

Naloge iz fizike I za FMT

Aleš Mohorič
Fakulteta za matematiko in fiziko

10. december 2001

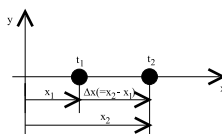
1 Meritve

1. Izrazi svojo velikost v metrih, centimetrih, čevljih in inčah.
2. Katera razdalja je daljša, 100 m ali 100 jardov? Za koliko metrov?
3. Raketa doseže višino 300 milj. Koliko je to kilometrov?
4. Predpostavimo, da je povprečna razdalja Zemlje od Sonca 400 krat večja od povprečne razdalje med Zemljo in Luno. Pri popolnem sončnem mrku Luna ravno pokrije Sonce. Kolikšno je razmerje premerov Sonca in Lune? Kolikšno je razmerje prostornine Lune in Sonca? Poišči kot, pod katerim zreš na kovanec za 1 SIT, ki ga držiš tako, da ravno pokrije Luno. Iz tega eksperimenta določi premer Lune, če veš, da je razdalja do Lune 3.80×10^5 km.
5. Astronomske razdalje so tako velike, da za merjenje razdalj potrebujemo mnogo večje enote, kot je meter. V uporabi so: svetlobno leto, ki je razdalja, ki jo prepotuje svetloba v enem letu, astronomska enota, ki je povprečna razdalja med Zemljo in Soncem ($150 \cdot 10^6$ km) in parsec, to je razdalja, na kateri vidimo eno astronomsko enoto pod kotom ene ločne sekunde, če jo opazujemo pod pravim kotom. Izrazi razdaljo med Zemljo in Soncem v parsecih in svetlobnih letih (minutah). Izrazi parsec in svetlobno leto v kilometrih.
6. Dolžina dneva se v sto letih podaljša za 0.001 s. Za koliko se je podaljšal dan v primerjavi z dnevom izpred 2000 let?
7. Koliko minut traja mikrostoletje?
8. Polmer protona je okoli 10^{-15} m, polmer vidnega vesolja pa 10^{26} m. Katera razdalja je na polovici teh dveh razdalj v logaritemski skali? ($\sqrt{10} \cdot 10^{20}$ m)

2 Gibanje v eni dimenziji

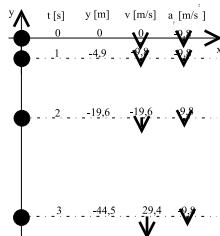
1. Kot primer limitnega procesa si zamislimo gibanje telesa v eni dimenziji (slika 1). V smer gibanja obrnemo os x . Ob času t_1 je telo odmaknjeno x_1 od izhodišča koordinatnega sistema. V tabeli so zbrane meritve lege telesa x_2 ob času t_2 . Prvi štirje stolpci so rezultati meritev, v zadnjem pa je izračunana hitrost. Nariši graf, ki prikazuje kako se lega telesa spreminja s časom in graf časovne odvisnosti trenutne hitrosti telesa!

$x_1[cm]$	$t_1[s]$	$x_2[cm]$	$t_2[s]$	$x_2 - x_1$ $= \Delta x[cm]$	$t_2 - t_1$ $= \Delta t[s]$	$\Delta x / \Delta t$ cm/s
100,0	1,00	200,0	11,00	100,0	10,00	10,0
100,0	1,00	160,0	7,90	60,0	6,90	8,7
100,0	1,00	120,0	3,56	20,0	2,56	7,8
100,0	1,00	103,0	1,42	3,0	0,42	7,1
100,0	1,00	101,0	1,14	1,0	0,14	7,1



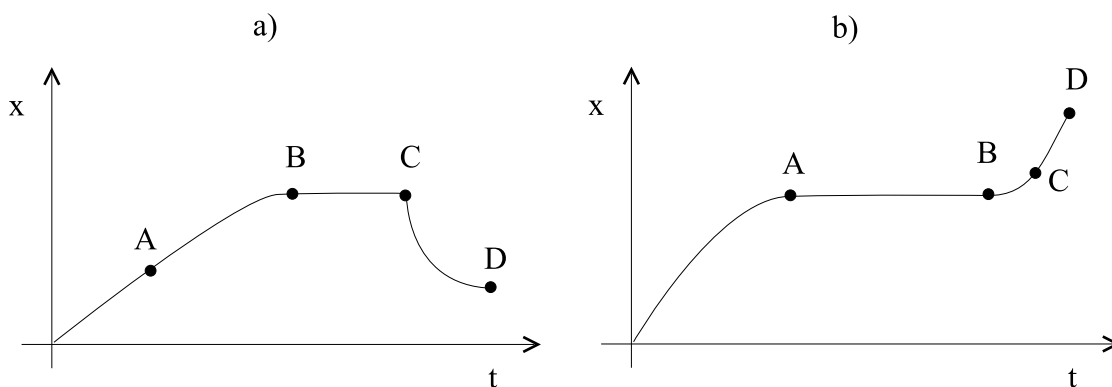
Slika 1: Telo se giblje proti desni vzdolž osi x .

- Kolikšna je hitrost telesa, ki se giblje s konstantnim pospeškom 5 cm/s^2 , pol ure po trenutku, ko ima telo hitrost 3 m/s ?
- Hitrost avtomobila, ki potuje proti vzhodu, se enakomerno zmanjša s 60 km/h na 45 km/h na razdalji 110 m . Kolikšen je pojemek in katero smer ima? Koliko časa poteče med zaviranjem? Koliko časa poteče do mirovanja, če avto zavira še naprej z enakim pojemkom? Kolikšna je pri tem pojemku zavorna pot?
- Helijevo jedro (delec alfa) se giblje v ravni votli cevi dolžine 2 m . Cev je del pospeševalnika. Koliko časa je jedro v cevi, če vanjo vstopi s hitrostjo 10 km/s in izstopi s hitrostjo 5000 km/s in je vmes pospešek konstanten? Kolikšna je velikost pospeška?
- Mirujoče telo spustimo, da prosto pada. Določi položaj in hitrost telesa po $1, 2, 3$ in 4 sekundah.



Slika 2: Telo prosto pada; prikazani so koordinata y , hitrost v smeri osi y in pospešek za različne čase.

- Žogo vržemo s tal navpično navzgor s hitrostjo 25 m/s . Čez koliko časa doseže žoga najvišjo točko? Kako visoko se žoga dvigne? Ob katerih časih bo žoga 25 m nad tlemi?
- Primerjaj povprečni hitrosti: a) prehodiš 80 m s hitrostjo $1,2 \text{ m/s}$ in potem tečeš 80 m s hitrostjo $3,2 \text{ m/s}$ in b) 1 minuto hodiš s hitrostjo $1,2 \text{ m/s}$ in potem 1 minuto tečeš s hitrostjo $3,2 \text{ m/s}$. V katerem primeru se giblješ z večjo povprečno hitrostjo?
- Vlak se 40 min premika s konstantno hitrostjo 90 km/h proti vzhodu, potem 20 min proti severovzhodu in nato 50 min proti zahodu. Kolikšna je povprečna hitrost vlaka? Koliko je oddaljen od izhodišča?
- Dva vlaka se z enako hitrostjo 30 km/h premikata po ravni progi drug proti drugemu. Ko sta vlaka oddaljena 100 km , odleti ptica naravnost od prvega vlaka k drugemu s hitrostjo 60 km/h . Ko pride do drugega vlaka se takoj obrne in odleti naravnost nazaj in tako naprej. Kolikokrat preleti ptica od enega do drugega vlaka, preden vlaka trčita? Kolikšna je celotna razdalja, ki jo prepotuje pri tem? (∞ krat; 100 km)
- Teniško žogico spustimo na tla z višine $1,2 \text{ m}$. Odbije se do višine 1 m . Kolikšen je povprečen pospešek žogice, če stik s tlemi traja $0,01 \text{ s}$? (930 m/s^2)
- Grafa 3 prikazujeta gibanje delca v ravni črti (eni dimenziji). Povej za vsak interval ($0A, AB, BC, CD$), ali je hitrost pozitivna, negativna, ali enaka nič (isto za pospešek). Na katerih delih krivulje je očitno, da pospešek ni konstanten (koncev krivulj ne obravnavaj).



Slika 3: Odvisnost lege od časa pri enodimenzionalnem gibanju.

- Puščica, ki jo izstrelimo z lokom, se pospešuje na razdalji $0,7 \text{ m}$. Kolikšen je povprečen pospešek, če puščica zapusti tetivo s hitrostjo 70 m/s ?

13. Elektron prileti med plošči ploščatega kondenzatorja s hitrostjo $1,0 \times 10^4$ m/s. Ko odleti iz kondenzatorja, ima hitrost $4,0 \times 10^6$ m/s. Kolikšen je bil pospešek, če privzamemo, da je konstanten? Plošči kondenzatorja sta 1 cm narazen.
14. Omejitev hitrosti na cesti je 50 km/h. Vozilo je pri zaviranju pustilo 7 m dolge sledi. Ali je voznik vozil prehitro, če privzamemo, da pojemek pri zaviranju ni večji od gravitacijskega pospeška? (ne)
15. Mezon izstrelimo s hitrostjo $5,00 \times 10^6$ m/s v področje, kjer ga električno polje zavira s pojemkom $1,25 \times 10^{14}$ m/s² v smeri, nasprotni začetni hitrosti. Kako daleč pride mezon, preden se ustavi? Koliko časa mezon miruje?
16. Raketa se v vesolju giblje s konstantnim pospeškom $9,8$ m/s². Koliko časa preteče, da njena hitrost doseže desetino svetlobne hitrosti, če je raketa v začetku mirovala? Kolikšno razdaljo prepotuje medtem?
17. Vlak se začne premikati s konstantnim pospeškom. Ob nekem trenutku je njegova hitrost enaka 10 m/s, 55 m dalje pa je njegova hitrost enaka 16 m/s. Izračunaj pospešek, čas, potreben za teh 55 m, čas, v katerem doseže hitrost 10 m/s, in razdaljo, ki jo pri tem prepotuje. (1,42 m/s²; 4,2 s; 7 s; 35 m)
18. V trenutku, ko se na semaforju prižge zelena luč, avtomobil odpelje s konstantnim pospeškom 2 m/s². V istem trenutku, ko avtomobil spelje, ga s konstantno hitrostjo 10 m/s prehitijo tovornjak. Kolikšno razdaljo prevozi tovornjak, preden ga avtomobil ujame, in koliko časa preteče pri tem? Kolikšna bo v tem trenutku hitrost avtomobila? (100 m; 10 s; 20 m/s)
19. Avtomobil, ki se giblje s konstantnim pospeškom, prepotuje razdaljo med dvema točkama, 55 m narazen, v šestih sekundah. Njegova hitrost v trenutku, ko se pelje mimo druge točke, je 15 m/s. Kolikšna je njegova hitrost v prvi točki? Kolikšen je pospešek? Na kateri razdalji od prve točke je vozilo mirovalo? (4,3 m/s; 1,9 m/s²; 2,4 m)
20. Vlak se giblje s hitrostjo v_1 . Vlakovodja opazi vlak, ki mu vozi nasproti s hitrostjo v_2 , na razdalji d . Isti trenutek začne zavirati s pojemkom a . Pokaži, da bo prišlo do trka, če je $d < \frac{(v_1 - v_2)^2}{2a}$.
21. Dva vlaka peljeta drug proti drugemu po ravni progi. Hitrost prvega vlaka je 90 km/h, drugega pa 120 km/h. Ko sta 3 km narazen, začneta oba vlaka zavirati s pojemkom 1 m/s². Ali pride do trka?
22. Učinek velikih pospeškov na človeško telo preizkušajo s sanmi na raketni pogon. Take sani lahko iz mirovanja dosežejo hitrost 1600 km/h v 1,8 s. Kolikšno razdaljo prepotujejo v tem času? Privzemi, da je pospešek konstanten in ga primerjaj z gravitacijskim pospeškom.
23. S kakšno hitrostjo moramo navpično vreči žogo, da doseže višino 15 m? Koliko časa bo žoga v zraku?
24. Iz pipe kaplja voda v lijak, ki je 30 cm nižje. Kapljice kapljajo v enakih časovnih intervalih. Prva kapljica pade na lijak v trenutku, ko četrta kapljica zapusti cev pipe. Kolikšen je časovni interval med posameznimi kapljami? (0,08 s)
25. Telo spustimo z neke višine. Za spodnjo polovico višine potrebuje telo eno sekundo. Koliko časa pada skupaj in kolikšna je višina, s katere ga spustimo?
26. Raketa se eno minuto dviga s konstantnim pospeškom 20 m/s². Ko ji zmanjka goriva, se giblje kot prosto telo. Kolikšno največjo višino doseže? Koliko časa preteče, preden raketa pade na tla? Kolikšna je njena največja hitrost?
27. Svinčeno kroglo vržemo v jezero z višine treh metrov. Krogla potone v jezeru z enako hitrostjo, kot jo ima v trenutku, ko pade na vodno gladino. Dno doseže po 5 s. Kolikšna je globina jezera? Kolikšna je povprečna hitrost krogle? (32 m; 7,7 m/s)
28. Kamen spustimo v vodo z mosta, ki je 40 m nad gladino. Po eni sekundi vržemo drug kamen za prvim navpično navzdol. Oba kamna padeta na gladino sočasno. Kolikšna je bila začetna hitrost drugega kamna? (12,4 m/s)
29. Kovinsko kroglico spustimo s strehe stavbe. Opazovalec pred 1 m visokim oknom opazi, da kroglica potrebuje osmino sekunde, da pade od vrha do dna okna. Kroglica se nato elastično odbije od tal (njena hitrost po odboju je enako velika kot pred njim, le smer je obratna) in se čez dve sekundi pojavi na dnu okna. Kolikšna je višina stavbe? (17,3 m)
30. Balon na topli zrak se dviga s hitrostjo 12 m/s. Na višini 80 m odvrže vrečo peska. Koliko časa pada vreča na tla?
31. Padalec po odskoku najprej brez upora pade 50 m. Ko se padalo odpre, se njegovo padanje upočasnjuje s pojemkom 2 m/s². Tla doseže s hitrostjo 3 m/s. Koliko časa je bil padalec v zraku? S katere višine je odskočil?
32. Dvigalo se dviga s pospeškom $1,2$ m/s². V trenutku, ko je njegova hitrost enaka 2 m/s, s stropa odpade slabo pritrjen vijak. Strop je 2,5 m nad tlemi dvigala. Koliko časa pada vijak od stropa do tal? Za koliko se premakne med padanjem glede na jašek dvigala? (0,67 s; 1,61 m)

33. Položaj telesa, ki se giblje vzdolž osi x , opiše enačba

$$x = at^2 - bt^3.$$

Položaj x merimo v metrih in čas t v sekundah. Kakšne enote morata imeti a in b ? Ob katerem času doseže telo največjo oddaljenost od izhodišča v pozitivni smeri osi x ? Kolikšno razdaljo prepotuje telo v času T ? Kolikšni so: lega, hitrost in pospešek ob času T ?

34. Položaj telesa, ki se giblje vzdolž osi x , opiše enačba

$$x = \frac{v_0}{k}(1 - e^{-kt}),$$

k in v_0 sta konstanti. Nariši krivuljo, ki opisuje lego kot funkcijo časa. Pokaži, da je hitrost ob času t podana z

$$v = v_0 e^{-kt},$$

pospešek pa z

$$a = -kv.$$

3 Gibanje v ravnini

1. Dokaži, da so za vektor \mathbf{a} , definiran kot

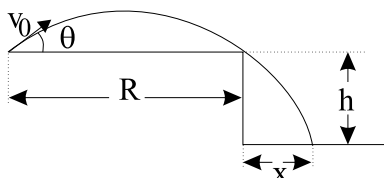
$$\mathbf{a} = a_x \mathbf{e}_x + a_y \mathbf{e}_y + a_z \mathbf{e}_z$$

skalarne komponente podane z

$$a_x = \mathbf{e}_x \cdot \mathbf{a}, \quad a_y = \mathbf{e}_y \cdot \mathbf{a}, \quad a_z = \mathbf{e}_z \cdot \mathbf{a}.$$

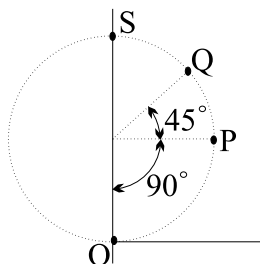
2. Žoga se skotali z 1,2 m visoke mize in pade na tla 1,4 m od mize. S kolikšno hitrostjo se je kotalila po mizi? (2,83 m/s)
3. Žoga se prikotali na vrh stopnic s hitrostjo 1 m/s. Stopnice so visoke in dolge 20 cm. Katero stopnico žoga prvič zadene?
4. Top z višine 40 m izstrelji granato v vodoravni smeri s hitrostjo 250 m/s. Koliko časa je granata v zraku? Kolikšen je njen domet? Kolikšna je velikost navpične komponente hitrosti v trenutku, ko pade na tla? Pod katerim kotom pade na tla?
5. Pokaži, da je največja višina, ki jo doseže izstreljek, enaka $(v_0 \sin \theta)^2 / 2g$, kjer je v_0 začetna hitrost, θ kot, pod katerim izstrelimo izstreljek, in g gravitacijski pospešek!
6. Pokaži, da je horizontalni domet izstrelka, ki ima začetno hitrost v_0 pod kotom θ , enak $D = (v_0^2 / g) \sin 2\theta$. Nato pokaži, da je doseg največji, kadar je kot $\theta = 45^\circ$!
7. Poišči kot, pod katerem moramo izstreliti izstreljek, da je največja višina, ki jo doseže, enaka dometu!
8. Dokaži, da je domet pri kotu θ enak kot pri kotu $90^\circ - \theta$!
9. S puško ustrelimo kroglo s hitrostjo 500 m/s v tarčo, oddaljeno 50 m. Koliko nad tarčo moramo meriti, da krogla zadene tarčo? (4,9 cm)
10. Bombnik strmoglavlja pod kotom 53° od navpičnice in izpusti bombe, ko je na višini 800 m. Bombe zadenejo tla čez 5 s. Kolikšna je hitrost bombnika? Kolikšno horizontalno pot opravijo bombe? Kolikšen je kot, pod katerim bombe udarijo ob tla?
11. Žogo vržemo s hitrostjo 18 m/s pod kotom 40° z višine 1,5 m proti 3 m visoki, 30 m oddaljeni ograji. Ali bo žoga preletela ograjo?
12. Nogometno žogo brcnemo pod kotom 45° z začetno hitrostjo 22 m/s proti vratarju, ki je v tem trenutku oddaljen od nas 60 m. S kolikšno hitrostjo mora vratar steči proti nam, da bo ujel žogo v trenutku, ko pade na tla? (3,34 m/s)
13. S katodno cevjo pospešimo elektrone do hitrosti 10^9 cm/s. Elektroni nato priletijo med nasprotno nabiti kovinski plošči, zaradi česar se gibljejo s konstantnim pospeškom 10^{17} cm/s² v navpični smeri. Plošči sta dolgi 2 cm. Za koliko se odklonijo elektroni pri prehodu med ploščama? Kolikšna sta njihova hitrost in smer hitrosti v trenutku, ko zapustijo prostor med ploščama?

14. Kot vsa snov z maso tudi elektroni, nevtroni, protoni, jedra, atomi in molekule padajo zaradi vpliva gravitacije. Posebej obravnavaj gibanje vodoravnih žarkov elektronov, jeder, atomov in molekul na razdalji 1 m. Povprečna hitrost elektronov naj bo 3×10^7 m/s, termičnih nevtronov $2,2 \times 10^3$ m/s, atomov neona $5,8 \times 10^2$ m/s in kisikove molekule $4,6 \times 10^2$ m/s. Privzemi, da se delci gibljejo v vakuumu. Ugotovi, za koliko se zaradi gravitacije odmaknejo od vodoravnice na razdalji enega metra. Koliko je ta odmik pri curku žogic za golf, ki imajo hitrost 30 m/s?
15. Soigralec proti nam brcne žogo. Ali žoga pade na tla pred nami, če vemo, da je v trenutku, ko doseže najvišjo točko, od nas oddaljena l , ima hitrost v in jo vidimo pod kotom θ od vodoravnice? (da, če je $2v^2 l \tan \theta / g < l^2$)
16. Žogo brcamo iz razdalje R od roba prepada, ki je globok h . Največja hitrost, s katero lahko brcnemo žogo, je v_m , kot pa je poljuben. Pod katerim kotom in s kakšno hitrostjo moramo brcniti žogo, da bo razdalja x (slika 4 od roba prepada, na kateri pade žoga na tla, čim manjša? Žoga sme pasti na tla samo enkrat.



Slika 4:

17. Izstreljek je na vrhu svoje poti. Kolikšna je njegova hitrost, izražena z začetno hitrostjo in kotom, pod katerim je bil izstreljen? Kolikšen je takrat njegov pospešek? V kakšni zvezi sta smer pospeška in smer hitrosti? Za kratke razdalje je krožni lok dober približek temena parabole. Kolikšen je radij krožnega loka, ki je najboljši približek gibanja izstrelka blizu vrha parabolične poti?
18. Majhno telo leži na vrhu krogle s polmerom R . Kolikšna mora biti najmanj hitrost, s katero vodoravno poženemo telo, da telo ne zdrsi po krogli, ampak odleti z nje? ($v = \sqrt{Rg}$)
19. Magnetno polje odkloni nabit delec v smeri, pravokotni na smer njegovega gibanja. Elektron v magnetnem polju občuti radialni pospešek 3×10^{14} m/s². Radije krožnice, po kateri se giblje je 0.15 m. Kolikšna je potem njegova hitrost?
20. V Bohrovem modelu vodikovega atoma elektron kroži okoli jedra po krožnici z radijem $5,28 \times 10^{-11}$ m s hitrostjo $2,18 \times 10^6$ m/s. Kolikšen je radialni pospešek?
21. Poišči velikost centripetalnega pospeška za delček, prilepljen na konec 0.3 m dolge lopatice ventilatorja, ki se vrti z 200 obrati v minuti.
22. Za kolikokrat bi se moral skrajšati dan (povečati frekvenca zemljinega kroženja), da bi telo na ekvatorju ne imelo nobene teže? (17 krat)
23. Telo kroži s konstantno hitrostjo po krožnici polmera 3 m in naredi en obhod vsakih 20 s (slika 5). Čas začnemo šteti od trenutka, ko je telo v izhodišču (točka O). Poišči velikost in smer lege telesa po 5, 7,5 in 10 sekundah. Poišči velikost in smer vektorja premika iz točke, ki jo ima telo ob času 5 s, do točke, ki jo ima ob času 10 s, vektor povprečne hitrosti v tem intervalu, trenutno hitrost na začetku in koncu intervala, povprečni vektor pospeška v tem intervalu in trenutni vektor pospeška na začetku in koncu intervala.



Slika 5:

24. Satelit kroži okoli Zemlje 600 km nad njeno površino. Za en obhod potrebuje 98 min. Kolikšen je gravitacijski pospešek na višini satelita?
25. Zemlja kroži okoli Sonca s hitrostjo 30 km/s. Kolikšen je pospešek Zemlje proti Soncu?
26. Telo se giblje po ravnini po krivulji, ki je parametrično opišemo z

$$x = R \sin \omega t + \omega R t,$$

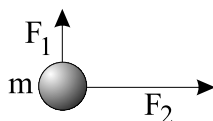
$$y = R \cos \omega t + R,$$

kjer sta R in ω konstantna. Tako krivuljo imenujemo cikloida. Po taki krivulji se giblje točka z oboda kolesa, ki se brez drsenja kotali po tleh v smeri osi x . Skiciraj krivuljo. Izračunaj trenutno hitrost in pospešek, ko je telo pri največjem in najmanjšem y .

27. Zapiši lego enakomerno krožečega telesa v kartezičnih koordinatah in izpelji izraza za trenutno hitrost in pospešek telesa. Dokaži, da je pospešek usmerjen proti središču krožnice.
28. Zapiši lego enakomerno krožečega telesa v polarnih koordinatah in izpelji izraz za hitrost.
29. Izrazi enotska vektorja polarnih koordinat \mathbf{e}_φ in \mathbf{e}_r z enotskima vektorjema kartezičnega koordinatnega sistema \mathbf{e}_x in \mathbf{e}_y ter polarnim kotom φ .
30. Človek se vzpne po ustavljenih tekočih stopnicah v 90 s. Kadar stoji na stopnicah in se stopnice premikajo, potrebuje za vzpon 60 s. Koliko časa potrebuje za vzpon, če hodi po premikajočih se stopnicah? (36 s)
31. Poišči hitrosti dveh teles, če se približata za 4 m vsako sekundo, kadar se enakomerno gibljeta drug proti drugemu, in za 4 m vsakih 10 s, kadar se gibljeta v isto smer, pri čemer se velikost njunih hitrosti ne spremeni.
32. Človek vesla v mirni vodi s hitrostjo 6 km/h. V kateri smeri mora veslati, če hoče pravokotno prečkati reko, katere hitrost je 3 km/h? Koliko časa porabi za prečkanje, če je reka široka 100 m? Koliko časa porabi za to, da odvesla 3 km po reki navzdol in se vrne nazaj? Koliko časa porabi za to, da odvesla 3 km po reki navzgor in se vrne nazaj? V katero smer mora veslati, če želi prečiti reko v najkrajšem času?
33. Človek želi prečkati 500 m široko reko. Njegova relativna hitrost proti vodi je 3 km/h. Reka teče s hitrostjo 2 km/h. Po kopnem se človek premika s hitrostjo 5 km/h. Poišči pot, po kateri bo najhitreje prišel na drugi breg na isti višini! Koliko časa porabi za to pot? (pod kotom 23° od pravokotnice na obalo, v smeri toka; 34 min)
34. Vlaku se v dežju pelje proti jugu s hitrostjo 28,5 m/s glede na tla. Veter nosi dež proti jugu, tako da opazovalec, ki miruje na tleh, vidi njegovo sled pod kotom $21,6^\circ$ glede na navpičnico. Opazovalec, ki sedi na vlaku, vidi sledi dežnih kapljic navpično. Določi hitrost dežnih kapelj glede na tla.
35. V mirujočem zraku ima letalo hitrost 200 km/h. Pelje naravnost proti severu, tako da je ves čas nad ravno cesto, ki vodi od juga proti severu. Iz stolpa dobi sporočilo, da piha veter s hitrostjo 100 km/h. Letalo preleti vzdolž ceste 100 km v pol ure. V kateri smeri piha veter? Kam je obrnjeno letalo?

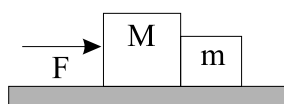
4 Dinamika točkastih teles

1. Izrazi svojo maso v kilogramih in težo v newtonih.
2. Dve kladi ležita na vodoravni gladki mizi in sta povezani z lahko vzmetjo. Poišči razmerje pospeškov obeh teles, če ju potegnemo narazen in nato spustimo.
3. Edina, sila, ki deluje na dve telesi, je njuna medsebojna interakcija. Pokaži, da je razdalja, ki jo prepotuje telo, potem ko telesi iz mirovanja pustimo prosto gibati, obratno sorazmerna masi telesa.
4. Na telo delujeta dve sili, kot kaže slika 6. Izračunaj pospešek, če je $m = 5$ kg, $F_1 = 3$ N in $F_2 = 4$ N.



