

1. Biciklist se giba prema istoku 30 km, zatim skrene pod pravim kutom prema jugu i vozi još 40 km. Koliki su put i pomak?

- A) I put i pomak su 50 km.
- B) I put i pomak su 70 km.
- C) Put je 50 km, a pomak je 70 km.
- D) Put je 70 km, a pomak je 50 km.

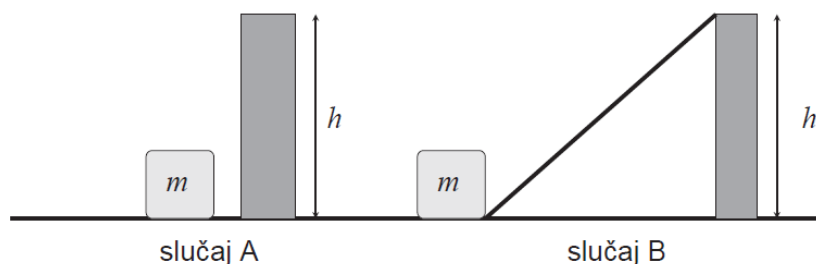
Rj. Put (skalarna veličina) je ukupna prijeđena udaljenost, tj. $30 \text{ km} + 40 \text{ km} = 70 \text{ km}$, a pomak (vektorska veličina) je najkraća udaljenost između početne i završne točke. U našem slučaju, pomak je hipotenuza pravokutnog trokuta sa katetama 30 km i 40 km, tj. $\sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ km}$. Prema tome, rješenje je pod **D**).

2. U zatvorenom sustavu dva se tijela neelastično sudare. Koja je od navedenih tvrdnja o ukupnoj količini gibanja i ukupnoj kinetičkoj energiji sustava tijekom sudara tih dvaju tijela točna?

- A) Očuvana je samo ukupna količina gibanja.
- B) Očuvana je samo ukupna kinetička energija.
- C) Očuvane su ukupna količina gibanja i ukupna kinetička energija.
- D) Nisu očuvane ni ukupna količina gibanja ni ukupna kinetička energija.

Rj. U zatvorenom sustavu pri neelastičnom sudaru dvaju tijela ukupna količina gibanja uvijek ostaje očuvana (zakon očuvanja količine gibanja). Međutim, ukupna kinetička energija pretvara se u druge oblike energije (npr. u toplinsku energiju) tako da ona nije očuvana. Prema tome, rješenje je pod **A**).

3. Na slici su prikazana dva slučaja kako se teret mase m može podići na zid visine h . U slučaju A teret se podiže direktno uvis, a u slučaju B teret se jednoliko gura uz kosinu.



Kako se odnose obavljene radovi W_A i W_B i iznosi sile F_A i F_B kojima je potrebno djelovati na jednaki teret da se s tla premjesti na zid visine h ? Zanimarite silu trenja.

- A) $W_A < W_B$ i $F_A < F_B$
- B) $W_A = W_B$ i $F_A < F_B$
- C) $W_A < W_B$ i $F_A = F_B$
- D) $W_A = W_B$ i $F_A > F_B$

Rj. Usporedimo prvo obavljene radove, koristeći činjenicu da je rad jednak promjeni energije, tj. $W = \Delta E$. U ovom slučaju, radi se o gravitacijskoj potencijalnoj energiji, pa je $W = mg(h - 0) = mgh$. Pošto su mase i visine jednake, zaključujemo da je $W_A = W_B$. Što se tiče sile, u slučaju A (direktno podizanje), sila je jednaka težini tereta, tj. $F_A = mg$. U slučaju B moramo rastaviti silu na komponente. Pošto gledamo vertikalnu komponentu sile, možemo pisati $F_B = m \cdot g \cdot \sin \alpha$, gdje je α kut između sile i horizontale. Pošto je $\sin \alpha < 1 \Rightarrow F_A > F_B$. Prema tome, rješenje je pod D).

4. Svemirska postaja kruži oko Zemlje. Astronauti unutar svemirske postaje nalaze se u bestežinskome stanju. Koja je od navedenih tvrdnja točna za rezultantnu silu na astronaute u svemirskoj postaji gledano iz sustava vezanoga za Zemlju?

- A) Jednaka je nuli.
- B) Jednake je orijentacije kao i brzina kruženja svemirske postaje.
- C) Okomita je na brzinu kruženja svemirske postaje i ima orijentaciju od središta Zemlje.
- D) Okomita je na brzinu kruženja svemirske postaje i ima orijentaciju prema središtu Zemlje.

Rj. Gledamo situaciju u kojoj se astronauti gibaju po kružnici oko Zemlje. Rezultantna sila koja djeluje na njih je centripetalna sila (potrebna za kružno gibanje). Koristeći činjenicu da je centripetalna sila uvijek usmjerena prema središtu Zemlje (okomito na trenutnu brzinu gibanja), zaključujemo da je rješenje pod D).

