



**Всероссийская олимпиада по физике  
имени Дж. К. Максвелла**

Заключительный этап  
Экспериментальный тур

Сочи, Сириус, 2018

Комлект задач подготовлен Центральной предметно-методической комиссией по физике Всероссийской олимпиады школьников

## Авторы задач

### **7 класс**

1. Замятнин М.
2. Шеронов А.

### **8 класс**

1. Чжан М.
2. Кармазин С.

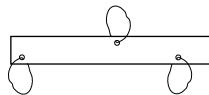
Общая редакция – Замятнин М., Слободянин В.  
Верстка – Зикрацкий Г., Елисеев М.

354349, Краснодарский край, г. Сочи  
Образовательный центр «Сириус»

## 7 КЛАСС

### 7.1 Неравноплечий рычаг

1. Проденьте нитки в отверстия рычага и сделайте петли, как изображено на рисунке.
2. Определите плотность пластилина.



Подвешивать рычаг и выданное оборудование к рычагу можно только за прикрепленные к нему петли! Шприц разбирать нельзя! Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

*Оборудование:* рычаг с тремя отверстиями, 2 бруска пластилина, нитки, шприц, пластиковая тарелка, штатив, емкость с водой, салфетки и поднос для поддержания чистоты.

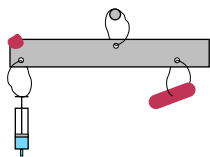
### 7.2 Склянка

Определите плотность темного стекла, из которого изготовлена склянка. Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

*Оборудование:* склянка из темного стекла, пластмассовый стаканчик, бумажный стакан с водой, шприц, поднос и салфетки для поддержания чистоты, стикеры.

## РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 7.1 Неравноплечий рычаг



Подвесим рычаг с пустым шприцом массой  $m$  за центральную петлю и с помощью пластилина уравновесим его. К противоположной петле прикрепим исследуемый пластилин и наберем воду массой  $m_1$  в шприц, чтобы рычаг оказался в равновесии. Запишем правило моментов относительно точки подвеса рычага:  $V\rho gl_2 = m_1 l_1 g$ .

Погрузим пластилин в воду и, убавляя/добавляя массу воды в шприце, добьемся равновесия системы. Запишем правило моментов для этого случая:  $V(\rho - \rho_0)gl_2 = m_2 l_1 g$ , где  $V$  – объем пластилина,  $m_2$  – новая масса воды в шприце. Разделив одно уравнение на другое, получим:

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Откуда:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_0.$$

Для авторской установки  $\rho = 1360 \text{ кг/м}^3$ .

Чтобы применить данный метод, необходимо предварительно убедиться, что для выбранной массы исследуемого пластилина достигается равновесие с частично заполненным шприцом для пластилина в воздухе. Возможно стоит поменять местами пластилин и шприц.

### 7.2 Склянка

Заполняем шприцем склянку и определяем её внутренний объем  $V$ .

Теперь найдем ее массу, для этого ставим пустую склянку в пластмассовый стакан и наполняем этот стакан водой до тех пор, пока она не всплывёт. Делаем отметку (АА) на стикере, наклеенном на стенку стаканчика. Вынимаем из воды склянку и вновь делаем на стикере отметку (ББ). Теперь мерным цилиндром доливаем в стакан воды до верхней отметки. Масса долитой воды равна массе  $M$  склянки.

Определяем внешний объем  $V + V_{\text{ст}}$  склянки. Для этого нали-

ваем в стакан воду до уровня (AA). Опускаем пустую склянку в пластмассовый стакан и наполняем ее водой до тех пор, пока она не погрузится полностью в воду, оставаясь на плаву. Вновь делаем на стикере отметку (CC). Мы получим уравнение:

$$\rho_{\text{в}}(V+V_{\text{ст}}) = m + M.$$

Из этого уравнения находим:

$$V_{\text{ст}} = \frac{m + M}{\rho_{\text{в}}} - V.$$

Плотность стекла:

$$\rho_{\text{ст}} = \frac{M}{V_{\text{ст}}} = \frac{M}{\frac{m + M}{\rho_{\text{в}}} - V} = \rho_{\text{в}} \frac{M}{m + M - \rho_{\text{в}} V} = 2,4 \text{ г/см}^3.$$

## 8 КЛАСС

### 8.1 Какой Архимед?!

Определите плотность стекла из которого изготовлена колба. Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

*Оборудование:* стеклянная колба, весы электронные, два стаканчика (один с водой), шприц, салфетки для поддержания чистоты и пленка для защиты весов от воды.

### 8.2 Светит, но не греет!

Снимите вольтамперную характеристику светодиода при его прямом включении и изобразите ее на графике.

Определите сопротивление светодиода  $R_0 = U_0/I_0$  при силе тока через него  $I_0 = 1,8 \text{ мА}$  и напряжении  $U_0$  на нем.

Рассчитайте:

1. Какое сопротивление  $R_x$  нужно включить последовательно со светодиодом и источником питания напряжением  $U_x = 2,5 \text{ В}$ , чтобы сила тока в цепи равнялась  $I_1 = 1,0 \text{ мА}$ ?
2. В каких пределах изменится напряжение  $U_D$  на светодиоде при изменении силы тока  $I_D$  через него от  $0,4 \text{ мА}$  до  $3 \text{ мА}$ ?

