

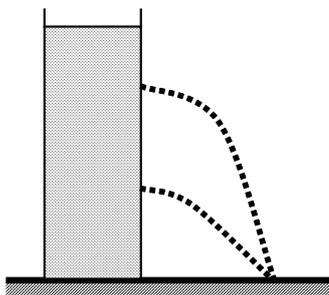
Всероссийская олимпиада школьников по физике

Муниципальный этап

10-й класс

Задание 1

В цилиндрический сосуд налита вода до уровня H . На высоте $h_1 = 1/3 H$ от дна в стенке проделано маленькое отверстие. На какой высоте от дна надо проделать ещё одно отверстие, чтобы обе струи падали в одну точку? Скорость вытекания струи из отверстия равна $v = \sqrt{2gh}$, где h – высота уровня воды над отверстием.

**Решение**

При падении с высоты h_1 дальность полета S и высота h_1 связаны соотношениями $S = v_1 t_1$, $h_1 = \frac{gt_1^2}{2}$, $\frac{mv_1^2}{2} = mg(H - h_1)$.

При падении с высоты h_2 : $S = v_2 t_2$, $h_2 = \frac{gt_2^2}{2}$, $\frac{mv_2^2}{2} = mg(H - h_2)$.

Из этих формул $\frac{h_1}{h_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{H - h_2}{H - h_1}$

$$h_1(H - h_1) = h_2(H - h_2), \quad h_2^2 - Hh_2 + h_1H - h_1^2 = 0,$$

$$h_2^2 - h_1^2 = H(h_2 - h_1), \quad (h_2 + h_1) = H,$$

$$h_2 = H - h_1 = H - \frac{1}{3}H = \frac{2}{3}H.$$

Ответ: $h_2 = \frac{2}{3}H$

Задание 2

В велотренажёрах для регулировки физической нагрузки тренирующихся на них спортсменов в настоящее время часто используются электродинамические тормозящие устройства, позволяющие плавно регулировать усилия, необходимые для вращения педалей с определённой скоростью. Вращение от

педаль передаётся на массивный токопроводящий диск, находящийся между двумя сильными неподвижными магнитами, расстояние от которых до диска можно регулировать. Взаимодействие возникающих в диске индукционных токов с магнитами тормозит вращение диска, а следовательно и педалей, заставляя прикладывать к ним регулируемые по величине силы. Пусть спортсмен крутит педали, находящиеся на расстоянии $R = 20$ см от их оси вращения, с частотой $\nu = 15$ оборотов в минуту, прикладывая к каждой из педалей в направлении её движения постоянную по модулю вращающую силу $F = 50$ Н. На сколько градусов нагреется алюминиевый диск массой $m = 5$ кг за время $t = 30$ минут работы в таком режиме? Считайте, что вся работа спортсмена расходуется только на равномерный разогрев диска.

Решение:

1. Найдём вначале мощность P , развиваемую спортсменом во время тренировки на велотренажёре. Поскольку сила F прикладывается в направлении движения каждой из двух педалей по окружности радиусом R с линейной скоростью $v = \omega R$, где угловая скорость связана с частотой ν вращения педалей соотношением $\omega = 2\pi\nu$, то $P = 2Fv = 2F\omega R = 4\pi\nu FR$.

2. Работа, совершённая спортсменом за время t , равна $A = Pt = 4\pi\nu FRt$.

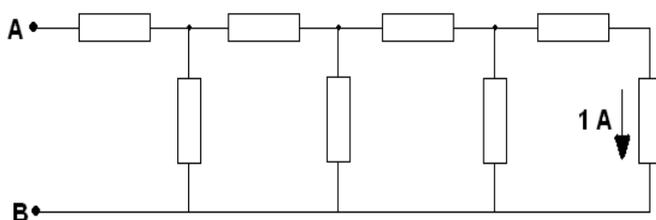
3. Поскольку по условию вся эта работа превращается в количество теплоты Q , идущее на нагревание алюминиевого диска массой m с удельной теплоёмкостью c на ΔT градусов, то $A = Q = cm\Delta T = 4\pi\nu FRt$.

4. Таким образом, из последнего уравнения получаем: $\Delta T = \frac{4\pi\nu FRt}{cm}$.

5. Переводя численные данные из условия в систему СИ, используя табличные данные и подставляя их все в полученное выражение, получаем $\Delta T = 12,56$ °С.

Задание 3

Каждый резистор цепи имеет сопротивление 1 Ом. Через резистор, расположенный справа, протекает ток 1 А. Каково напряжение между точками А и В?



Решение

Обозначим резисторы, как показано на верхнем рисунке. Через резисторы R_7 и R_8 протекает ток силой 1 А, потому что резисторы включены последовательно. Сопротивление $R_{78} = 2R = 2 \text{ Ом}$, а напряжение $U_{78} = 2 \text{ В}$. Сила тока через резистор R_6 будет равна $I_6 = U_{78}/R_6 = 2 \text{ А}$.

Через резистор R_5 сила тока будет равна $I_5 = I_6 + I_{78} = 3 \text{ А}$, а напряжение на нём 3 В.

Напряжение на резисторе R_4 будет определяться $U_4 = U_5 + U_{678} = 5 \text{ В}$. Через этот резистор будет протекать ток $I_4 = 5 \text{ А}$.

