

## РЕШЕНИЯ

### Задача 9.1. Камертон

Определите максимальную амплитуду колебаний ножки камертона.

**Оборудование:** камертон, теннисный шарик, нить, линейка, штатив, изолента по требованию.

#### Решение

При отскоке неподвижного легкого шарика от массивной ножки камертона, движущейся со скоростью  $v$ , его скорость становится равной  $v_{\text{ш}} = 2v$ , поскольку скорость неподвижного шарика относительно ножки равна  $-v$ , после отскока скорость шарика относительно ножки становится равной  $v$ , а относительно лаборатории, добавляя скорость системы отсчета,  $v_{\text{ш}} = 2v$ .

При подъеме шарика после отскока на высоту  $h$  он отклоняется на расстояние  $x$  от вертикали. Из закона сохранения энергии

$$mg\Delta h = mg(l - \sqrt{l^2 - x^2}) = m \frac{(2v)^2}{2} = 2mv^2$$

$$2v^2 = g \left( l - l \sqrt{1 - \frac{x^2}{l^2}} \right) \approx gl \frac{x^2}{2l^2} = g \frac{x^2}{2l}$$

$$v = \frac{x}{2} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Поскольку соударение попадает в случайную фазу, необходимо для определения максимальной скорости выбрать максимальные отклонения шарика при отскоке.

$$\xi = A \sin \omega t. \quad v = v_0 \cos \omega t = A \omega \cos \omega t$$

$$A = \frac{v_0}{\omega} = \frac{v_0}{2\pi\nu}.$$

### Критерии оценивания 9.1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1. Показано, что $v_{\text{ш}} = 2v$                                                                                                                                                                                                                                                    | 2 |
| 2. Записан закон сохранения энергии                                                                                                                                                                                                                                                     | 2 |
| 3. Получено выражение для скорости ножки камертона                                                                                                                                                                                                                                      | 2 |
| 4. Указано, что необходимо выбирать максимальные отклонения шарика при отскоке.                                                                                                                                                                                                         | 2 |
| 5. Проведены многократные измерения отклонения $x$ шарика. Для получения достоверных результатов, считая фазу колебания в момент удара случайной, необходимо несколько десятков опытов.<br>30 и более раз – 3 балла<br>20-29 раз – 2 балла<br>10-19 раз – 1 балл<br>5-9 раз – 0,5 балла | 3 |
| 6. Из проведенных замеров $x$ выбраны не менее 3 наибольших, среди которых проведено усреднение                                                                                                                                                                                         | 2 |
| 7. Определено значение максимальной амплитуды                                                                                                                                                                                                                                           | 2 |

## Задача 9.2. Черный ящик

Определите, какая схема содержится в черном ящике, и найдите параметры входящих в нее элементов.

Известно, что в ящике 2 резистора, один из которых включен последовательно с входным проводом для ограничения тока во избежание перегорания цепи.

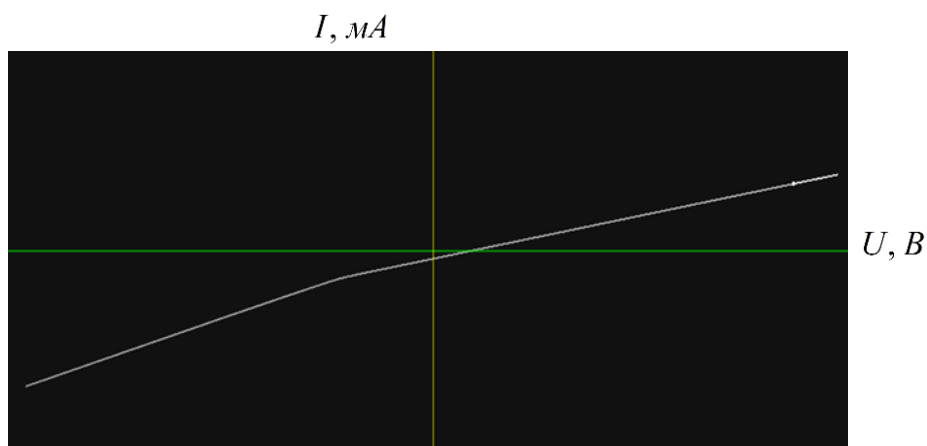
Внимание! Перед началом измерений установите все регуляторы напряжения источника питания в крайнее левое (нулевое) положение. При поданном напряжении регулируемого источника больше 5 вольт подключать черный ящик к цепи лишь кратковременно, измерения проводить максимально быстро (до 10 сек), во избежание перегрева и сгорания элементов! Новый черный ящик взамен сожженного, выдан, естественно, не будет.

