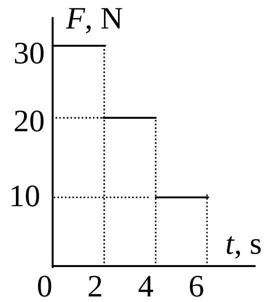
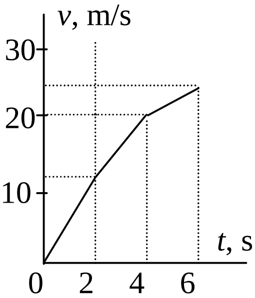
XVI Lietuvos moksleivių fizikos čempionatas
2004 12 04, Kaunas, Klaipėda, Šiauliai, Vilnius

1. Turistas plaukia plaustu d_1 pločio upe. Upės tėkmės greitis v_1. Nuplaukus atstumą l upės plotis sumažėja iki d_2, o gylis nepakinta. Nuplaukęs tokį pat atstumą l turistas sustoja pailsėti. Koks buvo turisto judėjimo greitis visame kelyje?
Atstumą l turistas nuplaukė per $t_1=l/v_1$. Upei susiaurėjus tėkmės greitis tapo $v_2=v_1d_1/d_2$, ir atstumą l turistas nuplaukė per laiką $t_2=l/v_2$. Vidutinis greitis $v=2l(t_1+t_2)=2v_1d_1/(d_1+d_2)$.

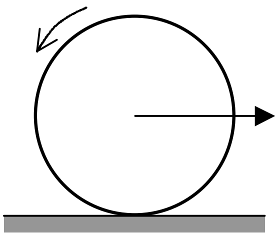
2. Paveiksle pavaizduotas m=5 kg masės kūną veikiančios jėgos priklausomybės nuo laiko grafikas. Kokį atstumą nuslinko kūnas per 6 s? Kūno pradinis greitis lygus 0.



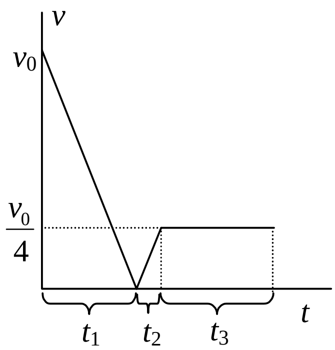


Kūno pagreitis $a=F/m$ skirtingais laiko tarpais yra skirtingas: a_1=6 m/s2, a_2=4 m/s2, a_3=2 m/s2. Apskaičiavę greitį $v(t)$ skirtingais laiko momentais gauname $v(2)$=12 m/s, $v(4)$=20 m/s, $v(6)$=24 m/s, nubrėžiame greičio priklausomybės nuo laiko grafiką ir kūno nueitą atstumą išreiškiame po greičio grafiku esančios figūros plotu: s=12x2/2+(12+20)x2/2+(20+24)x2/2=88 (m). Tą patį gauname spręsdami analiziškai:

$$s = a_1t_1^2/2 + v(2)t_2 + a_2t_2^2/2 + v(4)t_3 + a_3t_3^2/2 .$$



3. Įsuktas apie horizontalią ašį tam tikru kampiniu greičiu plonas lankas greičiu v_0 pastumiamas šiurkščiu horizontaliu paviršiumi (žr. pav.). Lanko ir paviršiaus slydimo trinties koeficientas μ. Nuslinkęs tam tikrą atstumą lankas nustoja slinkti ir sukdamasis grįžta atgal. Pasiekus pradinį tašką lanko centro greitis yra $v_0/4$. Kiek laiko lankas judėjo iki nustodamas slinkti? Per kiek laiko nuo judėjimo pradžios lankas grįžo į pradinę padėtį?



Lankas sukdamasis slysta veikiamas trinties jėgos $F=\mu mg$, kuri jam suteikia pagreitį $a=\mu g$. Trintis pradžioje stabdo besisukančio lanko slinkimą, o lankui nustojus slinkti besisukantis lankas pradeda slinkti atgal tokiu pat pagreičiu. Jei lankas suktųsi praslysdamas visą stebėjimo laiką, į pradinę vietą jis grįžtų turėdamas tokio pat dydžio greitį v_0. Tačiau dėl trinties lanko sukimasis lėtėja, ir tam tikru momentu lankas pradeda riedėti neslysdamas. Kadangi riedėjimo trintis labai maža, laikome, kad lankas rieda pastoviu greičiu. Lanko slinkimo greičio modulio priklausomybę nuo laiko pavaizduojame grafiškai. Lanko nueitą kelią vaizduoja figūrų po greičio grafiku plotai, ir trikampio plotas lygus trapecijos plotui: $v_0t_1/2=v_0(t_2+2t_3)/8$. Be to, $t_2=t_1/4$, todėl $t_3=15t_1/8$. Gauname: iki sustodamas lankas judėjo laiką $t_1=v_0/\mu g$; visas judėjimo laikas $t=t_1+t_2+t_3=25v_0/8\mu g$.

