

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

Участникам заключительного этапа Олимпиады по физике предлагался один из заранее подготовленных 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

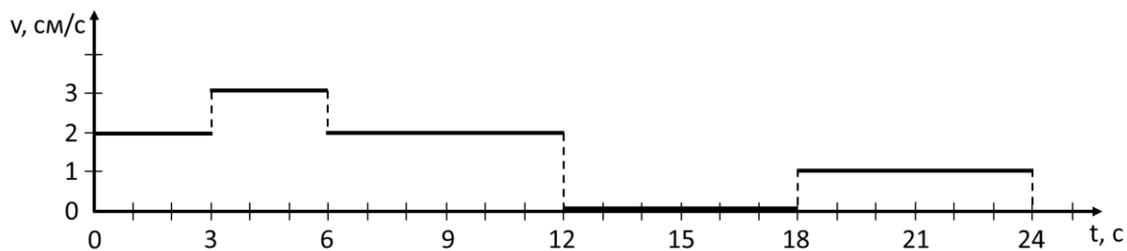
11.1 – Диффузия

11.2 – Магнитная индукция

Задача 8.1

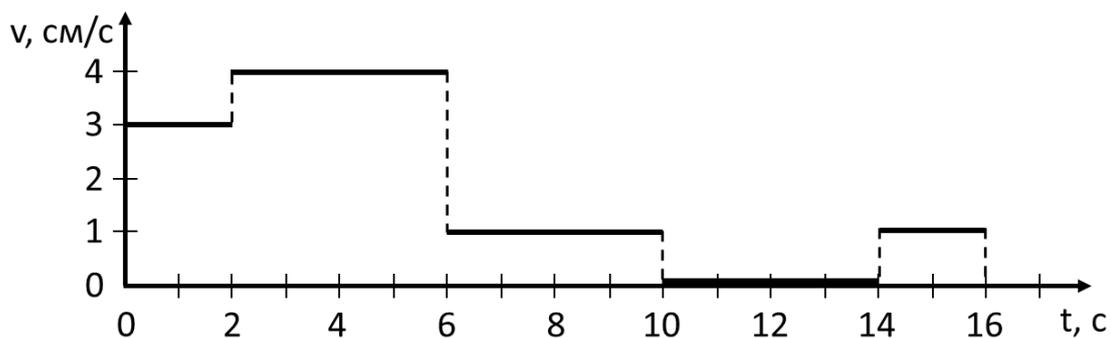
Вариант 1

Жук приземлился на ровную горизонтальную поверхность и стал по ней ползать, каждые 3 секунды совершая поворот на 90 градусов по часовой стрелке. Зависимость модуля скорости жука от времени с момента приземления представлена на графике. Считая, что жук поворачивается мгновенно, определите его перемещение спустя 24 секунды после приземления.



Вариант 2

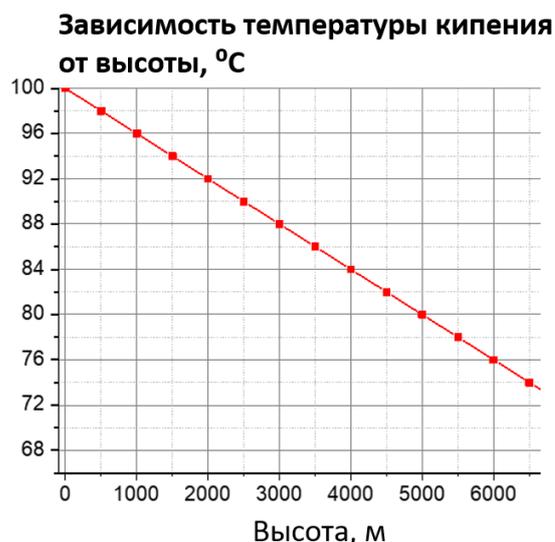
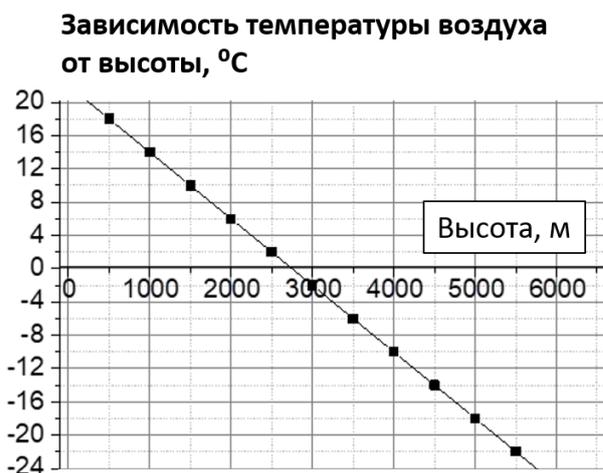
Жук приземлился на ровную горизонтальную поверхность и стал по ней ползать, каждые 2 секунды совершая поворот на 90 градусов по часовой стрелке. Зависимость модуля скорости жука от времени с момента приземления представлена на графике. Считая, что жук поворачивается мгновенно, определите его перемещение спустя 16 секунд после приземления.



