

Изучение магнитного поля соленоида.

Так, например, задания, предлагаемые в ходе выполнения лабораторной работы «Измерение полезной мощности и КПД источника в зависимости от нагрузки», предлагались для выполнения в 2006 году на районной олимпиаде в Минске учащимся 10 класса. В лабораторной работе предлагаемая к построению зависимость падения напряжения на нагрузке от тока нагрузки имеет линейный вид (с увеличением напряжения ток уменьшается). Это позволяет путём аппроксимации получить на графике точку, в которой падение напряжения на нагрузке равно нулю, что даёт ток короткого замыкания, ЭДС источника и его внутреннее сопротивление.

УДК 539.182, 378.147.88

НОВОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ЧАСТИЦА В ОДНОМЕРНОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЯМЕ»

П. Б. Кац

г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»

Одной из простейших задач квантовой механики является задача о движении частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме [1, с. 176]. Более сложной задачей, но более приближенной к реальности является задача о движении частицы в одномерной потенциальной яме конечной глубины [1, с. 223]. При решении задач по соответствующей теме, как правило, ограничиваются аналитическими вычислениями положения уровней в бесконечно глубокой потенциальной яме и вероятностей нахождения частицы на разных участках ямы. Поэтому полезным является выполнение теоретической лабораторной работы, посвященной потенциальным ямам конечной и бесконечной глубины.

В старом варианте работы студентам предлагалось исследовать положение уровней и волновые функции стационарных состояний частицы в одномерной яме конечной глубины и одномерной яме с одной бесконечной стенкой. В большинстве курсов общей физики, читаемых для технических и педагогических специальностей, рассматривается только бесконечно глубокая потенциальная яма, которой в лабораторной работе уделено недостаточно внимания.

В новом методическом руководстве предлагается три задания.

1. Вычислить для двух бесконечно глубоких потенциальных ям разной ширины положение первых трех энергетических уровней для электрона и протона или нейтрона (в зависимости от варианта). Результат представить в эВ. Вычислить максимальные значения модулей волновых функций и плотности вероятности для каждой ямы. Построить в масштабе диаграмму уровней для одного из рассмотренных случаев. На диаграмме уровней изобразить графики $\psi(x)$ для одного из уровней и $\rho(x)$ для всех уровней. Указать масштаб для энергии, волновой функции и плотности вероятности.

2. Для заданных глубины и ширины ямы найти число и положения энергетических уровней.

3. Для заданных глубины и ширины ямы и энергии электрона вычислить коэффициент пропускания.

Второй пункт студенты выполняют, используя программу, написанную в Mathematica. Для нахождения положения энергетических уровней необходимо найти вещественные корни уравнения [1, с. 225].

$$\frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}l = \pi n - 2 \arcsin \sqrt{\frac{E}{U}}, \quad (1)$$

где $n=1,2,3,\dots$, а значения \arcsin берутся в интервале $(0, \pi/2)$.

Ниже на рисунке 1 скриншот программы для случая ямы шириной 0,2 нм и глубиной 10 эВ. Видно, что в яме имеется 2 уровня.

```

Wolfram Mathematica 9.0 - [к лабораторной 6 атомная физика.nb *]
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help
к лабораторной 6 атомная физика.nb *

In[8]:= l = 0.2 * 10 ^ (-9)
        U = 10
        h = 1.0546 * 10 ^ (-34)
        m = 9.109 * 10 ^ (-31)

Out[8]= 2. * 10^-10
Out[9]= 10
Out[10]= 1.0546 * 10^-34
Out[11]= 9.109 * 10^-31

In[12]:= FindRoot [ (sqrt(2 * m * En * 1.602 * 10 ^ (-19)) / h) * l == Pi - 2 ArcSin [sqrt(En / U)], {En, 0, 10} ]
Out[12]= {En -> 3.41513}

In[13]:= FindRoot [ (sqrt(2 * m * En * 1.602 * 10 ^ (-19)) / h) * l == 2 Pi - 2 ArcSin [sqrt(En / U)], {En, 0, 10} ]
Out[13]= {En -> 9.97763}

In[14]:= FindRoot [ (sqrt(2 * m * En * 1.602 * 10 ^ (-19)) / h) * l == 3 Pi - 2 ArcSin [sqrt(En / U)], {En, 0, 4} ]
FindRoot::cvmit : Failed to converge to the requested accuracy or precision within 100 iterations. >
Out[14]= {En -> 23.0289 + 4.05845 * 10^-19 i}
    
```

Рисунок 1 – Программа для расчета положения энергетических уровней электрона в одномерной потенциальной яме конечной глубины

Коэффициент пропускания ямы конечной глубины вычисляется по формуле [2, с. 229]

$$D = \left(1 + \frac{U^2 \sin^2(k_2 l)}{4E(E - U)}\right)^{-1}, k_2 = \sqrt{2mE / \hbar^2}. \quad (2)$$

Предлагается несколько вариантов задания, чтобы каждое звено выполняло вычисления самостоятельно. В конце работы приводится список контрольных вопросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартинсон, Л. К. Квантовая физика / Л. К. Мартинсон. – М. : Издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2004. – 496 с.