Критерии проверки. Решения.

Всероссийская олимпиада школьников II (муниципальный) этап

Физика 11 класс

Общее время выполнения заданий – 4 часа.

Общие замечания по проверке

Задачи проверяются на основе 100 – балльной шкалы, что позволит более корректно расставить участников по местам. После распределения мест, при желании, можно вернуться к 10-балльной системе, простым делением полученных баллов на 10. Максимально возможный балл определяется сложностью задачи и приводится отдельно для каждой задачи.

Приводятся возможные решения задач. Если участник предлагает свое решение, которое эквивалентно приведенному, то оно оценивается по тем же критериям. Если же решение участника нерациональное, длинное, то рекомендуется оценивать его на 10 – 15 баллов ниже. Если решение, приведенное участником, более рациональное, чем рекомендуемое (такое бывает), то это следует поощрять начислением дополнительных баллов по общему согласованному решению жюри.

Задание 1

Металлический брусок прижимают к цилиндрической поверхности шлифовального диска с силой F = 100 Н. Коэффициент трения между бруском и диском μ = 0,2. Какую мощность N развивает двигатель, вращающий диск, если диаметр диска d = 30 см и он вращается с частотой n = 120 об/мин?

Решение

$$N = F_{mp} v = F_{mp} \cdot R .$$

$$F_{mp} = \mu F , \qquad v = \omega R = \frac{2\pi n}{60} .$$

$$N = \frac{2\pi n R \mu F}{60} = \frac{\pi n d \mu F}{60} = 37{,}7\ Вт .$$

Максимальный балл – 60. Получено решение с правильным ответом.

50 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 2

Вблизи рудного месторождения ускорение свободного падения изменилось на δ = 0,1%. Плотность руды в месторождении ρ = 8 г/см^3. Оценить радиус месторождения r, если средняя плотность Земли ρ_3 = 5,6 г/см^3.

Решение

Сила тяжести в данном месте определится суммарным влиянием Земли и рудного месторождения. При этом силу тяжести, которая определяется влиянием Земли, следует уменьшить на ту величину, которая создавалась бы веществом Земли в объеме занимаемом месторождением. Поэтому для силы тяжести, которая действует на тело массы m над месторождением, можем записать:

$$F_T = G\left(\frac{m \cdot M_3}{R^2} + \frac{m \cdot M_1}{r^2} + \frac{m \cdot M_2}{r^2}\right),$$

где M_3 – масса Земли, M_1 – масса материала Земли в объеме занимаемом месторождением, M_2 – масса руды, R – радиус Земли, r – радиус рудного месторождения. Для масс можем записать

$$M_3 = \frac{4® R^3}{3} °_3, \qquad M_1 = \frac{4® r^3}{3} °_3 \quad , \quad M_2 = \frac{4® r^3}{3} ° \quad . \tag{1}$$

Сила тяжести на поверхности Земли вне рудного месторождения

$$m g = G\left(\frac{m \cdot M_3}{R^2}\right).$$

Сила тяжести на поверхности Земли над рудным месторождением

$$m g' = G\left(\frac{m \cdot M_3}{R^2} + \frac{m \cdot M_1}{r^2} + \frac{m \cdot M_2}{r^2}\right).$$

Для ускорения свободного падения:

$$g = G\left(\frac{M_3}{R^2}\right) \tag{2}$$

и над месторождением:

$$g' = G\left(\frac{M_3}{R^2} + \frac{M_1}{r^2} + \frac{M_2}{r^2}\right). \qquad (3)$$

По условию задачи

$$\frac{g' - g}{g} = 10^{-3} \quad \text{или} \quad g' - g = 10^{-3} g$$

С учетом (1), (2), (3) получим:

$$\frac{4®}{3}\left(\frac{° r^3}{r^2} - \frac{°_3 r^3}{r^2}\right) = \frac{4® °_3 R^3}{3R^2} \cdot 10^{-3}.$$

Отсюда

$$r = \frac{10^{-3} \cdot °_3 R}{° - °_3} = 14{,}9 \ км.$$

Максимальный балл – 100. Проведен анализ. Получено правильное решение.

80 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

50 баллов. Не учтено, что руда в объеме заменяет земной материал, остальные выкладки верны.

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 3

В скороварке с закрытым клапаном находится 3 литра воды при температуре 120 °C. Скороварку сняли с плиты и открыли клапан. Сколько воды останется в скороварке после того, как вода перестанет кипеть? Удельные теплота парообразования и теплоёмкость воды соответственно равны L = 2,2 МДж/кг и C = 4,2 кДж/(кг · °C). Теплоёмкостью стенок скороварки и потерями тепла через них пренебречь.