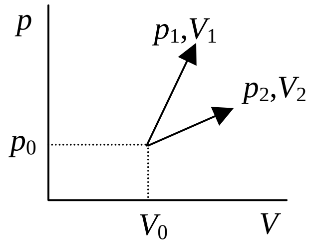
4. Masės M=1200 kg automobilis turi diskinius stabdžius. Metaliniai stabdžių diskai atrodo kaip plokšti žiedai, kurių vidinis spindulys r=5 cm, o išorinis R=15 cm, storis h=16 mm. Kiek vidutiniškai padidės diskų temperatūra staigiai sustabdžius automobilį, važiavusį greičiu v=72 km/h, jeigu tam sunaudota 60 % pradinės automobilio kinetinės energijos? Diskų metalo tankis $\rho=8\cdot 10^3$ kg/m^3, savitoji šiluma c=0,5 kJ/kg· K.

$$Q = cm\Delta t,\ \ m = \rho\pi\cdot h\cdot\left(R^2 - r^2\right),\ Q = \frac{1}{4}\cdot 0{,}6\cdot\frac{M\cdot v^2}{2},\ \ \Delta t = \frac{0{,}15\cdot M\cdot v^2}{2\cdot\pi\cdot h\cdot\left(R^2 - r^2\right)\cdot\rho\cdot q},\ \ \Delta t \approx 9^{\circ}C .$$

5. Kalorimetre prie dugno prišalęs m masės ir t_0=0 °C temperatūros ledo gabalas. Į kalorimetrą įpilta tokia pat masė m vandens, kuris visai apsemia ledą, o vandens paviršius yra h=20 cm aukštyje virš kalorimetro dugno. Nusistovėjus temperatūrai vandens lygis kalorimetre sumažėjo dydžiu Δh=0,4 cm. Kokia galėjo būti įpilto vandens pradinė temperatūra? Vandens tankis ρ_0=1000 kg/m^3, jo savitoji šiluma c=4200 J/kg· K, ledo tankis ρ=900 kg/m^3, jo savitoji lydymosi šiluma λ=330 kJ/kg. Kalorimetro šiluminės talpos nepaisykite.

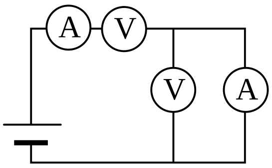
Pradinis vandens paviršiaus aukštis $h=(m/\rho_0+m/\rho)/S$, čia S – kalorimetro pagrindo plotas. Jei nusistovėjus temperatūrai ištirpo m' ledo, vandens lygis taps $h'=((m+m')/\rho_0+(m-m')/\rho)/S$, iš čia išreiškiame $\Delta h=h-h'$ per m'. Kadangi vandens ir ledo mišinio nusistovėjusi temperatūra yra 0 °C, gauname šilumos balanso lygtį $mct=m'\lambda$, $t=m'\lambda/mc$. m' ir m santykį išreiškę per Δh ir h

santykį gauname ieškomąją temperatūrą $t=\Delta h\lambda(\rho_0+\rho)/hc(\rho_0-\rho)$, t=30 °C. Čia neatsižvelgta, kad vandens tankis esant 30 °C temperatūrai kiek mažesnis, negu esant 0 °C temperatūrai, nes vandens šiluminio plėtimosi koeficientas mažas.



6. Dujos iš pradinės būsenos, aprašomos slėgiu p_0 ir tūriu V_0, pakaitinamos iki temperatūros *T*, keičiant jų būseną dviem skirtingais būdais 0→1 ir 0→2, (žr. pav.). Kurio proceso metu dujoms suteikiamas didesnis šilumos kiekis? Kiek skiriasi dujų vidinė energija galinėse būsenose? Kaip skiriasi vykstant procesams dujų atliktas darbas?

Kadangi procesų metu slėgis kinta tiesiškai, dujų atliktą darbą galime išreikšti vidutinio slėgio ir tūrio pokyčio sandauga, t.y. $A_{01}=(p_0+p_1)(V_1-V_0)/2$, $A_{02}=(p_0+p_2)(V_2-V_0)/2$. Kadangi abiem atvejais temperatūra vienoda, $p_1V_1=p_2V_2$. Panaudodami pateiktą sąlygą apskaičiuojame $A_{02}-A_{01}=(p_0+p_2)(V_2-V_0)/2-(p_0+p_1)(V_1-V_0)/2=(V_2-V_1)(p_0+p_1V_0/V_2)/2$. Pateiktu atveju $V_2>V_1$, todėl $A_{02}>A_{01}$. Dujų vidinė energija *U* priklauso tik nuo temperatūros, todėl $U_1=U_2$. Kadangi dujoms suteiktas šilumos kiekis *Q* išreiškiama dujų vidinės energijos ir jų atlikto darbo suma, $Q_2>Q_1$.

