

**УЧЕБНИК ПО ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ-  
ЗАДЪЛЖИТЕЛНА ПОДГОТОВКА  
ЗА ДЕСЕТИ КЛАС  
ИЗДАТЕЛСТВО БУЛВЕСТ**

**ГЛАВА I. СВЕТЛИНА**

**1. РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА СВЕТЛИНАТА**

**ЗАД.1.**

Като електромагнитна вълна светлината се движи във вакуум със скорост приблизително равна на  $3,10^8$  m/s. Когато наблюдаваме една звезда или далечна галактика, ние всъщност виждаме светлината, която е напуснала тези обекти преди много, много години. Колкото по-далече е разположен един космически обект, толкова повече време е необходимо на светлината, излъчена от него да достигне до нас. Напр. светлината, излъчена от нашето Слънце, което е отдалечено от Земята на 150000000 km, ще измине това разстояние за 8 min. И едва след 8 min ние ще получим информацията, носена от тази електромагнитна вълна. Затова когато астрономите наблюдават отдалечена галактика, казват, че гледат „назад във времето“.

**ЗАД.2.**

Дадено:  $\nu = 4,7 \cdot 10^{14}$  Hz;  
 $c = 3 \cdot 10^8$  m/s

Търси се: а)  $\lambda_0 = ?$  във вакуум; б)  $\lambda = ?$  в кварц ( $n = 1,54$ )

а) Дължината на вълната определяме от връзката между дължина на вълната, скорост и честотата:  $c = \lambda_0 \cdot \nu$

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,7 \cdot 10^{14}} \approx 0,638 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 638 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 638 \text{ nm}$$

б) Дължината на вълната на светлината в кварц определяме по формулата:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{c}{n \cdot \nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,54 \cdot 4,7 \cdot 10^{14}} \approx 0,414 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 414 \text{ nm}$$

**ЗАД.3.**

Дадено:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s  
 $n = 2,4$

Търси се:  $u = ?$

Скоростта на светлината в диамант определяме по формулата:  $n = \frac{c}{u}$

$$u = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

**ЗАД.4.**

Дадено:  $\lambda = 400 \text{ nm} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ ;  
 $n = 1,33$

Търси се :  $\lambda_0 = ?$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \Rightarrow \lambda_0 = n \cdot \lambda = 1,33 \cdot 400 \cdot 10^{-9} = 532 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 532 \text{ nm}$$

От таблицата определяме, че цветът на светлина с такава дължина на вълната е зелен.

### ЗАД.5.

Дадено:  $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$ ;

$$n_1 = 1,33;$$

$$n_2 = 1,50$$

Търси се: а) да се докаже, че е в сила равенството  $\Rightarrow n_1 \cdot \lambda_1 = n_2 \cdot \lambda_2$ ;

$$\text{б) } \lambda_2 = ?;$$

$$\text{в) } \lambda_0 = ?$$

а) Използваме, че  $\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \Rightarrow \lambda_0 = n \cdot \lambda$

При преминаване на светлината от една среда в друга се променя нейната скорост и дължина на вълната, честотата ѝ остава същата.

Тогава  $\lambda_0 = n_1 \cdot \lambda_1 \Rightarrow n_1 \cdot \lambda_1 = n_2 \cdot \lambda_2$   
 $\lambda_0 = n_2 \cdot \lambda_2$

б) От  $n_1 \cdot \lambda_1 = n_2 \cdot \lambda_2$  изразяваме  $\lambda_2$

$$\lambda_2 = \frac{n_1 \cdot \lambda_1}{n_2} = \frac{1,33 \cdot 450}{1,50} = 399 \text{ nm} \approx 400 \text{ nm}$$

в)  $\lambda_0 = n_1 \cdot \lambda_1 = 1,33 \cdot 450 = 598,5 \text{ nm} \approx 600 \text{ nm}$

### ЗАД.6.

Дадено:  $L = 10 \text{ km} = 10 \cdot 10^3 \text{ m}$ ;

$$n = 1,5$$

Търси се:  $t = ?$

Светлината се разпространява равномерно. От закона за пътя при равномерно движение  $s = v \cdot t$  можем да запишем:  $L = u \cdot t$  Изразяваме времето :

$$t = \frac{L}{u} = \frac{L}{\frac{c}{n}} = \frac{n \cdot L}{c} = \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

( Използваме, че  $n = \frac{c}{u} \Rightarrow u = \frac{c}{n}$  )

## 2. ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЧУПВАНЕ НА СВЕТЛИНАТА

### ЗАД.1.

Източникът на светлина може да се намира в точка Е – съгласно със закона за отражение: ъгълът на отражение е равен на ъгъла на падане.

Източникът може да се намира в точка А – от закон на Снелиус следва, че когато светлината преминава от среда с по- голям показател на пречупване в среда с по- малък показател на пречупване, пречупеният лъч се отдалечава от перпендикуляра. Следователно  $\alpha_2 > \alpha_1$ .

