

**Контрольні завдання для самостійної підготовки  
до аудиторних контрольних робіт  
з ФІЗИКИ  
для студентів заочної форми навчання  
за спеціальністю «Технологія фармацевтичних препаратів»  
терміни навчання: 4,5 дв; 4,5; 5,5**

### Задача 1

Олівець, поставлений вертикально, падає на стіл. Яку кутову і лінійну швидкості буде мати наприкінці падіння: 1) середина олівця; 2) верхній його кінець? Довжина олівця 15 см.

$l=15 \text{ см}=0.15 \text{ м}$	Кінетична енергія олівця $E_k=(J\omega^2)/2$ ; момент інерції олівця $J=(1/3)ml^2$ ; тоді $E_k=(m \cdot l^2 \cdot \omega^2)/3 \cdot 2$ . Потенціальна енергія олівця відносно центру маси $E_k=(mg \cdot l)/2$ . Потенційна енергія олівця відносно центру маси $E_n=(m \cdot g \cdot l)/2$ , $E_k=E_n$ ;
$\omega_1 - ?$	$(m \cdot g \cdot l)/2=(m \cdot l^2 \cdot \omega^2)/3 \cdot 2$ , $\omega_{1/2} = \sqrt{\frac{3 \cdot g}{l}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 9.81}{0.15}} = 14 \text{ рад/с}$ ; $v=\omega \cdot R$
$\omega_{1/2} - ?$	
$v_1 - ?$	
$v_{1/2} - ?$	
<b>Рішення:</b> $\omega_{1/2}=14 \text{ рад/с}=\omega$ ; $v_{1/2}=1.05 \text{ м/с}$ ; $v_1 2.1 \text{ м/с}$	

### Задача 2

Однорідний стержень довжиною  $l$  м і масою  $0,5 \text{ кг}$  обертається у вертикальній площині навколо горизонтальної осі, що проходить через середину стержня, з яким прискоренням обертається стержень, якщо обертаючий момент дорівнює  $9,81 \text{ Н}^2 \text{ м}^2$ ?

$l=1 \text{ м}$ ; $m=0,5 \text{ кг}$ $M=9.81 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м}$	Другий закон Ньютона для обертового руху має наступний вигляд: $M=J \cdot \varepsilon$ ; $J=(m \cdot l^2)/12$ ; $\varepsilon=12 \cdot M/(m \cdot l^2)$
$\varepsilon - ?$	$\varepsilon = \frac{12 \cdot 9.81 \cdot 10^{-2}}{0.5 \cdot 1^2} = 2.354 \text{ рад/сек}$ $\left[ \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м}^2} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{кг}} \right] = \left[ \frac{1}{\text{с}^2} \right]$
<b>Рішення:</b> $\varepsilon=2.354 \text{ рад/сек}$	

### Задача 3

Джерело звука робить коливання за законом  $x = \sin 2000 \text{ Кt}$ . Швидкість поширення звуку  $340 \text{ м/с}$ . Запишіть рівняння коливань для точки, що знаходиться на відстані  $y = 102 \text{ м}$  від джерела. Втрати енергії знехтувати, хвилю вважати плоскою.

$x=\sin 2000\pi t$ $v=340 \text{ м/с}$ $y=102 \text{ м}$	Рівняння плоскої хвилі має вигляд: $s(y,t)=A \sin(\omega t - (\omega y)/v + \varphi_0)$ ; $\varphi_0=0$ ; $\omega=2000\pi \text{ с}^{-1}$ ; $A=1 \text{ м}$ ; $s(y,t)=1 \sin(2000\pi t - (2000\pi \cdot 102)/340 + 0)=\sin(2000\pi t - 600\pi) \text{ м}$ ; так як $600\pi$ кратне $2\pi$ , то можемо прийняти $s(y,t)=\sin 2000\pi t$
$s(y,t) - ?$	<b>Рішення:</b> $s(y,t)=\sin 2000\pi t$

### Задача 4

Дві точки лежать на прямій, уздовж якої поширюється хвиля зі швидкістю  $v=50 \text{ м/с}$ . Період коливань  $T=0,05 \text{ с}$ , відстань між точками  $\Delta y=50 \text{ см}$ . Знайти різницю фаз коливань в цих точках.

$v=50 \text{ м/с}$ $T=0,05 \text{ с}$ $\Delta y=50 \text{ см}=0.5 \text{ м}$	$\lambda=v \cdot T$ ; $\Delta\varphi=2 \cdot \pi \cdot \Delta y/\lambda$ ; $\Delta\varphi=2 \cdot \pi \cdot \Delta y/(v \cdot T)$ ; $\Delta\varphi=2 \cdot \pi \cdot 0.5/(50 \cdot 0.05)=2 \cdot \pi/5$
<b>Рішення:</b> $\Delta\varphi=2 \cdot \pi/5$	

## Задача 5

Визначити швидкість осідання еритроцитів у плазмі крові, вважаючи їх ізольованими сферами ( $d=7\text{ мкм}$  і  $\rho_{\text{ер}}=1090\text{ кг/м}^3$ ). Густина плазми крові  $\rho_m=1030\text{ кг/м}^3$ .

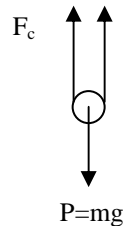
$$d=7\text{ мкм}=7\cdot 10^{-6}\text{ м}$$

$$\rho_{\text{ер}}=1090\text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{пл}}=1030\text{ кг/м}^3$$

$$\eta=1\cdot 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$v\text{ - ?}$$



$$\text{Сила Архімеда } F_A = g \cdot \rho \cdot v = g \cdot \rho \cdot 4/3\pi \cdot d^3/8$$

$$\text{Сила тертя (Стокса) } F_C = 6\pi\eta r v = 3\pi\eta d v$$

$$\text{Сила тяжіння } P = mg = g \cdot \rho_{\text{ер}} \cdot 4/3\pi d^3/8, F_A + F_C = P$$

$$g \cdot \rho_{\text{пл}} \cdot 4/3\pi \cdot d^3/4 + 3\pi \cdot \eta \cdot d \cdot v = g \cdot \rho_{\text{ер}} \cdot 4/3\pi \cdot d^3/4; v = g \cdot d^2 (\rho_{\text{ер}} - \rho_{\text{пл}}) / (18\eta)$$

$$v := \frac{9.81 \cdot (7 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (1090 - 1030)}{18 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} \quad v = 1.602 \times 10^{-6}$$

$$\left[ \frac{\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot \text{М}^2 \cdot \text{кг}}{\text{Па} \cdot \text{с} \cdot \text{М}^3} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{М}^2}{\text{с}^3 \cdot \text{н}} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{М}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{кг} \cdot \text{М} \cdot \text{с}^3} \right] = \left[ \frac{\text{М}}{\text{с}} \right]$$

