.

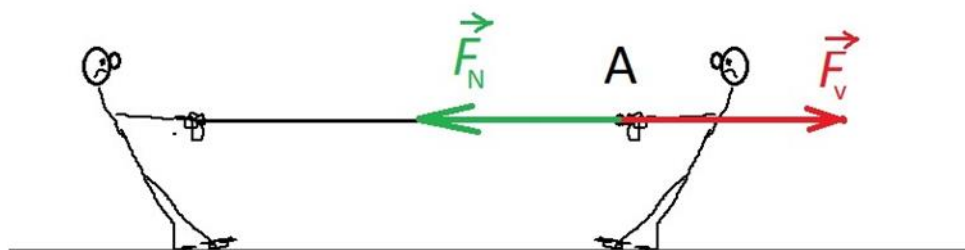
Točan je odgovor **A**.

F.2. 2.r. Ekipe A i B natječu se u potezanju užeta. U jednom trenutku borba je bila potpuno izjednačena te je ekipa A vukla užu silom iznosa 1 200 N nalijevo, a ekipa B vukla je užu silom iznosa 1 200 N nadesno. Kolika je pri tome bila napetost užeta?

A. 2 400 N	B. 1 200 N	C. 600 N	D. 0 N	E. ne želimo odgovoriti na pitanje
---------------	---------------	-------------	-----------	------------------------------------

Rješenje:

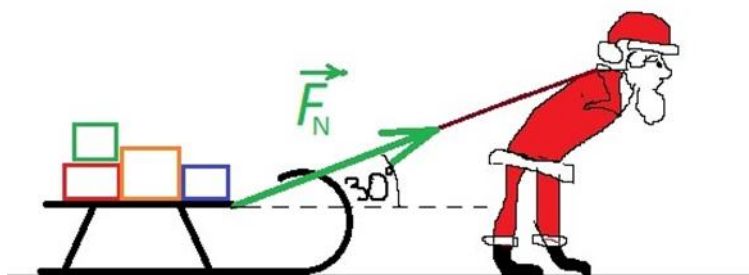
$$F_v = 1\,200\text{ N}$$



Radi jednostavnosti nacrtali smo samo dva natjecatelja koji povlače užu svatko na svoju stranu. Ako je borba izjednačena, znači da se užu trenutno ne pomiče. Natjecatelji vuku užu svaki na svoju stranu pa tako održavaju užu napetim. Silu koja napinje užu zovemo sila napetosti. To je ujedno i sila kojom užu vuče jednog ili drugog igrača. Sila napetosti užeta u svakoj je točki duž cijelog užeta ista. Promatrajmo, na primjer, točku A u kojoj desni natjecatelj vuče nadesno. U točki A na slici desni natjecatelj vuče nadesno silom \vec{F}_v čiji je iznos 1 200 N. No, budući da točka A miruje, rezultantna sila u točki A iznosi 0 N (1. Newtonov zakon). Dakle, iznos sile napetosti užeta \vec{F}_N kojom užu djeluje u točki A nalijevo mora biti jednak iznosu sile \vec{F}_v kojom desni igrač vuče nadesno, znači iznos sile napetosti užeta također je 1 200 N. Isto bismo dobili da smo promatrali lijevog natjecatelja.

Točan je odgovor **B**.

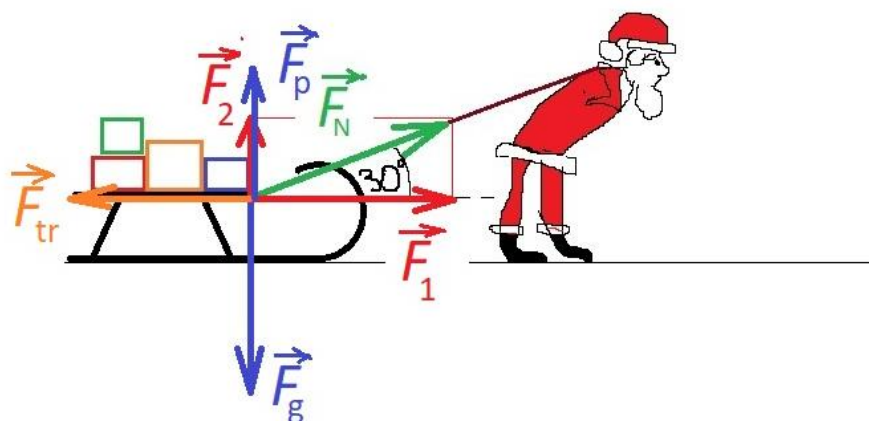
F.9. 2.r. Djed Mraz vuče saonice s darovima horizontalnom podlogom pomoću užeta stalnom brzinom kao što prikazuje slika. Masa saonice zajedno s darovima iznosi 75 kg, a faktor je trenja između saonice i podloge 0,1. Kut između užeta i smjera gibanja iznosi 30° . Koliki je iznos sile napetosti užeta?



