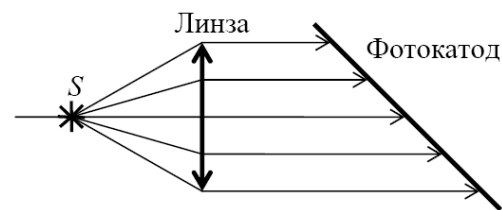


5.1.1 Гипотеза М. Планка о квантах

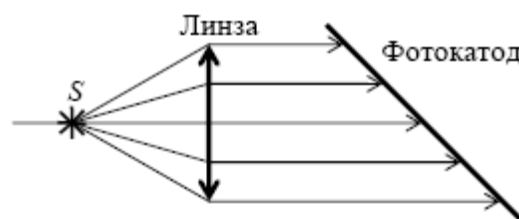
5.1.2 Фотоэффект

5.1.3 Опыты А.Г. Столетова

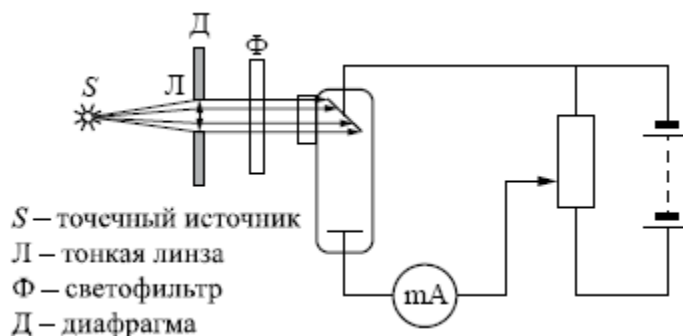
28 (C1) 1. АС93С2 В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с бóльшим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



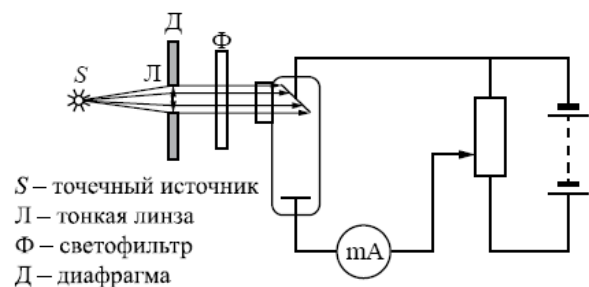
28 (C1) 2. (2013-105) В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с бóльшим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



28 (C1) 3. (2013-1) На рисунке представлена схема эксперимента по наблюдению фотоэффекта. Точечный источник S помещён в фокусе линзы L . Линзу L заменили линзой L_1 с меньшим фокусным расстоянием. Точечный источник S поместили в фокусе линзы L_1 . Как изменится при этом (уменьшится или увеличится) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения. Диаметры линз одинаковы.



28 (C1) 4. (2013-2) На рисунке представлена схема эксперимента по наблюдению фотоэффекта. Точечный источник S помещён в фокусе линзы L . Линзу L заменили линзой L_1 с меньшей оптической силой. Как изменится при этом (уменьшится или увеличится) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие



физические закономерности Вы использовали для объяснения. Диаметры линз одинаковы.

5.1.4 Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

25 (В) 1. c1e1Fe A25 На металлическую пластинку падает свет, длина волны которого $\lambda = 400 \text{ нм}$. Красная граница фотоэффекта для металла этой пластинки $\lambda_{\text{кр}} = 600 \text{ нм}$. Во сколько раз энергия падающего фотона превосходит максимальную кинетическую энергию фотоэлектрона, выбитого из пластинки?

- 1) 1,5 2) 2 3) 3 4) 4

32 (С6) 1. Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из металлической пластины светом с длиной волны $\lambda = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, если красная граница фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}} = 540 \text{ нм}$?

32 (С6) 2. 4F59B4 В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка облучалась светом с длинами волн соответственно $\lambda_1 = 350 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 540 \text{ нм}$. В этих опытах максимальные скорости фотоэлектронов отличались в $v_1 / v_2 = 2$ раза. Какова работа выхода металла, из которого изготовлена пластинка?

