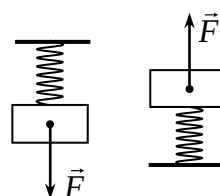


Решения
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2022-2023 учебный год,
физика, 8 класс

1. Дно сосуда с вертикальными стенками и площадью дна $S = 200 \text{ см}^2$ покрыто слоем пористого материала (типа поролона) толщиной $H = 10 \text{ см}$. В сосуд наливают $V = 1 \text{ л}$ воды, и нижняя часть материала толщиной $h = 6 \text{ см}$ оказывается в воде. В сосуд наливают еще такой же объем воды. Найти высоту уровня воды над материалом. При заполнении пор водой материал не растягивается, воздух из пор выходит полностью, в воде материал не всплывает.

2. По длинному мосту равномерно едет поезд. Известно, что поезд находился на мосту в течение времени $t_1 = 120 \text{ сек}$, а мимо обходчика, 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. Груз, подвешенный к потолку с помощью пружины, тянут вниз некоторой силой F . Затем тот же груз с той же пружиной привязывают к полу и тянут вверх той же силой F (см. рисунок). Известно, что в обоих случаях пружина оказывается растянутой, и ее удлинения в этих случаях отличаются в два раза.

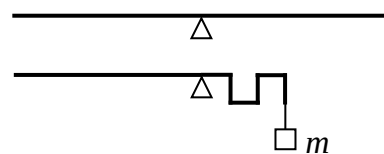


Найти отношение силы тяжести груза к силе F . При любых удлинениях

пружины справедлив закон Гука: удлинение пружины пропорционально приложенной к ней силе.

4. Аквариум в форме куба с ребром a заполнен водой до половины. Найти максимальный размер ребра кубической льдины, которую можно поместить в аквариум без перелива воды через край и без касания льдиной дна сосуда. Плотность льда составляет $0,9$ от плотности воды.

5. Однородный стержень массой M уравновешен на точечной опоре (верхний рисунок). На одной из половин стержня делают пять изгибов, делящих ее на шесть одинаковых участков, расположенных под прямыми углами друг к другу (нижний рисунок). Груз какой массы m



нужно прикрепить к концу стержня (нижний рисунок), чтобы равновесие стержня не нарушилось?

Решения

1. Из условия заключаем, что объем пор в материале объемом

$$V_1 = hS = 1,2 \text{ л}$$

равен величине $V = 1$ л. Следовательно, объемная доля пор в материале составляет

$$\eta = \frac{V}{V_1} = \frac{V}{hS} = 0,833$$

Поэтому объем пор V_2 в оставшемся сухим материале составляет

$$V_2 = \eta(H - h)S = \frac{V(H - h)}{h}$$

Поскольку этот объем меньше объема V , при наливании в сосуд еще воды с таким же объемом V этот объем будет заполнен, и останется вода объемом

$$\Delta V = V - V_2 = V - \frac{V(H - h)}{h} = \frac{V(2h - H)}{h}$$

Эта вода расположится выше материала, причем уровень воды над поверхностью материала составит

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{V(2h - H)}{hS} = 1,7 \text{ см}$$

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

1. Правильная идея решения – из данных условия найти, какую долю объема материала занимают поры – 0,5 балла

2. Правильно определен объем пор – 0,5 балла

3. Правильные уравнения для объема занятого водой во втором случае – 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. Поскольку в первом случае пружину растягивает сумма силы тяжести груза и внешней силы F , а во втором случае их разность, пружина растянута сильнее в первом случае. А поскольку пружина растянута и в первом и во втором случае, внешняя сила больше силы тяжести груза. Поэтому закон Гука для пружины в первом и втором случаях дает

$$k2\Delta x = F + F_m$$

$$k\Delta x = F - F_m$$

где $2\Delta x$ и Δx - удлинения пружины в первом и втором случаях, k - жесткость пружины, F_m - сила тяжести груза. Отсюда находим

$$2(F - F_m) = F + F_m$$

Вынося за скобку в правой и левой частях силу F , получим

$$2\left(1 - \frac{F_m}{F}\right) = 1 + \frac{F_m}{F}$$

Отсюда окончательно находим

$$\frac{F_m}{F} = \frac{1}{3}$$

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

1. Правильное использование закона Гука – 0,5 балла
2. Правильные условия равновесия в первом и во втором случаях – 0,5 балла
3. Правильная система уравнений – 0,5 балла
4. Правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

