

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Füüsikainstituut

FÜÜSIKA ÜLESANDED

I

433

TTÜ
KIRJASTUS

Tallinn 2000

Koostajad: H. Aarna, V. Bender, T. Kelder, R.-K. Loide,
P. Suurvarik, E. Reiter, E. Rusalep, T. Ruus,
A. Mere, E. Timma, Ü.-O. Uder.

2. trükk

© Tallinna Tehnikaülikool, 1996

TTÜ.2000.164

SISUKORD

MEHAANIKA	5
1. Kinemaatika	5
2. Jõud. Impulss	14
3. Töö ja energia. Jäävusseadused	26
4. Pöördliikumine	36
5. Võnkumised ja lained	42
6. Eirelatiivsusteooria	49
7. Vedelike ja gaaside mehaanika	53
MOLEKULAARFÜÜSIKA JA TERMODÜNAAMIKA . . .	56
1. Gaaside kineetiline teooria	56
2. Termodünaamika	62
3. Agregaatolekud	71
ÜLESANNETE VASTUSED	73
LISA	97

MEHAANIKA

1. KINEMAATIKA

Sirgjooneline liikumine

1. Auto sõitis Tallinnast Tartusse. Esimese poole teest läbis ta kiirusega 80 km/h ja teise poole kiirusega 120 km/h. Tagasiteel liikus auto poole sõiduajast kiirusega 80 km/h ja ülejäänud aja kiirusega 120 km/h. Leida auto keskmine kiirus nii sõidul Tallinnast Tartusse kui ka tagasiteel.
2. Autojuht tegi kindlaks, et ta sõitis 10 % sõiduajast kiirusega 60 km/h, 20 % sõiduajast kiirusega 110 km/h ja ülejäänud sõiduajal kiirusega 90 km/h. Leida auto keskmine kiirus kogu sõiduajal.
3. Keha sirgjoonelise liikumise võrrand on $s = A + Bt + Ct^3$ ($A = 2,0$ m, $B = 3,0$ m/s, $C = 0,010$ m/s³). Millise kiiruse ja kiirendusega liigub keha ajamomentidel $t_1 = 0$ ja $t_2 = 10$ s? Määrata kiiruse ja kiirenduse keskmised väärtused esimese 10 s jaoks arvates liikumise algusest.
4. Kaks punktmassi liiguvad x -telje sihis vastavalt võrranditele: $x_1 = A_1 + B_1t - C_1t^2$ ja $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$ ($A_1 = 20$ m, $B_1 = 20$ m/s, $C_1 = 4$ m/s², $A_2 = 2$ m, $B_2 = 2$ m/s, $C_2 = 0,5$ m/s²). Millisel ajahetkel on nende kiirused võrdsed? Milline on sel hetkel nende kiirus ja kiirendus?
5. Osake liigub x -telje sihis vastavalt võrrandile $x = t^3 - 3t^2 - 9t + 5$ (SI ühikud). Määrata ajavahemikud, millal osake liigub x -telje suunas, millal vastassuunas? Millistel ajavahemikel on liikumine kiirenev, millistel aeglustuv? Joonestada koordinaadi, kiiruse ja kiirenduse ajalist sõltuvust kirjeldavad graafikud.
6. Punktmassi liikumisvõrrandid on $x = ct^2$, $y = bt^2$ (c ja b on konstandid). Määrata selle punkti kiirus ja kiirendus.
7. Keha kiiruse projektsioon sirgliikumisel on $v = At^2 - Bt$ ($A = 2,0$ m/s³, $B = 3,0$ m/s²). Leida keha poolt ajavahemikus 2,5 kuni 3,5 s läbitud teepikkus ning kiirendus ajahetkel 4,0 s.

8. Sirgjooneliselt liikuva osakese kiirendus avaldub kujul: $a = 4 - t^2$ (SI ühikud). Leida osakese kiiruse ja koordinaadi sõltuvus ajast, kui ajahetkel $t = 3$ s on kiirus 2 m/s ja kaugus koordinaatide algpunktist on 9 m.
9. x - telje sihis liikuva osakese kiirendus muutub vastavalt võrrandile $a = 4x - 2$ (SI ühikud). Leida osakese kiiruse sõltuvus asukohast, kui $x_0 = 0$ korral $v_0 = 4$ m/s. Arvutada kiirus kohal $x = 2$ m.
10. Keha kiirendus liikumisel vedelikus avaldub $a = -kv^2$. Leida avaldis kiiruse jaoks, teades, et ajamomendil $t = 0$, $v = v_0$.
11. Kaks autot A ja B liiguvad samas suunas kiirusega v_A ja v_B . Kui auto A on jõudnud autost B kaugusele d , alustab ta pidurdamist. Auto A pidurduskiirendus on a . Leida antud suurusi siduv tingimus, vältimaks autode põrkumist. Millisel kaugusel autost B peab auto A hakkama pidurdama, kui $v_A = 120$ km/h ja $v_B = 40$ km/h, eeldades, et pidurduskiirendus on $6,2$ m/s²?
12. Leida auto peatumistee sõltuvus auto kiirusest, võttes juhi reaktsioonijaks 0,70 s ja pidurduskiirenduseks $7,5$ m/s². Arvutada peatumisteed kiirustel 30, 60, 90 ja 120 km/h. Milline peaks olema auto kiirus teel, et selle läbilaskevõime oleks maksimaalne. (Vaadata järjestikku liikuvaid ühesuguseid autosid keskmise pikkusega 4,5 m. Autode pikivaheks lugeda peatumistee).
13. Elektrirongi esimene vagun möödus vaatelejast (kes rongi liikuma hakkamisel asus selle vaguni eesmise otsa juures) 4,0 s jooksul. Millise aja jooksul möödub vaatelejast seitsmes vagun? Liikumist lugeda ühtlaselt kiirenevaks.
14. Punktmass läbis 10 s jooksul 30 m, kusjuures ta kiirus kasvas viiekordseks. Määrata punktmassi kiirendus eeldusel, et see on konstantne.
15. Vabalt langev keha läbis viimased 20 m teest 0,50 s vältel. Määrata keha langemise kõrgus.
16. Vabalt langev keha läbis viimase sekundi jooksul poole kogu teest. Leida keha langemise kõrgus ja aeg.
17. Keha langeb 1960 m kõrguselt. Leida teepikkus, mille keha läbis viimase sekundi jooksul.

18. Kaks keha langevad vabalt. Nad alustavad liikumist samalt kõrguselt, kuid teine keha 1 s esimesest hiljem. Kuidas sõltub ajast nende kehade vaheline vertikaalsuunaline kaugus?
19. Toru otsast langeb iga 0,10 s järel veetilk. Kui suur on kahe teineteisele järgneva tilga vaheline kaugus 1,0 s ja 2,0 s pärast esimese tilga kukkumise algust?
20. Vertikaalselt ülesvisatud keha langes masspinnale 3,0 s pärast. Leida keha algkiirus ja tõusu kõrgus.
21. Vertikaalselt ülesvisatud keha oli kõrgusel 9,8 m kaks korda. Nende kahe ajahetke vahe oli 4,0 s. Määrata algkiirus.
22. Kivi visati vertikaalselt üles algkiirusega $15,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Kui pika aja pärast on ta kõrgusel 1) $h_1 = 10,0 \text{ m}$, 2) $h_2 = 12,0 \text{ m}$?
23. Pall visati kõrguselt 14,1 m vertikaalselt üles. Määrata palli viskamise kiirus, kui ta langeb maapinnale 3,0 s pärast.
24. Millise kiirusega peab viskama keha vertikaalselt alla kõrguselt 40,0 m, et ta jõuaks maapinnale 2,00 s varem kui vaba langemise korral?
25. Ühest punktist visatakse samal hetkel kaks keha võrdsete algkiirustega v_0 : üks vertikaalselt üles, teine alla. Kuidas sõltub ajast nende kehade vahemaa?
26. Kaks keha visati vertikaalselt üles samast punktist ning sama algkiirusega $24,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, kuid üks keha 0,50 s varem kui teine. Kui palju aega möödub teise keha viskamise momendist kehade kohtumiseni?
27. Õhupall tõusis vertikaalselt kiirusega $5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Temalt langes alla ballast. Kui suur ja millise suunaga vertikaalkiirus on ballastil 0,50 s pärast tema langemise algust?
28. 300 m kõrgusel olevast aerostaadist langes kivi. Millise ajaga jõuab kivi maapinnale, kui aerostaat 1) tõuseb kiirusega $5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 2) lasub kiirusega $5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 3) seisab paigal?
29. Parki tahetakse ehitada torn, kus lifti kabiin saaks kolme sekundi vältel vabalt langeda. Kui kõrge tuleks ehitada torn, et pärast vaba langemist lifti pidurdumisel esinev kiirendus ei ületaks 4 g (g on vaba langemise kiirendus)?

30. Jäämäe kõrgus on 3,0 m ning tema pikkus kaldsihis 20 m. Arvutada mäest alla libisenud kelgu kiirus ja laskumise aeg, hõõrdumist arvestamata.
31. Kaldpinna afuse pikkus on 30 cm. Kui suur peab olema kaldpinna kaldenurk horisondi suhtes, et temal asetsev keha libiseks mööda kaldpinda alla 0,40 s jooksul (hõõrdumine on kaduvväike)?
32. Arvutada kaldpinna kaldenurk, kui keha hõõrdumisvabaks allalibisemiseks kulub kaks korda rohkem aega kui vabal langemisel samalt kõrguselt?
33. Algiiruse saanud keha libiseb mööda kaldpinda üles. Lähtekohast 30 cm kaugusel oli keha kaks korda: 1,0 s ja 2,0 s pärast liikumise algust. Määrata keha algiiruse ja kiirendus, lugedes viimast jäävaks.
34. Kahe samal jõel oleva sadama vahel, mille vahemaa on 100 km, kurseerib kaater. Kaater läbib sadamatevahelise tee päri voolu 4,0 tunniga ning vastuvoolu 10,0 tunniga. Määrata jõe voolu kiirus kalda ja kaatri kiirus vee suhtes.
35. Paat läbib mingi kindla pikkusega tee: 1) seisvas vees ja 2) mööda jõge edasi – tagasi (päri – ja vastuvoolu). Paadi kiirus vee suhtes on $5,00 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ning jõe voolu kiirus $2,00 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Mitu korda kulub teisel juhul aega rohkem kui esimesel?
36. Leida paadi kiirus jõe kalda suhtes, kui paat sõidab 1) voolu suunas, 2) vastu voolu, 3) 90° nurga all voolu suhtes. Voolu kiirus on $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, paadi kiirus vee suhtes $2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
37. Millise nurga all voolu suhtes peab sõudja hoidma paati, et sõita risti üle jõe, kui voolu kiirus on $0,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ning kiirus vee suhtes $1,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$? Milline on paadi kiirus kalda suhtes?
38. Paadi kiirus vee suhtes on 7,20 km/h ja on suunatud risti veevooluga. Jõe ületamisel kandub ta 150 m allavoolu. Leida voolu kiirus ja jõe ületamiseks kulunud aeg. Jõe laius on 0,500 km.

Kõverjooneline liikumine

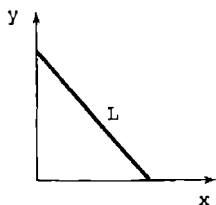
39. Orienteeruja stardib baasist 3,0 km kaugusel idas. Järgnevalt liigub ta 2,0 km põhja suunas ja seejärel 3,0 km loodesse. Siis aga liigub ta edelasse 4,2 km, läände 1,6 km ja lõunasse 6,0 km. Leida

orienteeruja nihe ja kohavektor (baasi suhtes) ning nende moodulid ja suunanurgad. Valida järgmine koordinaadistik: x - telg ida ja y - telg põhja suunas.

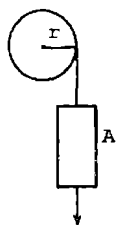
40. Pesapalli liikumist kirjeldab avaldis $\vec{r} = 16t\vec{i} + (12t - 4,9t^2)\vec{j}$, kus $\vec{r}$ on kohavektor ja t aeg (SI ühikud). Koordinaatide alguspunkt paikneb maapinnal ja z -telg on sellega risti. 1) Leida palli nihked ja nende moodulid esimese ja teise sekundi ning ülejäänud aja jooksul, samuti kogunihe. 2) Määrata palli trajektoori võrrand $z(x)$ ja kujutada see joonisel koos eelnevalt leitud nihetega.
41. Keha liikumisvõrrandid on $x = 1,0t^3$, $y = 2,0t$ (SI ühikud). Leida kiirus ja kiirendus ajahetkel $t = 0,80$ s.
42. Punktmassi liikumisvõrrandid on $x = At^2 + B$, $y = Ct^3 + Dt$, $z = Et$ ($A = 0,250 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $B = 0,450 \text{ m}$, $C = 0,565 \text{ m}\cdot\text{s}^{-3}$, $D = 0,120 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $E = 0,350 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Leida kiirus ja kiirendus ajahetkel $t = 3,20$ s.
43. Punktmassi kohavektori sõltuvus ajast on $\vec{r} = 5,0t\vec{i} + (2,0t^2 - 2,0)\vec{j}$ (SI ühikud). Leida: a) punktmassi nihe ja tema moodul ajavahe­mikul 5,0 s kuni 8,0 s; b) trajektoori võrrand ja joonest selle graafik; c) kiirus ja kiirendus, samuti nende moodulid ajahetkel 5,0 s ning punktis koordinaatidega (5; 0).
44. Osake liigub mööda parabooli $y = Ax^2$ ($A = 1,00 \text{ m}^{-1}$) nii, et igal ajahetkel $v_x = 3,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Arvutada osakese kiirus, kiiruse suund ja kiirendus, kui $x = 2/3 \text{ m}$.
45. Liikuva keha teepikkuse võrrand on: $s = 100 + 5,00t^2 + 1,00t^3$ (SI ühikud). Avaldada tangentsiaalkiirenduse sõltuvus ajast ja joonestada selle sõltuvuse graafik.
46. Punktmassi kiirus $v = At^4 + Bt^2 + C$ ($A = 0,150 \text{ m}\cdot\text{s}^{-5}$, $B = 1,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-3}$, $C = 5,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Leida ajavahe­mikus 0 kuni 3,50 s läbitud teepikkus.
47. Osake liigub kiirusega $v = 1,0t^3 + 4,0t^2 + 2,0$ (SI ühikud). Leida osakese kaugus koordinaatide alguspunktist mööda trajektoori ajahetkel 3,0 s, kui ajahetkel 2,0 s oli ta koordinaat 4,0 m. Milline on osakese kiirendus samal ajahetkel?

48. Auto liigub 50 m raadiusega teekurvil ning tema liikumise seadus on $s = A + Bt - Ct^2$ ($A = 10$ m, $B = 10$ m·s⁻¹, $C = 0,50$ m·s⁻²). Leida auto kiirus ja kogukiirendus ajahetkel $t = 5,0$ s.
49. Keha visatakse kõrguselt h horisontaalse kiirusega v_0 . Leida trajektoori võrrand ja joonestada selle graafik.
50. 2,0 m kõrguselt horisontaalsuunas visatud kivi kukkus 7,0 m kaugusele horisontaalsihis. Leida kivi alg- ja lõppkiirus.
51. 1,0 m kõrguselt horisontaalsuunas visatud pall langes maha 5,0 m kaugusel horisontaalsihis. Leida palli algkiirus ja nurk lõppkiiruse ning maapinna vahel.
52. Tornist horisontaalse algkiirusega visatud keha langes maapinnale 2,0 s pärast 40 m kaugusel horisontaalsihis. Määrata selle keha alg- ja lõppkiirus ning nurk lõppkiiruse ja maapinna vahel.
53. Lennuk lendab horisontaalselt kiirusega 180 km·h⁻¹ 300 m kõrgusel maapinnast. Kui kaugel (horisontaalsihis) pommi vabastamise kohast langeb pomm maapinnale?
54. Tornist horisontaalsuunas visatud kivi algkiirus on 40 m·s⁻¹. Kui suur on kivi kiirus 3,0 s pärast? Millise nurga moodustab kivi kiirusvektor sel momendil horisondiga?
55. Vertikaalsesse märklauda tulistatakse kaks korda horisontaalselt asetatud püssist, mis asub 50,0 m kaugusel märklauast. Laengute väikese erinevuse tõttu olid kuulide algkiirused 320 m·s⁻¹ ja 350 m·s⁻¹. Kui suur on aukude vahemaa märklauas?
56. Kivi visati tornist horisontaalse algkiirusega 20 m·s⁻¹. Määrata kivi kiirus ning normaalne ja tangentsiaalne kiirendus 2,0 s pärast liikumise algust.
57. Künka tipust horisontaalselt visatud kivi langes künka nõlvale 40 m kaugusel viskamise kohast (möödetud mööda nõlva). Arvutada kivi algkiirus, pidades künka nõlva kaldpinnaaks, mis moodustab horisondiga nurga 30°.
58. Mürsu algkiirus on 220 m·s⁻¹, nurk horisondiga 40,0°, lennukaugus 4100 m. Kui palju vähendab mürsu lennukaugust õhutakistus?

59. Millise algkiirusega peab välja laskma valgustusraketi 45° nurga all horisondi suhtes, et ta süttiks trajektoori kõrgeimas punktis, kui süti-ku põlemise aeg on $6,0\text{ s}$?



Joon. 1



Joon. 2

60. Püssirauast väljus kuul kiirusega $800\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ja $30,0^\circ$ nurga all horisondi suhtes. Määrata kuuli lennu maksimaalne kõrgus. Kui suur on ta kiirus sellel kõrgusel? Kui kaugele lendab kuul?
61. Varda pikkus on L . Vertikaalsele seinale toetuva varda ülemine ots langeb jääva kiirusega v (Joon. 1). Milline on teise otsa kiirus?
62. Ketas raadiusega $0,10\text{ m}$ pöörleb vabalt horisontaalse telje ümber. Kettale on mähitud pael, mille otsas ripub keha A (Joon. 2). Keha langeb ühtlaselt kiirenevalt, kuid tema kiirendus on raskuskiirendusest väiksem. Ajahetkel $t_0 = 0$ on keha kiirus $4,0\cdot 10^{-2}\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Järgneva $2,0\text{ s}$ jooksul langeb ta $0,20\text{ m}$. Leida ketta äärepunkti tangentsiaal- ja normaalkiirendus ajahetkel t . Arvutada kogukiirendus ajahetkel $1,0\text{ s}$.
63. Punktmass liigub mööda ringjoont raadiusega 60 cm tangentsiaalkiirendusega $10\text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$. Kui suur on normaal- ja kogukiirendus $3,0\text{ s}$ pärast punktmassi liikumahakkamist? Milline on sel momendil nurk kogu ja normaalkiirenduse vektori vahel?
64. Rong sõidab käänakul, mille kõverusraadius on 400 m , kusjuures tangentsiaalkiirendus on $0,20\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Leida rongi normaal- ja kogukiirendus momendil, kui tema kiirus on $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
65. Auto hakkab liikuma ühtlaselt kiirenevalt teed mööda, mille kõverusraadius on 300 m , ning saavutab 25 m pikkusel teel kiiruse $18\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Määrata auto tangentsiaal-, normaal- ja kogukiirendus 20 . sekundi lõpul, arvates liikumise algusest.

66. Rong sõidab kurvi raadiusega 400 m algkiirusega $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Määrata rongi normaal- ja kogukiirendus poole minuti pärast, kui rong liigub kurvil tangentsiaalkiirendusega $0,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
67. Auto, liikudes kiirusega $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, läheb kurvi raadiusega 200 m. Juht pidurdab, andes autole tangentsiaalkiirenduse $0,30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Leida auto normaal- ja kogukiirendus ning nurk, mille kiirendusvektor moodustab kiirusvektoriga.
68. Mürsu kiirus trajektoori kõrgemais punktis on $400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Leida trajektoori kõverusraadius selles punktis.

Pöörlemine

69. Punktmass liigub mööda ringjoont raadiusega 10,0 cm jääva tangentsiaalkiirendusega. Viienda pöörde lõpul liikumise algusest on ta joonkiirus $79,2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Leida tangentsiaalkiirendus.
70. Pidades Maad keraks raadiusega 6400 km, mis tiirleb ümber Päikese mööda ringjoont raadiusega $1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$ perioodiga 365 ööpäeva, määrata aeg, mille kestel ta läbib oma diameetri pikkuse tee.
71. Määrata maakera ööpäevasest pöörlemisest tingitud maapinna punktide joonkiirus geograafilisel laiusel 60° , võttes Maa raadiuseks 6400 km.
72. Lennuk lendab kiirusega $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Missugusel geograafilisel laiusel võib selle meeskond näha Päikest seisvana liikumatult taevas? Milline peab olema seejuures lennu suund?
73. Ketas raadiusega 30,0 cm pöörleb vastavalt võrrandile $\varphi = A - Bt + Ct^3$ ($A = 3,00 \text{ rad}$, $B = 1,00 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, $C = 0,100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-3}$). Leida ketta äärepunktide joonkiirus, tangentsiaal-, normaal- ja kogukiirendus ajahetkel $t = 10,0 \text{ s}$.
74. Ratas alustas pöörlemist paigalseisust nurkkiirendusega $\varepsilon = bt$, kus b on konstant. Leida pöördenurga sõltuvus ajast t .
75. Paigalolev osake hakkab liikuma ringjoont mööda raadiusega 1,30 m. Nurkkiirendus avaldub kujul: $\varepsilon = At^2 - Bt + C$ ($A = 120 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-4}$, $B = 48,0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-3}$, $C = 10,0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$). Arvutada nurkkiiruse, pöördenurga ning kiirenduse tangentsiaal- ja normaalkomponendi väärtus ajahetkel 0,5 s.

76. Pidurdamise alghetkel oli ratta nurkkiirus $300 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Mitu pööret tegi ratas pidurdamise ajal, kui ta jäi seisma $10,0 \text{ s}$ pärast ning liikumine oli ühtlaselt aeglustuv.
77. Ühtlaselt aeglustaval pidurdamisel vähenes hooratta pöörlemis-sagedus $10,0$ kuni $6,0 \text{ p}\cdot\text{s}^{-1}$. Leida nurkkiirendus ja pidurdamise kestus, kui ratas tegi pidurdamise ajal 50 pööret.
78. Määrata ringorbiidil liikuva Maa tehiskaaslase nurk – ja joonkiirus, kui tema tiirlemisperiood on 105 min ning lennukõrgus 1200 km .
79. Auto rataste vahemaa on $1,2 \text{ m}$, ratta raadius 30 cm . Auto liigub teekurvil keskmise kõverraadiusega 50 m kiirusega $36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Määrata sisemiste ja välimiste rataste pöörlemise nurkkiirused.
80. Pöörleva ketta välisringi punktid liiguvad kiirusega $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Punktid, mille kaugus teljest on 10 cm võrra väiksem, liiguvad kiirusega $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Määrata selle ketta pöörlemissagedus.
81. Leida pöörleva ratta raadius, kui on teada, et ratta serval asuva punkti joonkiirus on $2,5$ korda suurem kui $5,0 \text{ cm}$ võrra teljele lähemal asuva punkti joonkiirus.
82. Kaks paralleelset paberist ketast asuvad ühisel horisontaalsel teljel teineteisest 30 cm kaugusel. Kettad pöörlevad sagedusega $2000 \text{ p}\cdot\text{min}^{-1}$. Teljega paralleelselt, temast 12 cm kaugusel lendav kuul läbib mõlemad kettad. Tekkinud kuuliaugud on teineteise suhtes nihutatud $6,0 \text{ cm}$ võrra (möödetult ringi kaart mööda). Leida kuuli keskmine kiirus ketastevahelisel teelõigul.
83. Ratas pöörleb nurkkiirendusega $0,50 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$. Määrata teljest 40 cm kaugusel asuva punkti kogukiirendus $2,0 \text{ s}$ pärast liikumise algust.
84. Keha hakkab pöörlema jääva nurkkiirendusega $4,0\cdot 10^{-2} \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$. Millise aja möödudes moodustab selle keha mingi punkti kogukiirendus sama punkti kiirusega nurga 76° ?
85. Pang laskub kaevu kiirendusega $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Milline on seejuures pööra võlli nurkkiirendus eeldusel, et nöör võllil ei libise? Kuidas sõltub ajast võlli pöördenurk? Võlli raadius on 25 cm .

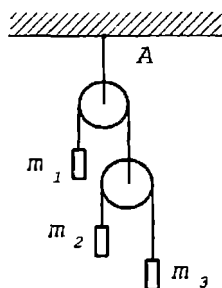
86. Hooratas hakkab pöörlema. Teinud 20 pööret, saavutab sageduse $10 \text{ p}\cdot\text{s}^{-1}$. Määrata hooratta nurkkiirendus ning kiireneva pöörlemise kestus.
87. Ratas hakkas pöörlema ühtlaselt kiirenevalt ning saavutas pärast 10 pööret nurkkiiruse $20 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Leida nurkkiirendus.
88. Hooratas pöörles sagedusega $4 \text{ p}\cdot\text{s}^{-1}$. Pidurdamisel oli pöörlemine ühtlaselt aeglustuv ja hooratas peatus 3 s jooksul. Mitu pööret tegi hooratas pidurdumisel?
89. Ratas, mille pöörlemissagedus oli $1500 \text{ p}\cdot\text{min}^{-1}$, hakkas pidurdamisel pöörlema ühtlaselt aeglustuvalt ja peatus 30,0 s pärast. Leida nurkkiirendus ja pöörete arv pidurdumise algusest kuni peatumiseni.
90. Kaks hooratast jäeti inertsil mõjul pöörlema. Esimene pöörles algul sagedusega $240 \text{ p}\cdot\text{min}^{-1}$ ning peatus 10,0 s jooksul. Teine pöörles algul sagedusega $360 \text{ p}\cdot\text{min}^{-1}$ ning tegi peatumiseni 20,0 pööret. Kumb hooratas pöörles kauem? Kumb hooratas tegi peatumiseni rohkem pööreid? Kumb hooratas pöörles suurema nurkkiirendusega?
91. Leida pöörleva ratta nurkkiirendus, kui on teada, et 2,0 s pärast ühtlaselt kiireneva pöörlemise algust moodustab ratta serval asuva punkti kogukiirenduse vektor nurga 60° puutuja suunaga.
92. Ratas pöörleb jääva nurkkiirendusega $2,0 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$. Pärast 0,50 s möödumist liikumise algusest on ratta serval asuva punkti kogukiirendus $13,6 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$. Leida ratta raadius.