### ЗАД.2.

Дадено:  $\alpha_1 = 60^\circ$ ;

$$\alpha_2 = 30^\circ$$

$$n_1 = 1$$

Търси се:  $n_2 = ?$

Използваме закон на Снелиус и определяме  $n_2$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot \sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{1 \cdot \sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3} \approx 1,73$$

### ЗАД.3.

Дадено:  $n_1 = 1$ ;

$$\alpha_1 = 30^\circ;$$

$$\alpha_2 = 60^\circ$$

Търси се:  $n_2 = ?$

Използваме закон на Снелиус и определяме  $n_2$ :  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot \sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{1 \cdot \sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0,58$$

/ условието на тази задача е объркано: Съгласно със закона на Снелиус когато светлината преминава от среда с по- малък показател на пречупване /напр. въздух/ в среда с по- голям показател на пречупване /напр. стъкло/ пречупеният лъч се отдалечава от перпендикуляра. Следователно ъгълът на падане в този случай ще бъде по- голям от ъгъла на пречупване. /

### ЗАД.4.

Дадено:  $\theta = 90^\circ$

Търси се:  $\alpha_1 = ?$

Означаваме с  $\alpha_1$  ъгъла на отражение, а с  $\alpha_2$  – ъгъла на пречупване. Тогава :

$$\alpha_1 + \theta + \alpha_2 = 180^\circ$$

$$\text{Но } \theta = 90^\circ \Rightarrow \alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ \quad \text{и} \quad \alpha_1 = \alpha_1 \quad \text{Тогава: } \alpha_2 = 90 - \alpha_1$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{\sin \alpha_1}{\sin(90 - \alpha_1)} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

### ЗАД.5.

Дадено:  $\sin \alpha_{\text{гр}} = 2/3$ ;

$$n_2 = 1$$

Търси се:  $n_1 = ?$

От закон на Снелиус за пълно вътрешно отражение определяме  $n_1$ :

$$\sin \alpha_{ep} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \sin \alpha_{ep} = \frac{1}{n_1}$$
$$n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_{ep}} = \frac{1}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{2} = 1,5$$

### 3. ПРЕЧУПВАНЕ НА СВЕТЛИНАТА (РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

#### ЗАД.1.

Дадено:  $n_2 = 1,3$ ;

Търси се:  $n_1 = ?$

От закон на Снелиус определяме  $n_1$ :  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2$$

$$n_1 = \frac{n_2 \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}$$

С помощта на фигурата от учебника определяме  $\sin \alpha_1$  и  $\sin \alpha_2$

$\sin \alpha_1 = \frac{4}{s_1} = \frac{4}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = \frac{4}{\sqrt{25}} = \frac{4}{5}$ , където с  $s_1$  сме означили пътя на светлината в стъклото;

$\sin \alpha_2 = \frac{12}{s_2} = \frac{12}{\sqrt{5^2 + 12^2}} = \frac{12}{\sqrt{169}} = \frac{12}{13}$  където с  $s_2$  сме означили пътя на светлината в течността.

Заместваме и получаваме:

$$n_1 = \frac{n_2 \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{n_2 \cdot \frac{12}{13}}{\frac{4}{5}} = \frac{15 \cdot n_2}{13} = \frac{15 \cdot 1,3}{13} = 1,5$$

#### ЗАД.2.

Дадено:  $\alpha_1 = 60^\circ$ ;

$\alpha_2 = 45^\circ$ ;

$u_1 = \sqrt{6} \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Търси се:  $u_2 = ?$

Използваме закон на Снелиус  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$  и формулата за показател на пречупване

$$n = \frac{c}{u}$$

$$n_1 = \frac{c}{u_1}$$

$$n_2 = \frac{c}{u_2}$$

Заместваме в закон на Снелиус и получаваме:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{u_2}}{\frac{c}{u_1}} = \frac{u_1}{u_2} \quad \text{От тук}$$

$$u_2 = \frac{u_1 \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\sqrt{6} \cdot 10^8 \cdot \sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{\sqrt{6} \cdot 10^8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

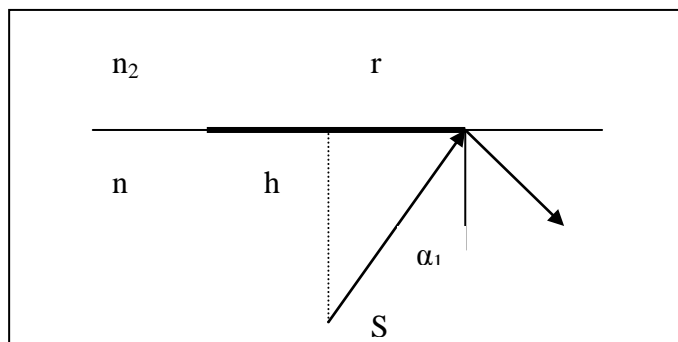
### ЗАД.3.

Дадено:  $h = 1 \text{ m}$

$n = 1,33$

Търси се:  $r = ?$

Светлината ще излиза от водата, ако ъгълът на падане е по-малък или равен на граничния ъгъл, т.е.  $\alpha_1 \leq \alpha_{cp}$



$$\text{От } \sin \alpha_{cp} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \sin \alpha_{cp} = \frac{1}{n} \quad \text{но } n_1 = n = 1,33 \text{ и } n_2 = 1$$

$$\text{От фигурата: } \sin \alpha_{cp} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + h^2}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + h^2}}$$

$$\frac{1}{n^2} = \frac{r^2}{r^2 + h^2}$$

$$r^2 + h^2 = n^2 \cdot r^2$$

$$r = \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{1}{\sqrt{1,33^2 - 1}} = 1,14 \text{ m}$$

## 4. ДИСПЕРСИЯ НА СВЕТЛИНАТА

### ЗАД.1.

Червеният цвят има по-голяма дължина на вълната и по-малък показател на пречупване от виолетовия цвят. Затова, когато се наблюдава небесна дъга, червеният

цвят, който се е пречупил по- слабо от водните капки, стои отгоре, а виолетовият цвят-отдолу.