Задача 8.2

Вариант 1

Группа туристов поднимаются на гору по туристическому маршруту, вдоль которого в нижней части маршрута каждые 500 м подъема расположены пункты отдыха с цистернами с водой, а выше – с наколотым льдом. Туристы останавливаются на привал у каждого из таких пунктов, разводят костер, используя взятый с собой древесный уголь, и кипятят в открытом котелке 1.5 л воды. Используя приведенные ниже графики зависимости температуры воздуха и температуры кипения воды от высоты, рассчитайте массу оставшегося у туристов топлива после привала на высоте 5000 м. Всего с собой в поход они взяли 25 кг древесного угля, первый привал был на высоте 500 м, температура воды и льда в цистернах в пунктах отдыха равны температуре воздуха на данной высоте, КПД нагревания воды на костре равен 1%. Ответ приведите в килограммах, округлив до десятых. Удельная теплота сгорания древесного угля 34 МДж/кг, теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°C), теплоёмкость льда 2100 Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг, плотность воды 1000 кг/м³

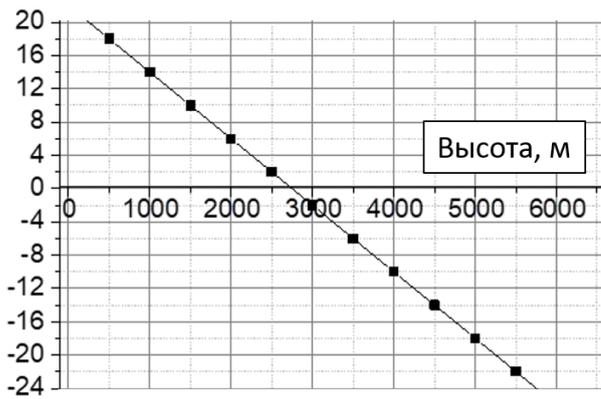


Вариант 2

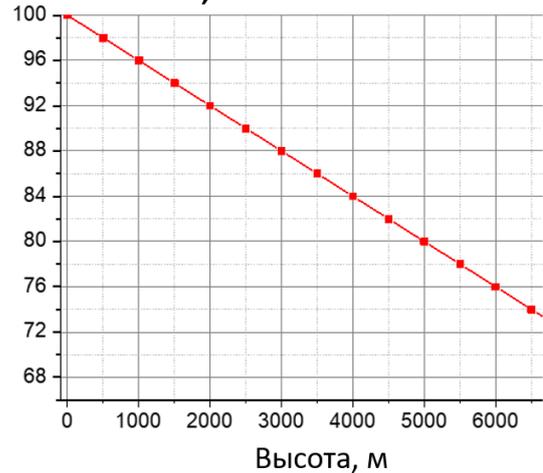
Группа туристов планирует подъем на гору на высоту 4500 м, на которой расположена альпинистская база. До базы проложен туристический маршрут, вдоль которого в нижней части каждые 500 м подъема расположены пункты отдыха с цистернами с водой, а выше – с наколотым льдом. Туристы хотят останавливаться на привал у каждого из таких пунктов, разводить костер, используя взятый с собой древесный уголь, и кипятить в открытом котелке 1.5 л воды. Используя приведенные ниже графики зависимости температуры воздуха и температуры кипения воды от высоты, рассчитайте массу топлива, которая потребуется туристам для достижения альпинистской базы согласно плану. Температура воды и льда в цистернах в пунктах отдыха равны температуре воздуха на данной высоте, КПД нагревания воды на костре равен 1%, первый привал планируется на высоте 500 м. Ответ приведите в килограммах, округлив до десятых.

Удельная теплота сгорания древесного угля 34 МДж/кг, теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°C), теплоёмкость льда 2100 Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг, плотность воды 1000 кг/м³

