# Решения задач
# III этапа Всеукраинской ученической олимпиады по физике
# 2014/2015 учебного года
# Харьковская область
# 9 класс
# (каждая задача – 5 баллов)

1. Норма, Магда и Элеонора зашли к Аде на чашечку чая, где и расположились в равновесии на системе блоков, как показано на рисунке 1. Чему равны массы гостей $m_1$, $m_2$ и $m_3$, если масса хозяйки, висящей справа, равна M, массы всех нижних блоков одинаковы и равны $m_D$, всех верхних $m_U$? Массой троса и трением в блоках можно пренебречь.

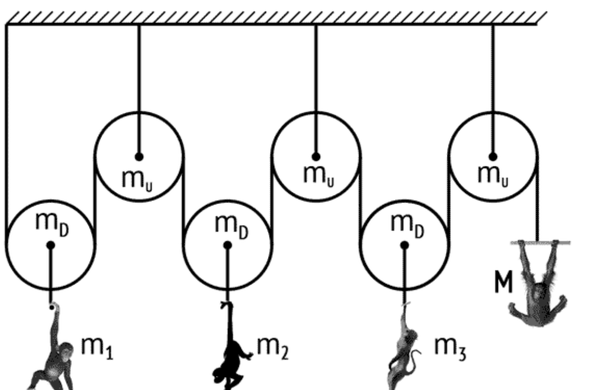


Рисунок 1

**Решение**

Если массой троса можно пренебречь, то сила натяжения его одинакова по всей длине и равна

$$T=Mg.$$

Тогда сравнивая силы, действующие на любой из нижних блоков, получим

$$2T=(m_i+m_D)g,$$

откуда

$$m_1=m_2=m_3=2M-M_D.$$

Массы верхних блоков, очевидно, роли не играют.

2. У юного дарования по имени Нам выдался удачный день: ему удалось выпросить у своего дедушки, по совместительству учителем Электричества в Школе, старые, но ценные волшебные приборы – Идеальный Амперметр (ИА) и Идеальный Вольтметр (ИВ).
Схему, изображённую на рисунке 2, он подключил к источнику постоянного напряжения 12 В и обнаружил, что если к клеммам A и B подключить ИА, то тот покажет, что от A к B течёт ток 1 А; если же к этим же клеммам подключить ИВ, то он покажет напряжение 4 В. Чему равны используемые в схеме сопротивления $R_1$ и $R_2$?

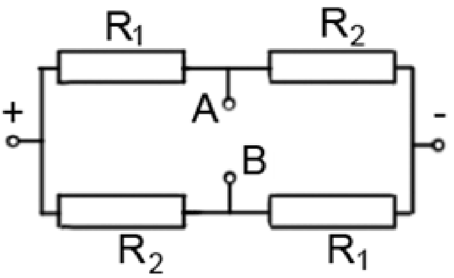
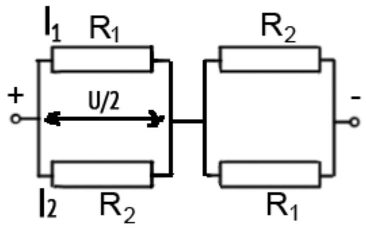


Рисунок 2

**Решение**

Подключённый ИА показывает разность токов, текущих в цепи на рисунке через оба верхних или оба нижних сопротивления при условии, когда клеммы A и B закорочены (Раз ток течёт от A к B, то $R_1<R_2$, и значит $I_1>I_2$):




$$I_{IA}=I_1-I_2=U/2R_1-U/2R_2.$$

Подключённый ИВ показывает разность потенциалов между клеммами A и B в исходной цепи:

$$U_{IV}=UR_2/(R_1+R_2)-UR_1/(R_1+R_2).$$

Решая систему, получим

$$R_1=\frac{r}{x+1},\;\; R_2=\frac{r}{x-1},\;\; r=\frac{U}{I_{IA}},\;\; x=\frac{U}{U_{IV}}.$$

В числах r=12 Ом, x=3, так что $R_1$=3 Ом, $R_2$=6 Ом.

3. Как-то раз Нам нашёл в сундуке у (другого) дедушки звезду правильной формы, составленную из одинаковых металлических стерженьков (см. рисунок 3), и решил, что она как раз подходит для очередной серии экспериментов с электрическим током. Как относится сопротивление звезды, подключённой к сети противоположными вершинами A и C, и подключённой соседними вершинами A и B, к сопротивлению одного ребра AN? Влетит ли экспериментатору в этот день от дедушки, если из предыдущих экспериментов ему известно, что для выбивания пробок как раз хватает подключения в сеть стерженька из того же материала, но в два раза толще и в пять раз длиннее, чем стержень AN?