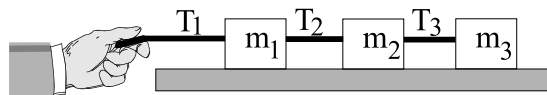
Slika 6:

5. Klado z maso M , ki leži na vodoravni gladki mizi, povlečemo z vrvico, ki ima maso m , tako da na koncu vrvice delujemo s silo \mathbf{P} . Poišči pospešek klade in pospešek vrvice. S kakšno silo deluje vrvica na klado?
6. Vozilo ima hitrost 50 km/h, ko začne zavirati. Ustavi se po 40 m. S kolikšno silo in koliko časa mora zavirati, če je njegova masa 950 kg? Kolikšna bi bila zavorna pot, če bi zaviralo z enako silo in bi bila njegova začetna hitrost enaka 90 km/h? (1900 N; 156 m)
7. Elektron leti v ravni črti od katode vakuumske cevi k anodi, ki je oddaljena 1 cm. Pri katodi je njegova hitrost enaka nič, pri anodi pa 6×10^6 m/s. Privzemi, da je pospešek konstanten in izračunaj silo, ki deluje na elektron! Masa elektrona je $9,1 \times 10^{-31}$ kg. Po izvoru je ta sila električna. Primerjaj jo z velikostjo gravitacijske sile. ($F=1,64 \times 10^{-15}$ N; $F/F_g=10^{14}$)
8. Na telo z maso 30 kg deluje navpično navzdol sila teže in vodoravno sila 700 N. Kolikšna sta njegova hitrost in pospešek ob času t , če telo v začetku miruje? ($v_x = Ft/m$; $v_y = gt$, $a = 25,3$ m/s²)
9. Z elektronskim topom izstrelimo elektron vodoravno z začetno hitrostjo $1,2 \times 10^7$ m/s v področje, kjer nanj deluje električno polje s silo $4,5 \times 10^{-15}$ N navpično navzgor. Masa elektrona je $9,1 \times 10^{-31}$ kg. Za koliko se elektron premakne v navpični smeri, ko se vodoravno premakne za 3 cm? (3 cm)
10. Astronavt ima na Zemlji maso 75 kg. Kolikšna je njegova teža na Zemlji, na višini 600 km, kjer je gravitacijski pospešek enak $8,1$ m/s², in v medplanetarnem prostoru? Kolikšna je njegova masa v vseh teh točkah? (735 N; 608 N; 0 N; 75 kg)
11. Dve kladi se dotikata in ležita na gladki, vodoravni mizi. Na kladi delujemo z vodoravno usmerjeno silo F , kot prikazuje slika 7. Kolikšna je sila na stiku med kladama, če je $m=1$ kg, $M=2$ kg in $F=3$ N? Kolikšna je ta sila, če s silo F delujemo v nasprotni smeri na drugo klado? ($\frac{mF}{M+m}$; $\frac{MF}{M+m}$)



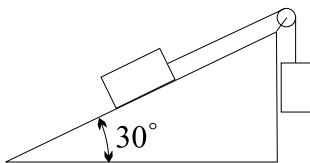
Slika 7:

12. Tri klade so povezane, kot prikazuje slika 8 in ležijo na vodoravni gladki mizi. V levo jih vlečemo s silo 60 N. $m_1 = 10$ kg, $m_2 = 20$ kg in $m_3 = 30$ kg. Kolikšne so napetosti v vrvicah, ki povezujejo klade? ($T_1=60$ N; $T_2=50$ N; $T_3=30$ N)



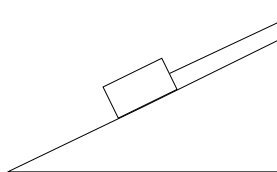
Slika 8:

13. Nabita krogla mase 0,3 g visi na vrvici. Na kroglo deluje električna sila v vodoravni smeri, tako da je v mirovanju kot med navpičnico in vrvico enak 37° . Poišči velikost električne sile in napetost v vrvici! (2,2 mN; 3,7 mN)
14. Kako lahko s strehe spustimo telo z maso 100 kg, če lahko uporabimo le vrv, ki se strga, ko nanjo obesimo 70 kg? (telo spustimo po drči, naslonjeni na steno pod kotom $45,6^\circ$)
15. Izračunaj začetni pospešek rakete z maso $1,3 \times 10^4$ kg, na katero deluje potisna sila $2,6 \times 10^5$ N. Ali lahko zanemariš težo rakete? ($10,2$ m/s²; ne)
16. Klada, z maso 30 kg, leži na gladkem klancu z naklonom 30° in je preko lahkega škripca z vrvico povezana s klado mase 20 kg, ki visi na drugem koncu (slika 9). Kakšen je pospešek prve in druge klade? Kolikšna je napetost v vrvici? ($1,6$ m/s²; $1,6$ m/s²; 164 N)
17. Opica pleza po vrvi, ki drsi preko veje brez trenja. Na drugi strani vrvi je obešena 15 kg utež. Kako naj opica pleza po vrvi, da se bo utež dvignila s tal? S kolikšnim pospeškom se giblje opica in kolikšna je napetost v vrvi, če se opica ustavi, potem ko se utež dvigne s tal? Opica ima maso 10 kg. (s pospeškom večjim od $4,9$ m/s²; $1,96$ m/s²; 118 N)
18. Klado spustimo po nagnjeni gladki ravnini, dolgi 16 m. Klada pride do konca ravnine čez 4 s. V trenutku, ko spustimo prvo klado, sunemo drugo klado z dna klanca navzgor s tako hitrostjo, da se klada vrne na začetek ob času, ko tja pride tudi prva klada. Kolikšen pospešek deluje na prvo in kolikšen na drugo klado? S kolikšno hitrostjo sunemo drugo klado? Do katere višine na klancu pride druga klada? (2 m/s²; 2 m/s²; 4 m/s; 82 cm)



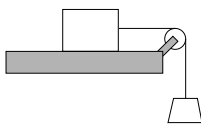
Slika 9:

19. Klado sunemo z začetno hitrostjo v_0 navzgor po klancu z naklonom θ . Do kam pride klada in koliko časa porabi za to? Kolikšna je njena hitrost takrat, ko se vrne na izhodišče? Poišči količine za $v_0 = 2 \text{ m/s}$ in $\theta = 30^\circ$. (41 cm; 0,41 s; 2 m/s)
20. Klada drsi brez trenja po ravnini položeni pod kotom θ na dno dvigala. Poišči njen pospešek relativno na tla dvigala, če se dvigalo spušča s konstantno hitrostjo, dviga s konstantno hitrostjo, spušča s konstantnim pospeškom a , dviga s konstantnim pospeškom a , in če se vrv dvigala strga. ($a = g \sin \theta$; $a = g \sin \theta$; $a = (g - a_d) \sin \theta$; $a = (g + a_d) \sin \theta$; 0)
21. Kabel dviga dvigalo z maso 3 t s pospeškom $1,2 \text{ m/s}^2$. S kolikšno silo je napet kabel? Kolikšna je napetost, če se dvigalo spušča z enako velikim pospeškom? (33 kN; 25,8 kN)
22. Svetilka je s kablom obešena pod strop dvigala, ki se spušča. Preden se dvigalo ustavi, zavira s pospeškom 2 m/s^2 . Kolikšna je masa svetilke, če je napetost v kablu v času zaviranja enaka 150 N? Kolikšna je napetost v kablu, kadar se dvigalo spušča s pospeškom 2 m/s^2 ? (12,7 kg; 99,1 N)
23. V vlaku lahko uporabimo matematično nihalo kot merilec pospeška, tako da nihalo obesimo pod strop in opazujemo odklon nihala glede na navpičnico. Izrazi odklon nihala kot funkcijo pospeška! Kolikšen je odklon nihala, če je pospešek enak $1,2 \text{ m/s}^2$ in kolikšen je pospešek, če je odklon enak 20° ? ($\phi = \arctan a/g$; 7° ; $3,6 \text{ m/s}^2$)
24. Klada na klancu visi pripeta z vrvico, kot kaže slika 10. Masa klade je 2 kg in naklon klanca 20° . Kolikšna je velikost napetosti v vrvici in kolikšna je velikost sile podlage? Kolikšna je velikost pospeška klade, če vrvico prerežemo? Kolikšni so napetost in sila podlage, če je koeficient lepenja med klado in klancem enak 0,3? Kolikšen je pospešek, če je koeficient trenja med klado in klancem enak 0,4? (6,7 N; 18 N; $3,4 \text{ m/s}^2$; 0 N; 19,6 N; $0,59 \text{ m/s}^2$)



Slika 10:

25. Klada z maso 4 kg leži na mizi, 2 kg utež pa je prek škripca obešena nanjo (slika 11). Poišči napetost v vrvici in pospešek klade in uteži! (39,2 N; $3,27 \text{ m/s}^2$)



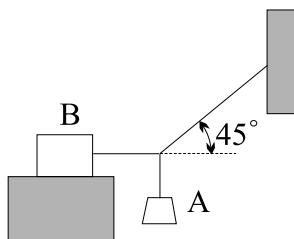
Slika 11:

26. Homogena veriga, dolžine l in mase m , je obešena na lahkem škripcu. Na eni strani visi x dolžine, na drugi pa $l - x$. Koliko časa potrebuje veriga, da zdrsne s škripca? ($t = \sqrt{l/g} \operatorname{arctanh}(x/x - 0,5l)$)
27. Klin ima maso M in je odrezan pod kotom 30° . Nanj je postavljena klada z maso m . Klin leži na mizi, po kateri se lahko giblje brez trenja. Tudi med klado in klinom ni trenja. S kolikšnim horizontalnim pospeškom moramo potiskati klin, da klada ne zdrsne? Kolikšna sila je potrebna za to? ($5,66 \text{ m/s}^2$; $(M + m)a$)
28. Dve telesi z isto maso sta povezani z lahko vrvico in sta v začetku narazen največ, kar sta lahko. S konstantno silo začnemo vleči sredino vrvice v smeri pravokotno na vrvico. Pokaži, da je pospešek teles, v smeri pravokotno na smer sile, enak

$$a = \frac{Fx}{2m\sqrt{l^2 - x^2}},$$

kjer je $2l$ dolžina vrvice, m masa telesa in F velikost sile!

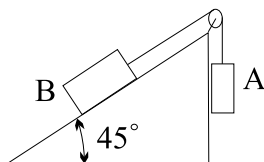
29. Gasilec z maso 80 kg drsi po navpičnem drogu s povprečnim pospeškom 3 m/s^2 . S kolikšno povprečno navpično silo deluje na drog? (544 N)
30. Na železniškem vagonu so naložene škatle in koeficient lepenja med podlago in škatlami je 0,25. Kolikšna je najkrajša razdalja, na kateri vlak še lahko ustavi, ne da bi škatle zdrsnile, če je njegova hitrost enaka 45 km/h ? (32 m)
31. Koeficient lepenja in trenja med klado in dolgo leseno desko določite tako, da klado postavite na desko in en konec deske dvignete. Klada miruje, dokler ni kot med desko in tlemi enak 25° . Potem ko zdrsne, potrebuje 3 s, da zdrsi 1,5 m. Kolikšna sta koeficienta lepenja in trenja? (0,47; 0,43)
32. Hokejski plošček z maso 125 g drsi po ledeni ploskvi 50 m preden se ustavi. Izračunaj povprečno silo trenja in koeficient trenja, ki deluje na plošček, če je bila njegova začetna hitrost 3 m/s . (11 mN; $9,2 \times 10^{-3}$)
33. Železna klada z maso 5 kg leži na ravni mizi. Koeficient lepenja med klado in podlago je 0,3. Kolikšna mora biti najmanj velikost sile, usmerjene vzporedno s podlago, da se klada premakne? Kolikšna je lahko največja velikost sile, ki kaže v smer, ki je pod kotom 60° nad, oziroma pod vodoravnico, da se klada ne premakne? (14,7 N; 61,2 N, 19;3 N)
34. Košček ledu potrebuje za to, da zdrsne po klancu z naklonom 45° , dvakrat več časa, kot ga potrebuje, da zdrsne po enakem klancu brez trenja. Kolikšen je koeficient trenja? (0,75)
35. S silo 120 N v vodoravni smeri pritiskamo klado ob steno. Koeficient lepenja med klado in steno je 0,6, koeficient trenja 0,4, masa klade je 5 kg. Ali se klada začne premikati, če v začetku miruje? Kakšna je sila, s katero stena deluje na klado? (ne; velikost sile je 130 N in kaže v smeri 22° od vodoravnice navzgor in stran od stene)
36. Masa klade B je 80 kg. Koeficient lepenja med njo in podlago je 0,25. Kolikšna je še lahko največja masa telesa A, da klada B ne zdrsne? (20 kg)



Slika 12:

37. Klada z maso 4 kg je postavljena na klado z maso 5 kg, ki leži na mizi. Če spodnjo klado držimo pri miru, ugotovimo, da vodoravna sila 12 N premakne zgornjo klado. Spodnja klada naj se po mizi premika brez trenja. S kolikšno vodoravno silo še lahko potiskamo spodnjo klado, da zgornja ne zdrsne? Kolikšen je tedaj pospešek obeh klad? (27 N; 3 m/s^2)
38. Roč (zanemarljive mase) omela z maso m je nagnjen pod kotom ϕ proti navpičnici. Kolikšna mora biti sila vzdolž roča, da se omelo premika po tleh s konstantno hitrostjo, če poznamo koeficient trenja in lepenja? Poišči kot, pod katerim mora biti nagnjen roč omela, da omelo ne more več drseti, neodvisno od sile, s katero ga potiskamo! ($F = k_t mg / (\sin \phi - k_t \cos \phi)$; $\phi = \arctan k_t$)
39. Klada drsi po klancu z naklonom ϕ s konstantno hitrostjo. Ko pride do dna klanca, jo sunemo navzgor s hitrostjo v_0 . Do kam pride, preden se ustavi? Ali se potem začne premikati po klancu navzdol? ($s = v_0^2 / (2g(\sin \phi + k \cos \phi))$; ne)
40. Telo B ima maso 50 kg in telo A 16 kg (slika 13). Koeficient lepenja je 0,56 in koeficient trenja 0,25. Kolikšen je pospešek telesa B, če je telo v začetku mirovalo? Kolikšen je pospešek, če se je telo B v začetku premikalo? ($7,67 \text{ m/s}^2$; $5,53 \text{ m/s}^2$)
41. Dve kladi, z masama $m_1 = 1,65 \text{ kg}$ in $m_2 = 3,30 \text{ kg}$, ležita druga za drugo na klancu z naklonom 30° in sta povezani z lahko togo palico. Koeficient trenja za prvo klado na klancu je 0,226 in 0,113 za drugo. Kolikšen je pospešek obeh klad in kolikšna je napetost v palici, če se telesi premikata po klancu navzdol? Kaj se spremeni, če kladi zamenjamo? ($3,62 \text{ m/s}^2$; 1,1 N; predznak napetosti)
42. Kladi z masama 4 kg in 8 kg sta povezani z vrstico in drsita po klancu z nagibom 30° . Koeficient trenja za 4 kg klado je 0,1, za 8 kg klado pa 0,2. Poišči pospeška obeh klad! Poišči napetost v vrstici! Kaj se zgodi, če kladi zamenjamo? ($3,49 \text{ m/s}^2$; 0,29 N; kladi padeta skupaj in drsita s pospeškom $3,49 \text{ m/s}^2$)

43. Kvader drsi po žlebu, ki ima profil v obliki črke V s pravim kotom med krakoma. Izrazi pospešek kvadra z naklonom žleba, koeficientom trenja in maso kvadra! ($a = g \sin \phi - 4k_t g \cos \phi / \sqrt{2}$)
44. Telo z maso m je obešeno na vrvico dolžine l . Telo zavrtimo po navpični krožnici. Kolikšna mora biti najmanj hitrost na vrhu krožnice, da vrvica še ostane napeta? (\sqrt{lg})
45. Letalo z maso 2500 kg izvaja luping. Njegova hitrost je 300 km/h. Poišči največji premer lupinga, ki ga lahko izvede! Kolikšna je sila na letalo na dnu takega lupinga? (708 m; 49 kN)
46. V Bohrovem modelu vodikovega atoma kroži elektron okoli jedra po krožnici z radijem $5,3 \times 10^{-11}$ m. Vsako sekundo obkroži jedro $6,6 \times 10^{15}$ krat. Izračunaj pospešek elektrona in centripetalno silo (to silo povzroči pozitivno nabito jedro v središču tirnice)! Masa elektrona je $9,1 \times 10^{-31}$ kg. ($9,1 \times 10^{22}$ m/s²; $8,3 \times 10^{-8}$ N)
47. Privzemi, da bi bila teža standardnega kilograma na ekvatorju mirujoče Zemlje enaka 9,80 N. V resnici se Zemlja vrti, tako da se telo, postavljeno na ekvator, giblje po krožnici polmera $6,40 \times 10^6$ m s hitrostjo 465 m/s. Kolikšna centripetalna sila je potrebna, da standardni kilogram kroži po taki krožnici? Kolikšno težo bi izmerili pri standardnem kilogramu z vzmetno tehtnico? (33,8 mN; 9,77 N)
48. Zaradi zemljinega vrtenja okoli svoje osi svinčnica ne visi popolnoma navpično. Izračunaj odklon na ekvatorju, na polu in pri 40° geografske višine! (0°; 0°; 0,14°)
49. Ovinek na cesti je prirejen za vozila s hitrostjo 60 km/h. Kolikšen je naklon vozišča, če je radij ovinka 130 m? Kolikšen mora biti najmanj koeficient trenja, če vozišče ni nagnjeno? (12,3°; 0,22)
50. Tramvaj pelje v nenagnjen ovinek. Krivinski radij tirnic je 10 m in hitrost tramvaja 15 km/h. Pod kakšnim kotom visijo v tramvaju viseči gumijasti roči? Ali deluje nanje kakšna sila? Ali je ta sila centripetalna ali centrifugalna? Ali je odgovor odvisen od opazovalnega sistema? (10°; teža in $mg / \cos \phi$)
51. Na gladki mizi je ploščica z maso m . Sredi mize je zvrtna luknjica in skozi to luknjico je na ploščico z vrvico pripeta utež z maso M . Po kakšni krožnici mora krožiti ploščica, da utež ostane pri miru? (veljati mora $v^2/r = Mg/m$)
52. Vzmet je na enem koncu pritrjena na navpično os, na drugem pa je pritrjena utež z maso M . Vzmet in utež ležita na ravni, gladki mizi. Dolžina neobremenjene vzmeti je l_0 in njen kefcient je k . Kolikšen je polmer krožnice, po kateri kroži utež s frekvenco ν ? Kolikšna je tedaj napetost v vzmeti? ($r = kl_0 / (k - 4m\nu^2)$; $k(r - l_0)$)
53. Kolikšen je polmer najmanjše krožnice, po kateri se lahko pelje kolesar s hitrostjo 25 km/h, če je koeficient trenja med gumo in tlemi enak 0,32? Kolikšen je lahko največji nagib, pod katerim se lahko pelje? (15,4 m; 17,7°)
54. Kovanec z maso 5 g položimo 5 cm od osi gramofona. Gramofon se začne vrteti in se zavrti 3 krat vsakih 3,14 s. Kovanec ne zdrsne. Kolikšna sila deluje na kovanec? Kolikšna sta njegova hitrost in pospešek? Kolikšna je sila lepenja? Kolikšen je koeficient lepenja, če kovanec odleti, kadar ga položimo 10 cm od središča? (9 mN; 6,5 cm/s; 0,18 m/s²; 0,37)
55. Majhno kocko z maso m postavimo v stožčast lijak, ki se vrti okoli svoje simetrijske osi s frekvenco ν . Stena lijaka oklepa z navpičnico kot ϕ . Koeficient lepenja med kocko in steno lijaka je k . Kocko postavimo na mesto, ki je oddaljeno r od osi vrtenja. Kolikšna je lahko največja in najmanjša frekvenca, s katero se vrti lijak, da kocka ne zdrsne? ($\omega_m = \sqrt{\frac{g(1 \pm k \tan \phi)}{r(\tan \phi \mp k)}}$)
56. Telo z maso 0,305 kg se giblje v nasprotni smeri urnega kazalca po krožnici polmera 2,63 m s konstantno hitrostjo 0,754 m/s. Določi komponento hitrosti v smeri osi x , komponento pospeška v smeri osi y , silo na telo in komponento sile v smeri hitrosti v trenutku, ko radij vektor telesa oklepa kot 322° z osjo x . (0,464 m/s; 0,133 m/s²; 65,9 mN; 0 N)



Slika 13:

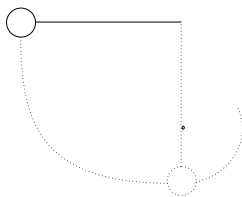
5 Delo in energija

- Leden blok z maso 50 kg drsi po klancu dolgem 5 m in visokem 3 m. S silo v vodoravni smeri ga zadržujemo tako, da drsi s konstantno hitrostjo. Koeficient trenja med ledom in tlemi je 0,1. S kolikšno silo moramo potiskati blok? Koliko dela opravi ta sila, ko blok zdrsi po celotni dolžini klanca? Koliko dela opravi pri tem sila teže? Koliko dela opravi sila podlage? Koliko dela opravi rezultanta vseh sil? Kolikšna je sprememba kinetične energije bloka? (296 N; 1,19 kJ; 1,47 kJ; 285 J; 0 J; 0 J)
- Delavec potisne 30 kg zabojo po ravnih tleh 30 m daleč. Sila s katero potiska zabojo, je usmerjena pod kotom 45° od vodoravnice proti tlam. Koeficient trenja je 0,2. Koliko dela opravi delavec pri tem? (11 kJ)
- Utež z maso 5 kg visi na 2 m dolgi vrvi. Utež odmaknemo za 15 cm od ravnovesne lege. Kolikšna sila mora delovati v smeri pravokotno na vrvi, da utež miruje? Ali ta sila opravlja delo, če utež miruje? Koliko dela opravi, da utež premakne iz ravnovesja? Ali sila vrvice opravi kaj dela pri premiku uteži? (3,7 N; ne; 0,27 J; ne)
- Tovor mase M spuščamo s kablom s konstantnim pospeškom $g/4$. Koliko dela opravi sila kabla, ko tovor spustimo za d ? ($0,75Mgd$)
- Klado z maso 3,57 kg povlečemo s konstantno hitrostjo 4,06 m daleč po vodoravnih tleh s konstantno silo 7,68 N pod kotom 15° s horizontalo. Izračunaj celotno delo, opravljeno na kladi, delo, ki ga na kladi opravi vrv, delo, ki ga opravi sila trenja, in koeficient trenja med klado in tlemi! (0 J; 30 J; -30 J; 0,22)
- Tekač ima polovico kinetične energije pol lažjega dečka. Ko tekač pospeši hitrost za 1 m/s, ima enako kinetično energijo kot deček. Kolikšna je dečkova hitrost in kolikšna je bila hitrost tekača na začetku? (7,66 m/s; 3,82 m/s)
- S katere višine bi moral pasti avto, da bi imel enako kinetično energijo, kot jo ima pri 90 km/h? (32 m)
- Proton pospeši komora linearne pospeševalnika s pospeškom $3,6 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$. Dolžina, na kateri se proton pospešuje, je 3,5 cm. Kolikšno hitrost ima proton po pospeševanju, če je bila njegova hitrost pred tem $2,4 \times 10^7 \text{ m/s}$? Za koliko se mu pri pospeševanju poveča kinetična energija? Masa protona je $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$. ($3,9 \times 10^7 \text{ m/s}$; $2,1 \times 10^{-13} \text{ J}$)
- Krogla z maso 50 g ima hitrost 500 m/s. Ko zadene leseno steno, se zarije 12 cm globoko. Kolikšna povprečna sila deluje na kroglo v času ustavljanja? (52 kN)
- Na gladki ravni mizi je krog s polmerom 0,5 m in luknjo v sredi. Po krogu kroži s hitrostjo 10 m/s utež z maso 0,675 kg. Utež obdržimo v krožnici tako, da napenjamo vrvi, ki je preko luknje povežemo z utežjo. S kolikšno silo moramo napenjati vrvi? Izkaže se, da se napetost vrvice 4,63 krat poveča, če vrvi potegnemo navzdol za 0,2 m in s tem zmanjšamo krožnico na 0,3 m. Izračunaj delo, ki ga vrvi opravi na uteži, medtem ko zmanjšamo radij krožnice! (135 N; 60 J)
- V ciklotronu pospešimo proton iz mirovanja do hitrosti $3 \times 10^7 \text{ m/s}$. Koliko dela prejme proton pri tem? Izrazi to z elektronvolti. (4,7 MeV)
- Dva otroka na ravnem igrišču si podajata žogo. Prvi vrže žogo s hitrostjo 10 m/s. Ko jo ujame drugi, ima žoga hitrost 9 m/s. Koliko dela opravi žoga pri premagovanju sile zračnega upora? Masa žoge je 250 g. (2,4 J)
- Klada z maso m leži na vodoravni mizi in je z levim robom pripeta na vodoravno vzmet. Vzmet je z drugim koncem pripeta na navpično steno. Koeficient vzmeti je k . Koeficient trenja med klado in podlago je k_t . V začetku vzmet ni napeta in klada ima hitrost v_0 v desno. Klada se prvič ustavi, ko naredi pot, dolgo l . Izračunaj delo, ki ga pri tem opravi sila vzmeti! Koliko dela opravi sila trenja? Ali na klado delujejo tudi kakšne druge sile in koliko dela opravijo? Kolikšno je celotno delo, ki ga prejme klada? Izrazi l z v_0, m, k_t in g ! ($kl^2/2; -mgk_t l$; da; nič; $-mv_0^2/2$;
 $l = \frac{mgk_t + \sqrt{m^2g^2k_t^2 + mv_0^2k}}{k}$)
- Prvi opazovalec stoji na tleh, drugi se pelje z vlakom s hitrostjo v_0 . Na vlakcu je tudi telo, ki ga čas t pospešuje konstantna sila v smeri gibanja vlaka. Pokaži, da je za vsakega opazovalca delo, ki ga opravi sila, enako spremembi kinetične energije telesa!
- Sila 5 N deluje na telo z maso 15 kg, ki v začetku miruje. Izračunaj, koliko dela opravi sila v prvi, drugi in tretji sekundi! S kolikšno močjo deluje sila v trenutku, ko minejo tri sekunde? (0,83 J; 1,25 J; 2,08 J; 5 W)
- Raketa z maso 50 t doseže hitrost 6000 km/h v eni minuti po izstrelitvi. Kolikšno kinetično energijo ima eno minuto po izstrelitvi? S kolikšno povprečno močjo delujejo motorji v tem času, če zanemarimo trenje in zmanjšanje mase rakete, zaradi porabe goriva? ($1,3 \times 10^{17} \text{ J}$; $2,1 \times 10^{15} \text{ W}$)
- Tovornjak se vzpenja s hitrostjo 30 km/h po klancu z naklonom 2 %. Sila upora je enaka petindvajsetini njegove teže. S kolikšno hitrostjo bi se tovornjak spuščal po klancu, če bi vozil z enako močjo? (90 km/h)

18. Konj vleče voziček po ravnih tleh s silo 800 N, usmerjeno pod kotom 30° glede na vodoravnico, s hitrostjo 9 km/h. Koliko dela opravi konj v 10 min? S kolikšno močjo opravlja delo? (10,4 kJ; 1,73 kW)
19. Sila, s katero vlečemo čoln s konstantno hitrostjo, je približno sorazmerna hitrosti. Da vlečemo čoln s hitrostjo 5 km/h, potrebujemo moč 8 kW. Kolikšno moč potrebujemo, da vlečemo isti čoln s hitrostjo 9 km/h? (25,9 kW)
20. S kolikšno močjo deluje brusni kamen, ki ima polmer 20 cm in se zavrti 2,5 krat v eni sekundi, če nanj pritiskamo rezilo s silo 50 N? Koeficient trenja med rezilom in kamnom je 0,32. (50 W)
21. Orangutan z maso 55 kg pleza po navpični vrvi s konstantno hitrostjo, tako da prepleza 6 m v 10 s. Koliko dela opravi pri tem? S kolikšno močjo pleza? (3,2 kJ; 320 W)
22. Telo z maso m enakomerno pospešimo od mirovanja do hitrosti v_f v času t_f . Pokaži, da je delo, ki ga v času t prejme telo, enako $mv_f^2 t^2 / 2t_f^2$. Kolikšna je trenutna moč, s katero delujemo na telo ob času t ? Kolikšna je trenutna moč po 10 s, če ima telo maso 1600 kg in hitrost 90 km/h? ($mv_f^2 t / t_f^2$; 10^5 W)