5. Spremnik visine 6 m napunjen je vodom do vrha. Točka A nalazi se 1 m, a točka B nalazi se 2 m iznad dna spremnika. Kako se odnose hidrostatski tlakovi vode u točkama A i B?

- A) $p_A = 2p_B$
- B) $2p_A = p_B$
- C) $5p_A = 4p_B$
- D) $4p_A = 5p_B$

Rj. Hidrostatski tlak računamo kao $p = \rho gh$, gdje je h dubina ispod površine tekućine. Točka A je 1 m iznad dna, dakle na dubini $h_A = 6 - 1 = 5$ m, a točka B na $h_B = 6 - 2 = 4$ m. Sada možemo napisati traženi omjer kao

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{\rho gh_A}{\rho gh_B} = \frac{h_A}{h_B} = \frac{5}{4} \implies 4p_A = 5p_B.$$

Prema tome, rješenje je pod **D**).

6. Dimenzije bakrene kuglice i bakrenoga prstena takve su da bakrena kuglica može proći kroz bakreni prsten. Nastavnik Fizike zagrije bakrenu kuglicu tako da ona više ne može proći kroz bakreni prsten. Što će od navedenoga pomoći da bakrena kuglica ponovno prođe kroz prsten?

- A) samo grijanje bakrene kuglice
- B) samo hlađenje bakrenoga prstena
- C) grijanje bakrenoga prstena ili hlađenje bakrene kuglice
- D) grijanje bakrene kuglice ili hlađenje bakrenoga prstena

Rj. Općenito, nakon što zagrijemo neko tijelo, produljenje možemo pisati kao $\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$, gdje je l_0 početna duljina (promjer prstena/kuglice), α koeficijent linearnog širenja bakra te Δt promjena temperature. Prema uvjetima iz zadatka, promjer otvora prstena možemo pisati kao

$$d_p = d_0(1 + \alpha\Delta t),$$

a promjer kuglice postaje

$$d_k = d_0 + \Delta d = d_0(1 + \alpha\Delta t).$$

Usporedbom gornjih dviju jednadžbi vidimo da moramo zagrijati bakreni prsten ili ohladiti bakrenu kuglicu. Prema tome, rješenje je pod **C**).

7. U dvjema posudama jednakoga volumena nalaze se dva idealna plina masa m_1 i m_2 , te molarnih masa $M_2 = 0,5 M_1$ pri jednakim tlakovima i temperaturama. Kolika je masa idealnoga plina m_2 ?

- A) $\frac{m_1}{2}$
- B) m_1
- C) $2 m_1$
- D) $4 m_1$

Rj. Ovo možemo riješiti korištenjem jednadžbe stanja idealnog plina $pV = nRT$. Koristeći $n = m/M$, pišemo

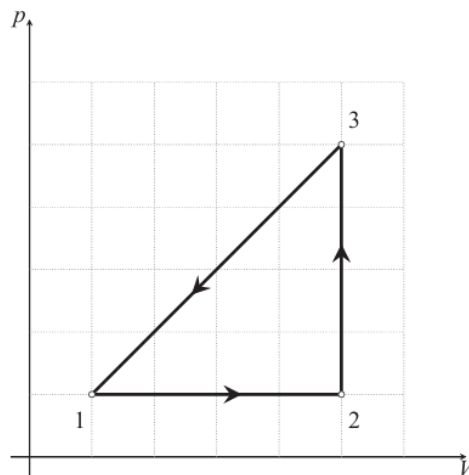
$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \frac{pV}{RT} = \frac{m}{M}.$$

Pošto su nam p , V i T jednaki, dobivamo

$$\frac{m_1}{M_1} = \frac{m_2}{M_2} \Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \frac{m_2}{0,5 \cdot M_1} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1}{2}.$$

Prema tome, rješenje je pod **A**).

8. Na slici je prikazan p, V graf idealnoga plina u kružnome procesu. Unutarnja energija plina u stanju 1 je U_1 , u stanju 2 je U_2 i u stanju 3 je U_3 . Kako se odnose unutarnje energije u stanjima 1, 2 i 3?



- A) $U_1 < U_2 = U_3$
- B) $U_1 = U_2 < U_3$
- C) $U_1 < U_2 < U_3$
- D) $U_1 > U_2 > U_3$

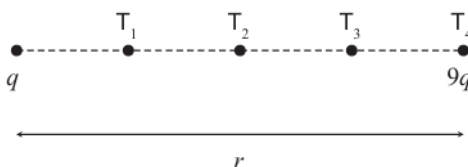
Rj. Unutarnju energiju plina računamo kao $U = \frac{3}{2}pV$, tako da samo moramo pogledati koordinate i usporediti ih. Vidimo da je umnožak tlaka i volumena najveći u točki 3, zatim u točki 2 i najmanji u točki 1. Prema tome, rješenje je pod **C**).

