

Тема № 6 ФРАУНХОФЕРОВА ДИФРАКЦИЯ

Преподавател: гл. ас. д-р Иван Бодуров

Задача 1. Върху процеп с ширина $0,1 \text{ mm}$ нормално пада успореден сноп светлина от монохроматичен източник ($\lambda = 0,6 \text{ }\mu\text{m}$). Определете ширината на централния максимум в дифракционната картина, проектирана с леща върху екран, намиращ се на разстояние $L = 1 \text{ m}$ от лещата.

Отговор: $l = 2L \frac{\lambda}{a} = 1,2 \text{ cm}$.

Задача 2. Плоска светлинна вълна с дължина на вълната $\lambda = 680 \text{ nm}$ пада нормално на безкрайно дълъг процеп с ширина a . Зад процепа е разположена тънка събирателна леща. Определете ъгловата ширина на централния дифракционен максимум, ако:

- а) $a = 245 \text{ }\mu\text{m}$;
- б) $a = 24,5 \text{ }\mu\text{m}$;
- в) $a = 2,45 \text{ }\mu\text{m}$;
- г) $a = 0,245 \text{ }\mu\text{m}$;

Отговор: $\vartheta = 2 \arcsin \frac{\lambda}{a}$; а) $\vartheta = 0,32^\circ$; б) $\vartheta = 3,18^\circ$; в) $\vartheta = 32,2^\circ$; г) $\vartheta = 322^\circ$ (не възникват минимумами).

Задача 3. Монохроматична светлинна вълна с дължина λ пада нормално на безкрайно дълъг процеп с ширина $a = 10\lambda$. Дифракционната картина се наблюдава с помощта на тънка леща върху екран, разположен на разстояние $L = 1 \text{ m}$. Определете ширината на нулевия максимум на екрана.

Отговор: $l = 2L \operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{\lambda}{a} \right) = 0,2 \text{ m}$.

Задача 4. Плоска светлинна вълна с дължина на вълната $\lambda = 680 \text{ nm}$ пада нормално на безкрайно дълъг процеп с ширина a . Зад процепа е разположена тънка събирателна леща. Ъгълът между първите странични максимуми на дифракционната картина е $\vartheta = 33^\circ$. Определете ширината на процепа a . Използвайте приближения израз за максимумите

(освен централния): $\frac{\pi}{\lambda} a \sin \vartheta = \left(m + \frac{1}{2} \right) \pi$.

Отговор: $a = \frac{3\lambda}{2 \sin \frac{\vartheta}{2}} = 3,6 \text{ }\mu\text{m}$.

Задача 5. Върху дифракционна решетка с ширина $L = 2,4 \text{ cm}$, съдържаща $N = 10000$ процепа пада нормално светлина с дължина на вълната $\lambda = 410 \text{ nm}$. Определете:

- а) максималния порядък, който може да се наблюдава;
- б) ъгловата дисперсия на дифракционната решетка в първи и втори порядък;
- в) разделителната способност на решетката в първи и втори порядък;

г) най-малката разлика в дължините $\Delta\lambda$, които могат да бъдат разделени при $\lambda = 410$ nm.

Отговор: а) $m = \frac{L}{N\lambda} = 3,65$ или $m = 3$; б) $D_g = \frac{Nm}{L\sqrt{1 - \left(\frac{m\lambda}{d}\right)^2}}$

при $m = 1 \rightarrow \vartheta = 0,69 \cdot 10^6$ rad/m; при $m = 2 \rightarrow \vartheta = 1,59 \cdot 10^6$ rad/m;

в) $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$, при $m = 1 \rightarrow R = 1,6 \cdot 10^4$; при $m = 2 \rightarrow R = 3,2 \cdot 10^4$;

г) $\Delta\lambda = \frac{\lambda}{mN} = 0,0085$ nm.

Задача 6. При нормално падане на светлината върху решетка с дължина $l = 2$ cm с помощта на леща с фокусно разстояние $f = 1$ m на екрана са получени няколко максимума. Линията за дължина на вълната $\lambda = 630$ nm в спектъра от трети порядък се вижда под ъгъл $\vartheta = 20^\circ$ спрямо посоката на падащата вълна. Намерете:

- а) константата на решетката;
- б) разделителната способност на решетката в спектъра от трети порядък;
- в) линейната дисперсия на решетката.

Отговор: а) $d = \frac{m\lambda}{\sin \vartheta} = 5,526$ μm ; б) $R = \frac{L \sin \vartheta}{\lambda} = 10857$; в) $D_l = \frac{f \sin \vartheta}{\lambda \cos^3 \vartheta} = 6,5 \cdot 10^5$.

Задача 7. На дифракционна решетка с дължина $L = 1,5$ cm пада нормално плоска светлинна вълна. С помощта на тънка леща с оптична сила $\Phi = 2D$ върху екран е получена дифракционна картина. За една от линиите на спектъра от трети порядък линейната дисперсия е $D_l = 1$ mm, а ъгълът на дифракция е $\vartheta = 40^\circ$. Определете разделителната способност на решетката в спектъра от първи порядък.

Отговор: $R = \frac{m_1 L \Phi D_l \cos^3 \vartheta}{m_3} = 7660$.

Задача 8. На разстояние $L = 42$ cm от дифракционна решетка е разположен екран за наблюдение на дифракционна картина. От източник на светлина на решетката пада нормално плоска светлинна вълна. Ако решетката се осветява с жълта натриева линия ($\lambda = 589$ nm) максимумът от първи порядък върху екрана се намира на разстояние $x_1 = 2,48$ cm от централния максимум. Ако решетката се осветява с втори източник, максимумът от първи порядък се оказва разположен на разстояние $x_2 = 3,84$ cm от централния максимум. Определете дължината на вълната, която излъчва вторият източник.

Отговор: $\lambda_2 = \lambda_1 \frac{\sin\left(\arctg \frac{x_2}{L}\right)}{\sin\left(\arctg \frac{x_1}{L}\right)} = 910$ nm.