*Оборудование:* светодиод, макетная плата, набор резисторов – 4 штуки, соединительные провода – 4 штуки, батарейный отсек, три батарейки, мультиметр, миллиметровая бумага (2 листа формата А5 для построения графиков).

*Примечание:*

- а) Прямым включением светодиода называется такое его подключение к источнику постоянного напряжения, при котором через светодиод течет ток (светодиод излучает свет).
- б) Внутреннее сопротивление источника постоянного напряжения не учитывайте.

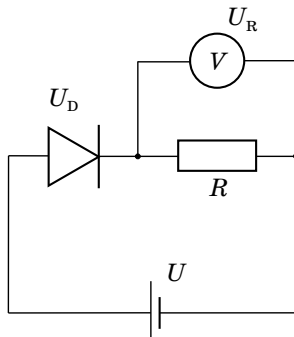
## РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 8.1 Какой Архимед?!

1. Установим на весы колбу и измерим ее массу  $m$ .
2. Обнуляем показания весов кнопкой «TARE». Заполним колбу до верху водой. Показания весов позволят найти точное значение внутреннего объема  $V_1$  колбы.
3. Поместим стаканчик с водой на весы и погрузим в него колбу до отметки (черточки) на ней. При этом колба не должна касаться дна стакана. Снимем показания весов  $m_1$ . Перевернём колбу и вновь погрузим её в стакан до той же отметки. Снимем показания весов  $m_2$ . Сумма  $m_1$  и  $m_2$  позволит определить объем колбы  $V_2$ , включая объем стекла.
4. Объем стекла  $V = V_2 - V_1$ .
5. Плотность стекла равна  $\rho = m/V$ .

### 8.2 Светит, но не греет!

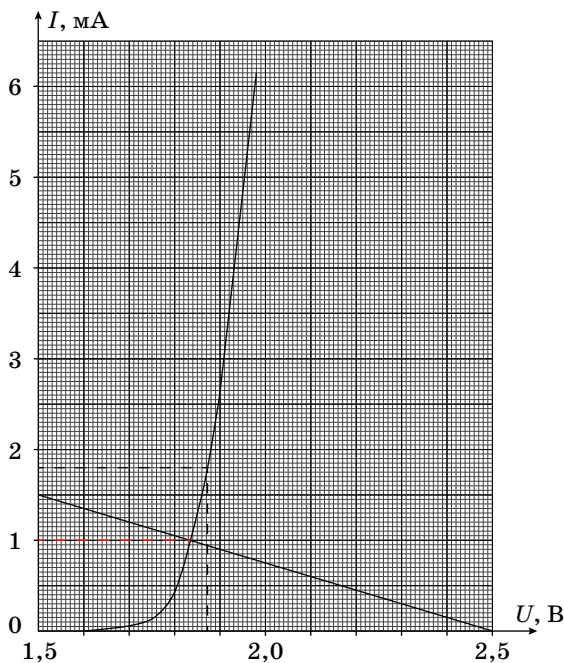
С помощью омметра определим сопротивления резисторов, входящих в комплект: 1,0 кОм – 2 шт, 4,3 кОм, 20 кОм. На макетной колодке соберем цепь, представленную на рисунке. Определим полярность подключения источника питания, при которой светодиод загорается. Величину сопротивления  $R$  изменяем, создавая различные комбинации включения резисторов. Для каждого значения  $R$  измеряем напряжение на и резисторе  $R$ , а затем рассчитываем силу тока в цепи  $I = U_R/R$  и напряжение на диоде  $U_D = U - U_R$ . Результаты измерений и расчеты представлены в таблице.



Соединяем прямой линией начало координат с точкой на ВАХ светодиода, соответствующей силе тока  $I_0 = 1,8$  мА. По ее наклону получаем сопротивление светодиода в этой точке  $R_0 = U_0/I_0 = 1,1$  кОм (здесь  $U_0$  – напряжение на светодиоде, при котором сила тока равна  $I_0$ ).

№	$R, \text{кОм}$	$U_D, \text{В}$	$U, \text{В}$	$I_D, \text{мА}$
1	0,4	1,98	4,55	6,14
2	0,5	1,97	4,55	5,27
3	0,8	1,92	4,55	3,30
4	1,0	1,90	4,55	2,70
5	2,0	1,85	4,55	1,38
6	4,2	1,82	4,55	0,65
7	20,0	1,75	4,55	0,14
8	24,2	1,71	4,55	0,12
9	1,0	1,86	3,05	1,20

Уравнение нагрузочной прямой  $I = U_x/R_x - U_D/R_x$ . Проводим на графике нагрузочную прямую, проходящую через точку  $U_x = 2,5 \text{ В}$  на оси абсцисс и точку ВАХ, соответствующую силе тока  $I_1 = 1 \text{ мА}$ . Эта прямая имеет коэффициент углового наклона 1,48. Отсюда находим  $R_x = 670 \text{ Ом}$ .



Из графика следует, что при изменении силы тока через светодиод от 0,4 мА до 3,0 мА напряжение на нем изменяется в пределах от 1,8 В до 1,9 В.