

Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2023-2024 учебный год,
Олимпиада памяти И.В.Савельева, физика, 8 класс

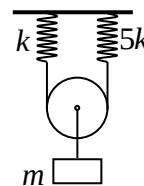
1 вариант

1. Имеются две закрытые стеклянные бутылки, одна из которых полностью заполнена водой, вторая ртутью. Первую бутылку опускают в сосуд с водой, вторую – в сосуд с ртутью. Утонут они или нет? Ответ обоснуйте. Для плотностей воды, стекла и ртути справедливы неравенства

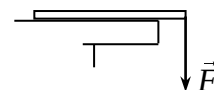
$$\rho_{\text{в}} < \rho_{\text{ст}} < \rho_{\text{рт}}.$$

2. Две машины выехали одновременно навстречу друг другу из городов А и В. Машины встретились на расстоянии l от А, затем доехали до городов В и А, развернулись и поехали назад. Вторая встреча машин произошла на расстоянии $3l/4$ от города В. Найти расстояние АВ. Скорости машин постоянны.

3. К оси невесомого блока прикрепили тело массой m , а сам блок подвесили к потолку с помощью веревки, концы которой прикреплены к двум пружинам с жесткостью k и $5k$ (см. рисунок). На сколько сместится груз при растяжении пружин?



4. Около края стола лежит стержень массой m длиной l . Стержень лежит перпендикулярно краю стола и свешивается со стола на одну пятую часть своей длины. Какую минимальную вертикальную силу F нужно приложить к стержню (см. рисунок), чтобы он опрокинулся?



5. Два жука, расстояние между которыми S , бегут навстречу друг другу. Один жук бежит с постоянной скоростью v . Второй жук бежит с постоянной скоростью $2v$, но в тот момент, когда расстояние между жуками уменьшается вдвое, он останавливается и отдыхает в течение одной трети времени своего движения. Затем он снова движется со скоростью $2v$, но в тот момент, когда расстояние между жуками уменьшается вдвое по сравнению с тем, каким оно было, когда он начал двигаться во второй раз, он снова останавливается и отдыхает в течение одной трети времени своего второго движения, а потом опять начинает двигаться. И далее движение повторяется. Через какое время встретятся жуки, и какие расстояния пройдут до встречи?

Решения

1. Плавание тела зависит от его средней плотности: если средняя плотность тела больше плотности жидкости, тело тонет, если меньше, плавает.

Поскольку плотность стекла больше плотности воды, то средняя плотность стеклянной бутылки, полностью заполненной водой, больше плотности воды, и такая бутылка утонет в воде.

Но плотность стекла меньше плотности ртути; поэтому средняя плотность стеклянной бутылки, полностью заполненной ртутью, меньше плотности ртути, и такая бутылка будет плавать в ртути.

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Использование закона Архимеда в каком-либо виде – 1 балл

2. Правильное условие плавания – средняя плотность тела меньше плотности жидкости – 1 балл

3. Правильное утверждение относительно средней плотности бутылки с водой – больше плотности воды – 1 балл

4. Правильное утверждение относительно средней плотности бутылки с ртутью – меньше плотности ртути – 1 балл

5. Правильный ответ – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Очевидно, что сумма расстояний, пройденных машинами до первой встречи, равна расстоянию между городами А и Б. За время, прошедшее между первой и второй встречей машин, они успеют доехать до своих пунктов назначения (сумма расстояний равна S), развернуться, поехать навстречу друг другу и проехать до встречи такие расстояния, сумма которых также равна S . Поэтому сумма расстояний, пройденных машинами от первой их встречи до второй, равна удвоенному расстоянию между городами А и В. Поэтому и время, прошедшее от первой встречи машин до второй, вдвое больше времени, прошедшего от выхода машин из «своих» городов до первой встречи. Поэтому каждая машина пройдет от первой встречи до второй вдвое большее расстояние, чем от выхода до первой встречи. А так как машина, вышедшая из города А до первой встречи прошла расстояние l , то от первой встречи до второй она пройдет расстояние $2l$. При этом она успеет доехать до города В (т.е. пройти расстояние $S - l$) и пройти расстояние $3l/4$ до второй встречи. Поэтому

$$2l = (S - l) + \frac{3}{4}l$$

Отсюда находим

$$S = \frac{9}{4}l$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное использование формул «расстояние-время-скорость» – 1 балл

2. Правильная формула для времени первой встречи двух машин – 1 балл

3. Правильное утверждение, что время второй встречи втрое больше времени первой – 1 балл

4. Правильно найдены расстояния, пройденные машинами до первой встречи и до второй – 1 балл

5. Правильный ответ – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Из условия равновесия груза заключаем, что сила натяжения нити, привязанной к грузу, равна $T = mg$. Условие равновесия блока, на который действует сила натяжения T нижней нити и две силы натяжения T_1 нити, связанной с пружинами, дает

$$2T_1 = T \quad \Rightarrow \quad T_1 = \frac{T}{2} = \frac{mg}{2}$$

Таким образом, обе пружины растягиваются одинаковой силой $mg/2$. Поэтому пружины растянутся на

$$\Delta x_1 = \frac{T_1}{k} = \frac{mg}{2k} \text{ - пружина с жесткостью } k$$

$$\Delta x_2 = \frac{T_1}{5k} = \frac{mg}{10k} \text{ - пружина с жесткостью } 5k$$

