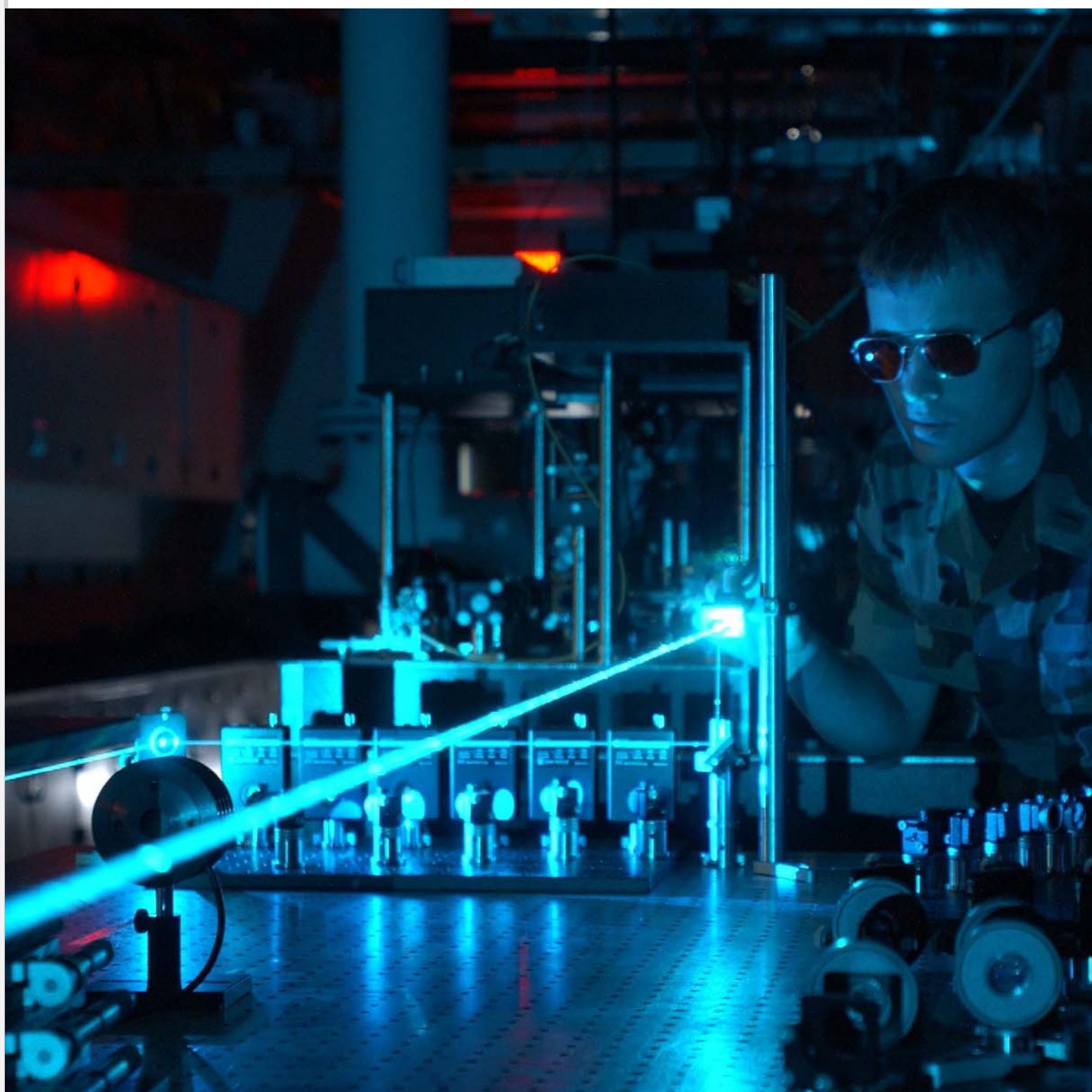


Виртуальный курс физики

Оптика

Квантовая оптика. Задачи для
самостоятельного решения



Оптика

Квантовая оптика

Рекомендации по решению задач

При решении задач, в которых рассматриваются квантовые явления, рекомендуется:

- а) установить связь между волновыми и квантовыми характеристиками частиц, рассматриваемых в данной задаче;
- б) применить законы сохранения энергии и импульса при изучении взаимодействия фотонов с другими частицами.

Основные законы и соотношения

$$W = h\nu = \frac{hc}{\lambda_0}$$

– энергия; ν – частота; λ_0 – длина световой волны в вакууме; c – скорость света; h – постоянная Планка.

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda_0}$$

– импульс фотона; λ_0 – длина волны света в вакууме; c – скорость света; h – постоянная Планка.

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

– энергия фотона; $A_{\text{вых}}$ – работа выхода, m – масса электрона; v_{max} – максимальная скорость электрона.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить энергию фотона, соответствующую излучению с частотой $1,6 \cdot 10^{15}$ Гц. Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: 6,6 эВ.

2. На сколько процентов следует уменьшить длину волны фотона, чтобы его энергия увеличилась в два раза?

Ответ: на 50 %.

3. Фотоны имеют энергию $4,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определить длину волны этого излучения. Ответ привести в микрометрах.

Ответ: 0,45 мкм.

4. Определить длину волны фотона, энергия которого равна кинетической энергии электрона, прошедшего разность потенциалов 3,3 В.

Ответ: 375 нм.

5. Определить частоту излучения, если энергия фотона данного излучения равна 8,25 эВ. Ответ привести в терагерцах ($1 \text{ ТГц} = 10^{12} \text{ Гц}$).

