

ЗАДАЦИ ЗА РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ (2010.)
IV РАЗРЕД

1. Буре висине $d = 1m$ испуњено је водом индекса преламања $n = 1,333$, а на дну бурета се налази равно огледало. Израчунајте удаљеност x између тачке А у којој свјетлосни зрак улази у воду и тачке В у којој се зрак, након одбијања од огледала, свјетлости враћа у ваздух, ако је упадни угао $\alpha = 20^\circ$.

2. Монохроматска свјетлост таласне дужине $\lambda = 700nm$ пада нормално на оптичку решетку. Максимуми трећег реда интензитета дифрактоване свјетлости виде се под углом $\theta_3 = 10^\circ$. Одредити константу решетке и број прореза N на дужини решетке $L = 1cm$. Колики је теоријски највиши ред интензитета ове дифрактоване монохроматске свјетлости која се може видјети овом оптичком решетком? ($\sin 10^\circ = 0,174$).

3. Једна од метода одређивања Планкове константе састоји се у сљедећем: површина истог метала најприје се освијетли свјетлошћу фреквенције ν_1 и измјери напон U_1 при коме престаје фотоелектрички ефекат. Исти поступак се понови и за свјетлост фреквенције ν_2 при чему се измјери напон U_2 . У једном таквом експерименту добијени су сљедећи резултати $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} Hz$, $U_1 = 6,6V$, $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} Hz$, $U_2 = 16,5V$.

Колика је Планкова константа? Наелектрисање електрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$.

4. Коликим напонам треба да се убрзају α -честица и протон да би укупна релативистичка енергија α -честице постала трипут већа од укупне релативистичке енергије протона? (Напомена: α -честица састављена је од два протона и два неутрона. Стога α -честица има наелектрисане $2e$, а пошто је маса неутрона m_n само мало већа од масе протона

$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$, то за масу α -честице можемо приближно да пишемо $m_\alpha = 4m_p$.)

5. Електрична снага једне нуклеарне електране износи $P_{el} = 100MW$. Коефицијент корисног дејства електране је 25%, а енергија ослобођена по једној фисији износи

$E_f = 200MeV$. Колико се чистог горива урана ${}^{235}_{92}U$ утроши у току сваког часа рада електране? Авогадров број $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$.

здатке припремио: Милко Бабић
рецензент: проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад

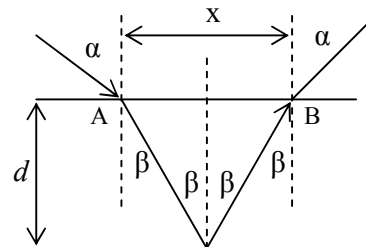
РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА IV РАЗРЕД

1.

$$d=1m, n=1,333, \alpha = 20^\circ, x=?$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{x}{2d} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \quad \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} \quad \frac{x}{2d} = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$$



$$x = \frac{2d \sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} \quad \text{Из закона преламања свјетлости} \quad n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$$

$$x = \frac{2d}{\sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha}{n}\right)^2}} \cdot \frac{\sin \alpha}{n}, \quad x = \frac{2d \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$$

$$x = \frac{2 \cdot 1m \cdot 0,342}{\sqrt{1,333^2 - 0,342^2}}, \quad x = 0,531m$$

2.

$$\lambda = 700nm, \theta_3 = 10^\circ, L = 1cm, \sin 10^\circ = 0,174, N = ?, n_{\max} = ?$$

$$\text{Максимуми } n\text{-тог реда се виде под углом } \sin \theta_n = \frac{n \cdot \lambda}{d} \quad d - \text{ константа решетке}$$

Константа решетке је према услову задатка ($n = 3$)

$$d = \frac{3\lambda}{\sin \theta_3} \quad d = 1,2 \cdot 10^{-5} m$$

Број прореза на дужини решетке $L = 1cm$ у овом случају износи

$$N = \frac{1}{d} = \frac{\sin \theta_3}{3\lambda} = 82689 \frac{1}{m} = 827 \frac{1}{cm}$$

Да би свјетлост могла теоријски да се види на екрану треба да је $\sin \theta_n = \frac{n\lambda}{d} \leq 1$

Што за највиши ред дифраговане свјетлости даје $n_{\max} = 17$

3.

Електрони неће доћи до аноде ако је рад електричног поља eU једнак или већи од почетне кинетичке енергије електрона, тј. у граничном случају $eU = \frac{mv^2}{2}$

Тада Ајнштајнову релацију за фотоелектрични ефекат можемо записати у облику:

$$h\nu = A_i + eU \quad \text{за два посматрана мјерења важи: } h\nu_1 = A_i + eU_1 \quad h\nu_2 = A_i + eU_2$$

Рјешавањем овог система једначина добијамо

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \nu_1} \quad h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} C(16,5V - 6,6V)}{4,6 \cdot 10^{15} Hz - 2,2 \cdot 10^{15} Hz} \quad h = 6,6 \cdot 10^{-34} Js$$

4.

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad U = ?$$

$E_\alpha = 3E_p$, Кинетичка енергија честице наелектрисања q , која је убрзана напоном U

износи $E_k = qU$

$$E_\alpha = m_\alpha c^2 + 2eU$$

$$E_p = m_p c^2 + eU$$

$$m_\alpha c^2 + 2eU = 3(m_p c^2 + eU)$$

$$eU = (m_\alpha - 3m_p)c^2$$

$$U = \frac{m_p c^2}{e}$$

$$U = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}$$

$$U \approx 9,4 \cdot 10^8 \text{ V} = 940 \text{ MV}$$

5.

$$P_{el} = 100 \text{ MW}, \quad \tau = 1 \text{ h}, \quad \eta = 0,25, \quad E_f = 200 \text{ MeV}, \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad m_\tau = ?$$

Укупна енергија која се ослобађа у нуклеарној електрани у току рада од $\tau = 1 \text{ h}$ може се изразити на следећи начин

$$E_t = N_\tau \cdot E_f = P_{nuk} \cdot \tau = \frac{P_{el}}{\eta} \cdot \tau \quad (1) \quad P_{nuk} - \text{ снага нуклеарних реакција}$$

N_τ – укупан број језгара урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ који доживи фисију у току времена $\tau = 1 \text{ h}$ и он износи

$$m_\tau = N_\tau m({}^{235}_{92}\text{U}) = N_\tau \frac{A({}^{235}_{92}\text{U})}{N_A} \quad (2)$$

$m({}^{235}_{92}\text{U})$ – маса језгра која је приближно једнака маси атома урана ${}^{235}_{92}\text{U}$

$A({}^{235}_{92}\text{U}) = 0,235 \text{ kg/mol}$ – маса једног мола атома урана, N_A – Авогардов број

Из (1) и (2) се елиминацијом величине N_τ добија да задата нуклеарна електрана у току сваког часа утроши следећу масу чистог урана

$$m_\tau = \frac{P_{el} \cdot \tau}{\eta E_f \cdot N_A} A({}^{235}_{92}\text{U}) \quad m_\tau = 17,56 \text{ g}$$