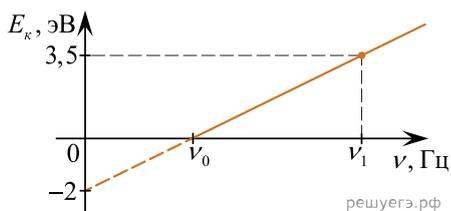


1. График на рисунке представляет зависимость максимальной энергии фотоэлектронов от частоты падающих на катод фотонов. Определите по графику энергию фотона с частотой  $\nu_1$ . Ответ приведите в электрон-вольтах.



2. В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, назвали задерживающим напряжением.

В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов при освещении одной и той же пластины, в ходе которого было получено значение  $h = 5,3 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

Задерживающее напряжение $U$ , В	?	0,6
Частота $\nu$ , $10^{14}$ Гц	5,5	6,1

Чему равно опущенное в таблице первое значение задерживающего потенциала? Ответ выразите в вольтах и округлите с точностью до десятых.

3. Катод фотоэлемента с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается светом частотой  $1,0 \cdot 10^{15}$  Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $8,3 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Чему равен максимальный радиус окружности  $R$ , по которой движутся электроны?

4. Один из способов измерения постоянной Планка основан на определении максимальной кинетической энергии фотоэлектронов с помощью измерения задерживающего напряжения. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Задерживающее напряжение $U$ , В	0,4	0,9
Частота света $\nu$ , $10^{14}$ Гц	5,5	6,9

По результатам данного эксперимента определите постоянную Планка с точностью до первого знака после запятой. В ответе приведите найденное значение, умноженное на  $10^{34}$ .

5. В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, назвали задерживающим напряжением.

В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов при освещении одной и той же пластины.

Задерживающее напряжение $U$ , В	0,4	0,6
Частота $\nu$ , $10^{14}$ Гц	5,5	6,1

По результатам данного эксперимента определите постоянную Планка. В ответе приведите ее значение, умноженное на  $10^{34}$ , с точностью до первого знака после запятой.

6. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{кр} = 600$  нм. При освещении этого металла светом длиной волны  $\lambda$  максимальная кинетическая энергия выбитых из него фотоэлектронов в 3 раза меньше энергии падающего света. Какова длина волны  $\lambda$  падающего света? Ответ приведите в нанометрах.

7. Энергия ионизации атома кислорода равна 14 эВ. Найдите максимальную длину волны света, которая может вызвать ионизацию атома кислорода. Ответ приведите в нанометрах, округлив до целых.

Справочные данные: постоянная Планка  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с,  
 $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж.

8. В пробирке содержатся атомы радиоактивных изотопов ванадия и хрома. Период полураспада ядер ванадия 16,1 суток, период полураспада ядер хрома 27,8 суток. Через 80 суток число атомов ванадия и хрома сравнялось. Во сколько раз вначале число атомов ванадия превышало число атомов хрома? Ответ укажите с точностью до первого знака после запятой.

9. Поток фотонов выбивает из металла с работой выхода 5 эВ фотоэлектроны. Энергия фотонов в 1,5 раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов? Ответ приведите в электрон-вольтах.

10. Поток фотонов выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых 10 эВ. Энергия фотонов в 3 раза больше работы выхода. Какова работа выхода? Ответ приведите в электрон-вольтах.

11. Поток фотонов выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых 10 эВ. Энергия фотонов в 3 раза больше работы выхода фотоэлектронов. Какова энергия фотонов? Ответ приведите в электрон-вольтах.

12. Поток фотонов выбивает фотоэлектроны из металла с работой выхода 5 эВ. Энергия фотонов в 1,5 раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов. Какова энергия фотонов? Ответ приведите в электрон-вольтах.

13. В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ( $E_1 = -13,6$  эВ) поглощает фотон и ионизуется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью  $v = 1000$  км/с. Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь. В ответе приведите значение частоты в герцах, умноженное на  $10^{-15}$ , с точностью до десятых.

14. В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ( $E_1 = -13,6$  эВ) поглощает фотон и ионизуется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью  $v = 1000$  км/с. Какова длина волны поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь. Ответ приведите в нанометрах и округлите до целого числа.

