

XLIII LIETUVOS JAUNŪJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA

XI klasė

II turas

1. Rutuliukas, judėdamas $v = 10 \text{ m/s}$ greičiu, stangriai atsimuša į tokį patį nejudantį rutuliuką. Dėl to pirmojo rutuliuko judėjimo kryptis pakinta $\alpha = 40^\circ$ kampu. Kokį greitį įgyja antrasis rutuliukas?

Sprendimas

Iš energijos ir impulso tvermės dėsnių

$$v^2 = v_1^2 + v_2^2,$$

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2.$$

Matome, kad v_1 ir v_2 yra stačiojo trikampio kraštinės, v – jo įžambinė. Todėl

$$v_2 = v \sin \alpha = 6,4 \text{ m/s}.$$

2. Oro baliono su įranga ir oreiviu masė $m=300\text{kg}$, tūris $V=3000\text{m}^3$. Iki kokios temperatūros reikia pašildyti orą balione, kad balionas pradėtų kilti? Atmosferos slėgis $p = 10^5 \text{ Pa}$, oro temperatūra $t_0=15^\circ\text{C}$, oro molio masė $\mu=0,029\text{kg/mol}$.

Sprendimas

Balionas pradeda kilti, kai jį veikianti Archimedo jėga

$$F_A = \rho_0 g V$$

tampa lygi jo sunkio jėgai

$$P = mg + \rho_1 g V.$$

Čia g – laisvojo kritimo pagreitis, V – baliono tūris, ρ_0 – oro tankis atmosferoje, ρ_1 – šilto oro tankis balione, m – baliono masė. Iš dujų būsenos lygties

$$\rho = \frac{\mu p}{RT},$$

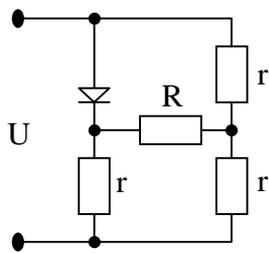
kur μ – oro molio masė, p – atmosferos slėgis, T – absoliučioji temperatūra, R – universalioji dujų konstanta, $T_0 = 288 \text{ K}$, ieškomąją temperatūrą T randame iš lygties

$$\frac{\mu g p V}{RT_0} = mg + \frac{\mu g p V}{RT}.$$

Jos sprendinys

$$T = T_0 \frac{1}{1 - \frac{mRT_0}{\mu p V}},$$

$$T = 314 \text{ K}, t = 41^\circ\text{C}.$$



1 pav.

3. Kiek kartų pasikeis galia, išsiskirianti grandinėje (1 pav.), pakeitus įtampos poliškumą? $R=10\Omega$, $r=5\Omega$, diodas idealus.

Sprendimas

Kai diodu teka srovė, grandinės varža

$$R_1 = \frac{r(r + \frac{rR}{r+R})}{r+r + \frac{rR}{r+R}} = \frac{r(r+2R)}{2r+3R}$$

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}.$$

ir joje išsiskiria galia

$$\text{Kai diodu srovė neteka, grandinės varža } R_2 = r + \frac{r(r+R)}{r+r+R} = \frac{r(3r+2R)}{2r+R}$$

Ir joje išsiskiria galia

$$P_2 = \frac{U^2}{R_2}.$$

Taigi

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{(3r + 2R)(2r + 3R)}{(2r + R)(r + 2R)} = 2,8.$$

- 4. Du kondensatoriai, kurių talpos $C_1=2\mu\text{F}$, sujungti nuosekliai ir prijungti prie šaltinio, kurio elektros jėga $\varepsilon = 3 \text{ V}$. Po to kondensatoriai atjungti nuo šaltinio ir sujungti tarpusavyje vienaženkliais poliiais. Koks šilumos kiekis išsiskyrė jungiančiuose laiduose?**

Sprendimas

Sujungus nuosekliai, kondensatoriuose susidarę potencialų skirtumai U_1 ir U_2 atvirkščiai proporcingi jų talpoms C_1 ir C_2 , ir

$$U_1 + U_2 = \varepsilon.$$

Visa kondensatoriuose sukaupta energija

$$E = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2},$$

o kiekviename kondensatoriuje sukauptas vienodas krūvis

$$q = \frac{\varepsilon C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Kondensatorius sujungus vienvardžiais poliiais, krūviai persiskirsto taip, kad abiejų kondensatorių potencialų skirtumai taptų vienodi. Tada gauname

$$q_1' = \frac{2\varepsilon C_1^2 C_2}{(C_1 + C_2)^2},$$

$$E_1' = \frac{2\varepsilon^2 C_1^3 C_2^2}{(C_1 + C_2)^4},$$

$$q_2' = \frac{2\varepsilon C_1 C_2^2}{(C_1 + C_2)^2},$$

$$E_2' = \frac{2\varepsilon^2 C_1^2 C_2^3}{(C_1 + C_2)^4},$$

$$E' = E_1' + E_2' = \frac{2\varepsilon^2 C_1^2 C_2^2}{(C_1 + C_2)^3}.$$

Laiduose išsiskyrusios šilumos kiekis

$$Q = E - E' = \frac{\varepsilon^2 C_1 C_2 (C_1 - C_2)^2}{2(C_1 + C_2)^3} = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

