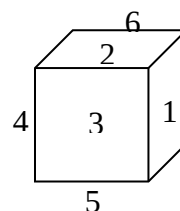


Решения
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2022-2023 учебный год,
физика, 7 класс

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 $\rho_1 = 0,8 \text{ г/см}^3$.

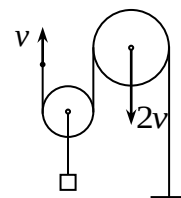
2. По длинному мосту равномерно едет поезд. Известно, что поезд находился на мосту в течение времени $t_1 = 120 \text{ сек}$, а мимо обходчика пути, стоящего около начала моста, поезд проезжал в течение времени $t_2 = t_1 / 3 \text{ сек}$. Какое время ехал по мосту человек, сидящий в купе шестого вагона?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

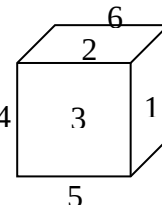
3. Правильно найдено время нахождения на мосту пассажира (и формула и число) – 0,5 балла

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

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

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 2 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

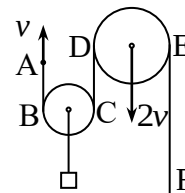
4. правильный ответ для скорости – 0,5 балла

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.