

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Задаци за Републичко такмичење из физике ученика основних школа
школске 2000/2001. године

VIII разред

1. Веома брзом филмском камером снима се лет метка који се креће брзином од $v = 500 \text{ m/s}$. Лет метка је нормалан на оптичку осу објектива камере, а растојање његове путање до објектива износи $p = 1 \text{ m}$. Жижна даљина објектива износи $f = 50 \text{ mm}$. Да би снимак био јасан, дозвољено је „размазивање“ лика на сваком кадру (свакој слици) од $\Delta x = 0.01 \text{ mm}$. Конструкција лика код камере је иста као конструкција лика код фотоапарата, једино је филм покретан, тако да се добија мноштво слика. Колики најмањи број кадрова (слика) таква камера треба да направи у једној секунди, да би са филма могли јасно да посматрамо лет посматраног метка?
(20 поена)
2. Две сијалице, предвиђене за напон $U = 220 \text{ V}$ имају снаге $P_1 = 100 \text{ W}$ и $P_2 = 50 \text{ W}$. Ако се ове сијалице повежу редно и прикључе на овај напон, колике се снаге P_1' и P_2' ослобађају на њима? Одредити електричну енергију у (kWh) коју утроше заједно ове сијалице за време од $t = 100 \text{ h}$ када су на напон U прикључене: а) редно; б) паралелно.
(15 поена)
3. Електрон убрзан потенцијалном разликом $V_U = 50 \text{ V}$, улеће у хомогено електрично поље, у кондензатор чије плоче стоје хоризонтално и то на трећини висине рачунато од доње плоче. Путања електрона је била паралелна са плочама кондензатора. Растојање између плоча износи $H = 12 \text{ cm}$, а њихова дужина $L = 10 \text{ cm}$. Колики напон треба прикључити између плоча, да би електрон напустио кондензатор на половини растојања између плоча? Колика је брзина којом електрон напушта кондензатор? Константе: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
(20 поена)
4. Пробојни напон ваздуха је $U_{vp} = 30 \text{ kV/cm}$, што значи, да ако узмемо ваздушни кондензатор са размаком између плоча од $d = 1 \text{ cm}$, смемо га прикључити највише на поменути напон. У противном јавља се варница или неки други вид протицања струје кроз њега. Ако се ради о стаклу онда је пробојни напон већи и износи $U_{sp} = 120 \text{ kV/cm}$. Колики напон смемо прикључити на ваздушни кондензатор са горе поменутиим размаком између плоча, ако у њега сместимо стаклену плочицу дебљине $\frac{1}{6}d$, и релативне диелектричне константе $\epsilon_r = 7$?

5. Грејачем отпорности R_g загрева се 8 l воде у току једног сата. Вредности напона који се доводи на грејач и одговарајуће коначне температуре до које се вода загреје по истеку наведеног времена дати су у табели:

$U[V]$	45	65	80	90	100
$T_k [^{\circ}C]$	26.5	40.0	54.2	67.0	78.2

Занемарити топлотне губитке који настају услед загревања суда.

Специфична топлота воде износи $C_v = 4186 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C}$, а густина воде $\rho = 1000 kg/m^3$.

Одредити :

- отпорност грејача R_g и
- почетну температуру воде T_p .

Препорука:

Тражене величине можете одредити са графика функционалне зависности квадрата напона од коначне температуре воде.

При цртању графика водите рачуна да се једна од тражених величина може одредити из негативне вредности параметара поменуте зависности.

Параметри који одређују наведену зависност су коефицијент правца (нагиб) и одсечак на ординати (U^2 - осн).

(25 поена)

Задатке припремили: Срђан Ракић (1,3,4)
Андријана Жекић и Мићо Митровић (2,5)

