

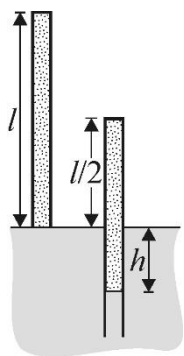
Олимпиада школьников «Ломоносов» по физике 2023/2024 уч. год.
Заключительный этап.

11 класс

Вариант 1.

1.4.1. Задача. Два искусственных спутника движутся в одну сторону вокруг некоторой планеты по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости. Космонавты, находящиеся на спутниках, поддерживают связь с помощью лазерного луча, направленного от одного спутника к другому. Периодически спутники на некоторое время оказываются в «слепых» зонах, когда лазерный луч перекрывается планетой, и связь между спутниками прерывается. Найдите длительность τ пребывания спутников в одной из таких слепых зон, если радиусы орбит спутников $R_1 = 6,4 \cdot 10^4$ км и $R_2 = 10^5$ км, радиус планеты r составляет несколько тысяч километров, а ускорение свободного падения на поверхности планеты $g = 9$ м/с². Преломлением луча в атмосфере планеты и влиянием других небесных тел на движение спутников можно пренебречь.

Указание. Для упрощения расчетов воспользуйтесь приближенной формулой $\arcsin x \approx x$, справедливой при малых значениях аргумента x , выраженного в радианах.



2.5.1. Задача. Стекло́нная трубка длиной $l = 1$ м, герметично закрытая с одного конца, расположена вертикально открытым концом вниз и заполнена смесью воздуха и насыщенного водяного пара. Трубку медленно погружают в воду на половину ее длины. При этом поверхность воды в трубке оказывается на глубине $h = 0,45$ м. Считая температуру газовой смеси в трубке постоянной, найдите давление $p_{\text{нас}}$ насыщенных паров воды при этой температуре. Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, плотность воды $\rho_0 = 10^3$ кг/м³. Поверхностное натяжение воды можно не учитывать. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².

3.10.1. Задача. Два одинаковых металлических заряженных шара радиуса $r = 2$ см находятся на большом расстоянии друг от друга. Один из шаров расположен при этом внутри сферической проводящей заземлённой оболочки радиуса R так, что их центры совпадают. Через небольшое изолированное отверстие в этой оболочке шары соединяют тонкой длинной проволокой. В результате на шарах устанавливаются заряды $q_1 = 6 \cdot 10^{-10}$ Кл, $q_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ Кл. Чему равен радиус оболочки R ?

4.10.1. Задача. На верхней горизонтальной поверхности слоя жидкости расположен непрозрачный экран с маленьким круглым отверстием. На нижней границе слоя помещено плоское зеркало. Каков будет радиус освещенной области на нижней стороне экрана, если сверху отверстие осветить рассеянным светом? Толщина слоя $h = 5$ см, показатель преломления жидкости $n = 1,5$.

5.4.1. Задача. Колебательный контур состоит из последовательно соединённых катушки с индуктивностью $L = 0,3$ Гн, резистора с сопротивлением $R = 1$ Ом и конденсатора с ёмкостью $C = 30$ мкФ. В контуре происходят слабо затухающие колебания – потери энергии за каждый последующий период колебаний много меньше энергии, запасённой в контуре в любой момент времени. В некоторый момент времени, когда сила тока в контуре достигает локального максимального значения, напряжение на конденсаторе равно $U = 2$ В. Какое количество теплоты Q выделится в контуре за последующий период колебаний? Число π принять равным 3,14. Результат выразите в миллиДжоулях, округлив до целых.

Вариант 2.

1.4.2. Задача. Отряд дальней космической разведки проводит исследование неизвестной планеты. Космонавты располагаются на двух космических кораблях, движущихся вокруг планеты по круговым орбитам навстречу друг другу. Связь между кораблями поддерживается с помощью лазерного луча, направленного от одного корабля к другому. Периодически спутники на некоторое время оказываются в «слепых» зонах, когда лазерный луч перекрывается планетой, и связь между спутниками прерывается. Найдите длительность τ пребывания кораблей в одной из таких слепых зон, если орбиты кораблей располагаются в одной плоскости, радиусы орбит $R_1 = 6,4 \cdot 10^4$ км и $R_2 = 10^5$ км, радиус планеты составляет несколько тысяч километров, а ускорение свободного падения на поверхности планеты $g = 9$ м/с². Преломлением луча в атмосфере планеты и влиянием других небесных тел на движение кораблей можно пренебречь.

Указание. Для упрощения расчетов воспользуйтесь приближенной формулой $\arcsin x \approx x$, справедливой при малых значениях аргумента x , выраженного в радианах.

2.5.2. Задача. Стекло́нная трубка длиной $l = 1$ м, герметично закрытая с одного конца, расположена вертикально открытым концом вниз и заполнена смесью воздуха и насыщенного водяного пара. Трубку медленно погружают в воду на половину ее длины. При этом поверхность воды в трубке оказывается на глубине $h = 0,45$ м. Считая температуру газовой смеси в трубке постоянной, найдите атмосферное давление p_0 , если давление насыщенных паров воды при этой температуре $p_{\text{нас}} = 14,5$ кПа. Плотность воды $\rho_0 = 10^3$ кг/м³. Поверхностное натяжение воды можно не учитывать. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².