9. Idealnomu plinu stalnoga volumena povećá se unutarnja energija za 500 J. Što je od navedenoga za toplinu Q dovedenu plinu i za rad plina W točno?

- A) $Q = 250 \text{ J}$, $W = 250 \text{ J}$
- B) $Q = -500 \text{ J}$, $W = 0 \text{ J}$
- C) $Q = 0 \text{ J}$, $W = -500 \text{ J}$
- D) $Q = 500 \text{ J}$, $W = 0 \text{ J}$

Rj. Za ovaj zadatak je najlakše koristiti prvi zakon termodinamike $Q = W + \Delta U$. Pošto je volumen stalan, slijedi da je $W = 0$ (jer je $W = p\Delta V$) $\Rightarrow Q = \Delta U = 500 \text{ J}$. Prema tome, rješenje je pod **D**).

10. Na slici su prikazana dva točkasta naboja q i $9q$ međusobno udaljena r . Razmaci između točaka T_1 , T_2 , T_3 i T_4 su jednaki. U kojoj je od navedenih točaka električno polje između naboja jednako nuli?



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

Rj. Uvjet zadatka je da je ukupno električno polje nula, tj. $\vec{E} = 0$, a to će vrijediti ako postavimo uvjet: $E_1 = E_2$. Nazovimo udaljenost od naboja q do točke T s x . Tada će nam udaljenost od T do naboja $9q$ biti jednak $r - x$. Uvrštavanjem dobivamo

$$\frac{kq}{x^2} = \frac{k \cdot 9q}{(r - x)^2} \Rightarrow x = \frac{r}{4}.$$

Prema tome, rješenje je pod **A**).

11. Elektron mase m_e i naboja e ubrzan je razlikom potencijala U na putu s . Koji je od navedenih izraza za akceleraciju toga elektrona točan?

A) $\frac{m_e U}{es}$

B) $\frac{eU}{m_e s}$

C) $\frac{m_e e U}{s}$

D) $\frac{U}{m_e e s}$

Rj. Električno polje obavlja rad na elektronu koji je jednak $W = eU$. Koristeći definiciju rada možemo pisati

$$F \cdot s = e \cdot U.$$

Sada možemo koristiti 2. Newtonov zakon pa je

$$F = m_e \cdot a \implies e \cdot E = m_e \cdot a \implies a = \frac{eE}{m_e} = \frac{e \cdot \frac{U}{s}}{m_e} = \frac{eU}{m_e s}.$$

Prema tome, rješenje je pod **B**).

12. Koja će od navedenih promjena napona i otpora **uvijek** dovesti do povećanja struje u jednostavnom strujnom krugu?

A) povećanje napona i povećanje otpora

B) povećanje napona i smanjenje otpora

C) smanjenje napona i povećanje otpora

D) smanjenje napona i smanjenje otpora

Rj. Iz Ohmovog zakona, $I = \frac{U}{R}$, vidimo da jedino kombinacija povećanja napona i smanjenja otpora dovodi do povećanja struje pa je rješenje pod **B**).

13. Na slici su prikazana dva duga ravna vodiča kroz koje prolaze struje I u suprotnim smjerovima. Koji od navedenih smjerova točno prikazuje smjer ukupnoga magnetskog polja u točki T ?



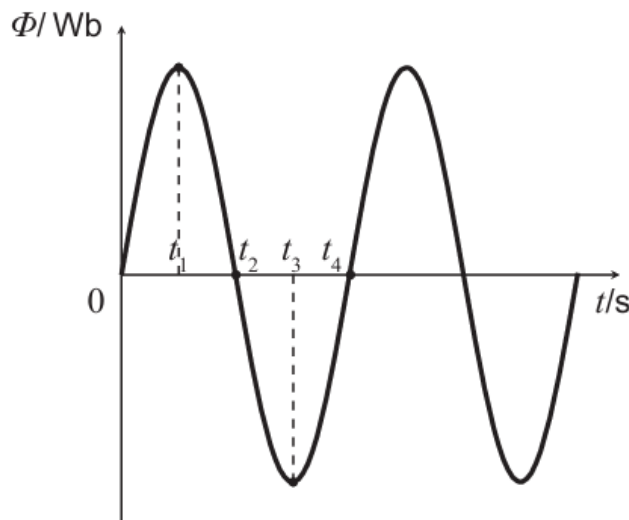
- A) $\rightarrow$
- B) $\leftarrow$
- C) $\downarrow$
- D) $\uparrow$

Rj. Kada gledamo magnetsko polje oko ravnog vodiča, možemo koristiti izraz

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

Smjer magnetskog polja (**vektor**) određujemo pravilom desne ruke tako da nam palac pokazuje smjer struje, a prsti smjer kruženja magnetskog polja. Pogledajmo prvo za lijevi vodič: vidimo da struja ide u papir (palac desne ruke ide u papir) te prsti kruže oko vodiča u smjeru kazaljke na satu pa prsti idu prema dolje. Za desni vodič: palac ide iz papira te prsti kruže suprotno od kazaljke na satu oko vodiča, tj. idu prema dolje. Kada zbrojimo ta dva vektora (istog smjera), dobivamo da je ukupno vektor također prema dolje pa je rješenje pod **C**).