15. В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ( $E_1 = -13,6$  эВ) поглощает фотон и ионизуется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра с импульсом  $p = 9,1 \cdot 10^{-25}$  кг·м/с. Какова энергия поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь. Ответ приведите в электрон-вольтах, округлите до десятых.

16. В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ( $E_1 = -13,6$  эВ) поглощает фотон и ионизуется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью  $v = 1000$  км/с. Какова энергия поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь. Ответ приведите в электрон-вольтах ответ округлите до первого знака после запятой.

17. При радиоактивном распаде ядра  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  вылетает  $\alpha$ -частица с энергией 4800 кэВ. Известно, что в образце радия, массой 1 мкг, каждую секунду распадаются  $3,7 \cdot 10^4$  ядер. Какую суммарную энергию имеют  $\alpha$ -частицы, образующиеся в этом образце за 1 час? Ответ приведите в миллиджоулях, округлите до одного знака после запятой.

18. Красная граница фотоэффекта для калия  $\lambda_0 = 0,62$  мкм. Какую максимальную скорость могут иметь фотоэлектроны, вылетающие с поверхности калиевого фотокатода при облучении его светом длиной волны  $\lambda = 0,42$  мкм? Ответ приведите в километрах в секунду, округлите до целых.

19. Металлический фотокатод освещен светом длиной волны  $\lambda = 0,42$  мкм. Максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих с поверхности фотокатода,  $v = 580$  км/с. Какова длина волны красной границы фотоэффекта для этого металла? (Ответ приведите в микрометрах с точностью до сотых. Постоянную Планка примите равной  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж · с.)

20. Красная граница фотоэффекта для калия  $\lambda_0 = 0,62$  мкм. Какова длина волны света, падающего на калиевый фотокатод, если максимальная скорость фотоэлектронов  $v = 580$  км/с? Ответ приведите в микрометрах.

21. Красная граница фотоэффекта для калия  $\lambda_0 = 0,62$  мкм. Какова максимальная скорость фотоэлектронов при облучении калиевого фотокатода светом частотой  $\nu = 8 \cdot 10^{14}$  Гц? Ответ приведите в километрах в секунду и округлите до десятков.

22. Лазер испускает световой импульс с энергией  $W = 12$  Дж. Свет от лазера падает перпендикулярно на плоское зеркало площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Определите длительность импульса  $\tau$ , если среднее давление света на зеркало равно  $p = 1$  кПа.

23. Металлическую пластинку облучают монохроматическим светом, длина волны которого составляет  $2/3$  длины волны, соответствующей красной границе фотоэффекта для этого металла. Работа выхода электронов для исследуемого металла равна 4 эВ. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, вылетающих из металлической пластинки под действием этого света. Ответ приведите в электрон-вольтах.

24. Мальчик, занимавшийся весной на улице выжиганием по дереву при помощи фокусировки солнечного света лупой, случайно забрызгал деревянную поверхность, и на ней появились капли воды объемом  $V = 1$  мм<sup>3</sup>. Сколько времени займет испарение одной такой капли, если солнечная постоянная равна  $C = 1,4$  кВт/м<sup>2</sup>, диаметр лупы  $D = 5$  см, начальная температура каплей близка к  $0$  °С и весь сфокусированный лупой свет поглощается каплей?

*Справка:* Солнечная постоянная — это энергия излучения Солнца, попадающая в единицу времени на единицу площади при нормальном падении солнечного света.

25. Поток фотонов падает на металлическую пластину с работой выхода 2,6 эВ и выбивает из пластины фотоэлектроны, которые попадают в замедляющее однородное электрическое поле с модулем напряженности 1 В/м. Какое время проходит от момента начала замедления фотоэлектронов до их полной остановки, если энергия падающего фотона 11,5 эВ? Считайте, что все фотоэлектроны при вылете из пластины имеют одинаковую скорость. Ответ дайте в мкс, округлив до целого.

26. Пучок электронов падает перпендикулярно дифракционной решетке с периодом 14,4 мкм. В результате на фотопластинке, расположенной за решеткой параллельно ей, фиксируется дифракционная картина. Угол к направлению падения пучка, под которым наблюдается первый главный дифракционный максимум, равен  $30^\circ$ . Чему равна скорость электронов в пучке? Ответ выразите в метрах в секунду и округлите до десятков.

#### Примечание.

В данной задаче примите значение постоянной Планка  $h$  равной  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж · с.

27. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из металла под действием света, равна 1,2 эВ. Если уменьшить длину волны падающего света в 2 раза, то максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из этого же металла, станет равной 3,95 эВ. Определите энергию падающих фотонов (в эВ) в первом случае.

28. Пороговая чувствительность сетчатки человеческого глаза к видимому свету составляет  $1,65 \cdot 10^{-18}$  Вт, при этом на сетчатку глаза каждую секунду попадает 5 фотонов. Определите, какой длине волны (в нм) это соответствует. (Постоянную Планка примите равной  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.)

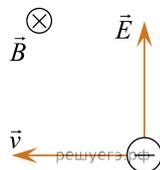
29. Параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda = 600$  нм и концентрацией фотонов  $n = 10^{14} \text{ м}^{-3}$  нормально падает на идеальное зеркало, равномерно освещающая всю его поверхность, площадь которой равна  $S = 1 \text{ м}^2$ . Чему равен модуль силы  $F$  давления этого светового пучка на зеркало?

30. Поток фотонов выбивает из металла электроны. Энергия фотона равна 2 эВ. Если длину волны падающего излучения уменьшить в 2,5 раза, то максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, увеличится в 2 раза. Определите работу выхода электронов из металла. Ответ выразите в электрон-вольтах.

31. В фантастических романах космические корабли перемещаются при помощи фотонных двигателей, принцип действия которых заключается в создании реактивной тяги при испускании света. Сколько фотонов должен каждую секунду испускать такой двигатель для того, чтобы сообщать кораблю массой 10 тонн ускорение  $1 \text{ м/с}^2$ , если длина волны испускаемых фотонов равна 528 нм? Ответ дайте в виде целого числа, которое должно быть записано перед множителем « $10^{30}$ ».

32. Лазер излучает в импульсе  $10^{19}$  световых квантов. Средняя мощность импульса лазера 1100 Вт при длительности вспышки  $3 \cdot 10^{-3}$  с. Определите длину волны излучения лазера. Ответ выразите в микрометрах.

33. Вылетевший при фотоэффекте с катода электрон падает в электромагнитное поле как показано на рисунке. Вектор напряженности электрического поля направлен вертикально вверх. Вектор магнитного поля направлен от наблюдателя. Определите, при каких значениях напряженности электроны, вылетевшие с максимально возможной скоростью, отклоняются вверх. Частота падающего на катод света  $\nu = 6,2 \cdot 10^{14}$  Гц. Работа выхода  $A_{\text{вых}} = 2,39$  эВ. Магнитная индукция поля  $B = 0,5$  Тл.



34. В опыте по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. При этом измеряется запирающее напряжение. В таблице представлены результаты исследования зависимости запирающего напряжения  $U$ , от длины волны  $\lambda$  падающего света.

Запирающее напряжение $U$ , В	0,4	0,6
Длина волны света $\lambda$ , нм	546	491

Чему равна постоянная Планка по результатам этого эксперимента? Запишите в ответ полученную величину, умноженную на  $10^{34}$ . Ответ округлите до десятых. Ответ приведите в джоуль-секундах.

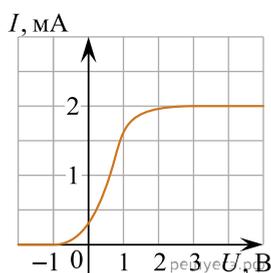
35. Опыты по наблюдению фотоэффекта показывают, что работа выхода электрона из кристаллического образца зависит от ориентации кристалла относительно направления падающего излучения. При освещении медного образца светом с некоторой фиксированной длиной волны было установлено, что при вращении образца максимальная скорость фотоэлектронов изменяется в пределах от 610 км/с до 764 км/с. На сколько отличаются работы выхода электрона из меди при разных положениях образца? Ответ выразите в электрон-вольтах и округлите до десятых долей.

36. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металлической пластинки под действием света, равна 2 эВ. Длина волны падающего монохроматического света составляет  $\frac{2}{3}$  длины волны, соответствующей «красной границе» фотоэффекта для этого металла. Какова работа выхода электронов? Ответ приведите в электрон-вольтах.

37. На металлическую пластинку падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 400$  нм. «Красная граница» фотоэффекта для металла пластинки  $\lambda_{кр} = 600$  нм. Чему равно отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов к работе выхода для этого металла?

