Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, региональный этап, 2014/15 год

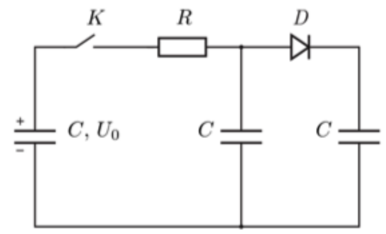
Задача 1. На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска длиной L и массой M. На краю доски покоится небольшой брусок. На брусок начинает действовать постоянная горизонтальная сила, так что он движется вдоль доски с ускорением, которое больше ускорения доски. Найдите ускорение, с которым двигалась доска, если за время движения по ней бруска выделилось количество теплоты Q.

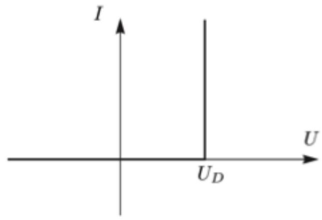
$\boxed{a = \frac{Q}{ML}}$

Задача 2. Маленький шарик колеблется на лёгкой нерастяжимой нити в поле тяжести g с большой угловой амплитудой α. Найдите величину ускорения, с которым движется шарик в те моменты времени, когда величина силы натяжения в 4 раза больше её минимальной величины. При каких значениях α возможна такая ситуация?

$\boxed{a = g;\ 60^\circ \leqslant \alpha < 90^\circ}$

Задача 3. Три одинаковых конденсатора ёмкостью C, резистор сопротивлением R и диод включены в схему, представленную на верхнем рисунке. Вольт-амперная характеристика диода представлена на нижнем рисунке. Первоначально левый (на рисунке) конденсатор заряжен до напряжения U_0, при этом заряд верхней пластины — положительный. Два других конденсатора не заряжены, ключ разомкнут. Затем ключ замыкают.





Определите:

1. напряжение на конденсаторах через большой промежуток времени после замыкания ключа;
2. тепло, которое выделится в схеме к этому моменту времени;
3. тепло, выделившееся к этому моменту на диоде;
4. тепло, выделившееся к этому моменту на резисторе.

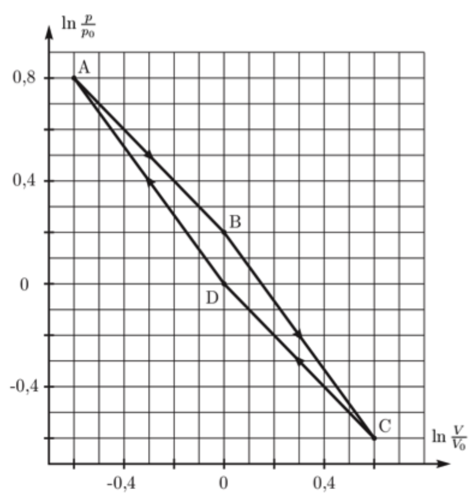
См. конец листка

Задача 4. На рисунке представлен график циклического процесса. Рабочее тело — многоатомный идеальный газ. Найдите КПД этого процесса.

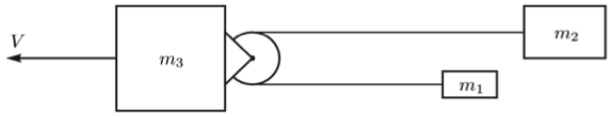
Примечание. Процесс с постоянной теплоёмкостью C называется политропическим и для идеального газа задаётся уравнением

$$pV^{\frac{C_p - C}{C_V - C}} = \text{const},$$

где C_p — теплоёмкость газа при постоянном давлении, а C_V — теплоёмкость газа при постоянном объёме.



$\boxed{\eta = 1 - e^{-1/5} \approx 0{,}18}$



Задача 5. На гладкой горизонтальной плоскости находятся три бруска, массы которых равны m_1, m_2 и m_3. На рисунке приведён вид сверху. Упругая лёгкая резинка связывает бруски 1 и 2 и проходит через блок, прикреплённый к бруску 3. Трения в системе нет. Исходно бруски неподвижны, а резинка чуть провисает. Бруску 3 ударом (мгновенно) сообщают скорость v.

1) Найдите скорости брусков в момент, когда растяжение резинки наибольшее.

2) Какими будут скорости брусков, когда резинка снова провиснет?

3) В случае, когда $v = 1$ м/с, $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 3$ кг найдите скорость третьего бруска, когда растяжение резинки наибольшее.

1) $v_1 = \frac{2m_2m_3v}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$, $v_2 = \frac{2m_1m_3v}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$, $v_3 = \frac{(m_1+m_2)m_3v}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$

2) $v_1 = \frac{4m_2m_3v}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$, $v_2 = \frac{4m_1m_3v}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$, $v_3 = \frac{(m_1m_3+m_2m_3-4m_1m_2)v}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$

Ответ к задаче 3

Если $U_0 \leqslant 2U_D$, то:

1. $U_1 = U_2 = U_0/2$, $U_3 = 0$ (конденсаторы нумеруются слева направо);
2. $Q = \frac{1}{4} C U_0^2$;
3. $Q_D = 0$;
4. $Q_R = Q$.

Если $U_0 > 2U_D$, то:

1. $U_1 = U_2 = \frac{U_0 + U_D}{3}$, $U_3 = \frac{U_0 - 2U_D}{3}$;
2. $Q = \frac{1}{3} C \left(U_0^2 - U_D^2\right)$;
3. $Q_D = \frac{1}{3} C U_D (U_0 - 2U_D)$;
4. $Q_R = \frac{1}{3} C \left(U_0^2 - U_0 U_D + U_D^2\right)$.