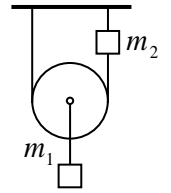


**Решения**  
**Очный отборочный тур олимпиады «Росатом»,**  
**2021-2022 учебный год, физика, 10 класс**

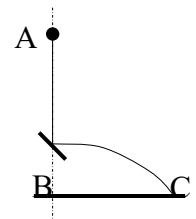
1. Болота А и В связаны протокой. Вода в протоке течет из А в В со скоростью  $u$ . В болотах живут две разные популяции лягушек, которые в какой-то момент решили поменяться болотами («везде хорошо, где нас нет!»). Для этого через интервалы времени  $\Delta t$  одновременно из А в В и из В в А отправляются в путешествие по одной лягушке соответствующих популяций. Скорость всех лягушек относительно воды постоянна и равна  $v = 4u$ . Сколько лягушек встречает на своем пути любая лягушка, плывущая из А в В? Длина протоки  $S$ .

2. В системе из трех нитей, двух тел и одного блока силы натяжения двух из трех нитей одинаковы. Найти отношение масс тел  $m_1/m_2$ . Блок и нити – невесомы. Система находится в равновесии.

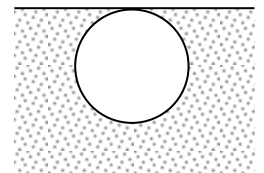


3. Для нагревания на  $\Delta T$  некоторого объема воды первым нагревателем необходимо время  $t_1 = 5$  мин, а для нагревания этого объема на  $2\Delta T$  вторым нагревателем необходимо время  $t_2 = 6$  мин. За какое время этот объем воды нагреют на  $3\Delta T$  оба нагревателя вместе. Потерями тепла пренебречь.

4. Тело падает с высоты  $H$  на землю без начальной скорости из точки А. На некоторой высоте  $h$  от поверхности земли закрепляют дощечку, ориентированную под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. При падении тело испытывает абсолютно упругий удар о дощечку и падает на землю в точке С (см. рисунок). При какой высоте  $h$  расстояние ВС будет максимальным? Ответ обосновать. Найти это максимальное расстояние.



5. Шар радиуса  $R$  плавает в воде, касаясь одной своей точкой ее поверхности (см. рисунок). Найти силу, с которой вода действует на нижнюю половину шара. Плотность воды  $\rho$ .



## Решения

1. Рассмотрим лягушку, которая стартовала из болота А в некоторый момент времени. Очевидно, она встретит на своем пути всех лягушек, плывущих из болота В в болото А, которые к этому моменту не успели доплыть до болота А, и всех тех, которые стартуют из болота В, пока она не успела туда приплыть. А поскольку любая лягушка, плывущая из болота В, тратит на переход время

$$t_1 = \frac{l}{v-u} = \frac{l}{3u},$$

а лягушка, плывущая из А в В, тратит на переход время

$$t_2 = \frac{l}{v+u} = \frac{l}{5u},$$

то рассматриваемая лягушка встретит всех лягушек, которые стартовали из В в А в течение интервала времени

$$t_1 + t_2 = \frac{l}{3u} + \frac{l}{5u} = \frac{8l}{15u}$$

А поскольку лягушки стартуют через интервалы времени  $\Delta t$ , то за это время успеют стартовать

$$N = \left[ \frac{8l}{15u\Delta t} \right]$$

([...]) - целая часть числа) лягушек. Именно столько лягушек встречает на своем пути любая лягушка, плывущая из А в В.

### Критерии оценки задачи

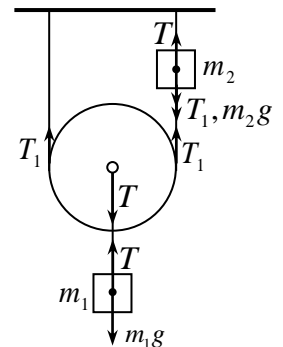
1. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла
2. Правильная идея решения – лягушка, плывущая из А в В встретит всех лягушек, которые не успели к моменту ее старта доплыть до А и стартовали до ее финиша в болоте В – 0,5 балла
3. Правильно найдены времена движения лягушек из А в В, и из В в А – 0,5 балла
4. Правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок по перечисленным критериям. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

2. Очевидно, друг с другом могут совпадать только сила натяжения нити, которой тело  $m_1$  привязано к оси блока, и сила натяжения нити, которой тело  $m_2$  привязано к потолку (и которая не охватывает блок). Действительно, сила натяжения нити, охватывающей блок, в два раза больше силы натяжения нити, привязанной к его оси, и потому они не могут совпадать. Кроме того, в равновесии разность сил натяжения нитей, прикрепленных к телу  $m_2$ , должна компенсировать силу тяжести этого тела; поэтому эти силы натяжения также не совпадают.

