

2. ВОЛНЫ ДЕ БРОЙЛЯ

Де Бройль сопоставил свободной частице, имеющей импульс p , монохроматическую волну с длиной волны

$$\lambda = h/p = 2\pi\hbar/p.$$

Пример 1. Найти длину волны де Бройля для пули массой 9 г, летящей со скоростью 100 м/с.

Решение. Длина волны де Бройля $\lambda = h/p = h/mv$. Подставляя числовые значения, получим $\lambda = 7,36 \cdot 10^{-32}$ м.

Пример 2. Кинетическая энергия протона в 4 раза меньше его энергии покоя. Вычислить дебройлевскую длину волны протона.

Решение. Длина волны де Бройля $\lambda = h/p$. Так как по условию задачи кинетическая энергия протона $E_k = E_0/4$ сравнима с его энергией покоя E_0 , то импульс p и кинетическая энергия E_k связаны релятивистским соотношением $p = (1/c)\sqrt{E_k(E_k + 2E_0)}$, где c – скорость света в вакууме. Тогда $p = 3E_0/4c$ и длина волны $\lambda = 4hc/(3E_0) = 1,77 \cdot 10^{-15}$ м.

Задачи.

1. При какой скорости электрона его дебройлевская длина волны будет равна 500 нм; 0,1 нм?

2. Какой кинетической энергией должен обладать электрон, чтобы дебройлевская длина волны была равна его комптоновской длине волны?

3. Какой должна быть кинетическая энергия протона, чтобы дебройлевская длина волны совпадала с его комптоновской длиной волны?

4. При каком значении скорости дебройлевская длина волны частицы равна ее комптоновской длине волны?

5. Кинетическая энергия электрона в 3 раза меньше его энергии покоя. Определить дебройлевскую длину волны электрона.

6. Масса движущегося электрона в 2 раза больше его массы покоя. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона.

7. Чему равна дебройлевская длина волны протона, движущегося со скоростью $0,6c$, где c – скорость света в вакууме?

8. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 511 кВ.

9. Какова дебройлевская длина волны протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 120 кВ.

10. Определить дебройлевскую длину волны теплового нейтрона, обладающего энергией, равной средней энергии теплового движения при температуре 300 К?

11. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода равна 13,6 эВ. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона.

12. Кинетическая энергия нейтрона равна его энергии покоя. Определить дебройлевскую длину волны нейтрона.

13. Найти дебройлевскую длину волны молекулы водорода, соответствующую их наиболее вероятной скорости при комнатной температуре.

14. Вычислить дебройлевскую длину волны молекул CO_2 , соответствующую их средней скорости при комнатной температуре.

15. Найти дебройлевскую длину волны молекулы азота, соответствующую их наиболее вероятной скорости при температуре 77 К.

16. Найти дебройлевскую длину волны молекулы кислорода, соответствующую их средней скорости при температуре -70°C .

17. Какова дебройлевская длина волны молекулы воды, соответствующая их средней скорости при комнатной температуре.

18. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона с кинетической энергией 100 эВ.

19. Определить дебройлевскую длину волны протона, имеющего кинетическую энергию 200 эВ.

20. Вычислить дебройлевскую длину волны атома урана, имеющего кинетическую энергию 100 эВ.

21. Частица движется слева направо в одномерном потенциальном поле (рис.2). Левее барьера высотой $U = 15$ эВ полная энергия частицы 20 эВ. Как изменится дебройлевская длина волны частицы при переходе через барьер?

22. Частица движется справа налево в одномерном потенциальном поле (рис.2). Правее барьера высотой $U = 15$ эВ кинетическая энергия частицы 5 эВ. Вычислить дебройлевскую длину волны частицы после перехода через барьер.

23. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась со 100 до 50 пм?

24. Как нужно изменить энергию нейтрона, чтобы его дебройлевская длина волны увеличилась с 50 до 100 пм?

25. Как изменится дебройлевская длина волны частицы, если ее кинетическая энергия уменьшится в 3 раза?

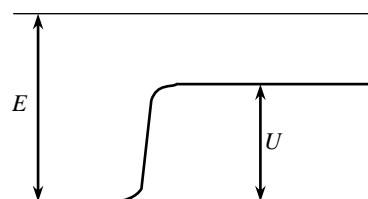


Рис.2