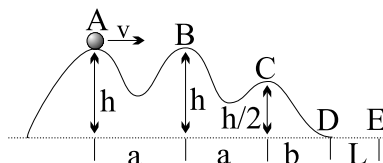
6 Ohranitev energije

1. Izstreljek izstrelimo s hitrostjo v_0 . Pokaži, da je na isti višini (pod pogojem, da do te višine pride) hitrost izstrelka v vedno enaka, neodvisno od kota, pod katerim izstrelimo izstreljek!
2. Vrvica je dolga 1 m. Z enim koncem jo pripnemo na strop, na drugega pa obesimo kroglico. Kroglico nato dvignemo toliko, da vrvica poteka vodoravno. Potem kroglico spustimo. Kolikšno hitrost ima kroglica v najnižji točki? (4,4 m/s)
3. En meter dolgo vrvico pripnemo na strop. Na drugi konec obesimo kroglico. Navpično pod točko, v kateri je vrvica pripeta na strop, postavimo žebelj, tako da seka ravnino, v kateri lahko niha kroglica. Kroglico dvignemo toliko, da je vrvica vodoravna in jo spustimo. Na kateri višini mora biti žebelj, da se bo kroglica še lahko zavrtela okoli njega? (tri petine dolžine pod stropom)



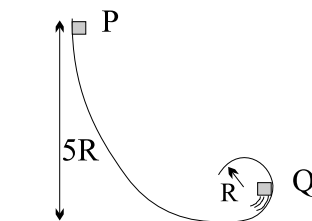
Slika 14:

4. Enostavno nihalo sestavimo iz lahke palice in uteži z maso m , ki jo pritrdimo na prosti konec palice. Nihalo postavimo na glavo in spustimo. Kolikšna je hitrost uteži na dnu nihaja? Kolikšna je tedaj napetost v palici? ($\sqrt{4gl}$; $5mg$)
5. Enostavno nihalo iz lahke palice in uteži, pripete na prosti konec palice, odmaknemo iz ravnovesne lege, tako da leži vodoravno. Nihalo spustimo, da zaniha. Pod katerim kotom, merjenim od navpičnice, bo velikost sile palice enaka velikosti sile teže uteži? ($70,5^\circ$)
6. Matematično nihalo dolžine l z maso m ima v trenutku, ko oklepa vrvica z navpičnico kot ϕ_0 ($0 < \phi_0 < \pi/2$), hitrost v_0 . Kolikšna je celotna mehanska energija nihala? Kolikšna je hitrost uteži na dnu nihaja? Kolikšna bi morala biti hitrost v_0 , da bi se nihalo lahko dvignilo v vodoravni položaj, in kolikšna, da nihalo ne bi nihalo, ampak bi se vrtele okoli svoje osi? ($mv_0^2/2 + mgl(1 - \cos \phi_0)$; $\sqrt{v_0^2 + 2gl(1 - \cos \phi_0)}$; $\sqrt{2gl \cos \phi_0}$; $\sqrt{gl(3 - 2 \cos \phi_0)}$)
7. Predmet pričvrstimo na prosti konec lahke vijačne vzmeti, ki je z enim koncem pripeta na strop. Ko predmet počasi spustimo, se vzmet raztegne za d . Za koliko se raztegne vzmet, če predmeta ne spustimo počasi, ampak v trenutku? ($2d$)
8. Klado z maso 2 kg vržemo z višine 0,4 m na vijačno vzmet s koeficientom 2000 N/m. Za koliko se največ stisne vzmet, če zanemarimo trenje? (10 cm)
9. Voziček ima maso m in se po toboganu pelje brez trenja. Z vožnjo prične s hitrostjo v v točki A (slika 15). Voziček obravnava kot točkasto maso in privzemi, da se ves čas dotika tračnic. Kolikšno hitrost bo imel v točki B in v točki C? Kolikšen pojemek je potreben, da se voziček ustavi, če začne zavirati v točki D in želimo, da se ustavi v točki E? Koliko časa potrebuje voziček, da pride iz točke A v točko B, če je začetna hitrost enaka nič? ($v_B = v_A$; $v_C = \sqrt{v_A^2 - gh}$; gh/l ; ∞)



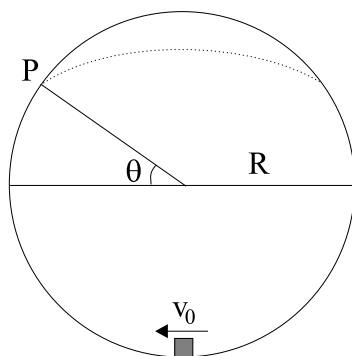
Slika 15:

10. Majhna klada z maso m drsi po toboganu v obliki zanke (slika 16). Drseti začne v točki P. Kolikšna je vsota vseh sil na klado v točki Q? S kolikšne višine bi morali spustiti klado, da bi bila sila tračnic na klado pri vrhu zanke enaka teži klade? ($m\mathbf{g} + mv^2\mathbf{e}_r/r$; $4R$)



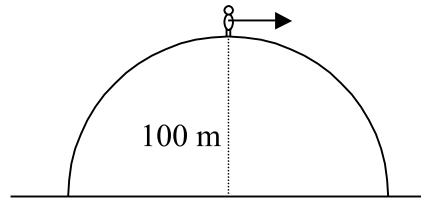
Slika 16:

11. Telo z maso m se brez trenja premika v navpični krožni tračnici premera R (slika 17). V najnižji točki ima hitrost v_0 . Kolikšna mora biti najmanj hitrost v_0 , da se telo pri kroženju ne odlepi od tračnice? Pri katerem kotu θ se telo odlepi od tračnice, če je v_0 enak $0,775$ kratniku hitrosti, ki je potrebna, da se telo ne odlepi? ($\sqrt{2Rg}$; 53°)

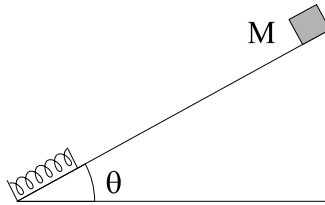


Slika 17:

12. Smučar se spusti z vrha hriba polkrogelne oblike. S kolikšno hitrostjo se mora odgnati, da bo poletel po prevoženih 82 m? Višina hriba je 100 m, smučar se giblje brez trenja in zračnega upora. (18,5 m/s)
13. Lahko vzmet stisnemo za 1 m, če nanjo delujemo s silo 100 N. To vzmet postavimo na dno ravnine, nagnjene za 30° , po kateri brez trenja drsi klada. Klada ima maso 10 kg in v začetku miruje na vrhu klanca (Slika 19). Klada se ustavi takrat, ko vzmet stisne za 2 m. Kolikšno razdaljo predrsi klada do takrat, ko se ustavi? Kolikšna je njena hitrost v trenutku, ko se dotakne vzmeti? (3,1 m; 4,5 m/s)
14. Na telo, ki se giblje vzdolž osi x , deluje sila, ki ga odbija od izhodišča kot $F = kx$. Poišči odvisnost potencialne energije $U(x)$ od koordinate x ! Zapiši pogoj za ohranitev energije! Opiši gibanje sistema in pokaži, da je to gibanje, kot ga pričakujemo v točki blizu nestabilnega ravnovesja! ($U(x) = -kx^2/2$; $x = Ae^{\sqrt{k/mt}} + Be^{-\sqrt{k/mt}}$)
15. Sila med telesoma z masama m_1 in m_2 na razdalji x je podana z $F = km_1m_2/x^2$; k je konstanta. Poišči potencialno energijo in delo, potrebno, da telesi z razdalje x spravimo na $x + d$! (km_1m_2/x ; $A = kdm_1m_2/x(x + d)$)
16. Sila med elektronom in jedrom v vodiku je $F = ke^2/r^2$, kjer je k konstanta, e je osnovni naboj in r je razdalja med elektronom in jedrom. Privzemi, da je jedro pri miru. Za koliko se spremeni kinetična energija elektrona, če v nekem trenutku skoči s krožnice z radijem R_1 na krožnico z manjšim radijem R_2 ? Za koliko se spremeni potencialna energija elektrona? Za koliko se spremeni celotna energija elektrona? ($ke^2(1/r_2 - 1/r_1)/2$; $ke^2(1/r_1 - 1/r_2)$; $ke^2(1/r_1 - 1/r_2)$)

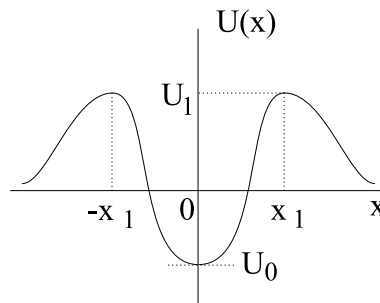


Slika 18:



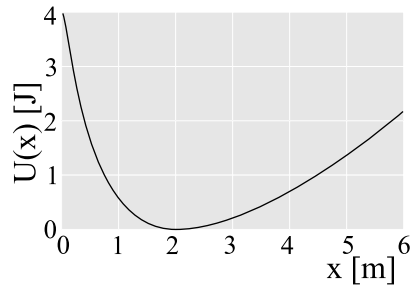
Slika 19:

17. Potencialna energija, ki ustreza nekemu dvodimenzionalnemu polju sil, je podana z $U(x, y) = k(x^2 + y^2)/2$. Izrazi F_x in F_y ter vektor sile v neki točki, podani s kartezičnima koordinatama x in y . Izrazi F_r in F_φ in zapiši vektor sile v neki točki, podani s polarnima koordinatama r in φ !
18. Potencial $U(r) = -r_0 U_0 e^{-r/r_0} / r$ imenujemo Yukawov potencial. Ta potencial dokaj natančno opiše interakcijo med nukleoni. Vrednost konstante r_0 je približno $1,5 \times 10^{-15}$ m in vrednost konstante U_0 je okoli 50 MeV. Izpelji izraz za silo interakcije! Izračunaj razmerje velikosti sil pri $r = 2r_0, 4r_0$ in $10r_0$ v primerjavi s silo pri r_0 , da pokažeš, kako kratek doseg ima ta sila! ($F(r) = -U_0 e^{-r/r_0} (r + r_0) / r^2$; 0,14; 0,0079; $7,2 \times 10^{-6}$)
19. Delec α (helijevo jedro) je ujet v večjem jedru, potencial je podoben kot na sliki 20. Zapiši funkcijo koordinate x , ki ima tako odvisnost! Minimalna vrednost potenciala pri $x = 0$ je U_0 in maksimalna pri $\pm x_1$ je U_1 . Določi silo med delcem α in jedrom kot funkcijo x ! Opiši možna gibanja sistema!

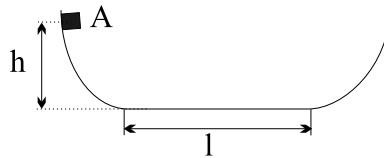


Slika 20:

20. Delec se giblje premočrtno v potencialu, ki ga prikazuje slika 21. Vriši na skico silo $F(x)$, ki deluje na delec. Na grafu nakaži približno skalo za silo v newtonih. Nariši graf kinetične energije delca (vključno s skalo), če ima delec konstantno polno energijo 4 J.
21. Raztezek neke vzmeti ni tak, kot ga napove Hookov zakon. Izkaže se, da je velikost sile pri raztezkcu x podana z $F = ax + bx^2$, kjer je $a = 52,8$ N/m in $b = 38,4$ N/m². Sila kaže v nasprotno smer od raztezka. Izračunaj delo, ki je potrebno, da vzmet raztegnemo od 0,5 na 1 m! En konec vzmeti pritrdimo, na prosti konec pa pritrdimo utež z maso 2 kg. Vzmet nato raztegnemo za 1 m. Kolikšna je hitrost uteži v trenutku, ko je vzmet raztegnjena za 0,5 m? Ali je sila vzmeti konzervativna? (31 J; 31 m/s; da)
22. Telo drsi po klancu dolžine s . Med telesom in klancem je trenje. Kolikšno hitrost ima telo, ko iz mirovanja pridrsi do dna? Kolikšno pot lahko še opravi po enaki vodoravni površini? Izračunaj z energijami in s silami. ($\sqrt{2sg(\sin \phi - k \cos \phi)}$; $s(\sin \phi - k \cos \phi)/k$)
23. Delec drsi po žlebu z ravnim dnom in dvignjenimi konci (slika 22). Ravni del je dolg 2 m. Po ukrivljenih delih se telo giblje brez trenja. Za ravni del je koeficient trenja 0,2. Delec spustimo v točki A, ki je dvignjena 1 m nad ravnim delom. Kje se delec ustavi? (na sredi)

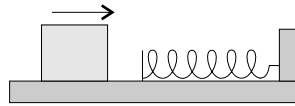


Slika 21:



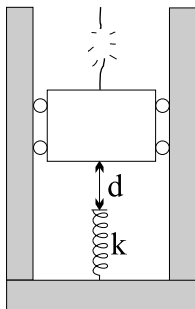
Slika 22:

24. Klada z maso 1 kg trči z vodoravno lahko vzmetjo (slika 23), ki ima konstanto enako 2 N/m. Klada stisne vzmet za 4 m. Kolikšna je bila hitrost klade v trenutku, ko se je dotaknila vzmeti, če je koeficient trenja med klado in tlemi enak 0,25? (4,2 m/s)



Slika 23:

25. Kabel 2000 kilogramskega dvigala se strga, ko dvigalo miruje v prvem nadstropju in je njegova oddaljenost od blažilne vzmeti enaka 4 m (slika 24). Konstanta vzmeti je 150000 N/m. Varovalka stisne zavoro na vodilu dvigala tako, da na dvigalo pri padanju deluje zaviralna sila 5000 N. Kolikšna je hitrost dvigala tik nad vzmetjo? Za koliko se vzmet stisne? Do katere višine se dvigalo odbije? Iz energijskega zakona izračunaj približno razdaljo, ki jo opravi dvigalo, preden se ustavi. Zakaj odgovor ni točen? (7,6 m/s; 1,0 m; 7,0 m; 2,0 m)
26. Telo z maso 20 kg porinemo z vodoravno silo 3 m daleč po klanecu z naklonom 30° . Na klanecu ni trenja. Koliko dela opravimo, če je hitrost na dnu klanca 0,67 m/s, potem ko nehajo potiskati pa 3,3 m/s? Koliko dela opravi sila, ki enako pospeši telo, če je koeficient trenja med telesom in klanecem enak 0,15? Do katere višine se telo dvigne nad dno klanca, če ni trenja? (398 J; 474 J; 2,06 m)
27. Na mizi držimo verigo. Petina verige visi z mize. Med mizo in verigo ni trenja. Koliko dela moramo opraviti, da verigo dvignemo na mizo? ($mgl/50$)
28. Tekoče stopnice povezujejo nadstropji, ki sta 7 m narazen. Stopnice so dolge 14 m in se premikajo s hitrostjo 1 m/s. Kolikšna mora biti moč motorja, ki poganja stopnice, če želimo, da stopnice prepeljejo 100 ljudi v eni minuti? Povprečna masa človeka je 70 kg. Človek z maso 80 kg prehodi tekoče stopnice v 10 s. Koliko dela dobi od motorja? Ali bi motor opravljal delo na človeku, če bi se le-ta obrnil sredi stopnic in bi hodil po njih navzdol s tako hitrostjo, da bi miroval? (8,0 kW; 3,9 kJ; da)
29. Elektron z mirovno maso $9,1 \times 10^{-31}$ kg se premika s hitrostjo 0,99 c. Kolikšna je njegova polna energija? Poišči razmerje med klasično in relativistično kinetično energijo.
30. Kolikšna je hitrost elektrona s kinetično energijo 0,1 MeV (1 MeV)?
31. Mirovna masa telesa je 0,010 kg. Kolikšna je masa telesa, ko se telo giblje s hitrostjo $3,0 \times 10^7$ m/s glede na opazovalca? Kolikšna je masa pri hitrosti $2,7 \times 10^8$ m/s? Primerjaj klasično in relativistično kinetično energijo za ta primer! Kakšno maso in energijo izmeri opazovalec, ki sedi na telesu?
32. Koliko kilogramov snovi ima mirovno energijo enako 10^{15} Wh?



Slika 24:

33. Sonce črpa svojo energijo iz fuzijske reakcije. Pri tej reakciji se štirje vodikovi atomi zlijejo v helijev atom in oddajo energijo. Kolikšna energija se sprosti pri spojitvi štirih atomov vodika v atom helija, če je mirovna masa vodika enaka 1,0081 atomskih mas, masa helija pa je 4,0039 atomskih mas?

7 Ohranitev gibalne količine

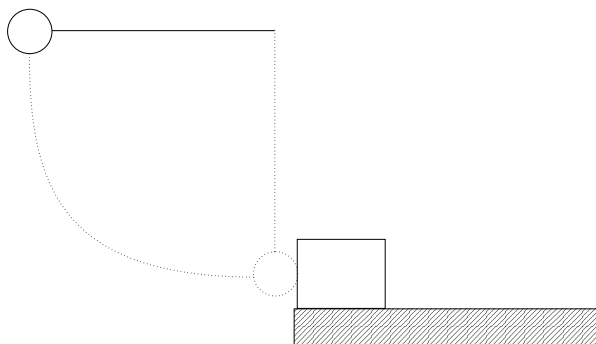
1. Pokaži, da sta razdalji dveh točkastih teles od njunega težišča v obratnem razmerju kot njuni masi!
2. Pokaži, da leži težišče dveh točkastih teles na njuni zveznici v točki, katere razdalja do posameznega telesa je obratno sorazmerna njegovi masi.
3. Razdalja med središčema ogljikovega in kisikovega atoma v molekuli ogljikovega monoksida je $1,130 \times 10^{-10}$ m. Določi položaj težišča molekule glede na ogljikov atom. ($0,6457 \times 10^{-10}$ m)
4. Razmerje lunine in zemeljske mase je enako 0,013. Razdalja med središčema Lune in Zemlje je enaka 60-im zemeljskim polmerom. Koliko je težišče Lune in Zemlje oddaljeno od zemeljskega središča? Polmer Zemlje je 6400 km. (4930 km)
5. V molekuli amonijaka (NH_3) ležijo vodikovi atomi v ogliščih enakostraničnega trikotnika s stranico $1,628 \times 10^{-10}$ m. Dušikov atom leži nad ravnino, ki jo tvorijo vodikovi atomi, in je od vseh vodikovih atomov oddaljen $1,014 \times 10^{-10}$ m. Določi lego težišča molekule glede na dušikov atom! ($6,7 \times 10^{-12}$ m)
6. Poišči težišče homogene polkrožne plošče, odrezane s kroga s polmerom a ! (na simetrali polkroga, $4a/3\pi$ od ravnega roba)
7. Homogeno, tanko palico dolžine l zvijemo v krožni lok polmera a ($a < l$). Kje leži težišče? (na simetrali loka, $2a^2 \sin(l/2a)/l$ od središča namišljenega kroga, na katerega je prislonek lok)
8. Dve točkasti telesi sta na začetku pri miru in 1 m vsaksebi. Prvo telo ima maso 0,1 kg, drugo pa 0,3 kg. Telesi se privlačita s konstantno silo $1,0 \times 10^{-2}$ N. Na sistem ne deluje nobena zunanja sila. Opiši gibanje težišča! Kolikšno razdaljo prepotuje prvo telo, preden trči? (težišče miruje; 75 cm)
9. Dve enaki kangli sta napolnjeni s peskom in preko škripca povezani z lahko vrvico. Premer škripca je 40 cm. V začetku sta kangli na isti višini in v vsaki je 10 kg peska. Poišči njuno težišče! Kangli pridržimo tako, da se ne moreta odmakniti, in prenesemo 0,5 kg peska iz ene na drugo. Kje je sedaj težišče? Kangli nato spustimo. Opiši gibanje težišča in določi njegov pospešek! (na sredini, med kanglami; 21 cm stran od lažje; težišče se prečno ne premika, njegov vertikalni premik je podan z $m_2(m_2 - m_1)gt^2/(m_1 + m_2)^2$; $0,47 \text{ m/s}^2$)
10. Kolikšna je gibalna količina vozila z maso 1500 kg in hitrostjo 50 km/h? Pri kateri hitrosti bi imel tovornjak z maso 10 t a) enako gibalno količino, b) enako kinetično energijo? ($21 \times 10^3 \text{ kg m/s}$; 7,5 km/h; 19,4 km/h)
11. Človek z maso 80 kg stoji na gladki površini z zanemarljivim trenjem in brcne polkilogramski kamen s hitrostjo 3 m/s. Kolikšno hitrost pridobi zaradi tega? (1,9 cm/s)
12. Človek stoji na robu 5 m dolgega čolna, ki se po vodni površini premika brez trenja. Za koliko se premakne glede na obalo, če se sprehodi do drugega konca čolna? Teža človeka je 80 kg, čolna pa 150 kg. (3,26 m)
13. Top in zaloga krogel sta zaprta v železniškem vagonu. Top strelja krogle iz enega konca vagona na drug konec. Krogle stene ne prebijejo. Pokaži, da se vagon v nobenem primeru ne more premakniti dalj, kot je njegova dolžina!

14. Mirujoča posoda eksplodira in pri tem razpade na tri dele. Dva dela, ki imata enako maso, odletita v smereh, pravokotnih druga na drugo, z enako hitrostjo 30 m/s. Tretji kos je trikrat težji od ostalih. Kakšna je velikost in smer hitrosti težjega dela takoj po eksploziji? (14 m/s; pod kotom 135° glede na lažji kos)
15. Radioaktivno jedro, ki na začetku miruje, razpade tako da izseva elektron in nevtrino v smereh, pravokotnih druga na drugo. Velikost gibalne količine elektrona je enaka $1,2 \times 10^{-22}$ kg m/s, nevtrina pa $6,4 \times 10^{-23}$ kg m/s. Masa nastalega jedra je $5,8 \times 10^{-26}$ kg. Poišči smer in velikost gibalne količine jedra! Kolikšna energija se sprosti pri razpadu? (pod kotom 152° glede na elektron in 118° glede na nevtrino; 2,3 km/s; $27,1 \times 10^{-15}$ J)
16. Izstreljek izstrelimo iz topa pod kotom 45° s hitrostjo 500 m/s. Izstreljek na najvišji točki trajektorije eksplodira na dva dela z enako maso. Hitrost enega dela takoj po eksploziji je enaka nič. Kolikšen je domet drugega dela? Predpostavi, da so tla ravna. (38 km)
17. Telo z maso 8 kg se premika s hitrostjo 2 m/s. Na telo ne deluje nobena sila. V nekem trenutku telo eksplodira in telo razpade na dva dela, ki imata maso 4 kg. Obe telesi zaradi eksplozije pridobita 16 J kinetične energije. Po eksploziji se gibljeta še naprej v isti smeri. Poišči njuni hitrosti! (4,41 m/s; 0,58 m/s)
18. Zadnja stopnja rakete se premika s hitrostjo 22000 km/h. Stopnja je sestavljena iz ohišja z maso 290 kg in satelita z maso 150 kg, ki sta speta skupaj. Ko dela razklenemo, ju stisnjena vzmet loči z relativno hitrostjo 1 km/s. Kolikšni sta hitrosti obeh delov po ločitvi? Poišči skupno kinetično energijo obeh delov rakete pred in po ločitvi! (5770 m/s; 6770 m/s; 8,16 GJ; 8,27 GJ)
19. Kocka z maso m leži na klinu z maso M . Klin je odrezan pod kotom 30° in leži na ravni podlagi. Med kocko in klinom ter klinom in tlemi ni trenja. Ko kocka miruje, je njen spodnji rob h nad tlemi. Kolikšna je hitrost klina v trenutku, ko se kocka dotakne tal? ($\sqrt{\frac{2gh}{1 + \frac{m}{M} \cos^2 30^\circ}}$)
20. Vagon z maso M se premika po ravnih, vodoravnih tračnicah brez trenja. Na začetku stoji človek z maso m na vagonu in vagon se premika s hitrostjo v_0 . Kolikšna je sprememba hitrosti vagona, če človek steče po vlaku v nasprotni smeri vožnje z relativno hitrostjo u glede na vlak in izskoči? ($mu/(m + M)$)
21. Strojnica izstreljuje kroglo z maso po 50 g s hitrostjo 1000 m/s. Strojničar je zmožen držati strojnico s povprečno silo 180 N. Koliko nabojev lahko največ izstrelji v eni minuti? (216)
22. Navpično postavljena raketa z maso 6 t je pripravljena za izstrelitev. Hitrost plinov v šobi je 1000 m/s. Koliko plina mora motor izbruhati v sekundi, da bo potisk enak teži rakete in koliko, da bo pospešek enak 19,6 m/s²? (59 kg; 176 kg)
23. Pokaži, da je hitrost rakete enaka hitrosti izpušnih plinov, tedaj ko je razmerje začetne M_0 in trenutne mase rakete M enako e ! Določi sistem v katerem to velja! Pokaži, da je hitrost rakete dvakrat večja od izpušne hitrosti, kadar je $M_0/M = e^2$!
24. Kerozin in tekoči kisik je razširjeno raketno gorivo in izgoreva z izpušno hitrostjo 2400 m/s. Zanimari vpliv gravitacije in maso rezervoarja za gorivo, črpalk in vseh drugih delov, ki sestavljajo raketo, razen goriva. Izračunaj količino goriva, ki jo potrebujemo za pospešitev mase m uporabnega tovora do hitrosti 12 km/s! ($147 \times m$)
25. Reaktivec potuje s hitrostjo 200 m/s. Motor zajame vsako sekundo 67 m^3 zraka (gostota zraka na višini letala je enaka $1,0 \text{ kg/m}^3$). Skupaj s tem zrakom zgori vsako sekundo 3 kg goriva. Nastali plini izhajajo skozi šobo motorja z relativno hitrostjo 490 m/s. Poišči potisno silo motorja in njegovo moč! (34,4 kN; 16,8 MW)
26. Tovornjak, z odprtim tovornim prostorom in maso 10 t, vozi v prostem teku po ravni, vodoravni cesti z zanemarljivim trenjem in hitrostjo 0,8 m/s, ko začne močno deževati. Dežne kapljice padajo navpično na tla. Kolikšna je hitrost vozila, potem ko se v tovornem prostoru nabere 0,5 t vode? (0,76 m/s)
27. Tovornjak, napolnjen s peskom, ima luknjo v tovornem prostoru skozi katero odteka pesek s konstantnim tokom $\Phi_m = -dm/dt$. Na tovornjak deluje sila \mathbf{F} v smeri gibanja. Trenutno hitrost označimo z v . Zapiši enačbo gibanja za tovornjak! ($v - v_0 = \frac{F}{\Phi_x} \ln \frac{m_0}{m_0 - \Phi_m t}$)

8 Trki

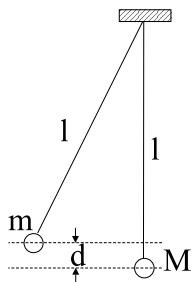
1. Biljardna palica udari v biljardno kroglo s povprečno silo 50 N. Udarec traja 10 ms. Kolikšno hitrost dobi krogla zaradi udarca, če je njena masa enaka 0,2 kg? (2,5 m/s)
2. Žoga z maso 1 kg pade na tla s hitrostjo 25 m/s. Odbije se z začetno hitrostjo 10 m/s. Kolikšen sunek sile deluje na žogo med odbojem? Kolikšna je povprečna sila, s katero deluje žoga na tla, če je žoga v stiku s tlemi 0,02 s? (35 Ns; 1750 N)