14. Na slici je prikazan graf ovisnosti magnetskoga toka o vremenu u zavojnici. U kojemu je od navedenih vremenskih intervala razlika magnetskih tokova jednaka nuli?



- A) od t_1 do t_2
- B) od t_1 do t_3
- C) od t_2 do t_4
- D) od t_2 do t_3

Rj. Sa grafa vidimo da jedini interval u kojemu je $\Delta\Phi = 0$ je od t_2 do t_4 . Zašto? Razdvojimo taj interval na dva dijela: u prvom dijelu vidimo da magnetski tok pada od 0 do npr. -5 Wb, a to znači da je promjena na tom dijelu jednaka -5 Wb. Nakon toga, tok raste od -5 Wb do 0 pa je promjena + 5 Wb, iz čega slijedi da je ukupna promjena $\Delta\Phi = 5 \text{ Wb} - 5 \text{ Wb} = 0 \text{ Wb}$. Prema tome, rješenje je pod **C**).

15. Titrajni sustav čini uteg mase m , ovješena na elastičnu oprugu konstante elastičnosti k , koji titra amplitudom A . Što od navedenoga vrijedi za maksimalnu elastičnu potencijalnu energiju sustava ako se amplituda titranja poveća dva puta? Zanimajte utjecaj zraka na titranje.

- A) Nije se promijenila.
- B) Povećala se $\sqrt{2}$ puta.
- C) Povećala se 2 puta.
- D) Povećala se 4 puta.

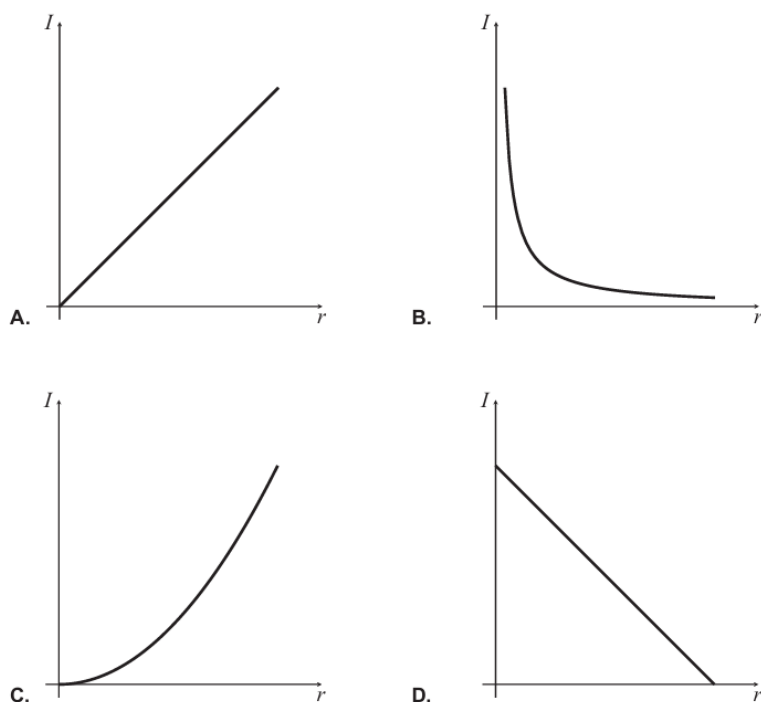
Rj. Maksimalna elastična potencijalna energija dana je izrazom $E_p = \frac{1}{2}kA^2$, iz čega vidimo da ako se amplituda poveća 2x da će se potencijalna energija povećati 4x (za isti k). Prema tome, rješenje je pod **D**).

16. Transverzalni val širi se užetom na čijemu je jednom kraju izvor vala, dok je drugi kraj užeta slobodan. Kada izvor vala napravi jedan titraj, užetom se širi puls amplitude A te na kraj užeta dolazi kao brijeg. Koja je od navedenih tvrdnja o refleksiji toga pulsa točna?

- A) Puls se ne reflektira od slobodnoga kraja užeta.
- B) Puls se reflektira kao dol s amplitudom jednakom A .
- C) Puls se reflektira kao dol s amplitudom većom od A .
- D) Puls se reflektira kao brijeg s amplitudom jednakom A .

Rj. Kada se puls (npr. brijeg) reflektira bez promjene faze, amplituda reflektiranog pulsa ostaje jednaka amplitudi izvornog pulsa pa je rješenje pod **D**).

