Министерство науки и высшего образования РФ

Совет ректоров вузов Томской области

Открытая региональная межвузовская олимпиада

2023-2024

ФИЗИКА

8 класс

1 Вариант. II этап.

Задача 1

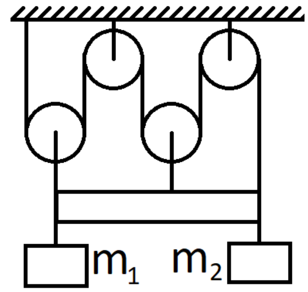
Встретились как-то раз на гоночном треке Шумахер, Хэмилтон и Петров. Во время круговых заездов Шумахер и Хэмилтон проезжали мимо друг друга через интервал времени t_1=7 минут. Хэмилтон и Петров проезжали мимо друг друга через интервал времени t_2=3 минуты. Через какой интервал времени t_3 мимо друг друга проезжали Шумахер и Петров? Расположите в порядке убывания скорости гонщиков. Считайте, что гонщики двигались с постоянной скоростью.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть v_1, v_2 и v_3 – скорости Шумахера, Хэмилтона и Петрова, соответственно. L – длина одного круга:	
Для случая $v_1 > v_2 > v_3$ записаны условия встречи гонщиков, с учётом того, что два гонщика встречаются, когда один обходит второго на один круг: 1)$v_1 - v_2 = \frac{L}{t_1}$, $v_2 - v_3 = \frac{L}{t_2}$, $v_1 - v_3 = \frac{L}{t_3}$	1+1+1
2) Из 1) получено в общем виде (балл выставляется также в том случае, если участник решал численно и получил верный ответ п 3): $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}$	1
3) Получено численно: $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{7\ 3}{7+3} = 2.1$ мин $= 2$ мин 6 сек	1
Критерии 1-3 также выставляются, если сначала рассмотрен случай $v_3 > v_2 > v_1$	
Для случая $v_2 > v_1 > v_3$ записаны условия встречи гонщиков, с учётом того, что два гонщика встречаются, когда один обходит второго на один круг: 4) $v_2 - v_1 = \frac{L}{t_1}$, $v_2 - v_3 = \frac{L}{t_2}$, $v_1 - v_3 = \frac{L}{t_3}$	1+1+1
5) Из 4) получено в общем виде (балл выставляется также в том случае, если участник решал численно и получил верный ответ п 6): $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 - t_2}$	1
6) Получено численно: $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 - t_2} = \frac{7\ 3}{7-3} = 5.25$ мин $= 5$ мин 15 сек	1
Критерии 4-6 также выставляются, если сначала рассмотрен случай $v_3 > v_1 > v_2$	
Для случая $v_1 > v_3 > v_2$ записаны условия встречи гонщиков, с учётом того, что два гонщика встречаются, когда один обходит второго на один круг: 7) $v_1 - v_1 = \frac{L}{t_1}$, $v_3 - v_2 = \frac{L}{t_2}$, $v_1 - v_3 = \frac{L}{t_3}$	1+1+1
8) Из 7) получено в общем виде (балл выставляется также в том случае, если участник решал численно и получил верный ответ п 9): $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_2 - t_1}$	1
9) Получено численно: $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 - t_2} = \frac{7\ 3}{3-7} = -5.25$ мин < 0. Такая ситуация невозможна	1
Критерии 7-9 также выставляются, если сначала рассмотрен случай $v_2 > v_3 > v_1$	
10) Для случая $v_3 > v_2 > v_1$ получено $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{7\ 3}{7+3} = 2.1$ мин $= 2$ мин 6 сек	2
11) Для случая $v_3 > v_1 > v_2$ получено $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 - t_2} = \frac{7\ 3}{7-3} = 5.25$ мин	2
12) Для случая $v_2 > v_3 > v_1$ получено $t_3 < 0$	1
Итого	20

Задача 2

Система (см. рисунок) из двух грузов массами m_1 и m_2, невесомого рычага, четырёх одинаковых невесомых блоков, невесомых и нерастяжимых нитей находится в равновесии. Найдите отношение масс грузов m_1/m_2.
Ускорение свободного падения g считайте известным.



Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Указано, что в силу невесомости нити, проходящей через все 4 блока, её сила натяжения T всюду на протяжении нити одинакова.	3
2) Указано, что силы натяжения нитей, прикреплённых к рычагу слева и по центру, равны $2T$. Этот факт справедлив в силу условия равновесия для невесомых блоков.	3
3) Указано, что расстояние между левым краем рычага и центральной нитью равно $4R$, а расстояние от центральной нити до правого края рычага – $3R$, где R – радиус каждого блока.	3
4) Записаны любые **два** условия равновесия для рычага или системы, позволяющие определить искомое отношение, например: $$m_1g + m_2g = 5T$$ $$m_2g\ 7R = 2T\ 4R + T\ 7R$$ $$m_1g\ 7R = 2T\ 3R + 2T\ 7R$$ $$(m_1g - 2T)\ 4R = (m_2g - T)\ 3\ R$$	4+4
5) Из 4) получено искомое отношение $\frac{m_1}{m_2} = \frac{20RT}{15RT} = \frac{4}{3}$	3
Итого	20

Задача 3

Два школьных динамометра прошли через сотни детских рук, не все обладатели которых хорошо обращались с измерительными приборами, отчего показания динамометров уже нельзя было считать верными, однако закон Гука для пружин внутри каждого из динамометров всё ещё был справедлив (хоть закон не сломали!). Если к динамометрам поочерёдно подвесить груз массы $m_1 = 150$ гр, то показания каждого динамометра окажутся $F_1 = 3.0$ Н. Если же подвесить груз массы $m_2 = 225$ гр, то показания первого динамометра окажутся равны $F_2 = 4.5$ Н, а второго $F_3 = 4.0$ Н. Что покажут динамометры, если к ним подвесить грузы массой $m_3 = 360$ гр?

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Указано, что подвешенные грузы m_1, m_2 и m_3 действуют на пружины в динамометрах соответственно $m_1g = 1.5$ Н, $m_2g = 2.25$ Н и $m_3g = 3.6$ Н.	2
2) Указано, что показания динамометров связаны линейным законом с удлинением пружины (аналитически или графически).	2
3) Указано, что показания динамометров могут отличатся от истинных за счёт другой жесткости пружины	2
4) Указано, что показания динамометров могут отличатся от истинных за счёт другого начального положения.	4
5) Найдены показания первого динамометра, при подвешивании к нему груза массы m_3. $$F_I = \frac{F_1}{m_1g}m_3g = \frac{F_2}{m_2g}m_3g = \frac{F_2 - F_1}{m_2g - m_1g}m_3g = 7.2\text{ Н}$$ Либо аналитически показано, что для первого динамометра справедливо:	5

$$\frac{F_2 - F_1}{m_2 g - m_1 g} = \frac{F_2}{m_2 g} = \frac{F_1}{m_1 g},$$ следовательно, неисправность первого динамометра состоит в том, что пружина в нём имеет другую жёсткость. Либо по двум точкам построен график линейной зависимости.	
6) Найдены показания второго динамометра, при подвешивании к нему груза массы m_3. $$F_{II} = \frac{F_3 - F_1}{m_2 g - m_1 g}(m_3 g - m_1 g) + F_1 = 5.8 \text{ Н}$$ Пояснение либо аналитически показано, что для первого динамометра справедливо: $$\frac{F_2 - F_1}{m_2 g - m_1 g} \neq \frac{F_2}{m_2 g} \neq \frac{F_1}{m_1 g},$$ следовательно, во втором динамометре начало отчёта по шкале не совпадает с положением нерастянутой пружины – при отсутствии нагрузки второй динамометр показывает $F_0 =$ 1 Н. Либо по двум точкам построен график линейной зависимости.	5
Итого	20

Задача 4

Туристы нагревали воду с начальной температурой $t_0 = 20℃$ в кастрюле кипятильником (это простейший нагревательный прибор, использующийся прежде всего для нагревания воды) мощностью $P = 720$ Вт. Когда температура воды стала равна $t_2 = 60℃$, в кастрюлю опустили второй такой же кипятильник. Общее время закипания воды составило $T = 5$ мин. Кипятильник какой мощности нужно использовать, чтобы снова вскипятить воду в той же кастрюле? Теплообменом со средой пренебречь. Туристы находятся на высоте, соответствующей уровню моря.

Решение:

Комментарии к возможному решению	Баллы
Исходное условие некорректно. Примечание к условию, которое рассылалось участникам: "Кипятильник какой мощности нужно использовать, чтобы снова вскипятить воду в той же кастрюле за то же время?"	
Пусть масса воды в кастрюле m, а её удельная теплоёмкость c, тогда $C = mc$ – теплоёмкость воды в кастрюле, $t_1 = 100$ ℃ – температура закипания воды, T_1 – время работы одного кипятильника, T_2 – время работы двух кипятильников, P_1 – искомая мощность.	
1) Учтено суммарное время работы одного и двух кипятильников (может быть записано неявно): $T_1 + T_2 = T$	3
2) Записано условие теплового баланса: $PT_1 = C(t_2 - t_0)$	3
3) Записано условие теплового баланса: $2PT_2 = C(t_1 - t_2)$	3
4) Записано условие теплового баланса: $P_1 T = C(t_1 - t_0)$	3
5) Решая 1)-4) совместно, получено искомое P_1: $$P_1 = P\frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0} / \left(1 + \frac{t_1 - t_2}{2(t_2 - t_0)}\right) = 720\frac{100 - 20}{60 - 20} / \left(1 + \frac{100 - 60}{2(60 - 20)}\right) = 960 \text{ Вт}$$ Например, $$P_1 T = P_1(T_1 + T_2) = C(t_1 - t_0)$$ $$\frac{P_1(T_1 + T_2)}{PT_1} = \frac{C(t_1 - t_0)}{C(t_2 - t_0)} \rightarrow \frac{P_1}{P}(1 + \frac{T_2}{T_1}) = \frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}$$ $$\frac{2PT_2}{PT_1} = \frac{C(t_1 - t_2)}{C(t_2 - t_0)} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{t_1 - t_2}{2(t_2 - t_0)}$$ $$\frac{P_1}{P}\left(1 + \frac{t_1 - t_2}{2(t_2 - t_0)}\right) = \frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0} \rightarrow P_1 = P\frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0} / \left(1 + \frac{t_1 - t_2}{2(t_2 - t_0)}\right)$$	8