3. Vzmet s koeficientom k položimo vodoravno na tla in jo z enim koncem opremo ob steno. Na drug konec položimo kroglico z maso m , vzmet stisnemo za x_0 in kroglico spustimo. Nariši časovni potek sile, ki deluje na kroglico! Kolikšen je sunek sile? Kolikšno gibalno količino ima zaradi tega kroglica? ($\sqrt{kmx_0}$; $\sqrt{kx_0^2/m}$)
4. Igralec golfa udari žogico s hitrostjo 5×10^3 cm/s pod kotom 30° glede na vodoravnico. Masa žogice je 25 g. Žogica in palica sta v stiku 0,01 s. Kolikšen je sunek sile, ki ga dobi žogica? Kolikšen je sunek sile, ki deluje na palico? Kolikšna je povprečna sila, s katero deluje palica na žogico? Koliko dela opravi ta sila? (1,25 Ns; 125 N; 31,3 J)
5. Žoga z maso m prileti pravokotno v zid s hitrostjo v in se odbije z enako hitrostjo. Če je čas trka t , kolikšna je povprečna sila, s katero deluje žoga na zid? ($2mv/t$)
6. Masni tok vode μ pada na mirujočo lopatico turbine. Lopatica ima tako obliko, da tok vode usmeri nazaj. Hitrost vode je u pred in po odboju. S kolikšno silo deluje voda na lopatico? ($2\mu u$)
7. Šestkilogramske sani drsijo po ledu s hitrostjo 9 m/s, ko nanje navpično navzdol odvržemo paket z maso 12 kg. Opiši nadaljnje gibanje sani! (3 m/s)
8. Telo z maso 2 kg prožno trči z drugim mirujočim telesom in se po trku giblje v isti smeri s četrtno začetne hitrosti. Kolikšna je masa drugega telesa? (1,2 kg)
9. Blok z maso 100 kg miruje na dolgi ravni mizi, ki je na enem koncu omejena z navpično steno. Drug blok z maso m_2 postavimo med prvi blok in steno in ga sunemo proti prvemu bloku s hitrostjo v_{2i} . Kolikšna mora biti masa m_2 , da bo drugo telo imelo enako hitrost kot prvo, potem ko drugo telo enkrat trči s prvim telesom in enkrat s steno na koncu mize? Gibanje po mizi je brez trenja in vsi trki so prožni. (33 kg)
10. Kroglo z maso 50 g ustrelimo vodoravno v mirujočo dvokilogramsko leseno klado. Koeficient trenja med klado in tlemi je 0,2. Naboj običi v kladi, ki se premakne 2 m. S kolikšno hitrostjo smo izstrelili naboj? (177 m/s)
11. Krogla z maso 10 g zadene balistično nihalo, ki ima maso 2 kg. Težišče nihala se po trku dvigne za 12 cm. Kolikšna je začetna hitrost krogle, če privzameš, da je običala v nihalu? (307 m/s)
12. Jeklena kroglica je obešena na 0,6 m dolgo vrvico. Masa kroglice je 0,5 kg. Kroglico spustimo, ko je vrvica vodoravna, tako da zaniha (slika 25). Na dnu nihaja kroglica zadene mirujoči kovinski blok z maso 2,5 kg. Trk je prožen. Poišči hitrost kroglice in klade takoj po trku! (1,14 m/s)

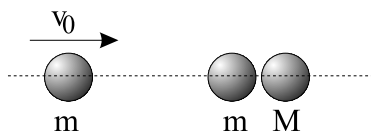


Slika 25:

13. Dve nihali z dolžino l v začetku mirujeta, tako kot kaže slika 26. Prvo nihalo spustimo, da udari v drugo. Privzemi, da je trk popolnoma neprožen in zanemari maso vrvic in vpliv trenja. Do katere višine se dvigne težišče po trku? ($m^2d/(m+M)^2$)
14. Vagon z maso 32 t in hitrostjo 2 m/s dohiti drug vagon, ki ima maso 24 t in hitrost 1 m/s in se giblje v isto smer kot prvi. Kolikšna je hitrost vagonov in koliko kinetične energije se izgubi, če vagona v trenutku trka spnemo? Če je trk prožen, vagona nista speta, ampak se po trku ločita. Kolikšni sta njuni hitrosti v tem primeru? (1,57 m/s; 7 kJ; 1,14 m/s; 2,14 m/s)
15. Dvigalo v jaški se dviga s hitrostjo 2 m/s. V trenutku, ko je dvigalo 20 m od vrha jaška, z vrha jaška spustimo nanj žogo. Žoga se prožno odbije od stropa dvigala. Do katere višine se dvigne, merjeno od vrha jaška? Do kolikšne višine pa se dvigne tedaj, ko se dvigalo spušča s hitrostjo 2 m/s? (8,12 m nad vrh jaška; 8,12 m pod vrh jaška)
16. Desni frnikuli na sliki 27 sta malenkost narazen in v začetku mirujeta. Z leve prileti s hitrostjo v_0 tretja frnikula. Privzemi, da so trki čelni in prožni. Pokaži, da se zgodita dva trka, kadar je $M \leq m$, in poišči končne hitrosti vseh frnikul! Pokaži, da se zgodijo trije trki, kadar je $M > m$ in poišči končne hitrosti vseh frnikul!

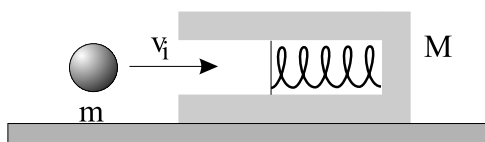


Slika 26:



Slika 27:

17. Krogla mase m prileti v cev pištrole na vzmet s hitrostjo v_i (slika 28). Masa pištrole je M . Pištola najprej leži pri miru na tleh. Krogla se v cevi zatakne, potem ko stisne vzmet. Koliko kinetične energije krogle se prenese na prožnostno energijo vzmeti? Kolikšna je končna hitrost pištrole, če se giblje brez trenja? ($v_i^2 m M / 2(m + M)$; $m v_i / (m + M)$)



Slika 28:

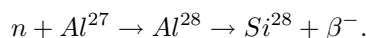
18. Blok mase 2 kg brez trenja drsi vzdolž mize s hitrostjo 10 m/s. Pred njim se s hitrostjo 3 m/s v isti smeri giblje drug blok mase 5 kg. Na zadnjo stran drugega bloka je pritrjena lahka vzmet s koeficientom 1120 N/m. Za koliko se največ stisne vzmet, ko se bloka zaletita? (25 cm)
19. Škatlo postavimo na tehtnico in tehtnico uravnamo tako, da kaže nič, ko je na njej prazna škatla. V škatlo nato z višine h stresemo μ kamenčkov vsako sekundo. Vsi kamenčki imajo enako maso m . Koliko kaže tehtnica v času t po začetku sipanja? Trki med kamenčki in škatlo so povsem neprožni. ($\mu m(t + \sqrt{2h/g})$)
20. Na tehtnico padajo zrna z višine 1 m in se prožno odbijejo od posodice. Koliko kaže tehtnica? Masa posameznega zrna je 10 g. Od tehtnice se odbije 30 zrn v eni sekundi. (0,13 kg)
21. Elektron prožno trči z mirujočim vodikovim atomom. Začetno in končno gibanje je vzdolž iste premice. Kolikšni del kinetične energije elektrona se prenese na vodikov atom? Vodikov atom je 1840 krat težji od elektrona. (0,002)
22. Elektron z maso m čelno trči z mirujočim atomom z maso M . Zaradi trka se atom vzbudi, pri čemer se porabi energija E . Kolikšna mora biti minimalna začetna hitrost elektrona, da lahko vzbudi atom? ($\sqrt{\frac{2Em(1+m/M)}{m^2(2m^2/M^2-1)}}$)
23. Pokaži, da je pri prožnem trku dveh teles v eni dimenziji hitrost težišča podana z

$$v_t = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2},$$

pri čemer je m_1 masa in v_{1i} začetna hitrost prvega telesa, m_2 pa masa in v_{2i} začetna hitrost drugega telesa!

24. Telo z maso m_1 neprožno čelno trči z mirujočim telesom, ki ima maso m_2 . Kolikšna je kinetična energija sistema obeh teles pred in po trku? Kolikšen del prvotne energije se pretvori v toploto? Opiši trk v sistemu, ki se giblje skupaj s težiščem! ($m_1 v_1^2 / 2$; $(m_1 + m_2) v^2 / 2$; $m_2 / (m_1 + m_2)$)
25. Pokaži, da je pri prožnem trku delca z maso m_1 z mirujočim delcem z maso m_2 največji kot, pod katerim se prvi delec lahko odkloni, podan z enačbo $\cos^2 \theta_m = 1 - m_2^2 / m_1^2$!

26. Biljardna krogla s hitrostjo 2,2 m/s oplazi enako mirujočo kroglo. Po trku ugotovimo, da se ena od krogel giblje s hitrostjo 1,1 m/s pod kotom 60° glede na smer, iz katere je prišla prva krogla. Poišči hitrost druge krogle! Ali je tak trk lahko neprožen? (1,9 m/s; odkloni se za 30°)
27. Delec alfa trči z mirujočim kisikovim jedrom. Smer gibanja delca alfa se spremeni za kot 64° , kisikovo jedro pa se odbije pod kotom 51° v drugo smer glede na vpadnico delca alfa. Kolikšno je razmerje hitrosti obeh delcev? Masa kisikovega jedra je štirikrat večja od mase delca alfa. (3,46)
28. Dve krogli z različnima masama trčita. Prva krogla v začetku miruje, druga pa ima hitrost v . Po trku ima druga krogla hitrost $v/2$ v smeri pravokotno na vpadnico. Poišči smer, v katero se giblje prva krogla! Ali lahko določiš tudi hitrost? ($26,6^\circ$; ne)
29. Vozilo pelje proti zahodu. Drugo vozilo pelje južno. Njuni poti se križata na križišču, kjer se zaletita, tako da ostaneta sprijeti. Pred trkom ima prvo vozilo hitrost 60 km/h, drugo pa 90 km/h. Masa prvega vozila je 500 kg, masa drugega pa 600 kg. Poišči velikost hitrosti in smer zveržene pločevine takoj po trku! (56 km/h; težje vozilo se odkloni 29° proti svoji desni)
30. Jedro devterona je sestavljeno iz protona in nevtrona. Njegova masa je približno 4×10^{-24} g. Devteron, ki ga ciklotron pospeši do hitrosti 10^9 cm/s, trči z mirujočim devteronom. Kolikšna je hitrost helijevega jedra v primeru, da se devterona zlijeta? Helijevo jedro nato razpade v nevtron z maso 2×10^{-24} g in helijev izotop z maso 6×10^{-24} g. Poišči velikost in smer hitrosti helijevega izotopa, če nevtron odfrči s hitrostjo 5×10^8 cm/s pod pravim kotom glede na smer vpadnega devterona! (5×10^6 m/s; $6,9 \times 10^6$ m/s; 14° od vpadnice)
31. Krogla z radijem r_1 trči s kroglo radija r_2 . Kolikšen je presek za trk z dotikom? ($\pi(r_1 + r_2)^2$)
32. Žarek hitrih nevtronov sveti na 5 mg ploščico stabilnega bakrovega izotopa Cu^{65} . Obstaja verjetnost, da bakrovo jedro absorbira nevtron, tako da nastane nestabilno jedro Cu^{66} , ki radioaktivno razpade v Zn^{66} , ki je stabilen. Preučevanje elektronskega sevanja razkrije, da se vsako sekundo absorbira $4,6 \times 10^{11}$ nevtronov. Kolikšen je presek za absorpcijo nevtronov v barnih? Intenziteta žarka nevtronov je $1,1 \times 10^{18}/\text{m}^2\text{s}$.
33. Žarek počasnih nevtronov sveti na 1×10^{-5} m debelo aluminijasto folijo. Nekaj aluminijevih jeder ujame nevtrone in se nato z izsevanjem elektrona pretvori v silicij (beta razpad):



Tok nevtronov je $3 \times 10^{16}/\text{m}^2\text{s}$, presek za zajem nevtronov je 0,23 barna. Koliko razpadov se zgodi na m^2 vsako sekundo?

34. V debeli foliji je mnogo plasti, v katerih se projektil lahko absorbira. Koliko delcev vpade na plast je odvisno od tega, koliko se jih absorbira že prej. Do globine s se prebije N delcev, v plasti z debelino ds pa se jih absorbira dN . Pokaži, da velja

$$-\frac{dN}{N} = n\sigma ds$$

in

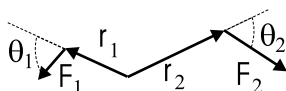
$$N = N_0 e^{-n\sigma s},$$

kjer je N_0 število vpadnih delcev in σ absorpcijski presek.

9 Vrtilna količina

- Gramofonska plošča se vrti s 33 obrati v minuti. Kolikšna je hitrost točke na plošči na mestu gramofonske igle, kadar je gramofonska igla oddaljena 11 cm od sredine plošče, in kolikšna, kadar je igla 7 cm od osi? (38 cm/s; 24 cm/s)
- Sončni dan je čas, ki poteče med zaporednima trenutkoma, ko je Sonce na istem položaju na nebu, oziroma čas za en poln obrat Zemlje okoli svoje osi relativno na Sonce. Zvezdni dan pa je čas, ki ga Zemlja potrebuje za to, da se zavrti za kot 2π okoli svoje osi. Pokaži, da je v enem letu en zvezdni dan več, kot je sončnih dni! Koliko je dolg zvezdni dan, če je sončni dan dolg 24 h? (23 h, 56 min 3,93 s)
- Frekvenca motorja se s 1200 obratov v minuti poveča na 3000 obratov v minuti v 12 s. Kolikšen je bil kotni pospešek, če privzameš, da je bil konstanten? Koliko vrtljajev naredi motor v tem času? ($15,7 \text{ s}^{-2}$; 420)
- Gramofonska plošča se zavrti 78 krat v minuti, preden se začne enakomerno ustavljati. Popolnoma se ustavi v 30 s. Kolikšen je kotni pospešek? Koliko vrtljajev naredi plošča v času ustavljanja? ($-0,27 \text{ s}^{-2}$; 19,5)

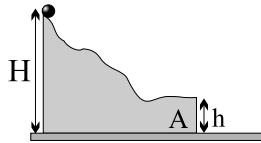
5. Kolo se vrti s konstantnim kotnim pospeškom 3 s^{-2} . V intervalu 4 s se zavrti za 120 radianov. Koliko časa se je kolo pospeševalo iz mirovanja do trenutka, ko smo začeli meriti štirisekundni interval? (8 s)
6. Težki vztrajnik, ki se vrti okoli svoje osi, se ustavlja zaradi trenja v ležajih. Po eni minuti je njegova kotna hitrost $0,9$ začetne kotne hitrosti. Kolikšna je kotna hitrost po drugi minuti ustavljanja, če je kotni pojemek konstanten? ($0,8$ začetne kotne hitrosti)
7. Zasuk vztrajnika električnega generatorja opišemo s $\theta = at + bt^3 - ct^4$, kjer so a, b in c konstante. Izrazi kotni pospešek! ($6bt - 12ct^2$)
8. Telo se giblje v ravnini xy . Gibanje opišemo z enačbama $x = R \cos \omega t$ in $y = R \sin \omega t$, kjer je t čas, x abscisa in y ordinata telesa; R in ω sta konstanti. Iz enačb za x in y eliminiraj čas in izrazi krivuljo, po kateri se giblje telo. Kakšen je pomen konstante ω ? Odvajaj izraza za x in y po času, da dobiš hitrosti v_x in v_y ! Izračunaj velikost hitrosti! Opiši gibanje telesa! Odvajaj v_x in v_y po času ter izrazi velikost in smer pospeška!
9. Kolo se vrti s kotnim pospeškom, podanim z $\alpha = 4at^3 - 3bt^2$, kjer je t čas; a in b sta konstanti. Zapiši enačbi za kotno hitrost in kot ob času t , če ima kolo začetno kotno hitrost ω_0 ! ($at^4 - bt^3 + \omega_0$; $at^5/5 - bt^4/4 + \omega_0 t + \phi_0$)
10. Zemljina tirnica okoli Sonca je eliptična, vendar jo v dobrem približku lahko opišemo s krožnico. Izračunaj obodno in kotno hitrost Zemlje okoli Sonca, če jo obravnavaš kot točkasto telo! Kolikšen je centripetalni pospešek Zemlje proti Soncu? ($29,9 \text{ km/s}$; $2 \times 10^{-7} \text{ s}^{-2}$; $6 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$)
11. Kolikšna je kotna hitrost okoli severnega tečaja za točko, ki leži na zemljini površini pri 45° severne zemljepisne širine? Kolikšna je njena obodna hitrost? Kolikšne so te vrednosti za točko na ekvatorju? ($7,3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$; 329 m/s ; $7,3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$; 465 m/s)
12. Kolikšno je na ekvatorju razmerje med centripetalnim pospeškom zaradi vrtenja Zemlje okoli svoje osi in centripetalnim pospeškom zaradi vrtenja Zemlje okoli Sonca? (5600)
13. Kolikšen je centripetalni pospešek na robu plošče premera 30 cm , ki se vrti s 33 obrati v minuti? ($1,79 \text{ m/s}^2$)
14. Avto pelje s hitrostjo 90 km/h in ima kolesa s premerom 75 cm . Kolikšna je kotna hitrost koles okoli svoje osi? Kolikšen je kotni pospešek, če se kolesa ustavijo po 30 vrtljajih? Kolikšno razdaljo prepotuje avto med zaviranjem? ($66,7 \text{ s}^{-1}$; $11,8 \text{ s}^{-2}$; $70,7 \text{ m}$)
15. Letalska elisa premera $1,8 \text{ m}$ se vrti s 1800 vrtljaji v minuti. Letalo se premika s hitrostjo 450 km/h proti tlem. Kolikšna je velikost hitrosti konca elise za pilota in za opazovalca na tleh? (170 m/s ; 211 m/s)
16. Kolikšna je kotna hitrost kolesarja, ki s hitrostjo 40 km/h vozi po velodromu premera 120 m ? ($0,19 \text{ s}^{-1}$)
17. Togo telo se začne iz mirovanja pospešeno vrteti s kotnim pospeškom α . Opazuj košček telesa, ki je na razdalji r od osi. Izrazi radialni in tangencialni pospešek tega koščka z α , r in t . Za kolikšen kot se zavrti telo do trenutka, ko je kot med tangencialnim pospeškom in celotnim pospeškom enak 60° ? ($49,6^\circ$)
18. Žuželka z maso $8 \times 10^{-2} \text{ g}$ leze s konstantno hitrostjo $1,6 \text{ cm/s}$ radialno navzven po gramofonski plošči, ki se vrti s 33 obrati v minuti. Poišči hitrost, in pospešek žuželke, kot jo izmeri opazovalec, ki miruje v sobi, ko je žuželka 12 cm od osi gramofona! Kolikšen mora biti najmanj koeficient trenja, da žuželka lahko pride do roba 16 cm plošče, ne da bi jo odneslo? ($0,41 \text{ m/s}$; $1,4 \text{ m/s}^2$; $0,19$)
19. Pokaži, da je vrtilna količina telesa, ki se giblje naravnost s konstantno hitrostjo, okoli katerekoli točke konstantna!
20. Pokaži, da je vrtilna količina dveh enako težkih teles, ki se z nasprotno enakima hitrostma gibljeta po vzporednih premicah, enaka okoli katerekoli točke v prostoru!
21. Izračunaj navor, ki ga povzročata sili na sliki 29. $F_1 = 20 \text{ N}$, $F_2 = 30 \text{ N}$, $\theta_1 = 80^\circ$, $\theta_2 = 40^\circ$, $r_1 = 0,5 \text{ m}$ in $r_2 = 0,8 \text{ m}$! ($5,58 \text{ Nm}$ pravokotno v list)



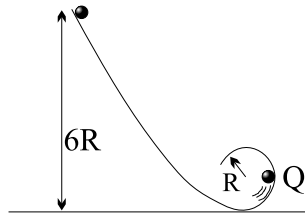
Slika 29:

22. Pokaži, da je vsota vztrajnostnih momentov ploščatega telesa okoli dveh poljubnih, med seboj pravokotnih osi v ravnini telesa enaka vztrajnostnemu momentu okoli osi, ki gre pravokotno skozi sečišče teh dveh osi!

23. Izračunaj vztrajnostni moment dolge ravne palice okoli osi, ki poteka pravokotno skozi težišče, in osi, ki gre pravokotno skozi rob palice! ($ml^2/12; ml^2/3$)
24. Izračunaj vztrajnostni moment tanke pravokotne plošče s stranicama, dolgima a in b , okoli osi pravokotno skozi sečišče diagonal! ($(a^2 + b^2)m/4$)
25. Pokaži, da ima valj s polmerom R enak vztrajnostni moment kot obroč enake mase in polmera $R/\sqrt{2}$!
26. Molekula kisika ima maso $5,3 \times 10^{-26}$ kg in vztrajnostni moment $1,94 \times 10^{-46}$ kg m² okoli osi pravokotno na sredino zveznice med atomoma. Predpostavi, da ima molekula hitrost 500 m/s in da je velikost rotacijske kinetične energije enaka dvema tretjinama translacijske kinetične energije. Kolikšna je njena kotna hitrost? ($6,75 \times 10^{12}$ s⁻¹)
27. Obroč polmera 3 m ima maso 160 kg. Po ravnih tleh se kotali tako, da se središče premika s hitrostjo 0,2 m/s. Koliko dela moramo opraviti, da obroč ustavimo? (6,4 J)
28. Obravnavaj Zemljo kot homogeno kroglo. Kolikšna je njena rotacijska kinetična energija? Polmer Zemlje je 6400 km in njena masa $6,0 \times 10^{24}$ kg. ($2,6 \times 10^{29}$ J)
29. Tanka palica, dolžine l in mase m , prosto visi na enem koncu. Spodnji konec odmaknemo in palico zanihamo, tako da ima v ravnovesni legi kotno hitrost enako ω . Za koliko se dvigne njeno težišče nad ravnovesno lego? ($l^2\omega^2/6g$)
30. Avtomobilski motor dela z močjo 100 KM pri 1800 vrtljajih v minuti. S kolikšnim navorom? (438 Nm)
31. Kolo z maso m in vztrajnostnim momentom J se vrti okoli vodoravno vpete osi. Os ima polmer enak a . Os se v najvišji točki drgne ob pesto. Koeficient trenja je enak k . Koliko časa potrebuje kolo, da se ustavi, če ga poženemo s kotno hitrostjo ω ? Koliko obratov naredi pri tem? ($\frac{\omega J}{kmg}$; $\frac{\omega^2 J}{4\pi kmg}$)
32. Homogena jeklena palica z dolžino 1,2 m in maso 6,4 kg ima na obeh koncih pritrjeni enaki krogli z maso po 1,06 kg. Palica se vrti vodoravno okoli navpične osi, ki jo pravokotno prebada na sredini. V nekem trenutku je njena kotna hitrost enaka 240 s⁻¹. Zaradi trenja se palica neha vrteti po 32 s. Kolikšen je kotni pojemek? Kolikšen je navor trenja? Kolikšno je delo, ki ga opravi navor pri zaviranju palice? ($7,5$ s⁻²; $11,5$ Nm; 44 kJ)
33. Klada z maso 3 kg leži na klancu z naklonom 30° . Z vrstico, ki teče vzporedno s klancem in preko škripca vrh klanca navpično navzdol, je pritrjen na drugo klado z maso 9 kg, ki prosto visi. Škripec ima maso 1 kg in polmer 10 cm. Koeficient trenja med klado in klancem je 0,1. Poišči pospešek, s katerim pada viseča klada, in napetost v vrstici! ($7,1$ m/s²; 24 N)
34. Težišče avtomobila je 0,75 m nad tlemi in njegova kolesa so 1,8 m narazen. Kolikšna je največja hitrost, s katero lahko avto zapelje v ovinek s krivinskim radijem 30 m, ne da bi se prevrnil? Privzemi, da avto ne drsi. Kolikšen mora biti najmanj koeficient lepenja, da avto pri tej hitrosti ne zdrsne? ($18,8$ m/s; $1,2$)
35. Škatla z maso 150 kg, visoka 2 m, široka 1 m in dolga 0,5 m, leži na ravnih tleh tovornega prostora tovornjaka. Kolikšen sme največ biti pojemek tovornjaka, da se škatla ne prevrne, če je lepenje dovolj veliko, da škatla prej ne zdrsne? ($2,45$ m/s²)
36. Kolikšen mora biti najmanj koeficient lepenja med valjem in klancem, da se bo valj kotalil, ne da bi drsel? Naklon klanca je θ . ($\tan(\theta)/3$)
37. Krogla se kotali po klancu navzgor. Na dnu klanca ima težišče kroglice hitrost 3 m/s. Naklon klanca je 30° . Do kam se prikotali krogla? Koliko časa potrebuje, da se prikotali nazaj na dno? ($1,29$ m daleč, $0,64$ m visoko; $1,72$ s)
38. Telo s polmerom R in maso m se kotali vodoravno s hitrostjo v . Nato se zakotali v klanec do višine h . Kolikšen je vztrajnostni moment telesa, če je $h = 3v^2/4g$? ($mR^2/2$)
39. Majhna kroglica se kotali brez zdrsanja znotraj večje polkroglice, katere os kaže navpično navzgor. Kroglica je v začetku na robu polkroglice in ima hitrost enako nič. Kolikšna je kinetična energija kroglice na dnu? Kolikšen del kinetične energije je rotacijski in kolikšen translacijski? S kolikšno silo deluje kroglica na polkroglo takrat, ko je kroglica na dnu svoje poti? Polmer kroglice je r , polmer polkroglice R in masa kroglice m . ($mg(R-r)$; $W_r/W_t = 2/5$; $mg(1 + 10(R-r)/7R)$)
40. Homogena kroglica se začne iz mirovanja kotaliti brez zdrsanja po klancu na sliki 30. Na kateri razdalji od točke A pade kroglica prvič na tla, če je klanec na koncu vodoraven in sta $H = 102$ m in $h = 32$ m? (80 m)
41. Frnikula z maso m in polmerom r se kotali po rampi, kot kaže slika 31. Kolikšna je vodoravna komponenta sile, ki deluje na kroglico v točki Q, če se mirujoča kroglica začne kotaliti z višine $6R$? Privzemi da je $r \ll R$. ($50mg/7$)
42. Jo-jo ima vreteno polmera r , vztrajnostni moment J in maso m . S kolikšno silo moramo držati prosti konec vrvice, če jo-jo spustimo, da prosto pada, in držimo drugi konec vrvice pri miru? ($\frac{Jgm}{mr^2 + J}$)

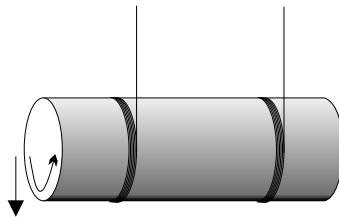


Slika 30:



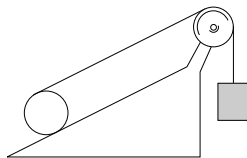
Slika 31:

43. Plošček mase m in polmera r leži na ledu. Po njem se giblje brez trenja. Okoli ploščka je navita lahka vrvica, ki jo začnemo vleči s silo F . Opiši gibanje ploščka! ($a = F/m$; $\alpha = Fr/J$)
44. Valj je dolg 0,5 m, ima premer 0,1 m in maso 2 kg. Okoli obeh koncev sta naviti lahki vrvici. Prosta konca vrvic sta pritrjena na strop, tako da valj visi navpično (slika 32). Valj nato spustimo, da začne padati. S kolikšnima silama ga zadržujeta vrvici? S kolikšnim pospeškom pada valj? (3,27 N; 6,53 m/s²)



