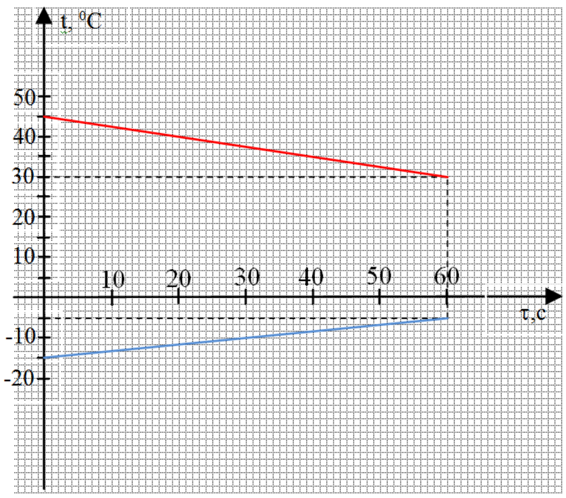
Интеллектуальный марафон 8 класс
Финал

Задача №1 «Теплота»

В калориметр положили лёд массой $m_л$ = 200 г. Сверху на него положили металлическую пластинку массой $m_п$ = 350 г. Специальный измерительный комплекс при помощи датчиков снимал зависимость температуры льда и пластинки от времени и выводил полученные данные на экран компьютера в виде графиков (см. рис.). Но в момент времени τ = 60 с произошло аварийное отключение электричества и дальнейшие измерения стали невозможны. Тем не менее, по оставшимся графикам ответьте на следующие вопросы.



Вопрос №1:

Чему равна удельная теплоёмкость материала пластины?

Вопрос №2:

В какой момент после начала наблюдения начнётся плавление льда?

Вопрос №3:

Какова конечная температура вещества в калориметре?

Вопрос №4:

В какой момент времени после начала наблюдения прекратится теплообмен между телами в калориметре?

Справочные данные: удельная теплоёмкость льда $c_л$ = 2100 Дж/(кг^{0}С), удельная теплоёмкость воды $c_в$ = 4200 Дж/(кг^{0}С), удельная теплота плавления льда λ = 335 кДж/кг.

Автор: Порошин О.В.

Решение:

Вопрос №1.

Так как система теплоизолирована, то можем применять уравнение теплового баланса: теплота, выделяемая при остывании пластины, идёт на нагревание льда.

$$c_{пл}m_{пл}(30-45)+c_л m_л\big(-5-(-15)\big)=0$$

$$c_{пл}=\frac{c_л m_л 10}{m_{пл}15}=800\ \frac{Дж}{кг°С}$$

Вопрос №2.

Так как графики линейные, то значит, пластина отдаёт, а лёд получает тепло с одинаковой скоростью. Другими словами мощность теплообмена постоянна. Используем этот факт.

$P\tau = c_л m_л\big(-5-(-15)\big)$ – энергия, пошедшая на нагревание льда до температуры -5^{0}С

$P\tau_1 = c_л m_л\big(0-(-15)\big)$ - энергия, пошедшая на нагревание льда до температуры 0^{0}С

Разделим второе уравнение на первое, сократим мощность, удельную теплоёмкость, массу и выразим нужное время: $\tau_1=\tau\frac{15}{10}=\tau\frac{3}{2}=60\frac{3}{2}=90c$

Вопрос №3.

Для ответа на этот вопрос необходимо понять будет ли растоплен весь лёд или нет. Для этого посчитаем какое максимальное количество теплоты отдаст пластинка при её остывании до нуля:

$Q_{отд} = c_{пл} m_{пл} (0 - 45) = 800 * 0{,}35\,(-45) = -12600\ Дж$

Знак минус означает, что тело отдаёт тепло.

Теперь посчитаем, какое количество теплоты понадобиться для нагревания льда до температуры плавления: $Q_{нагр} = c_л m_л (0 - (-15)) = 2100 * 0{,}2 * 15 = 6300\,Дж$

И теплоту, которая необходима для плавления льда: $Q_{пл} = \lambda m_л = 335000 * 0{,}2 = 67000\,Дж$

Сравним: $|Q_{отд}| > Q_{нагр}$ – это значит, что весь лёд нагреется до температуры плавления.

Но $|Q_{отд}| < Q_{нагр} + Q_{пл}$ – это значит, что не весь лёд растает. Таким образом процесс теплообмена остановится, когда вода будет находиться и в твёрдом и жидком состоянии, а это возможно только при 0 ^{0}C. Значит конечная температура вещества в калориметре 0 ^{0}C.

Вопрос №4.

И так, теплообмен прекратится в тот момент, когда температуры тел выровняются и станут равны нулю. Так как графики линейные, то значит, пластина отдаёт тепло с одинаковой скоростью. Другими словами, мощность теплообмена постоянна. Используем этот факт.

$P\tau = c_{пл} m_{пл} (30 - 45)$ – энергия, отданная пластинкой за τ = 60 с.