Итого	20

Задача 5

В высокий сосуд квадратного сечения и шириной боковой стороны $a = 10$ см, поместили $V = 1$ л дистиллированной воды с плотностью $\rho_в = 1000\,\frac{кг}{м^3}$. Затем в воде полностью растворили $M = 150$ г, при этом объём воды фактически не изменился. После этого в воду поместили лед массой 1 кг, при этом лед не касался дна сосуда. Сразу после этого на стенке сосуда сделали отметку, указывающую уровень жидкости. После того, как половина льда в сосуде растаяла, на стенке сосуда сделали вторую отметку, указывающую уровень жидкости в этот момент. Чему равно расстояние между отметками? Плотность льда $\rho_л = 900\,\frac{кг}{м^3}$

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Исходное условие некорректно. Примечание к условию, которое рассылалось участникам: "Затем в воде полностью растворили M=150 г *соли*"	
1) Получена численно или в общем виде начальная плотность раствора (соли): $$\rho_1 = \frac{\rho_в V + M}{V} = \frac{1000 + 150}{1000} = 1.15\,\frac{г}{см^3}$$	5
2) Записано уравнение или система уравнений, позволяющая определить начальную высоту уровня раствора. Способ 1. Лёд массы $m_л$ плавает за счёт действующей на него силы Архимеда: $\rho_1 g V_{П1} = m_л g$. Тогда раствор и погруженная часть льда занимает в сосуде объем: $$V_{об1} = \frac{m_л}{\rho_1} + V = 1870\ см^3$$ Способ 2. Жидкость высоты h_1 оказывает на дно сосуда силу давления равную весу содержимого сосуда: $\rho_1 g h_1 a^2 = (m_л + M + \rho_в V)g$	3
3) Получена численно или в общем виде начальная высота уровня раствора: $$h_1 = \frac{V_{об1}}{a^2} = \frac{m_л}{\rho_1 a^2} + \frac{V}{a^2} = \frac{m_л + M + \rho_в V}{\rho_1 a^2} = 18.70\ см$$	2
4) Учтено, что после таяния половины льда, плотность раствора изменилась: $$\rho_2 = \frac{\rho_в V + M + \frac{1}{2} m_л}{V + \frac{m_л}{2\rho_в}} = \frac{1000 + 150 + 500}{1000 + 500} = \frac{1650}{1500} = 1.1\,\frac{г}{см^3}$$	3
5) Записано уравнение или система уравнений, позволяющая определить конечную высоту уровня раствора с учётом новой плотности раствора: Способ 1. Лёд массы $\frac{1}{2} m_л$ плавает за счёт действующей на него силы Архимеда: $\rho_2 g V_{П2} = \frac{1}{2} m_л g$. Тогда раствор и погруженная часть льда занимает в сосуде объем: $$V_{об2} = \frac{m_л}{2\rho_2} + V + \frac{m_л}{2\rho_в} = 1955\ см^3$$ Способ 2. Жидкость высоты h_2 оказывает на дно сосуда силу давления равную весу содержимого сосуда: $\rho_2 g h_2 a^2 = (m_л + M + \rho_в V)g$	3
6) Получена численно или в общем виде конечная высота уровня раствора: $$h_2 = \frac{V_{об2}}{a^2} = \frac{m_л}{2\rho_2 a^2} + \frac{V}{a^2} + \frac{m_л}{2\rho_в a^2} = \frac{m_л + M + \rho_в V}{\rho_2 a^2} = 19.55\ см$$	2
7) Найдена искомая разность высот между отметками: $\Delta h = h_2 - h_1 = 0.85$ см	2
Итого	20

Оценка заданий №№ 1 – 5 по 20 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения. Решение оценивается поэтапно.

Желаем успеха!