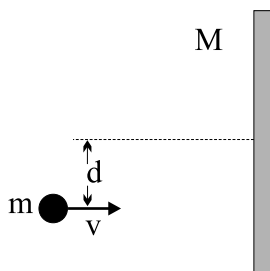
Slika 32:

45. Lahka vrvica je navita okoli valja z maso m in polmerom r . Vrvico vlečemo navpično navzgor s tako silo, da ostane težišče valja v zraku pri miru. Kolikšna mora biti sila, s katero vlečemo vrvico? Koliko dela opravi ta sila do takrat, ko valj doseže kotno hitrost ω ? Koliko vrvice se odvijje do tedaj? (mg ; $mr^2\omega^2/4$; $\omega^2r^2/2g$)
46. Na trden valj polmera 10 cm in mase 20 kg, ki leži na klancu naklona 30°, je navit lahek, tanek kovinski trak. Trak je preko lahkega škripca pritrjen na prosto visečo utež z maso 4 kg, kot kaže slika 33. Kolikšna je napetost v traku? S kakšnim pospeškom pada utež, če valj ne drsi po klancu? (42,6 N; -0,85 m/s² (utež se dviga))
47. Na kegljišču vržemo kroglo po stezi s hitrostjo v_0 . Krogla se v začetku ne kotali, ampak samo drsi. Pokaži, da se krogla kotali brez drsenja, potem ko njena hitrost pade na $5v_0/7$! Prehod med drsenjem in kotaljenjem je postopen.
48. S palico sunemo biljardno kroglo. Sunek sile deluje vodoravno v smeri skozi težišče krogle. Krogla ima v začetku hitrost v_0 . Njen polmer je R in masa je m . Koeficient trenja med kroglo in biljardno mizo je k . Za koliko se premakne krogla, preden neha drseti po mizi? ($12v_0^2/49kg$)
49. Lestev sloni naslonjena na steno tako, da je kot med lestvijo in steno 30°. Kje je trenutna rotacijska os, če lestev začne drseti? Lestev je dolga 10 m. (7,5 m od dna lestve)
50. Visok dimnik se prelomi pri dnu in prevrne. Izrazi tangencialni in radialni pospešek točke z vrha dimnika kot funkcijo kota med dimnikom in navpičnico! Ali velikost pospeška lahko preseže gravitacijski pospešek? Dimnik se med padcem prelomi - zakaj? ($a_t = 3g \sin(\phi)/2$; $a_r = 3g(1 - \cos \phi)$; da)
51. Metrska palica je postavljena pokonci na tleh. Kolikšna je hitrost prostega konca palice v trenutku, ko palica pade na tla, če palico spustimo in spodnji konec palice ne zdrsne? (5,42 m/s)
52. Vrtavka se vrti s 30 vrtljaji v sekundi okoli osi, ki oklepa z navpičnico kot 30°. Ima maso 0,5 kg in vztrajnostni moment 5×10^{-4} kg m². Težišče je 4 cm od konice, na kateri se vrti vrtavka. Kolikšna je velikost in smer precesijske frekvence, če se vrtavka vrti v smeri urnega kazalca, gledano od zgoraj? (1,04 s⁻¹; v nasprotni smeri urinega kazalca)



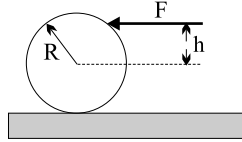
Slika 33:

53. Človek stoji v osi prosto vrtljive mize. Skupaj z mizo imata vztrajnostni moment enak 3 kg m^2 . V rokah drži kolo, ki ima vztrajnostni moment $0,25 \text{ kg m}^2$. Kolo se vrti okoli navpične osi z 10 vrtljaji v sekundi. S kolikšno kotno hitrostjo se začne vrteti človek, če v trenutku ustavi kolo? S kolikšno kotno hitrostjo pa se vrti človek, če se kolo ustavi v 20 s zaradi trenja (vrtljiva miza se vrti brez trenja)? ($4,83 \text{ s}^{-1}$; $4,83 \text{ s}^{-1}$)
54. Privzemi, da elektron v vodikovem atomu kroži okoli protona s hitrostjo v . Kolikšen je polmer krožnice, če je sila, ki deluje na elektron, enaka $e^2/4\pi\epsilon_0 r^2$ (e je osnovni naboj, ϵ_0 je konstanta in r razdalja elektrona od jedra)? ($r = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m v^2}$)
55. Tanka pravokotna plošča s stranicama dolgima a in b ter maso m , se vrti okoli svoje diagonale s kotno hitrostjo ω . Kolikšna je njena vrtilna količina glede na sredino plošče? ($ab\omega m/12$; kot med osjo vrtenja in vrtilno količino je $\arctan(a/b) - \arctan(b/a)$)
56. Luna se vrti okoli Zemlje tako, da je proti Zemlji vedno obrnjena z isto stranjo. V kakšni zveza sta spinska in orbitalna vrtilna količina Lune glede na Zemljo? Za koliko bi se morala spremeniti spinska vrtilna količina Lune, da bi v enem mesecu videli celo površino Lune? ($2r^2/5R^2$, r je polmer Lune, R je razdalja od Lune do Zemlje; povečati ali zmanjšati bi se morala za polovico spinske vrtilne količine)
57. Kolikšna je vrtilna količina Zemlje okoli lastne osi? Kolikšna je vrtilna količina Zemlje pri vrtenju okoli Sonca? Masa Zemlje je $6 \times 10^{24} \text{ kg}$, polmer 6400 km in oddaljenost od Sonca 150 milijonov km. ($7,15 \times 10^{33} \text{ kg m}^2/\text{s}$; $2,69 \times 10^{40} \text{ kg m}^2/\text{s}$)
58. Otrok z maso 30 kg priteče s hitrostjo 3 m/s do vrtiljaka in skoči nanj v tangencialni smeri. S kolikšno kotno hitrostjo se zavrtita, če vrtiljak v začetku miruje in ima vztrajnostni moment 10 kg m^2 ter polmer 1 m? ($2,25 \text{ s}^{-1}$)
59. Metrska palica z maso M leži pri miru na mizi, po kateri se lahko giblje brez trenja. Plošček z maso m prileti s hitrostjo v pravokotno v palico v razdalji d od težišča (slika 34). Trk je elastičen. Kaj se pri trku ohrani? Kolikšna mora biti masa ploščka, da po trku obmiruje? (vrtilna in gibalna količina, celotna energija; $m = \frac{Ml^2}{12d^2 + l^2}$)



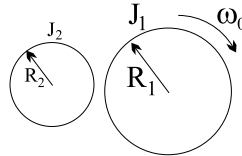
Slika 34:

60. Palico dolžine 1 m in mase 2 kg, ki leži pri miru na vodoravni mizi, sunemo pravokotno s sunkom sile 3 Ns 0,3 m nad težiščem. Opiši gibanje palice, če se palica po mizi giblje brez trenja! ($v = 1,5 \text{ m/s}$, $\omega = 5,4 \text{ s}^{-1}$)
61. Mirujočo biljardno kroglo sunemo s kijem. Kij držimo vodoravno na višini h nad težiščem krogle (slika 35). Krogla odfrči s hitrostjo v_0 . Ker se po udarcu vrti naprej, se krogla zaradi trenja pospeši, dokler se ne začne kotaliti. Izračunaj višino h , na kateri udarimo kroglo, če je končna hitrost krogle (potem ko se začne kotaliti) enaka $9v_0/7$. ($4r/5$)
62. Kolo se vrti s kotno hitrostjo 500 vrtljajev na minuto skupaj z gredjo, katere vztrajnostni moment je zanemarljiv. V trenutku priključimo na gred enako, mirujoče kolo. Kolikšna je končna kotna hitrost obeh koles? (250 vrtljajev na minuto)



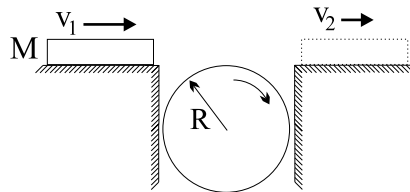
Slika 35:

63. Dva valja imata radij R_1 in R_2 in vztrajnostni moment J_1 in J_2 . Valja sta vpeta na osi pravokotno na ravnino slike 36. Večji valj se v začetku vrti s kotno hitrostjo ω_0 . Manjši valj pritaknemo k večjemu tako, da se zaradi trenja začne vrteti skupaj z večjim valjem. Poišči kotno hitrost levega in desnega valja na koncu. ($\omega_l = \frac{R_1 J_1 \omega_0}{R_2 J_1 + R_1 J_2}$, $\omega_d = \frac{R_2 J_1 \omega_0}{R_2 J_1 + R_1 J_2}$)



Slika 36:

64. Os valja na sliki 37 je fiksna, valj v začetku miruje. Klada z maso M se začne premikati proti desni brez trenja s hitrostjo v_1 . Pri drsenju preko valja je trenje tako veliko, da klada neha drseti po valju, še preden preide jašek z valjem. Kolikšna je končna hitrost klade, če je vztrajnostni moment valja enak J ? Kolikšna je kotna hitrost valja? ($\frac{MR^2 v_1}{MR^2 + J}$; $\frac{MRv_1}{MR^2 + J}$)

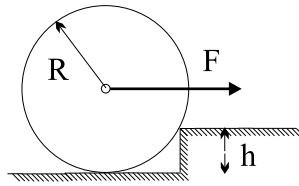


Slika 37:

65. Človek stoji na vrtljivem podstavku in v odročenih rokah drži uteži z maso 5 kg. Človek se vrti s frekvenco 4 s^{-1} . S kolikšno frekvenco se vrti, če uteži potegne k telesu? Kolikšna je sprememba energije? Človek in podstavek skupaj imata vztrajnostni moment enak 3 kg m^2 . Ko ima človek roki iztegnjeni, so uteži 1 m od osi, ko pa jih skrči, so uteži 0,2 m od osi. ($15,3 \text{ s}^{-1}$; 294 J)
66. Okrogla lesena plošča z maso M in polmerom r je vpeta v navpično os, ki gre skozi središče plošče. Plošča se okoli osi vrti brez trenja s kotno hitrostjo ω_0 v smeri urnega kazalca. Po obodu plošče teče otrok z maso m v nasprotni smeri urnega kazalca s hitrostjo v glede na tla. V nekem trenutku se otrok ustavi na mestu. Kolikšna je kotna hitrost plošče, potem ko se otrok ustavi? Ali se energija ohrani? ($\frac{Mr^2 \omega_0 - 2mrv}{Mr^2 + 2mr^2}$; ne)
67. Drobtino, ki leži na dnu polkrožne skleda s polmerom R , frcnemo s hitrostjo v_0 v vodoravni smeri. Skledo obdržimo pri miru. Kolikšna mora biti hitrost v_0 , da drobtina brez trenja pridrsi ravno do roba posode? (Računaj z vrtilno količino).
68. Homogena okrogla plošča z maso M in polmerom r se vrti okoli vodoravne osi skozi središče plošče s kotno hitrostjo ω_0 . Kolikšni sta njena kinetična energija in vrtilna količina? Z roba plošče se odkruši košček z maso m v trenutku, ko se giblje navpično navzgor. Do katere višine se dvigne košček? Kolikšne so končna kotna hitrost, vrtilna količina in energija okrušene plošče? ($Mr^2 \omega_0^2 / 4$; $Mr^2 \omega_0 / 2$; $\sqrt{v_0^2 / 2g}$; ω_0 ; $Mr^2 \omega_0 / 2 - mrv_0$; $Mr^2 \omega_0^2 / 4 - m\omega_0 r^2 / 2$)
69. Drsalca, vsak ima maso 70 kg, se približujeta po vzporednih poteh, ki sta ločeni 3 m. Drsalca imata enaki, a nasprotni hitrosti 10 m/s. Prvi drsalec ima v rokah 3 m dolgo, lahko palico. Palico zagradi tudi drugi drsalec v trenutku, ko gresta drug mimo drugega. Opiši njuno gibanje po tem in privzemi, da se gibljeta brez trenja. ($v = 0$; $\omega = 2v_0 / d$)

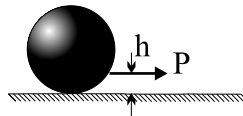
10 Ravnovesje togih teles

1. S kolikšno silo F moramo delovati v vodoravni smeri, da preko stopnice z višino h dvignemo kolo premera R in mase m ? ($\frac{mg\sqrt{2Rh-h^2}}{R-h}$)



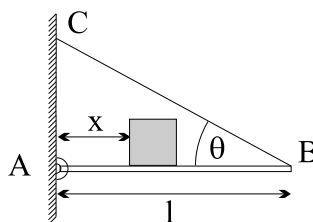
Slika 38:

2. Trije delavci nesejo steber tako, da eden nosi konec stebra, druga dva pa podpirata konca prečke zanemarljive teže, ki je podstavljena prečno na steber, tako da vsi trije nosijo enako težo. Kje mora biti postavljena prečka? (četrta dolžina od konca stebra)
3. Metrsko ravnilo uravnotežimo na konici noža pri oznaki za 50 cm. Ko na oznako za 12 cm položimo desetgramsko utež, se težišče premakne k oznaki 49,5 cm. Kolikšna je masa ravnila? (0,75 kg)
4. Iz okrogle plošče premera R izrežemo krog s polmerom r , katerega središče je $R/2$ od središča večjega kroga. Kje je težišče preluknjane plošče? ($\frac{r^2}{2R(1-r^2/R^2)}$ od središča večjega proti središču izrezanega kroga)
5. Homogena krogla premera r in mase m drsi po tleh, ko jo vlečemo s konstantno vodoravno silo P , kot kaže slika 39. Kolikšna mora biti višina h , na kateri prijemlje sila, če je koeficient trenja enak k ? ($(P - mgk)R/P$)



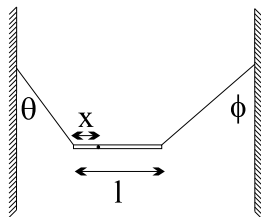
Slika 39:

6. Tanko lahko palico (krajšiča na sliki 40 so označena z A in B) dolžine l prosto vrtljivo vpnemo na steno v točki A in v točki B pritrdimo tanko lahko žico, ki jo na steno pritrdimo v točki C, tako da je žica oklepa kot θ z vodoravnico. Utež P lahko pomikamo po palici in njeno lego podamo z oddaljenostjo od stene x . Poišči napetost v žici kot funkcijo oddaljenosti uteži od stene! Poišči vodoravno in navpično komponento sile, s katero ležaj deluje na palico v točki A! ($mgx/l \sin \theta$; $F_v = mgx/l \tan \theta$; $F_n = mg - mgx/l$)

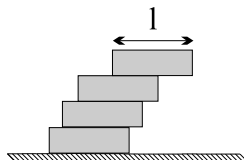


Slika 40:

7. Nehomogena palica visi na dveh vrhivah, kot kaže slika 41. Kot θ je $36,9^\circ$, kot ϕ pa $53,1^\circ$. Kolikšna je oddaljenost težišča x od levega roba palice, če je dolžina palice l enaka 2 m? (72,1 cm)
8. Na kakšen način moramo zložiti enake opeke druga na drugo, da bo najvišja čimbolj odmaknjena od najnižje? Izračunaj posebej za štiri opeke (slika 42). (tako, da je težišče najvišje na robu druge najvišje, težišče obeh zgornjih nad robom tretje itd.)
9. Enake opeke nalagamo drugo vrh druge tako, da višjo odmaknemo za l/n od roba nižje, kjer je l dolžina opeke in n neko celo število. Koliko opek lahko naložimo, preden se kopica prevrne?

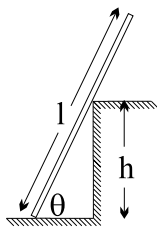


Slika 41:



Slika 42:

10. Vrata, visoka 2 m in široka 0,9 m, imajo maso 15 kg. Tečaja, prvi 20 cm od vrha in drugi 20 cm od dna vrat, podpirata celotna vrata tako, da vsak nosi enako težo. Težišče vrat je v njihovem geometrijskem središču. Izračunaj sili v posameznih tečajih!
11. Avtomobil ima medosno razdaljo 3,5 m in maso 1200 kg. Težišče avtomobila je 70 cm za sprednjo osjo. S kolikšno silo podpirajo avto sprednja kolesa in s kolikšno zadnja? ($4mg/5$; $mg/5$)
12. Neuravnoteženo tehtnico uravnotežimo tako, da damo na oba konca različni uteži. Če damo v levo posodico neznano utež, tehtnico uravnotežimo tako, da damo v desno posodico utež z maso m_1 . Če damo neznano utež na desno, tehtnico uravnotežimo z utežjo mase m_2 . Kolikšna je masa neznane uteži? $((m_1 + m_2)/2)$
13. Lestev v obliki črke A ima kraka, dolga 4 m. Kraka povezuje na polovični višini 1 m dolga, vodoravna prečka. Človek z maso 90 kg stoji na višini 3 m. Kolikšna je napetost v prečki, če med lestvijo in tlemi ni trenja? S kolikšnimi silami delujejo tla na lestev? Maso lestve zanemarimo. (114 N; 441 N; 441 N)
14. Deska z maso 50 kg in dolžino 10 m je s tal prislonjena na rob, kot kaže slika 43. Rob je visok 5 m in po njem deska drsi brez trenja. Težišče deske je na polovici dolžine. Deska zdrsne, kadar je kot θ manjši od 70° . Kolikšen je koeficient trenja med desko in tlemi? (0,34)



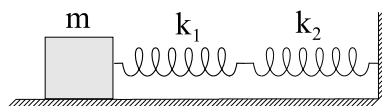
Slika 43:

15. Homogena kocka s stranico dolžine a je postavljena na vrhu krogle polmera r . Kolikšen mora biti najmanj polmer krogle, da bo lega kocke stabilna? ($r > a/2$)

11 Nihanje

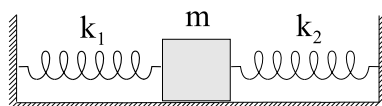
1. Vzmet se raztegne za 16 cm, če nanjo obesimo utež z maso 4 kg. S kakšno frekvenco niha utež z maso 0,5 kg, če jo obesimo na to vzmet in zanihamo? ($22,1 \text{ s}^{-1}$)
2. Na vzmet je obešena utež z maso 2 kg. Ko dodamo utež z maso 300 g, se vzmet raztegne še za 2 cm. Kolikšen je nihajni čas dvokilogramske uteži, če 300 gramsko utež odstranimo in nihalo zanihamo? ($8,57 \text{ s}^{-1}$)
3. Majhno telo z maso 0,1 kg sinusno niha z amplitudo 1 m in nihajnim časom 0,2 s. Kolikšna je največja sila, ki deluje na telo? Kolikšna je konstanta vzmeti, če nihanje povzroča vzmet? (98,7 N; 98,7 N/m)

4. Sinusno nihanje telesa opišemo z enačbo $x = A \cos(\omega t + \delta)$, kjer je $A = 6$ m, $\omega = 3\pi$ s⁻¹ in $\delta = \pi/3$. Kolikšni so odmik, hitrost in pospešek telesa ob času $t = 2$ s? Kolikšni so fazni zamik, frekvenca ν in nihajni čas nihala? Kolikšna sta hitrost in pospešek v trenutku, ko je $x = 2$ m? (3 m; -49 m/s; -266 m/s²; $\pi/3$; 1,5 s⁻¹; 0,67 s; 53,3 m/s; -178 m/s²)
5. Delec linearno, sinusno niha okoli točke pri $x = 0$; v trenutku $t = 0$ je pri $x = 0,37$ cm in njegova hitrost je enaka nič. Določi nihajni čas nihala, kotno frekvenco, amplitudo, odmik ob poljubnem času, največjo hitrost, največji pospešek, odmik ob času $t = 3$ s in hitrost ob tem času, če je frekvenca nihanja enaka 0,25 s⁻¹! (4 s; $\omega = 1,57$ s⁻¹; $x_0 = 0,37$ cm; $x = x_0 \cos(\omega t)$; 0,581 m/s; 0,913 m/s²; 0; 0,581 m/s)
6. Dve telesi sočasno nihata na isti črti. Telesi se srečata, ko se gibljeta v nasprotnih smereh in sta odmaknjena za polovico amplitude iz ravnovesne lege. Kolikšna je fazna razlika med njunima nihanjema? ($\pi/2$)
7. Klada leži na vodoravni ravnini. Ravnina niha v vodoravni smeri z dvema nihajema v sekundi. Koeficient trenja med klado in ravnino je 0,5. Kolikšna je lahko največ amplituda nihanja, da klada ne začne drseti po ravnini? (3,1 cm)
8. Klada je postavljena na bat. Bat niha v navpični smeri z amplitudo 5 cm. Kolikšna je lahko največ frekvenca nihanja, da se klada še ves čas dotika bata? (14 s⁻¹)
9. Homogena vzmet dolžine l ima konstanto k . Vzmet presekamo na dvoje. Kolikšna sta koeficienta novih vzmeti? ($2k$)
10. Klada z maso m je pripeta na dve vzmeti tako, kot kaže slika 44. Kolikšna je frekvenca takega nihala? ($\sqrt{\frac{k_1 k_2}{(k_1 + k_2)m}}$)



Slika 44:

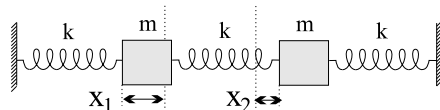
11. Klada z maso m je pripeta med dve vzmeti tako, kot kaže slika 45. Kolikšna je frekvenca takega nihala? ($\sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}}$)



Slika 45:

12. Vibracijske frekvence atomov v trdni snovi so velikostnega reda 10¹³ s⁻¹. Zamisli si, da so atomi povezani drug z drugim z vzmetmi. V preprosti sliki naj en atom v kristalu srebra niha s to frekvenco, vsi drugi pa mirujejo. Kolikšna je konstanta vzmeti, ki povzroči tako nihanje? En mol srebra ima maso 108 g. (1,8 × 10⁴ N/m)
13. Konec enega kraka glasbenih vilic niha s frekvenco 1000 Hz in amplitudo 0,4 mm. Zanemari dušenje in izračunaj največji pospešek in hitrost konca vilic. Ponovi vajo za pol manjšo amplitudo. (1,58 × 10⁴ m/s²; 2,51 m/s; 0,79 × 10⁴ m/s²; 1,26 m/s)
14. Vzmet s konstanto 19,6 N/m visi navpično. Na prosti konec obesimo utež z maso 0,2 kg in utež hitro spustimo. Kolikšno najnižjo lego doseže utež, če jo spustimo iz ravnovesne lege vzmeti? S kolikšno frekvenco in amplitudo zaniha? (povesi se največ za 4 cm od začetne lege; 9,9 s⁻¹; 2 cm)
15. Na vzmet s konstantno 3 N/cm obesimo klado z maso 1 kg. Od spodaj ustrelimo s hitrostjo 200 m/s v klado izstrelak z maso 10 g, ki se zarije v klado in v njej obtiči. S kolikšno amplitudo zaniha klada? Kolikšen del kinetične energije izstrelka se prenese v nihalo? (1,15 m; 0,01)
16. Skala vzmetne tehtnice je dolga 4 cm. Največja masa, ki jo lahko tehtamo, je 32 kg. Na tehtnico položen paket niha s frekvenco 4 niha je v sekundi. Kolikšna je masa paketa? (12,4 kg)
17. Kolikšen del celotne energije nihala je v obliki kinetične energije in kolikšen del v obliki potencialne, kadar je nihalo na polovici amplitude? Pri katerem odklonu sta potencialna in kinetična energija enaki? ($W_k = 3W_0/4$; $W_p = W_0/4$; $x_0/\sqrt{2}$)

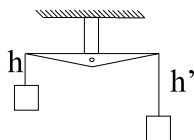
18. Nitno nihalo, dolgo 1 m, naredi 100 nihajev v 204 sekundah. Kolikšna je velikost gravitacijskega pospeška na mestu, kjer niha nihalo? ($9,486 \text{ m/s}^2$)
19. Kolikšna je dolžina nitnega nihala, ki s periodo 1 s niha na mestu, kjer je gravitacijski pospešek $9,82 \text{ m/s}^2$? ($24,87 \text{ cm}$)
20. Nitno nihalo niha z majhno amplitudo. V kateri točki nihaja je napetost vrvice največja? Kolikšna je? (na dnu; $2mg$)
21. Kolikšna je frekvenca 2 m dolgega nitnega nihala v dvigalu, ki se dviga s pospeškom 2 m/s^2 ? Kolikšna je njegova frekvenca, če dvigalo prosto pada? ($2,43 \text{ s}^{-1}$, 0)
22. Nitno nihalo dožine 30 cm je obešeno v vozilu, ki vozi po krožnici polmera 100 m s hitrostjo 20 m/s. S kolikšno frekvenco niha nihalo okoli ravnovesne lege? ($5,94 \text{ s}^{-1}$)
23. Kolikšen je nihajni čas metrske palice, obešene v krajišču? Kolikšen pa, če je palica obešena v točki, oddaljeni tretjino dolžine od roba? ($3,83 \text{ s}^{-1}$; $3,83 \text{ s}^{-1}$)
24. V kateri točki moramo obesiti homogeno palico dolžine l , da bo nihajni čas najmanjši? ($l/\sqrt{12}$ nad težiščem)
25. Iz pločevine naredimo okroglo ploščo. Na razdalji l od središča zvrtaemo v ploščo luknjo. Ploščo nato obesimo na žebelj, ki je vodoravno zabiti v zidu. Kolikšen mora biti l , da bo nihajni čas plošče enak 2,6 s? Premer plošče je 1 m. Kolikšen mora biti l , da bo nihajni čas najmanjši? ($3,9 \text{ cm}$; $35,4 \text{ cm}$)
26. Tanek obroč premera 1 m in z maso 2 kg je obešen na vodoravno zabiti žebelj. Kolikšen je njegov nihajni čas? ($2,01 \text{ s}$)
27. Homogena krogla s polmerom 30 cm in maso 2 kg visi na žici. Kolikšen je nihajni čas krogle, če niha tako, da se vrti okoli svoje osi? Torzijska konstanta žice je enaka $6,0 \times 10^{-3} \text{ N m/radian}$? ($21,8 \text{ s}$)
28. Nihalo žepne ure ima obliko kolesca in niha z amplitudo π rad in nihajnim časom 0,5 s. Izračunaj največjo kotno hitrost nihala, kotno hitrost nihala, ko je odmaknjeno za $\pi/2$ rad iz ravnovesne lege, in kotni pospešek nihala, ko je nihalo odmaknjeno za $\pi/4$ iz ravnovesne lege. ($39,5 \text{ s}^{-1}$; $34,2 \text{ s}^{-1}$; 124 s^{-2})
29. Molekula HCl niha s frekvenco $\nu = 8,7 \times 10^{13} \text{ Hz}$. Kolikšna bi bila konstanta vzmeti, s katero ponazorimo privlačno silo med atomoma? (465 N/m)
30. Kladi, ki ležita na vodoravni gladki mizi, povezuje vzmet s konstanto 250 N/m. Masa ene klade je 2 kg, druge pa 3 kg. S kolikšno frekvenco nihata kladi, če ju razmaknemo iz ravnovesne lege in spustimo? Kolikšno je razmerje kinetične energije prvega telesa in kinetične energije drugega telesa? ($14,4 \text{ s}^{-1}$; $3/2$)
31. Pokaži, da je kinetična energija nihala, sestavljenega iz dveh z vzmetjo povezanih uteži, podana z $\mu v^2/2$, kjer je $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ reducirana masa in $v = v_1 - v_2$ relativna hitrost obeh uteži. Upoštevaj, da se skupna gibalna količina celotnega nihala med nihanjem ne spreminja.
32. Kolikšen je nihajni čas uteži z maso m , obešene na vzmet z maso $m_v \ll m$ in konstanto k ? Pogoji $m_v \ll m$ pomeni, da se vzmet raztegne enakomerno po vsej svoji dolžini. ($2\pi\sqrt{(m + m_v/3)/k}$)
33. Poln valj z maso M leži na tleh in je pritrjen z vzmetjo konstante k na navpično steno tako, da se po tleh kotali brez spodsavanja k in od stene. Kolikšen je nihajni čas takega nihala? ($\sqrt{2k/3M}$)
34. Amplituda nihala, ki niha z nihajnim časom 2 s, se po 10 nihajih zmanjša na tretjino. Kolikšen je koeficient dušenja? ($5,5 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$)
35. S kolikšno močjo izgublja nihalo energijo, če je koeficient dušenja enak β ? ($P = W_0 e^{-2\beta t} (e^{-2\beta t_0} - 1)/t_0$)
36. S kolikšno frekvenco prosto niha nihalo, če je koeficient dušenja enak β in ima nedušeno lastno frekvenco enako ω_0 ? ($\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$)
37. Pri kateri frekvenci je amplituda vsiljenega nihanja največja? Koeficient dušenja je β , lastna frekvenca nedušene nihal je ω_0 in vzbujevalna amplituda je A_0 . ($\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$)
38. Dve enaki kladi in tri enake vzmeti so postavljene tako, kot vidimo na sliki 46. S kolikšno frekvenco niha sistem, če njegovo gibanje opišemo z enačbama $x_1 = A_1 \sin \omega t$ in $x_2 = A_2 \sin \omega t$?