3.10.2. Задача. Два одинаковых металлических заряженных шара находятся на большом расстоянии друг от друга. Один из шаров расположен при этом внутри сферической проводящей заземлённой оболочки радиуса $R = 3$ см так, что их центры совпадают. Через небольшое изолированное отверстие в этой оболочке шары соединяют тонкой длинной проволокой. В результате на шарах устанавливаются заряды $q_1 = 7,5 \cdot 10^{-10}$ Кл, $q_2 = 2,5 \cdot 10^{-10}$ Кл. Чему равен радиус шаров r ?

4.10.2. Задача. На верхней горизонтальной поверхности слоя жидкости расположен непрозрачный экран с маленьким круглым отверстием. На нижней границе слоя помещено плоское зеркало. Когда сверху отверстие осветили рассеянным светом, на нижней стороне экрана возникла освещенная область радиусом $R = 8$ см. Какова толщина слоя h , если показатель преломления жидкости $n = 1,5$?

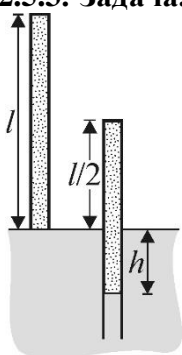
5.4.2. Задача. Колебательный контур состоит из последовательно соединённых катушки с индуктивностью $L = 0,3$ Гн, резистора и конденсатора с ёмкостью $C = 30$ мкФ. В контуре происходят слабо затухающие колебания – потери энергии за каждый последующий период колебаний много меньше энергии, запасённой в контуре в любой момент времени. В некоторый момент времени, когда сила тока в контуре достигает локального максимального значения, напряжение на конденсаторе равно $U = 0,2$ В. Чему равно сопротивление резистора R , если в следующий за данным период колебаний в контуре выделилось количество теплоты $Q = 0,38$ мДж? Число π принять равным 3,14. Результат выразите в Омах, округлив до целых.

Вариант 3.

1.4.3. Задача. Два спутника дальней космической связи движутся в одну сторону вокруг Земли по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости. Для контроля работоспособности установленной на них аппаратуры спутники обмениваются информацией с помощью лазерного луча, направленного от одного спутника к другому. Периодически спутники на некоторое время оказываются в «слепых» зонах, когда лазерный луч перекрывается Землей, и связь между спутниками прерывается. Найдите длительность τ пребывания спутников в одной из таких слепых зон, если радиусы орбит спутников $R_1 = 6,4 \cdot 10^4$ км и $R_2 = 10^5$ км. Радиус Земли r , ее массу M и гравитационную постоянную G примите равными соответственно $r = 6,4 \cdot 10^3$ км, $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг, $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н·м²·кг⁻¹. Преломлением луча в атмосфере Земли, а также влиянием Луны и других небесных тел на движение спутников можно пренебречь.

Указание. Для упрощения расчетов воспользуйтесь приближенной формулой $\arcsin x \approx x$, справедливой при малых значениях аргумента x , выраженного в радианах.

2.5.3. Задача. Стекло́нная трубка, герметично закрытая с одного конца, расположена вертикально открытым концом вниз и заполнена смесью воздуха и насыщенного водяного пара. Трубку медленно погружают в воду на половину ее длины. При этом поверхность воды в трубке оказывается на глубине $h = 0,45$ м. Считая температуру газовой смеси в трубке постоянной, а давление насыщенных паров воды при этой температуре равным $p_{\text{нас}} = 14,5$ кПа, найдите длину трубки l . Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, плотность воды $\rho_0 = 10^3$ кг/м³. Поверхностное натяжение воды можно не учитывать. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².



3.10.3. Задача. Два одинаковых металлических заряженных шара радиусами $r = 2$ см находятся на большом расстоянии друг от друга. Один из шаров расположен при этом внутри сферической проводящей заземлённой оболочки радиуса $R = 3$ см так, что их центры совпадают. Через небольшое изолированное отверстие в этой оболочке эти шары соединяют тонкой длинной проволокой. В результате на шаре, расположенном внутри оболочки, устанавливается заряд $q_1 = 6 \cdot 10^{-10}$ Кл. Каким оказался при этом заряд q_2 другого шара?

4.10.3. Задача. На верхней горизонтальной поверхности слоя жидкости расположен непрозрачный экран с маленьким круглым отверстием. На нижней границе слоя помещено плоское зеркало. Когда сверху отверстие осветили рассеянным светом, на нижней стороне экрана возникла освещенная область радиусом $R = 8$ см. Каков показатель преломления жидкости n , если толщина слоя $h = 4$ см?

5.4.3. Задача. Колебательный контур состоит из последовательно соединённых катушки индуктивности, резистора с сопротивлением $R = 0,4$ Ом и конденсатора с ёмкостью $C = 40$ мкФ. В контуре происходят слабо затухающие колебания – потери энергии за каждый последующий период колебаний много меньше энергии, запасённой в контуре в любой момент времени. В некоторый момент времени, когда сила тока в контуре достигает локального максимального значения, напряжение на конденсаторе равно $U = 1$ В. Чему равно индуктивность катушки L , если в следующий за данным период колебаний в контуре выделилось количество теплоты $Q = 31,4$ мДж? Результат выразите в Генри, округлив до десятых долей.