

## 18.2. Давление света

**18.2.1.** Фотон с энергией  $E = 4$  эВ падает нормально на поверхность плоского зеркала и отражается им. Найдите изменение импульса фотона и импульс, получаемый зеркалом.

**18.2.2.** Фотон с длиной волны  $\lambda = 300$  нм падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  на зеркало и отражается от него. Определите импульс, который фотон передаст зеркалу.

**18.2.3.** Луч лазера мощностью  $P = 50$  Вт падает нормально на зеркальную поверхность. Определите силу давления луча на поверхность.

**18.2.4.** Лазер непрерывного действия создает монохроматическое излучение. Мощность лазера  $P = 2$  Вт. Определите давление света на пластинку площадью  $S = 1$  см<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно лучу, если поверхность пластинки полностью поглощает излучение.

**18.2.5.** Параллельный пучок квантов с частотой  $\nu = 10^{14}$  с<sup>-1</sup> падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  на поверхность стенки. Определите давление света на стенку, если через единицу поперечного сечения пучка за секунду проходит  $N_0 = 10^{15}$  квантов и стенка полностью поглощает излучение.

**18.2.6.** Параллельный пучок света с интенсивностью  $J = 0,2$  Вт/см<sup>2</sup> падает под углом  $\alpha = 60^\circ$  на плоское зеркало с коэффициентом отражения  $\rho = 0,9$ . Определите давление света на поверхность зеркала.

**18.2.7.** Монохроматический пучок света с длиной волны  $\lambda = 660$  нм падает нормально на поверхность с коэффициентом отражения  $\rho = 0,8$ . Определите количество фотонов, ежесекундно поглощаемых  $S = 1$  см<sup>2</sup> поверхности, если давление света на поверхность  $p = 1$  мкПа.

**18.2.8.** Луч лазера мощностью  $P = 90$  Вт падает нормально на пластинку, которая отражает  $k = 60\%$  и пропускает  $n = 20\%$  энергии излучения. Остальная энергия поглощается пластинкой. Определите давление луча лазера на эту пластинку.

**18.2.9.** Определите давление света на стенки электрической лампы мощностью  $P = 60$  Вт. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом  $R = 5$  см, стенки которого отражают  $k = 9\%$  падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность лампы идет на излучение.

**18.2.10.** Импульс света с энергией  $E = 10$  Дж в виде узкого параллельного монохроматического пучка фотонов падает на пластинку под углом  $\alpha = 60^\circ$ . При этом  $k = 30\%$  фотонов поглощаются пластиной, а остальные отражаются. С какой силой импульс света действует на пластинку, если длительность его воздействия  $\Delta t = 5 \cdot 10^{-12}$  с?

**18.2.11.** Давление света от точечного источника света на зеркальную площадку радиусом  $r$ , расположенную на расстоянии  $R = 2$  м от него и под углом  $\alpha = 30^\circ$  к лучам, равно  $p = 5 \cdot 10^{-7}$  Па. Определите мощность источника.

**18.2.12.** Рентгеновская трубка излучает монохроматический пучок параллельных лучей с длиной волны  $\lambda = 10^{-10}$  м. Концентрация фотонов в пучке  $n = 10^9$  м<sup>-3</sup>. Угол падения лучей на площадку  $\alpha = 30^\circ$ , при этом  $\rho = 20\%$  фотонов отражается, а остальная часть поглощается. Найдите давление излучения на площадку.

**18.2.13.** Спутник в форме шара движется вокруг Земли на такой высоте, что поглощением солнечного света атмосферой можно пренебречь. Диаметр спутника  $d = 40$  м. Оцените силу давления солнечного света на спутник, если солнечная постоянная  $S = 1,4$  кДж/(м<sup>2</sup> · с). (Это энергия, излучаемая с 1 м<sup>2</sup> поверхности Солнца в 1 с.) Считать, что поверхность спутника полностью отражает свет.

**18.2.14.** На небольшое тело массой  $m = 15$  мг, подвешенное на невесомой нерастяжимой нити длиной  $l = 40$  см, падает короткий импульс света с энергией  $E = 90$  Дж. Найдите угол, который составит нить с вертикалью, если свет распространяется горизонтально, а тело поглощает все излучение, падающее на его поверхность.

**18.2.15.** В научной фантастике описываются космические яхты с солнечным парусом, движущиеся под действием давления солнечных лучей. Через какое время яхта массой 1 т приобрела бы скорость 50 м/с, если площадь паруса 1000 м<sup>2</sup>, а среднее давление солнечных лучей 10 мкПа? Какой путь прошла бы яхта за это время? Начальную скорость яхты относительно Солнца считать равной нулю.

Ответы:

**18.2.1.**

$$\Delta p_{\phi} = p_3 = \frac{2E}{c} \approx 4,27 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

**18.2.2.**

$$p = \frac{2h \cos \alpha}{\lambda} \approx 3,8 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

$$\mathbf{18.2.3.} \quad F = \frac{2P}{c} \approx 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ Н}.$$

$$\mathbf{18.2.4.} \quad p = \frac{P}{cS} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ Па}.$$

**18.2.5.**

$$p = \frac{h\nu}{c} N_0 \cos^2 \alpha \approx 1,66 \cdot 10^{-13} \text{ Па}.$$

**18.2.6.**

$$p = \frac{(1 + \rho)J \cos^2 \alpha}{2} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па}.$$

$$\mathbf{18.2.7.} \quad N = \frac{p\lambda St}{h} \frac{1 - \rho}{1 + \rho} \approx 10^{21}.$$

**18.2.8.**

$$p = \frac{(1 + k - n)P}{c} = 1,4 \cdot 10^{-7} \text{ Па}.$$

$$\mathbf{18.2.9.} \quad p = \frac{(1 + k)P}{4\pi^2 R^2 c} = 7,13 \cdot 10^{-6} \text{ Па}.$$

**18.2.10.**

$$F = \frac{E\sqrt{k^2 + 4(1 - k)\cos^2 \alpha}}{c\Delta t} \approx 16 \text{ кН}.$$

$$\mathbf{18.2.11.} \quad P = \frac{4\pi c R^2 p}{2\sin^2 \alpha} = 15,08 \text{ кВт}.$$

**18.2.12.**

$$p = \frac{hc(1 + \rho)n \cos^2 \alpha}{\lambda} = 1,79 \cdot 10^{-6} \text{ Па}.$$

$$\mathbf{18.2.13.} \quad F \approx 11,2 \text{ мН}.$$

$$\mathbf{18.2.14.} \quad \alpha = 2 \arcsin \left( \frac{E}{2mc\sqrt{gl}} \right) \approx 12^\circ.$$

$$\mathbf{18.2.15.} \quad t = 58 \text{ сут}; \quad s = 125 \text{ 000 км}.$$