17. Koji od ponuđenih grafova točno prikazuje ovisnost intenziteta I o udaljenosti r zvučnih valova?



Rj. Za Intenzitet zvučnog vala vrijedi odnos $I \propto 1/r^2$ tako da je rješenje pod **B**).

18. U Youngovu pokusu s dvostrukom pukotinom nastaju naizmjenične svijetle i tamne pruge. Kolika je razlika u fazi dvaju valova iz dvostruke pukotine pri nastanku prve tamne pruge?

- A) $\frac{\pi}{4}$
- B) $\frac{\pi}{2}$
- C) π
- D) 2π

Rj. Tamne pruge nastaju kada je razlika puteva

$$\Delta x = (k + \frac{1}{2})\lambda.$$

Razliku u fazi možemo računati kao

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta x.$$

Pošto nas pita za prvu tamnu prugu, tada je $k = 1$ pa je $\Delta x = \lambda/2$ što uvrštavanjem u gornju formulu daje

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{2} = \pi,$$

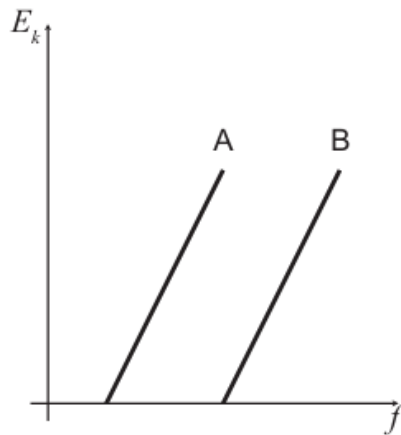
pa je rješenje pod **C**).

19. Kojemu području elektromagnetskoga spektra pripada val čija je frekvencija 1 MHz?

- A) radiovalovima
- B) vidljivoj svjetlosti
- C) ultraljubičastomu zračenju
- D) gama-zrakama

Rj. Radiovalovi obuhvaćaju frekvencije od otprilike 3 kHz do 300 GHz tako da je rješenje pod **A**).

20. Na slici je prikazan graf ovisnosti maksimalne kinetičke energije fotoelektrona o frekvenciji upadnoga zračenja za dva različita metala A i B. Što je od navedenoga točno za izlazne radove W_A i W_B metala A i B?



- A) $W_A = W_B \neq 0$
- B) $W_A = W_B = 0$
- C) $W_A < W_B$
- D) $W_A > W_B$

Rj. Ovdje nam je najlakše gledati situaciju u kojoj je $E_k = 0$ te onda usporediti frekvencije s izlaznim radovima. Iz Einsteinove jednadžbe za fotoelektrični efekt, $E_k = hf - W_i$, slijedi (za $E_k = 0$) da je $W = h \cdot f_0$, gdje je f_0 granična frekvencija. Sada vidimo da veća granična frekvencija implicira veći izlazni rad. Sa grafa se očita $f_A < f_B \implies W_A < W_B$ pa je rješenje pod **C**).

21. Elektron i proton su ubrzani iz mirovanja jednakim naponima. Koja je od navedenih tvrdnja za kinetičku energiju i valnu duljinu elektrona i protona točna?

- A) Elektron ima manju kinetičku energiju od protona i manju valnu duljinu od protona.
- B) Elektron ima manju kinetičku energiju od protona i jednaku valnu duljinu kao i proton.
- C) Elektron ima jednaku kinetičku energiju kao i proton i veću valnu duljinu od protona.
- D) Elektron ima jednaku kinetičku energiju kao i proton, ali manju valnu duljinu od protona.

Rj. Kinetičku energiju računamo kao $E_k = qU$. Pošto elektron i proton imaju, po iznosu, jednak naboj tada im je i kinetička energija jednaka (za isti napon). Za usporedbu valnih duljina možemo koristiti de Broglievu relaciju $\lambda = \frac{h}{p}$. Znamo da je $p \propto m$, a pošto je masa protona veća od mase elektrona, to znači da će valna duljina elektrona biti veća od valne duljine protona pa je rješenje pod **C**).

22. Eksperimentalno je uočeno kako atom vodika zrači linijski spektar. Čiji je model atoma prvi uspješno objasnio tu pojavu?

- A) Bohrov
- B) Einsteinov
- C) Thomsonov
- D) Rutherfordov

Rj. Pojavu linijskog spektra atoma vodika prvi je uspješno objasnio Bohrov model atoma. Niels Bohr je 1913. godine postavio model koji je uveo kvantizirane orbite elektrona i objasnio zašto atom vodika zrači samo određene valne duljine. Prema tome, odgovor je pod **A**).