**Рішення:**  $v=1.6\text{ мкм/с}$

## Задача 6

Знайти швидкість і час повного осідання сферичних часток радіусом  $r=2\text{ мкм}$  ( $\rho=2,5\text{ г/см}^3$ ) у шарі товщиною  $l=3\text{ см}$ : а) при дії сили тяжіння; б) при центрифугуванні з  $n=500\text{ с}^{-1}$  (у цьому випадку силою тяжіння знехтувати). Радіус центрифуги  $R=10\text{ см}$ .

$$r=2\text{ мкм}=2\cdot 10^{-6}\text{ м}$$

$$R=10\text{ см}=0.1\text{ м}$$

$$\rho=2,5\text{ г/см}^3=2.5\cdot 10^3\text{ кг/м}^3$$

$$l=3\text{ см}=0.03\text{ м}$$

$$n=500\text{ с}^{-1}$$

$$v_1\text{ - ? } v_1\text{ - ?}$$

$$\eta_{\text{води}}=1.0\cdot 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\tau_1\text{ - ? } \tau_2\text{ - ?}$$

В полі тяжіння на частку діють наступні сили: 1) сила тяжіння  $P=m\cdot g=V\cdot \rho_{\text{ч}}\cdot g=4\cdot \pi\cdot r^3\cdot \rho_{\text{ч}}\cdot g/3$ ; 2) сила Архімеда  $F_A=V\cdot \rho_{\text{ж}}\cdot g=4\cdot \pi\cdot r^3\cdot \rho_{\text{ж}}\cdot g/3$ ; 3) внутрішнього тертя (Стокса)  $F_C=6\cdot \pi\cdot \eta\cdot r\cdot v$ ;  $v=h/\tau_1$ ;  $P=F_A+F_C$ . Разом маємо:  $4\cdot \pi\cdot r^3\cdot \rho_{\text{ч}}\cdot g/3=4\cdot \pi\cdot r^3\cdot \rho_{\text{ж}}\cdot g/3+6\cdot \pi\cdot \eta\cdot r\cdot h/\tau_1$ ;  $9\cdot \eta\cdot h/\tau_1=(2\cdot r^2\cdot \rho_{\text{ч}}\cdot g-2\cdot r^2\cdot \rho_{\text{ж}}\cdot g)$ . Звідси отримаємо:  $v_1=[2\cdot g\cdot r^2\{\rho_{\text{ч}}-\rho_{\text{ж}}\}]/(9\cdot \eta)$ .

$$v_1 = \frac{2 \cdot 9.81 \cdot (2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2.5 - 1) \cdot 10^3}{9 \cdot 10^{-3}} = 13.08 \cdot 10^{-6}\text{ м/с};$$

$$\tau_1 = \frac{h}{v} = \frac{0.03}{13.08 \cdot 10^{-6}} = 2293\text{ с} = 38\text{ хв. } 13\text{ с}$$

При центрифугуванні на частку діє відцентрове прискорення  $a=v^2/R$ ,  $v=2\pi Rn$ ;  $a=4\cdot \pi^2\cdot n^2\cdot R \gg g$ ; тоді  $v_2=[4\cdot \pi^2\cdot n^2\cdot R\{\rho_{\text{ч}}-\rho_{\text{ж}}\}]/(9\cdot \eta)$ .

$$v_2 = \frac{2 \cdot 3.14^2 \cdot 500^2 \cdot 0.1 \cdot (2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2.5 - 1) \cdot 10^3}{9 \cdot 10^{-3}} = 0.329 \cdot \text{м/с}$$

$$\tau_2 = \frac{h}{v} = \frac{0.03}{0.329} = 0.09\text{ с}$$

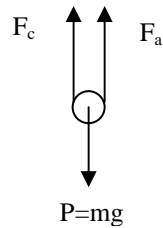
## Задача 7

Якої найбільшої швидкості  $v$  може досягти дощова краплина діаметром  $d=0,3$  мм. В'язкість повітря прийняти рівною  $\eta=16,7 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

$$d=0,3 \text{ мм}=3 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\eta=16,7 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$v - ?$



Сила Архімеда  $F_A = g \cdot \rho \cdot v = g \cdot \rho \cdot 4/3 \pi \cdot d^3/8$

Сила тертя (Стокса)  $F_C = 6\pi\eta r v = 3\pi\eta d v$

Сила тяжіння  $P = mg = g \rho_{\text{кр}} 4/3 \pi d^3/8$ ,  $F_A + F_C = P$

$$g \cdot \rho_{\text{пл}} 4/3 \pi \cdot d^3/4 + 3\pi \cdot \eta \cdot d \cdot v = g \cdot \rho_{\text{сп}} 4/3 \pi \cdot d^3/4; \quad v = g \cdot d^2 (\rho_{\text{сп}} - \rho_{\text{пл}}) / (18\eta)$$

$$P = mg$$

Силою Архімеда можемо знехтувати, так як  $\rho_{\text{води}} \gg \rho_{\text{повітря}}$ , тоді  $P = F_C$   
 $4 \cdot \pi \cdot R^3 \cdot g \cdot \rho_{\text{води}} / 3 = 6 \cdot \pi \cdot R \cdot v \cdot \eta; \quad v = 2 \cdot g \cdot R^2 \cdot \rho_{\text{води}} / (9 \cdot \eta)$

$$v = \frac{2 \cdot 9.81 \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot 10^{-4}\right)^2 \cdot 10^3}{9 \cdot 16.7 \cdot 10^{-6}} = 2.94 \text{ м/с}$$

Рішення:  $v = 2.94$  м/с

## Задача 8

Етиловий спирт по краплях випливає із посудини через вертикальну трубку діаметром  $d = 2$  мм. Краплі відриваються через час  $\Delta t = 1$  с одна після другої. За який час витече 10 г спирту? Діаметр шийки краплі у момент відриву вважати рівним внутрішньому діаметру трубки.