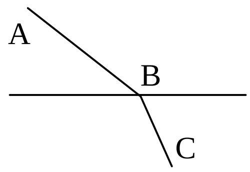


7. Paveiksle pateiktoje elektrinėje schemoje yra du vienodi miliampermetrai ir du vienodi voltmetrai. Lygiagrečiai sujungti prietaisai rodo atitinkamai U_1=0,25 V ir I_1=0,75 mA, o antrasis miliampermetras rodo I_2=1 mA. Nustatykite šaltinio įtampą ir prietaisų varžas.

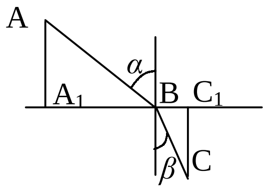
Miliampermetro varža $R_A=U_1/I_1$, R_A=333 Ω. Voltmetro varža $R_V=U_1/(I_2-I_1)$, R_V=1000 Ω. Šaltinio įtampa $U = I_2(R_A+R_V)+U_1 = U_1[I_2^2/I_1(I_2-I_1)+1]$, U=1,6 V.

8. Prie šaltinio gnybtų prijungtas voltmetras rodė *U*=4 V. Prie gnybtų prijungus elektros lemputę voltmetro rodoma įtampa sumažėjo. Prie gnybtų prijungiamas dar vienas toks pat voltmetras. Kaip dabar pakis voltmetrų rodmenys? Voltmetro varža *m* kartų, o lemputės varža *n* kartų didesnės už šaltinio vidaus varžą. Gaukite rodomos įtampos pokyčio bendrą išraišką ir apskaičiuokite pokytį, kai *m*=100, *n*=10.

Pažymime šaltinio elektrovarą *E*, jo vidaus varžą *r*. Tada voltmetro varža $R_V=mr$, lemputės varža $R_L=nr$. Pagal Omo dėsnį gauname $U=ER_V/(R_V+r)$, $U_1=ER_V/[R_VR_L/(R_V+R_L)+r]$, $U_2=ER_V/[R_VR_L/2(R_V/2+R_L)+r]$. Įrašę varžų išraiškas, gauname $\Delta U=U_1-U_2=U(m+1)n^2/(m+n+mn)(\mathrm{m}+2\mathrm{n}+\mathrm{mn})$, ΔU=0,03 V.

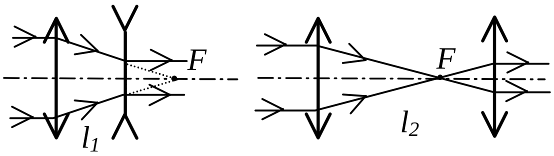


9. Šviesos spindulys, krentantis iš oro į stiklą, kaip parodyta paveiksle, atkarpą AB nueina per tokį pat laiką, kaip ir atkarpą BC. Apskaičiuokite stiklo lūžio rodiklį, jei atkarpų AB ir BC projekcijų į aplinkų ribą santykis k=2,25.



Šviesos greitį ore pažymime *c*, stikle *v*. Kadangi lūžio rodiklis $n=c/v=\sin\alpha/\sin\beta$, o AB=$ct$, BC=$vt=ct/n$, gauname: $k=A_1B/BC_1=AB\sin\alpha/BC\sin\beta=n^2$, $n=\sqrt{k}$, n=1,5.

10. Optinę sistemą sudaro du lęšiai, kurių pagrindinės optinės ašys sutampa. Lygiagrečių spindulių pluoštas, plintantis lygiagrečiai lęšių pagrindinei optinei ašiai, praėjęs pro lęšius išlieka lygiagretus, bet jo skerspjūvio plotas sumažėja 2 kartus. Koks yra atstumas tarp lęšių ir kam lygi pirmojo lęšio laužiamoji geba, jei antrojo lęšio laužiamoji geba lygi D?



Aprašyta optinė sistema naudojama žiūronuose. Yra dviejų rūšių žiūronai. Galilėjaus žiūrone pirmasis lęšis (objektyvas) yra glaudžiamasis, antras (okuliaras) sklaidomasis. Keplerio žiūrone abu lęšiai yra glaudžiamieji. Lęšiai išdėstomi taip, kad jų židiniai sutaptų, taip, kaip pateikta paveiksle. Iš paveikslo matyti, kad abiem atvejais pirmojo lęšio židinio nuotolis didesnis už antrojo lęšio židinio nuotolio modulį $\sqrt{2}$ karto, nes plotas proporcingas linijinių matmenų kvadratui. Taigi, pirmojo lęšio laužiamoji geba tiek pat kartų mažesnė: $D_1=|D|/\sqrt{2}$. Atstumas tarp lęšių yra lygus tų lęšių židinių nuotolių sumai. Pirmuoju atveju, kai turime sklaidomąjį lęšį, jo židinio nuotolis laikomas neigiamu. Pirmuoju atveju $l_1=1/D_1+1/D=1/D_1-1/|D|=(\sqrt{2}-1)/|D|$, antruoju atveju $l_2=1/D_1+1/D=1/D_1+1/D=(\sqrt{2}+1)/D$.

Ši informacija interneto svetainėje www.olimpas.lt skelbiama nuo 2004 12 14.