Следовательно, длина всей конструкции, держащей блок – собственно верхняя нить и две пружины – увеличится на

$$\Delta x_1 + \Delta x_2 = \frac{mg}{2k} + \frac{mg}{10k} = \frac{3mg}{5k}$$

А поскольку половина этого удлинения будет располагаться слева, а половина – справа от блока, то блок (и, следовательно, груз) опустится на половину этой величины:

$$\Delta x = \frac{3mg}{10k}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное использование закона Гука – 1 балл
2. Правильное условие связи сил натяжения нитей – 1 балл
3. Правильное утверждение, что силы, растягивающие пружины, одинаковы – 1 балл
4. Правильно найдены силы упругости пружин – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. На стержень действует сила тяжести mg , сила реакции поверхности (на те части стержня, которые лежат на столе) и внешняя сила F , причем в момент переворота стержня относительно края, точка приложения силы реакции будет находиться на краю стола. Поэтому в момент переворота стержня условие моментов относительно края стола дает

$$M_{mg} = M_F$$

где M_{mg} и M_F - моменты сил тяжести и внешней силы F относительно края стола. А поскольку сила тяжести приложена к центру тяжести стержня, который находится в его середине, имеем

$$mg \left(\frac{l}{2} - \frac{l}{5} \right) = F \frac{l}{5}$$

Отсюда находим $F = \frac{3}{2} mg$.

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное утверждение, что в момент переворота нарушается равенство нулю суммы моментов всех сил, действующих на стержень – 1 балл
2. Правильное вычисление момента силы тяжести – приложение силы тяжести к центру стержня – 1 балл
3. Правильное утверждение, что в момент переворота точка приложения силы реакции находится на самом краю стола – 1 балл
4. Правильное уравнение моментов в момент переворота – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

5. Если бы второй жук двигался без остановки со скоростью $2v$, то скорость сближения жуков составляла бы $3v$, то они встретились бы через время

$$t_{встр} = \frac{S}{3v},$$

и прошли бы до встречи расстояния

$$S_1 = vt_{встр} = \frac{vS}{3v} = \frac{S}{3} \quad S_2 = 2vt_{встр} = \frac{2vS}{3v} = \frac{2S}{3}$$

В нашей задаче картина движения иная. Чтобы понять, как сближаются жуки, заметим, что их встреча никогда не произойдет, пока второй жук отдыхает. Действительно, если расстояние между жуками в начале какой-то стадии движения было равно x , то время t движения второго жука до остановки составит

$$t = \frac{x}{2 \cdot 3v} = \frac{x}{6v} \quad (1)$$

а расстояние между жуками в этот момент составит $x/2$. Отдыхать второй жук будет в течение одной трети найденного времени, т.е. время

$$t_1 = \frac{1}{3}t = \frac{x}{18v} \quad (2)$$

Первый жук пройдет за это время расстояние

$$x_1 = vt_1 = \frac{x}{18},$$

что меньше, чем $x/2$, и, следовательно, он не дойдет до второго жука. Поэтому указать, на какой стадии произойдет встреча жуков, нельзя. Другими словами, до встречи жуков пройдет бесконечное количество таких стадий движения. А поскольку средняя скорость сближения жуков на каждой такой стадии одинакова, то время встречи жуков будет определяться средней скоростью их сближения, вычисленной для любой полной стадии. Найдем эту скорость.

Пусть расстояние между жуками в начале какой-то стадии движения равно x , время этой стадии (когда картина движения начинает повторяться) - τ , а в сумме за это время жуки пройдут расстояние y . Тогда средней скоростью сближения жуков следует назвать величину

$$v_{cp} = \frac{y}{\tau}$$

По условию второй жук движется в течение времени (1) и отдыхает в течение времени (2). Следовательно, полное время этой стадии составляет

$$\tau = t + t_1 = \frac{2x}{9v}$$

Второй жук пройдет за это время расстояние $x_2 = 2vt = x/3$, а первый (который всегда двигался) - расстояние $x_1 = v\tau = 2x/9$. Поэтому в сумме жуки пройдут расстояние

$$y = x_1 + x_2 = \frac{x}{3} + \frac{2x}{9} = \frac{5x}{9}.$$

Поэтому средняя скорость сближения жуков на этой стадии составляет

$$v_{cp} = \frac{5x/9}{2x/9v} = \frac{5}{2}v$$

Отсюда находим время до встречи и пути, пройденные жуками

$$t_{встр} = \frac{2S}{5v}, \quad S_1 = vt = \frac{2S}{5}, \quad S_2 = S - S_1 = \frac{3S}{5}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

- 1. Правильная формула для времени встречи тел при условии их движения с постоянными скоростями – 1 балл**
- 2. Правильное идея решения – использование средней скорости второго жука (или средней скорости сближения жуков) – 1 балл**
- 3. Правильно найдены средняя скорость второго жука за время каждой стадии движения (или средней скорости сближения) – 1 балл**
- 4. Обоснование, что средняя скорость второго жука (или средняя скорость сближения жуков) за все время до встречи совпадает со средней скорости, вычисленной на любой стадии – 1 балл.**
- 5. Правильный ответ – 1 балл.**

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.