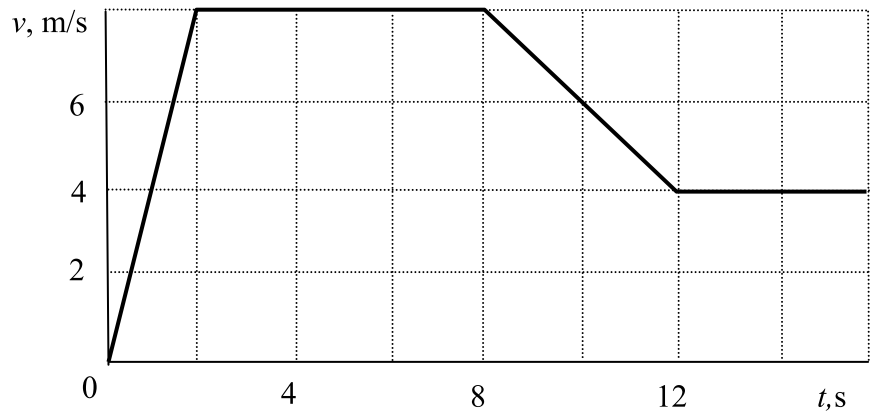
65-iosios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados rajono–miesto turas (2017 m.)

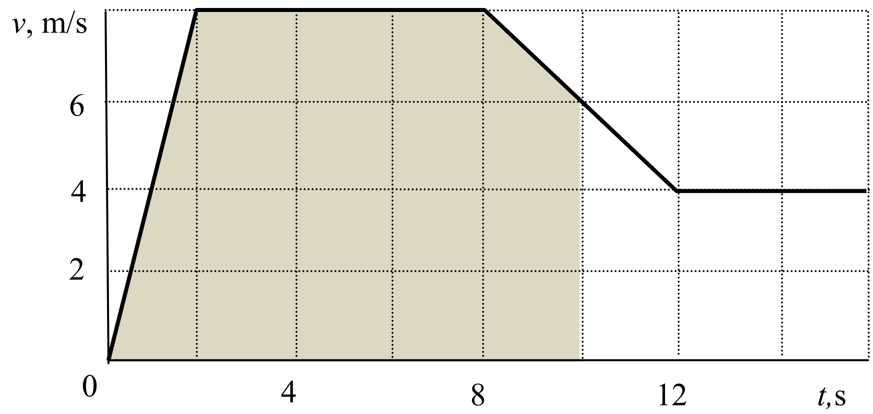
10 klasė

1. Tiesia kryptimi bėgančio bėgiko greičio grafikas $v(t)$ parodytas pav. (a) Kiek bėgikas nubėga per $t = 10$ s? (b) Koks vidutinis bėgiko greitis tarp $t = 1$ s ir $t = 13$ s? (c) Koks bėgiko pagreitis laiko momentu $t = 11$ s? (d) Kokį atstumą įveikė bėgikas per 16 s?



Sprendimas

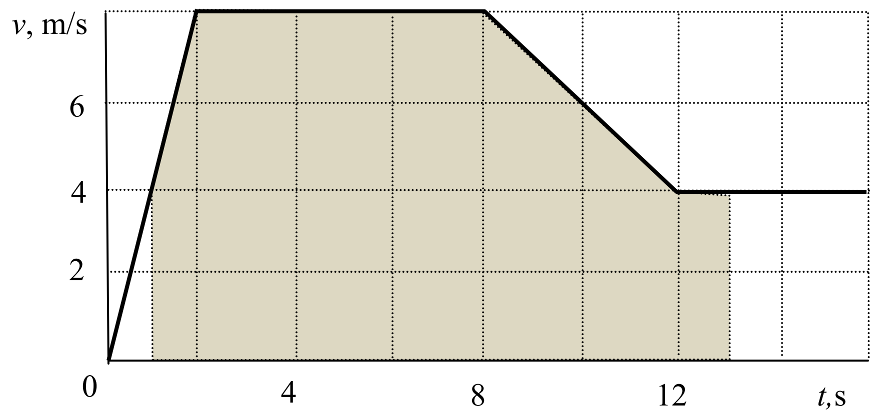
(a) Įveiktas kelias – tai plotas po greičio grafiko kreive (žr. pav., patamsintas plotas).