2. JÕUD. IMPULSS

Jõud ja kiirendus

93. Tramm massiga 9,0 t sõidab kiirusega 12 km/h. Trammil pidurdamiseks kulub 5,0 s. Kui suur on pidurdav jõud?
94. Kuul massiga 12 g väljub püssirauast kiirusega 400 m/s. Kuuli liikumise aeg püssirauas on 5,1 ms. Määrake kuulile mõjuv jõud.

95. Kahuri kaliiber on 75 mm, toru pikkus 2,5 m, mürsu mass 10 kg ja mürsu kiirus torust väljumisel 1450 m/s. Kui suur jõud mõjub mürsule ja kui suur on keskmine rõhk torus?
96. Kehad massiga 2 kg ja 4 kg on ühendatud niidiga ning asetatud siledale horisontaalsele lauale. Niit kannatab tõmmet kuni 2 N. Millise jõu peab rakendama ühele kehale, et niit katkeks?
97. Üle liikumatu ploki on pandud nöör, mille otste külge riputatakse kehad massiga 500 g ja 600 g. Kui suure kiirendusega hakkavad kehad liikuma?
98. Üle liikumatu ploki pandud niidi otste külge kinnitatakse kehad massiga 100 g ja 120 g. Kui suure kiirendusega hakkavad kehad liikuma?
99. Üle liikumatu ploki rippuva paela ühe otsa külge on kinnitatud keha massiga 800 g. Millise kiirendusega hakkab see keha liikuma, kui 1) paela teisest otsast tõmmata jõuga 9,81 N, 2) paela teise otsa riputada keha massiga 1,00 kg?
100. Üle liikumatu ploki asetatud paela otste külge on kinnitatud kehad massiga 2,00 kg ja 3,00 kg. Milline on paelale mõjuv tõmbejõud süsteemi vabal liikumisel? Kui suur jõud mõjub seejuures ploki teljele? Ploki mass jätke arvestamata.



Joon. 3

101. Üle liikumatu ploki ripub nöör. Ühel ja samal hetkel haaravad nööri otstest kinni kaks ahvi massiga 20 kg ja 25 kg. Kergem ahv jääb nööri otsa rippuma, teine aga hakkab mööda nööri üles ronima nii, et ta püsib kogu aeg samal kõrgusel. Millise aja jooksul tõuseb väiksem ahv 19,6 m võrra kõrgemale?
- * 102. Leidke joonisel 3 kujutatud süsteemi korral kehade m_1 , m_2 , m_3 kiirendused ja kinnituspunktile A mõjuv jõud kehade liikumisel.
103. Keha massiga 500 g liigub sirgjooneliselt vastavalt võrrandile $x = 1 + 3t + t^3$ (SI ühikud). Leidke ajahetkel $t = 5,0$ s kehale mõjuv jõud.

- 104.¹ Horisontaalsel siledal pinnal liikuvale kehale massiga 200 g mõjub horisontaalsihiline jõud $F = 10 + t^2$ (SI ühikud). Arvutage keha kiirus ajahetkel $t = 3,0$ s, kui ajahetkel $t = 0$ oli keha paigal.
105. Inimesel on autoõnnetusel reaalne võimalus ellu jääda siis, kui pidurduskiirendus ei ületa 30 g (g – vaba langemise kiirendus). Milline jõud mõjub sel juhul inimesele massiga 75 kg? Millise teepikkuse läbib auto sellisel pidurdamisel, kui kiirus on 80 km/h?
106. Parimad sprinterid läbivad 100 meetrit 10,0 sekundiga. Oletades, et sprinter saavutab esimese 10 meetriga jääva kiiruse, arvutage horisontaalsihiline jõud, millega 75 kg massiga sprinter mõjub kiireneval liikumisel maapinnale? Millise kiirusega läbib sprinter ülejäänud 90 meetrit?
107. Kehale massiga m mõjub jõud $F = F_0 + kt$, kus F_0 ja k on konstandid, t – aeg. Tuletage kiiruse ja teepikkuse valemid, kui keha liigub sirgjooneliselt ning ajahetkel $t = 0$ oli ta paigal.
108. 4,4 tonnise massiga paakauto sõidab horisontaalsel teel enne tänava kastmise alustamist kiirusega 12 km/h. Mootori veojõud on 1,2 kN. Tänavale kastmisel voolab paagist välja ühes minutis 240 liitrit vett. Leidke auto kiirus ja kiirendus ajahetkel, kui paagist on välja voolanud 800 liitrit vett. Kui suur on auto kiirendus vahetult pärast kastmise alustamist?
109. Kasutades eelmise ülesande andmeid, leidke mootori veojõud, kui auto kiirus tänava kastmisel ei muutu.

Impulss ja jõuimpulss

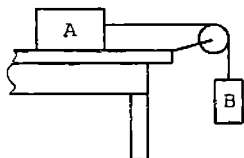
110. 6,0 kg massiga keha kohavektor on antud valemiga $\vec{r} = (3t^2 - 6t)\vec{i} - 4t^3\vec{j} + (3t + 2)\vec{k}$ (SI ühikud). Leidke kehale mõjuv jõud ja keha impulss. Veenduge, et $\vec{F} = d\vec{p}/dt$.
111. 75 kg massiga inimene tahab paigalt hüpata 80 cm kõrgusele. Selleks kõverdab ta põlvi nii, et raskuskese laskub 20 cm allapoole. Millist jõudu peab ta avaldama hüppe sooritamiseks maapinnale? Kui suur jõuimpulss antakse seejuures maapinnale?

112. Elastne kera, mille mass on 50 g, kukub elastsele plaadile kiirusega 10 m/s ja pörkub sellelt sama kiirusega tagasi. Leidke jõuimpulss, mille annab kera plaadile.
113. 200 g massiga pall kukkus 70 cm kõrguselt põrandale ja pörkus sealt tagasi 40 cm kõrgusele. Leidke palli impulsi muudu moodul ja impulsi mooduli muut pörkel.
114. Molekul massiga $4,65 \cdot 10^{-26}$ kg liigub kiirusega 600 m/s. Liikumise suund moodustab anuma seinaga nurga 60° . Leidke jõuimpulss, mille molekul annab elastsel pörkel seinale.
115. Kuuli liikumise aeg püssirauas oli 3,0 ms. Sel ajal mõjus kuulile jõud $F = 480 - 1,6 \cdot 10^5 t$ (SI ühikud). Arvutage kuuli impulss rauast väljumisel. Milline on kuuli mass, kui kuul saavutas kiiruse 300 m/s?
116. 20 mm läbimõõduga veejuga liigub kiirusega 10 m/s ning pörkub vastu liikumatut temaga risti asetsevat seina. Leidke veejoa rõhumisjõud seinale eeldusel, et pärast pörget on veeosakeste kiirus null.
117. 70 kg massiga inimene hüppab 5,0 m kõrguselt kõvale pinnale. Arvutage maandumisel saadav jõuimpulss ning jalgadele mõjuv keskmine jõud, kui ta maandub: 1) sirgetele jalgadele, 2) kõverdab maandumisel jalad. Eeldame, et esimesel juhul nihkub massikese 1,0 cm, teisel juhul 50 cm.

Hõõrde- ja takistusjõud

118. Auto massiga 2,0 t alustab liikumist ühtlaselt kiirenevalt ja saavutab 5,0 s pärast kiiruse 10 m/s. Leidke mootori veojõud, kui liikumise ajal mõjub autole konstantne hõõrdejõud 980 N.
119. Vagun massiga 12 t hakkas tõuke mõjul liikuma kiirusega 5 m/s, kuid hõõrdejõu tõttu peatus 1 min pärast. Leidke hõõrdejõud.
120. Keha liikus ühtlaselt aeglustuvalt horisontaalsel teel. Läbinud 40 s jooksul tee 100 m, ta peatus. Leidke hõõrdetegur.
121. Pidurdamisel on hõõrdetegur auto rataste ja tee sillutise vahel 0,25. Kui pika tee läbib kiirusega 36 km/h sõitev auto pidurdamise algusest peatumiseni?

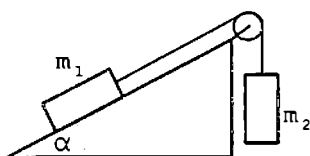
122. Kui suure jõuga peab mõjuma vagunile, et ta hakkaks liikuma ühtlaselt kiirenevalt ja läbiks horisontaalsel teel 30 s jooksul 11 m? Vaguni mass on 16 t. Liikumise ajal mõjub vagunile hõõrdejõud, mis moodustab 5,0 % vaguni kaalust.
123. Kõis lebab laual nii, et osa temast ripub üle lauaserva. Kui allaripuva osa pikkus moodustab 25 % kõie kogupikkusest, hakkab kõis libisema. Määrake kõie ja laua vaheline hõõrdetegur.



Joon. 4

124. Joonisel 4 kujutatud süsteemis on keha A mass 200 g, keha B mass 300 g, hõõrdetegur laua ja keha vahel 0,25. Määrake niidi tõmme, jättes ploki inerts ja hõõrdumise plokis arvestamata. Milline on vastus, kui kehad A ja B ära vahetada? Leidke mõlemal juhul ploki teljele mõjuv jõud.

125. Kui suure kiirendusega libiseb keha mööda kaldpinda alla, kui pinna kaldenurk on 30° ja hõõrdetegur 0,10?



Joon. 5

126. Leidke joonisel 5 näidatud süsteemi jaoks tingimus, mille korral keha massiga m_2 hakkab: 1) laskuma, 2) tõusma. Hõõrdetegur keha m_1 ja kaldpinna vahel on μ . Niidi ja ploki mass ning hõõrdumine plokis jätke arvestamata.

127. Väikestel kiirustel arvutatakse õhu takistusjõud valemiga $F = -k\nu$, kus k on konstant ja ν keha kiirus. Tuletage vabalt langeva keha kiiruse ja läbitud tee valem, kui algkiirus on võrdne nulliga?
128. Kera massiga m asetatakse vedelikku tihedusega ρ ja lastakse lahti. Kera tihedus on n korda väiksem vedeliku omast. Kerale mõjub liikumisel takistusjõud $F = -k\nu$, kus k on konstant, ν – kiirus. Leidke kera kiiruse sõltuvus ajast.
129. Kera läbimõõduga d asetatakse vedelikku tihedusega ρ ja lastakse lahti. Kera tihedus on n korda suurem vedeliku omast. Kerale mõjub liikumisel takistusjõud $F = -k\nu S$, kus k on konstant, S – kera ristlõike pindala, ν – kera kiirus. Leidke kera kiiruse sõltuvus ajast.

130. Keha massiga 45 kg visatakse vertikaalselt üles algkiirusega 60 m/s. Kehale mõjub õhu takistusjõud $F = -kv$, kus v on kiirus ja $k=2,4$ kg/s. Millise ajaga saavutab keha maksimaalse kõrguse? Milline see on?
131. Mootorpaat sõidab järvel kiirusega v_0 . Eeldusel, et vee takistusjõud on võrdeline kiirusega, leidke kiiruse ja teepikkuse valemid pärast mootori väljalülitamist.
132. Lahendage eelmine ülesanne eeldusel, et takistusjõud on võrdeline kiiruse ruuduga.
133. Kuuli läbiminekul lauast paksusega h muutus tema kiirus v_0 -st v -ni. Leidke kuuli liikumise aeg lauas, lugedes takistusjõu võrdeliseks kiiruse ruuduga.
134. Gaasis ja vedelikus kiiresti liikuvatele kehadele mõjub takistusjõud $F = -kv^2$, kus k on konstant, v – kiirus. Arvutage langevarjuri kiirus ja läbitud tee viihüppel ajamomendil 15 s. Langevarjuri mass on 75 kg, $k = 0,25$ kg/m. Lahenduse lihtsustamiseks on soovitatav kasutada numbrilist integreerimist.

Elastsusjõud

135. 1,5 m pikkune traat, mille ristlõike pindala on $0,50 \text{ mm}^2$, pikenes jõu 40 N mõjul 1,0 mm võrra. Määrake selle traadi aine elastsusmoodul.
136. Malmsamba kõrgus on 2,4 m, ristlõike pindala 150 cm^2 . Kui palju väheneb selle samba kõrgus, kui teda surutakse kokku jõuga 100 kN?
137. Kui suurt maksimaalset koormust võib kanda 1,0 m pikkune 0,80 mm läbimõõduga terastraat, ületamata elastsuspiiri 500 MN/m^2 ? Kui suur on seejuures traadi absoluutne ja suhteline pikenemine?
138. Kui riputada 1,00 mm läbimõõduga terastraadi otsa keha massiga 20 kg, on selle traadi pikkus 5,000 m. Leidke traadi esialgne pikkus. Kui palju pikeneb traat, kui lisada veel 10 kg koormust?

139. Kui suur võib olla pliitraadi maksimaalne pikkus, et ta ei katkeks enda raskuse mõjul, olles ühte otsa pidi üles riputatud? Plii tugevuspiir on 20 MN/m^2 .
140. Kui suur venitav pinge tuleb rakendada terasvardale, et saada niisama suur suhteline pikenemine nagu soojustamisel 0 kuni 100°C ?

Keha kaal

141. Terastraat peab vastu tõmbele 4400 N . Millise suurima kiirendusega võib tõsta traadi otsa kinnitatud keha massiga 400 kg , et traat ei katkeks?
142. Lifti kabiinis viibiv inimene riputas vedrukaalu otsa keha massiga $1,0 \text{ kg}$ ja märkas, et tõusmise algmomendil oli vedrukaalu näit 12 N . Kui suure kiirendusega liikus lift sel momendil?
143. Niidi otsas rippuv keha massiga 200 g laskub kiirendusega $1,01 \text{ m/s}^2$. Kui suur on niidi pingutav jõud?
144. Tõstuki mass on 800 kg . Millise kiirendusega ja mis suunas liigub tõstuk, kui tõstukit hoidvale trossile mõjub jõud: 1) 12 kN , 2) $6,0 \text{ kN}$?
145. Lifti lakke on kinnitatud vedrukaal, mille otsas ripub keha massiga $1,0 \text{ kg}$. Mida näitab vedrukaal, kui lift 1) tõuseb kiirendusega $2,0 \text{ m/s}^2$, 2) laskub kiirendusega $1,0 \text{ m/s}^2$?
146. Lift, milles seisab inimene massiga 70 kg , tõuseb kiirendusega $2,0 \text{ m/s}^2$. Kui suur on inimese jalgade rõhumisjõud lifti põrandale? Kui suur on see jõud siis, kui lift laskub sama kiirendusega? Kui suure kiirendusega peaks lift laskuma, et lifti põrandale mõjuv jõud oleks null?
147. Autot tõstev helikopter tõuseb kiirendusega 50 cm/s^2 . Helikopteri mass on $4,5 \text{ t}$, auto mass $1,5 \text{ t}$. Leidke: 1) helikopteri tiivikule mõjuv tõstejõud, 2) tõmbejõud helikopteri autoga ühendavas trossis.

Keskõmbejõud

148. Kuulike massiga 100 g tiirleb mööda ringjoont ümber horisontaalse telje 30 cm pikkuse niidi otsas. Niit kannatab tõmmet kuni $7,0 \text{ N}$. Millise nurkkiiruse juures ta katkeb?

149. Nööri otsa seotud kivi tiirleb ühtlaselt vertikaaltasandis. Leidke kivi mass, kui on teada, et nööri maksimaalse ja minimaalse tõmbe vahe on 9,81 N.
150. Kera massiga 100 g on seotud 30 cm pikkuse niidi külge ning tiirleb ühtlaselt kiirusega 2,1 m/s vertikaaltasapinnas. Leidke niiti pingutav jõud ringjoone ülemises ning alumises punktis.
151. Kiirusega 900 km/h lendav lennuk sooritab surmasõlme. Milline on surmasõlme raadius, kui maksimaalne jõud, millega lendurit surutakse vastu istet, ületab viiekordselt lendurile mõjuva raskusjõu?
152. Lennuk teeb "surmasõlme" raadiusega 100 m. Kui suur jõud surub lendurit istmele sõlme ülemises ja alumises punktis? Lennuki kiirus on 40 m/s, lenduri mass 70 kg?
153. Kerapinna lagipunktist hakkab ilma hõõrdumiseta alla libisema väike keha. Millisel kõrgusel kera keskpunktist lahkub keha kera pinnalt?
154. 25 cm pikkuse niidi otsa kinnitatud kuulike massiga 50 g tiirleb ümber vertikaaltelje sagedusega 120 pööret minutis. Leidke niidi tõmme ja trajektoori raadius.
155. Niidi otsa seotud keha tiirleb sagedusega 1,0 1/s ümber vertikaaltelje mööda ringjoont raadiusega 10 cm. Kui suure nurga moodustab niit vertikaaliga?
156. Tsentrifugaalregulaatori mudel pöörleb sagedusega 3,0 Hz. Määra ke varraste kaldenurk vertikaalsihiga, kui varda pikkus on 14 cm.
157. Tramm massiga 5,0 t sõidab kiirusega 9,0 km/h horisontaalses kurvis, mille raadius on 128 m. Leidke trammil külgsurve rööbastele.
158. Trammil ringtee raadius on 50 m. Tramm liigub sellel teosal kiirusega 20 km/h. Kui suur peaks olema tee profiili kalle, et tramm ei avaldaks rööbastele külgsurvet?
159. Jalgrattur kallutas ennast teekurvil 10° võrra. Millise kiirusega ta sõitis, kui kurvi raadius on 60 m?
160. Uisutaja sõidab mööda ringjoont, mille raadius on 12 m, kiirusega 9,0 m/s. Millise nurga võrra peab ta ennast tasakaalu säilitamiseks kallutama?

161. Millise maksimaalse kiirusega saab jalgrattur sõita 50 m raadiusega kurvil, kui asfaldi ja jalgratta kummide vaheline hõõrdetegur on 0,30? Kui suure nurga võrra peab ta ennast seejuures kallutama?
162. Mootorrattur sõidab mööda vertikaalse silindri sisepinda, mille raadius on 11,2 m. Mootorratturi massikeske asub silindri pinnast 80 cm kaugusel. Hõõrdetegur rattakummide ja silindri pinna vahel on 0,60. Millise väikseima kiirusega võib mootorrattur nii sõita? Kui suur on sel juhul tema kalle horisontaalpinna suhtes?
163. Keha hakkab raskusjõu mõjul libisema ilma hõõrdumiseta mööda kera sisepinda. Kera raadius on R , keha mass m ja algkõrgus kehapinna madalamaist punktist $h_0 \leq R$. Tuletage pinnale mõjuva rõhumisjõu sõltuvus keha kõrgusest.

Gravitatsioonijõud

164. Peenikese varda pikkus on L ja mass M . Leidke gravitatsioonijõud varda ja selle pikendusel asuva punktmassi m vahel. Kaugus varda otsast punktmassini on r .
165. Tõestage, et homogeense sfäärilise kihi poolt tema sisemuses olevale kehale mõjuv gravitatsioonijõud on null.
166. Leidke homogeense kera sees olevale ainepunktile mõjuv gravitatsioonijõud. Kera mass on M , raadius R , ainepunkti mass m ja tema kaugus kera tsentrist r .
167. Millisel kõrgusel maapinnast on vaba langemise kiirendus $1,0 \text{ m/s}^2$?
168. Leidke avaldis planeedi kauguse jaoks Päikesest, lugedes teada olevaks Päikese massi, planeedi tiirlemise perioodi ja gravitatsioonikonstandi.
169. Leidke avaldised Maa massi ja keskmise tiheduse jaoks, lugedes teada olevaks Maa raadiuse, raskuskiirenduse Maa pinnal ja gravitatsioonikonstandi.
170. Määrake Maa ja Kuu vaheline kaugus, kui Maa raadius on 6400 km, Maa keskmine tihedus $5,5 \text{ g/cm}^3$, Kuu tiirlemise periood ümber Maa 27 ööpäeva.
171. Kuu tiirleb ümber Maa kiirusega $1,02 \text{ km/s}$. Kuu keskmine kaugus Maast on 384000 km. Leidke Maa mass.

172. Määrake raskuskiirendus Päikese pinnal, teades, et Päikese raadius on 108 korda suurem Maa raadiusest ning tema tihedus on 25 % Maa tihedusest.
173. Kui suur on raskuskiirendus Kuu pinnal? Kuu mass on 81 korda väiksem Maa massist, raadius aga 3,7 korda väiksem Maa raadiusest.
174. Kui suur on raskuskiirendus väikeplaneedi pinnal, mille raadius on 15 km ja keskmine tihedus võrdub Maa keskmise tihedusega? Maa raadiuseks võtke 6400 km.
175. Kuu mass on 81 korda väiksem Maa massist, Kuu diameeter aga 27,3 % Maa keskmisest diameetrist. Kui palju kaalub Kuu pinnal inimene, kes Maal kaalub 706 N? Kaalu muutust Maa ja Kuu pöörlemise tõttu mitte arvestada.
176. Näidake, et tehiskaaslase tiirlemisperiood tsentraalkeha pinna lähedal sõltub ainult tsentraalkeha tihedusest.
177. Leidke maapinna lähedal ($h \ll R$, kus h - kõrgus maapinnast, R - Maa raadius) ringorbiidil tiirleva tehiskaaslase tiirlemisperiood.
178. Maa tehiskaaslase tiirlemise periood on 2,0 tundi. Määrake selle kaaslase kiirus ja kaugus maapinnast, pidades tema trajektoori ringjooneks.
179. Tehiskaaslane tiirleb ümber Maa mööda ringjoont nii, et tema kõrgus maapinnast võrdub Maa raadiusega. Kui suur on tehiskaaslase joonkiirus?
180. Hinnake Galaktika massi, arvestades, et Päike asetseb Galaktika äärel $3 \cdot 10^{20}$ m kaugusel selle tsentrist. Päikese orbitaalne kiirus Galaktika tsentri suhtes on $3 \cdot 10^5$ m/s. Päikese liikumist võib vaadelda tiirlemisena Galaktika kui tsentraalkeha ümber. Mitu tähte oleks Galaktikas, kui kõikide tähtede massid oleksid võrdsed Päikese massiga?
181. Arvutage Päikese mass, teades, et planeet Neptuuni tiirlemisperiood on $5,2 \cdot 10^9$ s ja orbiidi raadius 30,109 astronoomilist ühikut.

Inertsijõud

182. Milline peaks olema ööpäeva pikkus Maal, et ekvaatoril olevad kehad ei omaks kaalu?
183. Mitu korda peaks Maa kiiremini pöörlema, et ekvaatoril olevate kehade kaal muutuks nulliks?
184. Keha, mille mass on 1,00 g, kaalub ekvaatoril 9,78 mN. Maa ekvaatori raadius on 6378 km. Leidke Maa külgetõmbejõud sellele kehale.
185. Keha langeb ekvaatoril vabalt 100 m kõrguselt. Millises suunas ja kui palju ta kaldub vertikaalist kõrvale?
186. Leidke ekvaatoril asuva keha kesktõmbe - ja raskuskiirenduse suhe.
187. Auto sõidab ekvaatoril kiirusega 90 km/h algul läänest itta, siis vastassuunas. Mille protsendi võrra muutub sõidusuuna muutumisel auto kaal?
188. Sfääri tipust hakkab ilma hõõrdumiseta alla libisema väike keha massiga 300 g. Sfääri raadius on 1,5 m. Sfäär pöörleb nurkkiirusega 6,0 rad/s ümber tema tsentrit läbiva vertikaaltelje. Leidke sfääriga seotud taustsüsteemis kehale mõjuv tsentrifugaaljõud ja Coriolise jõud sfääri pinnalt eemaldumise hetkel.
189. Horisontaalsele lauale on asetatud keha. Laua ja keha vaheline hõõrdetegur on 0,10. Kui suure horisontaalse kiirenduse peab andma lauale, et keha libiseks sellelt maha ?
190. Horisontaalsel laual on teineteise peal kaks klotsi: ülemine massiga m_1 , alumine - m_2 . Hõõrdetegur klotside vahel on k_1 , klotsi ja laua vahel k_2 . Milline horisontaalne jõud tuleb rakendada alumisele klotsile, et ülemine klots sellelt maha libiseks?
191. Rongi pidurdamisel muutub tema kiirus 3,3 s jooksul ühtlaselt 47,5 km/h kuni 30 km/h. Kui suure hõõrdeteguri korral kohvri ja pörandi vahel hakkab kohver veel libisema?
192. Trammi laes ripub niidi otsas kuulike. Trammi pidurdamisel muutub tema kiirus 3,00 s jooksul 6,00 km/h võrra. Millise nurga võrra kaldub niit vertikaalist kõrvale?

193. Vagun tõuseb $10,0^\circ$ kaldenurgaga mäkke kiirendusega $30,0 \text{ cm/s}^2$. Vaguni laes ripub nööri otsas keha massiga 200 g . Määrake nööri mõjuva jõu suurus ja suund.
194. Horisontaalse ketta äärel istub inimene. Ketas pöörleb ümber vertikaalse telje. Millise sagedusega peab ketas pöörlema, et inimene libiseks temalt maha? Ketta raadius on $2,5 \text{ m}$ ja hõõrdetegur $0,50$?
195. Ketas pöörleb ümber vertikaaltelje sagedusega 30 pööret minutis. Kettal 20 cm kaugusel pöörlemisteljest lebab keha. Millise hõõrdeteguri μ korral keha ja ketta vahel ei hakka keha libisema?

Massikese.