### ЗАД.2.

Зависимостта на показателя на пречупване от дължината на вълната се нарича дисперсия на светлината: показателят на пречупване намалява с увеличаване на дължината на вълната. Освен това скоростта на светлината зависи от дължината на вълната: по – късите вълни се разпространяват с по – малка скорост. Следователно сноп1, който се е отклонил на ъгъл  $\delta_1$  има по – голям показател на пречупване, по – малка дължина на вълната и следователно по – малка скорост.

### ЗАД.3.

Дадено:  $n_c = 1,47$ ;

$n_q = 1,46$ ;

Търси се:  $\Delta u = ?$

Използваме зависимостите  $n_c = \frac{c}{u_c}$  и  $n_q = \frac{c}{u_q}$ . Тогава

$$\Delta u = u_q - u_c = \frac{c}{n_q} - \frac{c}{n_c} = c \cdot \left( \frac{1}{n_q} - \frac{1}{n_c} \right) = \frac{c \cdot (n_c - n_q)}{n_c \cdot n_q} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot (1,47 - 1,46)}{1,47 \cdot 1,46} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

### ЗАД.4.

Вторична дъга се наблюдава, когато слънчевите лъчи се отразяват вътре в капката два пъти и напускат я, попадат в окото на наблюдателя. Необходимо е Слънцето да бъде на определена височина над хоризонта, така че падналите върху долната страна на капката лъчи след двукратно отражение да я напуснат достатъчно наклонени към Земята, за да могат да достигнат до нея. След напускане на капката, виолетовите лъчи ще се окажат най-наклонени към Земята, а червените заедно с останалите ще се разположат над тях. При това ъгълът между червените и виолетовите лъчи е 3 градуса, а не 2, както при основната.

## 5. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ НА СВЕТИНАТА

### ЗАД.1.

Дадено:  $I$ ;  $E_0$

Търси се:  $I_1/I = ?$ ;  $I_2/I = ?$

От теорията на Максвел:  $I \propto E_0^2$

$$I_1 \propto (2E_0)^2 = 4E_0^2$$

А) ако  $E_0$  нарастне 2 пъти:  $\frac{I_1}{I} \propto \frac{4E_0^2}{E_0^2} = 4 \Rightarrow I_1 = 4I$

Интензитетът ще нарастне 4 пъти.

$$I_2 \propto (3E_0)^2 = 9E_0^2$$

Б) ако  $E_0$  нарасне 3 пъти:  $\frac{I_2}{I} \propto \frac{9E_0^2}{E_0^2} = 9 \Rightarrow I_2 = 9I$

Интензитетът ще нарастне 9 пъти.

**ЗАД.2.**

Дадено:  $v_1 = v_2$ ;

$$E_0; 2E_0$$

Търси се:  $I_{\max} = ?$ ;  $I_{\min} = ?$

$$I_0 \propto E_0^2$$

А) при интерференчен максимум:

$$E = E_0 + 2E_0 = 3E_0$$

$$I_{\max} \propto (3E_0)^2 = 9E_0^2 \Rightarrow I_{\max} = 9I_0$$

Б) при интерференчен минимум:

$$E = 2E_0 - E_0 = E_0$$

$$I_{\min} \propto E_0^2 \Rightarrow I_{\min} = I_0$$

**ЗАД.3.**

За да се наблюдава интерференчен максимум, условието е:  $\Delta r = r_2 - r_1 = m\lambda$

Условието да се наблюдава интерференчен минимум е:  $\Delta r = r_2 - r_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

**ЗАД.4.**

Дадено:  $\lambda = 500\text{nm}$ ;

$$\Delta r_A = 0; \Delta r_B = 750\text{nm}; \Delta r_C = 1,5\mu\text{m}; \Delta r_D = 1,75\mu\text{m}$$

Търси се: В кои точки ще има интерференчен максимум и в кои- интерференчен минимум?

Използваме условието за наблюдаване на интерференчен максимум в дадена точка

$$\Delta r = r_2 - r_1 = m\lambda \text{ и условието за интерференчен минимум } \Delta r = r_2 - r_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

За точка А определяме:  $\frac{\Delta r_A}{\lambda} = \frac{0}{500} = 0 \Rightarrow m = 0$

В точка А ще се наблюдава интерференчен максимум ( централен)

За точка В определяме:  $\frac{\Delta r_B}{\lambda} = \frac{750}{500} = 1,5 \Rightarrow m = 1,5$  ( полуцяло число)

В точка В ще се наблюдава интерференчен минимум.

За точка С определяме:  $\frac{\Delta r_C}{\lambda} = \frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 10^{-9}} = 3 \Rightarrow m = 3$  ( цяло число)

В точка С ще се наблюдава интерференчен максимум.

За точка D определяме:  $\frac{\Delta r_D}{\lambda} = \frac{1,75 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 10^{-9}} = 3,5 \Rightarrow m = 3,5$  ( полуцяло число)

В точка D ще се наблюдава интерференчен минимум.

**6. КОХЕРЕНТНИ ВЪЛНИ****ЗАД.1.**

Източници, които излъчват съгласувано, се наричат кохерентни, а излъчените от тях вълни- кохерентни вълни. Два точкови, идеално монохроматични източника на светлина с една и съща честота винаги са кохерентни.

Условието две вълни да бъдат кохерентни изисква винаги, когато в една точка пристига гребен на едната вълна, да пристига гребен и на другата вълна. Ако в един момент максимумите в една точка съвпадат, но честотите на вълните са различни, когато в

точката пристигне следващият максимум на първата вълна, максимумът на втората или още няма да е пристигнал, или вече ще е преминал.