Geometriškai apskaičiavę plotą randame $L = 70$ m. (3 taškai)

(b) Vidutinis greitis per tam tikrą laiko tarpą apskaičiuojamas kaip per tą laiką įveikto kelio ir paties laiko tarpo santykis. Kelią, įveiktą tarp $t = 1$ s ir $t = 13$ s, randame apskaičiavę patamsintos figūros plotą (žr. pav.): jis lygus 82 m. Kadangi sugaištas laikas yra 12 s, vidutinis greitis

$v_{\text{vid}} = \frac{82}{12} \approx 6{,}8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right).$ (3 taškai)



(c) Pagreitis laiko intervale nuo 8 iki 12 s pastovus ir neigiamas. Iš sąlygos grafiko matyti, kad per 4 s bėgiko greitis sumažėja nuo 8 m/s iki 4 m/s. Taigi tas pats pagreitis bus ir 11-ąją sekundę:

$a = -\frac{4}{4} = -1{,}0\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right).$ (2 taškai)

(d) Bėgiko įveiktas kelias per 16 s – tai visas plotas po sąlygoje pateiktu greičio grafiku, t.y. $L = 96\ \mathrm{m}$. (2 taškai)

2. Vanduo inde kaitinamas pastovios $P = 750$ W galios elektrine spirale. Vandeniui dar neužvirus į jį ima lašėti šaltas $t_0 = 0°\mathrm{C}$ temperatūros vanduo, o inde po tam tikro laiko nusistovi $t_1 = 59{,}5°\mathrm{C}$ temperatūra. Kokia vandens lašėjimo sparta (gramais per sekundę)? Iki kokios minimalios galios P' reikia padidinti šildytuvo galią, kad vanduo inde užvirtų? Vandens savitoji šiluma $c = 4200\ \mathrm{J/(kg\cdot°C)}$. Šilumos nuostolių nepaisykite.

Sprendimas

Temperatūra inde yra nusistovėjusi, todėl vandens, esančio inde, vidinė energija nekinta. Taigi, visa iš šildytuvo per laiką $\Delta\tau$ gaunama energija yra sunaudojama per tą laiką į indą sulašėjusiam vandeniui sušildyti nuo temperatūros t_0 iki t_1:

$Q_{\text{šildytuvo}} = Q_{\text{laš. vandens}}$. (1) (3 taškai)

Pagal galios apibrėžimą

$Q_{\text{šildytuvo}} = P\Delta\tau$. (2)

Šilumos kiekis, kurį gavo į indą sulašėjusi vandens masė Δm, lygus

$Q_{\text{laš. vandens}} = c\Delta m(t_1 - t_0)$. (3) (1 taškas)

Iš sąlygoje nurodytų matavimo vienetų (g/s) aišku, kad vandens lašėjimo sparta k yra per laiko vienetą sulašėjusio vandens masė, todėl

$\Delta m = k\Delta\tau$ (4). (1 taškas)

Iš (1)–(4) lygčių gauname:

$P = ck(t_1 - t_0)$ $P = ck(t_1 - t_0)$. (5) (1 taškas)

Iš čia randame

$k = \frac{P}{c(t_1 - t_0)}$. (6)

Įrašę skaitines vertes, apskaičiuojame $k \approx 3{,}0\cdot10^{-3}$ kg/s, t. y. $k = 3{,}0$ g/s. (1 taškas)

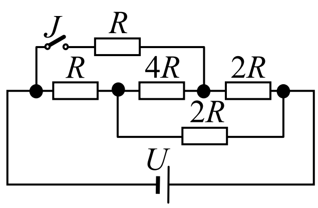
Norėdami surasti minimalią galią, kad vanduo užvirtų, galime pasinaudoti ankstesne galios išraiška (5), tik vietoje P įrašome ieškomą P', o vietoje t_1 įrašome vandens virimo temperatūrą $t_2 = 100°\mathrm{C}$:

$P' = ck(t_2 - t_0)$. (7) (1 taškas)

Iš (6) ir (7) randame $P' = P\frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0}$. (1 taškas)

Įrašę skaitines vertes, surandame $P' = 1260{,}5$ W. (1 taškas)

3. Penki rezistoriai sujungti į pav. parodytą grandinę, kuri prijungta prie idealaus įtampos U šaltinio. Raskite, kaip ir kiek kartų pakis šioje grandinėje išsiskirianti elektros galia įjungus jungiklį J.