32 (С6) 3. (2013-3) В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка, для которой работа выхода с поверхности металла $A_{\text{вых}} = 1,9 \text{ эВ}$, облучалась светом с длинами волн λ_1 и λ_2 . Какой была частота света в первом опыте ν_1 , если длина волны во втором опыте $\lambda_2 = 540 \text{ нм}$, а отношение максимальных скоростей фотоэлектронов $\frac{v_1}{v_2} = 2$?

32 (С6) 4. (2013-4) В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка, для которой работа выхода с поверхности металла $A_{\text{вых}} = 1,9 \text{ эВ}$, облучалась светом с длинами волн λ_1 и λ_2 . Какой была частота света во втором опыте ν_2 , если длина волны в первом опыте $\lambda_1 = 350 \text{ нм}$, а отношение максимальных скоростей фотоэлектронов $\frac{v_1}{v_2} = 2$?

32 (С6) 5. Катод вакуумного фотоэлемента облучается световым пучком с длиной волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ и мощностью $W = 0,5 \text{ Вт}$. На один электрон, выбитый из катода, приходится $N = 50$ фотонов. При больших ускоряющих напряжениях между катодом и анодом фототок достигает насыщения (все электроны, выбитые из катода в единицу времени, достигают анода). Найти силу фототока насыщения.

32 (С6) 6. Фотокатод с работой выхода $4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ освещается светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией $2 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см . Какова частота ν падающего света?

32 (С6) 7. При длительном освещении монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 450 \text{ нм}$ незаряженного металлического шарика, находящегося в вакууме, выяснилось, что потенциал шарика достиг величины $\phi = 0,95 \text{ В}$ после чего перестал возрастать. Чему равна работа выхода электронов из металла шарика? Ответ выразите в эВ и округлите до десятых долей.

32 (С6) 8. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью $C = 8000 \text{ нФ}$. При длительном освещении катода светом с частотой $\nu = 10^{15} \text{ Гц}$ фототок, возникший вначале, прекращается. Работа выхода электронов из кальция $A = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Какой заряд q при этом оказывается на обкладках конденсатора?

32 (С6) 9. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью $C = 8000 \text{ нФ}$. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд $q = 11 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Работа выхода электронов из кальция $A = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Определите длину волны λ света, освещающего катод.

32 (С6) 10. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода $4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$), освещается светом с длиной волны 300 нм . Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией $8,3 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности, по которой движутся электроны?

32 (С6) 11. 629801 Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290 \text{ нм}$. При облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом $U = 1,9 \text{ В}$. Определите длину волны λ .

32 (С6) 12. 5BF1E9 При увеличении в 2 раза частоты света, падающего на поверхность металла, задерживающее напряжение для фотоэлектронов увеличилось в 3 раза. Первоначальная частота падающего света была равна $0,75 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$. Какова длина волны, соответствующая «красной границе» фотоэффекта для этого металла?

32 (С6) 13. При облучении металла светом с длиной волны 245 нм наблюдается фотоэффект. Работа выхода электрона из металла равна $2,4 \text{ эВ}$. Рассчитайте величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза.

32 (С6) 14. (2013-1) Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем с напряжённостью $E = 5 \cdot 10^4 \text{ В/м}$. Какой путь S должен пройти электрон в электрическом поле, чтобы он разогнался до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать.

32 (С6) 15. (2013-2) Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется постоянным электрическим полем с напряжённостью $E = 1,8 \cdot 10^3 \text{ В/м}$. За какое время t электрон может разогнаться в электрическом поле до скорости, составляющей 10% от скорости света? Релятивистские эффекты не учитывать.

32 (С6) 16. 72FC65 Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряжённостью $E = 5 \cdot 10^4 \text{ В/м}$. До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь $S = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$? Релятивистские эффекты не учитывать.