Slika 46:

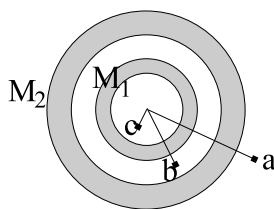
12 Gravitacija

1. Na kateri nadmorski višini je gravitacijski pospešek enak 5 m/s^2 ? (2422 km)
2. Kolikšen je nihajni čas sekundnega matematičnega nihala (nihajni čas 2 s) na Luni? (4,85 s)
3. Na kateri točki med Zemljo in Soncem se gravitacijski sili Sonca in Zemlje izničita? Masa Sonca je $3,24 \times 10^5$ krat večja od mase Zemlje. Razdalja od Sonca do Zemlje je enaka 150 milijonov km. ($2,63 \times 10^5$ km od Zemlje)
4. Vzmetna tehtnica na ladji, ki miruje na ekvatorju, kaže vrednost W_0 , ko je na njej utež. Koliko pokaže tehtnica, če se ladja premika s hitrostjo v vzdolž ekvatorja proti vzhodu? Koliko pa, ko se giblje proti zahodu? ($mg - (v_z + v)^2 m/R$; $mg - (v_z - v)^2 m/R$, R je polmer Zemlje, v pa obodna hitrost na ekvatorju)
5. Tehtnico uravnesimo z utežema s težo W in W' . Za koliko se razlikujeta uteži, če sta obešeni na brezmasnih vrvicah, dolgih h in h' , kot kaže slika 47? ($2(h' - h)/R$, R je polmer Zemlje)



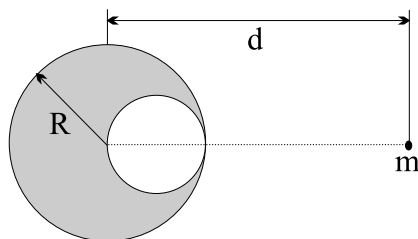
Slika 47:

6. S kolikšno hitrostjo bi padlo telo mimo središča Zemlje, če bi skozi Zemljo zvrtili jašek in spustili telo z vrha jaška? (7,92 km/s)
7. S kolikšnim nihajnim časom bi nihalo telo po jašku, izvrtanem skozi Zemljo (ne nujno skozi središče)? Pri računu privzemimo konstantno gostoto Zemlje. (84,6 min)
8. Koncentrični lupini z maso M_1 in M_2 sta postavljeni tako, kot kaže slika 48. Kolikšna je sila na telo v točki a, b in c? ($F_c = 0$; $F_b = \kappa M_1 m/b^2$; $F_a = \kappa(M_1 + M_2)m/a^2$)



Slika 48:

9. V svinčeno kroglo polmera R in mase M izdolbemo okroglo votlino premera R , kot kaže slika 49. S kolikšno silo privlači izvotlena krogla majhno telo z maso m in lego, kot jo kaže slika 49? ($F = \frac{\kappa M m}{d^2} - \frac{\kappa M m}{8(d-R)^2}$)
10. S kolikšno hitrostjo se mora premikati satelit 200 km nad zemljino površino, da ostane na krožni tirnici? Polmer Zemlje je 6400 km. Kolikšen je obhodni čas? (7,80 km/s; 88,6 min)
11. Izstrelak izstrelimo z zemljine površine navpično navzgor s hitrostjo 10 km/s. Do kam pride izstrelak, če zanemarimo vpliv atmosfere, vrtenja Zemlje in ostalih nebesnih teles? Polmer Zemlje je 6400 km. (25000 km)
12. Na kateri višini je delo, ki ga opravimo za dvig satelita z zemljine površine v orbito, enako delu, ki ga opravimo pri pospešitvi iz mirovanja do hitrosti, pri kateri satelit ostane v orbiti? (3200 km)
13. Na kateri višini mora biti satelit, da se ne premika relativno na zemljino površino (geostacionarni satelit)? Ali je tak satelit vezan na ekvatorialno ravnino? (3180 km)



Slika 49:

14. Satelit z maso 219 kg se v začetku giblje po krožnici 600 km nad površino Zemlje. Kolikšen je njegov obhodni čas? Na kateri višini je satelit po 1500 obhodih, če pri vsakem obhodu izgubi $1,42 \times 10^5$ J? Kolikšna je povprečna sila upora, ki povzroča padanje satelita? Ali se vrtilna količina ohranja? (96,8 min; 370 km; 3,23 mN; da)
15. Mars je od Sonca oddaljen 1,524 zemljine oddaljenosti. Koliko dni ima leto na Marsu? (687 dni)
16. Kolikšna je masa Zemlje, če jo Luna obkroži v 27,3 dneh po krožnici polmera $3,8 \times 10^5$ km? ($5,84 \times 10^{24}$ kg)
17. Kolikšno hitrost mora imeti molekula, da pobegne iz atmosfere planeta z maso M in polmerom r ? Kolikšno hitrost mora imeti molekula na Zemlji 1000 km visoko? Kolikšna je ta hitrost na Luni in na Soncu? ($\sqrt{2\kappa M/r}$; 10,4 km/s; 2,38 km/s; 618 km/s)
18. Premer Marsa je 8600 km, premer Zemlje pa 12800 km. Masa Marsa je 0,11 mase Zemlje. Kolikšna je gostota Marsa v primerjavi z zemljino? Kolikšen je gravitacijski pospešek na Marsu? Kolikšna je ubežna hitrost na Marsu? ($\rho_m = 0,363\rho_z$; 2,39 m/s²; 9,18 km/s)
19. Zvezdna dvojica se vrti okoli skupnega težišča. Masa ene od zvezd je dvakrat večja od mase druge. Razdalja l med zvezdama je precej večja od njunih velikosti. Kolikšen je obhodni čas posamezne zvezde okoli težišča? Kolikšno je razmerje vrtilne količine lažje zvezde v primerjavi z vrtilno količino težje zvezde? Kolikšno je razmerje kinetične energije težje zvezde in kinetične energije lažje zvezde? ($t = 2\pi\sqrt{l^3/\kappa(m_1 + m_2)}$; 2; 1/2)
20. Zvezdi dvojčici, vsaka ima maso 3×10^{30} kg, se vrtita okoli težišča, ki je oddaljeno 10^{11} m od središča vsake zvezde. Kolikšna je kotna hitrost zvezd? Kolikšno hitrost mora imeti meteorit v težišču obeh zvezd, da ubeži gravitacijskemu privlaku zvezd v smeri, ki je pravokotna na ravnino kroženja obeh zvezd? ($2,24 \times 10^{-7}$ s⁻¹; 63,3 km/s)
21. Tri telesa z enako maso M ležijo v ogliščih enakostraničnega trikotnika s stranico, dolgo a . S kolikšno hitrostjo se morajo gibati telesa, da ostanejo v ogliščih trikotnika, če se medsebojno privlačijo z gravitacijsko silo? ($v = \sqrt{\frac{2\kappa m \cos 30^\circ}{\sqrt{3}a}}$)
22. Dve telesi z različnima masama v začetku mirujeta neskončno narazen. Kolikšna je njuna relativna hitrost v trenutku, ko sta drug od drugega oddaljena za d ? ($v = \sqrt{2\kappa(m_1 + m_2)/d}$)
23. Za koliko procentov se spremeni centripetalni pospešek Zemlje proti Soncu med popolnim sončnim mrkom, če ga primerjamo s pospeškom, ko je Luna na nasprotni strani Zemlje? (1,15 %)
24. Uteži z masama 800 kg in 600 kg sta 25 cm narazen. Kolikšna je velikost gravitacijskega polja v točki, ki je od težje uteži oddaljena 20 cm, od lažje pa 15 cm? Kolikšen je gravitacijski potencial v tej točki? ($2,22 \times 10^{-6}$ m/s²; $5,34 \times 10^{-7}$ J/kg)
25. Zapiši potencialno energijo telesa z maso m v gravitacijskem polju Zemlje in Lune! Masa Zemlje je 81 krat večja od lunine. ($W_p = \kappa m_l m(81/r_z + 1/r_l)$)
26. V krogli snovi s polmerom a je koncentrična krogelna votlina s polmerom b . Zapiši velikost sile in gravitacijski potencial kot funkcijo oddaljenosti od središča r za $0 < r < \infty$.
27. Kolikšna je privlačna sila celotne galaksije na kilogramsko telo na Zemlji, če se Sonce zavrti okoli središča galaksije v $2,5 \times 10^8$ letih in je od središča oddaljeno $2,4 \times 10^{20}$ m? ($1,52 \times 10^{-10}$ N)

13 Mirujoče tekočine

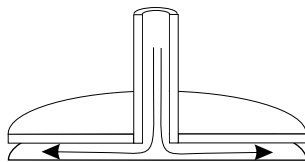
1. Kolikšen je tlak 300 m pod gladino morja, če je gostota morja 1,03 krat večja kot gostota vode? Kolikšen je tlak na nadmorski višini 15 km? (31,3 b; 0,17 b)

2. V cevki, ki ima obliko črke U, je živo srebro. V desni krak nalijemo 12 cm visok stolpec vode. Za koliko se v levem kraku cevke dvigne nivo živega srebra? Gostota živega srebra je 13,6 krat večja od gostote vode. (4,4 mm)
3. Dve polkrogli se neprodušno stikata tako, da tvorita kroglo polmera 0,3 m. Znotraj krogle je tlak 0,9 b manjši kot zunaj. Kolikšna sila je potrebna, da krogli ločimo? (25,4 kN)
4. Kolikšno višino bi morala imeti atmosfera s konstantno gostoto, da bi tlak na morski gladini ostal enak? (8,5 km)
5. Za jezom je 3 m globoko jezero. Jez je širok 3 m. Kolikšna sila pritiska na jez? Kolikšen je navor te sile okoli temelja jezu? (1,03 MN; $1,48 \times 10^6$ Nm)
6. Bazen ima dimenzije 50 m \times 25 m \times 3 m. Kolikšna sila deluje na dno, na prednjo stran in stranico, ko je bazen napolnjen z vodo do roba? ($1,62 \times 10^8$ N; $8,60 \times 10^6$ N; $17,2 \times 10^6$)
7. Cevka v obliki črke U je napolnjena s homogeno tekočino. Stolpec tekočine ima dolžino l . S kakšno frekvenco zaniha stolpec tekočine, če tekočino na enem koncu rahlo sunemo? ($\sqrt{2g/l}$)
8. Na konec palice pritrdimo svinčeno utež, tako da palica plava navpično v vodi. Pod vodo je 4 m palice. Kolikšna je frekvenca nihanja palice, če palico malo potopimo in nato spustimo? Pri računu zanemari dušenje zaradi vodnega upora. ($1,57 \text{ s}^{-1}$)
9. V dveh enakih valjastih posodah je voda. V eni je višina vode 20 cm, v drugi pa 12 cm. Koliko dela opravi sila teže, potem ko dna posod povežemo s cevko in se nivoja zravnata? Dno posod ima površino 10 cm². (15,7 mJ)
10. Bat premera 1 cm pritismo s silo 100 N. Bat je s cevjo povezan z batom premera 10 cm. Kolikšno silo zdrži drugi bat? Za koliko se premakne drugi bat, če se prvi premakne za 10 cm? (10^4 N; 1 mm)
11. Kolikšna je najmanjša površina ledene plošče, debele 30 cm, da se ne potopi, potem ko nanjo postavimo avto z maso 1,4 t? Gostota ledu je 0,92 kg/l, gostota morske vode pa 1,03 kg/l. (42,4 m²)
12. Železni trezor tehta na zraku 300 N, v vodi pa 200 N. Kolikšna je prostornina notranjosti trezorja? Gostota železa je 7,9 kg/l. (7,1 l)
13. Kovinska krogelna lupina z zunanjim premerom 20 cm lebdi tik pod vodno površino. Kolikšen je notranji premer lupine? Gostota kovine je 7,8 kg/l. (9,6 cm)
14. Leseno klado položimo v vodo in ugotovimo, da sta pod gladino dve tretjini njene prostornine. Če položimo klado v olje, je pod gladino devet desetin prostornine klade. Kolikšni sta gostoti lesa in olja? (0,667 kg/l; 0,741 kg/l)
15. Klada z maso 3 kg je narejena iz lesa z gostoto 0,6 kg/l. Kolikšno svinčeno utež moramo postaviti na klado, da se potopi 90 odstotkov prostornine klade? Kolikšna pa mora biti utež, če jo obesimo pod klado? (1,50 kg; 1,64 kg)
16. Kocka plava v živem srebru. Pri tem je potopljena četrtnina prostornine kocke. Kolikšen del prostornine ostane potopljen v živem srebru, če v posodo nalijemo toliko vode, da pride gladine vode ravno do roba kocke? (0,191)
17. Dolga homogena palica kvadratnega preseka plava vodoravno na vodi bodisi tako, da je en par stranic vzporeden z gladino, bodisi tako, da vse stranice ležijo pod kotom 45° glede na gladino. Kolikšna je gostota palice, pri kateri pride do prehoda med obema legama?
18. Gostota medeninastih uteži je 8 g/cm³, gostota zraka je 0,0012 g/cm³. Kolikšno relativno napako naredimo pri tehtanju telesa z maso M in gostoto ρ z ravnovesno tehtnico, če zanemarimo vzgon zraka? ($\frac{\rho_z(\rho - \rho_m)}{\rho_m(\rho - \rho_z)}$)
19. Poln akvarij stoji v dvigalu, ki se dviga s pospeškom 1 m/s². Kolikšen je pritisk 10 cm pod vodno gladino v akvariju? V kabini dvigala je normalni zračni tlak. (1,08 kPa)
20. S kolikšnim pojemkom sme zavreti avto, v katerem je delno poln akvarij, da se voda ne polije? Stranica akvarija v smeri vožnje je dolga 40 cm. Akvarij je visok 20 cm in je poln do višine 15 cm. ($g/4$)
21. Delno polna valjasta posoda se vrti s kotno hitrostjo ω okoli svoje osi. Kakšna je oblika gladine? ($\omega^2 r^2 / g$)

14 Gibajoče se tekočine

1. Cev za zalivanje vrta s premerom 2 cm je priključena na razpršilno glavo, ki ima 24 luknjic premera 1 mm. Po cevi teče voda s hitrostjo 1 m/s. S kolikšno hitrostjo izteka voda iz luknjic? (16,7 m/s)
2. Cev je na nekem mestu zožena s premera 1 cm na 0,5 cm. Hitrost vode v zoženem delu je 2 m/s. Kolikšna je hitrost na širšem delu? Kolikšna je razlika tlakov med zoženim in razširjenim delom? (0,5 m/s; 1,88 kPa)

3. Koliko dela opravi tlak pri potiskanju 1 m^3 vode skozi pipo premera 5 cm, če je razlika tlakov med začetnim in končnim delom cevi enaka $0,1 \text{ b}$? (10^4 J)
4. Voda pada z višine 30 m. Vsako sekundo se pretoči 10 m^3 vode. Na dnu slapa je turbina. Kolikšno največjo moč lahko oddaja turbina? ($2,94 \text{ MW}$)
5. Venturijeva cev ima širši del cevi premera 2 cm in ožji del premera 1 cm. Razliko tlakov med ožjim in širšim delom merimo s cevko v obliki črke U, v kateri je živo srebro. Kolikšna je hitrost vode, v katero potopimo Venturijevo cev, če je v enem kraku stolpec živega srebra 2 cm višje kot v drugem? Gostota živega srebra je $13,6 \text{ kg/l}$, gostota vode pa 1 kg/l . ($2,38 \text{ m/s}$)
6. Venturijeva cev ima ustje premera $0,25 \text{ cm}$ in grlo premera 1 mm . Kolikšen je volumski pretok skozi cev, če je v ustju pritisk enak $1,4 \text{ b}$ in v grlu $1,1 \text{ b}$? ($3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)
7. Kolikšen mora biti volumski pretok skozi Venturijevo cev z grlom preseka a in ustjem preseka A , da je tlak v grlu enak 0, če je v ustju enak p ? Temu fenomenu pravimo kavitacija. Takrat začne voda izparevati in pojavijo se mehurčki. ($\Phi_v = A\sqrt{\frac{2pa}{\rho(A-a)}}$)
8. V vodoravnem naftovodu s konstantnim presekom pade tlak med točkama, ki sta 300 m narazen, za $0,4 \text{ b}$. Koliko energije izgubimo pri kubičnem metru pretočene tekočine na enoto dolžine? (133 J)
9. S kolikšno hitrostjo izteka voda iz odprte plastenke, ko je nivo vode 20 cm nad luknjico, ki jo izvrtamo v steno plastenke malo nad dnom? ($1,98 \text{ m/s}$)
10. V plastenki je voda 30 cm visoko. 20 cm pod vodno gladino in 10 cm nad tlemi izvrtamo v steno plastenke luknjico. Do katere razdalje od stene brizga curek? Kje lahko še izvrtamo luknjico, da bo curek brizgal na isto mesto? ($28,2 \text{ cm}$; 10 cm pod vodno gladino)
11. Podobno kot pri prejšnji nalogi, le da nas zanima, kje naj naredimo luknjico, da bo razdalja, do katere brizga curek, čimvečja? (15 cm pod vodno gladino)
12. Kolikšna je hitrost na ustju luknjice, če upoštevamo, da se gladina tekočine v posodi niža s končno hitrostjo v_g ? ($\sqrt{v_g^2 + 2gh}$)
13. S Pitotovo cevjo, pritrjeno na krilu letala, določimo njegovo hitrost glede na zrak. V cevki U, s katero merimo razliko tlakov, je alkohol in razlika v višini stolpcev je 10 cm . Kolikšna je hitrost letala? ($40,4 \text{ m/s}$)
14. Površina letalskih kril je 25 m^2 . Nad zgornjo površino kril teče zrak s hitrostjo 50 m/s , pod spodnjo pa s 40 m/s . Kolikšna je teža letala, če letalo pri tem leti naravnost? (1380 kg)
15. Pred krilom je mirujoč zrak in zato je njegov tlak višji. Kolikšna je lahko največja hitrost, s katero ta zrak odteče čez krilo, če zanemarimo stisljivost zraka? Gostota zraka je $1,2 \text{ g/l}$. ($\sqrt{2p_0/\rho}$)
16. Na cevko je pritrjen okrogel disk. Če skozi cevko pihamo zrak, bo na ploščo pod diskom (slika 50) delovala privlačna sila. Kolikšna? ($F = \frac{1}{2}\rho v_0^2 \left(\frac{S_0^2 \ln(R/r_0)}{2d^2} - \pi R^2 \right)$, v_0 je hitrost s katero pihamo skozi ustje, ki ima presek S_0 in polmer r_0 ; d je razmik med diskom in listom)

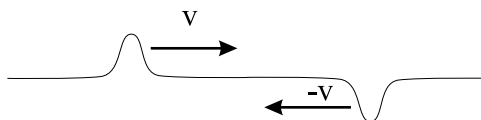


Slika 50:

17. Cevka v obliki črke U ima na dnu prepono. V levem kraku je več tekočine kot v desnem. Če prepono naluknjamo z drobnimi luknjicami, začne tekočina odtekati iz levega kraka v desni. Ali Bernoullijeva enačba velja? Ali je tok stacionaren? (ne; ne)
18. Reka teče mimo mostu s hitrostjo 2 m/s . Pred stebrom mostu se voda dvigne. Za koliko, če privzamemo, da pri stebri voda miruje? ($20,4 \text{ cm}$)

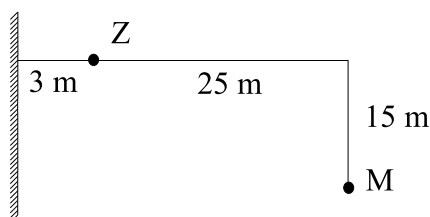
15 Valovanje

1. Pokaži, da je $y = y_0 \sin(kx - \omega t)$ isto kot $y = y_0 \sin k(x - vt)$ ali $y = y_0 \sin 2\pi(\frac{x}{\lambda} - \nu t)$ ali $y = y_0 \sin \omega(\frac{x}{v} - t)$ ali $y = y_0 \sin 2\pi(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T})$.
2. Hitrost svetlobe v vakuumu je 3×10^8 m/s. Valovne dolžine vidne svetlobe so v območju od 4×10^{-7} m (vijolična) do 7×10^{-7} m (rdeča). Katere frekvence ustrezajo temu območju? Območje frekvenc za kratkovalovne radijske valove je med 1,5 MHz do 300 MHz. Katere valovne dolžine ustrezajo temu območju? ($0,75 \times 10^{15}$ Hz; $0,429 \times 10^{15}$ Hz; 200 m; 1 m)
3. Transverzalno valovanje vrvi opiše enačba $y = 10 \sin \pi(0,01x - 2,00t)$, kjer merimo x in y v centimetrih in t v sekundah. Kolikšni so amplituda, frekvenca, hitrost in valovna dolžina valovanja? Kolikšna je največja transversalna hitrost delcev vrvi? (10 cm; 1 Hz; 2 m/s; 2 m; 63 cm/s)
4. Kakšna je enačba valovanja, ki se širi v negativno smer osi x z amplitudo 1 cm, frekvenco 550 nihajev na sekundo in hitrostjo 330 m/s? ($y = A \sin(-\omega x/c - \omega t)$, $A = 1$ cm, $\omega = 1100\pi$ Hz, $c = 330$ m/s)
5. Valovanje s frekvenco 500 Hz ima fazno hitrost 350 m/s. Kolikšna je razdalja med sosednjima točkama, ki se v fazi razlikujeta za 60° ? Kolikšna je fazna razlika valovanja v neki točki po 1 ms? (63,6 cm; 3,46 rad)
6. Na vijačni vzmeti vzbudimo valovanje s frekvenco 25 Hz. Razdalja med sosednjimi razredčinami je 24 cm. Kolikšna je hitrost valovanja? (6 m/s)
7. Kolikšna je hitrost transversalnega valovanja v vrvici z maso 60 g in dolžino 2 m, napeti s silo 500 N? (129 m/s)
8. Pokaži, da je naklon vrvice na mestu x pri transversalnem valovanju enak razmerju trenutne hitrosti na tem mestu in fazne hitrosti!
9. Kolikšna je hitrost valovanja na vrvici, naviti v krog polmera r , ki se vrti okoli svojega središča s frekvenco ω ? Zanemari vpliv gravitacije. (ωr)
10. Kolikšna je največja hitrost dela vrvice pri transversalnem valovanju s frekvenco 200 Hz in amplitudo 5 mm? (6,3 m/s)
11. Izvor z močjo 1 W oddaja krogelne valove v izotropno sredstvo. Kolikšna je gostota energijskega toka na oddaljenosti 1 m od izvora, če se v snovi valovi ne absorbirajo? ($8,0 \times 10^{-2}$ W/m²)
12. Izrazi gostoto energijskega toka z volumsko gostoto energije in hitrostjo razširjanja valovanja! Kolikšna je volumska gostota energije radijskih valov na razdalji 500 km od izvora z močjo 50 kW, če se valovi širijo kot krogelni valovi? ($j = wc$; $5,31 \times 10^{-16}$ J/m³)
13. Kako se z oddaljenostjo od osi spreminjata amplituda in gostota energijskega toka valov, ki jih oddaja izvor oblike neskončno dolgega valja?
14. Kolikšna je amplituda valovanja, ki ga dobimo tako, da sestavimo valovanji z enakima frekvencama, amplitudama 3 cm in 4 cm ter fazno razliko $\pi/2$? (5 cm)
15. Oddajnik in sprejemnik visokofrekvenčnega valovanja z valovno dolžina λ sta na ravni površini d narazen. Direktni žarek je v fazi (konstruktivno interferira) z žarkom, ki se odbije na zrcalu, postavljenem v višini H nad ravnino, v kateri ležita oddajnik in sprejemnik. Za koliko moramo dvigniti zrcalo, da sprejemnik ne zazna signala?
($\sqrt{(\sqrt{d^2/4 + H^2} + \lambda/4)^2 - d^2/4} - H$)
16. Nariši trenutno sliko valovanja sestavljenega iz treh valovanj iste frekvence z amplitudami 1 cm, 1/2 cm in 1/3 cm ter relativnimi fazami 0, $\pi/2$ in π !
17. Nihanje strune opišemo z enačbo $y = 5 \sin(\pi x/3) \cos(40\pi t)$, kjer y in x merimo v centimetrih in čas t v sekundah. Kolikšni sta amplitudi in hitrosti valovanj, ki tvorita tako stoječe valovanje? Kolikšen je razmak med vozli? Kolikšna je hitrost dela strune na mestu $x = 1,5$ cm v trenutku $t = 9/8$ s? (2,5 cm; 2,5 cm; 1,2 m/s; -1,2 m/s; 3 cm; 0)
18. Motnji se premikata v nasprotnih smereh po struni, kot kaže slika 51. Skiciraj obliko strune po 0,5 s, 1 s, 1,5 s, 2 s in 2,5 s, če sta motnji na začetku 6 cm narazen in je hitrost valovanja enaka 2 cm/s. Kaj je z energijo ob času $t = 1,5$ s?
19. Vrvico na enem koncu pritrdimo na glasbene vilice, ki nihajo s frekvenco 60 Hz v smeri pravokotno na vrvico. Drug konec vrvice je napeljan preko škripca in nanj je pritrjena utež. Od vilic do škripca je 1 m. En meter vrvice ima maso 30 g. Kolikšna mora biti masa uteži, če želimo, da na vrvici nastanejo štirje hrbti stoječega valovanja? (2,76 kg)



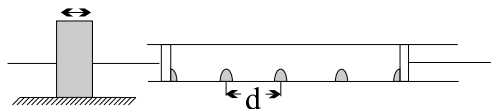
Slika 51:

20. Človek lahko sliši zvok s frekvenco, višjo od 20 Hz, in nižjo od 20 kHz. Katere valovne dolžine ustrezajo temu intervalu? (17 m; 17 mm)
21. Kolikšna je valovna dolžina zvoka s frekvenco 440 Hz v zraku in kolikšna v vodi? Hitrost zvoka v zraku je 340 m/s, v vodi pa 1482 m/s. (77,3 cm; 3,37 m)
22. Netopirji lahko oddajajo zvok, katerega najmanjša valovna dolžina je 3,25 mm. Katera je potem najvišja frekvenca, ki jo netopir še sliši? (105 kHz)
23. Grom zaslišimo 5 s po blisku. Koliko stran je udarila strela? (1,7 km)
24. Kamen spustimo v vodnjak in zaslišimo pljusk po 3 s. Kolikšna je globina vodnjaka? (40,7 m)
25. Po enem koncu železne cevi udarimo s kladivom. Na drugem koncu zaslišimo dva poka 1,4 s narazen. Kolikšna je dolžina cevi? Hitrost zvoka v železu je 5941 m/s. (4,16 km)
26. Kolikšna je gostota energijskega toka v zraku na mestu, kjer je amplituda tlaka 1 Pa?
27. Kolikšna je gostota energijskega toka v zraku na mestu, kjer je amplituda odmikov zračnih molekul enaka 0,1 mm?
28. Ton s frekvenco 300 Hz ima gostoto energijskega toka enako $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Kolikšna je amplituda nihanja molekul v zraku? (0,23 μm)
29. Dva zvočnika oddajata signal s frekvenco 200 Hz enakomerno v vse smeri. En zvočnik oddaja zvok z močjo 1,2 mW, drug pa z močjo 1,8 mW. Zvočnika vibrirata sočasno (v fazi). V kakšni zvezi sta fazi valovanj v točki, ki je od prvega zvočnika oddaljena 4 m in od drugega 3m? Kolikšna je gostota energijskega toka v tej točki, če oba zvočnika delujeta? Kolikšna je gostota energijskega toka, če prvi (drugi) zvočnik izključimo? (razlika v fazi je 3,7 rad; $5,2 \mu\text{W}/\text{m}^2$; $5,96 \mu\text{W}/\text{m}^2$; $15,9 \mu\text{W}/\text{m}^2$)
30. Zvočnik oddaja zvok enakomerno v vse smeri in je postavljen 3 m od ravne stene, od katere se zvok odbije brez absorpcije. Mikrofon je postavljen tako, kot kaže slika 52. Frekvenco zvoka lahko zvezno spreminjamo. Poišči dve najnižji frekvenci, pri katerih je jakost zvoka, ki jo zaznamo z mikrofonom, največja! Hitrost zvoka je 340 m/s. (64,3 Hz; 129 Hz)



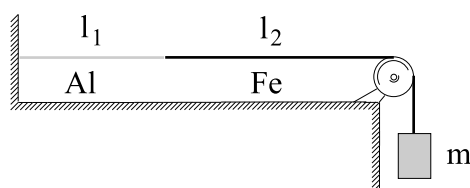
Slika 52:

31. V 1 m dolgi, navpični stekleni cevi je voda. Višino vodnega stolpca lahko poljubno spreminjamo. Glasbene vilice, ki zvenijo s frekvenco 660 Hz, držimo tik nad odprtim vrhom cevi. Kje mora biti gladina vode, da bo zvok v resonanci? (12,9 cm pod vrhom)
32. S Kundtovo metodo določimo hitrost zvoka v plinu, tako da zapremo plin v stekleno cev, v kateri so nasuti drobni koščki plute. En konec cevi zapira ploščica, ki lahko niha longitudinalno, drugi konec cevi pa ploščica, ki jo lahko pomikamo vzdolž cevi (slika 53). Prvo ploščico zanihamo z znano frekvenco in premikamo drugo ploščico, dokler v cevi ne nastanejo vozli in hrbti stoječega valovanja. V hrbtih se naberejo koščki plute. Kolikšna je hitrost zvoka, če izmerimo razdaljo med hrbti d in je frekvenca enaka ν ? ($c = 2d\nu$)
33. En meter dolga cev je zaprta na enem koncu. Pred odprt konec postavimo napeto struno. Struna je dolga 0,3 m in ima maso 10 g. Ko zanihamo struno s prvo lastno frekvenco, tudi zvok v cevi zaniha s prvo lastno frekvenco. Kolikšna je ta frekvenca in s kolikšno silo moramo napeti struno? (340 Hz; 1390 N)



Slika 53:

34. Cev lahko uporabimo kot akustični filter, saj ne prepušča zvoka s frekvencami, ki se razlikujejo od lastnih frekvenc v cevi (tako deluje tudi dušilec v izpušni cevi avtomobila). Zapiši zvezo med najnižjo frekvenco zvoka, ki pride skozi cev, in dolžino cevi. ($\nu = c/2l$)
35. Osnovni ton odprte orgelske piščali ima frekvenco 300 Hz. Če drugo orgelsko piščal zapremo, ima njen prvi višji ton enako frekvenco kot prvi višji ton odprte prve cevi. Kolikšna je dolžina obeh piščali? (28,3 cm odprta; 37,8 cm zaprta)
36. Violinska struna je dolga 50 cm in ima maso 2 g. Struna zveni z noto A (440 Hz), kadar zaniha, ne da bi jo držali s prstom. Kje je treba pritisniti struno s prstom, da bo struna zvenela z noto C (528 Hz)? (41,7 cm od konca strune, ki je bližje bradi)
37. Struna na violini je uglasena na neko noto. Za koliko moramo povečati napetost v struni, da bo struna oglašena eno oktavo višje (še enkrat višja frekvenca)? ($\Delta F = 3F$)
38. Aluminijasta žica, dolžine 60 cm in preseka $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$, je speta z železno žico enakega preseka. Sestavljena žica je obtežena z utežjo, ki ima maso 10 kg, kot kaže slika 54. Razdalja od stika obeh žic do škripca je 86,6 cm. V žici vzbudimo transverzno valovanje. Kolikšna je najmanjša frekvenca, pri kateri ima stoječe valovanje na žici vozle na stiku aluminija in železa? Koliko je vseh vozlov na žici v tem primeru? Gostota aluminija je $2,7 \text{ g/cm}^3$, gostota železa pa $7,8 \text{ g/cm}^3$. (323 Hz; 8)



Slika 54:

39. Dve identični klavirski struni zvenita s frekvenco 600 Hz, kadar sta napeti z enako silo. Koliko moramo povečati silo v eni od strun, da pri hkratnem zvenu obeh strun slišimo 6 utripov v sekundi? ($\Delta F = 0,02F$)
40. Kadar glasbene vilice z neznano frekvenco zvenijo skupaj z vilicami, katerih frekvenca je 384 Hz, slišimo tri utripe v sekundi. Frekvenca utripanja se zmanjša, če na glasbene vilice z neznano frekvenco pritrdimo košček voska (zaradi dodane mase je frekvenca vilic manjša). Kolikšna je frekvenca, s katero zvenijo glasbene vilice? (387 Hz)
41. Mikrovalovi, ki se razširjajo s svetlobno hitrostjo, se odbijejo od letala. Odbiti valovi interferirajo z valovi, ki jih oddaja oddajnik. Zaznamo utripanje s frekvenco 990 Hz. Kolikšna je hitrost letala, če je valovna dolžina izsevanih mikrovalov 10 cm? (99 m/s)
42. Ali je možna hitrost, pri kateri bi rdečo svetlobo videli kot zeleno? Valovna dolžina rdeče svetlobe je 620 nm in zelene 540 nm. ($4,44 \times 10^7 \text{ m/s}$)
43. Sirena, ki tuli s frekvenco 540 Hz, se vrti po krogu premera 1 m s kotno hitrostjo 15 s^{-1} . Kolikšni sta največja in najmanjša frekvenca, ki ju sliši poslušalec, ki miruje daleč stran od središča krožnice? (545 Hz; 517 Hz)
44. Sirena, ki zavija s frekvenco 1000 Hz, se oddaljuje od poslušalca proti navpičnim pečinam s hitrostjo 10 m/s. Kolikšna je frekvenca zvoka, ki ga sliši poslušalec naravnost od sirene? Kolikšna je frekvenca zvoka, ki se odbije od pečin? Kolikšna je frekvenca utripanja zvoka, ki nastane z interferenco zvoka, ki se širi naravnost od sirene, in zvoka, ki se odbija od pečin? Hitrost zvoka je 330 m/s. (971 Hz; 1031 Hz; 60 Hz)
45. Policaj lovi lopova. Oba drvita s hitrostjo 150 km/h. Sirena na policijskem avtomobilu zavija s frekvenco 500 Hz. Kolikšno frekvenco sliši lopov? (500 Hz)

46. Zvočnik, ki oddaja ton s frekvenco 1080 Hz, se pomika proti desni s hitrostjo 35 m/s glede na tla. Desno od zvočnika je zaslon, od katerega se zvok odbija. Zaslon se premika v levo s hitrostjo 70 m/s glede na tla. Hitrost zvoka je 330 m/s. Kolikšna je v mirujočem zraku valovna dolžina zvoka, ki ga oddaja zvočnik? Kolikšno je število valov, ki v eni sekundi vpadejo na zaslon? Kolikšna je hitrost valov, ki vpadajo na zaslon? Kolikšna je valovna dolžina odbitih valov? (27,3 cm; 1464; 330 m/s; 17,8 cm)
47. Krogla odleti iz puškine cevi s hitrostjo 700 m/s. Kolikšen kot oklepa udarni val s smerjo hitrosti krogle? (29°)
48. Letalo, ki ima hitrost 1,5 Macha, nas preleti na višini 5 km. Kolikšen kot oklepa udarni val s smerjo hitrosti letala? Koliko časa poteče od trenutka, ko je letalo točno nad nami, do trenutka, ko nas doseže udarni val? (42°; 11 s)
49. Hitrost svetlobe v vodi je približno 3/4 hitrosti svetlobe v vakuumu. Curek hitrih elektronov iz betatrona, oddaja v vodi svetlobo Čerenkova. Valovna fronta se širi v obliki stožca, ki ima pri vrhu kot 120°. Kolikšna je hitrost elektronov v vodi? ($2,60 \times 10^8$ m/s)

16 Temperatura

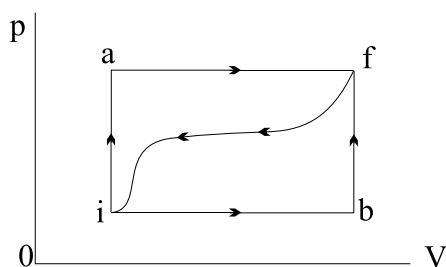
1. Pri kateri temperaturi je število Celzijevih stopinj enako številu Fahrenheitovih? Pri kateri temperaturi je število Fahrenheitovih stopinj enako številu kelvinov? (-40; 574,6)
2. Za merjenje temperature v območju od 0 do 660 °C se uporablja uporovni termometer iz platine. Upor termometra opiše enačba $R = R_0(1 + AT + BT^2)$, kjer so R_0 , A in B konstante, ki jih določimo iz meritve upora pri treh standardnih temperaturah. Pri tališču ledu (0,00 °C) je upor termometra enak 10,000 Ω, pri vrelišču vode (100,00 °C) je upor enak 13,946 Ω in pri vrelišču žvepla (444,60 °C) 24,817 Ω. Iz podatkov določi R_0 , A in B . Nariši graf, ki prikazuje odvisnost upora od temperature za območje temperatur od 0 do 660 °C. ($R_0 = 10000\Omega$; $A = 0,016083$ K⁻¹; $B = -2,137 \times 10^{-5}$ K⁻²)
3. Kolikšni morata biti dolžini železne in medeninaste palice pri 273 K, da bo razlika njunih dolžin pri katerikoli temperaturi enaka 30 cm? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za železo je $1,1 \times 10^{-5}$ 1/K in za medenino $1,9 \times 10^{-5}$ 1/K. (71,3 cm; 41,3 cm)
4. Premer luknje, izvrtane v železno ploščo, je 2,5 cm pri temperaturi 273 K. Kolikšen je premer luknje, ko ploščo segrejemo na 373 K? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za železo je $1,1 \times 10^{-5}$ 1/K. ($\Delta r = 27,5\mu\text{m}$)
5. Stekleno zrcalo teleskopa na gori Palomar (ZDA), ulito iz stekla pyrex, ima premer 508 cm. Temperatura na observatoriju se spreminja od -10 do 50 °C. Kolikšna je največja razlika v premeru zrcala? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za steklo pyrex je 9×10^{-6} 1/K. (2,74 mm)
6. Medeninasto nihalo nihajne ure ima nihajni čas 0,500 s pri temperaturi 20 °C. Takrat ura kaže pravilen čas. Kolikšen popravek ure je potreben po 30 dneh delovanja pri temperaturi 30 °C? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za medenino je $1,9 \times 10^{-5}$ 1/K. (246 s)
7. Razpon med stebroma mostu Golden Gate je 1280 m. Kabel, obešen med stebroma, je na sredini povešen za 143 m pri 10 °C. Za koliko se razlikujeta dolžina in povešanje kabla pri temperaturah -20 in 40 °C? Privzemi, da je razmik med stebroma vseskozi enak in da lok kabla lahko opišemo s parabolo. Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za kabel je $1,1 \times 10^{-5}$ 1/K. (92,9 cm; 6,9 cm)
8. Stekleno cevko, skoraj polno živega srebra, pritrdimo na dno 100 cm dolgega železnega nihala. Kolikšna mora biti višina stolpca živega srebra, da se težišče nihala ne spreminja s temperaturo? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za železo je $1,1 \times 10^{-5}$ 1/K in koeficient prostorninskega temperaturnega raztezka za živo srebro $1,9 \times 10^{-4}$ 1/K. (5,79 cm)
9. Jekleni valj ima pri 25 °C premer 3,000 cm. Notranji premer medeninanstega obroča je pri tej temperaturi enak 2,992 cm. Pri kateri temperaturi se obroč ravno prilega valju? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za železo je $1,1 \times 10^{-5}$ 1/K in medenino je $1,9 \times 10^{-5}$ 1/K. (360°C)
10. Izrazi spremembo površine pravokotnika ΔS s spremembama dolžin stranic Δa , Δb in koeficientom linearnega temperaturnega raztezka α !
11. Izrazi spremembo prostornine kvadra ΔV s spremembami dolžin stranic Δa , Δb , Δc in koeficientom linearnega temperaturnega raztezka α !
12. Ko se temperatura bakrenega novca poveča za 100 K, se mu premer poveča za 0,18 %. Na dve mesti natančno zapiši relativno povečanje površine prednje strani, debeline, prostornine in mase kovanca. Kolikšen je koeficient linearnega temperaturnega raztezka? (0,0036; 0,0018; 0,0054; 0; $1,8 \times 10^{-5}$ K⁻¹)

13. Kolikšna je sprememba prostornine aluminijaste kroglice polmera 10 cm, če jo segrejemo z $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $100\text{ }^{\circ}\text{C}$? Kolikšna je sprememba površine kroglice? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka za aluminij je $2,3 \times 10^{-5}\text{ }1/\text{K}$. ($2,89 \times 10^{-5}\text{ m}^3$; $5,78 \times 10^{-4}\text{ m}^2$)
14. Presek kapilare živosrebrnega termometra A_0 naj bo konstanten. V_0 naj bo prostornina živega srebra pri temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ta prostornina je tudi enaka prostornini steklene bučke, iz katere izhaja kapilara. Izrazi višino stolpca živega srebra pri temperaturi T , če je koeficient prostorninskega temperaturnega raztezka živega srebra enak $\beta = 1,8 \times 10^{-4}\text{ }1/\text{K}$, koeficient linearnega temperaturnega raztezka stekla pa je $\alpha = 9 \times 10^{-6}\text{ }1/\text{K}$. ($h = V_0(\beta - 3\alpha)\Delta T/A_0$)
15. Kolikšna je sprememba gostote, če se temperatura spremeni za ΔT in je koeficient prostorninskega temperaturnega raztezka enak β ? ($\Delta\rho = -\rho\beta\Delta T$)
16. Pokaži, da je sprememba vztrajnostnega momenta nekega predmeta enaka $\Delta J = 2\alpha J\Delta T$, sprememba nihajnega časa fizičnega nihala pa $\Delta t_0 = \frac{1}{2}\alpha t_0\Delta T$, če se temperatura poveča za ΔT !
17. Medeninast valj z maso 0,50 kg ima premer 0,030 m. Valj je vpet v ležaje in se brez trenja vrti okoli svoje osi s kotno hitrostjo 60 Hz. Kolikšen je vztrajnostni moment valja in koliko dela potrebujemo, da iz mirovanja valj poženemo do take hitrosti? Ko valj doseže končno hitrost, ga segrejemo brez mehanskega dotika z $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koeficient linearnega temperaturnega raztezka medenine je $2,0 \times 10^{-5}\text{ }1/\text{K}$. Kolikšne so relativne spremembe kotne hitrosti, vztrajnostnega momenta, vrtilne količine in rotacijske kinetične energije valja? ($5,63 \times 10^{-5}\text{ kg m}^2$; $0,101\text{ J}$; $-3,2 \times 10^{-3}$; $3,2 \times 10^{-3}$; 0 ; $-3,2 \times 10^{-3}$)
18. Dve navpični stekleni cevki sta pri dnu povezani s tanko kapilaro, tako da se tekočina v cevkah lahko pretaka. Ena cevka je v posodi, kjer je temperatura enaka $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, druga pa v posodi, v kateri je temperatura enaka T . Pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sta oba stolpca visoka h_0 , ko pa en stolpec segrejemo do temperature T , je višinska razlika gladin v obeh stolpcih enaka h . Kolikšen je koeficient prostorninskega temperaturnega raztezka tekočine, če je $T = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$, $h_0 = 126\text{ cm}$ in $h = 1,50\text{ cm}$? (S tako pripravo se izognemo vplivu razširjanja stekla zaradi segrevanja.) ($2,47 \times 10^{-4}\text{ K}^{-1}$)

17 Toplota

1. Pri Jouloovem poskusu pade utež z maso 6 kg z višine 50 m na mlinsko kolo in ga zavrti. Mlinsko kolo z vrtenjem segreva kilogram vode, ki je v začetku pri $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolikšna je temperatura vode, ko se mlinsko kolo in vrtinci v vodi umirijo? ($15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$)
2. Za koliko bi se lahko povečala temperatura vode, ki pada prek 50 m visokih Niagarskih slapov, če bi se vsa potencialna energija vode porabila za segrevanje? ($0,117\text{ K}$)
3. Kolikšen bi bil toplotni tok iz človeka, v primerjavi s 100 W žarnico, če bi vso energijo, ki jo pridobimo z uživanjem hrane, izsevali s konstantnim toplotnim tokom? Na dan zaužijemo hrano s kalorično vrednostjo 4000 kcal. ($P_{\text{človeka}}/P_{\text{žarnice}}=1,94$)
4. Ledena kocka z začetno maso 50 kg in temperaturo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ začne drseti po vodoravnih tleh s hitrostjo 5,38 m/s. Zaradi trenja se ustavi po 28,3 m. Koliko ledu se stopi zaradi trenja, če se za gretje ledu porabi toliko toplote, kot za gretje tal? Privzemi, da se masa kocke zmanjša tako malo, da je sila trenja konstantna. ($2,2 \times 10^{-5}\text{ kg}$)
5. V kovinski posodi z maso 4 kg je 15 kg vode. Temperatura vode in posode je enaka $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. V posodo vržemo kos enake kovine z maso 2 kg in temperaturo $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zmesna temperatura je enaka $32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolikšna je specifična toplota kovine? (2120 J/kg K)
6. Na termometru z maso 0,055 kg in specifično toploto 840 J/kg K odčitamo temperaturo $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Termometer nato potopimo v 0,3 kg vode. Ko se termometer umiri, odčitamo temperaturo $44,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolikšna je bila temperatura vode, preden smo vanjo potopili termometer? ($45,5\text{ }^{\circ}\text{C}$)
7. Električni grelec greje vodo, ki se pretaka v cevi, z močjo 1 kW. Volumski pretok vode je 60 l/h. Za koliko je temperatura na izhodu cevi višja od temperature na vhodu? ($14,3\text{ K}$)
8. Z električnim grelcem dovajamo izoliranemu telesu energijo s konstantno močjo. Kako lahko iz meritve časovne odvisnosti temperature ugotovimo temperaturno odvisnost specifične toplote telesa? ($c(T) = \frac{P}{mT}$)
9. V kakšni zvezi sta povprečna specifična toplota snovi v temperaturnem intervalu od 0 do T_0 in specifična toplota snovi pri srednji temperaturi $T_0/2$, če temperaturno odvisnost specifične toplote podaja enačba $c = c_0 + aT^2$? ($c(T_0/2) = c_0 + aT_0^2/3$)
10. Specifična toplota srebra pri normalnem zračnem tlaku je v intervalu od 50 K do 100 K podana s $c = c_0 + aT - bT^2$, kjer je $c_0 = 0,15\text{ cal/mol K}$, $a = 0,076\text{ cal/mol K}^2$ in $b = 0,00026\text{ cal/mol K}^3$. Koliko toplote potrebujemo, da 216 g srebra segrejemo s 50 K na 100 K? Molska masa srebra je 108 g/mol. (1820 J)

11. V medeninast blok z maso 0,5 kg vrtamo 2 minuti z močjo 0,4 kW. Koliko toplote nastane? Za koliko se dvigne temperatura medenine, če se 75 % nastale toplote porabi za njeno segrevanje? Kaj se zgodi z ostalimi 25 % odstotki toplote? Specifična toplota medenine je 380 J/kg K. (189 K)
12. Svinčena krogla z maso 2 g se s hitrostjo 200 m/s zarije v leseno klado balističnega nihala. Za koliko se segreje krogla, če se za njeno segrevanje porabi vsa toplota, ki nastane pri trku? Privzemi, da je masa klade mnogo večja od mase krogle. Specifična toplota svine je 128 J/kg K. (156 K)
13. Bakren valj z dolžino 25 cm in velikostjo osnovne ploskve 1 cm² ima izoliran obod. Zgornja osnovna ploskev je pri 0 °C, spodnja pa pri 125 °C. Kolikšen je temperaturni gradient znotraj valja? Kolikšen toplotni tok teče po valju? Kolikšna je gostota toplotnega toka v valju? Kolikšna je temperatura 10 cm nad spodnjo osnovno ploskvijo valja? Toplotna prevodnost bakra je 380 W m K. (500 K/m; 19 W; $1,9 \times 10^5$ W/m²; 75 °C)
14. Kolikšna je toplotna prevodnost stene, sestavljene iz d_1 debele plasti snovi s prevodnostjo k_1 in d_2 debele plasti s prevodnostjo k_2 ? ($k = \frac{(d_1+d_2)k_1k_2}{d_1k_2+d_2k_1}$)
15. Predpostavimo, da je toplotna prevodnost bakra dvakrat večja od prevodnosti aluminija in štirikrat večja od prevodnosti medenine. Tri palice, iz bakra, aluminija in medenine, so dolge 6 cm in imajo premer 1 cm. Palice postavimo v vrsto eno za drugo, tako da se dotikajo z osnovnimi ploskvami. Aluminijasta palica je na sredini. Bakreni konec je pri temperaturi 100 °C, medeninasti pa pri 0 °C. Kolikšna je temperatura na stiku medenine in aluminija in kolikšna na stiku bakra in aluminija? (57,1 °C; 85,7 °C)
16. Kolikšen je toplotni tok iz krogle polmera R_1 , segrete na temperaturo T_1 , če jo obdaja s plašč debeline d s toplotno prevodnostjo k , temperatura okolice pa je enaka T_2 ? ($P = \lambda(T_1 - T_2)4\pi(R + d)R/d$)
17. Toplota, ki nastane v zemljini sredici zaradi radioaktivnih razpadov, s toplotnim prevajanjem pride na površje. Temperaturni gradient pod površjem je povprečno 0,07 °C/m. Povprečni koeficient toplotne prevodnosti je 0,8 W m K. Kolikšna je gostota toplotnega toka na zemljinem površju? Koliko toplote se sprosti skozi površje vsak dan? (56×10^{-3} W/m²; $2,49 \times 10^8$ J)
18. Kolikšen je toplotni tok na enoto dolžine iz neskončno dolgega cilindra polmera R_1 , segretega na temperaturo T_1 , ki ga obdaja plašč z debelino d in toplotno prevodnostjo k , temperatura okolice pa je T_2 ? ($P/l = 2\pi\lambda(T_1 - T_2)/\ln(1 + d/R)$)
19. Z enega metra wolframove žice, po kateri teče električni tok, se sprošča toplotni tok 3 kW. Premer žice je 0,5 mm, obdana pa je s keramičnim valjem premera 12 cm. Žica je segreta na 1500 °C, temperatura okolice je 20 °C. Kolikšna je toplotna prevodnost keramike? (1,77 W/m K)
20. Da sistem preide iz stanja i v stanje f po poti iaf (slika 55), mu moramo dovesti 50 J toplote, sistem pa pri tem opravi 20 J dela. Po poti ibf dovedemo sistemu 36 J toplote. Koliko dela opravi sistem pri prehodu iz i v f skozi b ? Koliko toplote prejme sistem kadar gre iz f v i po krivulji, če takrat prejme 13 J dela? Kolikšna je končna notranja energija W_f , če je začetna notranja energija W_i enaka 10 J? Koliko toplote dobi sistem pri prehodu iz i v b , če je vrednost notranje energije v stanju b enaka 22J? Koliko toplote dobi sistem pri prehodu iz b v f ? (6 J; 43 J; 40 J; 18 J; 18 J)



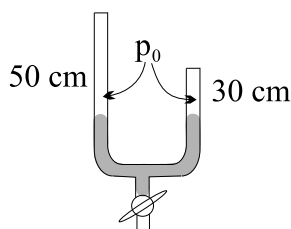
Slika 55:

21. Valj je na eni strani zaprt s premičnim batom, na drugi pa s togo steno. V valju je plin. Valj je potopljen v mešanico vode in ledu. Plin hitro stisnemo z batom. Pri tem se plin segreje. Potem počakamo, da se plin ponovno shladi na 0 °C, nakar plin počasi raztegemo na začetno prostornino. Pri tem se stopi 100 g ledu. Koliko dela opravimo pri stiskanju in razširjanju plina? Talilna toplota ledu je 333 kJ/kg. (33,3 kJ)
22. Petkilogramsko železno kroglo spustimo na betonska tla z višine 10 m. Po prvem odboju se krogla dvigne do višine 0,5 m. Predpostavi, da vsa makroskopska mehanska energija, ki se izgubi pri trku, ostane v krogli. Specifična toplota železa je 500 J/kg K. Ali je krogla prejela toploto med odbojem? Ali je bilo na krogli opravljeno delo? Ali

se je pri odboju spremenila notranja energija krogle? Za koliko se je spremenila notranja energija krogle? Za koliko se je dvignila temperatura krogle po prvem odboju? (ne; da; da; 465,5 J; 0,186 K)

18 Kinetična teorija plinov

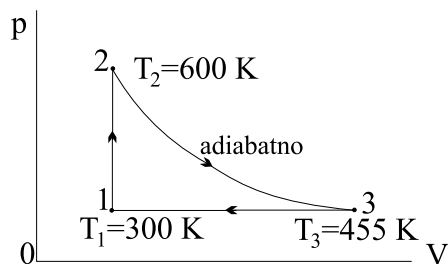
- Gostota zraka pri 0 °C in 1 b je 1,293 kg/m³. V enakih razmerah je gostota kisika 1,429 kg/m³ in gostota dušika 1,251 kg/m³. Koliko odstotkov dušika je v zraku, če poenostavimo, da je zrak mešanica dušika in kisika? (74 %)
- Zračni mehurček s prostornino 20 cm³ je na dnu 40 m globokega jezera, kjer je temperatura 4 °C. Mehurček se dvigne na površino, kjer je temperatura 20 °C. Kolikšna je prostornina mehurčka tik pod gladino, če privzamemo, da je njegova temperatura enaka temperaturi vode na tej globini? (104 cm³)
- En mol idealnega plina izotermno razpnemo. Izrazi količino toplote, ki jo pri tem prejme, kot funkcijo temperature ter začetne in končne prostornine. ($nRT \ln(V_k/V_z)$)
- Koliko dela opravimo, ko stisnemo en mol kisika s prostornino 22,4 l pri temperaturi 0 °C in tlaku 1 b, na prostornino 16,8 l pri isti temperaturi? (653 J)
- Kisik ima pri temperaturi 40 °C in tlaku 1 b prostornino 1 l. Plin razpnemo na 1,5 l pri tlaku 1,2 b. Kolikšna je masa in končna temperatura kisika? (1,23 g; 563 K)
- Avtomobilska zračnica ima prostornino 16,0 l in je napolnjena z zrakom pod tlakom 2 b pri temperaturi 0 °C. Kolikšen je tlak v zračnici pri temperaturi 27 °C, če se pri tem prostornina poveča na 16,3 l? (2,16 b)
- Manometriška cevka v obliki črke U z različno dolgima krakoma je napolnjena z živim srebrom, tako da je v enem kraku stolpec zraka dolg 50 cm, v drugem pa 30 cm (slika 56). Cevka je zaprta in v njej je tlak p_0 . Presek cevke je 1 cm². Skozi ventil pri dnu cevke pri konstantni temperaturi dodamo 10 cm³ živega srebra. V levem kraku se gladina dvigne za 6 cm, v desnem pa za 4 cm. Kolikšen je bil tlak p_0 ? (3,4 kPa)



