

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
Задаци за републичко такмичење ученика средњих школа 2005
II разред

1. Две једнаке куглице свака наелектрисана наелектрисањем q , спојене су концем дужине l и леже на хоризонталној равни. Конац се прегори шибицом и наелектрисане куглице почну да клизе по равни. Наћи максималну кинетичку енергију куглица и растојање између њихових центара у том тренутку. Сила динамичког трења између куглица и хоризонталне равни је F_{tr} . (15 п)

2. Стаклена чаша, масе $m = 0,2 \text{ kg}$ и запремине $V = 210 \text{ cm}^3$, окренута је отвором на доле и полако потпуно потопљена у једну већу посуду са водом. При томе је разлика нивоа воде у чаши и посуду 50 cm . Да ли је у овом положају чаша у равнотежи? Уколико није, коликим додатним притиском треба деловати на чашу да се чаша не би померила? Узети да је маса ваздуха у чаши занемарљива у односу на масу чаше. Атмосферски притисак је $p_0 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$, а густина воде је $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$. Убрзање Земљине теже је $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Сматрати да температура ваздуха остаје константна при овом експерименту. (18 п)

3. У топлотно изолованом суду налази се N молекула двоатомног гаса при температури T_1 . При тим условима почиње дисоцијација молекула (разлагање молекула на јоне, односно атоме) која се прекида када температура у суду падне на T_2 . При дисоцијацији једног молекула апсорбује се енергија ε . Израчунати колико ће молекула дисосовати (N_1), и колики је однос притисака на почетку (p_1) и крају дисоцијације (p_2). (17 п)

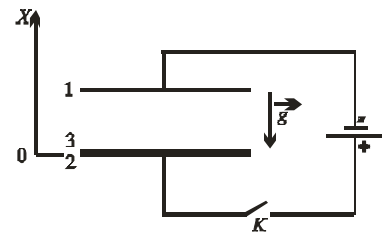
4. Плоче 1 и 2 плочастог кондензатора постављене су хоризонтално на растојању d , и прикључене на извор чији напон може да се мења (сл. 3). На плочи 2 лежи танка проводна ненаелектрисана плоча 3, масе M , која има добар електрични контакт са плочом 2. Све плоче имају исте димензије, површине су им S , при чему је $d \ll \sqrt{S}$. Кондензатор је у вакууму. Прекидач К се затвара.

а) Одредити минималан напон на извору при коме се плоча 3 откида од плоче 2.

Ако напон на извору сво време остаје једнак напону одређеном под а)

б) Одредити зависност резултујуће силе која делује на плочу 3 од растојања од плоче 2.

в) Одредити брзину којом плоча 3 удара у плочу 1. (25п)



5. Снага којом се загрева $V = 1l$ дестиловане воде, почетне температуре 0°C , износи $P = (140 \pm 2) \text{ W}$. У табели су дате измерене температуре воде T после одређеног времена загревања τ . Грешка мерења температуре је 0.2 K , док је грешка мерења времена занемарљива, као и грешка одмеравања воде.

$\tau [\text{min}]$	1.5	3	4.5	6	8
$T [^\circ\text{C}]$	3.0	6.2	9.0	11.8	16.0

Користећи податке из табеле, графичком методом одредити специфичну топлоту воде, као и апсолутну грешку њеног одређивања. (25п)

Задатке припремио: мр Душко Борка

Рецензент: др Драган Маркушев

Председник комисије: др Мићо Митровић

Решења задатака са републичког такмичења из физике за ученике средњих школа
школске 2004 – 2005. год.
II разред

1. За кретање сваке куглице, након што се нит прегори важи: $ma = q^2 / (4\pi\epsilon_0 r^2) - F_{tr}$ (3 п.). Убрзање се смањује са повећањем растојања r између куглица, а брзина је максимална у тренутку када је $a = 0$ (2 п.). Тада је растојање између центара куглица: $r = x = q / \sqrt{4\pi\epsilon_0 F_{tr}}$ (2 п.). Закон одржања енергије, на растојању између куглица x , даје:

$q^2 / (4\pi\epsilon_0 l) = 2 \cdot E_k + q^2 / (4\pi\epsilon_0 x) + F_{tr} \cdot (x - l)$ (5 п.), где задњи члан представља рад силе трења. Решавањем добијамо: $E_k = F_{tr} \cdot l / 2 + q^2 / (8\pi\epsilon_0 l) - q \cdot \sqrt{F_{tr} / (4\pi\epsilon_0)}$ (3 п.).

2. Чаша ће бити у равнотежи када је: $mg = \rho Vg$, односно када је запремина ваздуха у чаши $V = m / \rho$ (2 п.). Пре урањања чаше важи $p_0 V_0 = nRT$ (2 п.), где је p_0 атмосферски притисак, а V_0 запремина чаше. После урањања чаше важи: $pV = nRT$ (2 п.). Из ове три једначине следи $p = p_0 V_0 / V = p_0 V_0 \rho / m$ (3 п.). Притисак у води на дубини h_0 је: $p_0 + \rho gh_0$ (2 п.). Чаша је у равнотежи ако за притисак ваздуха у чаши важи $p = p_0 + \rho gh_0$ (2 п.) одакле решавањем добијамо: $h_0 = (p_0 / g) \cdot (V_0 / m - 1 / \rho)$ (3 п.), тј. $h_0 = 0,5m$ па видимо да је чаша у равнотежи (2 п.).

