21. РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (1. март 2014)

IV РАЗРЕД

1. Предмет и његов усправни лик стоје симетрично у односу на жижу сочива. Растојање од предмета до жиже је $4\ cm$. Колика је жижна даљина сочива? Размотрити случајеве када је сочиво:
а) сабирно,
б) расипно.

2. Нормално на дифракциону решетку пада свјетлост таласне дужине $\lambda_1 = 650\ nm$, при чему се дифракциони максимум другог реда види под углом од 45^0. Ако се умјесто ове свјетлости користи свјетлост таласне дужине $\lambda_2 = 500\ nm$ под истим условима, под којим углом ће се видјети дифракциони максимум трећег реда?

3. У лабораторијском референтном систему К креће се штап брзином $v = 0{,}8c$ у правцу $x-$осе. На основу мерења у истом том систему, дужина штапа је $l = 10\,m$, а угао који штап заклапа са x- осом износи $\varphi = 30^0$. Израчунати сопствену дужину l_0 штапа у систему K' везаном за штап и угао φ_0 који он заклапа са x' - осом.

4. При адијабатском ширењу кисеоника (M = 32 g/mol) од почетне температуре која износи $320\,K$, његова унутрашња енергија се смањи за $8{,}4\ kJ$, а запремина се повећа 10 пута. Одредити масу кисеоника. Поасонов коефицијент кисеоника је 1,4.

5. Одредити убрзање слободног пада на Сунцу на основу сљедећих података: растојање Земље од Сунца је $1{,}496 \cdot 10^{11}\,m$; угао, под којим се Сунце види са Земље, једнак је $32'$, период обиласка Земље око Сунца је $3{,}1557 \cdot 10^7\,s$.

Задатке припремио: Милко Бабић
Рецензент: проф. др Милан Пантић, ПМФ, Нови Сад

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА IV РАЗРЕД

1.

а) Ако је сочиво сабирно, тада је предмет између жиже и сочива, а лик је имагинаран, па важи једначина: $\frac{1}{p}-\frac{1}{\ell}=\frac{1}{f}$.

Како су предмет и лик подједнако удаљени од жиже, за по $4cm$, то је: $\frac{1}{f-x}-\frac{1}{f+x}=\frac{1}{f}$.

Одатле се добија квадратна једначина: $f^2-2\cdot f\cdot x-x^2=0$,

чије је (физичко) рјешење: $f=x\left(1+\sqrt{2}\right)$, $f=9{,}65cm$

б) Ако је сочиво расипно, тада је: $\frac{1}{f+x}-\frac{1}{f-x}=-\frac{1}{f}$, а рјешење је исто као и код сабирног сочива. Коначно је $f=9{,}65cm$.

2.

Услови за дифракциони максимум другог и трећег реда за свјетлост таласних дужина λ_1 и λ_2 су, респективно, $d\sin\alpha_1=2\lambda_1$(1) и $d\sin\alpha_2=3\lambda_2$. (2)

Смјеном d из једначине (1) у (2) добијамо: $\sin\alpha_2=\frac{3\lambda_2}{2\lambda_1}\sin\alpha_1$, одакле је

$\alpha_2=\arcsin\left(\frac{3\lambda_2\sin\alpha_1}{2\lambda_1}\right)$. Коначан рачун даје: $\alpha_2\approx 55^0$.

3.

Дужина штапа l_0 и угао ϕ_0 могу се израчунати ако се пође од релација:

$l_0=\sqrt{(\Delta x')^2+(\Delta y')^2}$ (1) и $tg\phi_0=\frac{\Delta y'}{\Delta x'}$, (2) гдје су $\Delta x, \Delta y, \Delta x', \Delta y'$ пројекције дужине штапа на координатне осе у систему K и K'. У систему К те величине су једнаке:

$l=\sqrt{(\Delta x)^2+(\Delta y)^2}$ (3) и $tg\phi=\frac{\Delta y}{\Delta x}$ (4). Релативистичко скраћење штапа је само дуж x - осе (у правцу кретања), при чему је $\Delta x=\Delta x'\sqrt{1-\beta^2}$ (5), $\beta=v/c$ и $\Delta y=\Delta y'$ (6) .