Slika 56:

- Tanka cevka z dolžino 1 m leži vodoravno in je zaprta na obeh koncih. Na sredini cevke je 10 cm dolg stolpec živega srebra, drugje je zrak s tlakom 1b. Za koliko se premakne stolpec živega srebra, če cevko počasi obrnemo pokonci? (2,99 cm)
- Masa vodikove molekule je $3,32 \times 10^{-27}$ kg. Kolikšen je tlak vodika na steni, če vsako sekundo v steno trči 10^{23} vodikovih molekul? Molekule se premikajo s hitrostjo 10^7 m/s pod kotom 45° glede na steno, ki je velika 2 cm². (235 b)
- Kolikšna je povprečna kinetična energija molekul idealnega plina pri 0 °C in pri 100 °C? Kolikšna je kinetična energija enega mola idealnega plina pri teh temperaturah? ($6,56 \times 10^{-21}$ J; $7,72 \times 10^{-21}$ J; 3390 J; 4630 J)
- Izračunaj koren povprečnega kvadrata hitrosti za atom argonovega plina pri sobni temperaturi (20 °C)! Pri kateri temperaturi bo velikost hitrosti polovico te vrednosti? Pri kateri pa bo dvakrat večja? (426 m/s; 73,3 K; 1170 K)
- Pri kateri temperaturi je koren iz povprečnega kvadrata hitrosti vodikovih molekul enak ubežni hitrosti iz gravitacijskega polja Zemlje? Kolikšna je ta temperatura za kisik? Izračunaj isto za Luno, kjer je gravitacijski pospešek na površini enak 0,164 g. Temperatura pri vrhu zemljine atmosfere je 1000 K. Ali pričakuješ tam veliko vodika? Kisika? (10120 K; 162000 K; 450 K; 7200 K)
- Pri kateri temperaturi je povprečna velikost kinetične energije molekule v idealnem plinu enaka kinetični energiji elektrona, ki ga iz mirovanja pospeši napetost enega volta? (7730 K)
- Kako izračunaš koren iz povprečnega kvadrata hitrosti v heliju in argonu pri 40 °C, če poznaš iz vrednost za kisik pri 0 °C (460 m/s)? Molska masa kisikovih molekul je 32 g/mol, argona 40 g/mol in helija 4 g/mol. (1300 m/s; 514 m/s)

15. Izračunaj število molekul v plinu s prostornino 1 cm^3 pri tlaku 1 mb in temperaturi 200 K ! ($3,6 \times 10^{16}$)
16. Molekule 1 g vode enakomerno razporedimo po zemeljski površini. Koliko molekul pride na 1 cm^2 površine? (6480)
17. Kisik je pri temperaturi 273 K in tlaku 1 b zaprt v kocki s stranico 10 cm . Kolikšna je sprememba potencialne energije kisikove molekule, če pade od vrha kocke do dna, v primerjavi z njeno povprečno kinetično energijo? ($9,25 \times 10^{-6}$)
18. Zamislimo si, da molekule idealnega plina pri temperaturi $0 \text{ }^\circ\text{C}$ in tlaku 1 b obstanejo enakomerno porazdeljene v prostoru, tako da zasedejo središča enako velikih, tesno zloženih kock. Velikost molekule naj bo $0,3 \text{ nm}$. Kolikšno je razmerje stranice kocke in velikosti molekule? Izračunaj to razmerje tudi za vodo, kjer je prostornina enega mola 18 cm^3 . (11,2; 1,04)
19. Kolikšna je povprečna hitrost molekul v idealnem plinu pri temperaturi $273 \text{ }^\circ\text{F}$, gostoti $1,24 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ in tlaku 10 mb ? Kolikšna je molska masa plina? O katerem plinu govorimo? (491 m/s; 42 g/mol; argon)
20. Izpelji Avogadrov zakon! Ta pravi, da pri izbrani temperaturi in tlaku enako število molekul različnih plinov zaseda enako prostornino. Pri izpeljavi si pomagaj z ekviparticijskim izrekom in kinetično teorijo plinov ($p = \frac{1}{3}\rho v^2$).
21. Izpelji Daltonov zakon! Nanaša se na mešanice plinov, ki med seboj kemijsko ne reagirajo, in pravi, da je tlak posameznega plina iz mešanice enak delnemu tlaku, ki bi ga imel plin, če bi sam napolnjeval celo posodo (pri enaki temperaturi), celoten tlak v posodi pa je enak vsoti delnih tlakov. Pomagaj si s kinetično teorijo plinov.
22. Specifična toplota argona pri konstantni prostornini je enaka $c_v = 315 \text{ J/kg K}$. Kolikšna je masa argonovega atoma in kolikšna je atomska masa argona? ($6,6 \times 10^{-26} \text{ kg}$; 39,5 g/mol)
23. Masa helijevega atoma je $6,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Kolikšna je helijeva specifična toplota pri konstantni prostornini? (3120 J/kg K)
24. Koliko toplote moramo dovesti pri konstantnem tlaku enemu molu kisika, da se mu prostornina podvoji? Začetna temperatura je $0 \text{ }^\circ\text{C}$. (7,9 kJ)
25. Pri konstantnem tlaku 1 b segrejemo 10 g kisika od $27 \text{ }^\circ\text{C}$ na $127 \text{ }^\circ\text{C}$. Koliko toplote prejme kisik pri tem? Kolikšen del toplote se porabi za povečanje notranje energije kisika? (909 J; 0,43)
26. Pokaži, da je hitrost zvoka v idealnem plinu neodvisna od tlaka in gostote plina!
27. Za koliko se poveča hitrost zvoka v ledenomrzlem zraku ($\sim 0 \text{ }^\circ\text{C}$) pri povečanju temperature za 1 K ? (60,4 cm/s)
28. Kolikšno je razmerje zvočnih hitrosti v plinih z molskima masama M_1 in M_2 pri konstantni temperaturi? ($c_1/c_2 = \sqrt{M_2\kappa_1/M_1\kappa_2}$)
29. Gostota zraka pri temperaturi $0 \text{ }^\circ\text{C}$ in tlaku 1 b je $1,291 \text{ g/l}$. Hitrost zvoka v teh razmerah je 332 m/s . Kolikšno je razmerje specifičnih toplot pri konstantnem tlaku in pri konstantni prostornini? (1,42)
30. Enoatomni plin s temperaturo $17 \text{ }^\circ\text{C}$ v trenutku stisnemo na eno desetino začetne prostornine. Kolikšna je temperatura stisnjene plina? Kolikšna pa je ta temperatura za dvoatomni plin? (1350 K; 728 K)
31. Atomska masa joda je 127 kg/kmol . Vozli stoječega zvočnega valovanja, ki ga vzbudimo z zvokom 1000 Hz , v cevi, napoljnjeni z jodovo paro pri 400 K , so $6,77 \text{ cm}$ narazen. Ali je jodova para eno ali dvoatomska? (dvoatomska - to vidimo, če določimo razmerje specifičnih toplot κ)
32. Reverzibilni toplotni stroj opravlja cikel prikazan na sliki 57. V stroju je 1 mol idealnega enoatomskega plina. Proces 1-2 se godi pri stalni prostornini, proces 2-3 je adiabatni in proces 3-1 poteka pri stalnem tlaku. Izračunaj oddano toploto, spremembo notranje energije in opravljeno delo za vsakega od procesov in za celotni cikel. Začetni tlak v točki 1 je 1 b , kolikšna sta tlak in volumen v točkah 2 in 3? (iz 1 v 2 je $A = 0$, $\Delta W_n = 3741 \text{ J}$, $Q = 3741 \text{ J}$; iz 2 v 3 je $Q = 0$, $\Delta W_n = 1808 \text{ J}$, $A = 1808 \text{ J}$; iz 3 v 1 je $\Delta W_n = -1923 \text{ J}$, $A = 1293 \text{ J}$, $Q = -3226 \text{ J}$; $p_2 = 2 \text{ b}$; $p_3 = 1 \text{ b}$; $V_2 = 24,9 \text{ l}$; $V_3 = 37,8 \text{ l}$)
33. Plin zaseda prostornino 4 l pri temperaturi 300 K in tlaku 1 b . Plin adiabatno stisnemo na 1 l . Kolikšen je tlak stisnjene plina? Kolikšna je temperatura stisnjene plina, če privzamemo, da je plin idealen s $\kappa = 1,5$? (8 b; 600 K)
34. Kolikšno delo opravi en mol idealnega plina, ki se adiabatno razpne s temperature T_1 na temperaturo T_2 ? ($nMc_v\Delta T$)
35. En liter plina s $\kappa = 1,3$ ima temperaturo 273 K in tlak 1 b . V trenutku ga stisnemo na polovico začetne prostornine. Kolikšna sta tedaj tlak in temperatura? Plin nato pri konstantnem tlaku ohladimo na $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Kolikšna je končna prostornina? (2,46 b; 336 K; 0,406 l)



Slika 57:

36. Kako se z višino spreminja tlak v atmosferi, če predpostavimo, da ima konstantno temperaturo? Kako se z višino spreminja številska gostota molekul? ($p = p_0 e^{-Mgz/RT}$; $n = n_0 e^{-Mgz/RT}$)
37. Povprečna prosta pot dušikovih molekul pri 0 °C in tlaku 1 b je $0,80 \times 10^{-7}$ m. Pri tej temperaturi in tlaku je številska gostota molekul $2,7 \times 10^{19}$ molekul/cm³. Kolikšen je premer molekul? ($6,46 \times 10^{-10}$ m)
38. V laboratoriju lahko ustvarimo vakuum s tlakom 1×10^{-8} Pa. Kolikšna je v tem vakuumu številska gostota molekul pri temperaturi 20 °C? ($2,46 \times 10^{12}$ m⁻³)
39. Pri kateri frekvenci je valovna dolžina svetlobe enaka povprečni prosti poti molekul kisika pri tlaku 1 b in temperaturi 0 °C? Premer kisikovih molekul je 3×10^{-10} m. ($7,92 \times 10^{14}$ Hz)
40. Kolikšna je povprečna relativna hitrost molekul v plinu, kjer se vse molekule gibljejo z enako veliko hitrostjo v naključnih smereh? ($\bar{v}_{rel} = 4v/3$)
41. Na višini 2500 km od zemeljske površine je številska gostota snovi približno 1 molekula/cm³. Kolikšna je tu povprečna prosta pot? (Ali je rezultat smiseln?) ($2,2 \times 10^{12}$ m)
42. Kolikšna je verjetnost, da molekula, katere povprečna prosta pot je \bar{l} , prepotuje vsaj razdaljo x , ne da bi trčila? ($e^{-x/\bar{l}}$)
43. Povprečno prosto pot lahko določimo z meritvami (npr. iz viskoznosti plina). Meritve povprečne proste poti molekul plina pri 20 °C in 1 b dajo za argon vrednost $9,9 \times 10^{-8}$ m in za dušik $27,5 \times 10^{-8}$ m. Kolikšno je razmerje efektivnih velikosti molekul argona in dušika? Kolikšna bi bila povprečna prosta pot v argonu pri tlaku 0,2 b in temperaturi 20 °C? Kolikšna bi bila povprečna prosta pot v argonu pri tlaku 1 b in temperaturi - 40 °C? (2,78; $49,5 \times 10^{-10}$ m; $7,87 \times 10^{-10}$ m)
44. Molekula vodika (premer 10^{-10} m) uide iz peči ($T = 4000$ K) v posodo, kjer je ohlajen argon (premer atomov 3×10^{-10} m) z gostoto 4×10^{19} atomov/cm³. Kolikšna je povprečna hitrost vodikove molekule? Kolikšna je razdalja med središčema vodikove molekule in argonovega atoma v trenutku, ko trčita, če privzamemo, da imata oba okroglo obliko? Kolikšna je pogostost trkov vodikove molekule na začetku? (7,1 km/s; 2×10^{-10} m; $3,5 \times 10^{10}$ s⁻¹)
45. V skupini dvanajstih delcev imata dva hitrost enako 1 cm/s, štirje 2 cm/s, šest 3 cm/s, osem 4 cm/s in dva 5 cm/s. Kolikšna je povprečna velikost hitrosti delcev, kolikšen je koren povprečnega kvadrata hitrosti in katera je najverjetnejša hitrost, ki jo imajo delci? (5,83 cm/s; 4,56 cm/s; 4 cm/s)
46. Kolikšen je koren povprečnega kvadrata hitrosti dimnih delcev z maso 5×10^{-17} kg v zraku s temperaturo 0 °C in tlakom 1 b? (1,5 cm/s)
47. Delci z maso $6,2 \times 10^{-11}$ kg lebdiijo v tekočini s temperaturo 27 °C in se premikajo s korenem povprečnega kvadrata hitrosti 1,4 cm/s. Kolikšno je Avogadrovo število, ki ga dobimo iz teh podatkov?
48. Koliko dela opravi en mol realnega plina, ko se izotermno razpne s prostornine V_0 na prostornino V_1 ? ($mRT \ln(V_1/V_0)/M$)

19 Entropija

1. Toplotni stroj opravlja Carnotovo spremembo z idealnim plinom med 227 °C in 127 °C. Pri višji temperaturi prejme plin 250 kJ toplote. Koliko dela na cikel lahko opravi tak stroj? (62,5 kJ)
2. Carnotov toplotni stroj deluje med toplotnima rezervoarjema s temperaturama 320 K in 260 K. Koliko dela odda, če pri višji temperaturi prejme 500 J toplote? Koliko dela moramo dovesti stroju, če stroj deluje v nasprotni smeri kot hladilnik in želimo iz hladnejšega rezervoarja odvesti 1000 J toplote? (93,8 J; 231 J)

3. Dvostopenjski toplotni stroj prejme najprej toploto Q_1 pri temperaturi T_1 . Nato odda delo A_1 in toploto Q_2 pri nižji temperaturi T_2 . V drugi stopnji absorbira toploto, ki jo je oddal med prvo stopnjo, opravi delo A_2 in odda toploto Q_3 pri nižji temperaturi T_3 . Kolikšen je izkoristek stroja? $((T_1 - T_3)/T_1)$
4. Dokaži, da so adiabate idealnega plina v grafu p-V strmejšje od izoterm!
5. Pri Carnotovi spremembi izotermno razpenjamo plin pri 400 K in ga izotermno stiskamo pri 300 K. Med izotermnim stiskanjem plin prejme 2 kJ toplote. Koliko dela opravi plin med izotermnim razpenjanjem? Koliko toplote odda plin med izotermnim razpenjanjem? Koliko dela prejme plin med izotermnim stiskanjem? (2,67 kJ; 2,67 kJ; 2 kJ)
6. Idealni hladilnik dobimo, če poganjamo Carnotovo spremembo v obratni smeri. Plin prejme toploto Q_2 pri nižji temperaturi T_2 in odda toploto Q_1 pri višji temperaturi T_1 . Razliko energije moramo dodati hladilniku v obliki dela A . Pokaži, da je $A = Q_2(T_1 - T_2)/T_2$! Učinek hladilnika je definiran kot razmerje med toploto, ki jo prejme plin pri nižji temperaturi, in dela, ki ga moramo opraviti v enem ciklu. Kolikšen je učinek idealnega hladilnika? Učinek pravih hladilnikov je 5 ali 6. $(T_2/(T_1 - T_2))$
7. V mehanskem hladilniku je hladilna cev pri temperaturi $-13\text{ }^\circ\text{C}$, plin pa je stisnjen v kondenzatorju pri temperaturi $27\text{ }^\circ\text{C}$. Kolikšen je lahko največji učinek hladilnika? (6,5)
8. Koliko dela moramo opraviti, da prenesemo 1 J toplote iz rezervoarja s temperaturo $7\text{ }^\circ\text{C}$ v rezervoar s temperaturo $27\text{ }^\circ\text{C}$, če toploto prenašamo s hladilnikom, ki opravlja Carnotovo spremembo? Koliko dela potrebujemo pri prenosu 1 J toplote z $-73\text{ }^\circ\text{C}$, $-173\text{ }^\circ\text{C}$ in $-223\text{ }^\circ\text{C}$ na $27\text{ }^\circ\text{C}$? (14 J; 2 J; 0,5 J; 0,2 J)
9. Motor hladilnika deluje z močjo 200 W. V hladilniku je temperatura 270 K, v sobi pa 300 K. Koliko toplote lahko hladilnik odvede iz svoje notranjosti v 10 min, če privzamemo, da dela z največjo možno učinkovitostjo? (13,3 kJ)
10. V kakšni zvezi sta izkoristek Carnotovega toplotnega stroja η in učinkovitost hladilnika u , ki ga dobimo, če Carnotova sprememba v stroju teče v nasprotni smeri? ($\eta = T_{nizja}/uT_{visja}$)
11. Toplotna črpalka prejme iz zraka, ki ima temperaturo T_2 , toploto Q_2 in odda večjo količino toplote Q_1 v sobi, kjer je temperatura T_1 . Koliko dela mora opraviti črpalka? $(Q_2(T_1 - T_2)/T_2)$
12. Toplotna črpalka črpa toploto iz zraka, ki ima temperaturo $-5\text{ }^\circ\text{C}$, in jo dovaja v sobo, kjer je temperatura enaka $17\text{ }^\circ\text{C}$. Koliko dela opravi črpalka v idealnem primeru za en joule toplote, ki jo dovede v prostor? (82,1 mJ)
13. Kolikšna je sprememba entropije snovi z maso m in konstantno specifično toploto c , ki jo segrejemo s temperature T_1 na T_2 ? Ali se entropija snovi zmanjša pri ohlajevanju? Kaj se zgodi z entropijo sistema in okolice pri ohlajanju? ($\Delta S = mc \ln(T_2/T_1)$; da; večja se)
14. Pri poskusu potopimo 100 g svinca ($c_p = 145\text{ J/kg K}$) s temperaturo $100\text{ }^\circ\text{C}$ v 200 g vode s temperaturo $20\text{ }^\circ\text{C}$. Kolikšna je sprememba entropije sistema? (0,45 J/K)
15. Štiri mole idealnega plina razpnemo na dvojno prostornino. Koliko dela opravi plin, če je razširjanje izotermno pri 400 K? Kolikšna je sprememba entropije plina? Kolikšna bi bila sprememba entropije, če bi plin razpeli adiabatno? (9221 J; 23,1 J/K; 0)
16. Iz vode pri temperaturi $0\text{ }^\circ\text{C}$ in normalnem zračnem tlaku lahko odvajamo toploto, ne da bi voda zmrznila, če le vode ne zmotimo preveč. Kolikšna je sprememba entropije na enoto mase, če nam uspe ohladiti vodo na $-5\text{ }^\circ\text{C}$, potem pa za zaradi motnje del vode nenadoma zmrzne in se mešanica segreje do $0\text{ }^\circ\text{C}$? (0,713 J/kg K)
17. Ledeno kocko z maso 8 g in temperaturo $-10\text{ }^\circ\text{C}$ potopimo v toplotno izolirano posodo, kjer je 100 cm^3 vode s temperaturo $20\text{ }^\circ\text{C}$. Kolikšna je sprememba entropije, ko se sistem ustali? Specifična toplota ledu je 2220 J/kg K , specifična toplota vode je 4200 J/kg K , talilna toplota ledu je 333 kJ/kg . (0,64 J/K)
18. En konec medeninaste palice je pri stalni temperaturi $127\text{ }^\circ\text{C}$, drugi pa pri $27\text{ }^\circ\text{C}$. Kolikšna je sprememba entropije, potem ko se zaradi toplotnega prevajanja skozi palico pretoči 8 kJ toplote? Ali se entropija palice kaj spremeni? (6,67 J/K; ne)
19. En mol enoatomnega idealnega plina spravimo iz stanja s tlakom p in prostornino V v stanje $2p$ in $2V$ na dva različna načina. Na prvi način ga najprej izotermno razpnemo na $2V$ in nato povečamo tlak pri konstantni prostornini. Na drug način ga najprej izotermno stisnemo, dokler tlak ne naraste na $2p$, nato pa plin pri konstantnem tlaku razpnemo na končno prostornino. V diagramu p-V nariši stanja sistema pri obeh spremembah! Za obe poti izrazi količino toplote, ki jo sprejme plin, delo, ki ga opravi plin, spremembo notranje energije in spremembo entropije za vsak del spremembe.

20. V sosednjih posodah, v katerih sta enak tlak p in temperatura T , sta en mol vodikovega plina in en mol dušikovega plina. Tlak in temperatura sta taka, da se oba plina obnašata kot idealna. Koren povprečnega kvadrata hitrosti vodikovih molekul je enak 1850 m/s. Kolikšna je ta vrednost za dušikove molekule? Pri katerem plinu bo večji del molekul znotraj intervala ± 50 m/s okoli povprečne hitrosti? Ali bo sprememba entropije enaka nič, pozitivna ali negativna, če posodi s plinoma povežemo, tako da se plina zmešata?
21. Telo končne mase ima v začetku temperaturo T_2 , ki je višja od temperature toplotnega rezervoarja T_1 . Toplotni stroj v zelo majhnih ciklih odvaja toploto s telesa, dokler se telesu temperatura ne zmanjša na T_1 . Dokaži, da iz toplotnega stroja lahko dobimo največ delo $A = Q - T_1(S_2 - S_1)$, kjer je $S_2 - S_1$ sprememba entropije telesa in Q toplota, ki jo iz telesa odvede toplotni stroj.
22. Telo končne mase ima v začetku temperaturo enako temperaturi toplotnega rezervoarja T_1 . Hladilnik v zelo majhnih ciklih odvaja toploto s telesa, dokler se telesu temperatura ne zmanjša na T_0 . Dokaži, da moramo hladilniku dovesti najmanj $A = T_1(S_1 - S_0) - Q$ dela, da to lahko storimo. $S_1 - S_2$ je sprememba entropije telesa in Q toplota, ki jo hladilnik odvede telesu.

20 Fizikalne količine

20.1 Fizikalne konstante

svetlobna hitrost	c	$3,00 \times 10^8$ m/s
gravitacijska konstanta	κ	$6,67 \times 10^{-11}$ N m ² /kg ²
Avogadrovo število	N_A	$6,02 \times 10^{26}$ kmol ⁻¹
plinska konstanta	R	8314 J/kmol K
influenčna konstanta	ϵ_0	$8,85 \times 10^{-12}$ As/Vm
indukcijska konstanta	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ Vs/Am
Planckova konstanta	h	$6,63 \times 10^{-34}$ Js
Boltzmannova konstanta	k	$1,38 \times 10^{-23}$ J/K
osnovni naboj	e_0	$1,60 \times 10^{-19}$ As
masa elektrona	m_e	$9,11 \times 10^{-31}$ kg
masa protona	m_p	$1,67 \times 10^{-27}$ kg

20.2 Astronomske količine

razdalja od Lune do Zemlje	$3,28 \times 10^8$ m
razdalja od Sonca do Zemlje	$1,50 \times 10^{11}$ m
razdalja do najbližje zvezde (Proxima Centauri)	$4,04 \times 10^{16}$ m
razdalja do središča galaksije	$2,2 \times 10^{20}$ m
razdalja do galaksije Andromeda	$2,1 \times 10^{22}$ m
razdalja do roba vidnega vesolja	$\sim 10^{26}$ m
masa Zemlje	$5,98 \times 10^{24}$ kg
masa Lune	$7,36 \times 10^{22}$ kg
masa Sonca	$1,99 \times 10^{30}$ kg
polmer Zemlje	$6,37 \times 10^6$ m
polmer Lune	$1,74 \times 10^6$ m
polmer Sonca	$6,96 \times 10^8$ m
pospešek na površini Zemlje	$9,81$ m/s ²

20.3 Lastnosti snovi

gostota

voda	1000 kg/m ³
morska voda	1024 kg/m ³
led	917 kg/m ³
zrak (293 K, 1 b)	1,21 kg/m ³
zrak (293 K, 50 b)	60,5 kg/m ³
jeklo	7860 kg/m ³
svinec	11350 kg/m ³
aluminij	2710 kg/m ³
živo srebro	13600 kg/m ³
steklo	2190 kg/m ³

beton	2320 kg/m ³
les (jelka)	525 kg/m ³
Zemlja (povprečje)	5500 kg/m ³
Zemlja (sredica)	9500 kg/m ³
Zemlja (skorja)	2800 kg/m ³
Sonce (povprečje)	1400 kg/m ³
jedro bele pritlikavke	10 ¹⁰ kg/m ³
uranovo jedro	3 × 10 ¹⁷ kg/m ³
nevtronska zvezda	10 ¹⁸ kg/m ³
črna luknja (ena sončna masa)	10 ¹⁹ kg/m ³
polistiren	1050 kg/m ³
stiropor	100 kg/m ³
kost	1900 kg/m ³
kri	1060 kg/m ³
medzvezdni prostor	10 ⁻²⁰ kg/m ³
najboljši laboratorijski vakuum	10 ⁻¹⁷ kg/m ³

Youngov elastični modul

jeklo	200 × 10 ⁹ N/m ²
aluminij	70 × 10 ⁹ N/m ²
steklo	65 × 10 ⁹ N/m ²
beton	30 × 10 ⁹ N/m ²
les (jelka)	13 × 10 ⁹ N/m ²
polistiren	3 × 10 ⁹ N/m ²
kost (stiskanje)	9 × 10 ⁹ N/m ²

hitrost zvoka v sredstvu (m/s)

zrak (273 K)	331
zrak (293 K)	343
helij	965
vodik	1284
voda (273 K)	1402
voda (293 K)	1482
morska voda	1522
aluminij	6420
jeklo	5941
granit	6000

koeficient linearnega temperaturnega raztezka (10⁻⁶/K)

led (273 K)	3
svinec	29
aluminij	23
medenina	19
baker	17
jeklo	11
steklo (navadno)	9
steklo (pyrex)	3,2
invar	0,7
kvarc	0,5

specifična toplota (J/kg K)

svinec	128
volfram	134
srebro	236
baker	386
aluminij	900
medenina	380
granit	790
steklo	840
led	2220
živo srebro	140

etanol	2430
morska voda	3900
voda	4190

latentna toplota

snov	tališče (K)	talilna toplota (kJ/kg)	vrelišče (K)	izparilna toplota (kJ/kg)
vodik	14,0	58,0	20,3	455
kisik	54,8	13,9	90,2	213
živo srebro	234	11,4	630	296
voda	273	333	373	2256
svinec	601	23,2	2017	858
srebro	1235	105	2323	2336
baker	1356	207	2868	4730

koeficient toplotne prevodnosti (W/m K)

nerjaveče železo	14
svinec	35
aluminij	235
baker	401
srebro	428
suh zrak	0,026
helij	0,15
vodik	0,18
poliuretanska pena	0,024
steklena volna	0,043
les	0,11
steklo	1,0

Literatura

- [1] D. Halliday, R. Resnick, Physics, John Wiley, New York (1993).