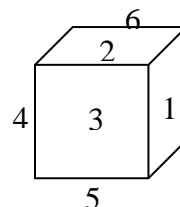


Решения
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2022-2023 учебный год,
физика, 7 класс

1. Известно, что при смешивании одинаковых объемов воды и спирта, объем смеси уменьшается на 5% по сравнению с суммой объемов компонент. Найти плотность смеси одинаковых объемов спирта и воды, если плотность воды $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$, плотность спирта $\rho_1 = 0,8 \text{ г/см}^3$.

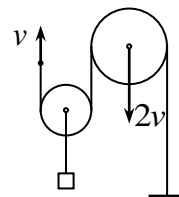
2. По длинному мосту равномерно едет поезд. Известно, что поезд находился на мосту в течение времени $t_1 = 120 \text{ сек}$, а мимо обходчика пути, стоящего около начала моста, поезд проезжал в течение времени $t_2 = t_1 / 3 \text{ сек}$. Какое время ехал по мосту человек, сидящий в купе шестого вагона? Во сколько раз длина моста больше длины поезда?

3. Имеется сплошной куб с ребром $a = 6 \text{ см}$ и массой $M = 216 \text{ г}$. От куба отрезают тонкие слои толщиной $h = 1 \text{ см}$, параллельные каждой грани. Последовательность граней, от которых отрезают слои - 1-2-3-4-5-6 (см. рисунок). Чему равна масса пятого отрезанного слоя? Чему равна масса оставшейся после всех отрезов части куба?



4. На берегу реки находятся деревни А и В (А – ниже по течению). Утром из А в В отправилась лодка 1, и одновременно из В в А лодка 2. Лодки встретились посередине отрезка АВ и продолжили движение до городов В (лодка 1) и А (лодка 2). Вечером одновременно лодки поплыли назад и встретились, когда лодка 2 проплыла третью часть пути до В. Найти скорость лодки 2, если скорость лодки 1 в стоячей воде $v_1 = 20 \text{ км/час}$. Моторы лодок и в первом, и во втором случаях работают одинаково.

5. Через блоки переброшена веревка, один конец которой закреплен на полу, второй тянут вверх со скоростью v . К оси левого блока прикреплено тело. Найти скорость тела, если правый блок перемещают вниз со скоростью $2v$. Куда направлена эта скорость? Нити нерастяжимы.



Решения

1. Пусть смешали объемы v воды и спирта. Тогда масса M и объем V смеси будут равны

$$M = \rho_0 v + \rho_1 v = (\rho_0 + \rho_1) v, \quad V = 2v - 0,05 \cdot 2v = 1,9v$$

Отсюда находим плотность смеси

$$\rho_{см} = \frac{M}{V} = \frac{\rho_0 + \rho_1}{1,9} = 0,947 \text{ г/см}^3.$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. правильное использование определения плотности – 0,5 балла

2. правильно найден объем смеси – 0,5 балла

3. правильно найдена масса смеси – 0,5 балла

4. правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Очевидно, искомое время находится как

$$t = \frac{L}{v}$$

где L - длина моста, v - скорость поезда. Найдем ее из приведенных данных. «Поезд находился на мосту» означает, что какая-то его точка находится на мосту. Поэтому это время начинается, когда на мост въезжает локомотив, заканчивается, когда с моста съезжает последний вагон. Поэтому

$$t_1 = \frac{L+l}{v} = \frac{L}{v} + \frac{l}{v} \quad (1)$$

«Поезд проезжает мимо обходчика» означает, что какая-то его точка находится напротив обходчика. Поэтому

$$t_2 = \frac{l}{v} \quad (2)$$

Вычитая формулу (2) из (1), найдем время нахождения на мосту любого пассажира

$$t = t_1 - t_2 = \frac{2}{3} t_1 = 80 \text{ с}$$

Деля теперь (1) на (2) найдем отношение длины моста к длине поезда

$$\frac{L}{l} = \frac{t_1}{t_2} - 1 = 2$$

т.е. длина моста в 2 раза больше длины поезда

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла

2. Правильная система уравнений для длины моста и длины поезда – 0,5 балла

3. Правильно найдено время нахождения на мосту пассажира (и формула и число) – 0,5 балла

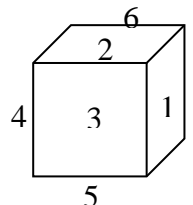
4. Правильно найдено отношение длины моста к длине поезда – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Рассмотрим последовательные отрезания слоев от граней.