Зависимость температуры воздуха от высоты, °C



Зависимость температуры кипения от высоты, °C

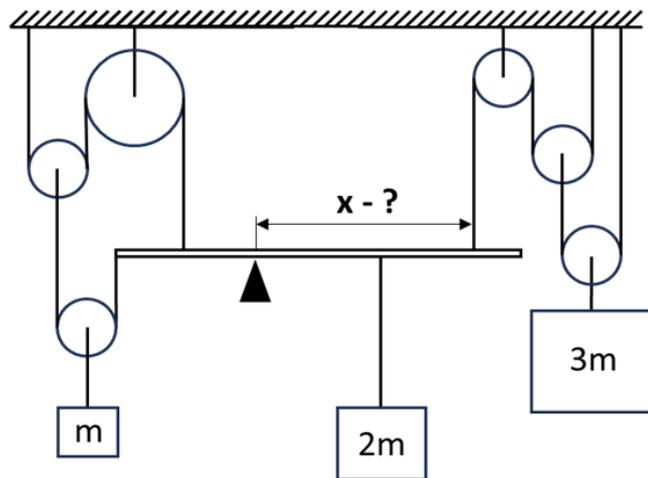


Задача 8-9.1

Вариант 1

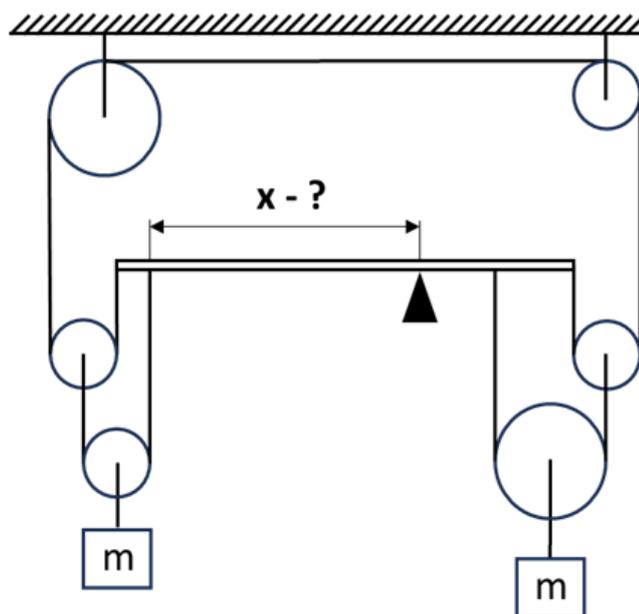
Невесомая балка находится в равновесии и делится точкой опоры в отношении 2:3. К левой короткой части балки через систему блоков с подвешенным грузом массой m прикреплены две нити, одна к самому краю, другая к середине этой части балки. К правой части на некотором расстоянии x от точки опоры через систему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



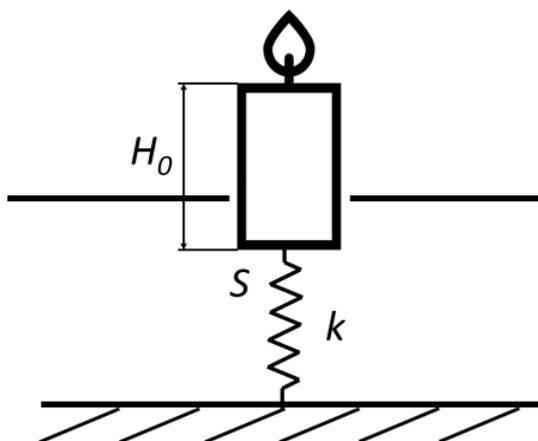
Вариант 2

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 8-9.2

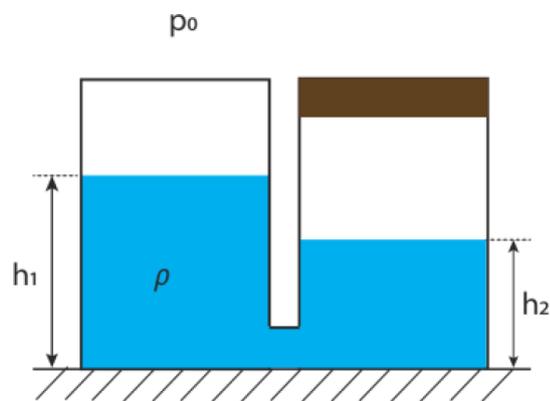
Парафиновая цилиндрическая свечка высотой H_0 и площадью основания S плавает в бассейне. Свечка прикреплена к полу бассейна пружинкой с жесткостью k (см. рисунок), пружина растянута. Свечку поджигают. Пока горит фитиль, парафин медленно испаряется, форма свечки при этом остается цилиндрической, ее высота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



Задача 8-9.3

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 $S = 150$ см². Сосуды соединены тонкой трубкой, расположенной у дна, и один из сосудов закрыт тонкой пробкой. Необходимо определить объем жидкости с плотностью $\rho = 930$ кг/м³, 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: $pV = \text{const}$. Объем 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/с².



Вариант 2

В закрытой комнате, где атмосферное давление составляет $p_0 = 100$ кПа находятся два одинаковых сосуда высотой $H = 100$ см и площадью основания $S = 100$ см². Сосуды соединены тонкой трубкой, расположенной у дна. Оба сосуда заполнили на четверть водой плотностью $\rho = 1000$ кг/м³, после чего один из сосудов плотно закрыли тонкой пробкой. Необходимо определить объем 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: $pV = \text{const}$. Объем 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/с².

