

Задача 1. Параметры нити накала

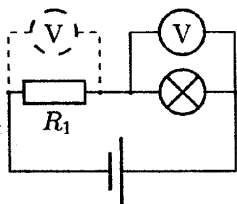


Рис. 17

Соберём схему для снятия вольт-амперной характеристики (рис. 17). При этом для определения силы тока будем измерять напряжение на резисторе с известным сопротивлением. Так как вольтметр один, будем подключать его попеременно то к лампочке, то к резистору. Тогда, воспользовавшись законом Ома, можно найти силу тока. Снимем зависимость силы тока, протекающего через лампочку, от приложенного напряжения в диапазоне 0–6 В с шагом в 0,5 В. Посчитаем для каждого значения напряжения выделяющуюся мощность и сопротивление нити накала по формулам $P = UI$, $R = U/I$.

Из формулы $\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0))$ явно следует аналогичное выражение для сопротивления нити:

$$R = R_0(1 + \alpha(T - T_0)),$$

причём R_0 находится как предельное отношение $R = U/I$ при очень малых токах и напряжениях, когда нить лампочки вообще не светится. Построив зависимость $I(U)$ в диапазоне напряжений 0–1,0 В с шагом в 0,1 В, можно определить R_0 графически через угловой коэффициент касательной к графику в нуле (рис. 18).

Зависимость $R(T)$ имеет линейный характер. Чтобы график зависимости $P(R)$ был линейным (при больших P), необходимо взять некоторую функцию от мощности P такую, чтобы она также линейно зависела от температуры T . При этом P и R будут линейно зависеть от общего неизвестного параметра — температуры T . Простейшей функцией является $\sqrt[4]{P} = \sqrt[4]{S\sigma T}$. Поэтому график стоит строить в координатах $(R, \sqrt[4]{P})$ (рис. 19). В этом случае при сопротивлениях R близких к R_0 график будет вести себя нелинейно, так как тогда существенную роль в тепловых потерях играет теплопередача окружающей среде. При больших же температурах и, соответственно, сопротивлениях график ведёт себя линейно, причём угловой коэффициент равен:

$$\frac{\Delta \sqrt[4]{P}}{\Delta R} = \frac{\sqrt[4]{S\sigma} \cdot \Delta T}{R_0 \alpha \Delta T} = \frac{\sqrt[4]{S\sigma}}{R_0 \alpha} = k.$$

Отсюда несложно найти площадь поверхности нити накала $S = (kR_0\alpha)^4/\sigma$.