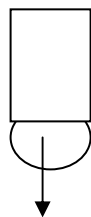
$$d = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$m = 10 \text{ г} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$t - ?$

$$\sigma_{\text{спирту}} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$



$F = \pi \cdot d \cdot \sigma$  сила поверхневого натягу.  $F = P$ ;  $m \cdot g = \pi \cdot d \cdot \sigma$ ;  $m_k = (\pi \cdot d \cdot \sigma) / g$ ;

$$t = (m \cdot \Delta t) / m_k; \quad t = (m \cdot g \cdot \Delta t) / (\pi \cdot d \cdot \sigma) \quad \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{н}} \cdot \text{с} \right] = [\text{с}]$$

$$t := \frac{1 \cdot 10^{-2} \cdot 9.81}{3.14 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 22 \cdot 10^{-3}}$$

$$t = 710 \text{ с}$$

Рішення:  $t = 710$  с

## Задача 9

Яка енергія виділиться при злитті трьох крапель ртуті діаметром  $d = 1$  мм в одну?

$$d = 1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$n = 3$$

$$\sigma_{\text{рт}} = 0.48 \text{ Н/м}$$

$$\rho_{\text{рт}} = 13.6 \text{ кг/м}^3$$

$$S_1 = 4 \cdot \pi \cdot r_1^2; \quad V_1 = 4 \cdot \pi \cdot r_1^3/3; \quad V_2 = 3 \cdot V_1; \quad V_2 = 4 \cdot \pi \cdot r_2^3/3; \quad r_2 = \sqrt[3]{3} \cdot r_1; \quad S_2 = 4 \cdot \pi \cdot r_2^2;$$

$$S_2 = 4 \cdot \pi \cdot \sqrt[3]{9} \cdot r_1^2;$$

$$\Delta S = 3 \cdot S_1 - S_2 = 12 \cdot \pi \cdot r_1^2 - 4 \cdot \pi \cdot \sqrt[3]{9} \cdot r_1^2 = 4 \cdot \pi \cdot r_1^2 (3 - \sqrt[3]{9})$$

$$\Delta S = 4 \cdot 3.14 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (3 - \sqrt[3]{9}) = 1.156 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

$$\Delta E - ? \quad \Delta E = \sigma \cdot \Delta S = 0.48 \cdot 1.156 \cdot 10^{-5} = 5.55 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

Рішення:  $\Delta E = 5.55$  мкДж

## Задача 10

При дозуванні водяного розчину ліків краплями температура в помешканні змінилася з  $t_1=20^\circ\text{C}$  до  $t_2=25^\circ\text{C}$ . На скільки відсотків зміниться доза ліків, якщо поверхневі натяги, що відповідають цим температурам,  $\sigma_1=72,65$  мН/м і  $\sigma_2=71,16$  мН/м?

$$\sigma_1=72,65 \text{ мН/м}$$

$$\sigma_2=71,16 \text{ мН/м}$$

$\Delta m\%$  - ?

Сила поверхневого натягу  $F=\sigma \cdot l$ ;  $l=\pi d$ . Вага краплі  $P=mg$ ;  $P=F$ ;  $mg=\sigma \pi d$ ;  $m_1=(\sigma_1 \pi d)/g$ ;  $m_2=(\sigma_2 \pi d)/g$ ;

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sigma_1 \pi d - \sigma_2 \pi d}{\frac{\sigma_1 \pi d}{g}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1};$$

$$\Delta m\% = \frac{72,65 - 71,16}{72,65} \cdot 100\% = 2,05\%$$

Рішення:  $\Delta m\%=2,05\%$

## Задача 11

Визначити повну кінетичну енергію молекул вуглекислого газу масою  $m=44$  г при температурі  $t=27^\circ\text{C}$

$$m=44 \text{ г}=44 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$\mu_{\text{CO}_2}=44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$t=27^0+273=300 \text{ К}$$

$E_k$  - ?

$$N_A=6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

$$R=8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$$

Кінетична енергія однієї молекули  $\langle \epsilon \rangle = i \cdot k \cdot T / 2$ . Для трьохатомної молекули  $i=6$ . Кількість молекул в  $m$  грамах  $N=m/n \cdot N_A$ . Повна кінетична енергія  $E=\langle \epsilon \rangle N=i \cdot k \cdot T \cdot m \cdot N_A / (2 \cdot \mu)$

$$E_k = \frac{6 \cdot 8,31 \cdot 300 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 44 \cdot 10^{-3}} = 7478 \text{ Дж}; \left[ \frac{\text{Дж} \cdot \text{моль} \cdot \text{кг} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{кг} \cdot \text{К}} \right] = [\text{Дж}]$$

Рішення:  $E_k=7,5$  кДж

## Задача 12

Знайти середню арифметичну, середню квадратичну і найбільш імовірну швидкості молекул газу, що при тиску  $P=40$  кПа має густину  $\rho=0,3$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho=0,3 \text{ кг/м}^2$$

$$P=40 \text{ кПа}=40 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$\langle v^2 \rangle$  - ?

$\langle v \rangle$  - ?

З рівняння стану ідеального газу випливає:  $pV=mRT/\mu$ ;  $RT=pV\mu/m=p\mu/\rho$   
Середньоквадратична швидкість:

$$\langle v^2 \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3P\mu}{\mu\rho}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 40 \cdot 10^3}{0,3}} = 632 \text{ м/с}$$

Найбільш вірогідна швидкість:

$$\langle v_v \rangle = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2P\mu}{\mu\rho}} = \sqrt{\frac{2P}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 10^3}{0,3}} = 516 \text{ м/с}$$

Середньоарифметична швидкість:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{8P}{\pi\rho}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 40 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,3}} = 583 \text{ м/с}$$

Рішення:  $\langle v^2 \rangle=632$  м/с;  $\langle v \rangle=583$  м/с;  $\langle v_v \rangle=516$  м/с

## Задача13

Визначити молярну масу газу, у якого при температурі  $t = 58^\circ\text{C}$  і тиску  $P = 0,25 \text{ МПа}$  густина  $\rho = 4 \text{ кг/м}^3$ .

