

## Задания

### Задание 32 № 7719

Для исследования рентгеновских лучей с длинами волн меньше 10 нм изготовить обычную дифракционную решётку с подходящим периодом не представляется возможным, однако есть способ обойти эту трудность. Возьмём обычную решётку с периодом  $d = 30$  мкм и осветим её параллельным пучком рентгеновского излучения с длиной волны  $\lambda = 4,5$  нм с углом падения на решётку  $\alpha = 89,5^\circ$  (скользящее падение лучей). Под каким углом  $\gamma$  к первоначальному пучку будет фиксироваться дифракционный максимум первого порядка? Считайте этот угол малым:  $\gamma \ll 1$ . Ответ выразите в градусах и округлите до целого числа.

#### Решение.

При скользящем падении лучей на дифракционную решётку с периодом  $d$  разность хода соседних лучей возникает как до их падения ( $-d \cdot \sin \alpha$ ), так и после их выхода из решётки ( $d \cdot \sin \varphi$ , где  $\varphi$  — угол дифракции, то есть угол между перпендикуляром к плоскости решётки и лучом). Таким образом, условие первого главного максимума для дифракции на решётке в данном случае имеет вид:  $d(\sin \varphi - \sin \alpha) = \lambda$ , или, согласно тригонометрической формуле,

$$d \cdot 2 \sin \frac{\varphi - \alpha}{2} \cos \frac{\varphi + \alpha}{2} = \lambda.$$

По условию угол отклонения луча решёткой  $\gamma = \varphi - \alpha \ll 1$ , поэтому  $\varphi \approx \alpha$  и  $\cos \frac{\varphi + \alpha}{2} \approx \cos \alpha$ . Значит,

$$2 \sin \frac{\varphi - \alpha}{2} \approx 2 \sin \frac{\gamma}{2} \approx \gamma,$$

и условие главного дифракционного максимума первого порядка приобретает вид:  $d \cos \alpha \cdot \gamma \approx \lambda$ , то есть эффективный период решётки уменьшается до  $d \cos \alpha$  и при угле  $\alpha$ , близком к  $90^\circ$ , может быть намного меньше  $d$ . Теперь можно найти угол  $\gamma$ :

$$\gamma \approx \frac{\lambda}{d \cos \alpha} \approx \frac{4,5 \cdot 10^{-9}}{30 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00873} \approx 1,718 \cdot 10^{-2} \approx 0,984^\circ \approx 1^\circ.$$

Ответ:  $1^\circ$ .