196. Kehad massiga $1,0 \text{ kg}$ ja $2,0 \text{ kg}$ asuvad vastavalt x - ja y - teljel, esimene $5,0 \text{ cm}$, teine $4,0 \text{ cm}$ kaugusel koordinaatide alguspunktist. Leidke süsteemi massikese. Näidake, et massikese asetseb osakesi ühendaval sirgel.
197. Leidke süsteemi massikese kui süsteem koosneb kolmest osakesest massiga $1,0 \text{ g}$, $2,0 \text{ g}$ ja $3,0 \text{ g}$. Osakesed asuvad ühel sirgel, osakestevahelised kaugused on 10 cm .
198. Kolm kera raadiusega R , $2R$ ja $3R$ asuvad kokkupuutes üksteise peal nii, et nende tsentrid asuvad ühel sirgel. Kerad on homogeensed ja ühesuguse tihedusega. Leidke süsteemi massikese.
199. Homogeenne varras on paenutatud täisnurga all nii, et harude pikkused on L ja $2L$. Leidke massikeskme asukoht.
200. Leidke homogeense poolrõnga massikese. Poolrõnga raadius on R .
201. Tüdruk ja poiss massiga 50 kg ja 75 kg seisavad siledal jääl teineteisest 10 m kaugusel ning hoiavad kinni nööri otstest. Kui kaugel tüdrukust on nende massikese? Tõmmanud nööri, libiseb poiss edasi $1,4 \text{ m}$. Kui kaugel on ta sel hetkel tüdrukust? Kui pika tee läbib poiss pörkeni tüdrukuga?
202. Õngitseja, kelle mass on 70 kg viibib paadis, mis seisab liikumatult järvel. Õngitseja sammub $4,0 \text{ m}$ paadi nina poole ning peatub. Kui palju nihkub õngitseja seejuures järve põhja suhtes, kui paadi mass koos õngitsejaga on 200 kg ? Paadi hõõrdumist vees mitte arvestada.

203. Järvel seisva paadi pikkus on L ja mass M . Paadi ahtris istub inimene massiga m . Millise teepikkuse s võrra nihkub paat kalda suhtes, kui inimene läheb paadi ahtrist ninasse?
204. Kaks keha massiga $3,0\text{ kg}$ ja $4,0\text{ kg}$ liiguvad kiirusega $\vec{v}_1 = 12\vec{i} - 16\vec{j}$ ja $\vec{v}_2 = -20\vec{i} + 14\vec{j}$ (SI ühikud). Määrake selle süsteemi impulss ja massikeskme kiiruse moodul.
205. Kehad massiga $1,0\text{ kg}$ ja $2,0\text{ kg}$ hakkavad liikuma koordinaatide alguspunktist vastavalt kiirusega $1,0\text{ m/s}$ ja $2,0\text{ m/s}$. Esimene keha liigub x -telje, teine y -telje suunas. Leidke massikeskme asukoht, trajektoori võrrand ja kiirus ajahetkel $4,0\text{ s}$. Tehke joonis.

3. TÖÖ JA ENERGIA. JÄÄVUSSEADUSED

Töö

206. Poiss pingutas kelgu vedamisel nööri 49 N suuruse jõuga. Nöör moodustas kelgu liikumise suunaga nurga 60° . Kui palju tööd tegi poiss, kui ta vedas kelgu $0,50\text{ km}$?
207. Kehale massiga 1 kg mõjus 5 s jooksul jõud 20 N . Leida jõu töö.
208. Nööri otsas rippuvat $4,9\text{ N}$ raskust kaaluvihti tõsteti kiirendusega $2,0\text{ m/s}^2$. Kui suur on seejuures tehtud töö, kui vihti tõsteti $1,0\text{ m}$ võrra?
209. Keha vertikaalsel tõstmisel $1,0\text{ m}$ kõrgusele jääva jõu mõjul tehti tööd $78,4\text{ J}$. Millise kiirendusega tõsteti keha, kui selle mass oli $2,0\text{ kg}$?
210. Kui palju tööd tuleb teha, et tõsta 100 kg massiga keha 400 cm kõrgusele $2,00\text{ s}$ kestel? Tõstmine toimub ühtlaselt kiirenevalt.
211. Kui palju tööd tuleb teha, et viia $1,00\text{ kg}$ massiga keha Maa pinnalt lõpmatusse?
212. Kui palju tööd tuleb teha, et venitada $1,0\text{ mm}$ võrra pikemaks terasvarb, mille pikkus on $1,0\text{ m}$ ning ristlõike pindala $1,0\text{ cm}^2$?

213. Keha massiga 100 kg tõstetakse kaldpinna abil, mille pikkus on 2,0 m ja nurk horisondiga 30° . Arvutada seejuures tehtud töö, kui liikumine toimub kiirendusega $1,0 \text{ m/s}^2$ ja hõõrdeegur on 0,10.
214. Kehale massiga 2,0 kg mõjub jõud $F = 6,0 \cdot t$ (SI ühikud). Arvutada töö, mida teeb see jõud esimese 2,0 sekundi jooksul, kui alghetkel $t = 0$ keha oli paigal.
215. Osakesele massiga 150 g mõjub jõud $F = 848/(x^2 + 14,0 \cdot x)$ (SI ühikud). Arvutada töö osakese liikumisel algasendist $x_1 = 2,00 \text{ m}$ lõppasendisse $x_2 = 6,50 \text{ m}$.
216. Kas jõud $\vec{F} = -C y \vec{i} + C x \vec{j}$ on konservatiivne, kui C on mingi konstant? (Arvutada töö näiteks mööda ristkülikukujulist kontuuri $x - y$ tasandil).
217. Õhutakistus on esimeses lähenduses võrdeline keha kiirusega v : $F = -kv$. Kas see jõud on konservatiivne?
218. Kehale mõjub jõud $F = -12x^2$ (SI ühikud). Arvutada töö, mis tehakse keha liikumisel punktist $x_1 = 0$ punkti $x_2 = 10 \text{ cm}$.
219. Osakese asukoht muutub järgmiselt: $x = 6,2t^3 - 3,0 \cdot t^2 - 88t$ (SI ühikud). Millise kiirusega tehakse tööd hetkel $t = 2,0 \text{ s}$ ja $t = 4,0 \text{ s}$, kui osakese mass on 280 g? Milline on keskmine võimsus näidatud ajavahemikul?
220. Auto kiirus muutub ühtlaselt kiireneval möödasõidul 6,0 s jooksul 90 km/h kuni 108 km/h. Auto mass on 1400 kg. Õhutakistuse ja hõõrdejõu mõju on 700 N. Milline on veojõu maksimaalne võimsus? 70 % mootori võimsusest antakse üle ratastele. Milline on sellisel juhul mootori maksimaalne võimsus?

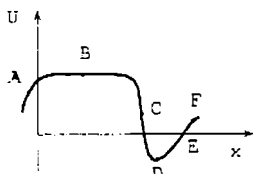
Kineetiline energia

221. Kui palju tööd tuleb teha, et 1) suurendada rongi kiirust 36 kuni 54 km/h ja 2) peatada see rong, kui kiirus on 72 km/h? Rongi massiks võtta 800 t.
222. Kui palju tööd tuleb teha, et 1,0 kg massiga keha kiirus 10 m pikkusel teel suureneks 2,0 kuni 6,0 m/s? Kogu teel mõjub hõõrdejõud 2,0 N.

223. Vagonett liikus jääva jõu mõjul 5 m ning saavutas kiiruse 2 m/s. Arvutada töö, mida tegi see jõud, kui vagoneti mass on 400 kg ning hõõrdeegur on 0,01.
224. Mingi algkiiruse saanud vagun massiga 12 t hakkab hõõrdumise tõttu liikuma ühtlaselt aeglustuvalt ning jääb seisma 30 s jooksul, olles läbinud seejuures 18 m pikkuse tee. Määrata vaguni algkiirus, hõõrdejõud ja hõõrdeegur.
225. Vintpüssist kuuli väljalaskmisel tehtud töö on 13,3 kJ. Lasu kestus on $1,47 \cdot 10^{-3}$ s, kuuli mass 9,6 g ja väljalennu kiirus 880 m/s. Leida kuuli kineetiline energia. Millise osa see moodustab kogu tööst? Määrata lasu kogu- ja kasulik võimsus.
226. Naela lüüakse puusse haamriga, mille mass on 1,47 kg. Naelaga kokkupuutumise momendil on haamri kiirus 6,00 m/s. Iga löögi mõjul tungib nael puusse 20,0 mm. Kui suur on naelale mõjuva jõu keskmine väärtus?
227. Uisutaja sõidab horisontaalsel teel ühtlaselt, kuid lakkab siis hoogu andmast ja libiseb ühtlaselt aeglustuvalt 25 s jooksul 60 m ja peatub. Uisutaja mass on 50 kg. Leida hõõrdeegur ja uisutaja võimsus ühtlase kiirusega sõidul.
228. Kuul, mis kaalus 0,1 N ja lendas kiirusega 800 m/s, lõi läbi 5 cm paksuse laua. Kui suur oli löögi jõud, kui kuul kaotas laua takistuse tõttu 3/4 oma kiirusest?
229. Püssikuul massiga 10 g liigub kiirusega 200 m/s ja tungib laudseina 40 mm sügavusele. Pidades seda liikumist ühtlaselt aeglustuvaks määrata laua keskmine vastupanujõud ja kuuli liikumise kestus lauas. Mis sünnib samades tingimustes, kui laua paksus on ainult 20 mm?
230. Kivi massiga 200 g visati horisontaalselt pinnalt üles mingi nurga all horisondi suhtes. 1,2 s hiljem kukkus kivi sellele pinnale tagasi 5,0 m kaugusel viskepunktist. Leida viskamisel tehtud töö juhul, kui õhutakistust ei arvestata.
231. Millise minimaalse kiiruse peaks andma raketile Kuu pinnal, et see jäädavalt lahkuks Kuult?

Potentsiaalne energia

232. Kui kõrgele võiks tõsta veduri massiga 50 t energia $1,0\text{ kW}\cdot\text{h}$ arvel?
233. Kivi kaaluga 120 N langeb vabalt $2,00\text{ m}$ kõrguselt ja tungib maasse 60 mm sügavusele. Kui suur on maa keskmine vastupanujõud?
234. Rammiga, mille kaal on 8820 N ja langemiskõrgus $1,50\text{ m}$, lüüakse vaia maa sisse. Iga löögiga läheb vai $3,0\text{ cm}$ sügavamale. Arvutada löögi keskmine jõud ja kestus.
235. Vedru kokkusurumiseks 10 mm võrra on vaja rakendada jõudu 98 N . Määrata vedru potentsiaalne energia, kui see on 50 mm võrra elastselt kokku surutud.
236. Määrata potentsiaalse energia tihedus väljavenitatud terasvardas, kui selle suhteline pikenedamine on $0,20\%$.
237. Kehale mõjuv jõud avaldub kujul $\vec{F} = (-kx + ax^3 + bx^4)\vec{i}$. Kas see jõud on konservatiivne? Kui jõud on konservatiivne, siis leida avaldis potentsiaalse energia jaoks.
238. Osakese potentsiaalne energia $U = a/r$, kus a on konstant ja r ko-havektori moodul. Leida osakesele mõjuva jõu avaldis ja selle jõu töö osakese liikumisel punktist $(1,1,1)$ punkti $(2,2,3)$. Joonistada potentsiaalse energia graafik. Lahendada sama ülesanne potentsiaalse energia avaldise $U = ax^2$ jaoks.
239. Leida $15,2\text{ kg}$ massiga keha potentsiaalne energia Maa pinnal ja $10,0\text{ m}$ kõrgusel ning nende potentsiaalsete energiatega vahe. Teha seda juhul, kui keha potentsiaalse energia nullpunkt asub 1) maa-pinnal, 2) $1,00\text{ m}$ kõrgusel ja 3) $10,0\text{ m}$ kõrgusel.



Joon. 6

240. Joonisel 6 on kujutatud mingi keha potentsiaalse energia U olenevus koordinaadist x . Millises punktis on kehale mõjuv jõud maksimaalne? Leida jõu suund joonisel näidatud punktides? Millised on keha tasakaalupunktid?

241. Kahe tuumaosakese (prooton, neutron) vahelist tugevat vastasmõju kirjeldab Yuakawa potentsiaalne energia

$$U(r) = -U_0 \frac{r_0}{r} e^{-r/r_0},$$

kus U_0 ja r_0 on mingid konstandid ning r – osakeste vaheline kaugus. Leida jõud $F(r)$ ja suhe $F(3r_0)/F(r_0)$ ning avaldis kulonilise jõu jaoks, mille puhul potentsiaalne energia $U(r) = -c/r$, c on konstant.

242. Lähtudes eelmises ülesandes esitatust, arvutada tuumajõud kaugusel r_0 , kui $r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15}$ m ja $U_0 = 50$ MeV. Hinnata, mitme r_0 kaugusel on jõu väärtus umbes 1 % tema väärtusest kaugusel r_0 ?

243. Aatomitevahelise mõju potentsiaalse energia võib kaheaatomilises molekulis anda kujul

$$U(r) = -\frac{a}{r^6} + \frac{b}{r^{12}},$$

kus a ja b on positiivsed konstandid. Millise aatomitevahelise kauguse r korral on U minimaalne, millise puhul 0? Kirjeldage graafiliselt U sõltuvust r -st.

244. Leida avaldis aatomite vahel mõjuva jõu F jaoks eelmises ülesandes esitatud juhul. Millise r korral $F = 0$, $F > 0$ ja $F < 0$? Kirjeldage graafiliselt F sõltuvust r -st.

245. Kahe osakese seoseenergiaks nimetatakse energiat, mis on vajalik nende eemaldamiseks teineteisest lõpmata kaugele tasakaalu olekust, kus nende vastasmõju energia on minimaalne. Leida see energia kaheaatomilise molekuli jaoks, kui aatomite vastasmõju potentsiaalse energia sõltuvus aatomitevahelisest kaugusest on sama, mis ülesandes 243.

246. Leida jõud $\vec{F}$, kui potentsiaalne energia avaldub kujul $U = 1,0 \cdot x^2 + 2,0 \cdot xy + 4,0 \cdot y^2z$ (SI ühikud). Kui suur jõud mõjub punktis $\vec{r} = 1,5\vec{i} + 2,0\vec{j} + 1,0\vec{k}$?

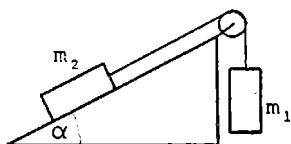
Impulsi jäävus

247. Mürsk lendas horisontaalselt kiirusega 100 m/s ning lõhkes kaheks tüükiks massiga 2,0 ja 8,0 kg. Esimene tükk lendas samas suunas edasi kiirusega 160 m/s. Määrata teise kiiruse suund ja suurus.

248. Kiirusega 10 m/s liikuv granaat jagunes lõhkemisel kaheks killuks. Suurem kild, mille mass on 0,60 granaadi massist, jätkas liikumist samas suunas. Selle kiirus kasvas 25 m/s võrra. Leida väiksema killu kiirus.
249. Mürsk massiga 20 kg väljub relvast, mille mass on 1,0 t, kiirusega 800 m/s. Määrata relva kiirus tagasilöögil lasu momendil.
250. Vagun massiga 60 t läheneb liikumatule platvormile kiirusega 0,20 m/s. Pärast lööki vastu puhvreid hakkab platvorm liikuma kiirusega 0,25 m/s. Kui suur on platvormi mass, kui vaguni kiirus vähenes väärtuseni 0,10 m/s?
251. Horisontaalsel teel kiirusega 0,20 m/s liikuvale 800 kg massiga vagonetile langes vertikaalsihis 200 kg killustikku. Kuidas muutus vagoneti kiirus?
252. Relvast massiga 5,0 t tulistatakse välja mürsk massiga 100 kg. Mürsu kineetiline energia väljalennu hetkel on 7,5 MJ. Millise kineetilise energia saab relv tagasilöögi tõttu?
253. Kahurist tulistatakse vertikaalselt üles. Mürsu algkiirus on v_0 . Kõrgeimas punktis mürsk lõhkeb kaheks võrdseks osaks. Esimene neist kukub tagasi tulistamispunkti lähedale kiirusega $2 v_0$. Kui pika aja möödumisel ja millise kiirusega ning millises kohas langeb maapinnale teine osa? Õhu takistust mitte arvestada.
254. Vertikaalselt üles lastud rakett lõhkeb kõrgeimas punktis kolmeks tükiks. Tõestada, et kõigi kolme killu algkiirused asuvad ühel tasandil.
255. Libeda jää pinnal liiguvad kaks lumepalli teineteisega ristuvast sihis. Esimese mass on 100 g ja kiirus 45 cm/s, teisel - 200 g ja 15 cm/s. Lumepallid pörkuvad ja moodustavad ühe lumepalli massiga 300 g. Millise kiirusega jätkab see liikumist?
256. Mingi paigalseisev ese lõhkeb kolmeks killuks massiga 100 g, 200 g ja 50 g. Esimene lendab x - telje suunas kiirusega 5,0 m/s, teine y - telje suunas kiirusega 2,5 m/s. Milline on kolmanda killu kiirus?
257. Kiirusega 7,20 km/h liikuvalt laevalt massiga 600 t tulistati kahurist laeva liikumisele vastupidises suunas $30,0^\circ$ nurga all horisondi

suhtes. Kui kiiresti hakkas laev liikuma, kui mürisk massiga 60,0 kg lendas kahuritorust välja kiirusega 1000 m/s?

258. Kaks vankrit massiga M liiguvad jääva kiirusega v_0 ühes suunas. Tagumisel vankril asuv inimene massiga m hüppab eesmisele kiirusega u tagumise vankri suhtes. Milliste kiirustega hakkavad vankrid liikuma pärast sellist hüpet?



Joon. 7

259. Kiil nurgaga α võib hõõrdumisvabalt libiseda horisontaalsel pinnal (vt. joon. 7). Kiilule on asetatud kaks keha massiga m_1 ja m_2 . Kehad on omavahel seotud üle liikumatu ploki asetatud nööriga. Millise masside suhte korral kiil hakkab liikuma paremale, millise puhul vasakule ja

millal kehad seisavad paigal, kui hõõrdetegur keha m_2 libisemisel mööda kiilu kaldpinda on k ?

260. Algul paigal olnud rakett hakkab välja paiskama gaase ühtlase joana kiirusega 300 m/s (raketi suhtes). Sekundi kestel väljub raketist 90 g gaase. Raketi algmass oli 270 g. Kui pika aja pärast saavutab rakett kiiruse 40 m/s ja millise väärtuseni see kasvab, kui laengu algmass oli 180 g? Õhu takistus jätta arvestamata.

Energia jäävus

261. Kivi kaaluga 19,6 N langes vabalt 1,43 s jooksul. Leida kivi kineetiline ja potentsiaalne energia tee keskpunktis.
262. Kivi massiga 100 kg langeb vabalt. 150 m kõrgusel on ta kiirus 15,0 m/s. Arvutada kineetiline ja potentsiaalne energia sellel momendil ja 2 s hiljem ning näidata, et energiateg summa ei muutunud.
263. Kivi massiga 50 g visati 20 m kõrguselt vertikaalselt alla algkiirusega 18 m/s. Maapinnale langes ta kiirusega 24 m/s. Kui palju energiat kulus õhu takistuse ületamiseks?
264. Kivi massiga 400 g visati 50 m kõrgusest tornist horisontaalse algkiirusega 20 m/s. Milline on kivi potentsiaalne ja kineetiline energia 2,0 s pärast viset?

265. Uisutaja massiga 70 kg seisab jääl ja viskab horisontaalsuunas kivi 3 kg kiirusega 8 m/s. Kui kaugele libiseb uisutaja, kui hõõrdetegur uiskude libisemisel jääl on 0,02?
266. Püssikuul massiga 20 g lendab horisontaalselt kiirusega 400 m/s ja tabab 4,0 m pikkuse paela otsas rippuvat kera massiga 5,0 kg ning tungib selsse. Määrata nurk, mille võrra pael kaldub vertikaalasendist kõrvale.
267. Kuul tabab 1,0 m pikkuse paela otsas rippuvat keha massiga 1,0 kg ning tungib selsse. Põrke tagajärjel kaldub pael 45° nurga võrra vertikaalsihist kõrvale. Arvutada kuuli kiirus, kui tema mass on 10 g.
268. Kuul massiga 5 g lendab horisontaalselt kiirusega 500 m/s ning tabab kerge varda otsas rippuvat kera massiga 0,5 kg ja tungib selsse. Varda ülemine ots on kinnitatud horisontaalse telje külge, mille ümber ta saab vabalt pöörelda. Milline võib olla varda maksimaalne pikkus, et kuuli löögi tõttu kera teeks täisringi ümber selle telje?
269. Millise kiirusega liikus vagun massiga 20 t kui pörkel seinaga suruti puhvri vedrud kokku 10 cm võrra? On teada, et jõu 9,8 kN mõjul surutakse puhvri vedrud kokku 10 mm võrra.
270. Lastes ragulkaga kivi massiga 20 g venitab poiss kumme 10 cm võrra. Millise kiiruse saab kivi? Kummade venitamiseks 10 mm võrra on vaja rakendada jõudu 9,8 N.
271. Kelk libiseb alla jäämäelt kõrgusega h ja peatub horisontaalsel jääväljal kaugusel s mäe tipust (mõõdetuna horisontaalsihis). Tõestada, et hõõrdetegur $k = h/s$.
272. Kelk libiseb alla 1,6 m kõrguselt nõlvakult ja peatub pärast 80 m pikkuse horisontaalse teeosa läbimist. Leida hõõrdetegur horisontaalsel teeosal eeldusel, et nõlvakul võib hõõrdumist mitte arvestada.
273. Nööri otsa riputatud kaaluviht "1 kg" kallutatakse kõrvale nii, et nõör moodustab vertikaaliga nurga 60° , ja lastakse lahti. Kui suur on nõöri pingutav jõud momendil, millal kaaluviht läbib trajektoori madalaimat punkti?
274. Trossi otsa on riputatud 100 kg massiga keha. Millise maksimaalse nurga võrra võib trossi kallutada vertikaalasendist, et see ei katkeks

edasisel liikumisel pärast vabakslaskumist? Tross katkeb jõu 1470 N mõjul.

275. Kaldpinnalt alla sõitev jalgrattur peab sooritama surmasõlme raadiusega 8,0 m. Kui suur peab olema kaldpinna minimaalne kõrgus, et jalgrattur ei kukuks ringi lagipunktist alla? Hõõrdumist, õhutakistust ja pöörlemistele kuluvat energiat mitte arvestada.
276. Mootorattur sõidab horisontaalset teed mööda. Milline peab olema minimaalne kiirus, et ta saaks väljalülitatud mootoriga teha surmasõlme raadiusega 4,0 m? Hõõrdumist, õhutakistust ja pöörlemistele kuluvat energiat mitte arvestada.
277. Kera lagipunktist hakkab hõõrdumiseta libisema allapoole väike keha. Millisel kõrgusel kera keskpunktist arvates see keha eemaldub kera pinnalt?
278. Bohri mudeli järgi hoiab vesiniku aatomis elektroni ringjoonelisel orbiidil jõud $F = -C/r^2$, kus C on konstant ja r - orbiidi raadius. Leida elektroni koguenergia muutus üleminekul orbiidilt raadiusega $r = r_0$ orbiidile raadiusega $r = n^2 r_0$, kus n on ühest suurem täisarv. Arvutada see energia muut, kui $C = 2,3 \cdot 10^{-28} \text{ Nm}^2$, $r_0 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ ja $n = 2$.
279. Tehiskaaslane massiga m tiirleb ümber Maa ringorbiidil raadiusega r . Näidata, et selle koguenergia on $E = -GmM/2r$, kus M on Maa mass ja G - gravitatsioonikonstant. Näidata ühtlasi, et hõõrdumise arvessevõtmisel hakkab kaaslane kineetiline energia (ja ka kiirus) ajas kasvama, olgugi et E kahaneb.
280. Milline on minimaalne kiirus, mille peab andma kehale maapinnal, et see lahkuks Maa gravitatsioonilise mõju piirkonnast. Õhu takistust mitte arvestada.
281. Päikese ja Maa vahekaugus muutub vahemikus $1,471 \cdot 10^8 \text{ km}$ (talvel) kuni $1,521 \cdot 10^8 \text{ km}$ (suvel). Leida sellele vastav potentsiaalse, kineetilise ja mehaanilise energia muut. Millises asendis on Maa kiirus suurim?
282. Kera massiga m asetatakse vedelikku ja lastakse lahti ilma tõuketa. Kera tihedus on n korda suurem vedeliku tihedusest ja liikumisel tekib takistusjõud $F = -k v$, kus v on kera kiirus. Leida kera ühtlase liikumisel tema mehaanilise energia muutus ajavahemikus Δt .