$$t = 58^\circ\text{C}$$

$$P = 0,25 \text{ МПа}$$

$$\rho = 4 \text{ кг/м}^3$$

$\mu - ?$

Закон Клапейрона-Менделєєва:

$$pV = \frac{m}{\mu} R \cdot T; \mu = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} = \rho \cdot \frac{R \cdot T}{p}; R = 8.31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$\mu = \frac{4 \cdot 8.31 \cdot 331}{2.5 \cdot 10^5} = 4.4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$$

$$\left[ \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{К} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}}{\text{Па}} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{м}^3 \cdot \text{моль} \cdot \text{Н} \cdot \text{с}^2} \right] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right]$$

Рішення:  $\mu = 4.4 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$

## Задача14

Коефіцієнти дифузії і внутрішнього тертя водню при деяких умовах дорівнюють відповідно  $D = 1,42 \text{ см}^2/\text{с}$  і  $\eta = 8,5 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ . Знайти число молекул водню в  $1 \text{ м}^3$  за цих умов.

$$D = 1,42 \text{ см}^2/\text{с} = 1.42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\eta = 8,5 \text{ мкПа} \cdot \text{с} = 8.5 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$V = 1 \text{ м}^3$$

$$\mu_{\text{H}_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$n - ?$

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle l \rangle; \eta = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \langle l \rangle; \rho = \frac{\eta}{D}; N = \frac{m}{\mu} N_A$$

$$N = \frac{\rho}{\mu} N_A; N = \frac{\eta}{D \cdot \mu} N_A; N = \frac{8,5 \cdot 10^{-6} \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{1.42 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \approx 1.8 \cdot 10^{25} \frac{\text{молекул}}{\text{м}^3}$$

$$\left[ \frac{\text{Па} \cdot \text{с} \cdot \text{моль} \cdot \text{с}}{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}} \right] = \left[ \frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг}} \right] = \left[ \frac{1}{\text{м}^3} \right]$$

## Задача15

Два точкових заряди  $Q_1 = 10 \text{ нКл}$  і  $Q_2 = -8 \text{ нКл}$  розташовані на відстані  $r = 20 \text{ см}$  один від одного. Знайти силу, що діє на заряд  $q = 2 \text{ нКл}$ , розташований посередині між зарядами  $Q_1$  і  $Q_2$ .

$$q_1 = 10 \text{ нКл}$$

$$q_2 = -8 \text{ нКл}$$

$$r_{\text{общ}} = 20 \text{ см} = 0.2 \text{ м}$$

$$r = r_{\text{общ}}/2 = 20 \text{ см}/2 = 0.1 \text{ м}$$

$$\epsilon_0 = 1/(4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9) \text{ Ф/м}$$

$F - ?$

Сила Кулона що діє між першим та додатковим зарядами:  $F_{13} = \frac{q_1 \cdot q_3}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot r^2}$

Сила Кулона що діє між другим та додатковим зарядами:  $F_{23} = \frac{q_2 \cdot q_3}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot r^2}$

виходячи з принципу суперпозиції  $F = F_{13} + F_{23}$   $F = \frac{q_3}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot r^2} (q_1 - q_2)$ .

$$F = \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot (10 + 8) \cdot 10^{-9} \cdot 10^9}{4 \cdot \pi \cdot 4 \cdot \pi \cdot (0.1)^2} = 3.6 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Н};$$

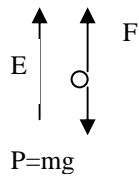
$$\left[ \frac{\text{Кл} \cdot \text{Кл}}{\text{м}^2 \cdot \frac{\text{Ф}}{\text{м}}} \right] = \left[ \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{Кл} \cdot \text{м}} \right] = \left[ \frac{\text{Кл} \cdot \text{Н}}{\text{Кл}} \right] = [\text{Н}]$$

Рішення:  $F = 3.6 \text{ мкН}$

## Задача 16

Заряджена крапелька рідини масою  $m = 0,01$  г знаходиться в рівновазі в полі горизонтально розташованого плоского конденсатора. Відстань між пластинами конденсатора  $d = 4$  мм, різниця потенціалів між ними  $U = 200$  В. Визначити заряд крапельки.

$$\begin{aligned} m &= 0,01 \text{ г} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \\ d &= 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\ U &= 200 \text{ В} \end{aligned}$$



$$P = m \cdot g; F = q \cdot E; E = U/d; q \cdot U/d = m \cdot g; q = (m \cdot g \cdot d)/U;$$

$$q := \frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{200} \quad q = 1,96 \cdot 10^{-9} \text{ К}$$

$$\left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{В} \cdot \text{с}^2} \right] = \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{В}} \right] = [\text{Кл}]$$

Рішення:  $q = 1,96$  нКл

## Задача 17

Джерело струму, ЕРС якого  $\varepsilon = 1,5$  В, дає в зовнішнє коло силу струму  $J = 1$  А. Внутрішній опір джерела струму  $r = 0,2$  Ом, Визначити коефіцієнт корисної дії джерела струму.

$$\varepsilon = 1,5 \text{ В}$$

$$J = 1 \text{ А}$$

$$r = 0,2 \text{ Ом}$$

$\eta$

ККД джерела струму є відношення енергії що виділяється на зовнішньому опорі до повної

енергії яка виділяється  $\eta = \frac{A_{\text{зовнішня}}}{A_{\text{повна}}} = \frac{J^2 \cdot R \cdot t}{J^2 \cdot R \cdot t + J^2 \cdot r \cdot t} = \frac{R}{R + r}$ . Згідно закону Ома

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon - J \cdot r}{J} = \left( \frac{\varepsilon}{J} - r \right); \left[ \frac{\text{В}}{\text{А}} \right] = [\text{Ом}]; \eta = \frac{\left( \frac{\varepsilon}{J} - r \right)}{\left( \frac{\varepsilon}{J} - r \right) + r} = \frac{\varepsilon - J \cdot r}{\varepsilon}$$

$$\eta = \frac{1,5 - 1 \cdot 0,2}{1,5} \cdot 100\% \approx 87\%$$

Рішення:  $\eta = 87\%$

## Задача 18

Два джерела струму, ЕРС яких  $\varepsilon_1 = 1,6$ В,  $\varepsilon_2 = 2$ В, а внутрішній опір  $r_1 = 0,3$  Ом і  $r_2 = 0,2$  Ом, з'єднані послідовно і дають у зовнішнє коло силу струму  $J = 0,4$  А. Визначити опір зовнішнього кола.