23. Koje se gorivo koristi u nuklearnoj elektrani Krško?

- A) radij
- B) vodik
- C) uranij
- D) polonij

Rj. Nuklearna elektrana Krško koristi gorivo na bazi uranija, tj. uranijev dioksid s obogaćenjem izotopa uranija-235. Takve velike jezgre uranija se "cijepaju" na manje te se na taj način stvara energija. Prema tome, odgovor je pod **C**).

24. Svemirski brod putuje galaksijom i šalje malu istraživačku letjelicu na putovanje do obližnjega planeta. Kojim se satom mjeri vlastito vrijeme putovanja istraživačke letjelice do planeta?

- A) satom na Zemlji
- B) satom u središtu galaksije
- C) satom u svemirskome brodu
- D) satom u istraživačkoj letjelici

Rj. Vlastito vrijeme uvijek se mjeri satom koji se nalazi u sustavu koji miruje u odnosu na događaje, a u našem slučaju to je letjelica pa je rješenje pod **D**).

25. Carnotov toplinski stroj sastoji se od dvaju toplinskih spremnika, jedan temperature 400 K, a drugi temperature 300 K. Kolika je korisnost toga toplinskog stroja?

Rj. Neka je T_H temperatura hladnijeg spremnika, a T_T temperatura toplijeg spremnika. Koristeći definiciju korisnosti toplinskog stroja, slijedi

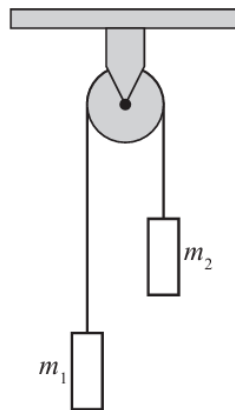
$$\eta = 1 - \frac{T_H}{T_T} = 1 - \frac{300}{400} = 0,25 = 25\%.$$

26. Vodičem otpora $100 \, \Omega$ prolazi izmjenična struja zadana jednačbom $i = 2 \, \text{A} \sin(314 \, \text{s}^{-1}t)$. Koliki je najveći iznos napona na krajevima vodiča?

Rj. Iz dane jednačbe očitamo da je maksimalna struja $i_0 = 2 \, \text{A}$, iz čega slijedi da je maksimalni napon

$$u_0 = R \cdot i_0 = 100 \cdot 2 = 200 \, \text{V}.$$

27. Na slici su prikazana dva utega različitih masa m_1 i m_2 , ovješena na krajevima nerastezljive niti koja je prebačena preko nepomične koloture. Masa utega m_1 veća je od mase utega m_2 . Utezi se gibaju akceleracijom $2 \, \text{m/s}^2$. Koliki je omjer masa utega $\frac{m_1}{m_2}$? Zanimarite masu niti i koloture.



Rj. Označimo napetost niti slovom T (*eng. Tension*). Nadalje, postavljamo 2. Newtonov zakon za svaki uteg. Pošto je $m_1 > m_2$, uteg 1 ide prema dolje pa pišemo

$$m_1 g - T = m_1 a,$$

a za uteg 2

$$T - m_2 g = m_2 a.$$

Sređivanjem dobivamo $\frac{m_1}{m_2} = 1,51$.

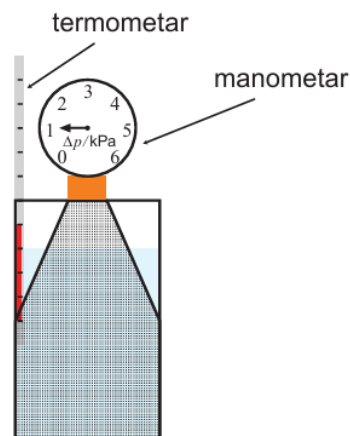
28. Protok vode kroz horizontalno postavljenu cijev iznosi $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$. Površina poprečnoga presjeka jednoga dijela cijevi iznosi 50 cm^2 . Koliko iznosi dinamički tlak u tome dijelu cijevi? Gustoća vode iznosi 1000 kg/m^3 . *Rj.* Koristimo definiciju volumnog protoka, $Q = S \cdot v$, iz čega dobivamo da je brzina vode u tom dijelu cijevi jednaka

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,02}{50 \cdot 10^{-4}} = 4 \text{ m/s}.$$

Konačno, dinamički tlak dobivamo kao

$$p = \frac{\rho v^2}{2} = \frac{1000 \cdot 4^2}{2} = 8000 \text{ Pa}.$$

29. Učenik je složio postav pokusa kao na slici: tikvicu sa zrakom uronio je u vodu koju zagrijava na kuhalu. Temperatura vode mjeri se termometrom, a na otvoru tikvice nalazi se manometar koji mjeri razliku tlakova i pričvršćen je čepom koji dobro brtvi.



Rezultat jednoga mjerenja temperature t i razlike tlaka Δp zraka u tikvici naveden je u tablici.

