

**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных
образовательных организаций (2022 г.)
Физика. 11 класс**

Вариант 1

Задача 1. (20 баллов). Мальчик съехал на санках с горы и въехал на горизонтальную дорогу, покрытую льдом. Коэффициент трения между полозьями санок и льдом $\mu_1=0.05$. Длина полозьев $l = 1$ м. Потом ледяная поверхность резко закончилась и началась снежная дорога. Коэффициент трения между полозьями санок и снегом μ_2 . В тот момент, когда расстояние от правого конца полозьев до начала стыка покрытия составляло l , модуль скорости санок составил $v = 2$ м/с. При каком максимальном значении коэффициента трения μ_2 санки полностью въедут на снежную дорогу.

Задача 2. (20 баллов). Во вселенной существуют нейтронные звезды, у которых масса немногим больше массы Солнца, а диаметр около 20 км. Они состоят в основном из нейтронов. У некоторых из них есть очень сильное магнитное поле с индукцией достигающей 10^{11} Тл. Их называют магнитарами. Когда космический корабль пролетал вблизи магнитара, из-за столкновения с небольшим метеоритом оторвалась защитная крышка иллюминатора. Оцените ускорение, с которым будет падать крышка на звезду после отделения в тот момент, когда расстояние от нее до звезды $R = 1000000$ км, а индукция магнитного поля звезды $B = 5 \cdot 10^3$ Тл. Масса звезды $M = 2,8 \cdot 10^{30}$ кг, электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹, гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³·с⁻²·кг⁻¹. Силовые линии магнитного поля перпендикулярны направлению на центр звезды. Крышка металлическая и плоская $V = 1$ м³ и массу $m = 10$ кг. (Считайте, что плоскость крышки параллельна силовым линиям поля.)

Задача 3. (20 баллов). В теплоизолированный сосуд, закрытый теплоизолированным поршнем, помещена смесь водяного пара и воды при температуре T кельвинов (масса воды много меньше массы пара). Поршень сместили, в результате объем системы уменьшился, температура пара возросла на ΔT , причем $\Delta T \ll T$, а часть воды испарилась. Найти отношение массы испарившейся воды к массе пара в исходном состоянии. Удельная теплота испарения при температуре T равна λ Дж/кг, пар можно считать идеальным газом с молярной теплоемкостью при постоянном объеме равной C_V Дж/(моль·К). Теплоемкостью воды пренебречь. Также известно, что малые относительные изменения температуры $\Delta T/T$ связаны с относительными изменениями давления насыщенного пара $\Delta p/p$ соотношением $\Delta p/p = k \Delta T/T$, где k – положительная константа. Молярная масса воды μ кг/моль.

Задача 4. (20 баллов). В океанологии при исследовании солевых и температурных стратификаций Мирового океана используется понятие «частоты плавучести» – частоты колебаний элемента жидкости, смещенного по вертикали из положения равновесия. Найти «частоту плавучести» N маленького шарика, находящегося в слое жидкости с линейно возрастающей с увеличением глубины плотностью. Толщина слоя L , разность плотностей на его границах $\Delta \rho$. Шарик находится в равновесии на глубине, где плотность жидкости равна ρ .

Задача 5. (20 баллов). Группа специального назначения захватила секретную лабораторию, в которой был обнаружен прототип дрона, имеющего форму диска диаметром d и массой m , нижняя поверхность которого нагревается до температуры T , а верхняя поддерживается при температуре окружающей среды T_0 ($T_0 < T$). При какой величине T , дрон сможет взлететь? Атмосферное давление у поверхности Земли P .

Примечание. В задачах, в которых даны числовые значения, необходимо сначала получить аналитический (буквенный) ответ; и только потом надо использовать численные данные из условия задачи для получения численного ответа.

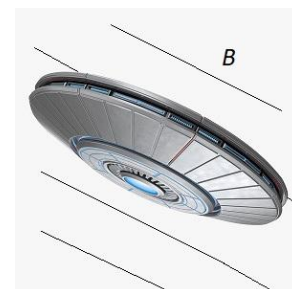
**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных
образовательных организаций (2022 г.)**

Физика. 11 класс

Вариант 2

Задача 1. (20 баллов). Мальчик съехал на санках с горы и въехал на горизонтальную дорогу, покрытую льдом. Коэффициент трения между полозьями санок и льдом μ_1 . Длина полозьев $l = 1$ м. Потом ледяная поверхность резко закончилась и началась снежная дорога. Коэффициент трения между полозьями санок и снегом $\mu_2 = 0.25$. В тот момент, когда расстояние от правого конца полозьев до начала стыка покрытия составляло l , модуль скорости санок составил $v = 2$ м/с. При каком значении коэффициента трения μ_1 санки полностью въедут на снежную дорогу и остановятся.

