

18.3. Фотоэффект

18.3.1. При какой минимальной энергии квантов произойдет фотоэффект на цинковой пластине?

18.3.2. В работе А. Г. Столетова «Активно-электрические исследования» (1888 г.) впервые были установлены законы фотоэффекта. Один из результатов его опыта был сформулирован так: «Разряжающим действием обладают лучи самой высокой преломляемости с длиной волны не менее 295 нм». Найдите работу выхода $A_{\text{вых}}$ электрона из металла, с которым работал Столетов.

18.3.3. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла $\lambda_0 = 295$ нм. Чему равна масса фотона, вызывающего фотоэффект в этом металле?

18.3.4. Будет ли наблюдаться фотоэффект, если пластинку из цинка освещать светом с длиной волны: а) $\lambda = 10 \cdot 10^{-7}$ м; б) $\lambda = 3,32 \cdot 10^{-7}$ м; в) $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$ м?

18.3.5. Светом какой частоты требуется облучить поверхность вольфрамовой пластинки, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была $v = 3000$ км/с?

18.3.6. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария, при облучении светом с частотой 1 ПГц?

18.3.7. Фотон с длиной волны $\lambda = 0,2$ мкм вырывает с поверхности натрия фотоэлектроны с кинетической энергией $E = 2$ эВ. Определите работу выхода электрона из натрия и красную границу фотоэффекта.

18.3.8. Найдите красную границу фотоэффекта для цезия, если при облучении его поверхности светом с длиной волны $\lambda = 400$ нм максимальная скорость фотоэлектронов $v = 6,5 \cdot 10^5$ м/с.

18.3.9. Фотоны света, которыми облучается поверхность палладия, имеют импульс $p = 5,7 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с. Найдите максимальную скорость фотоэлектронов. Работа выхода для палладия $A = 5$ эВ.

18.3.10. Фотон с импульсом $p = 2,67 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с выбивает электрон из металла, работа выхода которого равна $A = 2$ эВ. Во сколько раз импульс вылетевшего электрона больше импульса фотона?

18.3.11. Насколько изменится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, если освещение фотоэлемента светом с длиной волны $\lambda_1 = 330$ нм заменить освещением светом с длиной волны $\lambda_2 = 165$ нм?

18.3.12. Если поочередно освещать поверхность металла излучением с длинами волн $\lambda_1 = 150$ нм и $\lambda_2 = 500$ нм, то максимальные скорости фотоэлектронов будут отличаться в $n = 3$ раза. Определите работу выхода электрона из этого металла.

18.3.13. Для некоторого металла красная граница фотоэффекта в $k = 1,3$ раза больше длины волны падающего излучения. Определите работу выхода электрона из данного металла, если максимальная скорость фотоэлектронов $v = 4 \cdot 10^5$ м/с.

• **18.3.14.** При фотоэффекте с платиновой поверхности электрода падающие электроны полностью задерживаются разностью потенциалов $U = 0,8$ В. Найдите длину волны λ падающего излучения и предельную длину волны λ_0 , при которой еще возможен фотоэффект.

18.3.15. Калиевый фотоэлемент сначала освещают светом с длиной волны $\lambda_1 = 124$ нм, а затем — светом с длиной волны $\lambda_2 = 414$ нм. Чему равно отношение задерживающих разностей потенциалов в этих двух случаях?

18.3.16. Катод фотоэлемента освещают монохроматическим светом с длиной волны λ . При отрицательном потенциале на аноде $\phi_1 = 1,6$ В ток в цепи прекращается. При изменении длины волны света в полтора раза для прекращения тока потребовалось подать на анод отрицательный потенциал $\phi_2 = 3$ В. Определите работу выхода электрона из материала катода.

18.3.17. При длине волны $\lambda = 600$ нм фототок в вакуумном фотоэлементе прекращается, если между катодом и анодом подать задерживающую разность потенциалов U_3 . При увеличении длины волны на $\eta = 25\%$ задерживающая разность потенциалов уменьшается на $\Delta U = 0,41$ В. По этим данным определите постоянную Планка.

• **18.3.18.** Найдите постоянную Планка h , если известно, что электроны, вырываемые из металла светом с частотой $\nu_1 = 2,2 \times 10^{15}$ Гц, полностью задерживаются разностью потенциалов $U_1 = 6,6$ В, а вырываемые светом с частотой $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$ Гц — разностью потенциалов $U_2 = 16,5$ В.

18.3.19. При исследовании фотоэффекта обнаружили, что фототок прекращается, если на пути света поставить стекло, пропускающее лучи с длиной волны $\lambda_1 \geq 500$ нм, или при освещении светом с длиной волны $\lambda_2 < \lambda_1$ создать задерживающую разность потенциалов $U_2 = 2$ В. По этим данным определите длину волны λ_2 и соответствующую ей скорость фотоэлектронов.

Ответы:

18.3.1. $E_{\phi} = 4,2 \text{ эВ.}$

18.3.2. $A = \frac{hc}{\lambda_0} = 4,2 \text{ эВ.}$

18.3.3. $m = \frac{h}{c\lambda_0} \approx 7,46 \cdot 10^{-36} \text{ кг.}$

18.3.4. а) Нет; б) да, причем скорость фотоэлектронов $v = 0$; в) да.

18.3.5. $\nu = \frac{2A + mv^2}{2h} \approx 7,27 \cdot 10^{15} \text{ Гц.}$

18.3.6. $E_{\text{к}} = h\nu - A = 3,14 \text{ эВ.}$

18.3.7. $A = \frac{hc}{\lambda} - E \approx 4,2 \text{ эВ;}$

$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \approx 2950 \text{ нм.}$

18.3.8. $\lambda_0 = \frac{2hc\lambda}{2hc - mv^2\lambda} \approx 6524 \text{ нм;}$

$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0} = 4,6 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$

18.3.9.

$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e}(pc - A)} \approx 1,42 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$

18.3.10. $Bn = \frac{\sqrt{2m_e(pc - A)}}{p} \approx 350 \text{ раз.}$

18.3.11. $\Delta E = hc \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2} \approx 3,75 \text{ эВ.}$

18.3.12. $A = \frac{hc(n^2\lambda_1 - \lambda_2)}{(n^2 - 1)\lambda_1\lambda_2} =$

$= 2,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,75 \text{ эВ.}$

18.3.13. $A = \frac{m_e v^2}{2(k - 1)} = 9,11 \cdot 10^{-20} \text{ Дж.}$

18.3.15. $\frac{\Delta\varphi_1}{\Delta\varphi_2} = \frac{\lambda_2(hc - \lambda_1 A)}{\lambda_1(hc - \lambda_2 A)} \approx 8.$

18.3.16. $A = 2e(\varphi_2 - 1,5\varphi_1) \approx 1,2 \text{ эВ.}$

18.3.17.

$h = \frac{(1 + \eta)e\lambda\Delta U}{\eta c} \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$

18.3.19. $\lambda_2 = \frac{hc\lambda_1}{hc + eU_2\lambda_1} \approx 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ м;}$