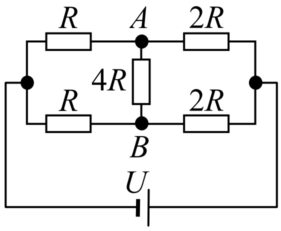


Sprendimas

Randame pilnutinę grandinės varžą, kai jungiklis yra išjungtas:

$$R_1 = R + \frac{2R(2R+4R)}{2R+2R+4R} = \frac{5}{2}R\,, \qquad \text{(2 taškai)}$$

todėl grandinėje išsiskirianti galia $P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{2}{5}\frac{U^2}{R}$. (1 taškas)



Įjungus jungiklį grandinės schemą galima perbraižyti, kaip parodyta paveiksle. (1 taškai)

Dėl grandinės simetrijos abiem varžos R rezistoriais teka vienodo stiprio srovės, todėl jiems tenka vienoda įtampa, taigi tarp mazgų A ir B įtampa (potencialų skirtumas) lygi 0. Tai reiškia, kad $4R$ rezistoriumi srovė neteka, taigi jo buvimas neturi jokios įtakos pilnutinei grandinės varžai, todėl jį galima tiesiog pašalinti. (2 taškai)

Dabar galime lengvai apskaičiuoti pilnutinę grandinės varžą:

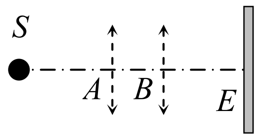
$$R_2 = \frac{1}{2}(R+2R) = \frac{3}{2}R\,. \qquad \text{(2 taškai)}$$

(Pastaba: varžą R_2 galima apskaičiuoti ir kitais būdais, pvz., taikant Kirchhofo taisykles. Tokiu atveju už teisingą R_2 radimą skiriami visi 6 taškai).

Taigi dabar grandinėje išsiskiria galia $P_1 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{2}{3}\frac{U^2}{R}$. (1 taškas)

Iš čia matome, kad įjungus jungiklį grandinėje išsiskirianti galia padidėja $\frac{P_2}{P_1} = \frac{5}{3}$ karto. (1 taškas)

4. Glaudžiamąjį lęšį padėjus taškuose A arba B, ekrane E gaunamas ryškus taškinio spinduolio S atvaizdas. Raskite lęšio židinio nuotolį, jeigu atstumas AB = 30 cm, o atstumas tarp spinduolio ir ekrano yra 90 cm. Abiem atvejais statmuo, išvestas iš spinduolio į ekraną, sutampa su lęšio optine ašimi.



Sprendimas:

Tegul F – lęšio židinio nuotolis, L – atstumas tarp taškinio spinduolio ir ekrano, x – atstumas nuo spinduolio iki lęšio. Ekrane stebimas ryškus spinduolio atvaizdas, jeigu šie atstumai tenkina lęšio formulę

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{L-x} = \frac{1}{F}\,, \qquad \text{(3 taškai)}$$

iš čia gauname kvadratinę lygtį atstumui x: $x^2 - xL + FL = 0$, (3 taškai)

kurios du sprendiniai yra $x_{1,2} = \frac{1}{2}\left(L \pm \sqrt{L^2 - 4FL}\right)$. (1 taškas)

Atstumas AB – tai atstumas tarp šių dviejų sprendinių nusakomų atstumų skirtumo, t.y.

$$l = x_1 - x_2 = \sqrt{L^2 - 4FL}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Iš čia apskaičiuojame ieškomą židinio nuotolį: $F = \frac{L^2 - l^2}{4L}$. (1 taškas)

Įrašę skaitines reikšmes, gauname F = 20 cm. (1 taškas)