Пусть совпадающие силы натяжения равны  $\vec{T}$  (см. рисунок). Тогда, условия равновесия блока и двух тел дают

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{T}{2} \\ T &= m_1 g \\ T &= m_2 g + T_1 \end{aligned}$$



Отсюда находим

$$\frac{m_1}{m_2} = 2$$

#### Критерии оценки задачи

1. Правильно понято и обосновано, какие из сил натяжения совпадают – 0,5 балла
2. Правильно расставлены силы – 0,5 балла
3. Правильные условия равновесия тел – 0,5 балла
4. Правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок по перечисленным критериям. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

3. Пусть, мощность первого нагревателя равна  $w_1$ , второго  $w_2$ . Тогда из условий нагревания объема воды на  $\Delta T$  и  $2\Delta T$  имеем

$$w_1 t_1 = cm\Delta T, \quad w_2 t_2 = cm2\Delta T$$

Отсюда находим мощности нагревателей

$$w_1 = \frac{cm\Delta T}{t_1}, \quad w_2 = \frac{cm2\Delta T}{t_2}$$

Поэтому из условия теплового баланса для нагревания объема воды на  $3\Delta T$

$$(w_1 + w_2)t = cm3\Delta T$$

где  $t$  - искомое время, получим

$$t = \frac{3t_1 t_2}{t_2 + 2t_1} = 5,6 \text{ мин}$$

#### Критерии оценки решения задачи

1. правильное уравнение теплового баланса – 0,5 балла
2. правильно найдена мощность первого нагревателя – 0,5 балла
3. правильно найдена мощность второго нагревателя – 0,5 балла
4. правильное уравнение теплового баланса в случае использования двух нагревателей. Правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок по перечисленным критериям. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

4. Когда тело долетит до дощечки, оно приобретет скорость  $v$ , которую можно найти по закону сохранения энергии

$$mg(H - h) = \frac{mv^2}{2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2g(H - h)} \quad (1)$$

После отражения от дощечки, вертикальная составляющая скорости тела будет равна нулю, а горизонтальная равна скорости (1) (т.к. дощечка наклонена под углом  $45^\circ$  к горизонту). Поэтому время падения тела на землю (после удара)  $t$  равно времени свободного падения без начальной скорости с высоты  $h$ . Поэтому

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

А поскольку по горизонтали тело движется равномерно, то расстояние  $BC$   $S_{BC}$  определяется соотношением

$$S_{BC} = vt = \sqrt{2g(H-h)} \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2\sqrt{h(H-h)} \quad (2)$$

Подкоренное выражение  $h(H-h)$  как функция переменной  $h$  представляет собой параболу, с ветвями, направленными вниз, которая при  $h=0$  или при  $h=H$  принимает одинаковое значение  $h(H-h)=0$ . Поэтому максимального значения она достигает при  $h=H/2$ . А максимальное значение расстояния  $S_{BC}$  можно найти, подставив значение  $h=H/2$  в формулу (2):

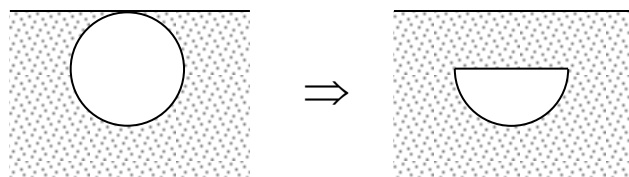
$$S_{BC}^{\max} = H$$

### Критерии оценки задачи

1. правильно найдена скорость тела около дощечки – 0,5 балла
2. правильное уравнение для пути, пройденным телом по горизонтали – 0,5 балла
3. правильное нахождение максимума пройденного пути как функции высоты расположения дощечки над землей – 0,5 балла
4. правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок по перечисленным критериям. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

5. Вычислить силу, действующую на нижнюю часть шара, непосредственно суммируя силы, действующие на каждый малый элемент его поверхности, достаточно сложно, поскольку и глубины элементов



и их ориентации разные. Поэтому поступим по-другому. Вместо шара рассмотрим находящийся в жидкости полушар, представляющий из себя нижнюю половину нашего шара.

С одной стороны, на полушар в жидкости действует сила Архимеда

$$F_A = \rho g V = \frac{2}{3} \pi R^3 \rho g \quad (1)$$

С другой стороны, поскольку сила Архимеда, действующая на любое тело в жидкости, равна равнодействующей всех сил, действующей со стороны жидкости на элементы поверхности тела, то сила (1) складывается из силы  $F$ , действующей на его нижнюю поверхность (и которую мы ищем), и силы  $F_1$ , действующей со стороны жидкости на его верхнюю поверхность

$$F_A = F - F_1$$

Последнюю силу совсем легко вычислить. Поскольку замыкающий полушар круг находится на глубине  $R$ , то гидростатическое давление воды на этой глубине равно  $\rho g R$ , и, следовательно сила  $F_1$  определяется соотношением  $F_1 = \pi R^2 \rho g R = \pi R^3 \rho g$ . Поэтому из формулы (1) находим искомую силу, действующую со стороны воды на нижнюю половину шара

$$F = F_A + F_1 = \frac{2}{3} \pi R^3 \rho g + \pi R^3 \rho g = \frac{5}{3} \pi R^3 \rho g$$

#### **Критерии оценки задачи**

- 1. Обоснование основной идеи решения – сила Архимеда определяется равнодействующей всех сил, действующих со стороны жидкости на элементы поверхности тела. Поэтому можно взять вспомогательное тела с такой же нижней поверхностью, но более простой верхней – 0,5 балла**
- 2. Правильно найдена сила Архимеда для полушара – 0,5 балла**
- 3. Правильное исключение силы, действующей на верхний полукруг – 0,5 балла**
- 4. Правильный ответ – 0,5 балла**

**Оценка за решение задачи равна сумме оценок по перечисленным критериям. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.**

#### **Оценка работы**

**Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 10 баллов. Допустимыми являются все целые или «полуцелые» оценки от 0 до 10.**