$$\varepsilon_1 = 1,6 \text{ В}$$

$$\varepsilon_2 = 2 \text{ В}$$

$$r_1 = 0,3 \text{ Ом}$$

$$r_2 = 0,2 \text{ Ом}$$

2 - й закон Кірхгофа

$$\sum_i \varepsilon_i = \sum_j J_j \cdot R_j; \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = J(r_1 + r_2 + R); \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = J(r_1 + r_2) + JR;$$

$$R = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) - J(r_1 + r_2)}{J}; R = \frac{1,6 + 2 - 0,4(0,3 + 0,2)}{0,4} = 8,5 \text{ Ом};$$

$$\left[ \frac{\text{В} - \text{А} \cdot \text{Ом}}{\text{А}} \right] = \left[ \frac{\text{В}}{\text{А}} \right] = [\text{Ом}]$$

Рішення:  $R = 8,5$  Ом

## Задача 19

На кінцях дротяного кільця радіусом  $R=20$  см і опором  $r=12$  Ом різниця потенціалів  $U=3,6$  В. Визначити індукцію магнітного поля в центрі кільця.

$R=20$  см= $0,2$  м  
 $r=12$  Ом  
 $U=3,6$  В

$\mu=1$       В - ?

$$\text{Індукція магнітного поля в центрі кільця з током: } J = \frac{U}{R}; B = \frac{\mu\mu_0 J}{2 \cdot R}; B = \frac{\mu\mu_0 U}{2 \cdot R \cdot r}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}; \left[ \frac{\text{Гн} \cdot \text{В}}{\text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{Ом}} \right] = \left[ \frac{\text{В} \cdot \text{с} \cdot \text{А}}{\text{А} \cdot \text{м}^2} \right] = [\text{Тл}]; B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3,6}{2 \cdot 0,2 \cdot 12} = 9,42 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}$$

Рішення:  $B=0,942$  мкТл

## Задача 20

Протон рухається по колу радіусом  $r=2$  мм в однорідному магнітному полі з індукцією  $B=0,2$  Тл. Яка кінетична енергія протона?

$r=2$  мм= $0,02$  м  
 $B=0,2$  Тл  
 $q=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл  
 $m_p=1,63 \cdot 10^{-27}$  кг

$E_k$  - ?

На протон що рухається в магнітному полі діє сила Лоренца  $F_L=q \cdot v \cdot B$ ; відцентрова сила

$$F_b=m \cdot a_n, \text{ нормальне прискорення } a_n=v^2/r; \text{ та } F_L=F_b \quad q \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r}; v = \frac{q \cdot B \cdot r}{m_p}$$

$$\text{Кінетична енергія } E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}; E_k = \frac{m}{2} \left( \frac{q \cdot B \cdot r}{m} \right)^2 = \frac{q^2 \cdot B^2 \cdot r^2}{2 \cdot m}$$

$$E_k = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot 0,2^2 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 1,63 \cdot 10^{-27}} = 1,26 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$$

$$\left[ \frac{\text{Кл}^2 \cdot \text{Тл}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{кг}} \right] = \left[ \frac{\text{А}^2 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{Н}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{А}^2 \cdot \text{м}^2} \right] = \left[ \frac{\text{кг}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{кг} \cdot \text{с}^4} \right] = [\text{Дж}]; [\text{Кл}] = [\text{А} \cdot \text{с}]$$

Рішення:  $E_k=1,26 \cdot 10^{-18}$  Дж

## Задача 21

Електрон рухається по колу зі швидкістю  $v=2 \cdot 10^6$  м/с в однорідному магнітному полі з індукцією  $B=2$  мТл. Обчислити радіус кола.

$v=2 \cdot 10^6$  м/с  
 $B=2$  мТл= $2 \cdot 10^{-3}$  Тл

$r$  - ?

Сила Лоренца  $F_L = q \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг;  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

$$\text{Відцентрова сила: } F_e = m \cdot \frac{v^2}{r}; F_e = F_L; \frac{m \cdot v^2}{r} = q \cdot B \cdot v; \text{ тоді } r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

$$r = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (2 \cdot 10^6)^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 5,7 \text{ мм}$$

$$\left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}}{\text{Кл} \cdot \text{Тл}} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{с} \cdot \text{В} \cdot \text{с}} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2} \right] = [\text{м}]; [\text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с}] = [\text{Дж}] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} \right]$$

Рішення:  $r=5,7$  мм

## Задача 22

Промінь світла падає під кутом  $i$  на тіло з показником заломлення  $n$ . Як повинні бути зв'язані між собою  $i$  і  $n$ , щоб відбитий промінь був перпендикулярний заломленому?

$i$ $i'$ $n$ $i' + i_2 = 90^\circ$ $i \sim n - ?$		$i = i'; \frac{\sin i}{\sin i'} = n$ ; Із умови задачі $i' + i_2 = 90^\circ$ , отримаємо $i_2 = 90^\circ - i$ , $\sin(i_2) = \sin(90^\circ - i) = \cos i$ ; $\frac{\sin i}{\sin i_2} = \frac{\sin i}{\cos i_2} = \operatorname{tg} i = n$ ; $i = \operatorname{arctg} n$
Рішення: $i = \operatorname{arctg} n$ (кут Брюстера)		

## Задача 23

Під яким кутом спостерігається максимум третього порядку, одержаний за допомогою дифракційної решітки, що має 500 штрихів на 1 см, якщо довжина хвилі падаючого нормально на решітку світла  $\lambda = 0,6$  мкм?

$k=3$ $\lambda = 0,6 \text{ мкм} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ $N=500$ $L=1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\alpha - ?$	Умови для максимумів $d \cdot \sin \varphi = \pm k \cdot \lambda$ ( $k=0, \infty$ ). Період решітки $d=1/N_0$ ; $\sin \varphi = \frac{\pm k \cdot \lambda}{d} = \frac{\pm k \cdot \lambda \cdot N}{l}$ ; $\varphi = \arcsin \frac{k \cdot \lambda \cdot N_0}{l}$ ; $\Phi = \arcsin(3 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \cdot 500) / 10^{-2} = 5,16^\circ$
Рішення: $\alpha = 5,16^\circ$	

## Задача 24

Визначити концентрацію розчину глюкози, якщо при проходженні світла через трубку довжиною  $l=20$  см площина поляризації повертається на кут  $\varphi = 35,5^\circ$ . Питоме обернення розчину глюкози  $[\alpha] = 76,1$  град/дм на  $1 \text{ г/см}^3$  концентрації.

