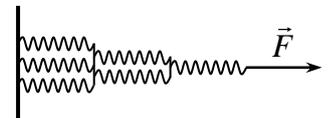


Решения
Очный отборочный тур олимпиады «Росатом»,
2021-2022 учебный год, физика, 9 класс

1. Из городов А и В одновременно навстречу друг другу выехали две машины и встретились на расстоянии l от города А. После встречи машины продолжили движение в тех же направлениях, доехали до городов В и А, развернулись и поехали назад. Вторая встреча машин произошла на расстоянии $3l/7$ от города В. Найти расстояние между городами А и В. Скорости машин постоянны, машины разворачиваются мгновенно.

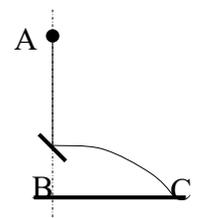
2. Два шара одинаковых масс, но разных объемов связаны невесомой веревкой и плавают в жидкости. Известно, что в равновесии в жидкость погружены один из шаров целиком и две трети объема второго шара. Найти плотность шара большего объема, если плотность шара меньшего объема равна ρ_1 . Плотность жидкости ρ_0

3. Имеется шесть одинаковых пружин с коэффициентом жесткости k и длиной l . Пружины соединили так, как показано на рисунке. Какую силу \vec{F} нужно приложить к концу системы пружин, чтобы длина системы увеличилась в $3/2$ раза. Считать, что закон Гука справедлив для любых удлинений пружин.



4. 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.

5. 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.



Решения

1. Если расстояние АВ равно x , то что сумма расстояний, пройденных машинами до первой встречи, равна x , а до второй встречи (после разворотов) - $3x$. Действительно, до второй встречи каждая машина доедет до второго города (в сумме $2x$), и проедет расстояние от него до места встречи другой машиной (в сумме x). Поэтому, если время до первой встречи машин - t , до второй встречи - $3t$, и, следовательно, каждая из машин прошла до второй встречи втрое большее расстояние, чем до первой. Поэтому, с одной стороны, машина, выехавшая из города А, пройдет до второй встречи расстояние $3l$, с другой это расстояние равно расстоянию между городами плюс расстоянию от города В до точки второй встречи. Отсюда

$$3l = x + \frac{3l}{7}$$

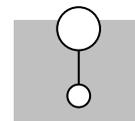
или

$$x = \frac{18l}{7}$$

Критерии оценки задачи

1. правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла
 2. Обоснование того, что время от первой встречи машин до второй вдвое больше времени от выхода до встречи – 0,5 балла
 3. правильное уравнение для расстояния между городами – 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. Поскольку один из шаров погружен в жидкость целиком, а второй нет, то первый шар тонет в жидкости, второй плавает. Следовательно, шар большей плотности (меньшего объема) находится внизу, шар меньшей плотности (большего объема) – вверх; именно он погружен в жидкость не полностью (см. рисунок). Используем далее условие плавания системы шаров.



Пусть масса шаров равна m . Тогда объемы шаров V_1 и V_2 можно найти как

$$V_1 = \frac{m}{\rho_1}; \quad V_2 = \frac{m}{\rho_2}$$

где ρ_2 - плотность шара большего объема. Поскольку в жидкость погружен целиком первый шар (объем V_1) и две трети объема V_2 , условие плавания системы шаров дает

$$2mg = \rho_0 g \frac{m}{\rho_1} + \rho_0 g \frac{2}{3} \frac{m}{\rho_2}$$

Отсюда находим

$$\rho_2 = \frac{2}{3} \frac{\rho_0 \rho_1}{2\rho_1 - \rho_0}$$

Критерии оценки задачи

1. правильное использование определения плотности – 0,5 балла
2. правильное использование закона Архимеда – 0,5 балла
3. правильное уравнение равновесия системы шаров – 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 к концу последней пружины приложена сила F . Тогда, чтобы система пружин была в равновесии, сила упругости одиночной пружины будет равна F , каждой из двух параллельных пружин - $F/2$, каждой из трех параллельных пружин - $F/3$. Поэтому одиночная пружина будет растянута на

$$\Delta l_1 = \frac{F}{k},$$

две параллельные пружины - на

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta l_1}{2} = \frac{F}{2k},$$

три параллельные пружины – на

$$\Delta l_3 = \frac{\Delta l_1}{3} = \frac{F}{3k}$$

Поэтому удлинение системы пружин, будет равно

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = \frac{F}{k} + \frac{F}{2k} + \frac{F}{3k} = \frac{11F}{6k}$$

И система пружин растянется в $3/2$ раза, если удлинение составит половину длины нерастянутой системы, т.е. $0,5 \cdot 3l = (3/2)l$. Или

$$\frac{11F}{6k} = \frac{3}{2}l \quad \Rightarrow \quad F = \frac{9}{11}kl$$

Критерии оценки задачи

1. правильное использование закона Гука – 0,5 балла

2. правильное условие последовательного и параллельного соединения пружин (одинаковость сил упругости или удлинений пружин) – 0,5 балла

3. правильное уравнение для удлинения комбинированной пружины – 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.

4. 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.

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

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

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.

Оценка работы

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