



Республиканская физическая олимпиада 2021 год (Заключительный этап)

Теоретический тур

9 класс.

1. Полный комплект состоит из трех заданий.
2. Для вашего удобства вопросы, на которые Вам необходимо ответить, помещены в рамки.
3. При оформлении работы каждое задание начинайте с новой страницы. При недостатке бумаги обращайтесь к организаторам!
3. Подписывать рабочие листы запрещается.
4. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.
5. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач, обращайтесь к организаторам олимпиады.

Постарайтесь внимательно прочитать условия задач!

Может, вам покажется, что условия задач слишком длинные. Но мы сочинили их такими, чтобы Вам было легче решать. Поверьте, иногда решения короче таких условий! Не теряйте присутствия духа, смело беритесь за решение каждой задачи. Помните, оцениваются не только полные решения, но и их отдельные части и даже отдельные здравые мысли.

Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Пакет заданий содержит:

- титульный лист (стр. 1);
- условия 3 теоретических задач (стр. 2-6).

Задание 1. Разминка

Задача 1.1

В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения S находится вода. В сосуд опускают небольшой алюминиевый цилиндр объема V . При этом уровень воды в сосуде оказывается равным h_0 . Удельные теплоемкости воды и алюминия равны c_1, c_2 , а их плотности - ρ_1, ρ_2 , соответственно. Удельная теплота испарения воды L , удельная теплота плавления льда λ , плотность льда ρ_3 .

Теплоемкостью сосуда можно пренебречь, также можно пренебречь потерями теплоты в окружающую среду.

1.1.1 Пусть температура начальная воды равна $t_0 = 100^\circ\text{C}$, а начальная температуры цилиндра $t_1 = 120^\circ\text{C}$. До установления теплового равновесия вода полностью не выкипает, цилиндр все время остается погруженным в воду. Найдите, на сколько изменится уровень воды в сосуде Δh_1 после установления теплового равновесия.

1.1.2 Пусть температура воды равна $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$, а начальная температуры цилиндра $t_1 = -20^\circ\text{C}$. До установления теплового равновесия вода полностью не замерзает, цилиндр все время остается погруженным в воду. Найдите, на сколько изменится уровень воды в сосуде Δh_2 после установления теплового равновесия.

1.1.3 Оцените численное значение отношение изменения высот $\frac{\Delta h_2}{\Delta h_1}$, если $\frac{L}{\lambda} \approx 7$, а $\frac{\rho_3}{\rho_1} \approx 0,9$.

Задача 1.2

Угловой размер Солнца видимого с Земли (угол под которым виден солнечный диск на земном небе) равен $\varphi \approx 32'$.

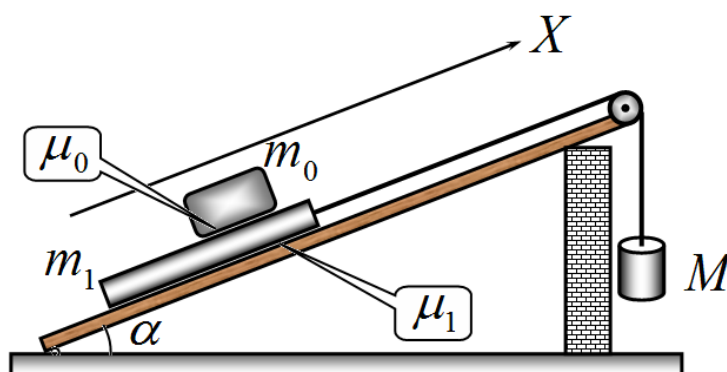
1.2.1 Рассчитайте, на какую высоту h надо поднять непрозрачный шар диаметра $d = 1,0$ м, чтобы солнечная тень от него на поверхности земли стала не видна.

1.2.2 На высоте h , найденной в п. 1.2.1 горизонтально расположили большой непрозрачный плоский экран, в котором проделано круглое отверстие диаметра $d = 1,0$ м. Найдите, чему будет равен диаметр солнечного «зайчика» от этого отверстия на поверхности Земли.