$P\tau_2 = c_{пл} m_{пл} (0 - 45)$ - энергия, отданная пластинкой при остывании до температуры 0^{0}C

Разделим второе уравнение на первое, сократим мощность, удельную теплоёмкость, массу и выразим нужное время: $\tau_2 = \tau \frac{-45}{-15} = \tau * 3 = 60 * 3 = 180с$

Распределение баллов:

*1 вопрос – **2 балла***

- *Запись уравнения теплового баланса – **1 балл***
- *Правильный ответ – **1 балл***

*2 вопрос – **2 балла***

*3 вопрос – **3 балла***

*4 вопрос – **3 балла***

Задача №2

В кубическом сосуде с внутренним ребром 8 см находится вода объемом 300 мл, а на дне сосуда лежит шар из оргстекла плотностью 1200 кг/м^3. В некоторый момент времени в воду начинают сыпать с постоянной скоростью сахар плотностью 1600 кг/м^3, который моментально растворялся в воде. Когда уровень раствора поднялся до края сосуда, то шар перестал давить на дно сосуда. Известно, что объем раствора равен сумме объемов воды и сахара. Объем шара равен $\frac{4}{3}\pi R^3$. Ответьте на следующие вопросы:

1. Сколько насыпали сахара? Ответ укажите в граммах.
2. Какое расстояние от верхней точки шара до поверхности воды было до начала создания сахарного раствора?

Автор: Баланов В.Ю.

Решение:

Условие равновесия шара $mg = N + F_a$, когда $N = 0$, то $mg = F_a$, то есть плотности тела и раствора стали равны. **(2 балла)**

Плотность раствора $\rho = \frac{m_в + m_c}{V_в + \frac{m_c}{\rho_c}}$, следовательно, масса сахара $m_c = \frac{\rho_c(\rho V_в - m_в)}{\rho_c - \rho}$ = <u>240 г.</u> **(2 балла)**

$V_{куба} = V_ш + V_в + V_c$ $V_ш = 62$ см^3 **(1 балл)**

$R = \sqrt[3]{\frac{3V_ш}{4\pi}} \approx 2{,}46$ см. **(2 балла)**

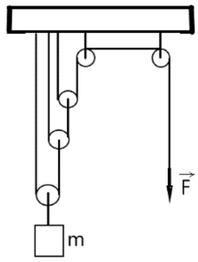
$h_в = \frac{V_в + V_ш}{a^2} \approx 5{,}7$ см. **(1 балл)**

$\Delta h = h_в - 2R$. **(1 балл)**

в зависимости от степени округления <u>$0{,}7 см \leq \Delta h \leq 0{,}8$ см.</u> **(1 балл)**

Задача №3

Теоретик Баг проектировал робота-погрузчика, который будет участвовать в следующей экспедиции на Марс. В качестве источника энергии для робота ученый планировал использовать солнечную батарею с максимальной энергетической ёмкостью 500 кВт·ч. Заряжать батарею робот будет от фотоэлемента площадью 100 м^2 и с КПД равным 90%. Известно, что на участок Земли площадью 1 м^2 расположенный перпендикулярно солнечным лучам, за каждую секунду попадает солнечная энергия равная 1370 Дж (Эта величина называется солнечной постоянной для Земли).



Вопрос №1.

Известно, что расстояние от Солнца до Марса в 1.5 раза больше, чем расстояние от Солнца до Земли. Основываясь на этих данных, рассчитайте солнечную постоянную для поверхности Марса. Для справки: площадь поверхности шара радиусом R равна $S = 4\pi R^2$

Вопрос №2.

Какое время понадобится для зарядки батареи погрузчика с нуля до 100 % на поверхности планеты Марс? Считайте, мощность подзарядки постоянной, небо ясным и что солнечные лучи падают на фотоэлемент перпендикулярно его поверхности.

Вопрос №3.

Для подъема груза массой m = 200 кг робот погрузчик будет использовать лебедку, схема которой изображена на рисунке. Робот очень медленно поднимает груз прикладывая силу F = 100 Н к свободному концу верёвки. Чему равен КПД лебёдки? Ответ выразить в процентах, округлив до целых. Блоки считать невесомыми, ускорение свободного падения на Марсе g = 3,72 Н/кг.

Автор: Такиев Р.И.

Решение:

1)Солнечная постоянная, то есть мощность света, падающего перпендикулярно на единицу площади на уровне орбиты планеты.

Энергия, излучаемая Солнцем во все стороны за секунду, может быть найдена как произведение солнечной постоянной на площадь поверхности сферы радиуса равного радиусу орбиты планеты. **(1 балл)**

$C_1 \cdot 4\pi R_1^2 = C_2 \cdot 4\pi R_2^2$, **(1 балл)**

откуда определяем $C_2 = 609$ Вт/м^2. **(1 балл)**

2) Переведем энергетическую ёмкость батареи в Дж:

E = 500 кВт·ч = 500·1000 Вт · 3600 с = $1{,}8 \cdot 10^9$ Дж. **(1 балл)**

Мощность, потребляемая фотоэлементом: $P_{ПОТР} = C_2 \cdot S$. **(1 балл)**

Мощность, потребляемая батареей робота: $P_{БАТ} = \eta \cdot P_{ПОТР} = \eta \cdot C_2 \cdot S$. **(1 балл)**

Вычислим время зарядки батареи: $t = E/P_{БАТ} = 32841$ с = 9,1 ч **(1 балл)**

3) Вычислим проигрыш в расстоянии: при подъеме груза на высоту x, робот должен вытянуть 8x веревки. **(1 балл)**

Затраченная работа: $A_з = F \cdot 8\ x$. Полезная работа: $A_{пол} = mg \cdot x$. **(1 балл)**

Искомый КПД лебедки:

$\eta_л = mg/(8F) = 200 \cdot 3{,}72 / (8 \cdot 100) = 0{,}93 = 93\ \%$ **(1 балл)**