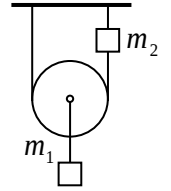


Решения
Очный отборочный тур олимпиады «Росатом»,
2021-2022 учебный год, физика, 10 класс

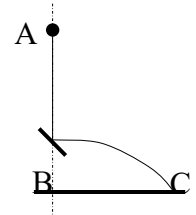
1. Болота А и В связаны протокой. Вода в протоке течет из А в В со скоростью u . В болотах живут две разные популяции лягушек, которые в какой-то момент решили поменяться болотами («езде хорошо, где нас нет!»). Для этого через интервалы времени Δt одновременно из А в В и из В в А отправляются в путешествие 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.

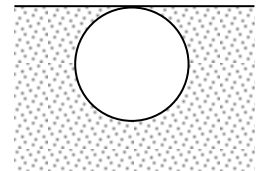


3. Для нагревания на ΔT некоторого объема воды первым нагревателем необходимо время $t_1 = 5$ мин, а для нагревания этого объема на $2\Delta T$ вторым нагревателем необходимо время $t_2 = 6$ мин. За какое время этот объем воды нагреют на $3\Delta T$ оба нагревателя вместе. Потерями тепла пренебречь.

4. Тело падает с высоты H на землю без начальной скорости из точки А. На некоторой высоте h от поверхности земли закрепляют досочку, ориентированную под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. При падении тело испытывает абсолютно упругий удар о досочку 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 ρ .



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 Δt , 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.

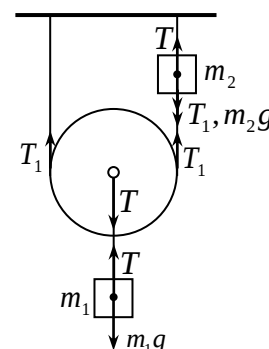
2. Очевидно, друг с другом могут совпадать только сила натяжения нити, которой тело m_1 привязано к оси блока, и сила натяжения нити, которой тело m_2 привязано к потолку (и которая не охватывает блок). Действительно, сила натяжения нити, охватывающей блок, в два раза больше силы натяжения нити, привязанной 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

$$T_1 = \frac{T}{2}$$

$$T = m_1 g$$

$$T = m_2 g + T_1$$



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 ΔT 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° 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):

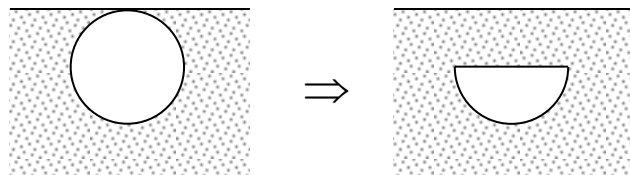
$$S_{BC}^{\max} = H$$

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.