32 (С6) 17. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем. Чему равен модуль напряженности этого поля, если на пути $S = 5 \cdot 10^{-4}$ м электрон разгоняется до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать.

32 (С6) 18. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода), помещенной в сосуд, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью E . Пролетев путь $S = 5 \cdot 10^{-4}$ м, он приобретает скорость $v = 3 \cdot 10^6$ м/с. Какова напряженность электрического поля? Релятивистские эффекты не учитывать.

32 (С6) 19. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода), помещенной в сосуд, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью $E = 5 \cdot 10^4$ В/м. Какой путь пролетел в этом электрическом поле электрон, если он приобрел скорость $v = 3 \cdot 10^6$ м/с? Релятивистские эффекты не учитывать.

32 (С6) 20. 250AD7 При облучении металлической пластинки квантами света с энергией 3 эВ из нее выбиваются электроны, которые проходят ускоряющую разность потенциалов $\Delta U = 5$ В. Какова работа выхода $A_{\text{вых}}$, если максимальная энергия ускоренных электронов E_e равна удвоенной энергии фотонов, выбивающих их из металла?

32 (С6) 21. При облучении металлической пластинки квантами света с энергией 3 эВ из нее выбиваются электроны, которые проходят ускоряющую разность потенциалов U . Работа выхода электронов из металла $A_{\text{вых}} = 2$ эВ. Определите ускоряющую разность потенциалов U , если максимальная энергия ускоренных электронов E_e равна удвоенной энергии фотонов, выбивающих их из металла.

32 (С6) 22. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290$ нм. При облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом $U = 1,5$ В. Определите длину волны λ .

32 (С6) 23. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290$ нм. При облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при запирающем напряжении между анодом и катодом $U = 1,9$ В. Определите длину волны λ .

32 (С6) 24. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290$ нм. Фотокатод облучают светом с длиной волны $\lambda_0 = 220$ нм. При каком напряжении между анодом и катодом фототок прекращается?

32 (С6) 25. 2BD5FC При облучении катода светом с длиной волны $\lambda = 300$ нм фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом $U = 1,4$ В. Определите красную границу фотоэффекта λ_0 для вещества фотокатода.

32 (С6) 26. 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 $8,3 \cdot 10^4 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции этого поля. Чему равен максимальный радиус окружности R , по которой движутся электроны?

32 (С6) 27. Фотоэффект с поверхности данного металла наблюдается при частоте излучения не менее $6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$. Найдите частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет 3 В .

32 (С6) 28. Фотокатод облучают светом с длиной волны 300 нм . Красная граница фотоэффекта фотокатода 450 нм . Вычислите запирающее напряжение U между анодом и катодом.

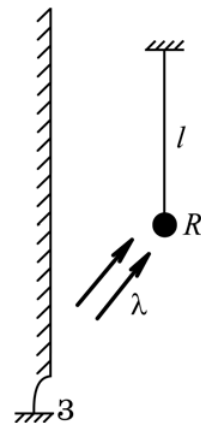
32 (С6) 29. Фотокатод с работой выхода $4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ освещается светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией $2 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см . Какова частота ν падающего света?

32 (С6) 30. Фотоны, имеющие энергию 5 эВ , выбивают электроны с поверхности металла. Работа выхода электронов из металла равна $4,7 \text{ эВ}$. Какой импульс приобретает электрон при вылете с поверхности металла?

32 (С6) 31. При какой температуре газа средняя энергия теплового движения частиц будет равна энергии электронов, выбиваемых из металлической пластинки с работой выхода $A_{\text{вых}} = 2 \text{ эВ}$, при облучении монохроматическим светом с длиной волны 300 нм ?

А5.1.5 Фотоны

28 (С1) 5. Маленький незаряженный металлический шарик, подвешенный на непроводящей нити в вакууме около большой вертикальной заземленной металлической плоскости (см. рисунок), начинают облучать узким пучком монохроматического света, длина волны которого находится в видимом диапазоне. Опишите, как может в дальнейшем изменяться угол наклона нити к вертикали. Силами светового давления можно пренебречь, длина нити подвеса намного больше радиуса шарика, и превышает расстояние от точки подвеса до плоскости.