Задача 2. Наклонная плоскость

Для подъема грузов широко используется такой простой механизм, как наклонная плоскость.

Для его описания воспользуемся следующей моделью. Ящик массы $m_0 = 20$ кг (груз, который необходимо поднять) помещают на поддон массы $m_1 = 5,0$ кг, который размещают на наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. К поддону привязана прочная нерастяжимая веревка, которая переброшена через блок, закрепленный в верхней части наклонной плоскости. Ко второму свободно свисающему концу веревки прикреплен груз массы M , которую можно изменять. Массы веревки и блока пренебрежимо малы, трения в оси блока нет. Коэффициент трения груза о поддон равен $\mu_0 = 0,65$, коэффициент трения поддона о наклонную плоскость равен $\mu_1 = 0,20$. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10 \frac{м}{с^2}$.



В зависимости от массы подвешенного груза M возможны различные варианты движения ящика и поддона (движутся вверх, или вниз по наклонной плоскости, ящик скользит или не скользит по поддону и т.д.).

Вам необходимо рассмотреть все возможные варианты таких движений.

Примем, что ось X направлена вверх параллельно наклонной плоскости.

1. Рассмотрите все возможные режимы движения поддона и ящика. Для каждого режима укажите, при каких значениях массы повешенного груза будет реализовываться рассматриваемый режим движения (получите формулы и затем рассчитайте соответствующие значения масс M). Получите формулы для ускорений ящика a_0 и поддона a_1 в каждом из рассмотренных режимов движения.
2. Постройте на одном бланке графики зависимостей проекций на ось X ускорений груза a_0 и поддона a_1 от массы подвешенного груза M .
3. Укажите, при каком значении массы подвешенного груза M наиболее рационально использовать данное устройство для подъема груза. Свой выбор кратко обоснуйте.
4. Укажите, при каком значении массы подвешенного груза M , КПД наклонной плоскости будет максимальным. Чему равен этот максимальный КПД? Кратко сформулируйте причины, по которым этот КПД оказывается меньше единицы.

Примечание. Под КПД наклонной плоскости понимается отношение изменение потенциальной энергии поднимаемого ящика m_0 (работа полезная), к работе, совершенной при опускании подвешенного груза M (работа совершенная).

Задача 3. Систематические погрешности электрических схем

При проведении измерений вольтамперных характеристик (ВАХ – зависимость силы тока через исследуемый элемент от напряжения на нем) используют различные электрические цепи. Одной из самых популярных схем является схема, показанная на рис. 1.

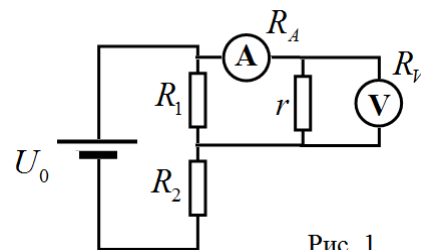


Рис. 1

При расчетах таких цепей часто используют различные приближения (считают, что сопротивление амперметра равно нулю, сопротивление вольтметра бесконечно большим и т.д.).

Такие приближения вносят систематические погрешности в проводимые расчеты и анализ полученных экспериментальных результатов.

В данной задаче вам необходимо построить разумные оценки погрешностей, вносимых тем обстоятельством, что приборы являются не идеальными.

При расчетах рекомендуем использовать приближенную формулу, справедливую при малых x :

$$\frac{1}{1+x} \approx 1-x. \quad (1)$$

Часть 1. Погрешность делителя напряжения.

На рис. 2а показана схема делителя напряжения на двух резисторах, сопротивления которых равны R_1, R_2 . Изменяя сопротивления этих резисторов, можно изменять напряжение U_1 на резисторе R_1 . При подключении к этому резистору исследуемой схемы с общим сопротивлением r (Рис. 2б), напряжение на резисторе R_1 изменяется и принимает некоторое значение \tilde{U}_1 . Однако, в некоторых случаях различием между U_1 и \tilde{U}_1 пренебрегают.