1. Первый отрезанный слой имеет размеры $a \times a \times h$. Поэтому грани 2, 3, 5 и 6

становятся уже на h . Грань 4 имеет те же размеры.



2. Поэтому второй отрезанный слой имеет размеры $a \times (a-h) \times h$. Поэтому грани 3 и 6 имеют размеры $(a-h) \times (a-h)$, грани 1, 4 и 5 - $a \times (a-h)$.

3. Третий отрезанный слой имеет размеры $(a-h) \times (a-h) \times h$, а все ребра получившегося куба имеют размеры $a-h$.

А дальше ситуация повторяется.

4. Четвертый отрезанный слой имеет размеры $(a-h) \times (a-h) \times h$. Грани 2, 3, 5 и 6 имеют размеры $(a-2h) \times (a-h)$. Грань 1 - $(a-h) \times (a-h)$.

5. Пятый отрезанный слой имеет размеры $(a-2h) \times (a-h) \times h$. Его масса во столько же раз меньше массы первоначального куба, во сколько раз его объем меньше объема первоначального куба

$$m_5 = \frac{(a-2h)(a-h)h}{a^3} M = 20 \text{ г.}$$

6. После отрезания слоя от шестой грани, останется куб с ребром $a-2h$. Его масса во столько же раз меньше массы первоначального куба, во сколько раз его объем меньше объема первоначального куба

$$m_{ост} = \frac{(a-2h)^3}{a^3} M = 64 \text{ г.}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. Понято, что размеры отрезаемых слоев будут уменьшаться – 0,5 балла

2. Правильно выстроена последовательность уменьшения размеров отрезаемых слоев – 0,5 балла

3. Правильно найдены размеры пятого отрезанного слоя – 0,5 балла

4. Правильно найден объем тела, оставшегося после отрезания шести слоев – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Пусть скорость лодки в стоячей воде равна v_2 , скорость течения реки u . Поскольку скорость относительно земли для лодки, плывущей по течению, складывается со скоростью течения, а для лодки, плывущей против течения, вычитается, из формулы, связывающей расстояние, время и скорость, получим для утреннего и вечернего заплывов

$$\begin{cases} \frac{l}{2(v_1 - u)} = \frac{l}{2(v_2 + u)} \\ \frac{l}{3(v_2 - u)} = \frac{2l}{3(v_1 + u)} \end{cases}$$

где l - расстояние между городами. Отсюда

$$\begin{cases} v_2 + u = v_1 - u \\ v_1 + u = 2v_2 - 2u \end{cases} \quad (*)$$

Решая систему уравнений (*), найдем

$$v_2 = \frac{5}{7} v_1 = 14,3 \text{ км/час}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. правильное использование формул «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла

2. правильно определены скорости лодок относительно земли в первом и втором случаях – 0,5 балла

3. правильная система уравнений для скоростей – 0,5 балла

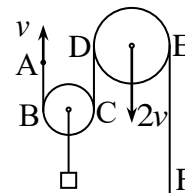
4. правильный ответ для скорости – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

5. Пусть скорость левого блока (и, следовательно, тела) направлена вниз и равна v_1 (если направление выбрано неверно, ответ для v_1 получится отрицательным).

Тогда длины участков веревки изменятся следующим образом

$$\Delta AB = (v + v_1)\Delta t, \quad \Delta CD = (v_1 - 2v)\Delta t, \quad \Delta EF = -2v\Delta t \quad (*)$$



здесь ΔXY - изменение длины участка веревки $X - Y$ (т.е. разность новой и старой длин участка веревки $X - Y$, где $X - Y$ - либо $A - B$, либо $C - D$, либо $E - F$). Поскольку веревка нерастяжима, то сумма изменений (*) равна нулю:

$$\Delta AB + \Delta CD + \Delta EF = (v + v_1)\Delta t + (v_1 - 2v)\Delta t + (-2v\Delta t) = 0$$

Отсюда находим

$$v_1 = \frac{3}{2}v$$

Поскольку эта величина оказалась положительной, направление скорости v_1 было выбрано верно – скорость тела направлена вниз.