Решение

После открывания клапана давление в скороварке упадёт, и вода будет кипеть, остывая при этом от T_1 = 120 °C до T_2 = 100 °C. Количество теплоты, необходимое для испарения, будет отниматься от остывающей воды. Пусть за малый промежуток времени испарилась небольшая масса воды Δm_i, а температура воды при этом уменьшилась на ΔT_i. Тогда уравнение теплового баланса имеет вид:

$$C m_i \Delta T_i = L \Delta m_i,$$

где m_i – масса воды, которая была в скороварке при испарении массы Δm_i.

Отсюда

$$\Delta T_i = \frac{L}{C} \cdot \frac{\Delta m_i}{m_i}.$$

$$\Delta T = T_1 - T_2 = \frac{L}{C} \sum_i \frac{\Delta m_i}{m_i}.$$

Сумму в последней формуле можно точно вычислить при помощи интегрирования, а можно ограничиться лишь её оценкой. Пусть M_0 = 3 кг – начальная масса воды в скороварке, $M_{ост}$ – масса воды, оставшейся в скороварке после окончания процесса кипения. При этом $\sum_i \Delta m_i = Mo - M_{ост}$ – масса выкипевшей воды.

Тогда

$$\Delta T = T_1 - T_2 = \frac{L}{C} \sum_i \frac{\Delta m_i}{m_i} \approx \frac{L}{C} \frac{\sum_i \Delta m_i}{M_0 - \sum_i \Delta m_i} = \frac{L}{C} \frac{M_0 - M_{ост}}{M_{ост}}.$$

Откуда

$$M_{ост} = \frac{M_0 L}{L + C(T_1 - T_2)} = 2{,}89 \text{ кг.}$$

Следует отметить, что точный ответ $M_{точн}$ = 2,8876 кг, полученный при помощи интегрирования, отличается от найденной нами величины менее чем на 0,02%.

Максимальный балл – 100. Получено решение с правильным ответом.

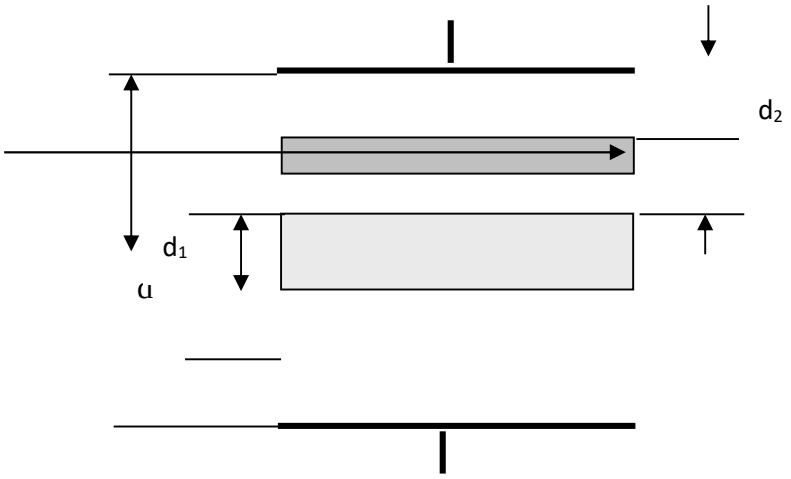
80 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

40 баллов. Правильно написано исходное уравнение теплового баланса.

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 4

В плоский воздушный конденсатор с площадью обкладок S и расстоянием между ними d вводится параллельно обкладкам пластинка, состоящая из диэлектрического слоя толщины d_1 и проводящего слоя толщины d_2. ($d_1 + d_2 < d$).Пластинка расположена в середине конденсатора. Диэлектрическая проницаемость слоя равна ε, площади обкладок и пластинки одинаковы и равны S. Найти емкость конденсатора с пластинкой.



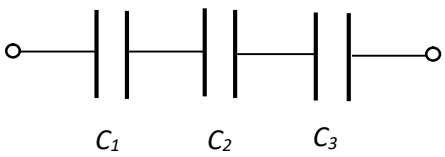
Решение

При таком устройстве конденсатор представляет собой три последовательно соединенных конденсатора. При этом два из них воздушные с расстоянием между пластинами

$$d_в = (d - (d_1 - d_2))/2$$

и один, заполненный диэлектриком. Введение металлического слоя уменьшает расстояние между пластинами.

Эквивалентная схема



$C_1 = C_3 = £_0S/d_в.$

Максимальный балл **ешение с правильным ответом.**

$C_2 = £_0£S/d_1.$

70 баллов. Идея реше **шибки.**

50 баллов. Использов $1/C_{об} = 1/C_1 + 1/C_1 + 1/C_2 = 2/C_1 + 1/C_2.$ **нных конденсаторов.**

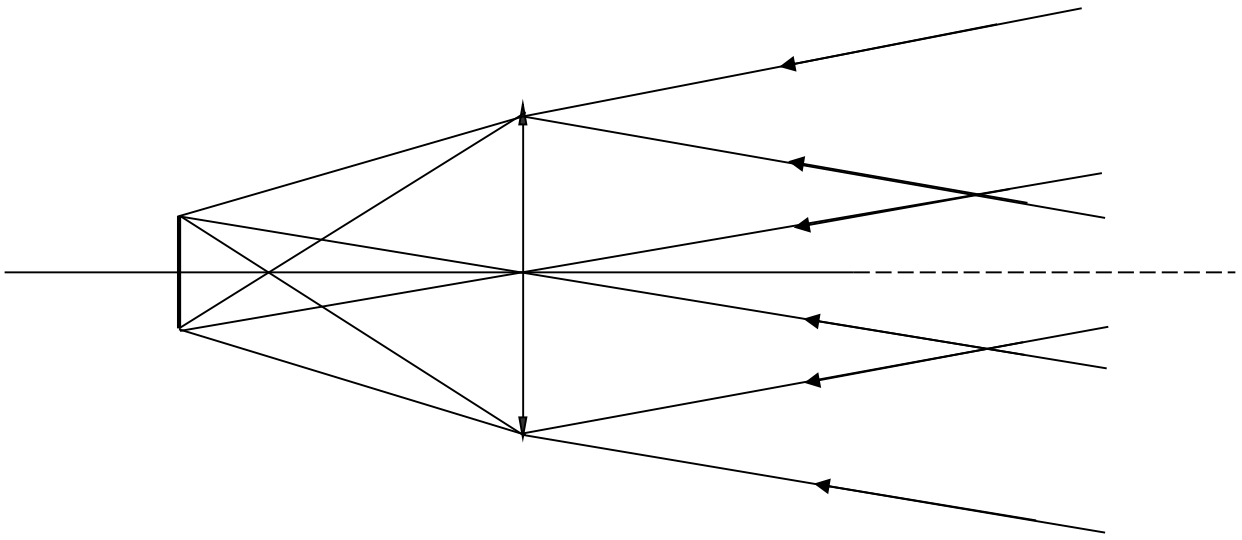
До 20 баллов, по усмо **и или формулы.**

Задание 5

Изображение Луны, даваемое линзой, находится на расстоянии b = 0,22 м от линзы и имеет диаметр D = 2 мм. Вычислить по этим данным период обращения Луны вокруг Земли. Считать, что радиус Луны $R_л$ = 1740 км, радиус Земли $R_з$ = 6400 км, ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли g = 10 м/с^2.

Решение

Так как расстояние до Луны очень большое по сравнению с b, то световые пучки, приходящие от Луны можно рассматривать как параллельные (смотри рис). На рисунке использованы пучки приходящие от противоположных краев лунного диска. Эти пучки образуют диаметрально противоположные точки на изображении.



Так как пучки параллельные, то они собираются в фокальной плоскости линзы, поэтому $b = F$. Тогда можем записать

$$\frac{D/2}{F} = \frac{R_л}{L},$$

где L – расстояние до Луны.

Найдем это расстояние

$$L = \frac{2F \cdot R_л}{D} = \frac{0{,}44 \cdot 1{,}74 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{-3}} = 3{,}82 \cdot 10^5 км.$$

Ускорение свободного падения на поверхности Земли:

$$g = G\left(\frac{M_З}{R_З^2}\right).$$

Центростремительное ускорение Луны

$$a_ц = G\left(\frac{M_З}{(R_З + L)^2}\right)$$

или

$$a_ц = g \cdot \left(\frac{R_З^2}{(R_З + L)^2}\right).$$

С другой стороны

$$a_ц = \frac{v^2}{R_З + L}.$$

Откуда

$$v = \frac{R_З\sqrt{g}}{\sqrt{R_З + L}}.$$

Период обращения

$$T = \frac{2®(R_3 + L)}{v} = \frac{2®}{R_3}\sqrt{\frac{(R_3 + L)^3}{g}} = \frac{2®}{R_3}\sqrt{\frac{\left(R_3 + \frac{2F \cdot R_л}{D}\right)^3}{g}} = 27{,}4 \text{ суток.}$$

Максимальный балл – 100. Проведен анализ. Получено решение с правильным ответом.

80 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

50 баллов. Использована идея параллельности световых пучков, приходящих от Луны. Правильно найдено расстояние до нее.

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.