**Оборудование:** Черный ящик, провода, мультиметр, источник питания, миллиметровая бумага.

### Решение

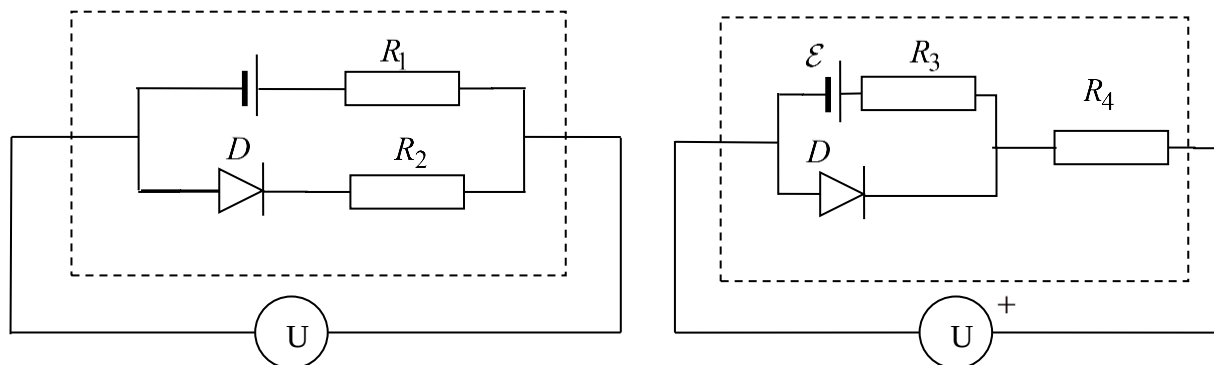
Подключая черный ящик к мультиметру в режиме вольтметра, понимаем, что в нем содержится батарея с ЭДС  $\mathcal{E} = 1.5 \text{ В}$ .

Вольт-амперная характеристика черного ящика:



Различный угол наклона вольтамперной характеристики при положительном и отрицательном напряжении говорит о том, что в цепи содержится диод.

Возможные схемы черного ящика:



Условию удовлетворяет только вторая цепь.

Угловые коэффициенты ветвей характеристики имеют разный наклон, сопротивления могут быть найдены как

$$R_4 = \frac{\Delta U_+}{\Delta I_+} = 220 \text{ Ом}, \quad R_3 + R_4 = \frac{\Delta U_-}{\Delta I_-} = 370 \text{ Ом} \Rightarrow R_3 = 150 \text{ Ом}.$$

ЭДС батарейки  $\mathcal{E} = 1.5 \text{ В}$ .

Напряжение открытия диода,  $U_0 = 0.5 \text{ В}$  (выпрямительный диод) определяется по току в точке излома графика.

$$\mathcal{E} - I_{\text{и}} R_3 = U_0$$

### Критерии оценивания 9.2

|    |                                                                                                                                                                                                      |         |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. | Снята вольтамперная характеристика черного ящика в прямом направлении (таблица)                                                                                                                      | 1 балл  |
| 2. | Снята вольтамперная характеристика черного ящика в обратном направлении (таблица)                                                                                                                    | 1 балл  |
| 3. | Построена вольтамперная характеристика (0,5 балла), правильно указаны физические величины на осях и единицы их измерения (0,5 балла), шкала (значения целые, четные или делящиеся на 5) (0,5 балла), | 2 балла |

|    |                                                                                                               |         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|    | правильно выбран масштаб по осям (кривая занимает не менее 75 % от поля графика) (0,5 балла)                  |         |
| 4. | Приведена возможная схема (любая эквивалентная)                                                               | 3 балла |
| 5. | Измерено ЭДС батареи                                                                                          | 2 балла |
| 6. | Определены сопротивления по угловым коэффициентам ВАХ при больших значениях напряжения при прямом включении.  | 2 балла |
| 7. | Определены сопротивления по угловым коэффициентам ВАХ при больших значениях напряжения при обратном включении | 2 балла |
| 8. | Определено напряжение открытия диода                                                                          | 2 балла |