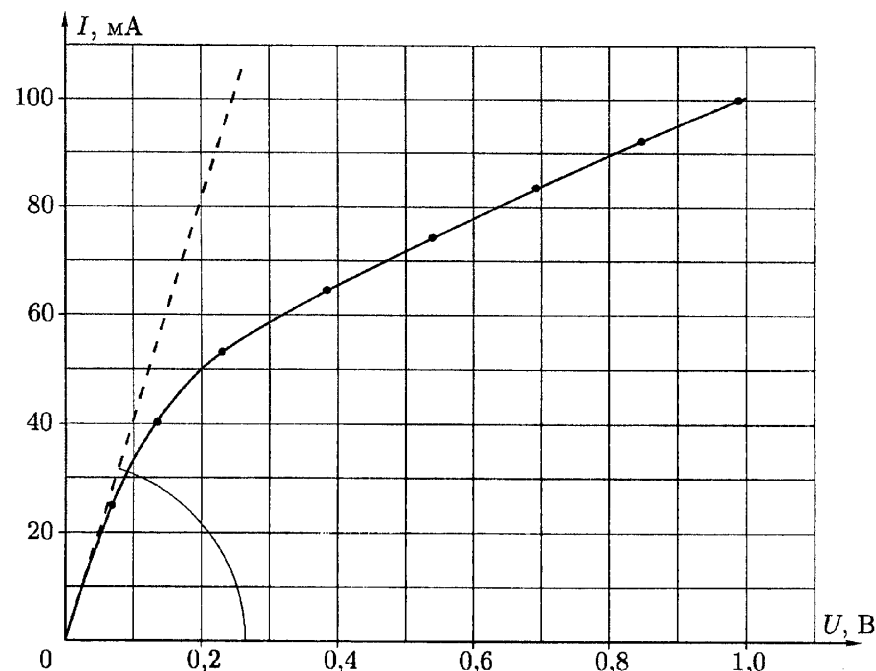


Рис. 18

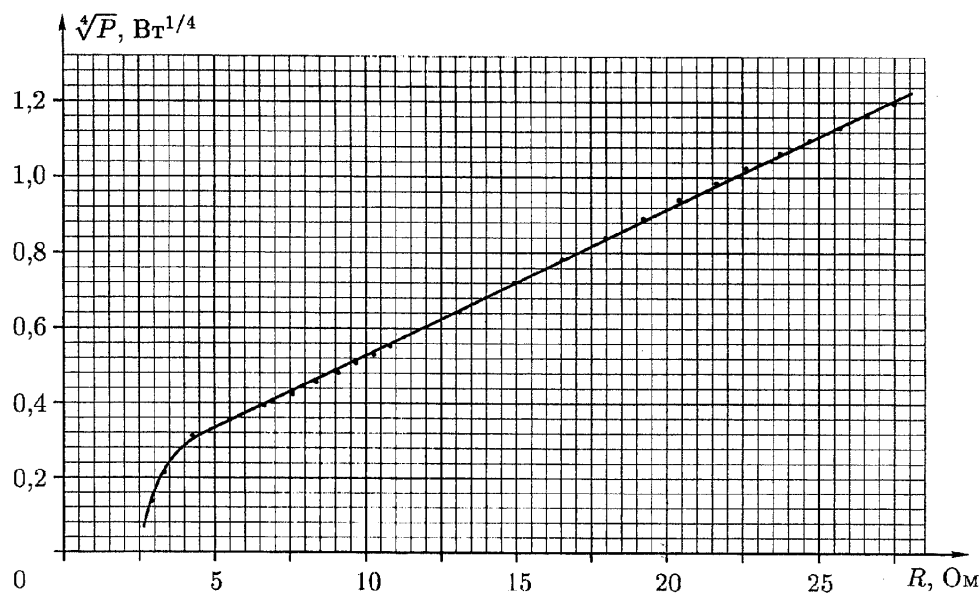


Рис. 19

Теперь воспользуемся геометрическими соображениями. Нить накала представляет собой тонкую проволоку, то есть можно считать её длинным тонким цилиндром радиуса r и длины L . Тогда площадь поверхности этого цилиндра (при этом площадью торцов можно пренебречь) будет $S = 2\pi rL$. С другой стороны, известно, что $R_0 = \rho_0 L / S_0$, где $S_0 = \pi r^2$ — площадь сечения проволоки. Используя последние три выражения, легко найти:

$$r = \sqrt[3]{\frac{S\rho_0}{2\pi^2 R_0}} \quad \text{и} \quad L = \sqrt[3]{\frac{S^2 R_0}{4\pi\rho_0}}$$

Диаметр нити накала будет равен $d = 2r$.

Критерии оценивания

Нарисована схема измерений.....	1
Заполнена таблица.....	2
Построен график $\sqrt[3]{P}(R)$	3
Получено выражение для определения S	1
Найдена S и оценена погрешность её определения.....	2
Предложен способ определения R_0	1
Найдено R_0	1
Приведены выражения для определения L и d	2
Определены L и d	2

Задача 2. Линза Френеля

1. Определим фокусное расстояние линзы Френеля. Для этого удобно воспользоваться методом Бесселя.

Соберём следующую схему, изображённую на рисунке 20. В качестве источника используем фонарик.

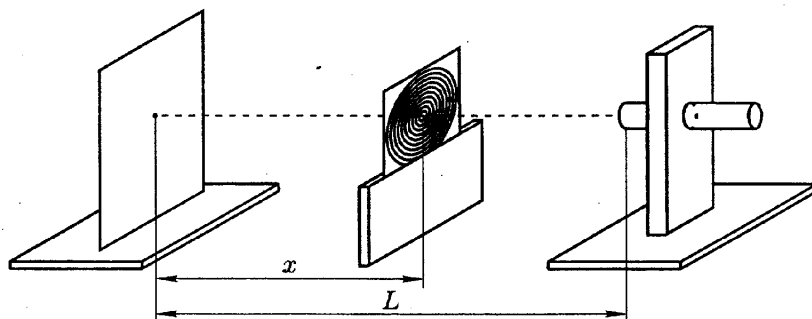


Рис. 20

Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x} + \frac{1}{L-x}$$

откуда после алгебраических преобразований получим:

$$x^2 - Lx + FL = 0.$$

При заданном L возможны два значения x , при которых изображение оказывается сфокусированным на экране:

$$x_{1,2} = \frac{L \pm \sqrt{L^2 - 4FL}}{2}$$

Уравнение имеет действительные корни при $L > 4F$. Расстояние между двумя положениями линзы Френеля, при которых получается чёткое изображение источника:

$$l = |x_2 - x_1| = \sqrt{L^2 - 4FL}, \quad \text{откуда} \quad F = \frac{L}{4} - \frac{l^2}{4L}.$$

Если подобрать $L = 4F$, то погрешность $\epsilon_F = \epsilon_L$, при этом точность измерений будет практически зависеть только от точности фокусировки.

Опыт проведём несколько раз, результаты усредним.

