

**Заключительный этап Всесибирской Открытой Олимпиады
Школьников по физике
9 марта 2025 г.
7 класс**

1. Большой плот сплавляется по длинной реке с постоянной скоростью течения. Плот стартует в $T_0=8$ часов утра и пристает к новому месту стоянки в $T_1=20$ ч, проходя за каждый день вдоль реки расстояние $L_1=12$ км. При старте плота отправляется маломощная моторная лодка, которая исследует русло вниз по течению. Лодка отдаляется от плота на расстояние $L_2=16$ км и поворачивает обратно. Обычно лодка приплывает назад в $T_2=16-00$, но однажды она вернулась к плоту в момент $T_3=12$ ч с сообщением, что она доплыла до водопада, после чего отправилась назад. На каком расстоянии от водопада находился плот в момент возвращения лодки?

Возможное решение: Пусть V собственная скорость лодки. Тогда она сначала отдаляется от плывущего плота, а затем приближается к нему с этой скоростью. Максимальное удаление от плота будет в тот момент, когда пройдет половина времени такого движения лодки, т.е. $L_2=V(T_2-T_0)/2$ (+3 балла за получение такой связи каким-либо способом). Ровно столько же времени будет затрачено на обратное движение к плоту.

В момент, когда лодка доплыла до водопада, расстояние до плота было максимальным для данного дня, т.е. $V(T_3-T_0)/2=L_2/2=8$ км (+2 балла). Через $(T_3-T_0)/2=2$ часа лодка вернулась к плоту (+1 балл), а плот за эти 2 часа проплыл вниз по течению еще

$$\frac{T_3-T_0}{2(T_1-T_0)}L_1=2 \text{ км (+1 балл). Таким образом, до водопада оставалось } \frac{L_2}{2} - \frac{L_1}{6} = 6 \text{ км.}$$

(+3 балла за корректно полученный и явно сформулированный ответ).

Если были введены и явно найдены дополнительные параметры, такие как скорость течения или лодки, но это не позволяет им продвинуться в решении, то за это ставится всего 2 балла.

2. Исторически сложилось так, что для записи температуры тела используются разные единицы измерения (шкалы). Так, шкала Ранкина начинается при температуре абсолютного нуля, точка замерзания воды соответствует $491,67^\circ\text{Ra}$, точка кипения воды $671,67^\circ\text{Ra}$. На шкале Фаренгейта температура таяния льда равна $+32^\circ\text{F}$, а температура кипения воды $+212^\circ\text{F}$. Скольким градусам Фаренгейта и градусам Цельсия соответствует температура равная $554,67^\circ\text{Ra}$?

Решение

Заметим, что $671,67^\circ\text{Ra} - 491,67^\circ\text{Ra} = 180^\circ\text{Ra}$ (+1 балл). Как известно, температура замерзания воды (таяния льда) -0°C , а кипения (при атмосферном давлении) -100°C . Получается, что $1^\circ\text{C} = 1,8^\circ\text{Ra}$ (+2 балла). Тогда температура $554,67^\circ\text{Ra} - 491,67^\circ\text{Ra} = 63^\circ\text{Ra}$ (+1 балл) $= 63/1,8^\circ\text{C}$ (+1 балл) $= 35^\circ\text{C}$ (+2 балла).

Далее, $212^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F} = 180^\circ\text{F}$ (+1 балл). Тогда $554,67^\circ\text{Ra} = 35^\circ\text{C} = 32^\circ\text{F} + 35(180/100)^\circ\text{F} = 95^\circ\text{F}$ (+2 балла).

3. В лаборатории проверяется качество офисной бумаги. На экспертизу поступила пачка бумаги из 500 листов формата А3 с размером листа 297 мм на 420 мм. Толщина всей пачки – 5 см, масса оказалась равной 5 кг. Производитель бумаги на упаковке указал поверхностную плотность бумаги $\sigma = 80 \text{ г/м}^2$. Допуск по количеству листов в пачке бумаги: отклонение не должно превышать $\pm 2\%$. Допуск по поверхностной плотности листа бумаги: отклонение не должно превышать $\pm 2 \text{ г/м}^2$. Соответствует ли заявленная плотность бумаги реальной плотности? Чему равна объемная плотность пачки бумаги?

