Задания заключительного этапа Олимпиады школьников СПбГУ по физике 2023-2024 гг.

Участникам заключительного этапа Олимпиады по физике предлагался один из заранее заготовленных вариантов, состоявший из 5 задач. Каждая задача составлялась в нескольких вариациях. При проверке работ проверялась корректность ход решения задачи и итогового ответа. Часть задач предлагались к решению участникам разных классов. Ниже в обозначениях задач указывается, участникам из каких классов они предназначались

Структура разбиения тем задач по вариантам для разных классов:

8.1 – равномерное движение, путь, перемещение, работа с графиком

8.2 – теплоемкости, теплота сгорания топлива, изменение температуры кипения с высотой

8-9.1 – статические блоки

8-9.2– сила Архимеда, закон Гука

8-9.3 – давление жидкости, сообщающиеся сосуды, гидростатика.

9-10.1 – Искусственные спутники

9-10.2 – Равноускоренное движение

10-11.1 – Электрические цепи с нелинейными элементами

10-11.2 – Статика

10-11.3 – Гидродинамика

11.1 – Диффузия

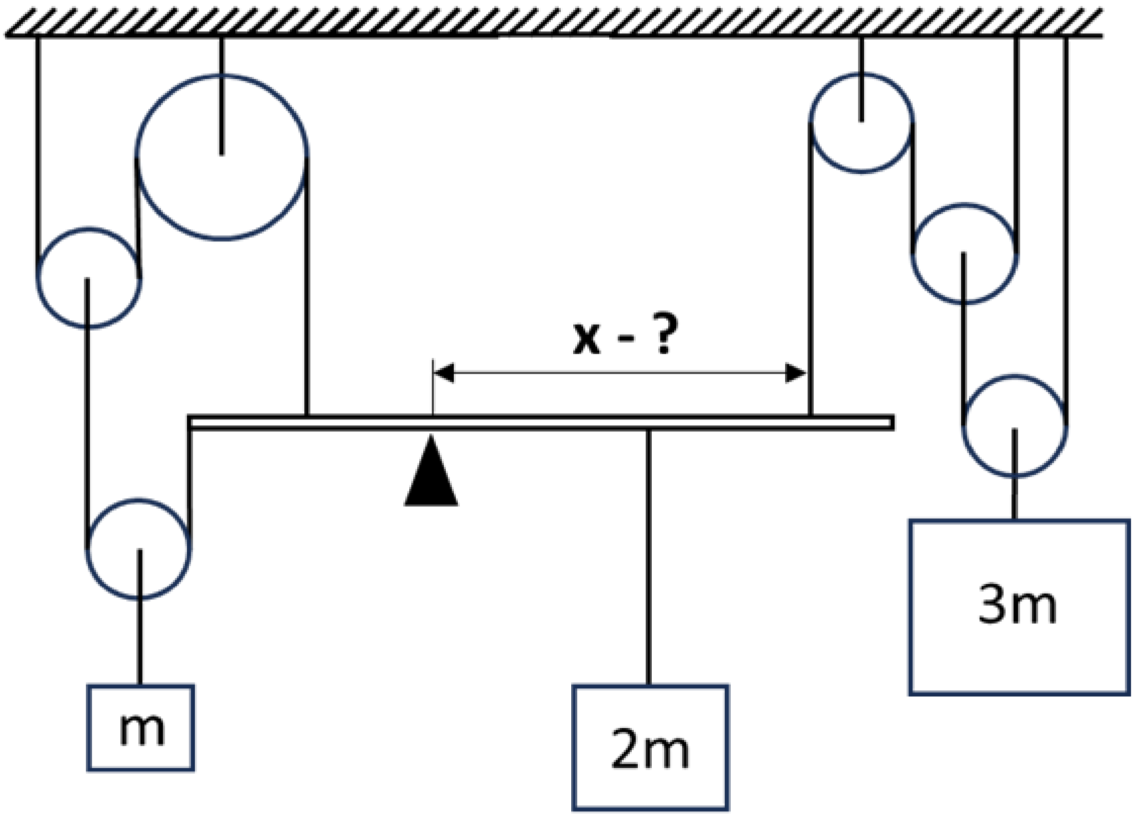
11.2 – Магнитная индукция

Задача 9.1

Вариант 1

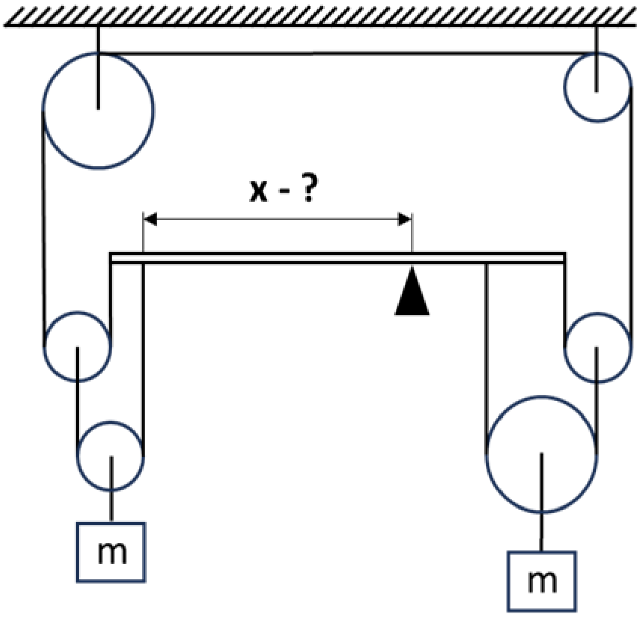
Невесомая балка находится в равновесии и делится точкой опоры в отношении 2:3. К левой короткой части балки через систему блоков с подвешенным грузом массой m прикреплены две нити, одна к самому краю, другая к середине этой части балки. К правой части на некотором расстоянии **x** от точки опоры через систему блоков прикреплена другая нить. К середине длинной части подвешен груз массой 2m. В правой системе блоков подвешен груз массой 3m.

