

## Физика. Школьный этап 2020.

### 10 класс

Автор комплекта: Колдунов Л.М.

### Хулиганская выходка

#### Вариант 1

Камень бросили под углом  $\alpha$  к горизонту с крыши на высоте  $h = 22,5$  м от земли. В момент падения на землю скорость камня оказалась в 3 раза больше, чем в момент броска. Камень летел  $t_0 = 2,5$  секунды. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

а. Определите:

- 1) Скорость камня в момент падения  $v_k$  (в м/с, округлите до десятых)(3 балла);
- 2) синус угла  $\alpha$  между вектором начальной скорости и горизонтом. (округлите до сотых)(3 балла);
- 3) момент времени  $\tau$  после броска, когда модуль скорости камня будет снова равен начальной скорости (в с, округлите до десятых)(2 балла);
- 4) модуль перемещения камня  $L$  к моменту падения на землю (в м, округлите до целого)(2 балла).

б. Ответы:

- 1) 22.5
- 2) 0,47
- 3) 0,7
- 4) 28

с. Решение:

1) По закону сохранения энергии (и учитывая увеличение скорости)  $2gh = v_k^2 - v_0^2/9$ , откуда  $v_k = 22,5$  м/с,  $v_0 = 7,5$  м/с

2) Из уравнения движения по вертикальной оси на момент падения  $h + v_{y0} t_0 - gt_0^2/2 = 0$  получаем  $v_{y0} = gt_0/2 - h/t_0 = 3,5$  м/с. Тогда  $\sin(\alpha) = v_{y0}/v_0 = 0,47$ .

3) Применим уравнение проекции скорости на ось  $y$  (учтём, что знак проекции изменился):  $v_{y0} - g\tau = -v_{y0}$ .  $\tau = 0,7$  с.

2. Перемещение по оси  $y$   $L_y = h = 22,5$  м. Перемещение по оси  $x$   $L_x = v_x t = \sqrt{v_0^2 - v_{y0}^2} t = 16,56$  м.

Полное перемещение  $L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2} = 28$  м.

#### Вариант 2

а. Камень бросили под углом  $\alpha$  к горизонту с некоторой высоты со скоростью  $v_0 = 10$  м/с. В момент падения на землю скорость камня оказалась в 3 раза больше, чем в момент броска. Камень летел  $t_0 = 3$  секунды. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

б. Определите:

- 1) Высоту  $h$  с которой был брошен камень (в м, округлите до целого)(3 балла);
- 2) синус угла  $\alpha$  между вектором начальной скорости и горизонтом (округлите до сотых)(3 балла);
- 3) момент времени  $\tau$  после броска, когда модуль скорости камня будет снова равен начальной скорости (в секундах, округлите до сотых)(2 балла);
- 4) Модуль перемещения камня  $L$  к моменту падения на землю (в м, округлите до целого)(2 балла);

с. Ответы:

- 1) 40
- 2) 0,17

3) 0,33

4) 50

d. Решение:

1) По закону сохранения энергии (и учитывая увеличение скорости)  $h = (v_k^2 - v_0^2)/(2g) = 40$  м.

2) Из уравнения движения по вертикальной оси на момент падения  $h + v_{y0}t_0 - gt_0^2/2 = 0$  получаем  $v_{y0} = v_{y0} = gt_0/2 - h/t_0 = 5/3$  м/с. Тогда  $\sin(\alpha) = v_{y0}/v_0 = 0,17$ .

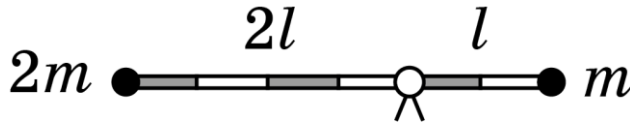
3) Применим уравнение проекции скорости на ось y (учтём, что знак проекции изменился):  $v_{y0} - g\tau = -v_{y0}$ .  $\tau = 0,33$  с.

4) Перемещение по оси y:  $L_y = h = 40$  м. Перемещение по оси x:  $L_x = v_{y0} t = \sqrt{v_0^2 - v_{y0}^2} t = 29,58$  м. Полное перемещение  $L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2} = 50$  м.

## На шарнире

### Вариант 1

- а. Лёгкий рычаг шарнирно закреплён на неподвижной подставке, как показано на рисунке. На концах рычага закреплены точечные шарики массами  $m$  и  $2m$ , расстояние от шариков до опоры  $l$  и  $2l$  соответственно. Систему удерживают в горизонтальном положении, после чего без толчка отпускают. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Длина  $l = 1 \text{ м}$ , масса  $m = 1 \text{ кг}$ .