3. Температура у суду опада због апсорпције енергије при дисоцијацији. Од укупно N молекула, њих N_1 дисосује, тј. растури се на атоме, па је након дисоцијације у суду укупно $N - N_1 + 2N_1 = N + N_1$ честица. Биланс енергије непосредно пре и након дисоцијације

је $\frac{5}{2} kT_1 \cdot N = \epsilon N_1 + \frac{5}{2} kT_2 \cdot (N - N_1) + \frac{3}{2} kT_2 \cdot 2N_1$. Одавде налазимо број дисосованих

молекула: $N_1 = \left(5Nk \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{2} \right) / \left(\epsilon + \frac{kT_2}{2} \right)$. Однос притисака ће бити једнак

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{N + N_1}{N} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \left(1 + \frac{5k(T_1 - T_2)}{2\epsilon + kT_2} \right) \cdot \frac{T_2}{T_1}.$$

4. а) За откидање

$$F_e = q_0 E = q_0 \sigma / 2\epsilon_0 = q_0^2 / 2\epsilon_0 S = C^2 U^2 / 2\epsilon_0 S = \epsilon_0 S U^2 / 2d^2 > Mg \Rightarrow U > d \sqrt{2Mg / \epsilon_0 S}$$

б) На раст. x плоче 2,3 и 1 су наелектрисане са q , q_0 и $q + q_0$ а падови потенцијала су

$$\left(\frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_0}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_0 + q}{2\epsilon_0 S} \right) x + \left(\frac{q}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_0}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_0 + q}{2\epsilon_0 S} \right) (d - x) = \left(\frac{qd}{\epsilon_0 S} + \frac{q_0 d}{\epsilon_0 S} - \frac{q_0 x}{\epsilon_0 S} \right), \text{ па је}$$

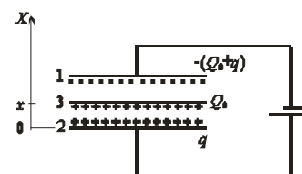
$$q = \frac{U_0 \epsilon_0 S}{d} - q_0 \left(1 - \frac{x}{d} \right) = \frac{\epsilon_0 U_0 S}{d^2} x \text{ а ел. сила } F_e = q_0 E = q_0 \left(\frac{q}{\epsilon_0 S} + \frac{q_0}{2\epsilon_0 S} \right) = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^2} \left(1 + \frac{2x}{d} \right), \text{ па је}$$

$$F(x) = F_e - Mg = \frac{\epsilon_0 S U^2}{d^3} x = \frac{2Mg}{d} x.$$

в) Рад ове силе $A = \int_0^d F dx = \int_0^d \frac{2Mg}{d} x dx = Mgd$ (или одговарајућа

површина испод графика) је једнак промени кин. енергије $Mv^2 / 2$, па

је $v = \sqrt{2gd}$.



5. Са графика треба одредити коефицијент правца одабирањем две неексперименталне тачке са праве од којих се једна налази између прве и друге, а друга између последње и претпоследње експерименталне тачке. Нека су нпр. одабране следеће тачке: A(2min, 4 K) и B(7.5min, 15 K). Коефицијент правца се израчунава на следећи начин:

$$a = \frac{T_B - T_A}{\tau_B - \tau_A} = \frac{(15 - 4)\text{K}}{(7.5 - 2)\text{min}} = 0.0333\text{ K/s}.$$

Грешка мерења температуре је $\Delta T_A = \Delta T_B = 0.2\text{ K}$. Грешка очитавања времена одговара вредности једног подеока. Дакле, $\Delta \tau_A = \Delta \tau_B = 0.05\text{ min}$. Релативна грешка коефицијента правца се са графика израчунава на следећи начин:

$$\frac{\Delta a}{a} = \left(\frac{\Delta T_A + \Delta T_B}{T_B - T_A} + \frac{\Delta \tau_A + \Delta \tau_B}{\tau_B - \tau_A} \right)$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \left(\frac{0.2 \cdot 10^{-3}\text{ K} + 0.2 \cdot 10^{-3}\text{ K}}{15 \cdot 10^{-3}\text{ K} - 4 \cdot 10^{-3}\text{ K}} + \frac{0.05\text{min} + 0.05\text{min}}{7.5\text{min} - 2\text{min}} \right) = 0.054 \approx 5.4\%.$$

$$\Rightarrow \Delta a = 0.0018\text{ K/s}$$

Према правилима за заокруживање грешке и резултата према вредности грешке, коефицијент правца износи $a = (0.033 \pm 0.002)\text{ K/s}$.

$$\text{Специфична топлота воде је } c = \frac{P}{am} = \frac{140\text{ W}}{0.0333\text{ K/s} \cdot 1\text{ kg}} = 4204\text{ J/kgK}.$$

Апсолутна грешка се израчунава на следећи начин:

$$\Delta c = c \cdot \left(\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta a}{a} \right) = 4204\text{ J/kgK} \left(\frac{2}{140} + 0.054 \right) = 287\text{ J/kgK} \approx 300\text{ J/kgK}.$$

$$\Rightarrow c = (4200 \pm 300)\text{ J/kgK}$$