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. Правильная идея решения – нахождение перемещения груза через известные перемещения одного из блоков и конца веревки (или другие аналогичные методы) – 0,5 балла

2. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла

3. Правильное нахождение перемещения конца веревки и второго блока – 0,5 балла

4. Правильная скорость тела – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 10 баллов.

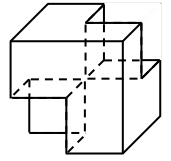
Допустимыми являются все целые или «полуцелые» оценки от 0 до 10.

Решения

Отборочный тур олимпиады «Росатом» в регионах, 2022-2023 учебный год, физика, 7 класс

1 вариант

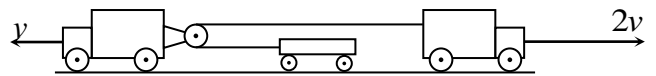
1. Тело в форме куба с ребром имеет массу m . Из двух противоположных углов куба вырезают два меньших по размеру куба так, что они касаются вершинами в центре большого куба (см. рисунок). Найти массу получившегося тела.



2. Одну пятую часть пути автомобиль ехал со скоростью $v_1 = 40$ км/ч, а оставшуюся часть - со скоростью $v_2 = 60$ км/ч. Найти среднюю скорость автомобиля на всем пути.

3. После снегопада бак с полностью открытым верхом был заполнен снегом наполовину. Бак имеет форму куба с ребром $a = 1$ м. Из собранного снега получили объем $V = 75$ л воды. Какова плотность свежеснегавшего снега? Плотность воды $\rho_0 = 1$ г/см³.

4. Два автомобиля едут в противоположные стороны со скоростями v и $2v$. К одному автомобилю привязан трос, который переброшен через блок, привязанный ко второму автомобилю. Второй конец троса привязан к тележке (см. рисунок). Найти ее скорость.



5. Между двумя городами А и В, расстояние между которыми S , ездят две машины. Они одновременно начали двигаться из точки, лежащей на расстоянии $2S/5$ от города А – одна в направлении А, вторая – В. Доехав до этих городов, машины разворачиваются и едут навстречу друг другу. Известно, что машины встретились на расстоянии $S/5$ от города В. Встретившись, машины разворачиваются и едут в направлении «своих» городов. Доехав до них, машины снова разворачиваются и едут навстречу друг другу. Снова встречаются, разворачиваются и так далее. На каком расстоянии от города А произойдет 2023 встреча машин? Какое расстояние пройдет от старта до 2023 встречи та машина, которая разворачивается в городе А? Считать, что машины движутся с постоянными скоростями, а разворачиваются мгновенно.

Решения

1. Пусть ребро куба равно a , а плотность ρ . Тогда его масса определяется через связь массы, плотности и объема

$$m = a^3 \rho$$

где a^3 - объем куба. Поскольку вырезанные кубики касаются вершинами в центре, их ребра равны $a/2$. Поэтому массы m_1 вырезанных кубиков равны

$$m_1 = \frac{a^3}{8} \rho = \frac{m}{8}$$

а масса M оставшейся части тела –

$$M = m - 2m_1 = \frac{3}{4}m$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. правильное использование определения плотности – 0,5 балла
2. правильное определение объема вырезанных кубиков – 0,5 балла
3. правильное определение массы вырезанных кубиков – 0,5 балла
4. правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. По определению средней скорости имеем

$$v_{cp} = \frac{S}{t}$$

где S расстояние между городами, t - затраченное на весь путь время. Это время найдем через известные скорости автомобиля на первой и второй частях пути, получим

$$t = \frac{S}{5v_1} + \frac{4S}{5v_2} = \frac{S(v_2 + 4v_1)}{5v_1v_2}$$

Отсюда

$$v_{cp} = \frac{5v_1v_2}{v_2 + 4v_1} = 54,5 \text{ км/ч}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. правильное определение средней скорости – 0,5 балла
2. правильное нахождение времени прохождения первой части пути – 0,5 балла
3. правильное нахождение времени прохождения второй части пути – 0,5 балла
4. правильный ответ (формула и число) – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Плотность выпавшего снега равна отношению его массы к объему, который он занимает. Объем V_c этого снега – половина бака

$$V_c = \frac{1}{2}a^3$$

а масса m равна массе воды, которая получается из этого снега

$$m = V \rho_0$$

Отсюда находим плотность свежавыпавшего снега

$$\rho = \frac{2V \rho_0}{a^3} = 150 \text{ кг/м}^3.$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. правильное использование определения плотности – 0,5 балла