$t / ^\circ\text{C}$	$\Delta p / \text{kPa}$
20	144

Koliki je ukupni tlak plina u tikvici pri temperaturi $61 ^\circ\text{C}$?

Rj. Označimo prva mjerenja kao $\Delta p_1 = 144 \text{ kPa}$ i $T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$ (obavezno pretvoriti u Kelvine). Također je zadano $T_2 = 61 + 273 = 334 \text{ K}$, a mi tražimo Δp_2 . Temperatura i tlak su proporcionalni pa pišemo

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{T_1}{T_2} \implies \Delta p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 144 \cdot 10^3 \cdot \frac{334}{293} = 164\,150,17 \text{ Pa}.$$

Budući da je manometar mjerio razliku tlakova (za vanjski tlak uzimamo da je jednak atmosferskom tlaku), pa je ukupni tlak

$$p = p_{\text{atm}} + \Delta p_2 = 101\,325 + 164\,150,17 = 2,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

30. Konvergentnom lećom jakosti $2,5 \text{ m}^{-1}$ nastala je virtualna slika predmeta. Slika je uvećana 40% u odnosu na predmet. Kolika je udaljenost predmeta od leće?

Rj. Zadano uvećanje slike možemo zapisati kao $\frac{y'}{y} = 1,4$. Slika je virtualna pa je $b = -1,4 \cdot a$. Žarišnu daljinu dobivamo kao $f = 1/j = 0,4 \text{ m}$. Sada korištenjem jednadžbe leće dobivamo traženi a (udaljenost predmeta od leće) kao

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \implies \frac{1}{a} + \frac{1}{-1,4 \cdot a} = \frac{1}{f} \implies a = 0,114 \text{ m}.$$

31. Tijelo mase m pusti se iz stanja mirovanja s visine 5 m niz kosinu nagiba 25° i nastavi se gibati po horizontalnoj podlozi. Na kojoj će se udaljenosti od podnožja kosine tijelo zaustaviti? Faktor trenja na kosini i horizontalnoj podlozi je jednak i iznosi 0,1.

Rj. Ovaj zadatak se može riješiti na više načina, a mi ćemo ga riješiti bez korištenja rada i energije. Vrlo bitan uvjet je da puštamo tijelo iz stanja mirovanja, to znači da je $v_0 = 0$. Nadalje, ako tijelo ide niz kosinu to znači da u smjeru gibanja tijela imamo komponentu sile teže i to $F_x = F_g \cdot \sin \alpha = mg \sin \alpha$, a u suprotnom smjeru silu trenja $F_{\text{tr}} = \mu \cdot F_N = \mu \cdot F_g \cdot \cos \alpha = \mu mg \cos \alpha$. Sada to sve uvrstimo u 2. Newtonov zakon

$$\sum F = m \cdot a_1 \implies F_x - F_{\text{tr}} = ma_1 \implies a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 3,32 \text{ m/s}^2.$$

Nakon što smo dobili akceleraciju tijela niz kosinu, možemo izračunati brzinu tijela na dnu kosine kao $v^2 = 2a_1 l$, gdje je $l = \frac{h}{\sin \alpha}$ duljina kosine. Uvrštavanjem dobivamo

$$v = \sqrt{2a_1 l} = \sqrt{2a_1 \cdot \frac{h}{\sin \alpha}} = \sqrt{2 \cdot 3,32 \cdot \frac{5}{\sin 25^\circ}} = 8,86 \text{ m/s}.$$

Nakon što je tijelo došlo na horizontalnu podlogu, jedina sila koja djeluje na njega je sila trenja pa, koristeći 2. Newtonov zakon, dobivamo da je akceleracija/usporenje jednaka

$$a_2 = -\mu \cdot g = -0,1 \cdot 10 = -1 \text{ m/s}^2.$$

Zaustavni put možemo dobiti koristeći gornju jednadžbu za brzinu pri ubrzanom/usporenom gibanju, gdje je početna brzina $v_0 = 9,09 \text{ m/s}$, a konačna brzina $v = 0$ (tijelo se zaustavi). Slijedi

$$s = -\frac{v^2 - v_0^2}{2a_2} = -\frac{0 - 9,09^2}{2 \cdot (-1)} = 41,2 \text{ m}.$$

32. Tijelo mase 15 mg i naboja $q_1 = 25$ nC nalazi se u homogenome električnom polju ovješeno na nit duljine ℓ . Električno polje iznosa 40 N/C usmjereno je vertikalno prema dolje. Na koju udaljenost ispod naboja q_1 treba postaviti točkasti naboj $q_2 = 10$ nC kako bi napetost niti iznosila $1,208 \cdot 10^{-4}$ N? Naboji su smješteni u zraku. Zanemarite uzgon u zraku i masu niti.

