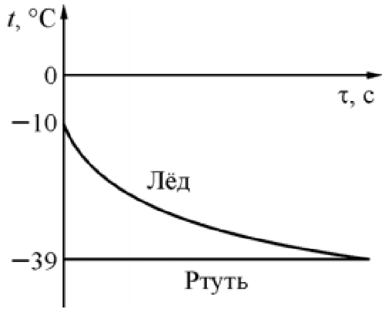
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
2023-2024 учебный год
ФИЗИКА
9 класс
Критерии оценивания

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Задание 1

В калориметр со ртутью при температуре t_1 = –39 °C положили лёд, температура которого равна t_2 = –10 °C. Графики зависимостей температур этих веществ от времени τ изображены на рисунке. Потерями теплоты можно пренебречь. Выберите все правильные утверждения.



А) t_1 = –39 °C – это температура плавления ртути.

Б) t_1 = –39 °C – это температура кипения ртути.

В) Конечная температура содержимого калориметра равна t_1 = –39 °C.

Г) В конце теплообмена в калориметре есть ртуть в жидком состоянии.

Д) В начальном состоянии вся ртуть была жидкостью.

Ответ: АВГ

Максимальный балл – 10. Если верно указано 2 утверждения, то 6 баллов, если верно записано 1 утверждение – 2 балла

Задание 2

Садовод установил на своём участке бассейн цилиндрической формы, чтобы порадовать внуков. Радиус этого бассейна R = 1.5 м. Для того, чтобы вода прогревалась быстрее, садовод решил положить на дно бассейна секцию тёплого пола. После этого он планировал заполнить ёмкость, подключить тёплый пол к сети и таким образом нагревать воду. В инструкции к тёплому полу он прочитал, что данное устройство рассчитано на напряжение U = 220 В и при этом выделяет тепловую мощность P = 900 Вт. Какое количество теплоты выделяет тёплый пол в течение 10 минут? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до целых. Глубина воды в бассейне равна 1 м. За какое время вода нагреется на 1 °C? Потерями тепла через дно и боковые стенки бассейна можно пренебречь. Испарение не учитывать. Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м^3, удельная теплоёмкость воды $c = 4.2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°C). Ответ выразите в часах, округлите до десятых.

Возможное решение:

Так как тёплый пол служит только для нагрева, то вся мощность идёт на создание количества теплоты:

$$Q = P \cdot t = 900 \cdot 600 = 540000 \text{ Дж} = 540 \text{ кДж}.$$

Здесь важно не забыть перевести минуты в секунды.

Вопрос № 2.

Чтобы найти время нагрева воды, необходимо количество теплоты, нужное для нагрева, разделить на мощность:

$$\tau = \frac{Q}{P}$$

Количество теплоты находим по формуле: $Q = cm\Delta t$.

Массу можно найти через плотность и объём: $m = \rho V$.

Объём воды в бассейне находим как объём цилиндра: $V = h\pi R^2$.

Собрав всё в одну формулу, получаем:

$$\tau = \frac{c\rho h\pi R^2 \Delta t}{P} = \frac{4.2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 1.5^2 \cdot 1}{900} = 33 \cdot 10^3 \text{с} \approx 9.2 \text{ ч}.$$

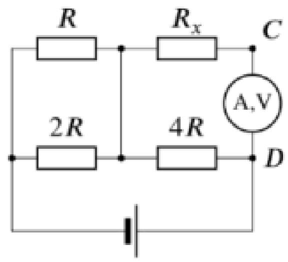
Критерии оценивания

1. Верно записана расчетная формула количества теплоты и получен ответ.......... **3 балла**
2. Верно записана формула расчета времени…………………..................................**2 балла**
3. Масса выражена через плотность и объем……………………............................. **2 балл**
4. Записана формула объема ……………………………………………………..**2 балл**
5. Дан верный ответ ……………………………………………………………**1 балл**

Максимальный балл – 10

Задание 3

Готовясь к экспериментальному туру олимпиады по физике, мальчик Паша спаял схему, изображённую на рисунке. К точкам C и D он подсоединил выводы мультиметра. В результате измерений Паши оказалось, что в режиме вольтметра мультиметр показывает 6 В, а в режиме амперметра — 5 мА. Чему равно сопротивление резистора Rx, если R = 700 Ом? Мультиметр в обоих режимах можно рассматривать как соответствующий идеальный прибор. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