- 5. Erdvės dalyje, ribojamoje plokštuma, yra indukcijos B magnetinis laukas. Statmenai tai plokštumai į magnetinį lauką įleikia elektronas, turintis impulsą p . Kokia trajektorija judės elektronas magnetiniame lauke? Kiek laiko laukas veiks elektroną?**

Sprendimas

Elektronas judės lanku apskritimo, kurio spindulys

$$r = \frac{p}{eB},$$

Kur e – elektrono krūvis. Nulėkęs pusę apskritimo elektronas išlėks iš magnetinio lauko. Taigi, elektroną magnetinis laukas veiks laiką

$$t = \frac{\pi r}{v} = \frac{\pi m}{eB},$$

kur m – elektrono masė.

III turas

6. Mergaitė, kurios masė $m = 30$ kg, per laiką $t = 20$ s peršoko per šokyklę $n = 50$ kartų. Jos kojos penktadalį laiko nesiekė žemės, o atsispirdama ji slėgė žemę pastovia jėga. Kokį darbą atliko mergaitė? Kaip šokinėjant kito jos svoris?

Sprendimas

Kai mergaitės kojos nelietė žemės, jos masės centras judėjo kaip greičiu v vertikaliai aukštyn išmestas kūnas. Todėl

$$v = gt_1, t_1 = \frac{kt}{2n},$$

kur $k = 1/5$. Praėjus laikui $2t_1$, mergaitė palietė kojomis žemę ir ėmė ją slėgti jėga F . Jos masės centras laiką

$$t_2 = t \frac{1-k}{n}$$

judėjo pagreičiu

$$a = \frac{2v}{t_2},$$

nes atsispiriant vertikaliai žemyn nukreiptas pagreitis turi pakisti į tokio pat dydžio vertikaliai aukštyn nukreiptą pagreitį. Atsispirdama n kartų į žemę mergaitė atliko darbą

$$A = nFS,$$

kur

$$F = m(a + g),$$

$$S = a \left(\frac{t_2}{2} \right)^2.$$

Įrašę a ir t_2 išraiškas, gauname

$$A = \frac{mkg^2t^2}{4n}.$$

Imdami $g = 10$ m/s², gauname $A = 1200$ J. Neliesdama žemės mergaitė buvo nesvari, o atsispiriant jos svoris buvo

$$F = \frac{mg}{1-k}.$$

Taigi jos svoris kito nuo 0 iki $1,25mg = 375$ N, t.y., atsispirdama ji jautė 1,25 karto perkrovą.

7. Pakeltą virš skysčio mažą kūną panardinus tuo pačiu atstumu nuo skysčio paviršiaus kūno potencinė energija nepasikeitė. Raskite skysčio ir kūno medžiagų tankių santykį.

Sprendimas

Panardinant kūną jo potencinė energija Žemės traukos lauke sumažėja dydžiu $2mgh$, o nugalint Archimedo jėgą atliekamas darbas

$$A = \rho_{sk} Vgh.$$

Čia m – kūno masė, g – laisvojo kritimo pagreitis, h – kūno aukštis virš skysčio paviršiaus, V – kūno tūris, ρ_{sk} – skysčio tankis. Kadangi

$$2mgh = \rho_{sk} Vgh,$$

$$m = \rho V,$$

kur ρ – kūno tankis, tai gauname

$$\frac{\rho_{sk}}{\rho} = 2.$$

8. Akumulatoriaus elektrovaros jėga $\varepsilon = 12$ V, vidinė varža $r = 0,02$ Ω . Kokia gali būti įtampa akumulatoriaus gnybtuose, kai grandine teka $I = 5$ A stiprio srovė?

Sprendimas

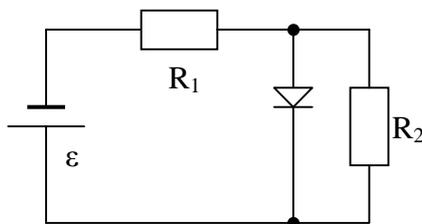
Kai akumulatorius išsikrauna, jo gnybtuose yra įtampa

$$U_1 = \varepsilon - Ir = 11,9V.$$

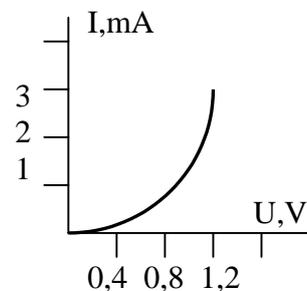
Kai akumulatorius įkraunamas,

$$U_2 = \varepsilon + Ir = 12,1V.$$

9. Kokia srovė teka per diodą pateiktoje schemoje (2 pav.), kai $\varepsilon = 3 \text{ V}$, $r = 100 \Omega$, $R_1 = 900 \Omega$, $R_2 = 667 \Omega$, ir pateikta voltamperinė diodo charakteristika (3 pav.)?



