

Отсюда получаем

$$t = \frac{220}{3} \text{ }^\circ\text{C} \approx 73 \text{ }^\circ\text{C}.$$

На первый взгляд, ответ странный – чем больше потребляешь, тем горячее вода. Но именно так и должно быть в такой системе – просто при увеличении потребления воды за то же время в бак доливается больше кипятка.

А.Зильберман

Ф1685. Оцените, на какой высоте над Землей находится центр тяжести столба воздуха, нависающего над стадионом «Лужники». Когда он расположен выше – летом или зимой? При расчете можно считать, что температура воздуха на любой высоте равна температуре земной поверхности.

Проведем несложный расчет. Пусть вначале температура газа очень мала (около нуля по шкале Кельвина), при этом вся атмосфера просто «лежит» на поверхности шара, и высота центра тяжести такого низкого столба воздуха равна нулю. Передадим теперь воздуху некоторое количество теплоты – воздух станет нагреваться и расширяться, причем каждая порция воздуха расширяется при своем неизменном давлении, которое создается весом внешних для этой порции слоев воздуха. (Тут нужно заметить, что толщина атмосферы во много раз меньше радиуса планеты и уменьшением ускорения свободного падения с высотой вполне можно пренебречь.) При таких условиях определенная часть переданного количества теплоты Q идет на повышение внутренней энергии воздуха ΔU , а остальное – на совершение механической работы A , в данном случае – на поднятие центра тяжести. Для одного моля газа

$$A + \Delta U = Q = C_p \Delta T = (R + C_V) \Delta T,$$

где C_p и C_V – молярные теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме соответственно. В нашем случае температура увеличивается на T (от нуля до T) и работа одного моля газа при расширении равна $A = RT$. Для упомянутого в условии задачи столба воздуха для работы по поднятию его центра тяжести на высоту H можно записать

$$A = \nu MgH = \nu RT,$$

где ν – число молей воздуха в указанном столбе, M – масса моля воздуха. Отсюда легко находим

$$H = \frac{RT}{Mg}.$$

Для летней температуры $T_1 = 300$ К получим

$$H_1 = \frac{8,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 300 \text{ К}}{0,029 \text{ кг}/\text{моль} \cdot 10 \text{ м}/\text{с}^2} \approx 8,6 \text{ км}.$$

Для зимней температуры $T_2 = 250$ К –

$$H_2 \approx 7,2 \text{ км}.$$

А.Чувииков

Ф1686. Сто батареек с одинаковыми параметрами соединили последовательно, при этом двадцать из них оказались подключены с противоположной к остальным полярностью. Концы получившейся цепочки соединили, получив замкнутое кольцо. Параллельно одной из батареек подключили вольтметр (его сопротивление во много

раз больше внутреннего сопротивления батареек), и он показал напряжение 1,6 В. Что покажет вольтметр, если его подключить к какой-нибудь другой батарееке?

Если бы все батарейки были включены в одинаковой полярности, показания вольтметра оказались бы нулевыми – напряжение вольтметра определяется разностью ЭДС батареек и напряжения на ее внутреннем сопротивлении:

$$U = E - IR = E - \frac{NE}{NR} = 0.$$

В нашем случае возможны различные ответы – в зависимости от того, измерялось ли напряжение на батарееке с полярностью включения такой, как у «большинства», или наоборот. В первом случае ответ может быть либо 1,6 В (если и вторая батареека принадлежит к «большинству»), либо

$$U = -E - \frac{(N - 2n)E}{NR} R = -E - \frac{60E}{100} = -1,6E.$$

Это ровно в четыре раза больше (по модулю) величины

$$E - \frac{(N - 2n)E}{NR} R = 0,4E,$$

которая и соответствует напряжению 1,6 В. Таким образом, вольтметр в первом случае показывает либо 1,6 В, либо 6,4 В.

Во втором случае, когда вольтметр подключался к батарееке из «меньшинства», напряжение на такой же точно батарееке будет тоже 1,6 В, а на «правильной» батарееке – в 4 раза меньше. Итак, в этом случае вольтметр может показать либо 1,6 В, либо 0,4 В.

М.Учителев

Ф1687. Точечный источник света движется с постоянной скоростью v_0 по прямой, составляющей небольшой угол α с главной оптической осью собирающей линзы. Траектория источника пересекается с упомянутой осью на двойном фокусном расстоянии от линзы. Найдите минимальную скорость изображения в линзе относительно движущегося источника.

При указанном в условии задачи расстоянии от линзы до точки пересечения траектории с главной оптической осью (двойное фокусное расстояние) решение получается особенно простым. Изображение движется по прямой, которая составляет тоже угол α с главной оптической осью (рис.1), так что угол между векторами скорости источника и изображения равен 2α . Скорость изображения v_1 меняется в очень широких пределах (формально – от

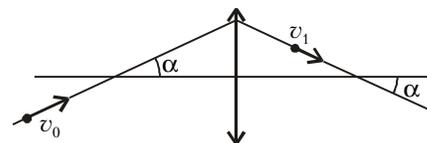


Рис.1

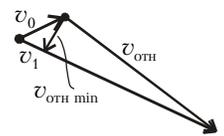


Рис.2

нуля до бесконечности), минимальное значение относительной скорости соответствует моменту, когда вектор $\vec{v}_{\text{отн}}$ перпендикулярен вектору скорости изображения \vec{v}_1 (рис.2). Таким образом, минимальная по величине относительная скорость равна

$$v_{\text{отн min}} = v_0 \sin 2\alpha.$$

А.Повторов