Põrge

283. Kaks kuulikest on riputatud paralleelsete niitide otsa nii, et nad puutuvad kokku. Esimese kuulikese mass on 0,20 kg, teise oma 100 g. Esimest kuulikest kallutatakse kõrvale nii, et tema massikese tõuseb 4,5 cm võrra ja lastakse lahti. Millisele kõrgusele tõusevad kuulikesed, kui põrge oli 1) elastne, 2) mitteelastne?
284. Kaks mitteelastset keha massiga 5 ja 7 kg liiguvad kiirusega vastavalt 4 ja 2 m/s. Kui suur on kehade kiirus pärast nende kokkupõrget, kui 1) kergem keha jõudis järele raskemale, 2) kehad liikusid teineteisele vastu?
285. Kaks kerakujulist kuuli massiga 4 ja 3 kg liiguvad teineteisele vastu kiirusega 5 ja 2 m/s. Kui palju energiat kulub kuulide deformeerimiseks nende absoluutselt mitteelastsel tsentraalsel põrkel?
286. Keha massiga 3,0 kg liigub kiirusega 4,0 m/s ja põrkub mitteelastselt tsentraalselt teise samasuguse paigaloleva kehaga. Leida põrkel eraldunud soojus.
287. 2 kg massiga ümargune kuul liigub kiirusega 10 m/s ning põrkub tsentraalselt paigalseisva kuuliga, mille mass on 8 kg. Määrata kummagi kuuli kiirus pärast põrget, pidades kuule absoluutselt elastseteks.
288. Keha massiga 2,0 kg liigub kiirusega 3,0 m/s ja jõuab järele teisele kehale, mille mass on 3,0 kg ning kiirus 1,0 m/s. Leida kehade kiirused pärast põrget, kui põrge oli 1) mittelastne, 2) elastne. Kehad liikusid ühel sirgel, põrge oli tsentraalne.
289. Neutron põrkub elastselt tsentraalselt paigaloleva süsiniku aatomiga, mille mass on 12 korda suurem neutroni massist. Mitu korda väheneb neutroni kineetiline energia põrkel?
290. Kui suure osa oma kineetilisest energiast kaotab neutron ($m_n = 1,01 \text{ u}$) elastsel põrkel a) vesiniku tuumaga ^1_1H ($m_p = 1,01 \text{ u}$),
b) deuteeriumi tuumaga ^2_1H ($m_d = 2,01 \text{ u}$), c) süsiniku tuumaga $^{12}_6\text{C}$

($m_c = 12,0 \text{ u}$) ja d) seatina tuumaga $^{208}_{82}\text{Pb}$ ($m_{\text{pb}} = 208 \text{ u}$)? Milline nendest tuumadest on parim neutronite aeglustaja tuumareaktoris?

4. PÖÖRDLIIKUMINE

Pöördliikumise dünaamika põhiseadus

291. Kui palju peab pikendama 75,0 cm pikkust ühtlast varrast, et selle inertsimoment varda keskpunkti risti vardaga läbiva telje suhtes kahekordistuks?
292. Määrata homogeense ketta inertsimoment telje suhtes, mis asub ketta tsentrist 200 mm kaugusel ning on risti tema tasapinnaga. Ketta mass on 700 g, tema raadius on 800 mm.
293. Kahte väikest kera massiga 40 ja 120 g ühendab varras, mille mass on kaduvväike. Kerade tsentritevaheline kaugus on 20 cm. 1) Leida selle süsteemi inertsimoment telje suhtes, mis on vardaga risti ja läbib süsteemi masskeset. 2) Leida süsteemi inertsimoment sama telje suhtes, kui kerade raadiused on 4,0 ja 5,8 cm.
294. Keha massiga 10,2 kg liigub ringjoonel raadiusega 8,0 m. Keha impulsimomendi (ringjoone keskpunkti suhtes) sõltuvus ajast on $L = 5,0t$ (SI ühikud). Leida keha nurkkiiruse sõltuvus ajast ja talle mõjuv jõumoment ringi keskpunkti suhtes. Milline on jõumoment ringi keskpunkti läbiva ja ringi tasandiga ristuva telje suhtes?
295. Keha massiga 3,0 kg liigub kiirusega 5,0 m/s y -telje suunas. Vaatlemise alghetkel olid keha koordinaadid (3,5 m, 0, 0). Leida keha impulsimoment ja talle mõjuv jõumoment koordinaatide alguspunkti suhtes.
296. Osakene massiga m liigub kiirusega v xy -tasandil. Kiiruse suund moodustab x -teljega nurga $\alpha > 0$. Vaatlemise algmomendil on osakese koordinaadid $(x_0, 0, 0)$. Leida osakese impulsimoment ja talle mõjuv jõumoment koordinaatide alguspunkti suhtes?

297. 60 cm pikkune ja 40 g massiga varras pöörleb nurkkiirendusega 10 rad/s^2 ümber telje, mis on vardaga risti ja läbib tema keskpunkti. Leida jõumoment.
298. Kettakujuline hooratas massiga 50 kg ja raadiusega 20 cm pöörleb sagedusega 480 p/min. Hõõrdumise tõttu jääb ta seisma. Määrata hõõrdejõu moment, kui ratas 1) jääb seisma 50 s jooksul, 2) teeb seismajäämiseni 200 täispööret.
299. Kettakujuline hooratas, mille raadius on 20 cm ja mass 10 kg, pöörleb sagedusega 10 p/s. 4,0 s pärast pidurdamise algust ta peatub. Leida pidurdava jõu moment.
300. Võll, mille mass on 600 kg ja raadius 12,0 cm, pöörles sagedusega 540 p/min. Võlli vastu suruti pidur, mille tõttu ta jäi seisma pärast 20,0 täispööret. Kui suur oli pidurdav jõud?
301. Hooratas pöörles sagedusega 5,00 p/s. Konstantse pidurdava jõumomendi $981 \text{ N}\cdot\text{m}$ mõjul ta peatus 20,0 s pärast. Leida hooratta inertsimoment.
302. Hooratas inertsimomendiga $63,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ pöörleb nurkkiirusega $31,4 \text{ rad/s}$. Leida pidurdava jõu moment, mille mõjul hooratas peatus 20,0 s jooksul.
303. Paigalseisva pöörlemisteljega ketta servale on rakendatud puutuja-suunaline jõud 98 N. Ketta raadius on 0,50 m, mass 50 kg. Leida nurkkiirendus ja aeg, mille vältel ketta sagedus muutub 100 p/s.
304. Võll raadiusega 10 cm pöörleb, omades impulsimomenti $15,7 \text{ kgm}^2/\text{s}$. Vastu võlli silindrilist pinda surutakse piduriklots jõuga 39 N, mistõttu võll jääb seisma 10 s jooksul. Leida hõõrdetegur.
305. Ventilaator pöörleb sagedusega 900 p/s. Pärast väljalülitamist pöörleb ventilaator ühtlaselt aeglustuvalt ning peatub pärast 75,0 pööret. Pidurdava jõu töö on 44,4 J. Leida ventilaatori inertsimoment ja pidurdava jõu moment.
306. Homogeenne silinder kaaluga 98 N võib pöörelda ümber liikumatu horisontaalse telje. Silindrile on mähitud pael, mille otsas ripub viht massiga 2,0 kg. Millise kiirendusega hakkab viht laskuma?
307. Horisontaalse paigalseisva pöörlemisteljega silindrile raadiusega 0,50 m on mähitud nööri, mille otsa on kinnitatud koormus massiga

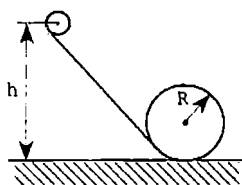
10 kg. Leida silindri inertsimoment, kui on teada, et koormus las-
kub kiirendusega $2,04 \text{ m/s}^2$.

308. Horisontaalse teljega rattale raadiusega $0,80 \text{ dm}$ on mähitud pael, mille otsas ripub koormus massiga $1,0 \text{ kg}$. Ühtlaselt kiirenevalt laskudes läbis koormus $2,0 \text{ s}$ kestel $1,6 \text{ m}$. Määrata ratta inertsimoment.

Impulsimomendi ja energia jäävus

309. Hooratta kogu massi $0,500 \text{ t}$ võib lugeda koondunuks ratta pöida, mille diameeter on $1,50 \text{ m}$. Kui palju tuleb teha tööd, et panna see hooratas pöörlema sagedusega 120 p/min ? Hõõrdumist mitte arvestada.
310. Kettakujuline hooratas, mille mass on 50 kg ja raadius on 20 cm , pöörleb sagedusega 10 p/s . Leida hooratta kineetiline energia.
311. Silindrikujulise mürsu läbimõõt on 150 mm ja mass 38 kg . Mürisk lendab kiirusega 210 m/s , ise seejuures pööreldes. Pöörlemissagedus on 105 p/s . Leida mürsu kineetiline energia.
312. Völl pöörleb sagedusega $5,00 \text{ p/s}$. Tema kineetiline energia on $60,0 \text{ J}$. Leida völli liikumishulga moment.
313. Et panna hooratas pöörlema sagedusega $8,0 \text{ p/s}$, tuli teha $1,0 \text{ kJ}$ tööd. Millise liikumishulga momendi sai hooratas?
314. Hooratas hakkab pöörlema jääva nurkkiirendusega $0,50 \text{ rad/s}^2$. 15 s pärast on tema liikumishulga moment $73,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$. Leida hooratta kineetiline energia 20 s pärast pöörlemise algust.
315. $5,00 \text{ m}$ pikkune vertikaalne post saetakse maha maapinna juurest. Määrata posti ülemise otsa joonkiirus langemise lõppmomendil.
316. Ketas massiga 100 g veereb libisemiseta mööda horisontaalset tasapinda kiirusega $2,0 \text{ m/s}$. 1) Määrata selle ketta kineetiline energia. 2) Sama küsimus kera kohta, mille mass on 500 g ja kiirus $4,0 \text{ m/s}$. 3) Sama küsimus rõnga kohta, mille mass ja kiirus on vastavalt $0,20 \text{ kg}$ ja $1,0 \text{ m/s}$.
317. Millise osa moodustab pöörlemise energia kogu kineetilisest energiast rõnga, homogeense silindri ja kera veeremisel?

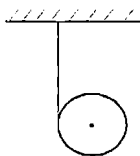
318. Tühi silinder ja täidetud silinder mõlemad massiga 200 g veerevad kiirusega 5,00 m/s. Leida silindrite kineetiline energia.



Joon. 8

319. Millise kiiruse saavutab kera keskpunkt, kui kera veereb alla 1,00 m kõrguselt kaldpinnalt?
320. Leida minimaalne kõrgus h , mille korral kuulike raadiusega r teeb ringi joonisel 8 kujutatud seadmel, kui kuulike veereb libisemiseta. Ringi raadius on R .
321. Kaldpinna kõrgus on 50 cm, pikkus 10 m. Kui palju aega kulub peenikesel rõngal seda pinda mööda allaveeremiseks? Sama küsimus ketta puhul, kui kaldpinna kõrgus on 50 cm ja pikkus 1,4 m.
322. Homogeenne silinder hakkab veerema mööda kaldpinda, mille kalle horisondi suhtes on 30° . Kui pika ajaga ta läbib tee 98 cm? Lahendada sama ülesanne, kui silindri asemel võtta homogeenne kera.
323. Hooratas pannakse pöörama, rakendades talle jõumomendi 39 N·m. Millise kineetilise energia saab hooratas, kui tema inertsimoment on $78,0 \text{ kgm}^2$ ning ühtlaselt kiirenev pöörlamine kestab 10 s?
324. Homogeenne silinder massiga m ja raadiusega R pandi pöörama ümber oma horisontaalse telje nurkkiirusega ω ning asetati seejärel horisontaalsele alusele. Hõõrdetegur silindri ja aluse vahel on k . Leida: 1) aeg, mille jooksul silinder libiseb alusel ja 2) silindrile mõjuvate hõõrdejõudude töö.
325. Mootori võimsus on 1000 W, tema ankur pöörleb sagedusega 240 p/min. Määrata jõumoment.
326. Ketta piirdele on rakendatud puutujasuunaline jõud 19,6 N. Ketta mass on 500 kg. Leida ketta kineetiline energia 5,0 s pärast jõu mõjumise algust.
327. Kergele puitvõllile on asetatud metallkettas, mille raadius on 25 cm ja mass 40 kg. Samale võllile on keritud nõör, millel ripub koormus massiga 32 kg. Kui suur on ketta pöörlemissagedus ja kineetiline

energia momendil, kui koormus on jõudnud langeda 2,0 m? Võlli läbimõõt on 10 cm.



Joon. 9

328. Ketas, millele on keritud peenike niit, ripub niidi otsas (Joon. 9) ja laskub raskusjõu mõjul. Kui suure kiirendusega laskub ketta keskpunkt? Kui suure nurkkiirendusega pöörleb ketas raadiusega R ?

329. Vertikaalne varras pikkusega 2,0 m ja massiga 12 kg võib pöörelda ümber horisontaalse telje, mis läbib tema ülemist otsa. Horisontaalselt lendav kuul massiga 10 g ja kiirusega 800 m/s tabas varda keskaika ja jäi sinna kinni. Kui suur on varda nurkkiirus vahe-
tult pärast tabamust?
330. Õhuke ruudukujuline plaat küljepikkusega 20 cm ja massiga 0,60 kg võib pöörelda ümber vertikaalse telje, mis ühtib plaadi servaga. Plaadi keskpunkti tabab risti plaadi tasandiga lendav kuul, mille mass on 0,40 kg ja kiirus 1,5 m/s. Põrget absoluutselt elastseks lugedes leida: 1) kuuli kiirus pärast põrget ja 2) horisontaalne komponent jõul, millega telg mõjub plaadile pärast põrget plaadi pöörlemise tõttu.
331. Ringikujuline platvorm, mille äärel seisab inimene, pöörleb vabalt ümber vertikaalse telje. Platvormi raadius on 10,0 m ning tema mass neli korda suurem inimese massist. Kuidas muutub platvormi nurkkiirus, kui inimene läheb 1) 0,5 m tsentri poole, 2) tsentrisse? Inimest vaadelda masspunktina.
332. Pöörleval pingil seisab inimene ning hoiab väljasirutatud kätes kahte vihti. Kummagi vihi mass on 2,0 kg. Vihtide vahemaa on 1,5 m ning pink pöörleb sagedusega 1,0 p/s. Kui inimene lasab käed alla ning vihtidevaheliseks kauguseks jääb 80 cm, hakkab pink pöörlema sagedusega 1,5 p/s. Määrata inimese poolt tehtud töö, pidades inimese inertsimomenti pöörlemistelje suhtes jäävaks.
333. Inimene seisab pöörleva pingi keskaigas. Pink pöörleb inertsitõttu sagedusega 0,50 p/s. Inimese keha inertsimoment pöörlemistelje suhtes on $2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Väljasirutatud kätes on inimesel kaks vihti,

kumbki massiga 2,0 kg. Vihtidevaheline kaugus on 1,6 m. Kui suure sagedusega hakkab pink koos inimesega pöörlema, kui inimene laseb käed alla ja vihtidevaheliseks kauguseks jääb 0,60 m? Pingi inertsimomendi ja käte massi jätame arvestamata.

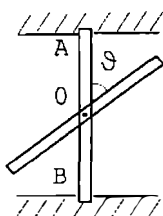
334. Kettakujuline platvorm massiga 65 kg ja raadiusega 2,5 m võib pöörelda ümber vertikaalse telje. Paigalseisva platvormi serva mööda hakkab kõndima inimene massiga 75 kg ja saavutab platvormi suhtes kiiruse 2,5 m/s. Kui suure nurkkiirusega liigub siis platvorm? Kui suur on inimese kiirus maapinna suhtes?

335. Kass, ronides mööda puuoksa, jalad ülespidi, kukub alla 8,00 m kõrguselt. Kui kiiresti peab ta tiirutama oma saba, et ta kukuks jalgadele? Kassi keha inertsimomendiks lugeda $5,00 \cdot 10^4 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$, saba inertsimomendiks aga $5,00 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$.

336. Kogu jää sulamisel suureneks Maa raadius keskmiselt 61 m võrra. Eeldades, et põhiline jäämass asub geograafilisel laiusel 80° ning tekkinud vesi katab ühtlaselt kogu maakera pinna, leida ööpäeva pikkuse muutus. Maad enne jää sulamist vaadelda kerana raadiusega 6370 km ning inertsimomendiga $8,11 \cdot 10^{37} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

337. Maa suurim ja väikseim kaugus Päikesest on vastavalt $1,52 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ja $1,47 \cdot 10^{11} \text{ m}$. Leida Maa orbiidil liikumise suurim ja väikseim kiirus. Milline on Maale mõjuv jõumoment Päikese suhtes?

338. Peenike varras massiga m ja pikkusega l on keskelt kinnitatud



Joon. 10

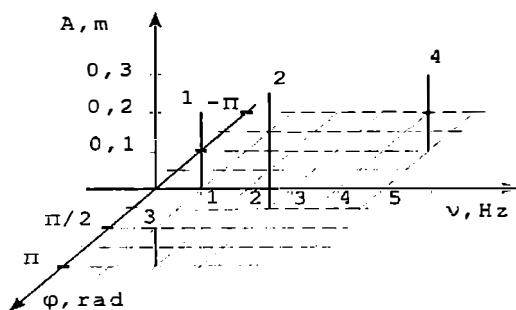
peenikese völli AB külge, mis otstest toetub laagritele (Joon. 10). Völli ja varda vaheline nurk on θ . Varras koos völliga pöörleb nurkkiirusega ω . Leida: 1) varda impulsimoment punkti O ja pöörlemistelje suhtes, 2) punkti O suhtes impulsimomendi muudu moodul varda pöördu misel poole ringi võrra ja 3) pöörlemisel mõjuv jõumoment.

5. VÕNKUMISED JA LAINED

Harmooniline võnkumine

339. Ainepunkti võnkumise võrrand on $x = 0,080 \sin \pi (t + 0,40)$ (SI ühikud). Leida selle võnkumise amplituud, periood, algfaas, maksimaalne kiirus ja maksimaalne kiirendus.
340. Harmooniliselt võnkuva ainepunkti võnkeperiood on 1,8 s, algkiirus 0,18 m/s ning algfaas 42° . Leida selle punkti hälve, kiirus ja kiirendus 23 s pärast võnkumise algust.
341. Ainepunkt võngub harmooniliselt. Tema võnkeperiood on 12 s. Kui pika aja möödudes pärast tasakaaluasendi läbimist on punkti kiirus kaks korda väiksem maksimaalsest?
342. Harmooniliselt võnkuva ainepunkti võnkeamplituud on 5,0 cm, ringsagedus 2,0 rad/s. Leida ainepunkti kiirendus momendil, mil tema kiirus on 6,0 cm/s.
343. Ainepunkt võngub harmooniliselt piki sirget perioodiga 0,60 s ja amplituudiga 10 cm. Leida ainepunkti keskmine kiirus aja jooksul, mille korral ta läbib tee 5,0 cm 1) maksimumasendist arvestades; 2) tasakaaluasendist arvestades.
344. Ainepunkt võngub seaduse $x = a \cos \omega t$ kohaselt piki x telge. Leida teepikkus, mille ta läbib ajahetkest $t = 0$ kuni ajahetkeni t .
345. Ainepunkt võngub x -teljel seaduse $x = a \cos \omega t$ kohaselt. Loeme ainepunkti leidmise tõenäosuse P vahemikus $-a \leq x \leq a$ võrdseks ühega. Leida tõenäosustiheduse dP/dx sõltuvus koordinaadist x . dP on tõenäosus ainepunkti viibimiseks vahemikus x kuni $x + dx$. Kujutada graafiliselt $dP/dx = f(x)$.
346. Normaalheli hargi (440 Hz) võnkeamplituud on 0,85 mm. Leida heli hargi otsa maksimaalne kiirus.
347. Harmooniliselt võnkuva ainepunkti amplituud on 3,20 mm, kiirenduse amplituud $3,15 \text{ m/s}^2$. Leida sagedus.
348. Ainepunkt võngub harmooniliselt piki x -telge. On teada, et koordinaadi väärtustel x_1 ja x_2 on tema kiirused vastavalt v_1 ja v_2 . Leida võnkumise sagedus ja amplituud.

349. Kui palju aega kulub harmooniliselt võnkuval ainepunktis poole amplituudiga võrdse hälbe saavutamiseks, kui võnkumine algas tasakaaluasendist? Võnkeperiood on 24 s.
350. Võnkumine algab tasakaaluasendist. Leida kineetilise ja potentsiaalse energia suhe ajahetkel $T/12$; $T/8$; $T/6$. T on periood.
351. Ainepunkti võnkumise võrrand on $x = 0,10 \sin 5,0t$ (SI ühikud). Leida kineetilise energia maksimaalne väärtus, kui ainepunkti mass on 0,40 g.
352. Kaks sama sagedusega samasihilist harmoonilist võnkumist liituvad üheks harmooniliseks võnkumiseks amplituudiga 6,0 cm. Leida liidetavate võnkumiste faaside vahe, teades, et nende võnkumiste amplituudid on 3,0 ja 4,0 cm.
353. Leida kahe samasihilise võnkumise liitmisel tekkiva võnkumise amplituud ja algfaas ning kirjutada selle võnkumise võrrand, kui lähtevõnkumiste võrrandid on $x_1 = \sin \pi(t+0,5)$ ja $x_2 = \sin \pi(t+1)$ (SI ühikud).
354. Liituvad kolm ühesuguse sagedusega samasihilist võnkumist. $x_1 = 0,15 \sin(3\pi t + \pi/2)$; $x_2 = 0,24 \sin(3\pi t + \pi/6)$; $x_3 = 0,24 \sin(3\pi t - \pi/4)$ (SI ühikud). Leida liitvõnkumise amplituud ja algfaas ning kirjutada võnkumise võrrand.



Joonis 11

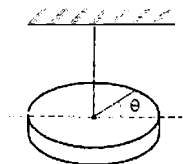
355. Joonisel 11 on kujutatud samasihilise võnkumise spekter. Kirjutage osavõnkumiste võrrandid ja joonestage võnkumiste graafikud.

356. Raadiotehnikas kasutatav amplituudmodulatsioon teostatakse järgmiselt: kandevõnkumise $x = A \sin \omega_1 t$ amplituudi muudetakse seaduse $A = A_0 (1 + \cos \omega_2 t)$ kohaselt. A_0 on konstant. Leida, millistest harmoonilistest võnkumistest koosneb liitvõnkumine. Joonestada spekter teljestikus $A = f(\omega)$.
357. Kahe helihargi võnkumisel tekkiva tuiklemise periood on 0,5 s. Ühe helihargi sagedus on 256 Hz. Leida teise helihargi sagedus.
358. Ainepunkt võtab üheaegselt osa kahest ristuvast harmoonilisest võnkumisest $x = 3 \cos \pi t$ ja $y = 2 \cos \pi(t + 0,5)$. Leida selle ainepunkti trajektoori võrrand. Joonestage graafik näidates sellel punkti liikumise suuna.
359. Ainepunkt võtab üheaegselt osa kahest ristuvast harmoonilisest võnkumisest: $x = 3 \sin t$ ja $y = \cos t$. Leida ainepunkti trajektoori võrrand ning joonestada graafik, millel on näidatud ainepunkti liikumise suund.
360. Ainepunkt võngub üheaegselt võrrandite $x = \cos \pi t$ ja $y = 2 \cos \pi t/2$ kohaselt. Leida ainepunkti trajektoori võrrand ning joonestada graafik, millel on näidatud ainepunkti liikumise suund.

Omaavõnkumised

361. Vedru otsa riputatud kuulikese mõjul pikeneb vedru 10 cm võrra. Kui suur on sellise vedrupendli võnkeperiood? Vedru massi pole vaja arvestada.
362. Vedru otsa riputatud kuulike võngub vertikaalsihis perioodiga 0,54 s. Leida kuulikese mass, kui on teada, et keha massiga 86 g võngub sama vedru otsas perioodiga 0,38 s. Vedru massi pole vaja arvestada.
363. Lind lendas oksale, mis hakkas koos linnuga võnkuma perioodiga 1,2 s vertikaalsihis. Selleks, et määrata linnu massi, riputati samasse kohta, kus istus lind, keha massiga 100 g. Nüüd võnkus oks perioodiga 0,95 s ning tema staatiline läbivajumine keha raskuse mõjul oli 5,0 cm. Arvutada linnu mass.

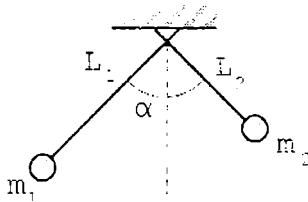
364. Kaks ainepunkti m_1 ja m_2 on ühendatud vedruga, mille jäikus on k . Leida süsteemi omavõnkumise periood, arvestamata vedru massi ja hõõrdumist.
365. Hapniku molekulis on kaks aatomit ühendatud kvaasielastsusjõuga piki aatomeid ühendavat sirget. Molekul võngub sagedusega $4,74 \cdot 10^{11} \text{ Hz}$. Leida hapniku molekuli sideme jäikus.
366. U-torus läbimõõduga 4,5 mm on elavhõbe massiga 160 g. Leida elavhõbeda väikese amplituudiga võnkumiste periood, hõõrdumist arvestamata.
367. Kaks matemaatilist pendlit võnguvad. Esimene teeb 12 võnget ajavahemikus, milles teine teeb 13 võnget. Leida pendlite pikkuste suhe.
368. Lifti kabiinis ripub matemaatiline pendel pikkusega 1,0 m. Milline on selle pendli võnkeperiood kui lift 1) laskub kiirendusega $0,80 \text{ m/s}^2$; 2) tõuseb sama kiirendusega?
369. Vaguni lakke on riputatud matemaatiline pendel pikkusega 0,450 m. Leida selle pendli võnkeperiood kui vagun liigub horisontaalselt kiirendusega $1,30 \text{ m/s}^2$.
370. Ühtlane vertikaalne ketas raadiusega r võngub väikese amplituudiga raskusjõu mõjul horisontaalse telje suhtes, mis on risti kettaga. Kus asub telg kui võnkeperiood on minimaalne?
371. Ühtlane varras pikkusega L võngub raskusjõu mõjul vertikaaltasandis väikese amplituudiga horisontaalse telje suhtes. Kus asub telg, kui võnkeperiood on minimaalne?
372. Kera raadiusega 5,00 cm on riputatud 10,0 cm pikkuse niidi otsa. Leida sellise pendli võnkesagedus.
373. Kera raadiusega 10 cm on riputatud niidi otsa, mille pikkus on 10 cm. Leida sellise pendli võnkeperiood.
374. Oletame, et maakera läbib diametraalselt šaht ja sellesse lastakse maapinnalt langeda keha. Leida keha kiirus maakera keskpunktis ja lähtepunkti tagasipöördumise aeg. Maakera lugeda homogeenseks.



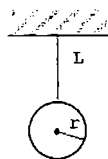
Joon. 12

375. Traadi otsa riputatud ketas (joon. 12) kujutab endast torsioonpendlit, mis võib võnkuda vertikaaltelje suhtes. Ketta inertsimoment on I . Väändel kehtib Hooke'i seadus: $M = -\kappa\Theta$, kus M – jõumoment vertikaaltelje suhtes, κ – väändemoodul ja Θ – väändenurk. Leida sellise pendli omavõnkesagedus.

