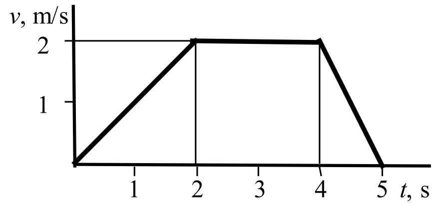
Mokykla „Fizikos olimpas”
2009/2010 m.m. rudens sesijos mokomosios fizikos olimpiados (2009 10 18)
užduočių sąlygos ir sprendimai III kursui

1. Grafike pateikta kūno judėjimo greičio priklausomybė nuo laiko. Kokį atstumą nuėjo kūnas? Nubraižykite kūno pagreičio priklausomybės nuo laiko ir kūno greičio priklausomybės nuo jo nueito kelio grafikus.



Sprendimas

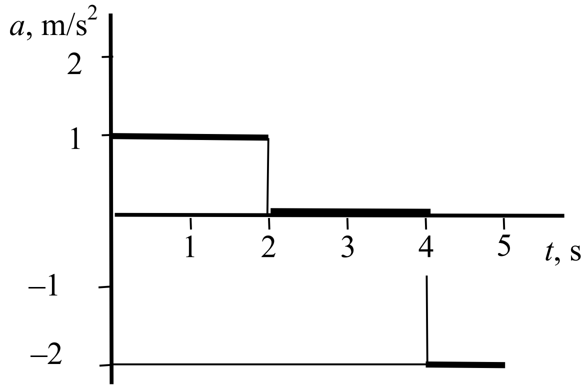
1) Ieškomąjį atstumą išreiškia grafike pateiktos trapecijos plotas:

$$S = \frac{2+5}{2}\cdot 2 = 7 \text{ (m)}.$$

2) Pagreitį išreiškia grafike pateiktų tiesių atkarpų krypties koeficientai:

$$a = \begin{cases} 1 \text{ m/s}^2, & 0 \le t \le 2, \\ 0, & 2 < t \le 4, \\ -2 \text{ m/s}^2, & 4 < t \le 5. \end{cases}$$

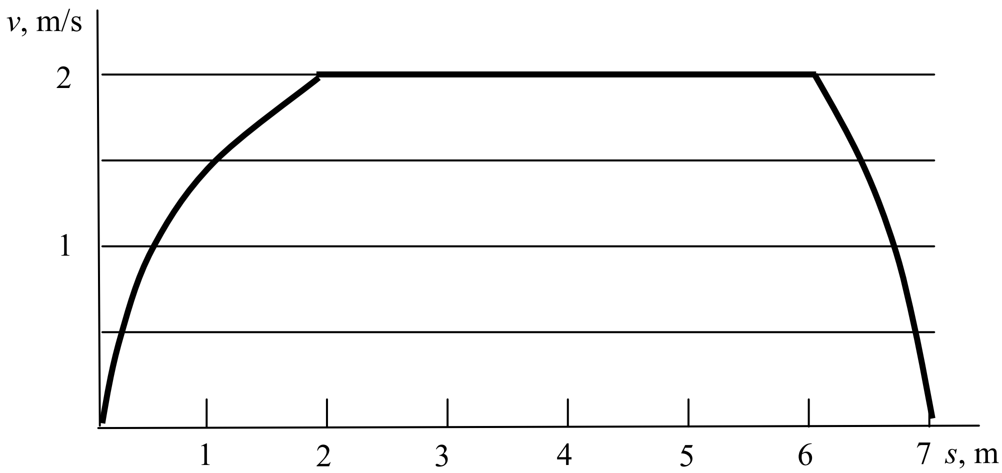
Pagal pateiktus duomenis brėžiame grafiką.



3) Pagal greičio grafiką sudarome lentelę:

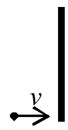
t, s	0	0,5	1	1,5	2	4	4,25	4,5	4,75	5
v, m/s	0	0,5	1	1,5	2	2	1,5	1	0,5	0
s, m	0	0,126	0,5	1,125	2	6	6,4375	6,75	6,9375	7

Pažymime taškus pagal *s* ir *v* vertes ir braižome grafiką:



Užduoties ir jos sprendimo autorius prof. A. R. Bandzaitis.

2. Ant slidaus horizontalaus paviršiaus nejudėdamas guli plonas strypas, kurio ilgis $l = 20$ cm, o masė $M = 10$ g. Mažas tašelis (materialusis taškas), kurio masė $m = 5$ g, judėdamas statmenai strypui greičiu $v = 4$ m/s, tampriai atsimuša į strypo galą. Koks bus tašelio greitis po smūgio?