A. 86,6 N	B. 81,9 N	C. 127,9 N	D. 150 N	E. ne želimo odgovoriti na pitanje
--------------	--------------	---------------	-------------	------------------------------------

Rješenje:

$m = 75 \text{ kg}$
 $\mu = 0,1$
 $\alpha = 30^\circ$



Na crtežu je \vec{F}_N sila napetosti užeta, \vec{F}_g gravitacijska sila, \vec{F}_{tr} sila trenja, \vec{F}_p sila podloge, a \vec{F}_1 i \vec{F}_2 su horizontalna i vertikalna komponenta sile \vec{F}_N . Budući da se saonice gibaju stalnom brzinom po horizontalnoj podlozi, rezultantne sile i u horizontalnom i u vertikalnom smjeru moraju biti jednake nuli.

Vertikalni smjer: $F_p + F_2 - F_g = 0 \text{ N}$ (1)

Horizontalni smjer: $F_1 - F_{tr} = 0 \text{ N}$ (2)

Pri tome je $F_1 = F_N \cos \alpha$ i $F_2 = F_N \sin \alpha$, a sila trenja je $F_{tr} = \mu F_p$.

Iz jednadžbe (1) sada proizlazi $F_p = F_g - F_2 = F_g - F_N \sin \alpha$, pa je $F_{tr} = \mu(F_g - F_N \sin \alpha)$.

Uvrštavanjem u jednadžbu (2) dobivamo:

$$F_N \cos \alpha - \mu(F_g - F_N \sin \alpha) = 0 \text{ N}$$

Iz te jednadžbe proizlazi:

$$F_N = \frac{\mu F_g}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = \frac{0,1 \cdot 75 \text{ kg} \cdot 10 \text{ ms}^{-2}}{\cos 30^\circ + 0,1 \cdot \sin 30^\circ} \approx 81,9 \text{ N}$$

Točan je odgovor B.

F.1. 3.r. Proton uleti brzinom v u homogeno magnetsko polje okomito na silnice te se u magnetskom polju giba kružnicom. Drugi proton uleti u isto magnetsko polje brzinom $2v$ također okomito na silnice magnetskog polja. U kakvom su odnosu periodi kruženja tih dvaju protona?

A. $T_1 = 2T_2$	B. $T_2 = 2T_1$	C. $T_1 = 3T_2$	D. $T_2 = T_1$	E. ne želimo odgovoriti na pitanje
---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------------------------

Rješenje:

~~~~~ Ako električki nabijena čestica nabojem  $q$  uleti brzinom  $v$  u homogeno magnetsko polje indukcije  $B$  okomito na silnice, gibat će se jednoliko po kružnici. Do kružnog gibanja dolazi jer na nabijenu česticu djeluje Lorentzova sila  $F_L$  koja je okomita na vektor brzine i na silnice magnetskog polja. Pri tome Lorentzova sila igra ulogu centripetalne sile  $F_{cp}$ .

~~~~~ Tada vrijedi  $F_L = F_{cp}$ .

~~~~~ Znamo da je  $F_L = qvB$  i  $F_{cp} = \frac{mv^2}{r}$  gdje je  $m$  masa čestice, a  $r$  radijus kružne putanje.

~~~~~ Izjednačavanjem dobivamo

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \frac{qBr}{m}$$

~~~~~ Brzina kod jednolikog kružnog gibanja je  $v = \frac{2r\pi}{T}$ , a pri tome je  $T$  period kruženja.

~~~~~ Izjednačavanjem jednadžbi za brzinu dobivamo:

$$\frac{qBr}{m} = \frac{2r\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB}$$

~~~~~ Vidimo da period  $T$  ne ovisi o brzini pa je u oba slučaja jednaki.

~~~~~ Točan je odgovor **D**.