Ответ: 2000 ТГц.

6. Определить энергию фотона, соответствующую излучению с длиной волны 0,495 мкм. Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: 2,5 эВ.

7. Определить длину волны фотона, энергия которого равна 5 эВ. Ответ привести в ангстремах ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$).

Ответ: 2475 \AA.

8. Определить энергию фотона рентгеновского излучения, длина волны которого равна $3 \cdot 10^{-10}$ м. Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: 4125 эВ.

9. При какой температуре средняя кинетическая энергия теплового движения молекулы одноатомного газа равна энергии фотона с длиной волны $6,6 \cdot 10^{-6}$ м? Постоянная Больцмана равна $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К. Ответ дать с точностью до целых.

Ответ: 1449 К.

10. Определить среднюю мощность импульсного лазера, излучающего фотоны с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м. Число фотонов в импульсе равно 10^{18} . В 1 с излучается 100 импульсов.

Ответ: 60 Вт.

11. Пучок лазерного излучения с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м используется для нагревания 1 кг воды с удельной теплоемкостью 4200 Дж / (кг·К). За какое время вода нагреется на 10 °С, если лазер каждую секунду испускает 10^{20} фотонов и все они поглощаются водой?

Ответ: 700 с.

12. Во сколько раз энергия фотона с длиной волны 500 нм больше энергии фотона с длиной волны 800 нм?

Ответ: в 1,6 раза.

13. Во сколько раз энергия фотона рентгеновского излучения больше энергии фотона видимого света, если длина волны рентгеновского излучения равна 10^{-10} м, а видимого света – $6 \cdot 10^{-7}$ м?

Ответ: в 6000 раз.

14. Во сколько раз энергия фотона с частотой $2 \cdot 10^{15}$ Гц меньше энергии фотона с частотой $3 \cdot 10^{15}$ Гц?

Ответ: в 1,5 раза.

15. На сколько электрон-вольт изменится работа выхода электрона с поверхности металлической пластины, если энергия падающего на пластину фотона увеличится с 4 до 6 эВ?

Ответ: на 0 эВ.

16. Определить энергию фотона, длина волны которого соответствует фиолетовой границе видимого диапазона шкалы электромагнитных волн 0,33 мкм. Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: 3,75 эВ.

17. Во сколько раз масса фотона с длиной волны 10 нм (рентгеновское излучение) меньше массы фотона с длиной волны 0,1 нм (γ -излучение)?

Ответ: в 100 раз.

18. Определить частоту излучения, соответствующую красной границе фотоэффекта для металла, работа выхода которого составляет 4,125 эВ. Ответ привести в терагерцах ($1 \text{ ТГц} = 10^{12} \text{ Гц}$).

Ответ: 1000 ТГц.

19. При какой минимальной энергии фотонов возможен фотоэффект с поверхности цезия? Работа выхода электрона с поверхности цезия равна 1,9 эВ.

Ответ: 1,9 эВ.

20. Длина волны ультрафиолетового света, падающего на металл, уменьшается с 250 до 125 нм. Во сколько раз при этом увеличивается максимальная кинетическая энергия электронов, если работа выхода электронов равна 3,3 эВ?

Ответ: в четыре раза.

21. В результате загрязнения поверхности металла работа выхода электрона из металла увеличилась в 1,21 раза. Во сколько раз необходимо уменьшить максимальную длину волны света, способного вызвать фотоэффект с этой поверхности?

Ответ: в 1,21 раза.

22. Работа выхода электронов из металла равна 4,1 эВ. Определить минимальную задерживающую разность потенциалов при освещении поверхности металла фотонами с энергией 5,3 эВ.

Ответ: 1,2.

23. При освещении металлической пластинки монохроматическим светом задерживающая разность потенциалов равна 1,6 В. Если увеличить частоту света в два раза, задерживающая разность потенциалов будет равна 5,1 В. Определить работу выхода электрона. Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: 1,9 эВ.

24. На две металлические пластины, работа выхода электронов с поверхности которых равна 3 и 4 эВ соответственно, падают фотоны с энергией 5 эВ. Во сколько раз максимальная скорость электронов, вылетающих с поверхности первой пластины, больше скорости электронов, вылетающих с поверхности второй?

Ответ: в 1,41 раза.

25. Максимальная кинетическая энергия электронов, вырываемых с поверхности цезия под действием фотонов с энергией 3,2 эВ, равна 1,3 эВ. Как увеличится кинетическая энергия электронов при увеличении частоты падающего света в два раза? Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: на 3,2 эВ.

26. Максимальная кинетическая энергия электронов, вырываемых с поверхности цезия под действием фотонов с энергией 2,4 эВ, равна 0,5 эВ. Как увеличится кинетическая энергия электронов при уменьшении длины волны падающего света в два раза? Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: на 2,4 эВ.

27. Определить максимальную кинетическую энергию электронов, выбиваемых с поверхности металла фотонами с энергией 4,6 эВ. Работа выхода электронов из металла равна 1,8 эВ. Ответ привести в электрон-вольтах.

Ответ: 2,8 эВ.

28. Во сколько раз увеличится работа выхода электрона с поверхности металлической пластинки, если длина волны света, падающего на нее, уменьшится в четыре раза?

Ответ: в один раз.

29. Для некоторого металла фотоэффект начинается при длине волны падающего излучения 2000 \AA . При какой длине волны падающего излучения наблюдается фотоэффект у металла с вдвое большей работой выхода?

Ответ: 1000 \AA .