Возможное решение:

Количество листов в пачке: от $500 \cdot 0,98$ до $500 \cdot 1,02$, что составляет от 490 до 510 листов (+2 балла).

Площадь одного листа – $0,297 \cdot 0,42 = 0,12474 \text{ м}^2$ (+2 балла).

Минимальная площадь всех листов: $490 \cdot 0,12474 \text{ м}^2 = 61,1226 \text{ м}^2$ (+2 балла).

Максимальная площадь всех листов: $510 \cdot 0,12474 \text{ м}^2 = 63,6174 \text{ м}^2$

Максимальная поверхностная плотность: $5000 \text{ г} / 61,1226 \text{ м}^2 \approx 81,803 \text{ г/м}^2$. (+1 балл).

Минимальная поверхностная плотность: $5000 \text{ г} / 63,6174 \text{ м}^2 \approx 78,595 \text{ г/м}^2$. (+1 балл).

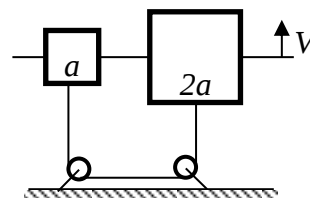
Допустимая плотность находится в диапазоне от 78 г/м^2 до 82 г/м^2 , откуда получаем, что заявленная плотность бумаги соответствует реальной плотности. (+1 балла).

Найдем объемную плотность пачки бумаги: (+1 балла).

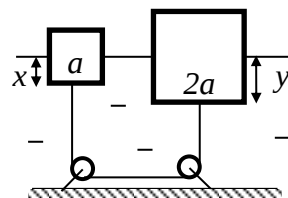
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{5}{0,12474 \cdot 0,05} \approx 800 \text{ кг/м}^3$$

Число листов в пачке не влияет на объемную плотность!

4. Два куба с длиной ребра a и $2a$ удерживаются натянутой невесомой нитью с помощью блоков так, что каждый из них наполовину погружен в жидкость, как показано на рисунке. Уровень жидкости начинают медленно повышать со скоростью V . Через какое время один из кубиков окажется полностью в жидкости?



Возможное решение: При увеличении уровня жидкости первым погрузится меньший куб, так как для соответствующего изменения выталкивающей силы достаточно дополнительного погружения большего куба всего на $a/8$ (+1 балл за корректно сделанный вывод о первом погрузившемся кубе).



Рассмотрим условие равновесия этих кубов в некоторый момент, когда меньший погружен на x , а больший – на y . Введем плотности жидкости (ρ_0), малого (ρ_1) и большого (ρ_2) кубов, натяжение нити T .

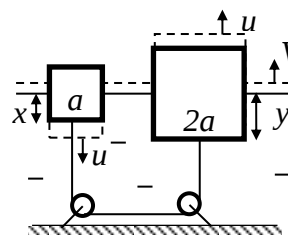
$$T + \rho_1 g a^3 = \rho_0 g a^2 x$$

$$T + \rho_2 g 8a^3 = \rho_0 g 4a^2 y \quad (+1 \text{ балл за хотя бы одно условие равновесия})$$

Отсюда получаем связь между глубинами погружения кубов в любой момент:

$$4(\rho_0 y - 2\rho_2 a) = \rho_0 x - \rho_1 a \quad (+2 \text{ балла за нахождение связи глубин погружения}).$$

Если скорость смещения меньшего куба относительно дна равна u , то больший куб поднимается относительно дна с такой же скоростью (+1 балл за эту кинематическую связь).



Если прошло некоторое время t , то погружение кубов изменится и новое условие равновесия (при другом натяжении нити) даст:

$$4(\rho_0(y + (V - u)t) - 2\rho_2 a) = \rho_0(x + (V + u)t) - \rho_1 a.$$

Отсюда получаем еще одну кинематическую связь: $4(V - u) = (V + u)$ (+2 балла за нахождение этой связи тем или иным способом)

Значит, $u = 3V/5$ (+1 балл за значение собственной или относительной скорости куба).

Искомое время погружения малого куба равно $t_x = a/2(V + u) = 5a/16V$

(+2 балла за корректно полученный ответ).

Если формально правильный ответ получен для частного случая исходно не натянутой нити, т.е. когда плотности кубов равны половине плотности жидкости, всего ставится 7 баллов.