Через резистор R_3 будет протекать ток I_3 , который можно определить как $I_3 = I_4 + I_5 = 8 \text{ А}$. Напряжение на нём равно

$$U_3 = 8 \text{ В}.$$

Напряжение на резисторе R_2 будет

$$U_2 = U_3 + U_4.$$

$$U_2 = 13 \text{ В}.$$

Через резистор R_2 будет протекать ток $I_2 = U_2/R_2$, $I_2 = 13 \text{ А}$.

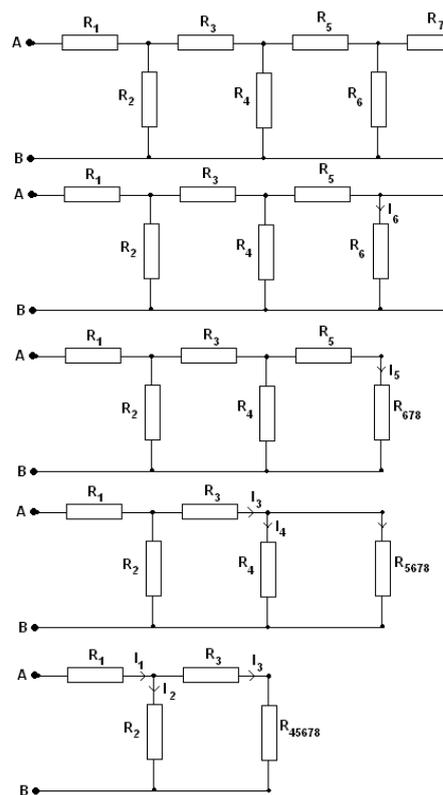
Через резистор R_1 – ток $I_1 = I_2 + I_3$ или

$$I_1 = 13 \text{ А} + 8 \text{ А} = 21 \text{ А}, \text{ а напряжение на нём} - U_1 = 21 \text{ В}.$$

Напряжение между точками А и В будет равно

$$U_{AB} = U_1 + U_2 = 21 \text{ В} + 13 \text{ В} = 34 \text{ В}.$$

Ответ: $U_{AB} = 34 \text{ В}$.



Задание 4

На последнем автосалоне в Детройте фирма «Мерседес» представила новый родстер с двигателем объёмом 4,7 литра, способный разогнаться от 0 до 100 км/ч за 4,8 секунды. Считая, что процесс разгона происходит по горизонтали и является равноускоренным, определите, под каким углом к горизонту направлена сила, действующая на водителя со стороны сиденья во время такого разгона.

Решение

При разгоне с постоянным ускорением a от нулевой начальной скорости до конечной скорости v в течение времени t имеем, согласно кинематическим соотношениям, $v = at$, откуда $a = \frac{v}{t} = 5,79 \text{ м/с}^2$.

Сила, действующая на водителя со стороны сиденья при таком разгоне, складывается по правилу параллелограмма из двух взаимно перпендикулярных оставляющих. По вертикали водитель не движется, и на основании второго закона Ньютона вертикальная проекция искомой силы равна силе тяжести: $F_g = mg$, где m — масса водителя. Горизонтальная проекция искомой силы обеспечивает, согласно второму закону Ньютона, равноускоренное движение водителя вместе с автомобилем: $F_z = ma$.

Таким образом, тангенс угла наклона α вектора \vec{F} к горизонту равен

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_g}{F_z} = \frac{g}{a} = \frac{10}{5.79} = 1,73,$$

а сам угол $\alpha = \operatorname{arctg} 1,73 = 60^\circ$.

Задание 5

Определите внутренний диаметр иглы шприца. В ходе измерений шприц располагать строго вертикально. Подробно опишите методику измерений и последовательность действий. Приведите расчётные формулы и результаты измерений.

Примечание: продумайте эксперимент таким образом, чтобы вода выливалась строго на поддон, аккуратно обращайтесь с иглой шприца.

Оборудование: линейка (50 см), шприц с иглой 20 мл, поддон для сбора воды, секундомер, стакан с водой (100 мл), салфетки для поддержания чистоты.

Решение:

1. Объём вытекшей из шприца воды за время t : $V = vt \frac{\pi d^2}{4}$, t — время вытекания струи, v — скорость вытекания воды, d — диаметр иглы шприца. Отсюда можно выразить диаметр иглы шприца

$$d = \sqrt{\frac{4V}{vt\pi}} \quad (3 \text{ балла}).$$

2. Определим скорость вытекания воды. Для этого расположим шприц с иглой вертикально и измерим высоту подъёма струи воды при её равномерном выдавливании.

$$h = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{2gh} \quad (2 \text{ балла}).$$

3. Измерим высоту подъёма струи воды при её выдавливании и время выдавливания воды (3 балла).

4. Рассчитаем диаметр иглы

$$d = \sqrt{\frac{4V}{vt\pi}} = 2\sqrt{\frac{V}{t\pi\sqrt{2gh}}} \quad (1 \text{ балл}).$$

5. Если проведена серия измерений, то добавляется 1 балл.

Критерии и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по физике в Архангельской области в 2022/23 учебном году приводятся в соответствии с системой оценивания регионального этапа и осуществляются по критериям, предложенным Центральной предметно-методической комиссией. При этом муниципальным предметно-методическим комиссиям рекомендуется оценивать выполнение заданий согласно стандартной методике оценивания решений, если нет специальных указаний.

Каждое задание оценивается в 10 баллов.

Максимальный балл – 50.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
7–9	Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение. Допущены арифметические ошибки
5–7	Задача решена частично, или даны ответы не на все вопросы
3–5	Решение содержит пробелы в образовании, приведены не все необходимые для решения уравнения
1–2	Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
0	Решение неверное или отсутствует