

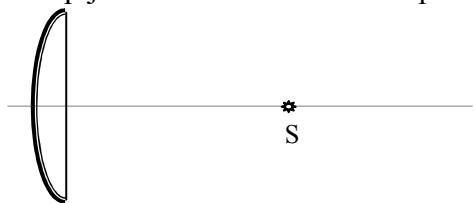
**ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ**  
**МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ**

**Задаци за окружно такмичење ученика средњих школа**  
**11. март 2006.**  
**IV разред**

1. Честица масе мировања  $m_0$  и кинетичке енергије  $T$  се судара са непокретном честицом исте масе. Наћи масу мировања  $M_0$  и брзину  $v$  сложене честице настале везивањем ове две честице у судару. (25 п)

2. У електронском микроскопу се посматрања врше уз помоћ снопа електрона убрзаних убрзавајућим потенцијалом  $U$ . Микроскоп раздваја предмете који су на блиском одстојању  $d$ , уколико је  $d \geq \lambda/2A$ , где је  $\lambda$  таласна дужина електрона док је  $A$  константа микроскопа. Колика је моћ разлагања  $d$  микроскопа константе  $A = 0,15$  при убрзавајућем потенцијалу од  $U = 100\text{keV}$ ? Енергија мировања електрона је  $511\text{keV}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ ,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}\text{Js}$ . (25 п)

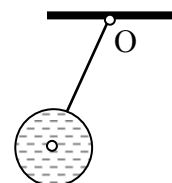
3. Тачкасти извор светлости **S** је постављен на оптичку осу танког планоконвексног сочива. Извор је постављен 15 cm иза равне стране сочива – види слику. Испупчена страна сочива је



посребрена са унутрашње стране, тако да потпуно одбија светлосне зраке који долазе из извора светлости **S**. На ком растојању иза сочива треба поставити равно огледало тако да се сви зраци после одбијања од њега секу у тачки у којој се налази извор **S**? Полупречник кривине испупчене стране сочива је  $R = 30\text{cm}$ , а индекс

преламања је  $n = 1,5$ . (20 п)

4. Сферна посуда веома танких зидова и полупречника  $R$  је сасвим испуњена водом. Посуда је причвршћена за крут штап чија се маса, као и маса посуде може занемарити. Растојање од тачке вешања **O** до центра посуде је  $l$ . Колико пута ће се променити период осциловања овог клатна када се вода замрзне? Занемарити вискозност воде и промену њене запремине услед замрзавања. (15 п)



5. Услед загревања хелијум се шири тако да му се запремина мења са притиском по закону  $V = aP$ , где је  $a$  позната константа. При томе се притисак промени од  $P_1$  до  $P_2$ . Одредити колики се део утрошене количине топлоте у овом процесу искористи за промену унутрашње енергије гаса. (15 п)

Задатке саставио: Александар Крмпот

Рецензент: Ђорђе Спасојевић

Председник комисије: Мићо Митровић

## Решења задатака за окружно такмичење ученика средњих школа, 2006.г. IV разред

1. Енергија покретне честице пре судара је  $E_1 = c\sqrt{p_1^2 + m_0^2 c^2} = m_0 c^2 + T$  (4п), а импулс  $p_1 = \frac{1}{c} \sqrt{T(T + 2m_0 c^2)}$  (3п).

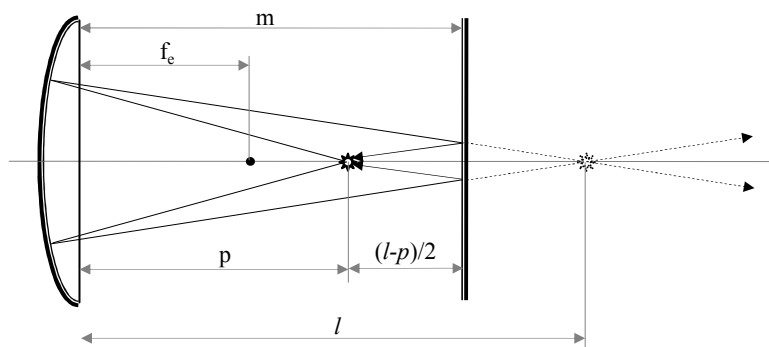
Енергија система је  $E = E_1 + E_2 = 2m_0 c^2 + T$  (2п), а импулс  $P = p_1$  (1п). У судару се формира сложена честица, која мирује у односу на посматрача који је везан за центар масе. За овог посматрача је импулс система  $P' = 0$  (3п). Због  $P' = \frac{P - vE/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$  (2п), настала честица се креће брзином  $v = c^2 p / E = c\sqrt{T/(T + 2m_0 c^2)}$  (4п).