Задача 2. (20 баллов). С некоторой планеты, населенной разумными существами, запущен космический корабль-летающая тарелка в сторону ближайшей нейтронной звезды. У некоторых нейтронных звезд имеются очень сильные магнитные поля, достигающие $10^{10} - 10^{11}$ Тл. Такие звезды называют магнитарами. Это самые сильные магниты во вселенной. При приближении к звезде включились тормозные двигатели, которые снизили скорость корабля до $v_0 = 10$ км·с⁻¹, после чего двигатели перестали работать, и корабль стал падать на звезду. Какое расстояние пролетит корабль за 2 секунды после выключения двигателей, если вокруг звезды имеется сильное магнитное поле, индукция которого вблизи корабля $B = 10^4$ Тл, причем силовые линии поля параллельны направлению вектора скорости корабля? Расстояние от корабля до центра звезды в момент выключения двигателей $R = 10^6$ км. Масса звезды $M = 2,5 \cdot 10^{27}$ тонн, масса корабля $m = 1$ тонна, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹, гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³·с⁻²·кг⁻¹. Корпус корабля металлический. Для простоты считайте, что корпус имеет форму диска толщиной $h = 2$ м и радиусом 10 м. Ориентацию его относительно силовых линий выберете, как вам удобно, или как показано на рисунке.



Задача 3. (20 баллов). В теплоизолированном сосуде, закрытом теплоизолированным поршнем, находятся насыщенный водяной пар и вода при температуре T кельвинов (масса воды много меньше массы пара). Поршень сместили, в результате объем системы увеличился, температура пара уменьшилась на $|\Delta T|$, причем $|\Delta T| \ll T$, и часть пара сконденсировалась. Найти отношение массы сконденсированного пара к его массе в исходном состоянии. Удельная теплота испарения при температуре T равна λ Дж/кг, пар можно считать идеальным газом с молярной теплоемкостью при постоянном объеме равной C_V Дж/(моль·К). Теплоемкостью воды пренебречь. Также известно, что малые относительные изменения температуры $\Delta T/T$ связаны с относительными изменениями давления насыщенного пара $\Delta p/p$ соотношением $\Delta p/p = k \Delta T/T$, где k – положительная константа. Молярная масса воды μ кг/моль.

Задача 4. (20 баллов). В океанологии при исследовании солевых и температурных стратификаций Мирового океана используется понятие «частоты плавучести» - частоты колебаний элемента жидкости, смещенного по вертикали из положения равновесия. Найти «частоту плавучести» N маленького шарика, находящегося в поверхностном слое жидкости с линейно возрастающей с увеличением глубины плотностью. Толщина слоя L , разность плотностей на его границах $\Delta \rho$, плотность на поверхности жидкости равна ρ_0 . Известно, что шарик находится в равновесии на глубине h .

Задача 5. (20 баллов). Группа специального назначения захватила секретную лабораторию, в которой был обнаружен прототип дрона, имеющего форму диска, нижняя поверхность которого нагревается до температуры T , а верхняя поддерживается при температуре окружающей среды T_0 ($T_0 < T$). Оцените подъемную силу единицы поверхности такого летательного аппарата вблизи поверхности земли. Атмосферное давление у поверхности Земли P .

**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных
образовательных организаций (2022 г.)
Физика. 11 класс**

Вариант 3

Задача 1. (20 баллов). Мальчик съехал на санках с горы и въехал на горизонтальную дорогу, покрытую льдом. Коэффициент трения между полозьями санок и льдом $\mu_1 = 0.05$. Длина полозьев $l = 1$ м. Потом ледяная поверхность резко закончилась и началась снежная дорога. Коэффициент трения между полозьями санок и снегом $\mu_2 = 0.25$. В тот момент, когда расстояние от правого конца полозьев до начала стыка покрытия составляло l , модуль скорости санок составил v . Найдите эту скорость, если известно, что санки полностью въезжают на снежную дорогу и останавливаются.

Задача 2. (20 баллов). Золотая монета подброшена вертикально вверх так, что плоскость монеты вертикальна. Вблизи верхней точки траектории монета попадает в магнитное поле с индукцией $B=30$ Тл, силовые линии которого горизонтальны и параллельны плоскости монеты. Найдите ускорение монеты в верхней точке. Оцените влияние на него магнитного поля и воздуха. Ускорение свободного падения $g = 9,8155$ м·с⁻², плотность золота $\rho=19,32$ г·см⁻³, плотность воздуха $\rho_{\text{в}}=1,205 \cdot 10^{-3}$ г·см⁻³ электрическая постоянная $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹. Поле однородное.

Задача 3. (20 баллов). В теплоизолированный сосуд, закрытый теплоизолированным поршнем, помещена смесь водяного пара и воды при температуре T кельвинов (масса воды много меньше массы пара). Поршень сместили, в результате объем системы уменьшился, температура пара возросла, а часть воды испарилась. При этом отношение массы испарившейся воды к массе пара в исходном состоянии составляет величину η ($\eta \ll 1$). Найти приращение температуры пара. Удельная теплота испарения при температуре T равна λ Дж/кг, пар можно считать идеальным газом с молярной теплоемкостью при постоянном объеме равной C_V Дж/(моль·К). Теплоемкостью воды пренебречь. Также известно, что малые относительные изменения температуры $\Delta T/T$ связаны с относительными изменениями давления насыщенного пара $\Delta p/p$ соотношением $\Delta p/p = k\Delta T/T$, где k – положительная константа. Молярная масса воды μ кг/моль.