5.1.6 Энергия фотона

32 (С6) 32. А52А31 Детектор полностью поглощает падающий на него свет длиной волны $\lambda = 400 \text{ нм}$. Поглощаемая мощность $P = 1,1 \cdot 10^{-14} \text{ Вт}$. За какое время детектор поглотит $N = 4 \cdot 10^5$ фотонов? Ответ округлите до целых.

32 (С6) 33. Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ используется для нагревания воды массой 1 кг . Сколько времени потребуется для нагревания воды на $10 \text{ }^\circ\text{C}$, если источник за 1 с излучает 10^{20} фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

32 (С6) 34. 934520 Электромагнитное излучение используется для нагревания воды массой 1 кг. За время 700 с температура воды увеличивается на 10°C . Какова длина волны излучения, если источник испускает 10^{20} фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

32 (С6) 35. 5D87A0 Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \times 10^{-7}$ м используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть за 700 с на 10°C , если источник излучает 10^{20} фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

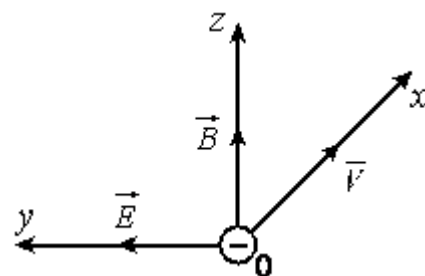
32 (С6) 36. (2014-405) Рентгеновская трубка, работающая при напряжении $U = 28$ кВ, излучает каждую секунду $n = 2 \cdot 10^{20}$ фотонов частотой $\nu = 2,3 \cdot 10^{17}$ Гц. Сила тока через трубку $I = 10$ А. Определите коэффициент полезного действия трубки.

32 (С6) 37. (2014-408) Рентгеновская трубка, работающая при напряжении $U = 30$ кВ, излучает каждую секунду $n = 1,8 \cdot 10^{20}$ фотонов частотой $\nu = 1,5 \cdot 10^{17}$ Гц. КПД трубки равен 6,6%. Определите силу тока в рентгеновской трубке.

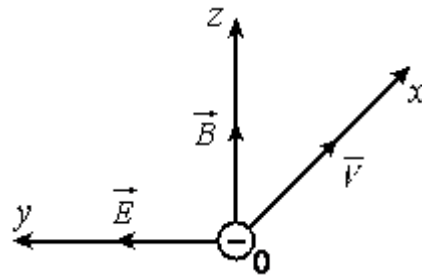
32 (С6) 38. ED45CD (2014-365) Для увеличения яркости изображения слабых источников света используется вакуумный прибор – электронно-оптический преобразователь. В этом приборе фотоны, падающие на катод, выбивают из него фотоэлектроны, которые ускоряются разностью потенциалов $\Delta\phi = 15\,000$ В и бомбардируют флуоресцирующий экран, рождающий вспышку света при попадании каждого электрона. Длина волны для света от источника $\lambda_1 = 820$ нм, а для света, излучаемого экраном, $\lambda_2 = 820$ нм. Во сколько раз N прибор увеличивает энергию светового излучения, падающего на катод? Считать, что один фотоэлектрон рождается при падении на катод в среднем $k = 10$ фотонов. Работу выхода электронов $A_{\text{вых}}$ принять равной 1 эВ. Считать, что энергия падающих на экран электронов переходит в энергию света без потерь.