Због инваријанте  $M_0^2 c^2 = E^2 / c^2 - P^2$  (3п), настала честица има масу  $M_0 = 2m_0 \sqrt{1 + T/2m_0 c^2}$  (3п).

2. Кинетичка енергија електрона је  $T = 100 \text{ keV}$  (2п), а импулс  $p_1 = \frac{1}{c} \sqrt{T(T + 2m_0 c^2)} = 1,786 \cdot 10^{-22} \text{ kgm/s}$  (8п). Де

Брољева таласна дужина ових електрона је  $\lambda = h / p = 3,709 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  (8п), па је моћ разлагања  $d \geq \lambda / 0,3 = 1,24 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  (7п).

3. Полазећи од извора S зраци ће проћи кроз сочиво, затим ће се одбити од његове посребрене стране, па ће опет опет проћи кроз сочиво. Еквивалентна жижна даљина овог система (сочиво+издубљено огледало+сочиво) (2п) је одређена са  $1/f = 1/f_s + 1/f_o + 1/f_s$ , (2п) где је жижна даљина огледала  $f_o = R/2$ , (2п) а сочива



$f_s = R/(n-1)$  (2п), зато што је радијус кривине равне стране сочива бесконачан (2п). Стога је  $f = R/2n = 10 \text{ cm}$  (2п). Као следеће, из  $1/f = 1/p + 1/l$  (2п) налазимо положај лика  $l = 30 \text{ cm}$  (2п). Да би се сви зраци који формирају лик извора вратили поново у тачку у којој се налази извор, равно огледало треба поставити на половини растојања од извора до лика (2п), односно удаљење  $m$  равнo огледала од сочива је  $m = (p + l) / 2 = 22,5 \text{ cm}$  (2п).

4. Пре замрзавања вода у посуди се креће транслаторно, а цео систем се понаша као математичко клатно, периода  $T_1 = 2\pi\sqrt{l/g}$  (2п). Када се вода заледи, систем се понаша као круто тело, које осцилује као физичко клатно, периода  $T_2 = 2\pi\sqrt{I/mgl}$  (3п). Пошто су маса штапа и посуде занемариве, момент инерције  $I$  физичког клатна је практично једнак моменту инерције кугле  $I = I_0 + ml^2$  (Штајнерова теорема) (3п), где је  $I_0 = 2mR^2/5$  (3п) сопствени момент инерције пуне кугле. Одавде је  $T_2/T_1 = \sqrt{1 + 2R^2/5l^2}$  (4п).

5. На основу I закона термодинамике утрошена количина топлоте је  $\Delta Q = \Delta U + A$  (2п). Извршени рад  $A = a(P_2^2 - P_1^2)/2$  је бројно једнак површини трапеза висине  $P_2 - P_1$  и средње линије  $a(P_1 + P_2)/2$  (3п). Хелијум је једноатомски гас и његов топлотни капацитет је  $C_V = 3nR/2$  (2п). Промена унутрашње енергије хелијума износи  $\Delta U = C_V \Delta T = 3a(P_2^2 - P_1^2)/2$  (2п) због  $T_i = P_i V_i / nR = aP_i^2 / nR$ , (2п) где је  $i = 1, 2$ . Стога је  $\Delta Q = 2a(P_2^2 - P_1^2)$  (2п), па је  $\Delta Q / \Delta U = 3/4$  (2п).