Sprendimas

Po smūgio strypas slinks ir suksis. Naudojame energijos (kinetinės), judesio kiekio ir judesio kiekio momento tvermės dėsnius:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2},$$

$$mv = mv_1 + Mv_2,$$

$$mvl/2 = mv_1 l/2 + I\omega,$$

čia v_1 – ieškomasis tašelio greitis po smūgio, v_2 – strypo slenkamojo judėjimo greitis po smūgio, ω – strypo kampinis greitis, I – strypo inercijos momentas jo masės centro atžvilgiu, $I = Ml^2/12$. Judesio kiekio momentai pateikti strypo masės centro atžvilgiu.

Iš antrosios ir trečiosios lygčių išreiškę

$$v_2 = m(v - v_1)/M,\ \omega = 6m(v - v_1)/Ml$$

ir įrašę į pirmąją, išsprendžiame ją v_1 atžvilgiu, gauname $v_1 = v$ arba $v_1 = v/9$. Pirmasis sprendinys netinka. Taigi, $v_1 = v/9$=0,44 m/s.

Užduoties ir jos sprendimo autorius prof. A. R. Bandzaitis.

3. 0,1 g masės lašas krinta laisvai ir tolygiai garuoja. Nuo kritimo pradžios iki visiško išgaravimo jį veikianti sunkio jėga atlieka 167 mJ darbą. Raskite garavimo greitį (mg/s).

Sprendimas

Duota: $m = 0{,}1\,\text{g} = 1\cdot10^{-4}\,\text{kg},\ A = 167\,\text{mJ} = 0{,}167\,\text{J}.$
Rasti: u.

Sunkio jėga $F_s = (m - ut)g$.

Laisvai krintant $h = \dfrac{gt^2}{2}$, $\mathrm{d}h = gt\mathrm{d}t$.

Lašas išgaruoja per laiko tarpą $\tau = \dfrac{m}{u}$, todėl sunkio jėgos darbas

$$A = g^2\int_0^\tau (m - ut)t\mathrm{d}t = g^2\left(\frac{m\tau^2}{2} - \frac{u\tau^3}{3}\right) = \frac{m^3g^2}{6u^2}.$$

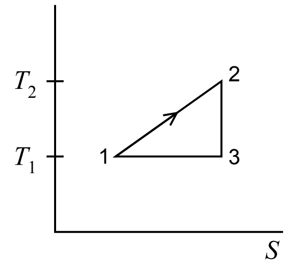
Iš čia

$$u = mh\sqrt{\frac{m}{6A}},$$

$$u = 1\cdot10^{-4}\cdot 9{,}8\sqrt{\frac{1\cdot10^{-4}}{6\cdot 0{,}167}} \approx 9{,}8\cdot10^{-6}\left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) = 9{,}8\left(\frac{\text{mg}}{\text{s}}\right).$$

Užduoties ir jos sprendimo autorius doc. dr. S. Tamošiūnas

4. Kaip priklauso dujų ciklo (S – entropija) naudingumo koeficientas nuo temperatūrų santykio $\frac{T_2}{T_1}$? Nubrėžkite tą priklausomybę, kai temperatūrų santykis yra nuo 2 iki 9.



Sprendimas

Duota: $\frac{T_2}{T_1} = n = 2 \div 9$.

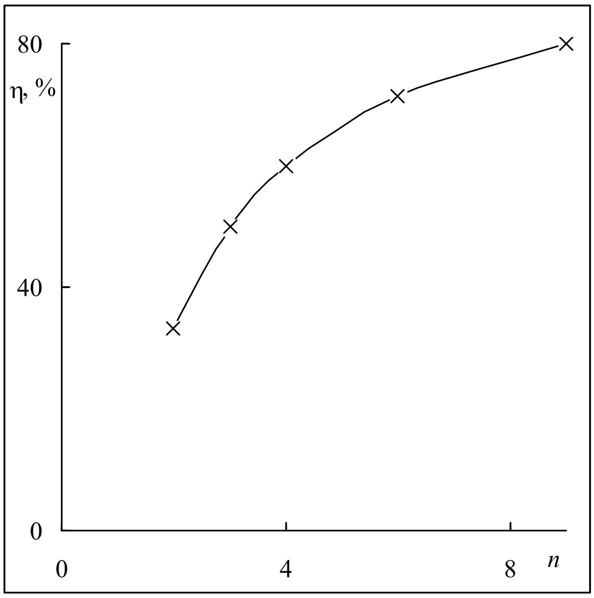
Rasti: $\eta(n)$.