По-лесно е да се наблюдава интерференция с лазерна светлина, отколкото със светлина от обикновена лампа, защото лазерите излъчват в най-тесен спектрален диапазон и се доближават в най-голяма степен до монохроматични източници.

### ЗАД.2.

Разликата в пътищата на двете отразени вълни е нула, но поради загубата на полувълна при отражението на границата въздух-вода отразените от двете повърхности на ципата вълни взаимно се гасят-сапуненият мехур е тъмен.

### ЗАД.3.

Дадено:  $\lambda_0 = 650\text{nm}$ ;

$$n = 1,33$$

Търси се:  $d = ?$

Използваме условието за наблюдаване на интерференчен максимум при отражение:

$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_0$$

$$\text{При } m = 0 \text{ получаваме } 2nd = \frac{1}{2}\lambda_0 \Rightarrow d = \frac{\lambda_0}{4n} = \frac{650}{4 \cdot 1,33} = 122\text{nm}$$

### ЗАД.4.

Дадено:  $n = 1,4$ ;

$$d = 250\text{nm};$$

$$n_1 = 1,33$$

Търси се:  $\lambda_0 = ?$

Използваме условието за наблюдаване на интерференчен максимум при отражение:

$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_0$$

$$\text{При } m = 0 \text{ получаваме } 2nd = \frac{1}{2}\lambda_0 \Rightarrow \lambda_0 = 4nd = 4 \cdot 1,4 \cdot 250 = 1400\text{nm}$$

$$\text{При } m = 1 \text{ получаваме } 2nd = \frac{3}{2}\lambda_0 \Rightarrow \lambda_0 = \frac{4nd}{3} = \frac{4 \cdot 1,4 \cdot 250}{3} = 467\text{nm} \approx 470\text{nm}$$

$$\text{При } m = 2 \text{ получаваме } 2nd = \frac{5}{2}\lambda_0 \Rightarrow \lambda_0 = \frac{4nd}{5} = \frac{4 \cdot 1,4 \cdot 250}{5} = 280\text{nm}$$

Следователно мазното петно ще се оцвети в синьо при дължина на вълната 470 nm. Останалите стойности на дължината на вълната удовлетворяват условието за максимум, но са извън видимата област.

## 7. ДИФРАКЦИЯ НА СВЕТЛИНАТА

### ЗАД.1.

Дифракция на слънчевата светлина от прозорците на класната стая не се наблюдава, защото не е изпълнено условието за дифракция. Размерите на прозорците са много по-големи от дължината на видимата светлина.



Двама души, намиращи се на извесно разстояние един от друг в гъста гора могат да си говорят, но не се виждат, защото дължината на звуковите вълни е около  $10^9 - 10^6$  пъти по-голяма от дължината на видимата светлина.

Ако светлината имаше  $2 \cdot 10^6$  по-голяма дължина на вълната (около 1 m), ние щяхме да виждаме предметите зад ъгъла.

### ЗАД.2.

Опъната носна кърпа изпълнява ролята на дифракционна решетка и затова се наблюдава мрежа от светли точки.

### ЗАД.3.

Ако успореден сноп монохроматична светлина се насочи към процеп с ширина няколко милиметра, върху отдалечен екран се наблюдава светъл правоъгълник, чиито размери съвпадат с размерите на процепа. Когато се намалява процепът, неговият образ върху екрана също става по-тесен. Ако обаче процепът стане много тесен, светлата ивица в центъра на екрана започва да нараства и при процеп под 0,1 mm тя вече е многократно по-широка от самия процеп. Симетрично от двете страни на ярката централна ивица се появяват дифракционни ивици с намаляващ интензитет, разделени от тъмни участъци. Колкото по-тесен е процепът, толкова по-широки са светлите и тъмните ивици върху екрана.

## 8. ДИФРАКЦИОННИ РЕШЕТКИ И СПЕКТРИ

### ЗАД.1.

Дадено:  $d = 4,8 \mu\text{m} = 4,8 \cdot 10^{-6} \text{m}$ ;

$$\theta = 30^\circ;$$

$$m = 4$$

Търси се:  $\lambda = ?$

Използваме условието за дифракционен максимум:  $d \sin \theta = m\lambda$

$$\lambda = \frac{d \sin \theta}{m} = \frac{4,8 \cdot 10^{-6} \sin 30^\circ}{4} = \frac{4,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5}{4} = 0,600 \cdot 10^{-6} \text{m} = 600 \text{nm}$$

### ЗАД.2.

Дадено:  $\lambda = 589 \text{nm}$ ;

$$m = 2;$$

$$\theta = 45^\circ$$

Търси се:  $d = ?$

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$d = \frac{m\lambda}{\sin \theta} = \frac{2 \cdot 589 \cdot 10^{-9}}{\sin 45^\circ} = \frac{2 \cdot 589 \cdot 10^{-9}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 1670,9 \cdot 10^{-9} \text{m} = 1,67 \mu\text{m}$$

### ЗАД.3.

Дадено:  $d = 1 \text{cm}/8000$  процепа;

$$m = 2$$

Търси се:  $\lambda_{\text{max}} = ?$

Първо определяме константата на дифракционната решетка:

$$d = \frac{1\text{cm}}{8000} = \frac{0,01}{8000} = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1,25 \mu\text{m}$$

Използваме условието за дифракционен максимум:

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$$

Тъй като синусът на един ъгъл не може да е по-голям от 1, за да се наблюдава дифракционен максимум от  $m$ -ти порядък, трябва да е изпълнено условието:

$$\frac{m\lambda}{d} < 1$$

Следователно при  $m = 2$  за дължината на вълната получаваме:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{d}{m} = \frac{1,25 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,625 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 625 \text{ nm}$$

#### ЗАД.4.

Дадено:  $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ ;

$\lambda_2 = 700 \text{ nm}$ ;

$m = 1$

Търси се:  $\theta_1 = ?$ ;  $\theta_2 = ?$  при а) 5000 процепа/ cm; б) 10000 процепа/ cm

Първо определяме константата на дифракционната решетка:

$$d_1 = \frac{1\text{cm}}{5000} = \frac{0,01}{5000} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 2 \mu\text{m}$$

$$d_2 = \frac{1\text{cm}}{10000} = \frac{0,01}{10000} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$$

$$d \sin \theta = m\lambda$$

А) Определяме ъгловия интервал при  $d_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$$\sin \theta_1 = \frac{m\lambda_1}{d_1} = \frac{1 \cdot 400 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-6}} = 0,2 \Rightarrow \sin \theta_1 = 0,2 \Rightarrow \theta_1 = 11^\circ$$

$$\sin \theta_2 = \frac{m\lambda_2}{d_1} = \frac{1 \cdot 700 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-6}} = 0,35 \Rightarrow \sin \theta_2 = 0,35 \Rightarrow \theta_2 = 20^\circ$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 9^\circ$$

Б) Определяме ъгловия интервал при  $d_2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$$\sin \theta_1 = \frac{m\lambda_1}{d_2} = \frac{1 \cdot 400 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 10^{-6}} = 0,4 \Rightarrow \sin \theta_1 = 0,4 \Rightarrow \theta_1 = 23^\circ$$

$$\sin \theta_2 = \frac{m\lambda_2}{d_2} = \frac{1 \cdot 700 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 10^{-6}} = 0,7 \Rightarrow \sin \theta_2 = 0,7 \Rightarrow \theta_2 = 44^\circ$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 21^\circ$$

Ъгловата ширина на спектъра нараства при увеличаване на броя на процепите на 1 cm, т.е. при намаляване на константата на дифракционната решетка.

## 9. ИЗТОЧНИЦИ НА СВЕТЛИНА

#### ЗАД.1.

Непрекъснати спектри излъчват нагретите до високи температури твърди тела, течности и газове. Това са т. нар. топлинни източници на светлина- техните атоми и

молекули преобразуват в лъчиста енергия част от енергията на хаотичното топлинно движение.

Линейните спектри са резултат от излъчване на отделните атоми на веществото, които не са свързани в молекули.

Спектралният анализ е метод за определяне на химичния състав на веществото по неговия спектър, тъй като всеки химичен елемент има характерен линеен спектър, който се различава от спектрите на всички останали елементи.

#### **ЗАД.2.**

Когато разределеният газ се състои от молекули, спектърът му на излъчване е ивичен: съдържа не отделни ивици, а по- широки ивици. При нарастване на налягането спектралните линии ( ивици) постепенно се разширяват и започват да се припокриват. Спектърът на излъчване става непрекъснат.

#### **ЗАД.3.**

Излъчването на циферблатите на тъмно се отнася към луминесцентното излъчване.

#### **ЗАД.4.**

Основните предимства на лазерите в сравнение с другите източници на светлина са: монохроматичност, насоченост и голям интензитет.

#### **ЗАД.5.**

Основните вълнови явления, които се използват при създаването и възпроизвеждането на холографските образи са интерференция и дифракция на светлината.

#### **ЗАД.6.**

Различия между лазерните и електроннолъчевите технологии:

Електроннолъчевите технологии действат чрез електронни снопове. Те се образуват благодарение на електронен прожектор, съставен от нагревател, катод и анод.

Електронните снопове пренасят енергия, която се използва за различни технологични цели. Например в специални вакуумни тръби се създават много тесни електронни снопове, в които скоростта на електроните достига 200000km/s. Когато електроните попаднат върху обработвания детайл, тяхната кинетична енергия се преобразува във вътрешна енергия и веществото на това място се изпарява.

Лазерните снопове се разпространяват праволинейно, като само едва забележимо увеличават своя диаметър. Голямата насоченост на лазерното лъчение в съчетание с високата му монохроматичност лежат в основата на лазерните методи за прецизни измервания на разстояния. Лазерите са най- мощните източници на светлина. Лазелните лъчи могат безпрепятствено да се разпространяват във въздух и да преминават през стъкло. Лазерната обработка на метали се отличава с голяма точност, голяма скорост на извършването на операции, пълна автоматизация, възможно безконтактно заваряване.

## **10. ИНФРАЧЕРВЕНИ И УЛТРАВИОЛЕТОВИ ЛЪЧИ**

#### **ЗАД.1.**

Ултравioletовото лъчение има специфично биологично действие. В малки дози то е полезно за организма, тъй като способства за образуване на витамин Д и оказва стимулиращо влияние върху развитието на костната система на децата. Предиизвиква и

почерняване на кожата. В големи дози ултравиолетовото лъчение е опасно за човека, защото предизвиква химично разлагане на органичните вещества и убива живите клетки. Затова когато се отива на плаж, трябва да се използват различните видове плажни масла и лосиони, които презпазват от опасните ултравиолетови лъчи. Ако се ходи в планината, трябва да се използват очила с UV- филтър, тъй като те блокират 99% от опасните дължини на лъчите.