376. Füüsikaline pendel (Joon. 13) koosneb kahest kuulikesest m_1 ja m_2 , mis asuvad täisnurga all jäigalt ühendatud kergete varraste otstes, mille pikkused on vastavalt l_1 ja l_2 . Nurga tippu läbib joonisega risti telg, mille ümber võib seadeldis võnkuda raskusjõu mõjul. Milline on selle pendli võnkumise nurksagedus? Kui suure nurga moodustab kumbki varras vertikaaliga?



Joon. 13



Joon. 14

377. Pendel koosneb peenikese varda otsa kinnitatud kerast (Joon. 14). Varda pikkus on L , kera raadius on r . Leida, millise kera raadiuse ja varda pikkuse suhte korral on matemaatilise pendli valemi kohaselt arvutatud perioodi viga 10 % tegelikust perioodi väärtusest?

Sumbuvad ja sundvõnkumised

378. Pendli võnkumiste amplituud on 3,0 cm. 10 s pärast on amplituud 1,0 cm. Kui pika aja pärast on amplituud 0,30 cm?
379. Pendli võnkumiste sumbuvasuse logaritmiline dekrement on $3,00 \cdot 10^{-3}$. Mitu võnget peab pendel tegema, et võnkumiste amplituud väheneks poole võrra?
380. 1,0 m pikkuse matemaatilise pendli võnkeamplituud väheneb 10 min jooksul kahekordselt. Leida võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement?

381. Sumbuvate võnkumiste sagedus on 83,20 Hz. Iga kümne võnke järel väheneb amplituud neli korda. Leida süsteemi võnkesagedus sumbumise puudumisel.
382. Võnkuva keha kuues amplituud oli 47,2 cm, kaheteistkümnes 23,6 cm. Kui suur oli esimene amplituud?
383. Mitme protsendi võrra väheneb võnkuva keha energia iga võnkega, kui sumbuvuse logaritmiline dekrement on $2,0 \cdot 10^{-2}$?
384. Leida võnkuva süsteemi resonantsagedus, kui süsteemi sumbuva võnkumise periood on 0,200 s ning esimese ja kuuenda amplituudi suhe on 13,3.
385. Vaguni vedru paindub jõu 9,8 kN mõjul 16 mm võrra. Vedru kannab koormust 54 kN. Rööbaste jätkukoha ületamisel saab ratas tõuke. Milline peab olema rongi kiirus, et vedru painduks maksimaalselt, kui rööbaste pikkus on 12,5 m? Sumbumist mitte arvestada.
386. Auto esiratta vedru lüheneb jõu 4,4 kN mõjul 150 mm võrra. Millisel auto liikumise kiirusel tekib tugev vibratsioon ratta tasakaalustamatuse tõttu? Ratta läbimõõt on 45 cm ja mass 18 kg. Teliku mass on 24 kg.
387. Võnkuva süsteemi hüvetegurit võib defineerida kolmel viisil
1. $Q = A/A_0$, A – resonantsvõnkumise amplituud;
 A_0 – süsteemi kõrvalekalle vastava staatilise jõu korral.
 2. $Q = \frac{2\pi W}{\Delta W}$, W – võnkuva süsteemi energia enne vaadeldavat perioodi;
 ΔW – energiakadu perioodi jooksul.
 3. $Q = \frac{\omega_0}{\Delta \omega}$, $\Delta \omega$ – ringsageduste vahe, mille korral võnkumiste amplituud on kaks korda väiksem resonantsvõnkumiste amplituudist, nn. resonantskövera poollaius. Tõestage, et väikese sumbuvuse korral on kõik kolm määratlust ekvivalentsed.

Lained

388. Tasalaine perioodiga 1,2 s ja amplituudiga 2,0 cm, levib elastses keskkonnas kiirusega 15 m/s. Leida laineallikast 45 m kaugusel asu-

va punkti hälve, kiirus ja kiirendus ajamomendil 4 s, kui laineallika võnkumine algas tasakaaluasendist algfaasiga null.

389. Elastses keskkonnas levivad lained lainepikkusega 5,00 m. Leida samal kiirel asuva keskkonna kahe punkti võnkumiste faasivahe, kui nende vahemaa on 7,00 m.
390. Leida võnkumiste faas punktis, mis asub 0,237 m kaugusel laineallikast, ajahetkel 12,4 ms, kui lainepikkus on 0,75 m ja laine levimiskiirus 240 m/s? Missugune faas on sel hetkel algpunktis? Aega arvestatakse hetkest, millal laineallika hälve oli null.
391. Heli tasalaine võrrand on $\psi = 1,00 \cdot 10^{-4} \cos(6280t - 18,5x)$, (SI ühikud). Leida a) laine kiirus ja sagedus; b) keskkonna osakese nihkeamplituudi ja lainepikkuse suhe; c) keskkonna osakese kiiruse amplituud; d) joonestada osakeste nihke ja kiiruse koordinaadist sõltuvuse graafikud ajahetkel $t = 0$.
392. Leida õhus leviva helilaine kiiruse sõltuvus temperatuurist, lugedes protsessi adiabaatiliseks. Lähtume kiiruse avaldisest $v = \sqrt{B/\rho}$, kus ρ on õhu tihedus ja B õhu ruumelastsustegur ($B = -V \frac{dp}{dV}$). Arvutada helikiirus suvel (20 °C) ja talvel õues (-20 °C). Õhu mooli mass on 29 g/mol.
393. Keralaine amplituud 10 m kaugusel laineallikast on 0,20 mm. Kui suur on laine amplituud allikast 100 m kaugusel? Mitu korda väheneb laine energiatihedus?
394. Nöör massiga 0,40 kg on kinnitatud kahe 4,8 m kaugusel asetseva toe vahele. Nööri ühes otsas tekitatud laine jõuab teise otsa 0,85 s pärast. Leida nööri tõmme.
395. Ühtlane 3,0 m pikkune jäme köis on kinnitatud ühte otsa pidi lakke. Leida ristlainete levimiskiiruse valem. Millise ajaga jõuab laine köie alumisest otsast üles?

396. Nöör koosneb kahest erineva massi joontihedusega lõigust. Milline on lainepikkuste suhe nööri eri lõikudes, kui massi joontihedused on vastavalt μ_1 ja μ_2 ?
397. Helihark, mille sagedus on 600 Hz, läheneb seinale. Kuulaja, kes asub seinast kaugemal kui helihark, kuuleb tuiklemist sagedusega 4,00 Hz. Leida helihargi kiirus.
398. Auto sõidab kiirusega 36,0 km/h. Autole tuleb vastu politseiauto kiirusega 72,0 km/h. Autojuht kuuleb sireeni sagedusega 1000 Hz. Milline on sireeni tegelik sagedus? Hääle kiirus õhus on 330 m/s.

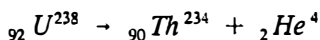
6. ERIRELATIIVSUSTEORIA

399. Milline peaks olema keha kiirus, et tema pikimõõtmed väheneksid 2,0 korda?
400. Millise kiirusega peaks liikuma keha, et tema pikkuse relativistlik vähenemine oleks 25 %?
401. Mitu korda pikeneb ebastabiilse osakese eluiga, kui ta liigub kiirusega, mis moodustab 99 % valguse kiirusest vaakumis?
402. Paigalseisva π^+ mesoni eluiga on $2,6 \cdot 10^{-8}$ s. Kui kaugele kiirendist jõuab π^+ meson enne lagunemist, kui ta kiirus on 0,95 c?
403. Maale lähim täht Proxima on Maast 4,22 valgusaasta kaugusel. Milline peab olema kosmoselaeva kiirus, kui astronaut tahab selle täheni lennata 3,00 aastaga?
404. Tähistähe heledaim täht Siirius on Maast 8,50 valgusaasta kaugusel. Üks kaksikutest sõidab kosmoselaevaga Siiriusse ja tagasi. Kaksikud lahkuvad, kui nad on 20,0 aastased. Millised on nende vanused taaskohtumisel, kui kosmoselaeva kiirus on 0,990 c?
405. Paigalseisva neutroni eluiga on 11,7 min. Neutron laguneb prootoniks, elektroniks ja antineutriinoks. Millise minimaalse kiirusega peaks neutron liikuma Päikeselt Maale, et jõuda enne lagunemist Maale?

406. Müüon on ebastabiilne elementaarosake. Paigalseisva müüoni keskmine eluiga on $2,2 \cdot 10^{-6}$ s. Kosmiliste kiirte mõjul tekib atmosfääri ülemistes kihtides müüonite laviin, millest 1 % jõuab Maa pinnale. Hinnata kõrgust, kus laviin tekkis, kui müüonite kiirus on 0,995 c. (Osakeste arvu sõltuvust ajast kirjeldab valem $N = N_0 \exp - (t/\tau)$, kus τ on keskmine eluiga.)
407. Maapinnal paigalseisev vaatleja S näeb, et välk lööb samaaegselt liikuva vaguni ninasse ja sabasse. Kas sündmused on samaaegsed ka vagunis istuva vaatleja suhtes? Kui ei, siis milline on sündmuste ajaline vahe kui vaguni pikkus on 20 m. Võrrelda kiirusi 200 km/h, 200 km/s ja 200 000 km/s.
408. Šerif näeb rongi aknast tulistamist kahe kauboi vahel, kes seisavad paralleelselt raudteega. Šerif näeb, et mõlemad tulistavad samaaegselt. Kumb kauboi tulistas enne, kas see, kellest rong enne mööda sõitis või teine?
409. Süsteemis S toimub kaks sündmust. Üks toimub hetkel $t_1 = 6,0$ ns punktis koordinaatidega $x_1 = 2,0$ m, $y_1 = 1,5$ m ja $z_1 = 1,0$ m, teine aga hetkel $t_2 = 7,0$ ns punktis koordinaatidega $x_2 = 2,0$ m, $y_2 = z_2 = 0$ m. Kas need sündmused võivad mõne vaatleja jaoks olla samaaegsed?
410. Vaatlejate S ja S' suhtelise liikumise kiirus on 0,60 c. Vaatlejad on kohakuti kui $t = t' = 0$. Kui kohtumisest on möödunud 5,0 aastat, saadab vaatleja S teise vaatleja suunas valgussignaali. Kui palju aega võtab valgussignaali levimine vaatlejani S' ? Kui palju aega on kohtumisest möödunud vaatleja S' kella järgi, kui valgussignaali jõuab vaatlejani S'?
411. Varras pikkusega 1,0 m on liikumas süsteemis 45° nurga all liikumissuunaga. Milline on tema pikkus ja orientatsioon paigalseisvas süsteemis, kui varras liigub kiirusega 0,80 c?
412. Rakett, mille seisupikkus on 60 m, eemaldub Maast. Raketi mõlemas otsas on peeglid. Maalt saadetud valgussignaali peegeldub tagasi mõlemalt peeglit. Esimene signaal jõuab tagasi 200 s pärast, teine 4,0 μ s hiljem. Leida raketi kiirus ja raketi kaugus Maast signaali registreerimisel.

413. Kaks kosmoselaeva stardivad vastupidises suunas ühe ja sama kiirusega $0,50\text{ c}$. Milline on ühe kosmoselaeva kiirus teise suhtes?
414. Osake liigub süsteemis S y – telje sihis kiirusega $0,90\text{ c}$. Leida tema kiirus süsteemis S' , mis liigub x – telje sihis kiirusega $0,90\text{ c}$. Võrrelda tulemust Newtoni mehaanikast arvutatuga.
415. Radioaktiivne tuum liigub laboratoorse süsteemi suhtes kiirusega $0,20\text{ c}$, kui ta kiirgab elektroni, mille kiirus tuuma suhtes on $0,80\text{ c}$. Milline on elektroni kiirus laboratoorses süsteemis, kui tuumaga seotud süsteemis elektron kiiratakse: 1) tuuma liikumise suunas; 2) tuuma liikumisele vastupidises suunas ja 3) tuuma liikumisega risti olevas suunas?
416. Millise nurga all näeb liikuv vaatleja valguskiirt, mis paigalseisvas süsteemis liigub y – telje suunas, kui liikuv süsteem liigub x – telje sihis kiirusega $0,500\text{ c}$?
417. Millise kiiruse korral on osakese mass $3,00$ korda suurem tema seisumassist?
418. Leida osakese kiirus, kui tema koguenergia on kümme korda suurem seisuenergiast.
419. Arvutada prootoni mass, kui prootoni väljumisel kiirendist on tema kineetiline energia $1,0 \cdot 10^{10}\text{ eV}$.
420. Arvutada elektroni kiirus, kui elektron on läbinud potentsiaalide vahe 600 kV .
421. Tänapäeva lineaarkiirendis võib elektron saavutada kiiruse, mille korral tema mass on 10000 korda suurem seisumassist. Kui palju erineb sellise elektroni kiirus valguse kiirusest? Elektroni kiirendatakse torus pikkusega $3,0\text{ km}$. Milline on selle toru pikkus kiirendist väljalennanud elektroniga seotud taustsüsteemis?
422. Prootoni impulss kiirendist väljalendamisel on $1,5 \cdot 10^{-18}\text{ kgm/s}$. Mitu korda ületab prootoni energia tema seisuenergia?

423. Tuumareaktsioonidel eralduv või neelduv energia on määratud esialgsete osakeste ja reaktsiooni produktide masside vahega. Leida uraani tuuma α -lagunemisel



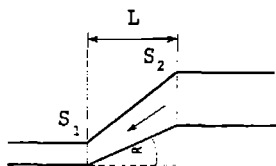
eraldub energia. ($m_{\text{U}} = 238,05078 \text{ u}$, $m_{\text{Th}} = 234,04359 \text{ u}$, $m_{\text{He}} = 4,00260 \text{ u}$).

424. Tuumast kiirgunud γ -kvandi energia on 6,4 MeV. Milline on selle γ -kvandi mass ja impulss?
425. Laser võib impulssrežiimis kiirata ühe impulsi energia 2,0 kJ. Arvutada sellise valgusimpulsi mass ja impulss.
426. Prootoni kiirus laboratoorses süsteemis on 0,999 c. Leida prootoni energia ja impulss süsteemis, mis liigub laboratoorse süsteemi suhtes kiirusega 0,990 c.
427. Spektrijoon, mille lainepikkus laboratoorsetel mõõtmistel on 395 nm, on Veevalaja tähtkuju ühe galaktika spektris lainepikkusega 447 nm. Milline on selle galaktika eemaldumise kiirus?
428. Tuntud ameerika füüsik R. Wood sõitis kord üle risttee punase tulega. Auto peatanud politseinikule ta seletas, et suurtel kiirustel nihkub valguse lainepikkus lühema spektriosa poole ja seetõttu nägi ta rohelist tuld. Politseinik, kes küll füüsikat eriti ei tundnud, karistas teda igaks juhuks lubatud kiiruse ületamise eest. Arvutada auto kiirus, mille korral paistaks punane foorituli rohelisena (punase tule keskmiseks lainepikkuseks võtta 630 nm, rohelisel 510 nm).
429. Astronaut tahab leida kosmoselaeva lähenemise kiirust Kuule. Ta saadab Kuu suunas raadiosignaali sagedusega 5000 MHz. Peegeldunud signaali sagedus erineb sellest 86 kHz. Arvutada kosmoselaeva kiirus.
430. Liikuvast süsteemis mõjub kahe y' -teljel asetseva laetud osakese vahel jõud 10,0 N. Kui suur on see jõud mõõdetuna paigalseisvas süsteemis, kui liikuv süsteem liigub x -telje sihis kiirusega 0,99 c?
431. Elektroni kiirendatakse lineaarkiirendis konstantse jõuga $2,70 \cdot 10^{-16} \text{ N}$. Millise kiiruse saavutab elektron, kui kiirendamine kestab 10,0 μs ? Kui suur on kiirenditoru pikkus?

7. VEDELIKE JA GAASIDE MEHAANIKA

432. Veega täidetud paagis on 5,0 m sügavusel külgava pindalaga 16 cm^2 . Määrata jõud, mis mõjub seda ava sulgevale korgile.
433. Määrata normaaltingimustel õhu üleslüke tolmutubemele, mille raadius on $10 \text{ }\mu\text{m}$.
434. Vase ja hõbeda sulami koostise määramiseks kaaluti seda kangkaaludel. Õhus oli kaal 2,409 N, sulami vetteasetamisel aga 2,173 N. Mitu grammi kumbagi ainet on sulamis?
435. Purskkaevu varustatakse veega suurest vertikaalsest silindrilisest paagist, mille läbimõõt on 2,0 m. Purskkaevu ava läbimõõt on 2,0 cm ning vesi voolab sellest kiirusega 12 m/s. Millise kiirusega langeb vee nivoo paagis?
436. Vedelik voolab torus statsionaarselt. Kohas, kus toru ristlõikepindala on 50 cm^2 , on vedeliku kiirus 40 cm/s. Leida kiirus toru osas, kus ristlõike pindala on 12 cm^2 .
437. Torus diameetriga 2,0 cm voolab süsihappegaas. 30 min jooksul läbib toru ristlõiget $0,51 \text{ kg}$ gaasi. Gaasi tihedus on $7,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Leida voolu kiirus, lugedes gaasi kokkusurumatuks.
438. Gaasi voolamisel on hüdrodünaamiline rõhk võrdne 5,00 cm kõrguse petrooleumisamba rõhuga. Määrata voolamise kiirus, võttes gaasi tiheduseks $1,43 \text{ g/l}$.
439. Rõhtsa toru jämedas osas voolab vesi hüdrostaatilisel rõhul 1,5 atm kiirusega 8,0 cm/s. Toru peenikeses osas on hüdrostaatiline rõhk 1,4 atm. Leida voolamise kiirus toru peenikeses osas, kui hõõrdumist mitte arvestada.
440. Rõhtsas torus, mille diameeter on 5,0 cm, voolab vesi hüdrostaatilisel rõhul 2,0 atm kiirusega 20 cm/s. Kui suur on hüdrostaatiline rõhk toru peenikeses osas, mille diameeter on 2 cm?
441. Horisontaalse hüdromonitori toru väljumisava diameeter on 2,0 cm ja tema laiema osa diameeter on 8,0 cm. Veejoa kiirus hüdromonitorist väljumisel on 25 m/s. Hõõrdumist arvestamata jättes määrata toru laiema osa ristlõikes rakendatav jõud.

442. Muutliku ristlõikega torus voolab vesi statsionaarselt. Määrata vee kiirus kohas ristlõikepindalaga S_2 , kus hüdrostaatiline rõhk on 5 Pa, teades, et kohas ristlõikepindalaga S_1 on rõhk 110 Pa ning vee kiirus $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Hõõrdumist mitte arvestada.
443. Pumba horisontaalse silindri läbimõõt on 20 cm. Kolb liigub silindris kiirusega $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, lükates vett silindrist välja läbi ava, mille läbimõõt on 2,0 cm. Millise kiirusega voolab vesi avast? Milline on vee rõhk silindris?
444. Millist jõudu on vaja rakendada horisontaalse pritsi kolvile, et väljavooluavas veejoa kiirus oleks 10 m/s ? Kolvi diameeter on 5,0 cm. Hõõrdumist mitte arvestada.
445. Horisontaalselt asetatud süstlas on 4,0 cm pikkune veesammas. Süstla kolvi pindala on $1,2 \text{ cm}^2$, ava pindala $1,0 \text{ mm}^2$. Kui kaua voolab vesi süstlast välja, kui suruda kolbi jõuga 4,9 N?



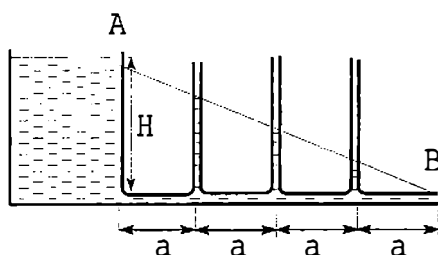
Joon. 15

446. Joonisel 15 kujutatud torus on statsionaarne veevool. Määrata toru kaldosa ja horisondi vaheline nurk α , kui ristlõikes S_1 on hüdrostaatiline rõhk 1,5 at ja voolukiirus 80 cm/s ning ristlõikes S_2 vastavalt 2 at ja 50 cm/s . Kaldtoru pikkus horisontaalsihis $L = 10 \text{ m}$.

447. Laev, mille pikkus on 60 ja süvis 4,0 m, peatub jõel kai ääres, kusjuures veevoolu kiirus laeva jõepoolisel küljel on 20 km/h , kaldapoolisel küljel aga 0. Kui suur on laeva trosse pingutav jõud?
448. Õhuvoolu kiiruse mõõtmisel Pitot' toruga näitas petrooleummanomeeter rõhku 40 mm petrooleumisammast. Kui suur oli õhu kiirus?
449. 1,5 m kõrgune põrandal seisev paak on ääreni täidetud veega. 0,50 m kõrgusel põhjast on paagi seinas väike ava. Millisel kaugusel paagist langeb põrandale avast väljuv veejuga?
450. Horisontaalsel laual seisab veega täidetud anum, mille vertikaalses seinas on mitu ava üksteise kohal. 1) Tõestada, et kõikidest avadest väljuvad veejoad langevad lauale ühesuguse kiirusega. 2) Tõestada, et kaks juga langevad lauale ühte punkti, kui ühe ava kaugus

veepinnast ja teise kaugus anumade põhjast on võrdsed. 3) Kus peab asuma ava, et juga langeks lauale maksimaalsel kaugusel anumast?

451. Vedelikuga täidetud silindrikujulise paagi aluse pindala on $12,0 \text{ m}^2$ ja ruumala $95,5 \text{ m}^3$. Kui palju aega kulub paagi tühjendamiseks, kui tema põhjas oleva ringikujulise ava pindala on $7,13 \text{ cm}^2$.
452. Tünni valatakse vett ruumkiirusega $150 \text{ cm}^3/\text{s}$. Tünni põhjas on auk pindalaga $0,50 \text{ cm}^2$. Missugusel tasemel püsib vesi tünnis?
453. Anumasse valatakse vett. Igas sekundis lisatakse $0,60 \text{ L}$. Milline peab olema anumade põhjas oleva ringikujulise ava diameeter, et veetase anumades püsiks $8,3 \text{ m}$ kõrgusel?



Joon. 16

454. Joonisel 16 on näidatud seade, mis demonstreerib viskoosse vedeliku voolamist horisontaaltorus. Manomeetertorud asuvad võrdsetel kaugustel $a = 10 \text{ cm}$. Veetase laias anumades $H = 28 \text{ cm}$. Manomeetertorudes veenivoosid ühendav sirge AB moodustab 30° -se nurga horisontaaltoruga. Määrata vee väljavoolu kiirus.
455. Teraskuulike raadiusega $1,5 \text{ mm}$ langeb laias glütseriiniga täidetud anumades jääva kiirusega $3,7 \text{ cm/s}$. Määrata glütseriini sisehõõrde-egur, kui terase tihedus on $7,7 \text{ t/m}^3$.
456. Tõestada, et Reynoldsi arv on dimensioonita suurus.
457. Määrata kriitiline kiirus vee ja glütseriini voolamisel torus läbimõõduga $2,0 \text{ cm}$. Reynoldsi arv on 1160 .

MOLEKULAARFÜÜSIKA JA TERMO- DÜNAAMIKA

1. GAASIDE KINEETILINE TEOORIA

Ideaalse gaasi olekuvõrrand

458. Soojendamisel 1 K võrra jääval rõhul paisus gaas 1/300 võrra oma esialgsest ruumalast. Milline oli gaasi algtemperatuur?
459. Küttesegu põlemisel mootori silindris suurenes rõhk 3,0 korda. Arvutada temperatuur protsessi lõpul, kui küttesegu algtemperatuur oli 300 °C ja põlemisruum protsessi vältel märgatavalt ei muutunud.
460. Ülerõhk autokummis temperatuuri 21 °C juures on 193 kPa. Kii-re sõidu järel tõusis kummi temperatuur 49 °C-ni. Leida ülerõhk kummis, eeldades, et õhu ruumala seal a) ei muutunud, b) suurenes 10 % võrra.
461. Manomeeter suruõhuga täidetud ballooni näitab temperatuuril 18 °C rõhku 8,24 MPa. Kui suurt rõhku näitab ta siis, kui temperatuur langeb kuni -23 °C? Ballooni ruumala muutust jahtumise tõttu võib mitte arvestada. Eeldada, et õhu absoluutne rõhk balloonis on manomeetri lugemist 98 kPa võrra suurem.
462. Määrata väävelsüsiniku (CS₂) molekuli mass.
463. Mitu mooli gaasi on balloonis, mille maht on 20 L, kui gaasi rõhk on 0,98 MPa ja temperatuur 10 °C?
464. Balloonis, mahuga 0,50 m³ on 2,0 kg vesinikku. Balloon kannatab maksimaalselt rõhku 9,8 MPa. Millise minimaalse temperatuuri juures võib ta lõhkeda?
465. Leida 1,0 g lämmastiku maht rõhul 0,50 atm ja temperatuuril 27 °C.
466. Leida süsihappegaasi rõhk temperatuuril 20 °C, kui gaasi ruumala on 25 L ja mass 0,50 kg.

467. 100 g gaasi on suletud ballooni, mille maht on 6,0 L. Gaasi rõhk balloonis on 0,91 MPa ja temperatuur 27 °C. Leida gaasi ühe mooli mass.
468. Määrata 10 L mahuga balloonis leiduva hapniku mass, kui temperatuuril -13 °C manomeeter balloonil näitab rõhku 90 at. Eeldada, et hapniku absoluutne rõhk balloonis on manomeetri lugemist 98 kPa võrra suurem.
469. Kolvis mahuga 240 cm³ on vesinik rõhul 380 mm Hg ning temperatuuril 20 °C. Määrata gaasi molekulide arv kolvis.
470. Milline on lännmastiku tihedus balloonis, kui gaasi rõhk on 0,98 MPa ja temperatuur 15 °C?
471. Leida vesiniku tihedus temperatuuril 273 K ja rõhul 0,97 atm.
472. Leida hapniku tihedus rõhul 9,8 MPa ja temperatuuril 28 °C.
473. Kui suur on hapniku tihedus balloonis, kui rõhk on 294 kPa ja temperatuur 17 °C?
474. Leida lämmastiku eriruumala temperatuuril 27 °C ja rõhul $0,49 \cdot 10^5$ Pa.
475. Gaasi tihedus temperatuuril 10 °C ja rõhul $2,0 \cdot 10^5$ Pa on 0,34 kg/m³. Leida gaasi mooli mass.
476. Gaasi tihedus temperatuuril 15 °C ja rõhul 2,08 atm on 4,0 g/L. Leida gaasi mooli mass.
477. Gaasi rõhk temperatuuril 280 K on 0,010 mm Hg. Määrata molekulide arv ruumalaühikus.
478. Anumas ruumalaga 4,0 L on 1,0 g vesinikku. Leida molekulide arv ruumalaühikus.
479. Kui palju gaasi molekule peab sisalduma ruumalaühikus, et rõhk anuma seintele temperatuuril 27 °C oleks 0,10 Pa?
480. Mitu gaasi molekuli on ruumalaühikus temperatuuril 20 °C ja rõhul $1,0 \cdot 10^{-6}$ mm Hg?

481. Mitu korda on talvel ($7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) ruumi täitva õhu mass suurem sama ruumi suvel ($37,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) täitva õhu massist?
482. Gaasi ruumala rõhul $0,99\cdot 10^5\text{ Pa}$ ja temperatuuril $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ on 164 cm^3 . Kui suur on sama gaasi ruumala normaaltingimustel?
483. Anumas mahuga $2,0\text{ m}^3$ on $4,0\text{ kg}$ hapnikku. Kui suur on rõhk temperatuuril $29\text{ }^{\circ}\text{C}$?
484. Missugune on gaasisegu rõhk kolvis ruumalaga $2,5\text{ L}$, kui seal on $1,0\cdot 10^{15}$ molekuli hapnikku, $4,0\cdot 10^{15}$ molekuli lämmastikku ja $3,3\cdot 10^{-7}\text{ g}$ argooni? Gaasisegu temperatuur on $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.
485. Lämmastiku ja heeliumi segu temperatuur on $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja rõhk $1,3\cdot 10^2\text{ Pa}$. Lämmastiku mass moodustab 70% kogu segu massist. Leida kummagi gaasi molekulide kontsentratsioon segus.
486. 12 g gaasi täidab temperatuuril 280 K ruumala $4,0\cdot 10^{-3}\text{ m}^3$. Pärast soojendamist jääval rõhul on gaasi tihedus $6,0\cdot 10^{-4}\text{ g/cm}^3$. Millise temperatuurini soojendati gaasi?
487. Balloonis mahuga 20 L oli hapnik temperatuuril $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kui osa hapnikku ära tarvitati, langes rõhk balloonis $5,0\text{ at}$ võrra. Määrata tarvitatud gaasi mass.
488. Balloonis mahuga 10 L on vesinik rõhul $4,9\text{ MPa}$ ja temperatuuril 280 K . Ventiili rikke tõttu voolab osa gaasi balloonest välja. Mõne aja pärast, temperatuuril 290 K , on rõhk balloonis endine. Leida väljavoolanud gaasi mass.
489. Jalgrattapump surub ühe lütkega 40 cm^3 õhku jalgrattakummi. Mitme lütkega saab täita tühja kummi mahuga $2,0\text{ L}$ rõhuni, mis ratta koormuse puhul 343 N (kaasa arvatud ka ratta kaal) annaks kokkupuutepinna 60 cm^2 ratta ja teekatte vahel? Õhurõhuks võtta 760 mm Hg .
490. Rõhul 98 kPa ja temperatuuril 270 K haarab kompressor iga tõukega $4,0\text{ L}$ õhku ja surub seda reservuaari, mille maht on $1,5\text{ m}^3$ ning esialgne rõhk on välisrõhuga võrdne. Reservuaaris püsib õhu temperatuur $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures. Mitu tõuget peab kompressor tegema, et rõhk reservuaaris suureneks 196 kPa võrra?

Molekulide jaotus kiiruse järgi

491. Leida ruumalaühikus olevate lämmastiku molekulide arv, mille kiirused normaalingimustel on 99 ja $101 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vahel.
492. Leida niisuguste lämmastiku molekulide suhteline arv, mille kiirused on vahemikus 300 kuni 325 m/s , kui temperatuur on 150°C .
493. Molekulide kiiruste jaotus mingisuguses molekulide kimbus on $f(v) = m_0^2 v^3 / (2k^2 T^2) \exp(-m_0 v^2 / (2kT))$. Leida valem molekulide tõenäoiseima kiiruse jaoks.
494. Molekulide jaotus vaba tee pikkuste x järgi omab kuju $f(x) = A e^{-kx}$ kus A ja k on mingid konstandid. Leida selliste molekulide suhteline arv, mille vaba tee pikkus on väiksem nende keskmisest vaba tee pikkusest.
495. Kasutades molekulide kiiruste v Maxwelli jaotust, leida funktsioon, mis iseloomustab molekulide suhteliste kiiruste $u = v/v_i$ jaotust, kus v_i on molekulide tõenäoiseim kiirus.
496. Kasutades Maxwelli jaotust molekulide suhteliste kiiruste järgi (vt. eelmine ülesanne), leida selliste molekulide osa, mille kiirused on palju väiksemad tõenäoiseimast kiirusest.

Molekulide keskmised kiirused

497. Leida lämmastiku molekulide ruutkeskmise kiirus temperatuuril 273 K .
498. Kui suur on hapniku molekulide ruutkeskmise kiirus temperatuuril 132°C ja heeliumi molekulide ruutkeskmise kiirus temperatuuril $0,10 \text{ K}$?
499. Kui suur on veeauru molekulide ruutkeskmise kiirus temperatuuril 12°C ?
500. Mitu korda on vesiniku molekulide ruutkeskmise kiirus suurem hapniku molekulide ruutkeskmisest kiirusest samal temperatuuril?
501. Leida heeliumi ja lämmastiku molekulide ruutkeskmiste kiiruste suhe samal temperatuuril.
502. Missugune temperatuur vastab süsihappegaasi molekulide ruutkeskmisele kiirusele 720 km/h ?

503. Gaasi tihedus normaaltingimustel on 0,90 g/L. Leida selle gaasi molekulide ruutkeskmise kiirus.
504. Anumas mahuga 4 L on 0,6 g gaasi rõhul 196 kPa. Määrata gaasi molekulide ruutkeskmise kiirus.
505. Leida vesiniku molekulide arv ruumalaühikus, kui rõhk on 200 mm Hg ja molekulide ruutkeskmise kiirus $2,40 \cdot 10^3$ m/s.
506. Gaasi tihedus on $6 \cdot 10^{-2}$ kg/m³, molekulide ruutkeskmise kiirus $5 \cdot 10^2$ m/s. Leida rõhk.
507. Gaasi molekulide ruutkeskmise kiirus temperatuuril 40 K on 461 m/s. Kui palju molekule sisaldab 1,0 g seda gaasi?
508. Gaasi tihedus normaalarhul on 1,00 g/L. Arvutada molekulide tõenäosim, aritmeetiline keskmine ja ruutkeskmise kiirus.
509. Määrata gaasi molekulide tõenäosim kiirus, kui selle gaasi rõhk ja tihedus on vastavalt 300 mm Hg ja 0,300 g/L.
510. Õhus hõljuvate üliväikeste kübemekeste liikumine sarnaneb suurte molekulide liikumisega. Määrata ühe sellise kübemekese liikumise keskmine kiirus, kui selle mass on $1,0 \cdot 10^{-12}$ g ja õhu temperatuur 300 K.
511. Balloonis ruumalaga 0,020 m³ on lämmastik. Tema molekulide kulgliikumise kineetiline energia on $5,0 \cdot 10^3$ J ja ruutkeskmise kiirus $2,0 \cdot 10^3$ m/s. Leida gaasi mass ja rõhk.
512. Millisel temperatuuril on heeliumi aatomite keskmine kineetiline energia piisav selleks, et nad võiksid ületada Maa gravitatsioonijõu ja jäävalt lahkuda Maa atmosfäärist?

Molekulide jaotus jõuväljas

513. Õhurõhk mere pinnal on 75 cm Hg, mäe tipus 59 cm Hg. Määrata mäe kõrgus, kui õhu keskmine temperatuur on 278 K. Õhu keskmine moolmass on 29 g/mol.
514. Millisel kõrgusel on rõhk 25 % võrra väiksem rõhust merepinnal? Temperatuur lugeda konstantseks ja võrdseks 273 K. Õhu moolmass on 29 g/mol.

515. Millisel kõrgusel on õhu tihedus poole väiksem kui merepinnal? Temperatuur on 273 K, õhu moolmass 29 g/mol.
516. Leida homogeenses raskusjõuväljas osakesele mõjuv jõud, kui osakeste kontsentratsioonide suhe kahel teineteisest 1,0 m kaugusel oleval nivool on e. Õhu temperatuur on 300 K.
517. Õhus hõljuvate tolmuosakeste mass on $5,0 \cdot 10^{-18}$ g. Mitu korda väheneb nende kontsentratsioon kõrguse suurenemisel 1,0 m võrra? Õhu temperatuur on 300 K.
518. Tsentrifuug, milles on ideaalne gaas molekuli massiga m_0 ja temperatuuriga T , pöörleb nurkkiirusega ω . Leida gaasi tiheduse jaotus tsentrifuugi teljega risti olevas suunas.
519. Kasutades Boltzmanni jaotust, leida gaasi molekulide keskmine potentsiaalne energia Maa atmosfääris, lugedes viimase isothermiliseks ($T = 273$ K) ja Maa raskusjõuvälja homogeenseks. Kui kõrgel maapinnast on molekulide potentsiaalne energia võrdne nende keskmise energiaga?
520. Leida harmooniliste ostsillaatorite kogumi keskmine potentsiaalne energia termodünaamilise tasakaalu seisundis.

Vaba tee. Ülekandenähtused

521. Määrata süsihappegaasi molekulide keskmine kiirus ning ühe molekuli põrgete arv ajaühikus normaalingimustel.
522. Leida lämmastiku molekuli keskmine põrgete arv ajaühikus temperatuuril 27 °C ja rõhul 400 mm Hg.
523. Anumas ruumalaga 0,5 L on hapnik normaalingimustel. Leida 1,0 s jooksul toimuvate kõigi molekulide põrgete arv.
524. Leida süsihappegaasi molekulide keskmine põrgete arv ajaühikus temperatuuril 100 °C, kui keskmine vaba tee pikkus on $8,7 \cdot 10^{-2}$ cm.
525. Balloonis mahuga 10 L on 1,0 g vesinikku. Määrata molekulide keskmine vaba tee.
526. Nn. keskmise vaakumi puhul on gaasi molekulide keskmine vaba tee ligikaudu võrdne anuma joonmõõtmega. Milline peab olema

rõhk hapnikku sisaldavas kerakujulises 10 cm läbimõõduga anumas, et seal oleks keskmine vaakum temperatuuril 27 °C?

527. Milline on hõrendatud vesiniku tihedus, kui keskmine molekulide vaba tee on 1,0 cm?
528. Leida aeg, mis hapniku molekulidel kulub keskmise vaba tee läbimiseks, kui gaasi rõhk on 2,0 mm Hg ja temperatuur 27 °C.
529. Leida vesiniku difusioonitegur normaaltingimustel, kui molekulide keskmine vaba tee on $1,6 \cdot 10^{-7}$ m.
530. Leida heeliumi difusioonitegur normaaltingimustel.
531. Leida difusiooni tõttu 100 cm² pinda 10 s jooksul läbiva lämmastiku mass, kui tiheduse gradient pinnaga risti olevas suunas on 1,26 kg/m⁴. Temperatuur on 27 °C ja molekulide keskmine vaba tee $1,0 \cdot 10^{-5}$ cm.
532. Leida heeliumi aatomite keskmine vaba tee temperatuuril 273 K ja rõhul 0,10 MPa, kui sisehõordetegur nendel tingimustel on $1,3 \cdot 10^{-4}$ g·cm⁻¹·s⁻¹.
533. Leida lämmastiku sisehõordetegur normaaltingimustel, kui difusioonitegur nendel tingimustel on 0,142 cm²/s.
534. Leida vesiniku soojusjuhtivuse tegur, kui on teada, et sisehõordetegur samadel tingimustel on $8,6 \cdot 10^{-6}$ N·s·m⁻².
535. Leida õhu soojusjuhtivuse tegur temperatuuril 10 °C ja rõhul $1,0 \cdot 10^5$ N/cm². Õhu molekulide keskmine diameeter on $3,0 \cdot 10^{-8}$ cm.

2. TERMODÜNAAMIKA

Soojusmahtuvus. Siseenergia.

536. Arvutage vingugaasi (CO) erisoojused c_v ja c_p .
537. Kaheaatomilise gaasi erisoojus jääval rõhul on $3,45 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{K}}$. Leida gaasi moolimass.
538. Arvutage heeliumi, hapniku ja veeauru molekuli kineetiline energia temperatuuril 400 K.

539. Balloonis on 9,7 g vesinikku temperatuuril 7,0 °C. Kui suur on selle gaasi molekulide kulgliikumise summaarne kineetiline energia?
540. Gaasi ruumala on 10 L ja rõhk 392 kPa. Leida selle gaasi molekulide kulgliikumise summaarne kineetiline energia.
541. Kui suur on 1,4 kg lämmastikus sisalduvate molekulide pöördliikumise koguenergia temperatuuri 17 °C?
542. Leida veeauru molekuli kulgliikumise kineetiline energia temperatuuril 300 °C. Määrata selle molekuli kogu kineetiline energia ja ühes moolis aurust sisalduvate molekulide summaarne kineetiline energia.
543. Kui suur on kristallilise lihtaine moolsoojus toatemperatuuril?
544. Mitme materjali korral kirjeldab erisoojuse sõltuvust temperatuurist võrrand $c = c_0(1 + at)$, kus c_0 ja a on materjalist sõltuvad konstantsed suurused ja t – temperatuur Celsiuse skaala järgi. Missuguse valemiga arvutatakse sel juhul soojushulka Q , mida vajatakse keha, massiga m , temperatuuri tõstmiseks temperatuurilt t_1 temperatuurini t_2 ? Millise arvutuseeskirjaga saab leida erisoojuse keskmist väärtust temperatuurivahemikus t_1 kuni t_2 ? Milline füüsikaline mõte on suurusel c_0 ?
545. Magneesiumi moolsoojuse jääval rõhul võib arvutada valemiga $C_p = a + 2bT - cT^{-2}$, kus $a = 2,57 \cdot 10^4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, $b = 3,13 \text{ J} \cdot \text{K}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$, $c = 3,27 \cdot 10^8 \text{ J} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1}$ ja T on absoluutne temperatuur. Leida magneesiumi moolsoojus 300 K juures. Kui palju soojust kulub 1,2 mooli magneesiumi temperatuuri tõstmiseks temperatuurilt 300 K temperatuurini 400 K? Kui suur on magneesiumi moolsoojuse keskmine väärtus temperatuurivahemikus 200 kuni 400 K?
546. Näidata, et rõhul p on tahkise erisoojuse c_p ja c_v erinevus esimeses lähenduses arvutatav valemiga $c_p - c_v = 3\alpha p / \rho$, kus α on materjali joonpaisumistegur ja ρ – tihedus.
547. Leida hõbeda moolsoojuste C_p ja C_v erinevus normaalrõhul.
548. Arvutada 10 L ideaalse vesiniku siseenergia, kui gaasi rõhk on 294 kPa.

549. Leida süsihappegaasi siseenergia, kui gaasi ruumala on 1,1 L ja rõhk 30 atm.
550. 1,5 kg kaheaatomilist ideaalset gaasi on rõhul 84 kPa. Leida gaasi siseenergia, kui selle tihedus on $4,2 \text{ kg/m}^3$.
551. Määrata heeliumi siseenergia juurdekasv, kui gaasi ruumala suureneb 4,9 liitrit 10 liitrini rõhul 196 kPa.

Gaasi töö. Termodünaamika esimene seadus.

552. Rõhul 12 MPa oli gaasi ruumala 1,0 L. Gaas paisus isotermiliselt ruumalani 5,0 L. Leida rõhu muut ning paisumisel tehtud töö.
553. Ülal 920 g kolviga suletud vertikaalses silindris on õhusamba kõrgus 15 cm. Kui palju tööd peavad tegema välised jõud, et tõsta kolbi 10 cm võrra? Välisrõhk on 760 mmHg ja kolb, pindalaga 10 cm^2 , liigub nii aeglaselt, et protsessi võib pidada isotermiliseks. Hõõrdumist ei ole vaja arvestada.
554. 10,5 g lämmastikku paisus isotermiliselt temperatuuril -23°C . Rõhk muutus seejuures 2,5 atm –lt 1,0 atm –ni. Arvutada paisumisel tehtud töö.
555. 10 g lämmastikku paisus isotermiliselt temperatuuril 17°C . Mitu korda vähenes gaasi rõhk, kui seejuures tehti 860 J tööd?
556. Leida gaasi molekulide ruutkeskmise kiirus, kui 10 g seda gaasi teeb isotermilisel paisumisel, mille käigus ta ruumala suureneb 2,0 korda, 575 J tööd.
557. Balloonis oli 128 g hapnikku, temperatuuril 15°C ja rõhul 2,00 atm. Jahutamisel langes gaasi rõhk balloonis 0,22 atm võrra. Kui palju soojust andis gaas ära?
558. 20,5 liitris balloonis on süsihappegaas. Gaasi temperatuur on -23°C ja rõhk 0,49 MPa. Millisteks muutuvad need parameetrid, kui gaasile anda 3,2 kcal soojust?
559. Balloonis mahuga 10 L on hapnik rõhul 80 atm ja temperatuuril 280 K. Leida soojushulk, mis on vajalik gaasi soojendamiseks 8,5 K võrra.

560. 12 g lämmastikku on anumas mahuga 2,0 L. Selle temperatuur on 10 °C. Kui suur soojushulk tuleb anda gaasile, et viia selle rõhk $10 \cdot 10^3$ mm Hg?
561. Kui palju soojust kulub 200 g vesiniku temperatuuri tõstmiseks 273 K kuni 373 K jääval rõhul? Kui suur on seejuures siseenergia juurdekasv ning paisumisel tehtud töö?
562. 10 g hapniku rõhk oli $30 \cdot 10^4$ Pa ja temperatuur 10 °C. Pärast soojendamist jääval rõhul on gaasi ruumala 10 L. Arvutada gaasile antud soojushulk, siseenergia muut ja gaasi paisumise töö.
563. 6,5 g vesiniku algtemperatuur oli 27 °C. Gaasi soojendati jääval rõhul nii, et selle ruumala suurenes 2,0 korda. Leida vesiniku siseenergia muut, paisumise töö ja gaasile antud soojushulk.
564. 1,8 kilomooli süsihappegaasi soojendati jääval rõhul 50 K võrra. Leida siseenergia muut, paisumise töö ja gaasile antud soojushulk.
565. Kaheaatomiline gaas sai 500 cal soojust ja paisus jääval rõhul. Leida paisumise töö.
566. Kaheaatomilise gaasi paisumisel jääval rõhul tehti 157 J tööd. Leida gaasile antud soojushulk.
567. Rõhul 196 kPa oli 5,0 L gaasi temperatuur 17 °C. Paisudes jääval rõhul, tegi ta 196 J tööd. Kui palju muutus seejuures temperatuur?
568. Hapnik tegi paisudes 4,19 kJ tööd. Kui palju soojust anti gaasile, kui paisumine toimus: 1) jääval rõhul, 2) jääval temperatuuril?

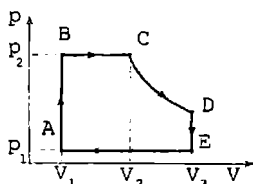
Adiabaatiline protsess

569. 1000 g õhku, mille algtemperatuur oli 293 K ja rõhk 1,00 atm, suruti kokku rõhuni 0,981 MPa. Leida gaasi kokkusurumisel tehtud töö, kui see protsess on: 1) isotermiline, 2) adiabaatiline.
570. Mitu korda on lõpprõhk lämmastiku adiabaatilisel kokkusurumisel suurem kui selle isotermilisel kokkusurumisel, kui ruumala vähe-
neb mõlemal juhul 10 korda?
571. Lämmastik, mille algrõhk oli 98 kPa, suruti adiabaatiliselt kokku rõhuni 0,98 MPa. Milliseks kujuneb gaasi rõhk, kui jahutada ta algtemperatuurini, säilitades seejuures saavutatud ruumala?

572. Balloonis on vesinik rõhul 0,98 MPa ja temperatuuril 18 °C. Balloon avatakse ja pool gaasist lastakse välja. Lugesdes protsessi adiabatiliseks, määrata ballooni jäänud vesiniku rõhk ja temperatuur.
573. Kui kõrgele tõuseb temperatuur sisepõlemismootori silindris, kui gaasi algtemperatuur on 27 °C ja adiabatilisel kokkusurumisel väheneb tema ruumala 10 korda? Kokkusurutava gaasi moolsoojuste suhe on 1,33.
574. Adiabatilisel kokkusurumisel kasvas gaasi rõhk 8,2 korda. Temperatuur tõusis seejuures 17 °C kuni 217 °C. Määrata selle gaasi moolsoojuste C_p ja C_v suhe.
575. Arvutada 4,0 g vesiniku adiabatilise paisumise töö, kui paisumisel gaasi temperatuur langes 10 K võrra.
576. Adiabatilisel paisumisel suurenes gaasi ruumala 2,2 korda, tema absoluutne temperatuur vähenes aga 1,37 korda. Leida gaasi molekulide vabadusastmete arv.
577. 1000 mooli kaheaatomilise gaasi adiabatilisel kokkusurumisel tehti 0,146 MJ tööd. Kui palju tõusis seejuures gaasi temperatuur?

Ringprotsess. Termodünaamika teine seadus.

578. 1,5 mooli ideaalse üheaatomilise gaasi ruumala oli 10 L ja rõhk 1,0 atm. Seejärel soojendati gaasi jääval ruumalal rõhuni 2,0 atm ja lasti saavutatud rõhul paisuda 30 L -ni. Siis jahutati gaasi jääval ruumalal algrõhuni ja suruti jääval rõhul kokku algruumalani. Leida gaasi temperatuur pärast igat isoprotsessi ning igal protsessil selles tsükli gaasile antud soojushulk.
579. Leida eelmises ülesandes kirjeldatud tsükli igal isoprotsessil gaasi poolt tehtud töö. Kui suur on gaasi töö kogu tsükli vältel? Milline on sellise tsükli kasutegur?
580. Ideaalse paljuaatomilise gaasiga sooritati ringprotsess, mis koosnes kahest isobaarist ja kahest isokoorist. Seejuures oli kõrgem rõhk kaks korda suurem madalamast ja suurem ruumala neli korda mahukam väiksemast. Leida tsükli kasutegur.

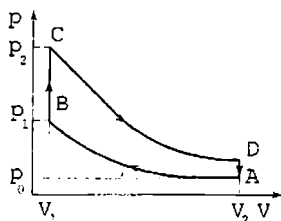


Joon. 17

581. Idealiseeritud aurumasina tsükli võib vaadelda viie järjestikku toimuva protsessina (Joon. 17). Algul soojendatakse auru isokooriliselt (lõik AB), siis toimub isobaariline (BC) ja adiabaatiline (CD) paisumine ning lõpuks isokooriline (DE) ja isobaariline (EA) jahutamine. Leida tsükli vältel veeauru poolt tehtud töö ja masina kasutegur, kui $V_1 = 500 \text{ cm}^3$,

$$V_2 = 1,5 \text{ L}, V_3 = 3,0 \text{ L}, p_1 = 100 \text{ kPa} \text{ ja } p_2 = 1,2 \text{ MPa}.$$

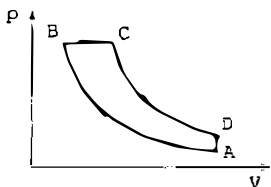
582. Aurumasina võimsus on 20 hj. Selle 200 cm^2 pindalaga kolvi käigu ulatus on 45 cm. Mitu eelmises ülesandes kirjeldatud tsükli (Joon. 17) teeb see masin igas minuts, kui isobaariline paisumine toimub ühe kolmandiku kolvi käigu jooksul? Rõhk $p_2 = 1,6 \text{ MPa}$ ja $p_1 = 100 \text{ kPa}$. Ruumala V_1 võib lugeda tühiseks võrreldes ruumalaga V_2 ja V_3 . Auru moolsoojuste suhe on 1,33.



Joon. 18

583. Sundsüütega sisepõlemismootori idealiseeritud tsükkel - nn. Otto tsükkel - on kujutatud joonisel 18. Tsükli vältel toimub kaks isokoorilist (BC ja DA) ning kaks adiabaatilist (AB ja CD) protsessi. Leida sellisel tsükli töötava masina kasutegur, kui paljuaatomilise gaasi ruumala vähenes survetaktil 8 korda.

584. 1,5 kilomooli ideaalse kaheaatomilise gaasi algtemperatuur on 300 K. Gaas surutakse adiabaatiliselt kokku nii, et selle ruumala väheneks 6 korda (Joon. 19). Seejärel lastakse gaasil isobaariliselt paisuda, mille tulemusena ta ruumala suureneb 2,5 korda. Järgnev adiabaatiline paisumine viib gaasi ruumala algruumalani tagasi. Tsükli lõpetab rõhu vähenemine algrõhuni jääva ruumala juures. Leida gaasi poolt tsükli vältel saadud soojushulk ning tsükli kasutegur.



Joon. 19

585. Idealiseeritud diiselmootor töötab joonisel 19 kirjeldatud tsükli kohaselt. Kui palju kütust tarbiks selline mootor tunnis, kui selle võimsus on 50 hj ning adiabaatilisel kokku surumisel väheneb ruumala 16 korda, isobaarilisel paisumisel aga suureneb 2,5 korda? Diiselmootori kütteväärtus on 46 MJ/kg ja gaasi moolsoojuste suhe 1,3.

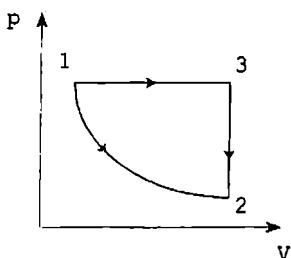
586. Gaasiga teostatakse Carnot' ringprotsess. Soojusallika temperatuur on 100 °C. Milline on jahuti temperatuur, kui gaas annab sellele ära 75 % soojusallikast saadud soojusest?
587. Soojusmasin töötab Carnot' tsükli kohaselt. Soojusallika ja jahuti temperatuur on vastavalt 127 ja 27 °C. Isotermilisel paisumisel teeb gaas 0,49 kJ tööd. Kui palju tööd teevad välisjõud gaasi isotermiliselt kokku surudes?
588. Gaasiga teostati Carnot' ringprotsess. Gaasi algruumala oli 44 L, isotermilise paisumise lõpul 56 L ning adiabaatilise paisumise lõpul 878 L. Määrata gaasi ruumala pärast isotermilist kokkusurumist.
589. Carnot' soojusmasin saab igal tsükli soojendilt 600 cal soojust. Soojendi ja jahuti temperatuur on vastavalt 400 ja 300 K. Leida tsükli vältel sooritatud töö ja jahutile antud soojushulk.
590. Carnot' soojusmasin teeb tsükli vältel 73,5 kJ tööd. Soojendi ja jahuti temperatuur on vastavalt 373 ja 273 K. Leida soojusmasina kasutegur, tsükli vältel saadud ja ära antud soojushulk.
591. Aurumasin tarvitab 800 g kivist tunnis hobujõu kohta. Katla temperatuur on 200 °C, jahuti temperatuur 40 °C. Määrata masina kasutegur. Kui suur oleks ideaalse (Carnot' ringprotsessil töötava) soojusmasina kasutegur samade temperatuuride puhul? Kivise kütteväärtus on 29 MJ/kg.
592. Ideaalse külmutusmasina Carnot' tsükli vältel tehakse 37 kJ tööd. Seejuures võetakse soojust kehalt temperatuuriga -10 °C ja antakse kehale temperatuuriga 17 °C. Leida tsükli vältel soojemale kehale antud soojushulk ja külmemalt kehalt võetud soojushulk.

593. Carnot' pöördtsükliil töötav külmik hoiab külmkeha temperatuuril $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Milline on lühim aeg, et toast, mille temperatuur on $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, muutuks külmikusse viidud 200 g vett $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ jääks? Külmkapi kompressori võimsus on 250 W .
594. Carnot' pöördtsükliil töötav soojustump viib energiat keskkonnast, mille temperatuur on $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, ruumi, mille temperatuur on $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kui palju soojust võetakse külmemast keskkonnast iga tsükli vältel, kui seejuures tehakse 10 J tööd?

Entroopia. Termodünaamika teine seadus.

595. Kehalt, mille temperatuur on 400 K , läheb 500 cal soojust üle kehale, mille temperatuur on 300 K . Kui suur entroopia muutus seejuures toimub?
596. Määrata entroopia muut 10 g hapniku isobaarilisel soojenemisel $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ kuni $127\text{ }^{\circ}\text{C}$.
597. Määrata entroopia muut 20 g lämmastiku isotermilisel paisumisel 25 liitrit 100 liitrini .
598. $2,5$ mooli ideaalset gaasi paisub isotermiliselt ruumalast 50 L ruumalani 90 L . Leida selle gaasi entroopia muut ning gaasist ja teda ümbritsevast keskkonnast koosneva süsteemi entroopia muut.
599. Määrata entroopia muut 100 g vee soojenemisel temperatuurilt 273 K temperatuurini 373 K ja sellele järgnenud täielikul aurustumisel. Vee aurustumissoojus normaalrõhul on $2,26\text{ MJ/kg}$.
600. Soojustlikult isoleeritud anumasse segatakse 100 g jääd temperatuuriga 273 K 100 g veega, mille temperatuur on $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Milline on segu lõpptemperatuur ja entroopia muut segunemisel? Anuma soojusmahtuvust ei ole vaja arvestada.
601. $1,5$ mooli $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ jääd soojendati normaalrõhul niikaua, kuni sellest sai $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ aur. Kui suur entroopia muut seejuures toimus? Vee aurustumissoojus normaalrõhul on $2,26\text{ MJ/kg}$ ja auru moolsoojus jääval rõhul $8,6\text{ cal/(K}\cdot\text{mol)}$.
602. $1,5$ liitrine anum, milles oli 14 g lämmastikku, ühendati $3,5$ liitrise anumaga, milles oli 16 g hapnikku. Leida entroopia muut gaaside segunemisel, kui anumate temperatuurid on võrdsed.

603. Soojuslikult isoleeritud anum on jagatud avatava vaheseinaga kaheks võrdseks osaks. Esimeses pooles on 2,50 mooli kaheaatomilist ideaalset gaasi temperatuuril 300 K, teises – kõrgvaakum. Vaheseina avamisel täidab gaas kogu anuma (toimub vaba adiabaatiline paisumine). Arvutage gaasi siseenergia enne ja pärast paisumist. Kui suur on gaasi ja kogu universumi¹ entroopia muutus sellel protsessil?
604. 1,50 mooli ideaalset gaasi täidab temperatuuril 300 K ruumala 12,5 L. Vaba adiabaatilise paisumise tulemusena suurenes selle ruumala 37,5 liitrini. Seejärel surutakse gaas isotermiliselt ja kvaasistaatiliselt uuesti algolekuni kokku. Kui suur oli gaasi ja kogu universumi entroopia muutus selle tsükli vältel? Kui palju tööd tehti tsükli läbiviimiseks?
605. Leida ülesandes 588 kirjeldatud ringprotsessil toimuv entroopia muut ning gaasi poolt tsükli vältel tehtud töö, kui gaasi oli 110 mooli ja isothermidele vastavad temperatuurid olid 400 ja 300 K.



Joon. 20

606. Ideaalse gaasi olekut muudetakse kahel viisil (Joon. 20). Esimesel juhul lastakse gaasil isotermiliselt paisuda olekust 1 olekusse 2. Teisel juhul toimub algul isobaariline paisumine olekust 1 olekusse 3 ning seejärel jahutamine jääva ruumala juures (üleminek olekust 3 olekusse 2). Näidata, et entroopia muutus on mõlemal juhul ühesugune.

¹ Universumi all mõistame süsteemi ja teda ümbritsevat keskkonda.

3. AGREGAATOLEKUD

607. Leida hapniku kriitiline rõhk ja kriitiline temperatuur. Van der Waalsi konstandid hapniku puhul on: $a = 0,13 \text{ (Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}\text{)}$, $b = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$.
608. Määrata van der Waalsi konstandid süsihappegaasi jaoks, teades selle kriitilist rõhku (7,4 MPa) ja kriitilist temperatuuri (31,1 °C).
609. Süsihappegaasi kriitiline temperatuur on 31 °C, kriitiline rõhk 7,4 MPa. Määrata ühe mooli kriitiline ruumala.
610. Vee puhul van der Waals'i konstant $a = 0,555 \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}$. Määrata siserõhk.
611. 1,0 g lämmastiku ruumala suurenes 1,0 kuni 5,0 L. Leida sisejõudude töö sellel paisumisel. Van der Waalsi konstant $a = 1,35 \cdot 10^{-6} \text{ J} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-2}$.
612. 2,0 m sügavusel vees on õhumull läbimõõduga $10 \text{ } \mu\text{m}$. Leida rõhk mullis, kui atmosfääri rõhk on $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Vee temperatuur on 20 °C.
613. Õhumullike läbimõõduga $2,0 \text{ } \mu\text{m}$ asub veepinna ligidal. Määrata õhu tihedus mullikeses, kui atmosfääri rõhk on $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ja vee temperatuur 20 °C.
614. Kui palju tööd tehti seebimulli (läbimõõt 14 cm), väljapuhumiseks, kui protsess oli isothermiline ning temperatuur 20 °C? Milline on lisarõhk selle mulli sees?
615. Kui palju tööd kulub seebimulli suuremaks puhumiseks, kui tema läbimõõt suureneb 3,0 kuni 30 cm? Protsess on isothermiline, pindpinevustegur sellel temperatuuril on 0,030 N/m.
616. Kui palju tööd tuleb teha, et jaotada pooleks elavhõbedatilk läbimõõduga 3,0 mm? Jaotamise protsess on isothermiline ning elavhõbeda pindpinevustegur sellel temperatuuril on 0,49 N/m.
617. Kaks veetilk ühinevad üheks tilgaks. Leida nende tilkade pinna potentsiaalse energia vähenemine, kui kummagi tilga esialgne raadius oli 1,0 mm. Protsess oli isothermiline, temperatuuriga 20 °C.

618. Kui palju energiat vabaneb väikeste vihmapiiskade (raadius $2,0 \cdot 10^{-6}$ m) ühinemisel üheks tilgaks (raadius $2,0 \cdot 10^{-3}$ m)? Protsessi pidada isotermiliseks, temperatuuriga 20°C .
619. Klaasist U – toru ühe haru läbimõõt on 1,0 mm, teise 3,0 mm. Milline on vee nivooade vahe?
620. Kui kõrgele tõuseb vesi kahe vertikaalselt asetatud paralleelse klaasplaadi vahel, kui nad on teineteisest 0,5 mm kaugusel?
621. 20 cm pikkune seesmise läbimõõduga $0,20 \cdot 10^{-3}$ m ühest otsast kinnine klaastoru asetatakse lahtise otsaga vette. Kui sügavale peab asetama toru, et vee nivood torus ja anumaks oleksid samal kõrgusel? Õhurõhk on $1,00 \cdot 10^5$ Pa.
622. Kapillaartoru üks ots on asetatud vette. Kui suur on torusse tõusnud vee kaal, kui toru raadius on $0,50 \cdot 10^{-3}$ m?
623. Kapillaartoru, mille diameeter on $0,50 \cdot 10^{-3}$ m, asetatakse otsapidi piiritusesse. Arvutada torusse tõusnud piirituse kaal.

ÜLESANNETE VASTUSED

1. $27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
2. $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
3. $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 0 ; $6,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $0,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $0,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
4. 2 s ; $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $-8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
5. $t < -1 \text{ s}$ ja $t > 3 \text{ s}$ - x -telje suunas;
 $-1 \text{ s} < t < 3 \text{ s}$ - x -teljega vastassuunas;
 $-1 \text{ s} < t < 1 \text{ s}$ ja $t > 3 \text{ s}$ - kiirenev;
 $1 \text{ s} < t < 3 \text{ s}$ ja $t < -1 \text{ s}$ - aeglustuv
6. $v = 2t\sqrt{b^2 + c^2}$; $a = 2\sqrt{b^2 + c^2}$
7. $9,2 \text{ m}$; $13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
8. $v = t^3/3 + 4t - 1$; $x = -t^4/12 + 2t^2 - t + 3/4$
9. $v = 2\sqrt{x(x-1)+4}$; $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
10. $v = \frac{v_o}{v_o kt + 1}$
11. $v_A - v_B < \sqrt{2ad}$; $d > 40 \text{ m}$
12. $s = 0,7v_o + \frac{v_o^2}{15}$; 11 m ; 30 m ; 59 m ; 97 m ; $8,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
13. $0,79 \text{ s}$
14. $0,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
15. 92 m
16. 57 m ; $3,4 \text{ s}$
17. 191 m
18. $\Delta h = \frac{g}{2}(2t - 1)$

19. 0,93 m; 1,9 m
20. $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 11 m
21. $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
22. 1) 0,982 s; 2,08 s; 2) ei jõua nii kõrgele
23. $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
24. 42,5 m
25. $\Delta h = 2 v_0 t$
26. 2,3 s
27. $0,095 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ülespoole
28. 1) 8,4 s; 2) 7,3 s; 3) 7,8 s
29. 55,2 m
30. $7,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 5,2 s
31. 25° ; 65°
32. 30°
33. $0,45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $0,30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
34. $2,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
35. 1,19
36. 1) $3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ voolu suunas; 2) $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vastuvoolu; 3) $2,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ voolu suunaga 63° .
37. $1,2 \cdot 10^2$ kraadi; $1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
38. $0,600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 250 s
39. $\Delta \vec{r} = -6,7 \cdot 10^3 \vec{i} - 4,8 \cdot 10^3 \vec{j}$; $|\Delta \vec{r}| = 8,3 \cdot 10^3 \text{ m}$, $\alpha = 3,8 \text{ rad}$
(nurk x-telje suhtes); $\vec{r} = -3,7 \cdot 10^3 \vec{i} - 4,8 \cdot 10^3 \vec{j}$, $|\vec{r}| = 6,1 \cdot 10^3 \text{ m}$,
 $\beta = 4,1 \text{ rad}$ (nurk x-telje suhtes).
40. 1) $\Delta \vec{r}_1 = 16 \vec{i} + 7,1 \vec{k}$, 18 m; $\Delta \vec{r}_2 = 16 \vec{i} - 2,7 \vec{k}$, 16 m;
 $\Delta \vec{r}_3 = 7,2 \vec{i} - 4,4 \vec{k}$, 8,4 m; $\Delta \vec{r} = 39 \vec{i}$; $|\Delta \vec{r}| = 39 \text{ m}$.
2) $z = 0,75x - 0,019x^2$.
41. $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $4,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
42. $17,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $10,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

43. $\Delta \vec{r} = 15\vec{i} + 78\vec{j}$; 79 m; $y = 0,080x^2 - 2,0$;
 $\vec{v} = 5,0\vec{i} + 20\vec{j}$; $\vec{a} = 4,0\vec{j}$; 21 m·s⁻¹; 4,0 m·s⁻²;
 $\vec{v} = 5,0\vec{i} + 4,0\vec{j}$; $\vec{a} = 4,0\vec{j}$; 6,4 m·s⁻¹; 4,0 m·s⁻².
44. 5,00 m·s⁻¹; 53°08'; 18,0 m·s⁻²
45. $a_t = 6,00t + 10,0$
46. 47,6 m
47. 48 m; 51 m·s⁻²
48. 5,0 m·s⁻¹; 1,1 m·s⁻²
49. $y = h - \frac{gx^2}{2v_o^2}$
50. 11 m·s⁻¹; 13 m·s⁻¹
51. 11 m·s⁻¹; 22°
52. 20 m·s⁻¹; 28 m·s⁻¹; 44°
53. 391 m
54. 50 m·s⁻¹; 36°
55. $1,96 \cdot 10^{-2}$ m
56. 28 m·s⁻¹; 7,0 m·s⁻²; 6,9 m·s⁻²;
57. 17 m·s⁻¹
58. 759 m
59. 83 m·s⁻¹
60. $8,15 \cdot 10^3$ m; 693 m·s⁻¹; $5,65 \cdot 10^4$ m
61. $v_x = v \sqrt{\left(\frac{l}{x}\right)^2 - 1}$
62. $6,0 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; $a_n = (0,016 + 0,048t + 0,036t^2) \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; 0,12 m·s⁻²
63. 0,15 m·s⁻²; 0,18 m·s⁻²; 34°
64. 0,25 m·s⁻²; 0,32 m·s⁻²
65. 0,50 m·s⁻²; 0,33 m·s⁻²; 0,60 m·s⁻²
66. 0,64 m·s⁻²; 0,67 m·s⁻²
67. 0,62 m·s⁻²; 0,69 m·s⁻²; 120°
68. $1,63 \cdot 10^4$ m

69. $9,98 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
70. 428 s
71. $2,3 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
72. $77,5^\circ$; idast läände mööda laiusringi
73. $8,70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; $252 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; $252 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
74. $\varphi = b t^3 / 6$
75. $4 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$; 0,9 rad; $2 \cdot 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; $2 \cdot 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
76. 239
77. $4,0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$; 6,3 s
78. $9,97 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$; $7,55 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
79. $33 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$; $34 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$
80. $1,6 \text{ p} \cdot \text{s}^{-1}$
81. $8,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
82. $1,3 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
83. $0,45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
84. 10 s
85. $4,0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$; $\varphi = 2,0 \text{ t}^2$
86. $16 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$; 4,0 s
87. $3,2 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$
88. 6 p
89. $-5,24 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$; 375 p
90. $t_1 > t_2$, $n_1 = n_2$; $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$
91. $0,43 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$
92. $6,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
93. 6,0 kN
94. 0,94 kN
95. 4,2 MN; 0,95 GPa
96. 3 N; 6 N
97. $0,892 \text{ m/s}^2$
98. $0,892 \text{ m/s}^2$

99. $2,45 \text{ m/s}^2$; $1,09 \text{ m/s}^2$
100. $23,5 \text{ N}$; $47,1 \text{ N}$
101. $4,0 \text{ s}$
102. $a_1 = \frac{m_1(m_2 + m_3) - 4m_2m_3}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2m_3} \cdot g$; $a_2 = \frac{4m_2m_3 - m_1(3m_3 - m_2)}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2m_3} \cdot g$;
 $a_3 = \frac{4m_2m_3 - m_1(3m_2 - m_3)}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2m_3} \cdot g$; $F = \frac{16m_1m_2m_3g}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2m_3}$
103. 15 N
104. $0,20 \text{ km/s}$
105. 22 kN ; 84 cm
106. $0,45 \text{ kN}$; 11 m/s
107. $v = (F_o + \frac{kt}{2}) \cdot \frac{t}{m}$; $s = (F_o + \frac{kt}{3}) \cdot \frac{t^2}{2m}$
108. 10 m/s ; $7,2 \text{ cm/s}^2$; $3,0 \text{ mm/s}^2$
109. $0,97 \text{ KN}$
110. $\vec{F} = (36\vec{i} - 144\vec{j})\text{N}$; $\vec{p} = [36(t - 1)\vec{i} - 72t^2\vec{j} + 18\vec{k}]\text{kg}\cdot\text{m/s}$
111. $2,9 \text{ kN}$; $0,30 \text{ kN}\cdot\text{s}$
112. $1,0 \text{ N}\cdot\text{s}$
113. $1,3 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; $-0,18 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
114. $4,8 \cdot 10^{-23} \text{ N}\cdot\text{s}$
115. $0,72 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; $2,4 \text{ g}$
116. 31 N
117. $0,34 \text{ MN}$; $6,9 \text{ kN}$
118. $5,0 \text{ kN}$
119. 1 kN
120. $0,013$
121. 20 m
122. $8,2 \text{ kN}$
123. $0,33$
124. $1,5 \text{ N}$; $1,5 \text{ N}$; $2,1 \text{ N}$

125. $4,1 \text{ m/s}^2$
126. $m_2 > m_1(\sin \alpha + \mu \cos \alpha); \quad m_2 < m_1(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$
127. $v = \frac{mg}{k} [1 - \exp(-\frac{kt}{m})]; \quad s = \frac{mg}{k} \{t - \frac{m}{k} [1 - \exp(-\frac{kt}{m})]\}$
128. $v = \frac{mg(n-1)}{k} [1 - \exp(-\frac{kt}{m})]$
129. $v = \frac{2\rho g d(n-1)}{3k} [1 - \exp(-\frac{3kt}{2\rho nd})]$
130. $5,3 \text{ s}; \quad 0,15 \text{ km}$
131. $v = v_o \exp(-\frac{rt}{m}); \quad s = \frac{mv_o}{r} [1 - \exp(-\frac{rt}{m})]$
132. $v = (\frac{1}{v_o} + \frac{kt}{m})^{-1}; \quad s = \frac{m}{k} \ln(1 + \frac{kv_o t}{m})$
133. $t = \frac{(v_o - v)h}{v_o v \ln \frac{v_o}{v}}$
134. $54 \text{ m/s}; \quad 0,61 \text{ km}$
135. $0,12 \text{ TN/m}^2$
136. $0,20 \text{ mm}$
137. $0,25 \text{ kN}; \quad 2,4 \text{ mm}; \quad 0,24 \%$
138. $4,994 \text{ m}; \quad 3,0 \text{ mm}$
139. $0,18 \text{ km}$
140. $0,25 \text{ GN/m}^2$
141. $1,19 \text{ m/s}^2$
142. $2,2 \text{ m/s}^2$
143. $1,76 \text{ N}$
144. $5,2 \text{ m/s}^2 \text{ (tõuseb)}; \quad 2,3 \text{ m/s}^2 \text{ (laskub)}$
145. $12 \text{ N}; \quad 8,8 \text{ N}$
146. $0,83 \text{ kN}; \quad 0,55 \text{ kN}; \quad 9,8 \text{ m/s}^2$
147. $62 \text{ kN}; \quad 15 \text{ kN}$

148. 14 rad/s
149. 500 g
150. 0,49 N; 2,5 N
151. 1,59 km
152. 0,43 kN; 1,8 kN
153. $2R/3$
154. 2,0 N; 0,24 m
155. 22°
156. 79°
157. 0,24 kN
158. $3,6^\circ$
159. 10 m/s
160. 35°
161. 12 m/s; 17°
162. 13 m/s; 31°
163. $F = mg(1 + \frac{2h_o}{R} - \frac{3h}{R})$
164. $F = \frac{\gamma m M}{r(r+L)}$
165. -
166. $F = \frac{\gamma m M r}{R^3}$
167. 14 Mm
168. $r = \sqrt[3]{\frac{\gamma M T^2}{4 \pi^2}}$
169. $M = \frac{g R^2}{\gamma}$; $\rho = \frac{3g}{4 \pi \gamma R}$
170. 0,38 Gm
171. $5,99 \cdot 10^{24}$ kg
172. $2,6 \cdot 10^2$ m/s²

173. $1,7 \text{ m/s}^2$
174. $2,3 \text{ cm/s}^2$
175. $0,12 \text{ kN}$
176. $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\gamma\rho}}$
177. $1 \text{ h } 24 \text{ min}$
178. $7,0 \text{ km/s}; 1,7 \text{ Mm}$
179. $5,6 \text{ km/s}$
180. $4 \cdot 10^4 \text{ kg}; 2 \cdot 10^{11}$
181. $2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
182. $1 \text{ h } 24 \text{ min}$
183. 17
184. $9,81 \text{ mN}$
185. $6,2 \text{ cm}$ ida suunas
186. $0,0034$
187. $0,074 \%$
188. $F_t = \frac{\sqrt{5}}{3} m \omega^2 R; F_c = \frac{2}{3} m \omega^2 R \sqrt{5 + \frac{8}{3} \frac{g}{\omega^2 R}}$
189. $0,98 \text{ m/s}^2$
190. $F > g(m_1 + m_2)(k_1 + k_2)$
191. $0,15$
192. $3,24^\circ$
193. $1,97 \text{ N}; 1^\circ 43'$
194. suurem kui $0,22 \text{ Hz}$
195. $\mu \geq 0,20$
196. $x = 1,7 \text{ cm}; y = 2,7 \text{ cm}$
197. 13 cm esimesest osakesest
198. Sümmeetriateljel suurema kera tsentrist kaugusel $4R/3$
199. Lühemast harust kaugusel $2L/3$, pikemast $L/6$
200. Sümmeetriateljel, poolkaare tsentrist kaugusel $2R/\pi$

201. 6,0 m; 6,2 m; 4,0 m
202. 2,6 m
203. $s = \frac{mL}{m + M}$
204. $\vec{p} = (-44\vec{i} + 8,0\vec{j}) \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; 6,4 m/s.
205. $x = 1,3 \text{ m}$, $y = 5,3 \text{ m}$; $y = 4,0 \text{ x}$; 2,2 m/s
206. 12 kJ
207. 5 kJ
208. 5,9 J
209. 29 m/s^2
210. 4,72 kJ
211. 62,4 MJ
212. 11 J
213. 1,4 kJ
214. 36 J
215. 56,4 J
216. Ei ole
217. Ei ole
218. -4,0 mJ
219. -0,49 kW; 7,7 kW ja 2,4 kW
220. 56 kW; 80 kW
221. 50 MJ; 0,16 GJ
222. 36 J
223. 1 kJ
224. 1,2 m/s; 0,48 kN; 0,0041
225. 3,7 kJ; 0,28; 9.1 MW; 2,5 MW
226. 1,32 kN
227. 0,020; 46 W
228. 0,06 MN
229. 5,0 kN; 0,40 ms; 0,14 km/s

230. 5,2 J
231. 2,37 km/s
232. 7,3 m
233. 4,1 kN
234. 0,45 MN; 11 ms
235. 12 J
236. 0,42 MJ/m³
237. $U = kx^2/2 - ax^4/4 - bx^5/5$
238. $F = a/r^2$; 0,33 a; $F = -2ax$; -3 a
239. 1) 0; 1,49 kJ; 1,49 kJ; 2) -0,149 kJ; 1,34 kJ; 1,49 kJ;
3) -1,49 kJ; 0; 1,49 kJ
240. C; A, E ja F - x - teljega vastassuunas, C - x - telje suunas,
B, D - on 0; B ja D
241. $F = -(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}) U$; 0,03; $F = c/r^2$.
242. 4,9 kN; 3,8
243. $r_m = (2b/a)^{1/6}$; $r_0 = (b/a)^{1/6}$ ja ∞
244. $F = -6ar^{-7} + 12br^{-13}$; $r_0 = (2b/a)^{1/6}$; $r < r_0$; $r > r_0$
245. $E_s = a^2/4b$
246. $\vec{F} = -2,0[(x-y)\vec{i} + (x+4yz)\vec{j} + 2y^2\vec{k}]$; 26 N
247. 85 m/s, samas suunas
248. -28 m/s
249. 16 m/s
250. 24 t
251. vähenes 0,04 m/s võrra
252. 0,15 MJ
253. $t = (3 + \sqrt{3})v_0/g$; $v_2 = 2v_0$, samas kohas
254. -
255. 18 cm/s
256. 14 m/s; 135° esimese killu kiirusega