- б. Определите:

- 1) Отношение силы реакции в стержне, действующей на шарик массы  $m$  к силе реакции в стержне, действующей на шарик массы  $2m$  сразу после того, как рычаг отпустили  $N_m/N_{2m}$  (округлите до десятых)(2 балла);
- 2) отношение ускорение шарика массы  $m$   $a_m$  к ускорению шарика массы  $2m$   $a_{2m}$  сразу после того, как стержень отпустили  $a_m/a_{2m}$ . (округлите до десятых)(2 балла);
- 3) ускорение шарика массы  $m$   $a_m$  сразу после того, как стержень отпустили (в  $\text{м/с}^2$ , округлите до сотых)(3 балла);
- 4) скорость шарика  $m$   $v_m$ , когда стержень займёт вертикальное положение (в  $\text{м/с}$ , округлите до сотых)(3 балла).

- в. Ответы:

- 1) 2,0
- 2) 0,5
- 3) 3,33
- 4) 2,58

- д. Решение:

1) Суммарный момент действующий на невесомый рычаг должен быть равен 0. Значит,  $N_m/N_{2m}=2,0$ .

2) В начальный момент времени ускорения грузов имеют только тангенциальную компоненту, а она пропорциональна длине плеч  $a_m/a_{2m} = l/2l = 0,5$ .

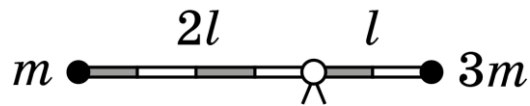
3) Используя соотношения из предыдущих пунктов, запишем 2-ой закон Ньютона последовательно для двух грузов. Решив эту систему, получим  $a_m = g/3 = 3,33 \text{ м/с}^2$ .

4) Запишем закон сохранения энергии для начального и вертикального (2m внизу) положений:  $0 = \frac{mv_m^2}{2} + \frac{2m(2v_m)^2}{2} + mgl - 2mg(2l)$ . Здесь учтено, что скорости грузов относятся

как плечи рычага.  $v_m = \sqrt{\frac{2gl}{3}} = 2,58 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

### Вариант 2

Лёгкий рычаг шарнирно закреплён на неподвижной подставке, как показано на рисунке. На концах рычага закреплены точечные шарики массами  $m$  и  $3m$ , расстояние от шариков до опоры  $2l$  и  $l$  соответственно. Систему удерживают в горизонтальном положении после чего без толчка отпускают. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Длина  $l = 1 \text{ м}$ , масса  $m = 1 \text{ кг}$ .



Определите:

- 1) Отношение силы реакции в стержне, действующей на шарик массы  $m$  к силе реакции в стержне, действующей на шарик массы  $3m$  сразу после того, как рычаг отпустили  $N_m/N_{3m}$  (округлите до десятых) (2 балла);
- 2) отношение скорости шарика массы  $m$  к скорости шарика массы  $3m$  в тот момент, когда стержень займёт вертикальное положение.  $v_m/v_{3m}$  (округлите до десятых) (2 балла);
- 3) Скорость шарика массы  $3m$ , когда стержень займёт вертикальное положение  $v_{3m}$  (в м/с, округлите до десятых) (3 балла);
- 4) Силу реакции стержня на шарик массы  $m$ , когда стержень займёт вертикальное положение  $N$  (в Н, округлите до сотых) (3 балла).

е. Ответы:

- 1) 0,5
- 2) 2,0
- 3) 1,7
- 4) 4,29 (2,85 тоже засчитывается)

ф. Решение:

- 1) Суммарный момент действующий на лёгкий рычаг должен быть равен 0.

Значит,  $N_m/N_{3m} = 0,5$ .

- 2) В любой момент времени скорости грузов относятся как длины плеч рычага

$$v_m/v_{3m} = 2l/l = 2,0.$$

- 3) Запишем закон сохранения энергии для начального и вертикального ( $3m$

внизу) положений:  $0 = \frac{m4v_{3m}^2}{2} + \frac{3mv_m^2}{2} + mg2l - 3mg2l$ .  $v_{3m} = \sqrt{\frac{2gl}{7}} = 1,7 \frac{m}{c}$ .

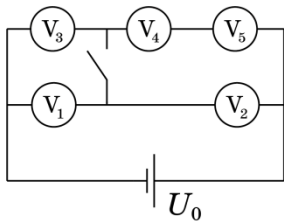
- 4) Запишем 2-й закон Ньютона для груза  $m$ . Учтём, что в верхней точке есть только нормальное (центростремительное) ускорение направленное вниз, а реакция стержня

направлена вверх:  $\frac{m(2v_{3m})^2}{2l} = mg - N \Rightarrow N = \frac{3}{7}mg = 4,29 \text{ Н}$ .