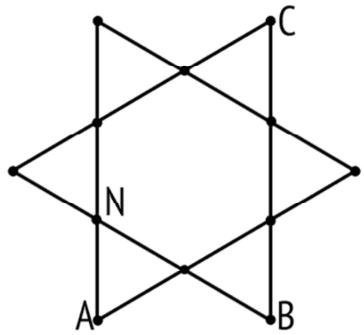
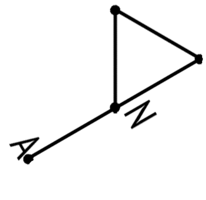


Рисунок 3

**Решение**

Между противоположными вершинами: разъединяя точки с одинаковым потенциалом, получаем, что вся цепь состоит из двух половин, подключённых параллельно, и каждая состоит из двух таких одинаковых кусков, подключённых последовательно




$$R_{AC}=r(1+2/3)=5/3\ r.$$

Между соседними вершинами: так же соединяя точки с равным потенциалом, получаем цепь с последовательными и параллельными сопротивлениями. Её сопротивление

$$R_{AB}=11/9\ r.$$

Сопротивление выбивающего пробки стержня 5/4 r, что меньше $R_{AC}$, но больше $R_{AB}$, следовательно при втором подключении пробки выбьет и будет нехорошо.

4. Небольшой неопознанный летающий предмет влетел в одну из двух одинаковых ледяных чаш рычажных весов, вследствие чего часть её расплавилась и стекла. Оцените, какая должна была быть скорость предмета, чтобы после происшествия оказалось, что положение равновесия весов не изменилось, если все температуры равны, а удельная теплота плавления льда $3.3*10^5$ Дж/кг? Вычислите эту скорость в минимальных предположениях, если начальные температуры, массы и теплоёмкости чаши и предмета, температура и удельная теплота плавления известны. Какие ещё эффекты не были учтены, но могут существенно влиять на точность оценки?

**Решение**

1) Равновесие означает, что масса расплавившегося льда равна массе предмета.
2) При самом грубом и простом предположении, что вся кинетическая энергия предмета ушла на плавление, получаем $\mathrm{v}=\sqrt{2\lambda}$ или в числах около 800 м/с.
3) Приведённых величин достаточно, чтобы решить задачу на тепловой баланс: кинетическая плюс тепловая энергия предмета идёт на нагрев всей чаши, расплав ее части а какая-то неизвестная часть Q теряется в окружающую среду:

$$\frac{m\mathrm{v}^2}{2}+mc_1\left(T_1-T_0\right)=Mc_2\left(T_0-T_2\right)+m\lambda+Q,$$

откуда несложно выразить начальную скорость (если положить Q=0).

4) На самом деле энергия предмета может в значительной мере пойти на разрушение части чаши, также чаша может нагреваться сильно неравномерно. Оба эффекта сложно учесть. Также можно допустить, что плотность окружающей среды сравнима с другими характерными плотностями, тогда равновесие весов нужно считать с учётом силы Архимеда, и масса расплавившейся части будет отличаться от массы предмета.

5. Каждое утро перед завтраком Уль совершает прогулку – по вертикали к поверхности моря и обратно на дно, где расположено его жилище. Один раз, будучи зверски голодным, он поменял порядок этих мероприятий. Насколько более интенсивно ему теперь придётся работать хвостом*, чтобы вложиться в то же время прогулки, если после завтрака его объём и площадь сечения увеличились в x раз, а отличие его плотности от плотности моря, не меняясь по модулю, изменило знак? Известно, что сила сопротивления движению пропорциональна площади сечения Уля и квадрату его скорости, а по пути вверх и вниз Уль прилагает одинаковые усилия. Глубина достаточно большая, так что периодами ускорения и замедления можно пренебречь.

*Мерой интенсивности в данном случае выступает полезная мощность хвоста.

**Решение**

Будем считать, что вверх и вниз Уль движется равномерно. Тогда условия равновесия сил:

Наверх: $F=kS\mathrm{v}_1^2-\left(\rho-\rho_0\right)gV$, вниз $F=kS\mathrm{v}_2^2+\left(\rho-\rho_0\right)gV$

где F это сила тяги (одинаковая вверх и вниз по условию), $kS\mathrm{v}_i^2$ это сила сопротивления, а $\left(\rho-\rho_0\right)gV$ это сила тяжести минус сила Архимеда. Извлекая скорости, получим и время:

$$t=H\sqrt{k}\left(\frac{1}{\sqrt{F/S+\left(\rho-\rho_0\right)gV/S}}+\frac{1}{\sqrt{F/S-\left(\rho-\rho_0\right)gV/S}}\right).$$

Считая время после завтрака, получим то же выражение с изменёнными величинами, причем вторые слагаемые под корнями те же, а вследствие замены знака разности плотностей два слагаемых в скобках просто меняются местами. Чтобы эти два выражения совпадали, необходимо, чтобы совпадали также и F/S до и после завтрака, то есть сила пропорциональна площади сечения, а значит увеличивается тоже в x раз.