$\varphi = 35,5^\circ$ $l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ $[\alpha] = 76,1 \text{ град/дм} = 0,761 \text{ град} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$ $C - ?$	Кут обернення площини поляризації оптично активною речовиною $\varphi = [\alpha] \cdot C \cdot l$ $C = \frac{\varphi}{[\alpha] \cdot l}$ ; $C = \frac{35,5}{0,761 \cdot 0,2} = 233,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Рішення: $C = 233,2 \text{ кг/м}^3$	

## Задача 25

Кут повороту площини поляризації при проходженні світла через трубку з розчином глюкози  $\varphi = 32^\circ$  при товщині розчину  $l = 15$  см. Питоме обернення розчину глюкози  $[\alpha] = 76,1$  град/дм на  $1 \text{ г/см}^3$  концентрації. Визначити концентрацію розчину.

$\varphi = 32^\circ$ $l = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$ $[\alpha] = 76,1 \text{ (град} \cdot \text{г)} / (\text{дм} \cdot \text{см}^3)$ $= 0,762 \text{ (град} \cdot \text{м}^3) / \text{кг}$ $C - ?$	Обернення площини поляризації оптично активною речовиною: $\varphi = [\alpha] \cdot l \cdot c$ , $c = \varphi / ([\alpha] \cdot l)$ . $c = 32 / (0,762 \cdot 0,15) = 280 \text{ кг/м}^3$ ; $\left[ \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}} \right] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$
Рішення: $c = 280 \text{ кг/м}^3$	



## Задача 26

Визначити питоме обергання розчину цукру, якщо кут повороту площини поляризації поляризованого світла  $\varphi = 8,5^\circ$  при довжині трубки з розчином  $l = 2$  дм. Концентрація розчину  $C = 0,25$  г/см<sup>3</sup>.

$$\varphi = 8,5^\circ$$

$$l = 2 \text{ дм} = 0,2 \text{ м}$$

$$C = 0,25 \text{ г/см}^3 =$$

$$= 250 \text{ кг/м}^3$$

Кут обергання площини поляризації оптично активною речовиною  $\varphi = [\alpha] \cdot C \cdot l$

$$[\alpha] = \varphi / (l \cdot C); [\alpha] = 8,5 / (250 \cdot 0,2) = 0,17 \text{ град} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$$

$[\alpha] - ?$

Рішення:  $[\alpha] = 0,17 \text{ град} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$

## Задача 27

Визначити енергетичну світність тіла людини при температурі  $t = 36^\circ\text{C}$ , приймаючи його за сіре тіло з коефіцієнтом поглинання  $\alpha = 0,9$ .

$$\alpha = 0,9$$

$$T = 36^\circ\text{C} + 273 = 309 \text{ К}$$

Енергетична світність чорного тіла визначається законом Стефана-Больцмана  $R_e = \sigma T^4$ ;  $\sigma = 5,68 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2\text{К}^4)$ ;  $R_e = 5,68 \cdot 10^{-8} \cdot 309^4 = 465,2 \text{ Вт/м}^2$

$R_e - ?$

Рішення:  $R_e = 465,2 \text{ Вт/м}^2$

## Задача 28

Внаслідок зміни температури сірого тіла максимум спектральної густини енергетичної світності змістився з  $\lambda_1 = 2400$  нм на  $\lambda_2 = 800$  нм. У скільки разів зміниться енергетична світність тіла?

$$\lambda_1 = 2400 \text{ нм} =$$

$$= 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 800 \text{ нм} =$$

$$= 0,8 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Відповідно закону Віна  $\lambda = b/T$ ;  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ ;  $T = b/\lambda$

Енергетична світність чорного тіла визначається законом Стефана-Больцмана  $R_e = \sigma T^4$ ;

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\sigma \cdot T_2^4}{\sigma \cdot T_1^4} = \frac{(b/\lambda_2)^4}{(b/\lambda_1)^4} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^4; \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{2,4}{0,8}\right)^4 = 81$$

$R_2/R_1$

Рішення:  $R_2/R_1 = 81$

## Задача 29

Визначити червону межу фотоелектра для цинку і максимальну швидкість фотоелектронів, що вириваються з поверхні цинку світлом із довжиною хвилі  $\lambda = 200$  нм. Робота виходу для цинку  $A = 3,74$  еВ.

$$\lambda = 200 \text{ нм} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$A = 3,74 \text{ еВ}$$

Рівняння Ейнштейна для фотоелектра:  $h \cdot \nu = A$ ;  $\nu = c/\lambda$ ;  $Дж \cdot с$ ;  $\nu = \left[ \frac{Дж \cdot с \cdot м}{с \cdot Дж} \right] = [м]$ ;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ ;

$$\lambda_{\text{чер}} = (h \cdot c)/A; m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}; 1 \text{ еВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж};$$

$$h \cdot \nu = A + \frac{m \cdot v^2}{2}; v = \sqrt{\frac{2 \cdot (h \cdot \nu - A)}{m}}; v = \sqrt{\frac{2 \cdot \left( h \cdot \frac{c}{\lambda} - A \right)}{m}}$$

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,74 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 332 \cdot 10^9 \text{ м}; \left[ \sqrt{\frac{Дж \cdot с \cdot м}{с \cdot м}} \right] = \left[ \sqrt{\frac{кг \cdot м^2}{с^2 \cdot кг}} \right] = \left[ \frac{м}{с} \right]$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \left( \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-7}} - 3,74 \cdot 1 \cdot 10^{-19} \right)}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 0,93 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

Рішення:  $v = 0,93 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ;  $\lambda = 332 \cdot 10^9 \text{ м}$

### Задача 30

Робота виходу електрона з літію  $A=2,5\text{eV}$ . Чи буде фотоэффект при освітленні літію монохроматичним світлом із довжиною хвилі  $\lambda=50\text{ нм}$ ?