32 (С6) 39. (2014-380) Для увеличения яркости изображения слабых источников света используется вакуумный прибор – электронно-оптический преобразователь. В этом приборе фотоны, падающие на катод, выбивают из него фотоэлектроны, которые ускоряются разностью потенциалов $\Delta\phi = 15\,000$ В и бомбардируют флуоресцирующий экран, рождающий вспышку света при попадании каждого электрона. Длина волны для падающего на катод света $\lambda_1 = 820$ нм, а для света, излучаемого экраном, $\lambda_2 = 820$ нм. Какое количество k фотонов, падающих на катод, приходится в среднем на один выбитый фотоэлектрон, если прибор увеличивает энергию светового излучения, падающего на катод, в $N = 1000$ раз? Работу выхода электронов $A_{\text{вых}}$ принять равной 1 эВ. Считать, что энергия электронов переходит в энергию света без потерь.

32 (С6) 40. 45ECE8 Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси Ox под действием света с катода фотоэлемента, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть частота падающего света ν , чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей действующая на них сила была направлена против оси Oy ? Работа выхода для вещества катода 2,39 эВ, напряжённость электрического поля $3 \cdot 10^2$ В/м, индукция магнитного поля 10^{-3} Тл.



32 (С6) 41. F4B3A9 Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси Ox с катода фотоэлемента под действием света, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть напряжённость электрического поля E , чтобы самые быстрые электроны отклонялись в положительном направлении оси Oy ? Работа выхода для вещества катода $2,39$ эВ, частота света $6,4 \cdot 10^{14}$ Гц, индукция магнитного поля 10^{-3} Тл.



A5.1.7 Импульс фотона

32 (С6) 42. Движущаяся нейтральная частица (π^0 -мезон) распалась на два γ -кванта с энергиями E_1 и E_2 , которые летят в противоположных направлениях. Найдите скорость частицы до распада, если $\frac{E_1}{E_2} = 1,5$.

32 (С6) 43. 7640D4 π^0 -мезон массой $2,4 \cdot 10^{-28}$ кг распадается на два γ -кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся γ -квантов в системе отсчета, где первичный π^0 -мезон покоится.

32 (С6) 44. F3F56F Свободный пион (π^0 -мезон) с энергией покоя 135 МэВ движется со скоростью V , которая значительно меньше скорости света. В результате его распада образовались два γ -кванта, причём один из них распространяется в направлении движения пиона, а другой – в противоположном направлении. Энергия одного кванта на 10% больше, чем другого. Чему равна скорость пиона до распада?

32 (С6) 45. 28ABF8 Источник в монохроматическом пучке параллельных лучей за время $\Delta t = 8 \cdot 10^{-4}$ с излучает $N = 5 \cdot 10^{14}$ фотонов. Лучи падают по нормали на площадку $S = 0,7$ см² и создают давление $P = 1,5 \cdot 10^{-5}$ Па. При этом 40% фотонов отражается, а 60% поглощается. Определите длину волны излучения.

32 (С6) 46. 517253 Образец, содержащий радий, за 1 с испускает $3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц. За 1 ч выделяется энергия 100 Дж. Каков средний импульс α -частиц? Масса α -частиц равна $6,7 \cdot 10^{-27}$ кг. Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистским эффектами пренебречь.

32 (С6) 47. На большом адронном коллайдере (БАК) в конце 2009 года проведены первые эксперименты по ускорению протонных сгустков, содержащих $N = 20$ миллиардов частиц, до энергии $E_p = 1,18$ ТэВ = 1180 ГэВ, приходящейся на каждый протон. Представим себе, что такой сгусток полностью поглощается шариком массой $m = 1$ г и теплоемкостью $C = 5$ Дж/К. Какую скорость приобретет после этого шарик и на сколько градусов он нагреется?

A5.1.8 Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Корпускулярно-волновой дуализм

A5.1.9 Дифракция электронов

32.С6.1. Фотон частоты $\nu = 5 \cdot 10^{18}$ Гц летит вдоль оси Ox и сталкивается с электроном, при этом наблюдается рассеяние фотона на электроне (так называемый эффект Комптона). В результате рассеяния электрон приобретает скорость $V = 0,2 \cdot 10^8$ м/с, а рассеянный фотон летит в направлении, противоположном направлению оси Ox . Считая, что электрон изначально покоился, найти частоту рассеянного фотона. Какой части шкалы электромагнитных волн соответствует эта частота?