### ЗАД.2.

Повече ще почернее този, който се пече на открито, защото стъклото поглъща част от ултравиолетовите лъчи.

### ЗАД.3.

Дадено:  $\lambda_1 = 2\text{mm} = 2 \cdot 10^{-3}\text{m}$ ;  
 $\lambda_2 = 0,6\text{nm} = 0,6 \cdot 10^{-9}\text{m}$

Търси се:  $\nu_1 = ?$ ;  $\nu_2 = ?$

$$c = \lambda\nu \Rightarrow \nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ Hz}$$

$$\nu_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,6 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$$

### ЗАД.4.

Източници на електромагнитните вълни / радиовълни, инфрачервени лъчи, ултравиолетови лъчи, видима светлина/ са най-общо казано са движещите се с ускорение електрични заряди. Всички електромагнитни вълни се разпространяват във вакуум със скорост  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , като честотата и дължината на вълната е различна.

### ЗАД.5.

Приложения на инфрачервените лъчи:

- В медицината – чрез метода термография
- В козметиката;
- За определяне концентрацията на вредните газове в атмосферата и за контролиране на замърсеността на въздуха;
- В техниката – за откриване на обекти с по – висока температура от температурата на околната среда;
- Във военното дело – чрез системи за насочване на снаряди и ракети;
- В космическите връзки;
- В криминалистиката и др.

Приложения на ултравиолетовите лъчи:

- При метода луминесцентен анализ – за определяне съдържанието на някои вещества в смеси;
- В промишлеността
- В биологията;
- В медицината

## 11. РЕНТГЕНОВИ ЛЪЧИ

### ЗАД.1.

Спектрите на излъчване на рентгеновите тръби с различни аноди ( напр. волфрам и мед) се различават по спектъра на характеристичното им излъчване. Този спектър е линеен и е характерен за всеки химичен елемент.

Ако се увеличава напрежението между катода и анода, граничната дължина на вълната на непрекъснатия спектър на спиращото излъчване намалява.

### ЗАД.2.

Мониторът е най-опасната част от компютъра. Той облъчва потребителя с рентгенови и електромагнитни лъчи. Но докато рентгеновото лъчение от него е толкова нищожно, че не превишава естествения радиационен фон, който всеки получава при една разходка на свеж въздух, то неговото електромагнитно въздействие върху живия организъм съвсем не е безопасно.

### ЗАД.3.

Обикновените дифракционни решетки не могат да се използват за наблюдаване на дифракция на рентгенови лъчи, защото тяхната дифракционна константа е много по-голяма от дължината на вълната на рентгеновите лъчи ( рентгеновите лъчи имат дължина на вълната от 10 nm до  $10^{-3}$  nm.) За наблюдаване дифракция на рентгеновите лъчи се използват кристали.

### ЗАД.4.

Използването на рентгеновите лъчи самостоятелно се ограничава от невъзможността да се различават на фотографски филм тъкани,които поглъщат лъчението в еднаква степен. За да се постигне контраст между тях в тялото се внасят вещества (течности или газове),които или силно поглъщат рентгеновото лъчение или силно го пропускат. Те могат да бъдат инжектирани в кръвта,лимфата, около органи за да се видят техните контури или да бъдат внесени в хранопровода за да се изследва храносмилателната система. По този начин могат да се наблюдават артерии и вени (ангиография), преминаването на кръв през сърцето ангиокардиография), жлъчния мехур, гръбначния стълб и т.н. На практика всяка част от човешкото тяло може да бъде заснета и изследвана.

### ЗАД.5.

Рентгеновите лъчи са опасни за човешкото здраве, тъй като те йонизират атомите и молекулите, влизащи в състава на живите клетки, на което се основава биологичното им действие. Погълнатото лъчение води до физични промени в клетките, като разрушаване на молекулите, спиране на дейността на ензимите, разкъсване на хромозомите и други увреждания.

Престилките, ръкавиците и очилата на лекарите рентгенолози са изработени от материи и стъкла, които съдържат тежкия метал олово, тъй като той поглъща почти изцяло рентгеновите лъчи.

## 12. ТОПЛИННО ИЗЛЪЧВАНЕ

### ЗАД.1.

Закон на Вин гласи: произведението от дължината на вълната  $\lambda_{\max}$ , съответстваща на максимума в спектъра, и абсолютната температура  $T$  на черното тяло остава постоянно при изменение на температурата.

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const}$$

Съгласно с този закон при увеличаване на температурата на едно тяло дължината на вълната на светлината, която то излъчва, намалява. При промяна на дължината на вълната се променя цветът от спектъра на видимата светлина.

### ЗАД.2.

Повърхността на сините звезди е с по – висока температура от тази на червените звезди. Синята светлина има по- малка дължина на вълната и съгласно със закон на Вин, ще има по- висока температура. Обратно, червената светлина е с по- голяма дължина на вълната и следователно температурата е по- ниска.