257. 7,51 km/h
258. $v_0 - mu/(M + m)$; $v_0 + muM/(M + m)^2$
259. $\mu \geq c_1$; $\mu \leq c_2$; $c_1 \leq \mu \leq c_2$, kus $\mu = m_1/m_2$;
 $c_1 = \sin \alpha - k \cdot \cos \alpha$ ja $c_2 = \sin \alpha + k \cdot \cos \alpha$
260. 0,37 s; 0,33 km/s
261. 98,3 J; 98,3 J
262. 11,3 kJ; 147 kJ; 59,9 kJ; 98,5 kJ
263. 3,5 J
264. 0,12 kJ; 0,16 kJ
265. 0,3 m
266. 15°
267. 0,24 km/s
268. 0,6 m
269. 0,70 m/s
270. 22 m/s
271. -
272. 0,020
273. 20 N
274. 41,3°
275. 20 m
276. 14 m/s
277. 2/3 R
278. $\Delta E = (C/2r_0)(1 - 1/n^2)$; 10 eV
279. -
280. 11,1 km/s
281. $1,78 \cdot 10^{32}$ J; $1,78 \cdot 10^{32}$ J; 0
282. $-(mg(n - 1)/n)^2 \Delta t/k$
283. 1) 5,0 mm; 80 mm; 2) 20 mm
284. 1) 3 m/s; 2) 0,5 m/s
285. 0,04 kJ
286. 12 J

287. -6 m/s , 4 m/s
288. 1) $1,8 \text{ m/s}$; 2) $0,6 \text{ m/s}$, $2,6 \text{ m/s}$
289. $1,4$
290. $1,0$; $0,89$; $0,29$; $0,019$; $\frac{1}{1} H$
291. $0,195 \text{ m}$; $0,311 \text{ m}$
292. $0,252 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
293. 1) $1,2\cdot 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$; 2) $1,4\cdot 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
294. $7,7\cdot 10^{-3} \text{ t (rad/s)}$; $5,0 \text{ N}\cdot\text{m}$
295. $53 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ z - telje suunas; 0
296. $m v x_o \sin \alpha$ z - telje suunas; 0
297. $0,012 \text{ N}\cdot\text{m}$
298. 1) $1,0 \text{ N}\cdot\text{m}$; 2) $1,0 \text{ N}\cdot\text{m}$
299. $3,1 \text{ N}\cdot\text{m}$
300. 458 N
301. $625 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
302. $99,8 \text{ N}\cdot\text{m}$
303. $7,8 \text{ rad/s}^2$; 80 s
304. $0,40$
305. $1,00\cdot 10^{-2} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$; $9,43\cdot 10^{-2} \text{ N}\cdot\text{m}$
306. $2,8 \text{ m/s}^2$
307. $9,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
308. $0,072 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
309. $2,22\cdot 10^4 \text{ J}$
310. $2,0\cdot 10^3 \text{ J}$
311. $8,6 \cdot 10^5 \text{ J}$
312. $3,82 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}}$
313. $40 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}}$

314. $4,9 \cdot 10^2 \text{ J}$
315. $12,1 \text{ m/s}$
316. 1) $0,30 \text{ J}$; 2) $5,6 \text{ J}$; 3) $0,20 \text{ J}$
317. $1/2$; $1/3$; $2/7$
318. $5,00 \text{ J}$; $3,75 \text{ J}$
319. $3,74 \text{ m/s}$
320. $h = 2,7R - 1,7r$
321. $9,0 \text{ s}$; $1,1 \text{ s}$
322. $0,77 \text{ s}$; $0,75 \text{ s}$
323. $9,8 \cdot 10^2 \text{ J}$
324. $t = \omega R / 3gk$; $A = 1/6 m \omega^2 R^2$
325. $39,8 \text{ N} \cdot \text{m}$
326. $1,9 \cdot 10^3 \text{ J}$
327. $4,8 \text{ p/s}$; $5,9 \cdot 10^2 \text{ J}$
328. $a = \frac{2}{3}g$; $\epsilon = \frac{2g}{3R}$
329. $0,50 \text{ rad/s}$
330. $0,50 \text{ m/s}$ (vastupidine esialgse liikumise suunale); 12 N
331. 1) suureneb $1,03$ korda; 2) suureneb $1,50$ korda
332. 48 J
333. $0,89 \text{ p/s}$
334. $0,70 \text{ rad/s}$; $0,76 \text{ m/s}$
335. $3,92 (2k + 1) \text{ p/s}$
336. $0,90 \text{ s}$
337. $2,92 \cdot 10^4 \text{ m/s}$; $3,01 \cdot 10^4 \text{ m/s}$; 0
338. 1) $\frac{1}{12} m \omega l^2 \sin \vartheta$; $\frac{1}{12} m \omega l^2 \sin^2 \vartheta$;
 2) $\frac{1}{12} m \omega l^2 \sin 2 \vartheta$; 3) $\frac{1}{24} m \omega^2 l^2 \sin 2 \vartheta$
339. $80 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $2,0 \text{ s}$; 72° ; $0,25 \text{ m/s}$; $0,79 \text{ m/s}^2$
340. $-4,3 \text{ cm}$; 19 cm/s ; 53 cm/s^2

341. 2,0 s

342. $\pm 0,16 \text{ m/s}^2$

343. 1) 0,50 m/s; 2) 1,0 m/s

$$344. \quad s = \begin{cases} a[n + 1 - \cos(\omega t - n \frac{\pi}{2})], & n - \text{paaris} \\ a[n + \sin(\omega t - n \frac{\pi}{2})], & n - \text{paaritu} \end{cases}$$

n on täisosa suhtest $\frac{2\omega t}{\pi}$

$$345. \quad \frac{dP}{dx} = \frac{1}{\pi \sqrt{a^2 - x^2}}$$

346. 2,3 m/s

347. 4,99 Hz

$$348. \quad \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{v_1^2 - v_2^2}{x_2^2 - x_1^2}}; \quad \sqrt{\frac{v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2}{v_1^2 - v_2^2}}$$

349. 2,0 s

350. 3; 1; 1/3

351. $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

352. $\pm 63^\circ + 2\pi n$

353. $\sqrt{2}$; 135° ; $x = \sqrt{2} \sin \pi(t + 0,75)$

354. $A = 0,39 \text{ m}$, $\varphi = 15^\circ$; $x = 0,39 \sin \pi(3t + 0,083)$

355. $x_1 = 0,2 \sin 2\pi t$; $x_2 = 0,3 \sin(6\pi t + \pi/4)$;

$x_3 = 0,1 \sin(4\pi t + \pi)$; $x_4 = 0,2 \sin(10\pi t - \pi/2)$

356. $x_1 = A_0 \sin \omega_1 t$; $x_2 = A_0/2 \sin(\omega_1 - \omega_2)t$; $x_3 = A_0 \sin(\omega_1 + \omega_2)t$

357. 254 Hz või 258 Hz

358. $4x^2 + 9y^2 - 36 = 0$

359. $x^2 + 9y^2 - 9 = 0$

360. $y = \pm \sqrt{2x + 2}$

361. 0,63 s

362. 0,17 kg

363. 0,37 kg

364. $T = 2\pi\sqrt{\frac{\mu}{k}}$; $\mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$

365. 0,118 N/m

366. 1,2 s

367. 1,2

368. 2,1 s; 1,9 s

369. 1,34 s

370. $r/\sqrt{2}$ kaugusel ketta tsentrist

371. $L/\sqrt{12}$ kaugusel masskeskmest

372. 1,26 Hz

373. 0,94 s

374. 7,9 km/s; 84 min

375. $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa}{I}}$

376. $\omega = \frac{\sqrt{g \sqrt{m_1^2 l_1^2 + m_2^2 l_2^2}}}{m_1 l_1^2 - m_2 l_2^2}$; $\alpha_1 = \arctan \frac{m_2 l_2}{m_1 l_1}$; $\alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1$

377. $r/l = 3,3$

378. 21 s

379. 231

380. $2,3 \cdot 10^{-3}$

381. 83,22 Hz

382. 0,841 m

383. 3,9 %

384. 4,98 Hz

385. 21 m/s

386. 5,9 m/s
387. -
388. ~ 0,017 m; 0,052 m/s; 0,47 m/s²
389. 504°
390. 23 rad; 25 rad.
391. 339 m/s; 999 Hz; $2,94 \cdot 10^{-4}$; 0,628 m/s
392. $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$; 343 m/s; 319 m/s
393. $20 \cdot 10^{-6}$ m; 100
394. 2,7 N
395. $v = \sqrt{gh}$; 1,1 s
396. $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$
397. 1,13 m/s
398. 912 Hz
399. $0,87c = 2,6 \cdot 10^8$ m/s
400. $0,66c = 2,0 \cdot 10^8$ m/s
401. 7,1
402. 23,7 m
403. $0,815 c = 2,44 \cdot 10^8$ m/s
404. 37,2 a; 22,4 a
405. $0,577 c = 1,73 \cdot 10^8$ m/s
406. 30 km
407. $1,2 \cdot 10^{-14}$ s; $4,4 \cdot 10^{-11}$ s; $4,4 \cdot 10^{-8}$ s
408. teine
409. jah
410. 7,5 a; 10 a
411. 0,82 m; 59°
412. $0,97 c = 2,9 \cdot 10^8$ m/s; $5,9 \cdot 10^{10}$ m

413. $0,80 \text{ c} = 2,4 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
414. $0,98 \text{ c} = 2,9 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $1,3 \text{ c} = 3,8 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
415. $0,86 \text{ c}$; $0,71 \text{ c}$; $0,81 \text{ c}$
416. 120°
417. $0,943 \text{ c} = 2,82 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
418. $0,995 \text{ c} = 2,98 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
419. $1,9 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
420. $2,66 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
421. $1,5 \text{ m/s}$; $0,3 \text{ m}$
422. $3,2$
423. $6,85 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 4,28 \text{ MeV}$
424. $1,1 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$; $3,4 \cdot 10^{-21} \text{ kgm/s}$
425. $2,2 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$; $6,7 \cdot 10^{-6} \text{ kgm/s}$
426. $2,62 \cdot 10^{-10} \text{ J}$; $7,16 \cdot 10^{-19} \text{ kgm/s}$
427. $3,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$
428. $6,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$
429. $2,6 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
430. $1,4 \text{ N}$
431. $2,98 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $2,71 \text{ km}$
432. 78 N
433. $5,3 \cdot 10^{-14} \text{ N}$
434. Vaske $35,6 \text{ g}$ ja hõbedat 210 g
435. $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
436. $1,7 \text{ m/s}$
437. $0,12 \text{ m/s}$
438. $23,4 \text{ m/s}$
439. $4,5 \text{ m/s}$
440. $2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
441. $1,5 \cdot 10^3 \text{ N}$
442. $0,50 \text{ m/s}$

443. $1,0 \cdot 10^2$ m/s; $5,0 \cdot 10^6$ Pa
444. 98 N
445. 0,53 s
446. 26°
447. $3,7 \cdot 10^6$ N
448. 22 m/s
449. 1,4 m
450. 3) ava peab asuma võrdsele kaugusele pinnast ja anumaga põhjast
451. $2,14 \cdot 10^4$ s
452. 0,46 m
453. $7,7 \cdot 10^{-3}$ m
454. 0,98 m/s
455. $0,85 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
456. -
457. $5,8 \cdot 10^{-2}$ m/s; 39 m/s
458. $3 \cdot 10^2$ K
459. $1,7 \cdot 10^3$ K
460. a) $2,2 \cdot 10^5$ Pa; b) $1,9 \cdot 10^5$ Pa
461. $7,1 \cdot 10^6$ Pa
462. $1,3 \cdot 10^{-25}$ kg
463. 8,3 mol
464. $5,9 \cdot 10^2$ K
465. $1,8 \cdot 10^{-3}$ m³
466. $1,1 \cdot 10^6$ Pa
467. $4,4 \cdot 10^{-2}$ kg/mol
468. 1,3 kg
469. $3,0 \cdot 10^{21}$
470. 11 kg/m³
471. $8,7 \cdot 10^{-2}$ kg/m³
472. $1,3 \cdot 10^2$ kg/m³

473. $3,9 \text{ kg/m}^3$
 474. $1,8 \text{ m}^3/\text{kg}$
 475. $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$
 476. $4,5 \cdot 10^{-2} \text{ kg/mol}$
 477. $3,5 \cdot 10^{20} \text{ 1/m}^3$
 478. $7,5 \cdot 10^{25} \text{ 1/m}^3$
 479. $2,4 \cdot 10^{19} \text{ 1/m}^3$
 480. $3,3 \cdot 10^{16} \text{ 1/m}^3$
 481. 1,1
 482. $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
 483. $1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 484. 0,023 Pa
 485. $0,79 \cdot 10^{22} \text{ 1/m}^3$; $2,4 \cdot 10^{22} \text{ 1/m}^3$
 486. $1,4 \cdot 10^3 \text{ K}$
 487. 0,13 kg
 488. $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
 489. 78
 490. $6,40 \cdot 10^2$
 491. $1,8 \cdot 10^{22} \text{ 1/m}^3$
 492. 2,8 %
 493. $\sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$
 494. 0,63
 495. $dW(u) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \exp(-u^2) u^2 du$
 496. $\frac{\Delta N}{N} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m_0}{kT}\right)^{3/2} v^3$
 497. $4,9 \cdot 10^2 \text{ m/s}$
 498. $5,6 \cdot 10^2 \text{ m/s}$; 25 m/s
 499. $6,3 \cdot 10^2 \text{ m/s}$

500. 4,0
 501. 2,7
 502. 71 K
 503. $5,8 \cdot 10^2$ m/s
 504. $2 \cdot 10^3$ m/s
 505. $4,19 \cdot 10^{24}$ 1/m³
 506. $5 \cdot 10^3$ Pa
 507. $1,3 \cdot 10^{23}$
 508. 450 m/s; 508 m/s; 551 m/s
 509. 517 m/s
 510. $3,2 \cdot 10^{-3}$ m/s
 511. $2,5 \cdot 10^{-3}$ kg; $1,7 \cdot 10^5$ Pa
 512. $2,0 \cdot 10^4$ K
 513. $1,9 \cdot 10^3$ m
 514. $2,3 \cdot 10^3$ m
 515. $5,5 \cdot 10^3$ m
 516. $4,1 \cdot 10^{-21}$
 517. $1,6 \cdot 10^5$
 518. $n(r) = n(0) \exp \left[\frac{m \omega^2 r^2}{2 k T} \right]$
 519. kT; $8,0 \cdot 10^3$ m
 520. 1/2 kT
 521. $3,6 \cdot 10^2$ m/s; $4,4 \cdot 10^9$ 1/s
 522. $2,6 \cdot 10^9$ 1/s
 523. $5,9 \cdot 10^{31}$
 524. $4,9 \cdot 10^5$ 1/s
 525. $1,4 \cdot 10^7$ m
 526. 0,11 Pa
 527. $1,4 \cdot 10^{-6}$ kg/m³
 528. $9,3 \cdot 10^{-8}$ s

529. $0.91 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 530. $0.93 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 531. $2.0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$
 532. $1.8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 533. $1.78 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 534. $0.089 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 535. $0.013 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 536. $742 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; 1.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
 537. $2.01 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$
 538. $8.28 \cdot 10^{-21} \text{ J}; 1.38 \cdot 10^{-21} \text{ J}; 1.66 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
 539. 17 kJ
 540. 5.9 kJ
 541. $12 \cdot 10^4 \text{ J}$
 542. $1.19 \cdot 10^{-20} \text{ J}; 2.37 \cdot 10^{-20} \text{ J}; 14.3 \text{ kJ}$
 543. $25 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$
 544. $Q = c_0 m (t_2 - t_1) + \frac{1}{2} c_0 m a (t_2^2 - t_1^2);$

$$\langle c \rangle = c_0 \left[1 + \frac{a}{2} (t_1 + t_2) \right]$$

 545. $2.39 \cdot 10^4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}; 3.02 \text{ MJ}; 2.35 \cdot 10^4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
 546. -
 547. $5.92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$
 548. 7.4 kJ
 549. 10 kJ
 550. 75 kJ
 551. 1.5 kJ
 552. $-9.6 \text{ MPa}; 19 \text{ kJ}$
 553. 2.6 J

554. 0,71 kJ
555. 2,7 korda
556. 0,50 km/s
557. 2,6 kJ
558. 361 K ja $7,1 \cdot 10^5$ Pa
559. 6,1 kJ
560. 4,1 kJ
561. 291 kJ; 208 kJ; 83,1 kJ
562. 7,9 kJ; 5,7 kJ; 2,3 kJ
563. 20 kJ; 8,1 kJ; 28 kJ
564. 2,2 MJ, 0,75 MJ, 3,0 MJ
565. 598 J
566. 0,55 kJ
567. 58 K
568. 1) 14,7 kJ; 2) 4,19 kJ
569. 191 kJ; 192 kJ
570. 2,5 korda
571. 0,51 MPa
572. 0,37 Mpa; $2,2 \cdot 10^2$ K
573. 641 K
574. 1,33
575. 0,42 kJ
576. 5
577. 7,03 K
578. 162 K; 486 K; 243 K; 81 K; 1,5 kJ; 10 kJ; -4,5 kJ; -5,0 kJ
579. 0; 4,0 kJ; 0; -2,0 kJ; 2,0 kJ; 17,5 %
580. 11,1 %
581. 2,07 kJ; 32 %
582. 106 tsükliit
583. 50 %

584. 40 MJ; 40 %
585. 5,9 kg
586. 280 K
587. 0,37 kJ
588. 0,69 m³
589. 628 J; 1,88 kJ
590. 26,8 %; 274 kJ; 201 kJ
591. 11,4 %; 33,8 %
592. 0,40 MJ; 0,36 MJ
593. 40 s
594. 0,11 kJ
595. 1,74 J/K
596. 2,9 J/K
597. 8,2 J/K
598. 12 J/K; 0
599. 737 J/K
600. 283 K; 22,1 J/K
601. 0,24 kJ/K
602. 6,5 J/K
603. 15,6 kJ; 15,6 kJ; 14,4 J/K; 14,4 J/K
604. 0; 13,7 J/K; 4,11 kJ
605. 0; 22 kJ
606. $\Delta S_{12} = \Delta S_{132} = \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$
607. 5,0·10⁶ Pa; 150 K
608. 0,36 J·m³·mol⁻²; 4,3·10⁻⁵ m³/mol
609. 1,3·10⁻⁴ m³/mol
610. 1,71·10⁹ Pa
611. 1,4·10⁻⁶ J
612. 1,5·10⁵ Pa

613. $2,9 \text{ kg/m}^3$
614. $4,9 \cdot 10^{-3} \text{ J}$; $2,3 \text{ Pa}$
615. $0,017 \text{ J}$
616. $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
617. $3,6 \cdot 10^{-7} \text{ J}$
618. $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
619. $0,020 \text{ m}$
620. $0,029 \text{ m}$
621. $0,028 \text{ m}$
622. $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
623. $3,5 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

L I S A

PÕHIKONSTANDID

<i>Konstant</i>	<i>Väärtus</i>
Valguse kiirus vaakumis	299 792 458 m/s (täpselt) $\approx 2,998 \cdot 10^8$ m/s
Gravitatsioonikonstant	$6,672 \cdot 10^{-11}$ N·m ² /kg ²
Aatommassiühik (u)	$1,660\,54 \cdot 10^{-27}$ kg
Elementaarlaeng	$1,602 \cdot 10^{-19}$ C
Elektroni seisumass	$9,109 \cdot 10^{-31}$ kg
Prootoni seisumass	$1,007\,276\,6\,u \approx$ $\approx 1,672\,6 \cdot 10^{-27}$ kg
Neutroni seisumass	$1,008\,665\,4\,u \approx$ $\approx 1,675\,0 \cdot 10^{-27}$ kg
Plancki konstant	$6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s
Maa	
mass	$5,96 \cdot 10^{24}$ kg
keskmine raadius	$6,37 \cdot 10^6$ m
keskmine kaugus Päikesest	$1,49 \cdot 10^{11}$ m
raskuskiirendus:	
Tallinnas (TTÜ)	$9,818$ m/s ²
normaalne	$9,807$ m/s ²
Päikese	
mass	$1,97 \cdot 10^{30}$ kg
keskmine raadius	$6,96 \cdot 10^8$ m
Kuu	
mass	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg
keskmine raadius	$1,74 \cdot 10^6$ m
keskmine kaugus Maast	$3,84 \cdot 10^8$ m
Boltzmanni konstant	$1,381 \cdot 10^{-23}$ J/K
Avogadro arv	$6,022 \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹
Universaalne gaasikonstant	$8,314$ J·K ⁻¹ ·mol ⁻¹
Gaasi moolruumala	
normaalingimustel	$22,4 \cdot 10^{-3}$ m ³ /mol
(T = 273,15 K, p = 101 325 Pa)	

MÕÕTÜHIKUTE VAHELISED SEOSSED

1. Pikkus

$$1 \text{ toll} = 2.54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ jalg} = 30,5 \text{ cm}$$

$$1 \text{ jard} = 0,914 \text{ m}$$

$$1 \text{ miil} = 1,61 \text{ km}$$

$$1 \text{ valgusaasta} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ a.ü.} = 1,495 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$$

2. Ruumala

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

3. Mass

$$1 \text{ unts} = 28,4 \text{ g}$$

$$1 \text{ nael} = 454 \text{ g}$$

4. Jõud

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

$$1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$$

5. Rõhk

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 98,07 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101,3 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133,3 \text{ Pa}$$

6. Temperatuur ja energia

$$T = 273,15 + t_c$$

$$t_c = 5/9 (T_F - 32)$$

$$T_F = 9 t_c/5 + 32$$

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

7. Võimsus

$$1 \text{ hj} = 736 \text{ W}$$

$$1 \text{ hj} = 746 \text{ W (USA)}$$

AINETE TIHEDUSED

<i>Aine</i>	$\rho, 10^3 \text{ kg/m}^3$	<i>Aine</i>	$\rho, 10^3 \text{ kg/m}^3$
Alumiinium	2,70	Plaatina	21,5
Berüllium	1,85	Plii	11,3
Boor	2,45	Plutoonium	19,8
Grafiit	1,6	Puit	0,8
Hõbe	10,5	Raske vesi	1,1
Indium	7,28	Raud	7,8
Jää	0,9	Teras	7,7
Kaadmium	8,65	Tina	7,4
Kaalium	0,86	Toorium	11,7
Koobalt	8,89	Tsink	7,0
Kork	0,2	Uraan	19,0
Kuld	19,3	Valgevask	8,4
Liitium	0,53	Vask	8,92
Magneesium	1,74	Vismut	9,80
Naatrium	0,97	Volfram	19,3
Nikkel	8,91	Õhk (normaal- tingimustel)	$1,29 \cdot 10^{-3}$
Parafiin	0,89		

ELASTSUSMOODULID

<i>Aine</i>	<i>E, GPa</i>
Klaas	60
Malm	80
Puit	9
Raud	210
Teras	210
Tsink	80
Valgevask	100

TAHKISE SOOJUSLIKUD OMADUSED

<i>Aine</i>	<i>Sulamis- temperatuur °C</i>	<i>Erisoojus J·kg⁻¹·K⁻¹</i>	<i>Sulamis- soojus J/kg</i>	<i>Joonpaismus- tegur, 10⁻⁶ K⁻¹</i>
Alumiinium	659	896	3,22·10 ⁵	25
Hõbe	960	234	8,8·10 ⁴	19
Jää	0	2100	3,35·10 ⁵	-
Kork	-	2050	-	-
Plaatina	1770	117	1,13·10 ⁵	8,9
Plii	327	126	2,26·10 ⁴	29
Raud	1530	500	1,25·10 ⁵	11
Teras	-	460	-	12
Tina	232	230	5,86·10 ⁴	21
Tsink	420	391	1,17·10 ⁵	26
Valgevask	-	386	-	18
Vask	1100	395	1,76·10 ⁵	17

VEDELIKE OMADUSED

<i>Vedelik</i>	<i>Tihedus, 10³ kg/m³</i>	<i>Erisoojus J·kg⁻¹·K⁻¹</i>	<i>Pindpinevus- tegur 20 °C juures N/m</i>	<i>Sisehõõrde- tegur 20 °C juures kg·m⁻¹·s⁻¹</i>
Bensool	0,88	1720	0,03	6,5·10 ⁻⁴
Elavhõbe	13,60	138	0,49	1,6·10 ⁻³
Glütseriin	1,26	2430	0,064	8,5·10 ⁻¹
Petrooleum	0,80	2140	0,026	-
Piiritus	0,79	2510	0,022	1,2·10 ⁻³
Seebivesi	1,00	4190	0,040	-
Vesi	1,00	4190	0,072	1,0·10 ⁻³

GAASIDE MOLEKULIDE EFEKTIIVDIAMEETRID

<i>Gaas</i>		<i>d, nm</i>
Vesinik	H ₂	0,23
Hapnik	O ₂	0,29
Lämmastik	N ₂	0,31
Argoon	N ₂	0,28
Heelium	He	0,19
Vingugaas	CO	0,32
Süsihappegaas	CO ₂	0,32
Veeaur	H ₂ O	0,26

SI EESLIITED

<i>Eesliide</i>	<i>Tähis</i>	<i>Kordaja</i>		<i>Eesliide</i>	<i>Tähis</i>	<i>Kordaja</i>
jota	Y	10 ²⁴		detsi	d	10 ⁻¹
zeta	Z	10 ²¹		senti	c	10 ⁻²
eksa	E	10 ¹⁸		milli	m	10 ⁻³
peta	P	10 ¹⁵		mikro	μ	10 ⁻⁶
tera	T	10 ¹²		nano	n	10 ⁻⁹
giga	G	10 ⁹		piko	p	10 ⁻¹²
mega	M	10 ⁶		femto	f	10 ⁻¹⁵
kilo	k	10 ³		atto	a	10 ⁻¹⁸
hekto	h	10 ²		zepto	z	10 ⁻²¹
deka	da	10 ¹		jokto	y	10 ⁻²⁴