Какую часть от всей длины балки составляет расстояние x от точки опоры до нити в правой части системы. Все блоки, нити и пружину считать невесомыми, трение в системе отсутствует.



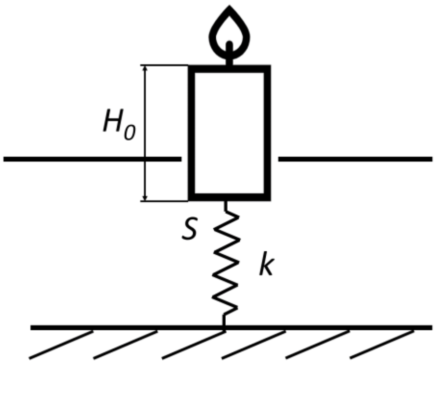
Вариант 2

Невесомая балка находится в равновесии и делится точкой опоры в отношении 3:2. К левой длинной части балки через систему блоков с подвешенным грузом массой m прикреплены две нити, одна к самому краю, другая на расстоянии **x** от точки опоры. К правой части через систему блоков тоже прикреплены две нити: одна к середине этой части балки, другая к правому краю. К одному из блоков в правой части за пружину подвешен груз массой m. Определите, какую часть от всей длины балки составляет расстояние x от точки опоры до нити в левой части системы. Все блоки, нити и пружину считать невесомыми, трение в системе отсутствует.



Задача 9.2

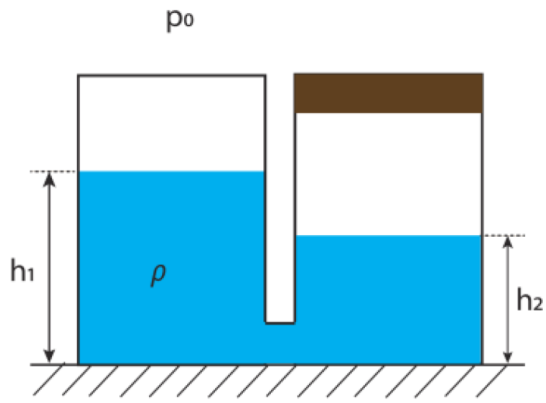
Парафиновая цилиндрическая свечка высотой $\boldsymbol{H_0}$ и площадью основания $\boldsymbol{S}$ плавает в бассейне. Свечка прикреплена к полу бассейна пружинкой с жесткостью $\boldsymbol{k}$ (см. рисунок), пружина растянута. Свечку поджигают. Пока горит фитиль, парафин медленно испаряется, форма свечки при этом остается цилиндрической, ее высота уменьшается со скоростью $\boldsymbol{c}$. Определите, как и с какой скоростью будет изменяться растяжение пружинки.