### ЗАД.3.

Дадено:  $t = 34^\circ\text{C}$ ;

Търси се:  $\lambda_{\max}=?$

Използваме закон на Вин и определяме дължината на вълната

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.K} = \text{const} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T}$$

Използваме връзката между температурата по Целзий и абсолютната температура:

$$T = t + 273 = 34 + 273 = 307\text{K}$$

Заместваме и пресмятаме дължината на вълната:

$$\lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{307} = 9,4 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 9,4 \mu\text{m}$$

### ЗАД.4.

Дадено:  $\lambda = 560\text{nm} = 560 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ ;

Търси се :  $T = ?$

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.K} = \text{const} \Rightarrow T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{560 \cdot 10^{-9}} = 5180\text{K}$$

### ЗАД.5.

Дадено:  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ ;

$t_2 = 327^\circ\text{C}$

Търси се:  $\frac{P_2}{P_1} = ?$

Първо определяме абсолютните температури като използваме връзката:  $T = t + 273$ ;

$$T_1 = t_1 + 273 = 27 + 273 = 300\text{K};$$

$$T_2 = t_2 + 273 = 327 + 273 = 600\text{K}$$

Използваме закон на Стефан:  $P = \sigma \cdot S \cdot T^4$

И изразяваме мощността на излъчване при двете температури:  $P_1 = \sigma \cdot S \cdot T_1^4$

$$P_2 = \sigma \cdot S \cdot T_2^4$$

Делим почленно и получаваме:  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{\sigma \cdot S \cdot T_2^4}{\sigma \cdot S \cdot T_1^4} = \frac{T_2^4}{T_1^4} = \frac{600^4}{300^4} = 16$

$$P_2 = 16 \cdot P_1$$

Следователно, когато температурата на абсолютно черно тяло се увеличи 2 пъти, неговата мощност на излъчване се увеличава 16 пъти.

### ЗАД.6.

Дадено:  $\Delta T = 100\text{K}$ ;

$$\frac{P_2}{P_1} = 5 \frac{1}{16} = \frac{81}{16}$$

Търси се:  $T_1 = ?$

Съгласно със закон на Стефан

$$P_1 = \sigma \cdot S \cdot T_1^4$$

$$P_2 = \sigma \cdot S \cdot (T_1 + \Delta T)^4$$

Делим почленно и получаваме:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\sigma S (T_1 + \Delta T)^4}{\sigma S T_1^4} = \frac{(T_1 + \Delta T)^4}{T_1^4}$$

$$4 \sqrt[4]{\frac{P_2}{P_1}} = 4 \sqrt[4]{\frac{(T_1 + \Delta T)^4}{T_1^4}}$$

$$4 \sqrt[4]{\frac{81}{16}} = 4 \sqrt[4]{\frac{(T_1 + \Delta T)^4}{T_1^4}}$$

$$\frac{3}{2} = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1} \Rightarrow 3T_1 = 2T_1 + 2\Delta T \Rightarrow T_1 = 2\Delta T = 2 \cdot 100 = 200\text{K}$$

## 13. ЗАКОНИ ПРИ ТОПЛИННО ИЗЛЪЧВАНЕ ( РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

### ЗАД.1.

Дадено:  $\lambda_{\max} = 300\text{nm} = 300 \cdot 10^{-9}\text{m}$ ;

Търси се :  $T = ?$

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{m} \cdot \text{K} = \text{const} \Rightarrow T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{300 \cdot 10^{-9}} \approx 967\text{K}$$

### ЗАД.2.

Дадено:  $P_A = P_B$ ;

$$T_A = 500\text{K};$$

$$T_B = 400\text{K};$$

$$e_B = 1$$

Търси се:  $e_A = ?$

Използваме закон на Стефан

$$P_A = e_A \sigma \cdot S \cdot T_A^4$$

$$P_B = e_B \sigma \cdot S \cdot T_B^4$$

$$P_A = P_B$$

$$e_A \sigma S T_A^4 = e_B \sigma S T_B^4$$

$$e_A T_A^4 = e_B T_B^4 = T_B^4$$

$$e_A = \frac{T_B^4}{T_A^4} = \frac{400^4}{500^4} = 0,41$$

### ЗАД.3.

Дадено:  $S = 1,8\text{m}^2$ ;

$$t = 7^\circ\text{C};$$

$$e = 0,6;$$

$$t = 1\text{h};$$

$$t_0 = -3^\circ\text{C};$$

Търси се:  $Q = ?$

$$T = t + 273 = 7 + 273 = 280\text{K};$$

$$T_0 = t_0 + 273 = -3 + 273 = 270\text{K};$$

$$P - P_0 = e \sigma S (T^4 - T_0^4) = 0,6 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1,8 \cdot (280^4 - 270^4) = 51\text{J/s}$$

Количеството топлина, което тялото отдава на околната среда в резултат на топлинното излъчване, е:

$$Q = (P - P_0)t = 51 \cdot 3600 = 183600\text{J} = 184\text{kJ}$$

### ЗАД.4.

Дадено:  $\Delta T = 1\%$ ;

Търси се:  $\Delta P = ?$

Съгласно със закон на Стефан

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4$$

$$P + \Delta P = \sigma \cdot S \cdot (T + \Delta T)^4$$

Нарастването на мощността  $\Delta P$  при нарастване на температурата с  $\Delta T$  е:

$$\Delta P = \sigma S (T + \Delta T)^4 - \sigma S T^4$$

Разкриваме скобите и пренебрегваме всички едночлени, които съдържат  $\Delta T^2$ ,  $\Delta T^3$  и  $\Delta T^4$  тъй като техните стойности са много по-малки от стойността на едночлена, в който  $\Delta T$  е на първа степен. Получаваме:

$$\Delta P = 4\sigma S T^3 \Delta T = 4 \frac{P}{T} \Delta T \Rightarrow \text{Следователно нарастването на температурата с } 1\% \text{ води до}$$

увеличаване на мощността на излъчване с 4%.