2. правильное нахождение объема выпавшего снега – 0,5 балла
 3. правильное нахождение массы выпавшего снега (через плотность и объем получившейся воды) – 0,5 балла
 4. правильный ответ (формула и число) – 0,5 балла
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Пусть в некоторый момент времени машины и тележка занимают некоторые положения, и пусть после этого момента проходит некоторый интервал времени Δt . Найдем насколько переместится за это время тележка. Поскольку правая машина переместится направо на расстояние $2v\Delta t$, а левая машина переместится налево на расстояние $v\Delta t$, то длина веревки между блоками стала больше на величину $3v\Delta t$. Значит, длина куска веревки от левого блока до тележки стала короче на эту величину. И, кроме того, та точка, откуда начинается этот кусок, передвинулся влево на $v\Delta t$. Поэтому тележка переместится налево на $4v\Delta t$. Следовательно, скорость тележки направлена налево и равна

$$v_m = 4v$$

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея решения – вычисление перемещения тележки по известным перемещениям машин – 0,5 балла,
2. Правильно использована формула «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла,
3. Правильная связь перемещений машин и тележки – 0,5 балла,
4. Правильный ответ – 0,5 балла.

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

5. Очевидно, сумма расстояний, пройденных машинами от одной встречи до другой, равна удвоенному расстоянию между городами. Поэтому от одной встречи до следующей каждая машина проходит одинаковое расстояние. А поскольку машины начали движение из точки, лежащей на расстоянии $2S/5$ от города А, а встретились на расстоянии $S/5$ от В, та машина, которая разворачивается в городе А прошла от старта до первой



встречи со второй машиной расстояние $6S/5$. Между первой и второй встречей эта машина пройдет такое же расстояние, поэтому вторая встреча машин произойдет в точке старта. Третья встреча – в той же точке, что и первая. Таким образом, все нечетные встречи машин будут происходить в точке, лежащей на расстоянии $S/5$ от города В (или $4S/5$ от города А), а все четные – в точке старта. Поэтому 2022 встреча машин состоится в точке старта, 2023 – в той же точке, что и первая встреча – т.е. на расстоянии $S/5$ от города В и на расстоянии $4S/5$ от города А.

Поскольку от старта до первой встречи та машина, которая разворачивается в городе А, прошла расстояние $2S/5 + 4S/5 = 6S/5$, то такое же расстояние она пройдет от каждой встречи до следующей. Поэтому от старта до 2023 встречи эта машина пройдет расстояние

$$L = 2023 \frac{6S}{5} = \frac{12138S}{5}$$

Ответ. 2023 встреча машин произойдет на расстоянии $4S/5$ от города А. Та машина, которая разворачивается в городе А, от старта до 2023 встречи пройдет расстояние

$$L = 2023 \frac{6S}{5} = \frac{12138S}{5} = 2427,6S = 2427 \frac{3}{5} S$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. Правильно использована формула «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла,
2. Правильное (и обоснованное) утверждение, что все четные встречи машин произойдут в одной точке и что все нечетные встречи машин произойдут в одной точке (другой по сравнению с четными встречами)
3. Правильное нахождение расстояния от В до точки 2023 встречи машин – 0,5 балла,
4. Правильное расстояние, пройденное машиной, вышедшей из А до точки 2023 встречи машин – 0,5 балла.

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов.

Оценка работы

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

2 вариант (критерии оценки задач такие же как в варианте 1)

1. Та же задача, что и в варианте 1.
2. $v_{cp} = \frac{5v_1v_2}{2v_2 + 3v_1} = 50$ км/ч
3. $\rho = \frac{3V\rho_0}{a^3} = 165$ кг/м³.
4. $v_m = 5v$.
- 5.

2023 встреча машин произойдет на расстоянии $6S/7$ от города А. Та машина, которая разворачивается в городе А, от старта до 2023 встречи пройдет расстояние

$$L = 2023 \frac{9S}{7} = \frac{18207S}{7} = 2607S$$