Задача 4. (20 баллов). В океанологии при исследовании солевых и температурных стратификаций Мирового океана используется понятие «частоты плавучести» – частоты колебаний элемента жидкости, смещенного по вертикали из положения равновесия. Известно, что «частота плавучести» маленького шарика, находящегося в слое жидкости с линейно возрастающей с увеличением глубины плотностью, равна N . Толщина слоя L , разность плотностей на его границах $\Delta \rho$. Шарик находится в равновесии на некоторой глубине, где плотность жидкости равна плотности шарика. Найти плотность шарика.

Задача 5. (20 баллов). Группа специального назначения захватила секретную лабораторию, в которой был обнаружен прототип дрона, имеющего форму эллипса площади S и массой m , нижняя поверхность которого нагревается до температуры T , а верхняя поддерживается при температуре окружающей среды T_0 ($T_0 < T$). При какой величине T , дрон сможет взлететь? Атмосферное давление у поверхности Земли P .

Примечание. В задачах, в которых даны числовые значения, необходимо сначала получить аналитический (буквенный) ответ; и только потом надо использовать численные данные из условия задачи для получения численного ответа.

**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных
образовательных организаций (2022 г.)
Физика. 11 класс**

Вариант 4

Задача 1. (20 баллов). Мальчик съехал на санках с горы и въехал на горизонтальную дорогу, покрытую льдом. Коэффициент трения между полозьями санок и льдом $\mu_1 = 0.05$. Длина полозьев l . Потом ледяная поверхность резко закончилась и началась снежная дорога. Коэффициент трения между полозьями санок и снегом $\mu_2 = 0.25$. В тот момент, когда расстояние от правого конца полозьев до начала стыка покрытия составляло l , модуль скорости санок составил $v = 2$ м/с. Найти длину полозьев, чтобы санки могли полностью въехать на снежную дорогу и остановиться.

Задача 2. (20 баллов). Самые сильные созданные на земле магниты создают постоянное магнитное поле с индукцией около 30 – 40 Тл (Для сравнения: магнитное поле у поверхности Земли составляет около $5 \cdot 10^{-5}$ Тл). С каким ускорением будет двигаться тонкая алюминиевая пластинка массой $m = 15$ г, если ее поднимать вверх в магнитном поле силой $F = 0,02$ Н так, что плоскость пластинки вертикальна и параллельна силовым линиям поля? Поле горизонтальное, однородное с индукцией $B = 20$ Тл. Плотность алюминия $\rho = 2,71$ г/см³. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹, ускорение свободного падения $g = 9,8155$ м·с⁻².

Задача 3. (20 баллов). В теплоизолированном сосуде, закрытом теплоизолированным поршнем, находятся насыщенный водяной пар и вода при температуре T кельвинов (масса воды много меньше массы пара). Поршень сместили, в результате объем системы увеличился, температура пара уменьшилась на некоторую величину, и часть пара сконденсировалась, при этом отношение массы сконденсировавшегося пара к его массе в исходном состоянии равно η ($\eta \ll 1$). Найти, насколько уменьшилась температура. Удельная теплота испарения при температуре T равна λ Дж/кг, пар можно считать идеальным газом с молярной теплоемкостью при постоянном объеме равной C_V Дж/(моль·К). Теплоемкостью воды пренебречь. Также известно, что малые относительные изменения температуры $\Delta T/T$ связаны с относительными изменениями давления насыщенного пара $\Delta p/p$ соотношением $\Delta p/p = k \Delta T/T$, где k – положительная константа. Молярная масса воды μ кг/моль.

Задача 4. (20 баллов). В океанологии при исследовании солевых и температурных стратификаций Мирового океана используется понятие «частоты плавучести» – частоты колебаний элемента жидкости, смещенного по вертикали из положения равновесия. Известно, что «частота плавучести» маленького шарика, находящегося в слое жидкости с линейно возрастающей с увеличением глубины плотностью, равна N . Толщина слоя L , разность плотностей на его границах $\Delta \rho$, плотность на поверхности жидкости равна ρ_0 . Найти глубину h , на которой шарик будет находиться в равновесии.

Задача 5. (20 баллов). Группа специального назначения захватила секретную лабораторию, в которой был обнаружен прототип дрона, имеющего форму эллипса, нижняя поверхность которого нагревается до температуры T , а верхняя поддерживается при температуре окружающей среды T_0 ($T_0 < T$). Оцените подъемную силу единицы поверхности такого летательного аппарата вблизи поверхности земли. Атмосферное давление у поверхности Земли P .

Примечание. В задачах, в которых даны числовые значения, необходимо сначала получить аналитический (буквенный) ответ; и только потом надо использовать численные данные из условия задачи для получения численного ответа.