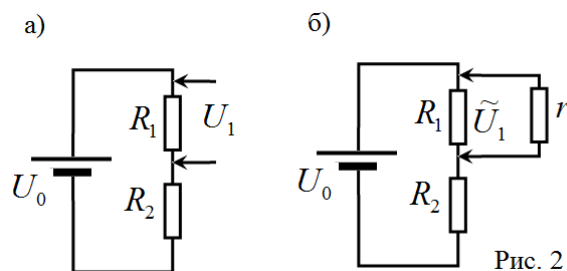


Рис. 2

1.1 Рассчитайте значения напряжений U_1 и \tilde{U}_1 .

1.2 Рассчитайте, при каком значении сопротивления исследуемой цепи r относительное изменение напряжения $\varepsilon_V = \left| \frac{U_1 - \tilde{U}_1}{U_1} \right|$ не превышает 1%. Получите формулу в общем виде и проведите численный расчет при $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$.

Часть 2. Погрешность, вносимая амперметром

В цепи, показанной на рис. 3а, обозначим силу тока в цепи I . При подключении амперметра сила тока в цепи изменяется и становится равной \tilde{I} .

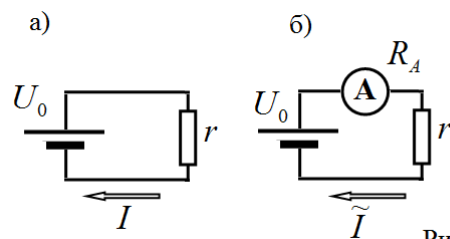


Рис. 3

2.1 Рассчитайте, при каком значении сопротивления амперметра R_A относительное изменение силы тока в цепи $\varepsilon_A = \left| \frac{I - \tilde{I}}{I} \right|$ не превышает 1%. Получите формулу в общем виде и проведите численный расчет при $r = 10 \text{ Ом}$.

Часть 3. Погрешность, вносимая вольтметром.

Для измерения напряжения используется схема, показанная на рис. 4б. При отсутствии вольтметра напряжение на резисторе R_1 равно U_1 , при подключении вольтметра с сопротивлением R_V , напряжение на этом резисторе становится равным \tilde{U}_1 .

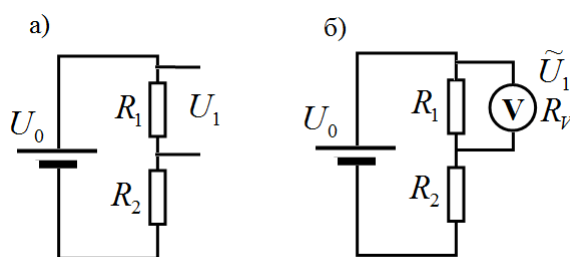


Рис. 4

3.1 Рассчитайте, при каком значении сопротивления исследуемой цепи r относительное изменение напряжения $\varepsilon_V = \left| \frac{U_1 - \tilde{U}_1}{U_1} \right|$ не превышает 1%. Получите формулу в общем виде и проведите численный расчет при $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$.

Часть 4. Корректировка измеренной ВАХ

С помощью схемы, приведенной на рис. 1, проведено измерение зависимости силы тока, которое показывает амперметр \tilde{I} , от показаний вольтметра \tilde{U} для некоторого нелинейного элемента r (его сопротивление не постоянно, а изменяется при изменении напряжения). Сопротивление вольтметра $R_V = 2,0 \text{ кОм}$, сопротивление амперметра $R_A = 2,0 \text{ Ом}$.

На отдельном бланке (на следующей странице) приведен график измеренной зависимости. Для вашего удобства в Таблице 1 приведены численные значения этих величин, по которым построен график.

4.1 На этом же бланке постройте скорректированный график ВАХ исследуемого элемента (зависимость силы тока через этот элемент I от напряжения на этом элементе U).

На этом же листе приведите расчетные формулы, по которым Вы провели корректировку графика, необходимые расчеты можете провести в свободных графах Таблицы 1.