$$\lambda=50\text{ нм}=50\cdot 10^{-9}\text{ м}$$

$$A=2,5\text{ eV}=4\cdot 10^{-19}\text{ Дж}$$

$$\lambda_{\text{кр}} - ? \lambda_2 - ?$$

$$\begin{aligned} &\text{Робота виходу Ейнштейна } h\cdot\nu_{\text{кр}}=A; \nu_{\text{кр}}=c/\lambda_{\text{кр}}; \lambda_{\text{кр}}=(h\cdot c)/A; \\ &\lambda_{\text{кр}}=(6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^8)/(4\cdot 10^{-19})=4.97\cdot 10^{-7}\text{ м}=497\text{ нм} \\ &c=3\cdot 10^8\text{ м/с}; h=6.63\cdot 10^{-34}\text{ Дж}\cdot\text{с}; 1\text{ eV}=1.6\cdot 10^{-19}\text{ Дж} \end{aligned}$$

Рішення:  $497 > 50$  Фотоэффект має місце

### Задача 31

Червона межа фотоэффекта у вольфраму  $\lambda_{\text{кр}} = 230\text{ нм}$ . Визначити кінетичну енергію електронів, що вириваються з вольфраму ультрафіолетовим світлом із довжиною хвилі  $\lambda_2 = 150\text{ нм}$ .

$$\lambda_{\text{кр}} = 230\text{ нм} = 230\cdot 10^{-9}\text{ м}$$

$$\lambda_2 = 150\text{ нм} = 150\cdot 10^{-9}\text{ м}$$

$$\begin{aligned} &\text{Робота виходу Ейнштейна } h\cdot\nu_{\text{кр}}=A+E_{\text{кр}}; \nu_{\text{кр}}=c/\lambda_{\text{кр}}; E_{\text{кр}}=h\cdot\nu_{\text{кр}}-A \\ &c=3\cdot 10^8\text{ м/с}; h=6.63\cdot 10^{-34}\text{ Дж}\cdot\text{с}; 1\text{ eV}=1.6\cdot 10^{-19}\text{ Дж} \end{aligned}$$

$$E_{\text{к}} = h \cdot \frac{c}{\lambda_2} - h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = h \cdot \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right);$$

$$E_{\text{к}} = 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left( \frac{1}{150 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{230 \cdot 10^{-9}} \right) = 4.6 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}$$

Рішення:  $E_{\text{к}}=4.6 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}=2.875\text{ eV}$

### Задача 32

Знайти частоту  $\nu$  світла, що вириває з металу електрони, що цілком затримуються різницею потенціалів  $U=3\text{ В}$ . Фотоэффект починається при частоті світла  $\nu_{\text{кр}} = 6\cdot 10^{14}\text{ Гц}$ . Знайти роботу виходу  $A$  електрона з металу.

$$\nu_{\text{кр}} = 6\cdot 10^{14}\text{ Гц}$$

$$U=3\text{ В}$$

$$A - ?$$

$$\nu - ?$$

$$\begin{aligned} &\text{З рівняння Ейнштейну } h\nu=A+(m\nu^2)/2; A=h\nu_{\text{кр}}; E_{\text{к}}=(m\nu^2)/2=qU; h\nu=h\nu_{\text{кр}}+qU \\ &1\text{ eV}=1.6\cdot 10^{-19}\text{ Дж}; h=6.63\cdot 10^{-34}\text{ Дж}\cdot\text{с}; A=6.63\cdot 10^{-34}\text{ Дж}\cdot\text{с}\cdot 6\cdot 10^{15}\text{ с}^{-1}=4.14\text{ eV} \end{aligned}$$

$$\left[ \frac{\text{Кл}\cdot\text{В}}{\text{Дж}\cdot\text{с}} \right] = \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}\cdot\text{с}} \right] = \left[ \frac{1}{\text{с}} \right]; [\text{Дж}] = [\text{Кл}\cdot\text{В}] = [A\cdot B\cdot C]$$

$$\nu = (h\nu_{\text{кр}}+qU)/h = \nu_{\text{кр}}+(qU)/h; \nu = 6\cdot 10^{14} + \frac{4.8\cdot 10^{-19}\cdot 5}{6.63\cdot 10^{-34}} = 13.3\cdot 10^{14}\frac{1}{\text{с}}$$

$$A=h\nu_{\text{кр}}=6.63\cdot 10^{-34}\cdot 6\cdot 10^{14}=3.978\cdot 10^{-19}\text{ Дж}=2.49\text{ eV}$$

Рішення:  $\nu=1,3 \cdot 10^{15}\text{ с}^{-1}$ ;  $A=2.49\text{ eV}$

### Задача 33

Знайти затримуючу різницю потенціалів  $U_3$  для електронів, що вириваються при освітленні калію світлом із довжиною хвилі  $\lambda=330\text{ нм}$ . Робота виходу калію  $A=2,0\text{ eV}$ .

$$\lambda=330\text{ нм}=330\cdot 10^{-9}\text{ м}$$

$$A=2,0\text{ eV}$$

$$U - ?$$

Формула для фотоэффекту

$$h\cdot\nu = A + \frac{m\cdot\nu^2}{2}; \frac{m\cdot\nu^2}{2} = qU; \nu = \frac{c}{\lambda}; qu = h\frac{c}{\lambda} - A; U = (h\frac{c}{\lambda} - A)q$$

$$1\text{ eV} = 1.6\cdot 10^{-19}\text{ Дж}; h=6.63\cdot 10^{-34}\text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$U = \left( \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^8}{330\cdot 10^{-9}\cdot 1.6\cdot 10^{-19}} - 2 \right) = 1.77\text{ В}$$

Рішення:  $U=1.77\text{ В}$

## Задача 34

Знайти довжину хвилі де Бройля  $\lambda$  для електронів, які пройшли різницю потенціалів  $U_1=1$  В і  $U_2=100$ В.

$$\begin{array}{l} U=1 \text{ В} \\ U_2=100 \text{ В} \end{array}$$

$$\lambda_1 - ?; \lambda_2 - ?$$

$$m_e=9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; q=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ еВ}; h=6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}$$

Довжина хвилі де Бройля  $\lambda=h/p=h/(m \cdot v)$ . Прискорююча різниця потенціалів збільшує кінетичну

$$\text{енергію } \frac{m \cdot v^2}{2} = q \cdot U; v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}}; \lambda = \frac{h}{m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot q \cdot U \cdot m}}$$

$$\left[ \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\sqrt{\text{Кл} \cdot \text{В} \cdot \text{кг}}} \right] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \text{кг}^2}} \right] = [\text{м}];$$

$$\lambda_1 = \frac{6.63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31}}} = 1.2 \cdot 10^{-9} \text{ м}; \lambda_2 = \frac{\lambda_1}{\sqrt{100}} = 0.12 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Рішення:  $\lambda_1 = 1.2 \text{ нм}; \lambda_2 = 0.12 \text{ нм}$