## 14. ФОТОЕЛЕКТРИЧЕН ЕФЕКТ

### ЗАД.1.

Приложения на фотоэффекта:

- Във фотоелектрическите преобразователи в телевизионните камери;
- В алармените системи;
- При озвучаване на кинофилмите

### ЗАД.2.

Дадено:  $E_{\text{кmax}} = 1,5\text{eV}$ ;

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C};$$

Търси се:  $U_{\text{сп}} = ?$



$$eU_C = E_{K \max} \Rightarrow U_C = \frac{E_{K \max}}{e} = \frac{1,5eV}{e} = 1,5V$$

### ЗАД.3.

Дадено:  $U_C = 0,8V$ ;

Търси се:  $E_{K \max} = ?$

$$eU_C = E_{K \max} \Rightarrow E_{K \max} = \frac{U_C}{e} = \frac{0,8V}{e} = 0,8eV$$

### ЗАД.4.

Една от закономерностите на фотоэффекта гласи, че за всеки метал съществува червена граница на фотоэффекта  $\lambda_{\max}$  на светлината, при която все още е възможно отделяне на фотоелектрони. Ако  $\lambda > \lambda_{\max}$  фотоэффект не се наблюдава дори при голям интензитет на светлината.

Синята светлина има дължина на вълната от 450 nm до 500nm, а червената – от 650 nm до 700 nm. Зелената светлина има дължина на вълната от 500 nm до 550 nm, инфрачервената светлина – над 760 nm, а ултравиолетовата светлина – от 400 nm до 0,6 nm. Следователно при поставеното условие фотоэффект ще се наблюдава за ултравиолетовата светлина.

### ЗАД.5.

Дадено:  $\lambda_{\max} = 680nm$ ;

$$\nu = 5 \cdot 10^{14} Hz$$

Търси се: ще се наблюдава ли фотоэффект?

За да определим дали ще е наблюдава фотоэффект, трябва да определим първо дължината на вълната на тази светлина. Използваме връзката между скорост, дължина

$$\text{на вълната и честота: } c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14}} = 600nm$$

Следователно тази светлина ще предизвика фотоэффект.

## 15. ФОТОНИ. ОБЯСНЕНИЕ НА ФОТОЕФЕКТА

### ЗАД.1.

Не може да се направи такъв извод, защото за всеки метал има определена отделителна работа. Тя е различна за различните метали.

### ЗАД.2.

От уравнението на Айнщайн за фотоэффекта  $h\nu = A_e + E_{K \max}$  и равенството

$$eU_C = E_{K \max} \text{ следва:}$$

$$h\nu = A_e + eU_C$$

Вижда се, че спиращото напрежение зависи линейно от честотата, а не от интензитета на светлината.

### ЗАД.3.

Дадено:  $A_e = 2,24 eV$ ;

Търси се:  $\lambda_{\max} = ?$

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{\nu_{\min}} = \frac{hc}{A_e} = \frac{1240nm.eV}{2,24eV} = 554nm$$

#### ЗАД.4.

Дадено:  $A_e = 2,3eV$ ;

$\lambda = 450nm$

Търси се:  $E_{k\max} = ?$

$$c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$h\nu = A_e + E_{K\max}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = A_e + E_{K\max}$$

$$E_{k\max} = \frac{hc}{\lambda} - A_e = \frac{1240}{450} - 2,3 = 2,75 - 2,3 = 0,45eV$$

#### ЗАД.5.

Дадено:  $\lambda = 440nm$ ;

$U_c = 0,6eV$

Търси се:  $A_e = ?$

$$\frac{hc}{\lambda} = A_e + E_{K\max}$$

$$eU_c = E_{K\max}$$

$$A_e = \frac{hc}{\lambda} - E_{k\max} = \frac{hc}{\lambda} - eU_c = \frac{1240}{440} - 0,6 = 2,82 - 0,6 = 2,22eV$$

## 16. ВЪЛНОВИ СВОЙСТВА НА ЧАСТИЦИТЕ

#### ЗАД.1.

Върху мишената не се наблюдава дифракционна картина, защото масата на куршумите е много по- голяма от масата на микрочастиците и следователно дължината на вълната на Дьо Бройл за куршумите е много по- малка, при което вълновите им свойства не могат да се наблюдават.

#### ЗАД.2.

Когато електрон и протон имат:

А) еднакъв импулс:  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

Следователно двете частици в този случай ще имат еднаква дължина на вълната на Дьо Бройл.

Б) еднаква скорост: тъй като протонът има 1836 пъти по- голяма маса, то при еднаква скорост той ще има 1836 пъти по- голям импулс. Следователно в този случай електронът ще има по- голяма дължина на вълната.

В) еднаква кинетична енергия: от  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$  се вижда, че при еднаква кинетична енергия и различна маса по-голяма дължина на вълната ще имат тази частица, която има по-малка маса. Следователно електронът ще има по-голяма дължина на вълната на Дьо Бройл.

### ЗАД.3.

А) От  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$  следва, че когато скоростта на електрона се увеличи два пъти, то неговият импулс ще се увеличи 2 пъти, а неговата дължина на вълната на Дьо Бройл ще се намали 2 пъти.

Б) От  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$  следва, че когато кинетичната енергия на електрона нарастне 4 пъти, дължината на вълната на Дьо Бройл ще се намали 2 пъти.

### ЗАД.4.

От  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$  следва, че ако ускоряващото напрежение се намали 9 пъти, дължината на вълната на Дьо Бройл ще се увеличи 3 пъти.

### ЗАД.5.

Дадено:  $\lambda = 500\text{nm}$ ;

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Търси се:  $v = ?$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \Rightarrow v = \frac{h}{m\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 500 \cdot 10^{-9}} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$