2. Определим радиус кривизны R выпуклой поверхности линзы Френеля. С помощью карандаша сделаем в экране отверстие для диодного фонарика:

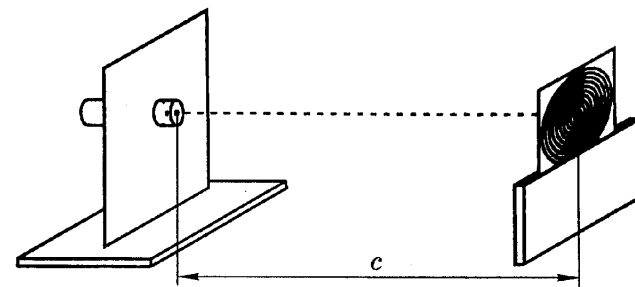


Рис. 21

Соберём рабочую схему (рис. 21). Линза должна быть повернута к экрану плоской стороной. Тогда свет, отразившийся от ребристой поверхности, сфокусируется на экране на некотором расстоянии c . Получается, что свет проходит через систему «линза — вогнутое зеркало — линза». Поскольку оптические силы вплотную расположенных оптических приборов складываются:

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F} + \frac{2}{R} + \frac{1}{F}, \quad \text{откуда} \quad R = \frac{Fc}{F-c}$$

Расстояние c измеряем при помощи измерительной ленты.

3. Вычислим показатель преломления n материала, из которого изготовлена линза. Связь между радиусом кривизны плоско-выпуклой линзы и её оптической силой:

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \frac{1}{R}, \quad \text{откуда} \quad n = 1 + \frac{R}{F}.$$

4. Определим расстояние d между соседними кольцевыми сегментами. Для этого используем линзу как отражательную дифракционную решётку. Соберём оптическую схему (рис. 22):

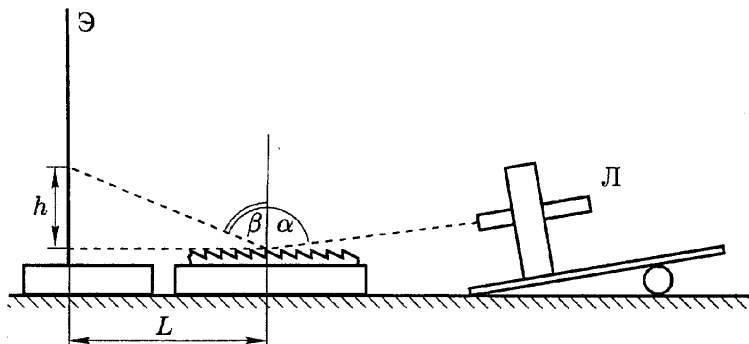


Рис. 22

Запишем условие наблюдения максимума:

$$d(\sin \beta - \sin \alpha) = n\lambda, \quad \text{где} \quad \sin \beta = \frac{L}{\sqrt{L^2 + h^2}}.$$

Здесь угол β — угол между вертикалью и направлением на максимум порядка n . Мы не знаем, где находится нулевой максимум, поэтому снимем зависимость n от $\sin \beta$. График этой зависимости линейный, и его угловой коэффициент равен $k = d/\lambda$. Построив график и определив k , найдём $d = k\lambda$.

Критерии оценивания

Описана идея определения F	2
Получено верное значение F	1
Описан метод определения R	3
Получено верное значение R	2
Описана методика определения n	1
Получено верное значение n	1
Описана методика определения d и приведена схема установки	2
Построен график зависимости $n(\sin \beta)$	2
Получено верное значение d	1

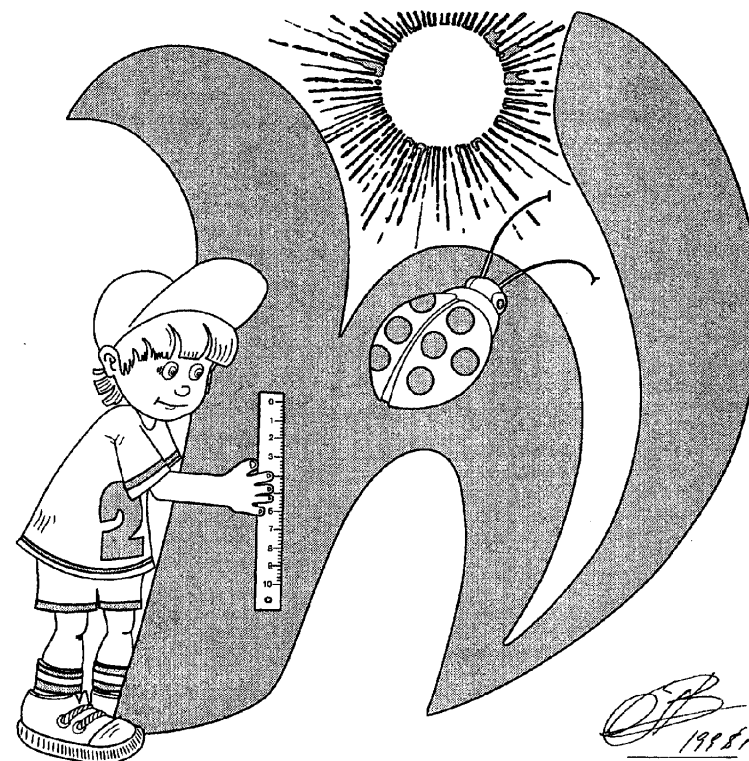
Методическая комиссия по физике
при центральном оргкомитете
Всероссийских олимпиад школьников

XLIV Всероссийская олимпиада школьников по физике

Заключительный этап

Экспериментальный тур

Методическое пособие



Handwritten signature and date: 1998

Белгород, 2010 г.