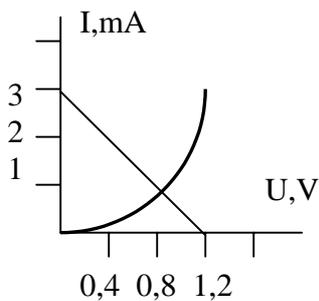
2 pav.



3 pav.

Sprendimas

Kai per diodą teka stiprio I srovė, o jo gnybtuose yra įtampa U , iš Omo dėsnio gauname



4 pav.

$$\varepsilon = (I + I_2)(r + R_1),$$

$$U = I_2 R_2,$$

kur I_2 – srovės stipris varžoje R_2 . Pašalinę I_2 , gauname

$$I(r + R_1) + U(r + R_1 + R_2)/R_2 = \varepsilon.$$

Įrašę vertes, gauname

$$1000 I + 2,5 U = 3.$$

Šią tiesės lygtį sprendžiame grafiškai su voltamperinės priklausomybės lygtimi (4 pav.). Gauname $I = 1 \text{ mA}$.

10. Kvadratinis rėmelis, kurio masė m , varža R ir kraštinė a , krenta pastoviu greičiu magnetiniame lauke. Lauko indukcijos vektorius horizontalus ir tiesiškai priklauso nuo aukščio, t.y., $B(h) = B_0 + kh$, kur B_0 ir k – teigiamos konstantos. Dvi rėmelio kraštinės visą laiką išlieka horizontalios, o jo plokštuma statmena lauko krypčiai. Raskite rėmelio kritimo greitį.

Sprendimas

Rėmeliui krentant jame indukuojama ε , jos vertė

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Rėmeliui nusileidus mažu atstumu $\Delta h = v\Delta t$, turime

$$\Delta\Phi = a\Delta h[B_0 + k(h + a) - B_0 - kh],$$

$$\varepsilon = a^2 kv.$$

Rėmeliu teka srovė, kurios stipris

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{a^2 kv}{R}.$$

Srovės kryptį nustatome pagal Lenco taisyklę ir sraigto taisyklę. Vertikaliąsias rėmelio kraštines veikiančios Ampero jėgos lygios nuliui, o viršutinę kraštinę vertikaliai aukštyn veikianti jėga didesnė negu apatinę kraštinę veikianti žemyn jėga. Jų atstojamoji

$$F = [B_0 + k(h + a)]Ia - (B_0 + kh)Ia = \frac{k^2 a^4 v}{R}.$$

Kadangi rėmelis juda pastoviu greičiu, tai

$$F = mg,$$

iš kur

$$v = \frac{mgR}{k^2 a^4}.$$

Eksperimentas

11. Išmatuokite šilumos kiekį, išsiskiriantį ištirpinant vandenyje 1 g druskos. Priemonės: termiškai izoliuotas indelis, stiklinis žinomo tūrio burbuliuokas su pripildytu kapiliaru, turinčiu milimetrinę skalę, tūrio matavimo cilindras, stiklinė su aplinkos temperatūros vandeniu, svarstyklės su svareliais, tiriamoji druska. Burbuliuko tūris $V = (3,0 \pm 0,1)$ ml, kapiliaro skersmuo $d = (1,10 \pm 0,05)$ mm, aplinkos temperatūra $t = (20 \pm 1) ^\circ\text{C}$, savitoji vandens šiluma $C = 4,19 \text{ J/g} \cdot \text{K}$.

Į termiškai izoliuotą indelį įpilame vandens, įstatome burbuliuoką su kapiliaru ir pasižymime kapiliare nusistovėjusio stulpelio padėtį h_1 . Pasveriamo nedidelį kiekį m druskos, įberiamo į indelį ir druskai ištirpus pasižymime kapiliare nusistovėjusio stulpelio padėtį h_2 . Į matavimo cilindrą įpilame m_v aplinkos temperatūros vandens, įpilame jį į indelį ir pasižymime kapiliare stulpelio padėtį h_3 . Panaudojame šilumos balanso lygtis:

$$mq = K(T_2 - T_1),$$

$$K(T_2 - T_3) = m_v c_v (T_3 - T_1).$$

Čia q – ieškomas šilumos kiekis, K – šiluminė indelio su vandeniu talpa, T_1 – aplinkos absoliučioji temperatūra, T_2 – aplinkos absoliučioji temperatūra, T_2 – temperatūra indelyje druskai ištirpus, T_3 – temperatūra indelyje įpylus m_v vandens. Temperatūrų skirtumams rasti panaudojame dujų būsenos lygtį burbuliuke esančiam orui:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}.$$

Kadangi

$$V_2 = V_1 + \frac{\pi d^2 (h_2 - h_1)}{4},$$

$$V_3 = V_1 + \frac{\pi d^2 (h_3 - h_1)}{4},$$

tai gauname

$$q = \frac{\pi d^2 m_v c_v T_1 (h_3 - h_1)(h_2 - h_1)}{m V_1 (h_2 - h_3)}.$$

Čia V_1 imamas burbuliuko tūris.

Pastaba: ši informacija interneto svetainėje www.olimpas.lt skelbiama nuo 2005 04 05.