Задача 9.3

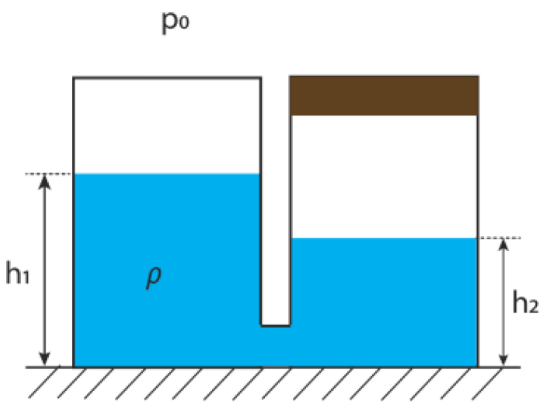
Вариант 1

В закрытой комнате, где атмосферное давление составляет p_0 = 100 кПа находятся два пустых одинаковых сосуда высотой H = 70 см и площадью основания S = 150 см^2. Сосуды соединены тонкой трубкой, расположенной у дна, и один из сосудов закрыт тонкой пробкой. Необходимо определить объем жидкости с плотностью ρ = 930 кг/м^3, который нужно влить в открытый сосуд (при этом жидкость не переливается через край), чтобы пробка вылетела. Максимальная величина силы трения покоя, действующей на пробку, равна F = 45 Н. Поскольку температура в помещении постоянна, то для воздуха в замкнутом объеме произведение давления и объема остается неизменным: pV = const. Объём цилиндра можно рассчитать по формуле: V = Sh, где S – площадь основания, h – высота цилиндра. Массой пробки, её размером и размером соединительной трубки можно пренебречь. Ускорение свободного падения принять за 10 м/с^2.



Вариант 2

В закрытой комнате, где атмосферное давление составляет p_0 = 100 кПа находятся два одинаковых сосуда высотой H = 100 см и площадью основания S = 100 см^2. Сосуды соединены тонкой трубкой, расположенной у дна. Оба сосуда заполнили на четверть водой плотностью ρ = 1000 кг/м^3, после чего один из сосудов плотно закрыли тонкой пробкой. Необходимо определить объём воды, который нужно влить в открытый сосуд (при этом жидкость не переливается через край), чтобы пробка вылетела. Максимальная величина силы трения покоя, действующей на пробку, равна F = 20 Н. Поскольку температура в помещении постоянна, то для воздуха в замкнутом объеме произведение давления и объема остается неизменным: pV = const. Объём цилиндра можно рассчитать по формуле: V = Sh, где S – площадь основания, h – высота цилиндра. Массой пробки, её размером и размером соединительной трубки можно пренебречь. Ускорение свободного падения принять за 10 м/с^2.



Задача 9.1

Вариант 1

Космический зонд массой m движется вокруг планеты X по перпендикулярной экваториальной плоскости круговой орбите радиуса R со скоростью v. Период обращения планеты вокруг своей оси равен T, причем $T \gg 2\pi R/v$. Когда зонд пролетал над северным полюсом, его орбита проходила точно над кратером, расположенном на экваторе, при этом зонд приближался к кратеру. В этот момент зонд совершил корректирующий маневр, выбросив струю газа со скоростью u относительно зонда в направлении, перпендикулярном плоскости первоначальной орбиты, и в итоге пролетел точно на кратером. Найдите массу топлива, которую выбросил зонд в ходе маневра. Выброс считайте мгновенным, а массу топлива малой по сравнению с массой зонда.

Примечание: для малых углов α можно считать $\sin(\alpha) \simeq \alpha$, $\cos(\alpha) \simeq 1$.

Вариант 2

Космический зонд массой m движется по круговой орбите со скоростью v вокруг планеты X, период обращения которой вокруг собственной оси равен T. Длина орбиты равна L. В момент, когда зонд пролетал над северным полюсом планеты, его скорость была направлена по касательной к окружности, проходящей при первом пересечении экватора над кратером Y. В этот момент зонд совершает корректирующий маневр, выбрасывая струю газа со скоростью u относительно зонда. В результате маневра модуль скорости зонда и высота орбиты не изменились. Считая выброс мгновенным, определите массу выброшенного топлива, если известно, что, достигнув экватора, зонд пролетел точно над кратером.

Задача 9.2

На горизонтальной поверхности закреплены два гладких параллельных бортика, расстояние между ними равно L. Посередине между ними на расстоянии H друг от друга расположены шайба (Ш) и лунка (Л). По шайбе ударяют, сообщая ей скорость v_0 в направлении к одному из бортов под углом α. Определите минимальное значение угла α, при котором шайба попадет в лунку. Размерами шайбы и лунки можно пренебречь. Шайба отскакивает от бортиков абсолютно упруго. Коэффициент трения шайбы о горизонтальную поверхность равен μ.