Решение: Рассмотрим случай, когда мультиметр включён в режиме вольтметра. Напряжение на резисторе $4R$ равно 6 В, а общее сопротивление равно $R \cdot 2R/(R + 2R) + 4R = 14R/3$. Следовательно, напряжение на источнике равно

$$U_0 = \frac{6 \text{ В}}{4R} \cdot \frac{14R}{3} = 7 \text{ В}.$$

Во втором случае, когда мультиметр включён в режиме амперметра, сила тока через резистор R_x равна $I_0 =$ $= 5$ мА. Сила тока через резистор $4R$, соответственно, составляет $I_{4R} = I_0 R_x/(4R)$. На левой паре параллельных резисторов R и $2R$ суммарный ток $I_0 + I_{4R}$ делится в отношении 2 : 1, и, например, сила тока через резистор R равна

$$I_R = \frac{2(I_0 + I_{4R})}{3} = \frac{2I_0}{3}\left(1 + \frac{R_x}{4R}\right).$$

Определим отсюда общее напряжение в цепи и приравняем его U_0:

$$U_0 = I_R R + I_0 R_x = \frac{2I_0 R}{3} + \frac{7I_0 R_x}{6} \quad \Rightarrow \quad R_x = \frac{6}{7I_0}\left(U_0 - \frac{2I_0 R}{3}\right) = 800 \text{ Ом}.$$

Критерии оценивания

1. Найдено верное значение напряжения источника U_0 .... **2 балл**

2. Записано верное выражение для тока через 4R во втором случае ……… .... **2 балла**
3. Записано верное выражение для тока через какой-либо левый резистор во втором случае ……………………………………………………………………………………**2 балла**
4. Записана верная связь между U_0 током через R_x во втором случае и сопротивлениями ………………………………………………………………………………………**2 балла**
5. Получено верное значение R_x ……... **2 балла**

Максимальный балл – 10

Указание проверяющим:

1) В пункте 1 достаточно найти, что $U0 = 7/6 \cdot U_V$, где U_V — показание вольтметра. Балл в этом случае ставится.

2) Если учащийся смог каким-либо иным (не авторским, но корректным) способом получить верную связь из пункта 4, баллы за пункты 2 и 3 ставить автоматически.

Задание 4

Винни-Пух как-то решил сделать воздушный шар для своих полётов за мёдом. Взяв у Кристофера Робина тонкий, нерастягивающийся и непроницаемый для газов материал оболочки и баллоны с гелием для её заполнения, он приступил к работе. Методом проб и ошибок Винни-Пух выяснил, что шар, заполненный гелием, начинает его поднимать, если радиус шара больше 2 м.

1. При каком минимальном радиусе шар поднимался бы без груза?

2. Какую максимальную массу мёда (вдобавок к самому Винни-Пуху) сможет поднять шар радиусом 2,5 м? Масса Винни-Пуха равна 25 кг, плотность воздуха — 1,28 кг/м^3, плотность гелия — 0,18 кг/м^3. Объёмами медвежонка и мёда по сравнению с объёмом шара можно пренебречь. Каждый раз оболочка шара делается заново.

Примечание: Объём шара радиуса R равен $V = 4\pi R^3/3$, площадь сферы того же радиуса — $S = 4\pi R^2$, где $\pi \approx 3{,}14$.

Решение: Пусть μ — поверхностная плотность материала оболочки (масса единицы площади). Тогда масса оболочки равна $\mu \cdot 4\pi R^2$, а масса гелия в шаре $\rho_г \cdot 4\pi R^3/3$. Рассмотрим первый случай, когда радиус шара равен $R_1 = 2$ м, и запишем условие плавания системы «шар+Винни-Пух» ($M_{ВП}$ — масса Винни-Пуха):

$$\rho_в g \cdot \frac{4\pi R_1^3}{3} = \rho_г g \cdot \frac{4\pi R_1^3}{3} + \mu \cdot 4\pi R_1^2 \cdot g + M_{ВП} g.$$

Отсюда найдём поверхностную плотность оболочки:

$$\mu = \frac{1}{4\pi R_1^2}\left((\rho_в - \rho_г) \cdot \frac{4\pi R_1^3}{3} - M_{ВП}\right) \approx 0{,}236 \text{ кг/м}^2.$$

Пусть шар без груза поднимается при минимальном радиусе, равном r. Запишем снова условие плавания

$$\rho_в g \cdot \frac{4\pi r^3}{3} = \rho_г g \cdot \frac{4\pi r^3}{3} + \mu \cdot 4\pi r^2 \cdot g \quad \Rightarrow \quad r = \frac{3\mu}{(\rho_в - \rho_г)} \approx 64 \text{ см}.$$

Рассмотрим теперь шар радиусом $R_2 = 2{,}5$ м, на котором медвежонок поднимается вместе с мёдом массой m_0:

$$\rho_в g \cdot \frac{4\pi R_2^3}{3} = \rho_г g \cdot \frac{4\pi R_2^3}{3} + \mu \cdot 4\pi R_2^2 \cdot g + (M_{ВП} + m_0) g.$$