Уврштавањем $\Delta x'$ из (5) у (1), уз услов (6) добијамо: $l_0=\frac{\sqrt{l^2-(\beta\Delta y)^2}}{\sqrt{1-\beta^2}}$. Узимајући у обзир да је $\Delta y=l\sin\phi$, коначно добијамо $l_0=\frac{l}{\sqrt{1-\beta^2}}\sqrt{1-\beta^2\sin^2\phi}$, или $l_0\approx 15{,}3m$. Угао ϕ_0 добијамо дијелећи (2) и (4) , те узимајући у обзир (5) и (6) , што даје

$tg\phi_0=tg\phi\sqrt{1-\beta^2}$, одакле је $\phi_0=arctg(tg\phi\sqrt{1-\beta^2})=19{,}1^0$.

4.

Нека су почетна температура и запремина гаса T_1 и V_1, а крајњи T_2 и V_2. Тада је:

$T_1\cdot V_1^{\kappa-1}=T_2\cdot V_2^{\kappa-1}=T_2\cdot(10\cdot V_1)^{\kappa-1}$, $T_2=\frac{T_1}{10^{\kappa-1}}$. (1)

Помоћу Поасоновог коефицијента може се одредити моларна специфична топлота при сталној запремини:

$\kappa = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v}$, одатле $C_v = \frac{R}{\kappa - 1}$. (2)

Промјена унутрашње енергије гаса је: $\Delta U = \frac{m}{M} \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1) = -8{,}4\,kJ$. (3)

Из (1), (2) и (3) слиједи: $m = \frac{M \cdot \Delta U}{\frac{R}{\kappa-1} \cdot T_1 \cdot \left(\frac{1}{10^{\kappa-1}} - 1\right)}$, $m = \frac{M \cdot \Delta U \cdot (\kappa - 1) \cdot 10^{\kappa-1}}{R \cdot T_1 \cdot (1 - 10^{\kappa-1})}$. Замјеном бројних вредности добијамо: $m \approx 67{,}2\ g$.

5.

Убрзање слободног пада на Сунцу је: $g_S = G\frac{M_S}{R_S^2}$. (1) гдје су M_S и R_S - респективно, маса и полупречник Сунца.

За мале углове (изражене у радијанима) важи $tg\alpha \approx \alpha$ па се полупречник Сунца R_S може одредити из $tg\frac{\alpha}{2} = \frac{D/2}{R} \approx \frac{\alpha}{2}$; $R_s = \frac{D}{2} = \frac{R \cdot \alpha}{2}$ (2),

гдје је R - растојање Земље од Сунца, а α - угао под којим се види пречник Сунца са Земље.

При кретању Земље око Сунца улогу центрипеталне силе има гравитациона сила између Сунца и Земље. Ове две силе су једнаке. Дакле,

$F_c = \frac{M_z v^2}{R} = M_z R\omega^2 = M_z R\left(\frac{2\pi}{T_z}\right)^2$, тј. $G\frac{M_z M_s}{R^2} = M_z\frac{4\,\pi^2 R}{T_z^2}$, одатле

$M_s = \frac{4\,\pi^2 R^3}{G T_z^2}$. (3)

Из израза (1), (2) и (3) налазимо:

$g_S = G\frac{4\,\pi^2 R^3 \cdot 4}{G T_Z^2 R^2 \alpha^2} = \frac{16\,\pi^2 R}{T_Z^2 \alpha^2}$, одакле, заменом бројних вриједности добијамо:

$$g_s = \frac{16\,\pi^2 \cdot 149{,}6 \cdot 10^9}{(3{,}1557 \cdot 10^7)^2 (0{,}0093037)^2}\frac{m}{s^2} \approx 272\frac{m}{s^2}.$$

Напомена: резултат признати и ако је $g_s = (272 \pm 5)\frac{m}{s^2}$.