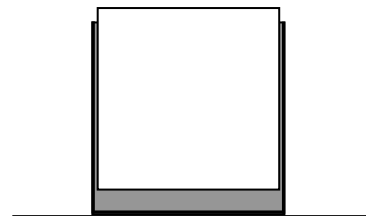
4. Из закона Архимеда следует, что при плавании льдины в воду погружено девять десятых ее объема. Действительно, условие плавания льдины дает

$$mg = \rho_0 g V_{n.ч.}$$

где m - масса льдины, g - ускорение свободного падения, ρ_0 - плотность воды, $V_{n.ч.}$ - объем погруженной в воду части льдины. Поскольку $m = \rho V$ (ρ - плотность льда), из условия плавания заключаем, что доля погруженной в воду части льдины $V_{n.ч.}/V$ составляет девять десятых ее объема

$$\frac{V_{n.ч.}}{V} = \frac{\rho}{\rho_0} = 0,9$$

А это означает, что «опасным» будет выливание воды через край сосуда, а не касание льдиной дна сосуда. Действительно, при увеличении объема льдины с одной стороны, поднимается уровень воды в сосуде, с другой, нижние точки плавающей льдины приближаются ко дну сосуда. Но поскольку сосуд и льдина кубические, то если льдина займет всю площадь сосуда (см. первый рисунок в решении), дна доставать она не будет, так как в воду погружается девять десятых ее объема.



Итак, «критический» размер ребра льдины b отвечает ситуации, когда уровень воды в сосуде достиг края сосуда. Это значит, что объем воды в сосуде плюс объем погруженной в воду части льдины должны равняться объему сосуда. Учитывая, что объем воды в сосуде равен половине объема сосуда и что в воду погружены девять десятых объема льдины, условие критичности ситуации дает

$$\frac{1}{2}a^3 + \frac{9}{10}b^3 = a^3$$

Отсюда находим

$$b = \sqrt[3]{\frac{5}{9}}a$$

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

1. Правильная идея решения – размер льдины является максимальным, когда уровень воды доходит до верха сосуда – 0,5 балла

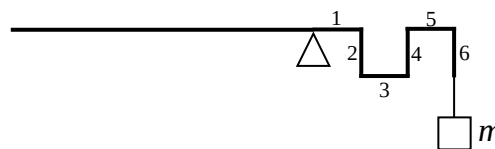
2. Правильное условие плавания льдины – 0,5 балла

3. Правильное нахождение объема воды с объемом погруженной в воду части льдины – 0,5 балла

4. Правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

5. Чтобы рычаг находился в равновесии моменты сил, действующие на правую и левую от опоры части рычага (см. рисунок) должны равняться друг другу. На левую часть рычага действует такой момент сил



$$N_{лев} = \frac{1}{8}Mgl$$

где M - масса всего стержня, l - его длина (коэффициент $1/8$ получается так: масса левой половины рычага $M/2$, плечо – половина от длины левой половины рычага, т.е. $l/4$).

Найдем момент силы тяжести, действующий на правую часть рычага. Так как правую часть согнули пять раз, она состоит из шести частей с массой $M/12$ каждая. Длина каждой части - $l/12$. Плечи каждой части l_i легко найти из рисунка:

l_1 - половина длины одной части

$$l_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{12}l = \frac{1}{24}l$$

l_2 - длина одной части

$$l_2 = \frac{1}{12}l$$

l_3 - три вторых длины одной части

$$l_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{12}l = \frac{1}{8}l$$

l_4 - две длины одной части

$$l_4 = 2 \cdot \frac{1}{12}l = \frac{1}{6}l$$

l_5 - пять вторых длин одной части

$$l_5 = \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{12}l = \frac{5}{24}l$$

l_6 - три длины одной части

$$l_6 = 3 \cdot \frac{1}{12}l = \frac{1}{4}l$$

l_m - три длины одной части

$$l_m = 3 \cdot \frac{1}{12}l = \frac{1}{4}l$$

Отсюда находим момент сил тяжести, действующих на правую часть рычага

$$N_{\text{прав}} = \frac{7}{96}Mgl + \frac{1}{4}mgl$$

Приравнявая моменты $N_{\text{лев}}$ и $N_{\text{прав}}$, получим

$$m = \frac{5}{24}M$$

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

1. Правильное условие равновесия рычага – сумма моментов относительно опоры равна нулю – 0,5 балла
2. Правильное нахождение центра тяжести рычага (или моментов, действующих на правое и левое плечо) – 0,5 балла
3. Правильное условие равновесия рычага – 0,5 балла
4. Правильный ответ – 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.