Из этого уравнения найдем массу m_0:

$$m_0 = (\rho_в - \rho_г) \cdot \frac{4\pi R_2^3}{3} - \mu \cdot 4\pi R_2^2 - M_{ВП} \approx 28{,}5 \text{ кг}.$$

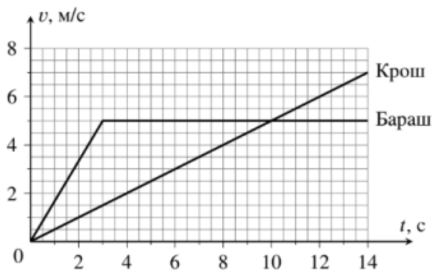
Критерии:

1) Записано выражение для массы оболочки $\mu \cdot 4\pi R^2$или аналог . . .. 1 балл
2) Правильно записано условие плавания в первом случае . . . . 2 балла
3) Найдено верное значение/записана верная формула для μ …... . . . . 1 балл
4) Правильно записано условие плавания во втором случае . . . . 2 балла

5) Получен верный ответ на первый вопрос . . . . 1 балл
6) Правильно записано условие плавания в третьем случае . . . . 2 балла
7) Получен верный ответ на второй вопрос . . . . 1 балл
Указания проверяющим:
1) Выражение для массы оболочки может быть сразу написано внутри условий плавания, в этом случае балл за пункт 1 ставить.
2) Учащийся может не вычислять числовое значение μ и не записывать явно формулу, но при этом найти верное значение r. Поэтому, если пункт 5 критерий выполнен, то балл за пункт 3 ставится автоматически.
Максимальный балл – 10

Задание 5

Крош и Бараш как-то устроили забег. Стартовав одновременно из одной точки, они побежали по лесной дорожке. Бараш, набрав некоторую скорость, удерживал её в течение всей дистанции, в то время как Крош бежал, всё время увеличивая свою скорость. Дотошный Лосяш, судивший забег, изобразил графики движения соревнующихся Смешариков (начало графика изображено на рисунке).



1. Определите, через какое время после старта Крош догонит Бараша.
2. На каком расстоянии от точки старта это произойдёт?
3. На какое максимальное расстояние Бараш опережал Кроша в течение этого забега?

Решение: Крош бежал всю дорогу с постоянным укорением $a = (7\text{ м/с})/(14\text{ с}) = 0{,}5\text{ м/с}^2$. Бараш первые 3 с бежал равноускоренно и пробежал расстояние $s_0 = 1/2 \cdot 5\text{ м/с} \cdot 3\text{ с} = 7{,}5\text{ м}$, а дальше он двигался с постоянной скоростью $\upsilon_0 = 5\text{ м/с}$. Так как вначале Бараш бежал быстрее Кроша, расстояние между ними увеличивалось и стало максимальным в момент, когда скорости Смешариков сравнялись (через 10 с после старта). Максимальное расстояние ΔL, на которое Бараш опережал Кроша, можно найти как площадь области, ограниченной графиками:

$$\Delta L = \frac{1}{2} \cdot 5\text{ м/с} \cdot (10\text{ с} - 3\text{ с}) = 17{,}5\text{ м}.$$

Крош догонит Бараша уже после этого. Пусть это произошло в момент t, тогда

$$\frac{at^2}{2} = s_0 + \upsilon_0(t - 3\text{ с}) \quad \Rightarrow \quad 0{,}25\text{ м/с}^2 \cdot t^2 = 5\text{ м/с} \cdot t - 7{,}5\text{ м} \quad \Rightarrow \quad t^2 - 20\text{ с} \cdot t + 30\text{ с}^2 = 0.$$

Решая это уравнение и отбрасывая отрицательный корень, получим, что

$$t = \left(10 + \sqrt{70}\right)\text{ с} \approx 18{,}4\text{ с}.$$

Соответственно, встреча произошла на расстоянии $L = at^2/2 = 0{,}25\text{ м/с}^2 \cdot (18{,}4\text{ с})^2 \approx 84{,}3\text{ м}$.

Критерии:
1) Найдено верное значение ускорения Кроша .. . . 1 балл
2) Правильно записано уравнение, достаточное для определения времени встречи . . . . …………………………………………………………………………………….. 2 балла
3) Найдено верное значение времени встречи . . .. 2 балла
4) Найдено верное значение расстояния от старта до места встречи . . . . 1 балл
5) Указано, что расстояние между Смешариками будет максимальным через 10 с после старта . . . ……………………………………………………………………………. 2 балла
6) Найдено верное значение максимального расстояния между Барашем и Крошем . . . . ……………………………………………………………………………... 2 балла
Максимальный балл – 10