F.8. 3.r. Tijekom jednog pokusa učenici su pri temperaturi od $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ staklenu čašu volumena 100 cm^3 do vrha napunili tekućinom. Čašu s tekućinom zatim su na električnom kuhlau zagrijavali do $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ i primijetili da se prilikom zagrijavanja iz čaše prelije $1,53\text{ cm}^3$ tekućine. Koliki je koeficijent volumnog rastezanja tekućine? Koeficijent je linearnog rastezanja stakla $9 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$.

| | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| A.
$1,72 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$ | B.
$1,94 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$ | C.
$2,00 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$ | D.
$2,18 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$ | E. ne želimo odgovoriti na pitanje |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|

Rješenje:

$$t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V_0 = 100\text{ cm}^3$$

$$\Delta V = 1,53\text{ cm}^3$$

$\alpha = 9 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ koeficijent **linearnog** rastezanja stakla

Prilikom zagrijavanja zbog povećanja temperature šire se i tekućina i staklena čaša. Tekućina se više širi nego staklena čaša pa se zbog toga dio tekućine prolje. Volumen prolivene tekućine ΔV jedna je razlici volumena tekućine i čaše pri temperaturi $100\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta V = V_0(1 + \beta_t \Delta t) - V_0(1 + \beta_s \Delta t) \quad (1)$$

Ovdje je β_t koeficijent volumnog rastezanja tekućine, β_s koeficijent volumnog rastezanja stakla, a $\Delta t = 100\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ promjena je temperature.

Koeficijent volumnog rastezanja stakla jednak je trostrukom koeficijentu linearnog rastezanja stakla:

$$\beta_s = 3 \cdot \alpha = 3 \cdot 9 \cdot 10^{-6} = 2,7 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}.$$

Iz jednadžbe (1) proizlazi:

$$\beta_t = \beta_s + \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t} = 2,7 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1} + \frac{1,53\text{ cm}^3}{100\text{ cm}^3 \cdot 80\text{ K}} = 2,18 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$$

Točan je odgovor **D**.

F.7. 4.r. Učenci su dobili zadatak da odrede broj namotaja neke gusto namotane zavojnice. Mjerenjem su odredili da je njezina duljina 6 cm, a promjer 3 cm. Nakon toga spojili su zavojnicu na izvor istosmjernog napona od 100 V. Izmjerali su da tada njome prolazi električna struja od 4 A. Nakon toga zavojnicu su spojili na izmjenični napon efektivne vrijednosti 100 V i frekvencije 50 Hz. Izmjerena efektivna vrijednost struje bila je 2 A. Koliki su broj namotaja zavojnice učenici dobili iz tih podataka?

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------------|
| A. | B. | C. | D. | E. ne želimo odgovoriti na pitanje |
| 637 | 537 | 437 | 337 | |

Rješenje:

$$l = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$$

$$2r = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$U_- = 100 \text{ V}$$

$$I_- = 4 \text{ A}$$

$$U_{\text{ef}} = 100 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz} \Rightarrow \omega = 2\pi f = 314 \text{ s}^{-1}$$

$$I_{\text{ef}} = 2 \text{ A}$$

$$N = ?$$

Kad zavojnicom prolazi istosmjerna struja, zavojnica struji pruža omski otpor R . Prema Ohmovom je zakonu:

$$R = \frac{U_-}{I_-} = \frac{100 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 25 \Omega$$

Kad zavojnicom prolazi izmjenična struja osim omskog otpora javlja se i induktivni otpor R_L , pa je ukupni otpor zavojnice jednak impedanciji Z :

$$Z = \frac{U_{\text{ef}}}{I_{\text{ef}}} = \frac{100 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 50 \Omega$$

Pomoću poznate impedancije i omskog otpora odredimo induktivni otpor R_L :

$$Z = \sqrt{R^2 + R_L^2} \Rightarrow R_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{(50 \Omega)^2 - (25 \Omega)^2} = 43,3 \Omega$$

Iz induktivnog otpora odredimo induktivitet L :

$$R_L = L\omega \Rightarrow L = \frac{R_L}{\omega} = \frac{43,3 \Omega}{314 \text{ s}^{-1}} = 0,138 \text{ H}$$

Konačno, koristeći izraz za induktivitet, odredit ćemo broj namotaja zavojnice N :

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 S}{l} \Rightarrow N = \sqrt{\frac{Ll}{\mu_0 \mu_r S}} = \sqrt{\frac{Ll}{\mu_0 \mu_r r^2 \pi}} = \sqrt{\frac{0,138 \text{ H} \cdot 0,06 \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot 1 \cdot 0,015^2 \cdot \pi}} = 3053$$