Rj. Ovdje nam je najbitnije ispravno odrediti smjerove pojedinih sila. Sila teža, F_g , usmjerena je prema dolje. Električna sila homogenog polja, $F_e = q_1 \cdot E$, usmjerena je prema dolje (kaže nam u zadatku da je polje usmjereno prema dolje). Coulombova sila između naboja, $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$, usmjerena je prema gore (oba su naboja pozitivna, a to znači da između njih djeluje odbojna sila). Konačno, sila napetosti niti, F_N , usmjerena je prema gore. Tijelo miruje pa je zbroj svih sila jednak nuli, tj.

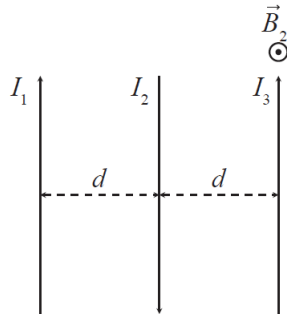
$$F_N + F_C = F_g + F_e.$$

Sada iz gornje jednadžbe moramo dobiti r pa pišemo

$$F_N = F_g + F_e - \frac{kq_1q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{kq_1q_2}{r^2} = F_g + F_e - F_N$$

$$r^2 = \frac{kq_1q_2}{F_g + F_e - F_N} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{F_g + F_e - F_N}} = 0,273 \text{ m.}$$

33. Na slici su prikazana tri duga ravna paralelna vodiča kroz koje prolaze stalne struje jakosti: $I_1 = 2$ A, $I_2 = I_3 = 3$ A. Međusobna udaljenost d pojedinih vodiča je 5 cm. Magnetsko polje vodiča kojim prolazi struja I_2 na udaljenosti 5 cm od vodiča iznosi $B_2 = 6 \mu\text{T}$. Kolikom će silom magnetska polja vodiča kojim prolaze struje I_1 i I_2 djelovati na 1 m duljine vodiča kojim prolazi struja I_3 ?



Rj. Za dugi ravni vodič kroz koji teče struja I , magnetsko polje u točki udaljenoj r od vodiča je $B = \mu_0\mu_r \frac{I}{2r\pi}$. Pošto ne znamo o kojem je sredstvu riječ, prvo trebamo dobiti μ_r , a to možemo koristeći već gore napisanu formulu

$$B_2 = \mu_0\mu_r \frac{I_2}{2r\pi} \Rightarrow \mu_r = 0,5.$$

Sada koristeći istu formulu računamo polje B_1

$$B_1 = \mu_0\mu_r \frac{I_1}{2r\pi} = 2 \mu\text{T}.$$

Ukupno magnetsko polje će biti $B = B_2 - B_1 = 4 \mu\text{T}$, iz čega dobivamo traženu silu kao

$$F = B \cdot I_3 \cdot l = 4 \cdot 3 \cdot 1 = 12 \mu\text{N}.$$

34. Tijelo harmonijski titra na elastičnoj opruzi konstante elastičnosti 12,5 N/m. Amplituda titranja iznosi 0,25 m. Kolika je kinetička energija tijela na udaljenosti y od ravnotežnoga položaja gdje na tijelo djeluje sila od 625 mN?

Rj. Prvo možemo odrediti položaj tijela y koristeći Hookeov zakon,

$$F = ky \implies y = \frac{F}{k} = \frac{0,625}{12,5} = 0,05 \text{ m.}$$

Sada možemo izračunati ukupnu mehaničku energiju kod harmonijskog titranja kao

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2} \cdot 12,5 \cdot (0,25)^2 = 0,39 \text{ J.}$$

Kinetičku energiju u trenutku kada je tijelo na udaljenosti $y = 0,05 \text{ m}$ dobivamo koristeći zakon očuvanja energije,

$$E_k = E - E_p = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2} \cdot 12,5 \cdot (0,25^2 - 0,05^2) = 0,38 \text{ J.}$$

35. Vrijeme poluraspada izotopa natrija je 60 s. Kolika je aktivnost 1 mol izotopa natrija nakon 10 minuta od početka raspadanja?

Rj. Označimo vrijeme poluraspada s $T = 60 \text{ s}$, a vrijeme od početka raspada s $t = 600 \text{ s}$. Pošto znamo da je $n = 1 \text{ mol}$, možemo dobiti početni broj čestica kao

$$N_0 = n \cdot N_A = 6,022 \cdot 10^{23}.$$

Nadalje, broj neraspadnutih čestica u vremenu t računamo kao

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = 5,9016 \cdot 10^{20}.$$

Aktivnost označava broj raspada u sekundi, tj. $A = \lambda \cdot N$, gdje je λ konstanta raspada koju računamo kao $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$. Uvrštavanjem u definiciju za aktivnost, dobivamo

$$A = \frac{\ln 2}{T} \cdot N = \frac{\ln 2}{60} \cdot 5,9016 \cdot 10^{20} = 6,8 \cdot 10^{18} \text{ Bq.}$$