Darbas $A = \frac{T_2 - T_1}{2}\Delta S = \frac{n-1}{2}T_1\Delta S$, čia ΔS - entropijos pokytis.

Šaldytuvui atiduotas šilumos kiekis $Q_2 = T_1\Delta S$, tai iš šildytuvo gautas šilumos kiekis $Q_1 = Q_2 + A = \frac{n+1}{2}T_1\Delta S$.

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{n-1}{n+1}.$$

n	2	3	4	6	9
η, %	33,3	50	60	71,4	80



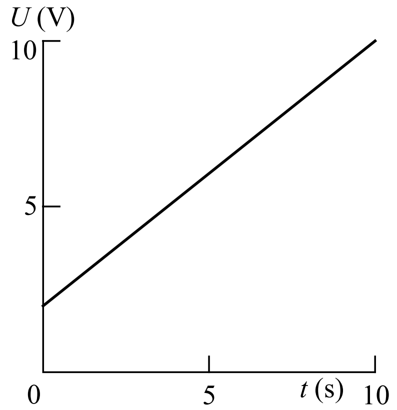
Užduoties ir jos sprendimo autorius doc. dr. S. Tamošiūnas

5. Rasti per 10 s 10 Ω varžos laidininku pratekėjusį elektros krūvį, jeigu laidininko įtampa per tą laikotarpį tolygiai pakinta nuo 2 V iki 10 V. Rasti per tą patį laikotarpį laidininke išsiskyrusį šilumos kiekį bei šilumos kiekius, išsiskiriančius per 2-ąją ir 9-ąją sekundes.

Sprendimas

Duota: $\tau = 10\,\text{s}$, $R = 5\,\Omega$, $U_0 = 2\,\text{V}$, $U = 10\,\text{V}$, $t_{01} = 1\,\text{s}$, $t_1 = 2\,\text{s}$, $t_{02} = 8\,\text{s}$, $t_2 = 9\,\text{s}$.
Rasti: q, Q, Q_1, Q_2.

$$q = \int_0^t I\mathrm{d}t,\quad Q = R\int_0^t I^2\mathrm{d}t.$$



$$q = \int_0^t I\mathrm{d}t = \frac{1}{R}\int_0^t U\mathrm{d}t,\ U = 2 + 0{,}8t,\ \text{tai}\ q = \frac{1}{R}\int_0^\tau (2 + 0{,}8t)\mathrm{d}t = \frac{1}{R}\left(2\tau + 0{,}4\tau\right),$$

$$q = \frac{1}{5}\left(2\cdot 10 + 0{,}4\cdot 10^2\right) = 12\ \text{(C)}.$$

$$Q = \frac{1}{R}\int_0^\tau U^2\mathrm{d}t = \frac{1}{R}\int_0^\tau (2 + 0{,}8t)^2\mathrm{d}t = \frac{1}{R}\int_0^\tau \left(4 + 3{,}2t + 0{,}64t^2\right)\mathrm{d}t = \frac{1}{R}\left(4\tau + 1{,}6\tau^2 + \frac{0{,}64}{3}\tau^3\right),$$

$$Q = \frac{1}{5}\left(4\cdot 10 + 1{,}6\cdot 10^2 + \frac{0{,}64}{3}\cdot 10^3\right) \approx 82{,}7\ \text{(J)}.$$

$$Q_1 = \frac{1}{R}\int_{t_{01}}^{t_1}\left(4 + 3{,}2t + 0{,}64t^2\right)\mathrm{d}t = \frac{1}{R}\left[4\left(t_1 - t_{01}\right) + 1{,}6\left(t_1^2 - t_{01}^2\right) + \frac{0{,}64}{3}\left(t_1^3 - t_{01}^3\right)\right],$$

$$Q_1 = \frac{1}{5}\left[4(2-1) + 1{,}6\left(2^2 - 1\right) + \frac{0{,}64}{3}\left(2^3 - 1\right)\right] \approx 2{,}06\ \text{(J)}.$$

Analogiškai

$$Q_2 = \frac{1}{5}\left[4(9-8) + 1{,}6\left(9^2 - 8^2\right) + \frac{0{,}64}{3}\left(9^3 - 8^3\right)\right] = 0{,}2\left[4 + 27{,}2 + 46{,}29\right] = 15{,}5\ \text{(J)}.$$

Užduoties ir jos sprendimo autorius doc. dr. S. Tamošiūnas