Председник комисије: Надежда Новаковић

- Примењујући релацију $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$, добијамо да је растојање филма од објектива $l = \frac{pf}{p-f}$. Пошто је дозвољено размазивање на филму Δx , то из сличности троуглова добијамо $\frac{\Delta x}{l} = \frac{v\Delta t}{p}$, где је Δt време експонирања (снимања) једног кадра (сlike). Из овога добијамо да је $\Delta t = \frac{p \Delta x}{l v}$, те је број снимака који треба ова камера да направи у једној секунди $n = \frac{1}{\Delta t} = \frac{lv}{p \Delta x} = \frac{p f v}{(p-f) p \Delta x} = 2631579 \frac{1}{s}$.
- Отпори лампи одређују се из односа $R_1 = \frac{U^2}{P_1} = 484\Omega$ и $R_2 = \frac{U^2}{P_2} = 968\Omega$. Ако се сијалице вежу редно, кроз њих ће сагласно Омовом закону тећи струја јачине $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = 0.152A$. Снаге које ће се ослобађати на сијалицама износе $P_1' = I^2 R_1 = \frac{U^2 R_1}{(R_1 + R_2)^2} = \frac{P_1 P_2^2}{(P_1 + P_2)^2} = 11.1W$ и $P_2' = I^2 R_2 = \frac{U^2 R_2}{(R_1 + R_2)^2} = \frac{P_1^2 P_2}{(P_1 + P_2)^2} = 22.2W$. Електрична енергија коју утроше сијалице износи: а) за редну везу $E_1 = 3.3kWh$ и б) за паралелну везу $E_1 = 15kWh$.
- Брзина електрона се добија из $\frac{mv^2}{2} = eV_U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV_U}{m}} = v_x$ и износи $v = 4.19 \cdot 10^6 m/s$. У кондензатору он треба да пређе пут по вертикали од $\Delta y = \frac{1}{2}H - \frac{1}{3}H = \frac{1}{6}H = 2cm$, док је по хоризонтални кретање равномерно и $L = v_x t$. Пошто је $\Delta y = \frac{at^2}{2} = \frac{eEt^2}{2m_e} = \frac{eUL^2}{2m_e H v_x^2}$, добијамо да је напон који је неопходно прикључити: $U = \frac{4H\Delta y}{L^2} V_U = 48V$. Укупну брзину добијамо као $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, где је $v_y = at = \frac{eUL}{m_e v_x H} = 1.68 \cdot 10^6 m/s$. Израчунавањем се добија $v = 4.52 \cdot 10^6 m/s$.
- Систем посматрамо као редну везу два кондензатора (са ваздухом и диелектриком између плоча) која су једнако наелектрисана, па је $q = C_1 U_1 = C_2 U_2 \Rightarrow \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d/6} U_1 = \epsilon_0 \frac{S}{5d/6} U_2 \Rightarrow U_1 = \frac{U_2}{5\epsilon_r} \Rightarrow U_1 = \frac{U_2}{35}$. Видимо да је увек напон на кондензатору са стаклом 35 пута мањи од напона на кондензатору са ваздухом. То значи да ће увек прво пробити ваздушни кондензатор, па је зато он ограничавајући елемент. На њему може бити највише $U_2 = E_{пр} \cdot \frac{5}{6} d = 25kV$, при чему је на стакленом напон $U_1 = 0.714kV$. Дакле, укупан напон износи $U = U_1 + U_2 = 25.7kV$. Чим се прекорачи тај напон на целом кондензатору, пробија ваздушни део кондензатора и сав напон је тада на стаклу, а тада је јачина поља у њему је $E = \frac{U}{d/6} = 154.3kV/cm$, што је више од дозвољеног те цео кондензатор постаје проводан.

5. Из израза за снагу грејача P_g , $P_g = \frac{C_v \cdot (T_k - T_p) \cdot m}{t} = \frac{U^2}{R_g}$, долазимо до следеће функционалне

зависности између U^2 и T_k : $U^2 = \frac{m C_v R_g}{t} T_k - \frac{m C_v T_p R_g}{t}$. Члан уз T_k одговара коефицијенту правца (нагибу), а слободан члан одсечку на ординати графика $\bar{U}^2 = f(T_k)$. Дакле, треба нацртати график $U^2 = f(T_k)$.

$U^2 [V^2]$	2025	4225	6400	8100	10000
$T_k [^\circ C]$	26.5	40.0	54.2	67.0	78.2

Избором две неексперименталне тачке од којих се једна налази између прве и друге, а друга између последње и претпоследње експерименталне тачке одређује се коефицијент правца са графика. Нека су изабране тачке нпр. А ($32^\circ C$, $3000V$) и В ($71.5^\circ C$, $9000V$).

$$a = \frac{(U^2)_B - (U^2)_A}{(T_k)_B - (T_k)_A} = \frac{9000^2 - 3000^2}{71.5^\circ C - 32^\circ C} = 151.9 \frac{V}{^\circ C}.$$

Отпор се израчунава по формули:

$$R_g = \frac{a t}{m C_v} = 16.3 \Omega.$$

Вредност одсечка на ординати износи $b = 1900 V^2$. Почетна температура се израчунава као

$$T_p = \frac{b t}{m C_v R_g} = 13.6^\circ C.$$

ЗАВИСНОСТ КВАДРАТА ПЛОЩИ ОД ТЕМПЕРАТУРЕ