38. Ядро трития  ${}^3_1\text{T}$  распадается на ядро гелия-3, электрон и электронное антинейтрино:  ${}^3_1\text{T} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$ . Масса ядра трития  ${}^3_1\text{T}$  равна 3,01550 а. е. м., масса ядра  ${}^3_2\text{He}$  равна 3,01493 а. е. м. Какое количество энергии выделяется в этой ядерной реакции? Ответ выразите в килоэлектрон-вольтах и округлите до целого числа.

39. В опыте по изучению фотоэффекта монохроматическое излучение мощностью  $P = 0,21$  Вт падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведен на рисунке. Какова частота  $\nu$  падающего света, если в среднем один из 30 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



40. На металлическую пластинку падает монохроматическая электромагнитная волна, выбивающая из нее электроны. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетевших из пластинки в результате фотоэффекта, составляет 6 эВ, а энергия падающих фотонов в 3 раза больше работы выхода из металла. Чему равна работа выхода электронов из металла? Ответ дайте в электрон-вольтах.

41. Лазер излучает свет с длиной волны 450 нм. Мощность лазерного пучка 2,2 мВт. Сколько фотонов излучает этот лазер за 1 пс?

42. Монохроматический свет попадает на литий, работа выхода которого равна 2,39 эВ при длине волны  $\lambda_0$  запирающее напряжение равно  $U_3$ . Если изменить длину волны в 1,5 раза, то необходимое запирающее напряжение увеличится вдвое. Найдите  $\lambda_0$ .

43. В некоторых опытах по изучению фотоэффекта одну и ту же пластину освещают при различных частотах падающего света  $\nu$ , пропорциональных частоте красной границы фотоэффекта  $\nu_{кр}$ .

В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Частота падающего света $\nu$	$2\nu_{кр}$	$6\nu_{кр}$
Максимальная энергия выбитых электронов $E_{kmax}$	2 эВ	—

Какое значение максимальной энергии выбитых электронов должно быть на месте прочерка?

44. Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой  $\nu = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. За время  $t = 5$  с детектор поглощает  $N = 3 \cdot 10^5$  фотонов. Какова мощность излучения, поглощаемая детектором?

45. Сколько фотонов испускает монохроматический источник света за время  $t = 2$  с, если средняя длина волны излучения равна 0,6 мкм, коэффициент полезного действия источника равен 18%, а потребляемая от сети мощность 0,2 кВт.

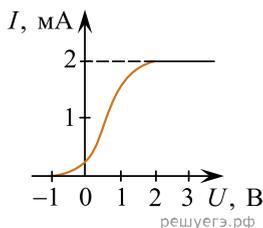
46. Лазерная указка испускает поток фотонов с длиной волны 600 нм и средней мощностью 1,1 кВт. Определите за какое время световая указка испустит  $10^{19}$  фотонов.

47. Длина волны ультрафиолетового излучения, падающего на катод равна 400 нм. Запирающее напряжение 0,9 В. Найдите длину волны, соответствующей красной границе фотоэффекта.

48. Какой должна быть длина волны фотона, чтобы его энергия равнялась кинетической энергии протона, движущегося со скоростью  $2 \cdot 10^4$  м/с?

49. Электрическая лампа мощностью 60 Вт испускает каждую секунду  $10^{19}$  фотонов. Средняя длина волны излучения 600 нм. Определите коэффициент полезного действия лампы.

50. В опыте по изучению фотоэффекта монохроматическое излучение мощностью  $P = 0,21$  Вт падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведен на рисунке. Какова частота  $\nu$  падающего света, если в среднем один из 30 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



51. Излучение аргонного лазера с длиной волны  $\lambda = 500$  нм сфокусировано на фотокатоде в пятно диаметром  $d = 0,1$  мм. Работа выхода фотокатода  $A = 2$  эВ. На анод, расположенный на расстоянии  $l = 30$  мм от катода, подано ускоряющее напряжение  $U = 4$  кВ. Найти диаметр пятна на аноде, на которое попадают фотоэлектроны.

52. Металлическая пластина облучается светом некоторой частоты. Работа выхода электронов из данного металла равна 4,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью 100 В/м, причем вектор напряженности  $\vec{E}$  направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов на расстоянии 20 см от пластины равна 21,9 эВ. Чему равна частота света, которым облучают пластину?