## Вольтметры есть.

### Вариант 1

- а. Электрическая цепь состоит из идеальной батарейки с  $U_0 = 12,0$  В ключа и одинаковых вольтметров (см. рис.). В начальный момент ключ разомкнут.



- б. Определите:

- 1) Показания вольтметра  $V_1$  (в В, округлите до сотых)(2 балла);
- 2) Показания вольтметра  $V_4$  (в В, округлите до сотых)(2 балла);;
- 3) Показания вольтметра  $V_1$  после замыкания ключа (в В, округлите до сотых)(2 балла);
- 4) Показания вольтметра  $V_2$  после замыкания ключа (в В, округлите до сотых)(2 балла);
- 5) Показания вольтметра  $V_4$  после замыкания ключа (в В, округлите до сотых)(2 балла).

- с. Ответы:

- 1) 6,00
- 2) 4,00
- 3) [5,12..5,16]
- 4) [6,84..6,88]
- 5) [3,41..3,45]

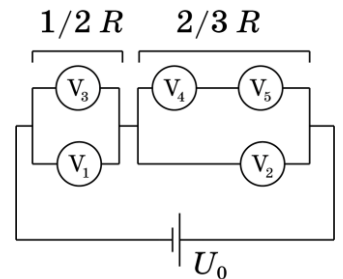
- д. Решение:

- 1)  $V_1 = V_2 = U_0/2 = 6,00$  В.
- 2)  $V_3 = V_4 = V_5 = U_0/3 = 4,00$  В.
- 3) После замыкания ключа схема станет как на рис.2.

Общее сопротивление будет  $\frac{7}{6} R$ , где  $R$  - сопротивление одного вольтметра.

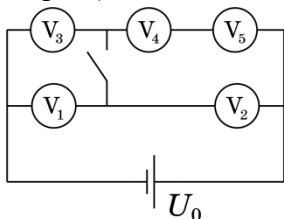
Тогда  $V_1 = V_3 = 12,00 \cdot \frac{6}{7} \cdot \frac{1}{2} = 5,14$  В.

- 4)  $V_2 = 12,00 \cdot \frac{6}{7} \cdot \frac{2}{3} = 6,86$  В.
- 5)  $V_4 = V_5 = V_2/2 = 3,43$  В.



### Вариант 2

Электрическая цепь состоит из идеальной батарейки, ключа и одинаковых вольтметров (см. рис.). В начальный момент ключ разомкнут, а показания вольтметра  $V_1 = 9,00$  В.



Определите:

- 1) Показания вольтметра  $V_2$  (в В, округлите до сотых)(2 балла);
- 2) Напряжение батарейки  $U_0$  (в В, округлите до сотых)(2 балла);;
- 3) Показания вольтметра  $V_3$  (в В, округлите до сотых)(2 балла);

4) Показания вольтметра  $V_1$  после замыкания ключа (в В, округлите до сотых)(2 балла);

5) Показания вольтметра  $V_2$  после замыкания ключа (в В, округлите до сотых)(2 балла).

е. Ответы:

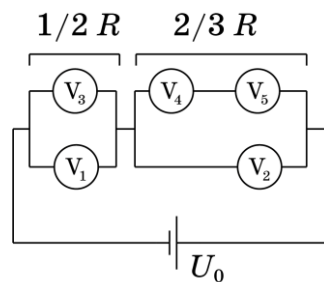
- 1) 9,00
- 2) 18,00
- 3) 6,00
- 4) [7,69..7,73]
- 5) [10,27..10,31]

ф. Решение:

- 1)  $V_1 = V_2 = 9,00$  В.
- 2)  $U_0 = V_1 + V_2 = 18,00$  В.
- 3)  $V_3 = V_4 = V_5 = U_0/3 = 6,00$  В.
- 4) После замыкания ключа схема станет как на рис.2. Общее сопротивление

будет  $\frac{7}{6}R$ , где  $R$  - сопротивление одного вольтметра. Тогда  $V_1 = V_3 = 18,00 \frac{6}{7} \frac{1}{2} = 7,71$  В. (У

некоторых участников эта задача первоначально отображалась без слов про замыкания ключа, поэтому ответ 9 В также засчитывается).



5)  $V_2 = 18,00 \frac{6}{7} \frac{2}{3} = 10,29$  В.