Не забудьте сдать этот Бланк!

Бланк к задаче 3 (Часть 4)

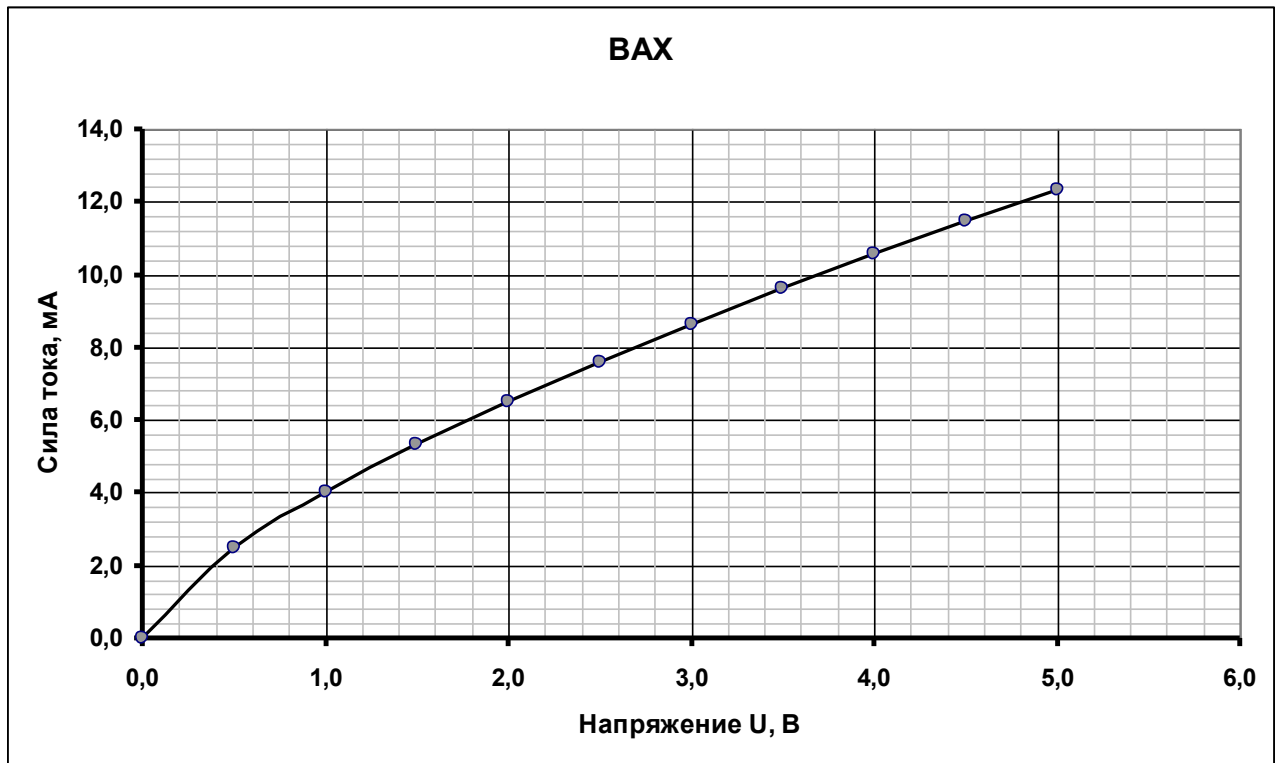


Таблица 1.

| \tilde{U} , В | \tilde{I} , мА | | | | |
|-----------------|------------------|--|--|--|--|
| 0,00 | 0,00 | | | | |
| 0,50 | 2,46 | | | | |
| 1,00 | 4,00 | | | | |
| 1,50 | 5,31 | | | | |
| 2,00 | 6,50 | | | | |
| 2,50 | 7,60 | | | | |
| 3,00 | 8,63 | | | | |
| 3,50 | 9,61 | | | | |
| 4,00 | 10,56 | | | | |
| 4,50 | 11,46 | | | | |
| 5,00 | 12,34 | | | | |

Расчетные формулы: