

Курчатов 2018, физика, отборочный этап

11 класс

Гидростатика

Задача 1.1 Куб со стороной $a = 10$ см плавает в ртути, погрузившись на $1/4$ своего объёма. Поверх ртути постепенно доливают воду до тех пор, пока над водой не останется $1/4$ объёма куба. Найдите толщину h слоя воды. Плотность ртути $\rho_{\text{Р}} = 13,6$ г/см³, плотность воды $\rho_{\text{В}} = 1$ г/см³. Ответ выразите в сантиметрах и округлите до десятых.

Задача 1.2 Шар плавает в ртути, погрузившись на $1/5$ своего объёма. Поверх ртути постепенно доливают воду до тех пор, пока над водой не останется $1/5$ объёма шара. Найдите, какая часть x объёма шара останется погруженной в ртуть. Плотность ртути $\rho_{\text{Р}} = 13,6$ г/см³, плотность воды $\rho_{\text{В}} = 1$ г/см³. Ответ округлите до сотых.

Задача 1.3 В воде плавает цилиндрическая шайба, вдоль оси которой просверлено сквозное отверстие. Поверх воды в отверстие постепенно добавляют масло до тех пор, пока его уровень не станет вровень с верхним основанием шайбы. Масло и вода не перемешиваются, масло не вытекает в воду. Найдите толщину h слоя масла. Толщина шайбы $H = 6$ см, плотность воды $\rho_{\text{В}} = 1$ г/см³, плотность масла $\rho_{\text{М}} = 0,8$ г/см³, плотность материала шайбы $\rho_{\text{Ш}} = 0,85$ г/см³. Ответ выразите в сантиметрах и округлите до десятых.

Законы Ньютона

Задача 2.1 Брусок массой $m = 0,3$ кг стоит на доске массой $M = 4,7$ кг, лежащей на гладкой горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,1$. На доску начинает действовать горизонтальная сила F , зависящая от времени t по закону: $F = F_0(t/t_0)$; $F_0 = 10$ Н, $t_0 = 5$ с. Найдите, через какое время T брусок начнёт скользить по доске. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ выразите в секундах и округлите до десятых.

Задача 2.2 Брусок массой $m = 0,5$ кг стоит на доске массой $M = 3,5$ кг, лежащей на гладкой горизонтальной поверхности. На брусок начинает действовать горизонтальная сила F , зависящая от времени t по закону: $F = F_0(t/t_0)$; $F_0 = 8$ Н, $t_0 = 7$ с. Спустя время $T = 1$ с брусок начинает скользить по доске. Найдите коэффициент трения μ между бруском и доской. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Задача 2.3 Брусок массой $m = 0,2$ кг стоит на доске массой $M = 2,8$ кг, лежащей на гладкой горизонтальной поверхности. На доску начинает действовать горизонтальная сила F , зависящая от времени t по закону: $F = F_0 \sin(2\pi t/T)$; $F_0 = 18$ Н, T — период изменения силы. Спустя время $\tau = T/12$ брусок начинает скользить по доске. Найдите коэффициент трения μ между бруском и доской. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Задача 2.4 Брусок массой $m = 1$ кг стоит на доске массой $M = 5$ кг, лежащей на гладкой горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,15$. На брусок начинает действовать горизонтальная сила F , зависящая от времени t по закону: $F = F_0 \sin \omega t$; F_0 и ω — амплитуда и частота изменения силы. Найдите максимальное значение амплитуды F_0 , при котором брусок не будет скользить по доске. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ выразите в ньютонах и округлите до десятых.

Законы сохранения импульса и энергии

Задача 3.1 Шайба 1 движется по льду и сталкивается с первоначально покоящейся шайбой 2. После абсолютно упругого удара шайбы разлетаются с одинаковыми по абсолютной величине скоростями. Угол между направлениями этих скоростей $\vartheta = 110^\circ$. Найдите отношение x масс шайб: $x = m_2/m_1$. Трение и вращение шайб не учитывайте. Ответ округлите до десятых.

Задача 3.2 Шайба 1 движется по льду и сталкивается с первоначально покоящейся шайбой 2. После абсолютно упругого удара шайбы разлетаются с одинаковыми кинетическими энергиями. Найдите угол ϑ между направлениями конечных скоростей шайб. Известно отношение k масс шайб: $k = m_2/m_1 = 3$. Трение и вращение шайб не учитывайте. Ответ выразите в градусах и округлите до целого.

Задача 3.3 Шайба 1 движется по льду и сталкивается с первоначально покоящейся шайбой 2. После абсолютно упругого удара шайбы разлетаются с одинаковыми по абсолютной величине импульсами. Найдите угол ϑ между направлениями этих импульсов. Известно отношение k масс шайб: $k = m_1/m_2 = 2,6$. Трение и вращение шайб не учитывайте. Ответ выразите в градусах и округлите до целого.

Фазовые переходы

Задача 4.1 В закрытый калориметр, содержащий лёд массой $m_{\text{л}} = 100$ г при температуре $t_{\text{л}} = -10$ °С, впустили водяной пар массой $m_{\text{п}} = 10$ г при температуре $t_{\text{п}} = 100$ °С. Найдите массу $m_{\text{в}}$ воды, образовавшейся в калориметре после установления теплового равновесия. Удельная теплоёмкость льда $C_{\text{л}} = 2,1$ кДж/(кг °С), удельная теплоёмкость воды $C_{\text{в}} = 4,2$ кДж/(кг °С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ кДж/кг, удельная теплота парообразования воды $L = 2260$ кДж/кг. Теплоёмкость калориметра не учитывайте. Ответ выразите в граммах и округлите до целого.

Задача 4.2 В калориметр, содержащий переохлаждённую воду массой $m = 100$ г при температуре $t = -5$ °С, положили кусок льда той же массы m при температуре 0 °С. Найдите массу M льда, образовавшегося в калориметре после установления теплового равновесия. Удельная теплоёмкость воды $C = 4,2$ кДж/(кг °С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ кДж/кг. Теплоёмкость калориметра не учитывайте. Ответ выразите в граммах и округлите до целого.

Задача 4.3 В калориметр, содержащий воду массой $m = 150$ г при температуре 0 °С, положили кусок льда той же массы m при температуре $t = -20$ °С. Найдите массу M воды, образовавшейся в калориметре после установления теплового равновесия. Удельная теплоёмкость льда $C = 2,1$ кДж/(кг °С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ кДж/кг. Теплоёмкость калориметра не учитывайте. Ответ выразите в граммах и округлите до целого.

Электростатика

Задача 5.1 Каждая из трёх проводящих концентрических сфер радиусами $R = 5$ см, $2R$ и $4R$ несёт заряд $q = 0,2$ нК. Среднюю и внешнюю сферы соединяют тонким проводом. Найдите установившийся потенциал φ внутренней сферы. Ответ выразите в вольтах. Считайте, что $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.

Задача 5.2 Каждая из трёх проводящих концентрических сфер радиусами $R = 10$ см, $2R$ и $4R$ несёт заряд $q = 0,4$ нК. Внутреннюю и внешнюю сферы соединяют тонким проводом (провод не касается средней сферы). Найдите установившийся потенциал φ средней сферы. Ответ выразите в вольтах. Считайте, что $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.

Задача 5.3 Внутри металлического сферического слоя находится металлический шар радиуса $R = 4$ см. Центры шара и слоя совпадают; внутренний радиус слоя равен $2R$, внешний — $4R$. Шар заземляют (заземляющий провод не касается слоя), а слою сообщают заряд $q = 2$ нК. Найдите потенциал слоя φ . Ответ выразите в вольтах. Считайте, что $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.

Задача 5.4 Твердый однородный диэлектрик с проницаемостью $\epsilon = 3$ заполняет всё пространство за исключением сферической полости радиуса $R = 5$ см. В полости находится металлический шар радиуса $R/2$, несущий заряд $q = 0,15$ нК. Центры шара и полости совпадают. Найдите потенциал шара φ . Ответ выразите в вольтах. Считайте, что $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.

Задача 5.5 К металлическому шару радиуса $R = 4$ см прилегает сферический слой твердого однородного диэлектрика с проницаемостью $\epsilon = 2$. Внешний радиус слоя равен $3R$. Шару сообщают заряд $q = 0,7$ нК. Найдите потенциал шара φ . Ответ выразите в вольтах. Считайте, что $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.

Конденсаторы

Задача 6.1 Два конденсатора ёмкости $C = 1,6$ мкФ каждый заряжены до напряжений $V_1 = 100$ В и $V_2 = 60$ В. Конденсаторы соединяют одноимённо заряженными обкладками. Пренебрегая излучением, найдите количество теплоты Q , выделившееся в соединительных проводах. Ответ выразите в миллиджоулях.

Задача 6.2 Два конденсатора ёмкостями $C_1 = 0,3$ мкФ и $C_2 = 0,7$ мкФ заряжены до одного и того же напряжения $V = 100$ В. Конденсаторы соединяют разноимённо заряженными обкладками. Пренебрегая излучением, найдите количество теплоты Q , выделившееся в соединительных проводах. Ответ выразите в миллиджоулях.

Задача 6.3 Конденсатор ёмкости $C = 1,5$ мкФ заряжают до напряжения $V = 30$ В и через резистор присоединяют к батарее с ЭДС $\varepsilon = 10$ В (положительно заряженная обкладка конденсатора присоединяется к отрицательному полюсу батареи). Пренебрегая излучением, найдите количество теплоты Q , выделившееся в цепи. Ответ выразите в миллиджоулях.

Задача 6.4 Конденсатор ёмкости $C = 1,5$ мкФ заряжают до напряжения $V = 30$ В и через резистор присоединяют к батарее с ЭДС $\varepsilon = 10$ В (положительно заряженная обкладка конденсатора присоединяется к положительному полюсу батареи). Пренебрегая излучением, найдите количество теплоты Q , выделившееся в цепи. Ответ выразите в миллиджоулях.

Задача 6.5 Конденсатор ёмкости $C = 10$ пФ заряжен до напряжения $V = 48$ В. При помощи длинных тонких проводов отрицательную обкладку конденсатора заземляют, а положительную присоединяют к незаряженному металлическому шару радиуса $R = 3$ см. Найдите установившийся потенциал шара. Ответ выразите в вольтах. Считайте, что $k = 1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.

Задача 6.6 При помощи длинных тонких проводов одну из обкладок незаряженного конденсатора заземляют, а другую присоединяют к металлическому шару радиуса $R = 6$ см, заряженному до потенциала $\varphi = 56$ В. Ёмкость конденсатора $C = 20$ пФ. Найдите установившееся напряжение на конденсаторе. Ответ выразите в вольтах. Считайте, что $k = 1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.