## Задача 35

Яку найменшу швидкість повинні мати електрони, щоб іонізувати при ударі атом водню?

$$m=1$$

$$n=\infty$$

$$v - ?$$

$$m_e=9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; h=6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}. \text{ Стала Ридберга } R=3.29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}. \text{ Енергію іонізації визначимо з рівняння Рідбргу: } E_i = h \cdot \nu_{1,\infty} = h \cdot R \cdot \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = h \cdot R \cdot \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = h \cdot R; E_k = \frac{m_e \cdot v^2}{2}$$

$$E_k = E_i; \frac{m_e \cdot v^2}{2} = h \cdot R; v = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot R}{m_e}}; \left[ \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{с} \cdot \text{кг}} \right]^{1/2} = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} \right]^{1/2} = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3.29 \cdot 10^{15}}{9.11 \cdot 10^{-31}}} = 2.2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Рішення:  $v=2.2 \text{ м/с}$

## Задача 36

При переході електрона усередині атома водню з одного енергетичного рівня на іншій випромінюється квант світла з енергією  $E = 1,89 \text{ еВ}$ . Знайти довжину хвилі випромінювання.

$$\begin{array}{l} E=1,89 \text{ еВ} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = \\ = 3.024 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \end{array}$$

$$\lambda - ?$$

Енергія випромінювання визначається формулою Планка:

$$\varepsilon = h \cdot \nu; \nu = \frac{c}{\lambda}; \lambda = \frac{h \cdot c}{\varepsilon}; \lambda = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3.024 \cdot 10^{-19}} = 6.57 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 657 \text{ нм}$$

$$\left[ \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{Дж}} \right] = [\text{м}]$$

Рішення:  $\lambda=657 \text{ нм}$

Рішення:  $m=6.9 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$

## Задача 37

<p>Скільки атомів полонію розпадається за добу з 1млн атомів? Період напіврозпаду <math>T_{1/2} = 138</math> діб.</p> <p><math>N = 1 \cdot 10^6</math>  <math>T_{1/2} = 138</math> діб  <math>\Delta t = 1</math> доба</p>	<p>Кількість атомів що розпадуться за період <math>\Delta t</math>: <math>N = N_0 \cdot e^{-\lambda \Delta t}</math>; кількість атомів що розпалися: <math>\Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda \Delta t})</math>; <math>N = 1 \cdot 10^6 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{138} \cdot 1}\right) = 5 \cdot 10^3</math> атомів</p>
$\Delta N = ?$	Рішення: $\Delta N = 5000$ атомів

## Задача 38

<p>Скільки ядер у 1 г урану <math>^{235}\text{U}_{92}</math> розпадається за секунду? Період напіврозпаду <math>T_{1/2} = 7,1 \cdot 10^8</math> років.</p> <p><math>T_{1/2} = 7,1 \cdot 10^8</math> років*  <math>*365 \cdot 24 \cdot 3600 =</math>  <math>2,24 \cdot 10^{16}</math> с  <math>m = 1</math> г</p>	<p>Кількість ядер в одиниці маси <math>N = (m \cdot N_A) / \mu</math>. Кількість розпадків в секунду – це активність ізотопу</p> <p><math>A = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \approx \lambda \cdot N_0</math>; <math>\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}</math>; <math>A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot \frac{m}{\mu} \cdot N_A</math></p> <p><math>A = \frac{\ln 2}{2,24 \cdot 10^{16}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{235} = 7,93 \cdot 10^4 \frac{\text{розп}}{\text{с}}</math>; <math>A = \frac{7,93 \cdot 10^4}{3,7 \cdot 10^{10}} = 2,14 \cdot 10^{-6} \text{ Ки}</math></p>
$A = ?$	Рішення: $A = 2,14$ мкКи
$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$	

## Задача 39

<p>Скільки атомів йоду розпадається в 1г <math>I_{53}^{124}</math> за 8 діб? Період напіврозпаду <math>T_{1/2} = 4,15</math> доби.</p> <p><math>I_{53}^{124}</math>  <math>1 \text{ г} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}</math></p>	<p><math>N_0 = \frac{m}{\mu} N_A</math>; <math>\mu = 124 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}</math>; <math>N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}</math>; <math>T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}</math>; <math>\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}</math></p> <p><math>N = N_0 e^{-\lambda t}</math>; <math>\Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})</math>; <math>\Delta N = \frac{m}{\mu} N_A \left(1 - \exp\left(\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t\right)\right)</math></p> <p><math>\Delta N := \frac{1}{124} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\ln(2) \cdot 8}{4,15}}\right)</math>      <math>\Delta N = 3,579 \times 10^{21}</math></p>
$\Delta N = ?$	Рішення: $\Delta N = 3,579 \times 10^{21}$

## Задача 40

Визначити зміну ентропії в процесі танення 1 моля льоду при  $0^\circ \text{C}$  і наступному нагріванні утвореної води до  $100^\circ \text{C}$ .

<p><math>\nu = 1</math> моль  <math>t_0 = 0^\circ \text{C} + 273 = 273 \text{ K}</math>  <math>t_1 = 100^\circ \text{C} + 273 =</math>  <math>= 373 \text{ K}</math></p>	<p>Питома теплоємність танення льоду – <math>\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}</math>          Питома теплоємність води – <math>C = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}</math>          Питома молекулярна маса – <math>\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}</math>; <math>m = \nu \cdot \mu</math> [кг]          Зміна ентропії при нагріванні – <math>\Delta S_1 = \nu \cdot c_p \cdot \ln(T_2/T_0)</math>          Зміна ентропії при таненні – <math>\Delta S_1 = (\lambda \cdot \nu) / T_0</math>  <math>\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2</math></p> <p><math>\square S = \frac{\nu \cdot \mu \cdot \lambda}{T_0} + \nu \cdot \mu \cdot c \cdot \ln \frac{T_2}{T_0} \quad \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \right] = \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{K}} \right]</math></p> <p><math>\Delta S := \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,3 \cdot 10^5}{273} + 18 \cdot 10^{-3} \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot \ln\left(\frac{373}{273}\right)</math></p>
$\Delta S = ?$	Рішення: $\Delta S = 45,354 \text{ Дж/К}$