

принять во внимание что потенциалы всех шариков за исключением крайнего слева при замыкании ключа возрастут.

**10-2.** Определим какое количество теплоты потребуется, чтобы  $\nu_2$  молей твердой углекислоты испарилось в данных условиях. Согласно первому закону термодинамики

$$Q = \nu_2 \mu r + Mgh,$$

где  $\mu$  - молярная масса углекислоты,  $Mgh$  - работа газа по поднятию поршня. Используя уравнение состояния идеального газа, запишем

$$PV_0 = \nu_1 RT_c$$

$$PV_1 = (\nu_1 + \nu_2)RT_c$$

отсюда следует

$$Mgh = P(V_1 - V_0) = \nu_2 RT_c,$$

тогда искомое количество теплоты

$$Q = \nu_2 (\mu r + RT_c).$$

Так как не известно, испарится ли весь «сухой лед», подсчитаем какое количество теплоты потребуется для полного его испарения, полагая  $\nu_2 = 0.10$  моль (что соответствует 4.4 грамм), получим  $Q \approx 234$  Дж, что меньше, чем подведенное количество теплоты, поэтому весь лед испарится, а оставшееся количество теплоты пойдет на нагревание газа. Запишем еще раз уравнение первого начала термодинамики

$$Q = mr + Mgh + \frac{5}{2} R(\nu_2 + \nu_1)(T - T_c),$$

где  $T$  - конечная температура газа.

Совершенную работу найдем с помощью уравнения состояния

$$Mgh = P\Delta V = (\nu_1 + \nu_2)RT - \nu_1 RT_c,$$

Из этих уравнений легко находим

$$T = \frac{Q - mr + \nu_1 RT_c + \frac{5}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT_c}{\frac{7}{2}(\nu_1 + \nu_2)R} \approx 200 \text{ K}.$$

**10-3.** См. решение №4 для 9 класса.

**10-4-1.** В инерциальной системе отсчета (ИСО) относительно Земли жук движется с угловой скоростью

$$\omega = 2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}.$$

Где знаки соответствуют движению жука по или против направления вращения пластинки.

Следовательно, его центростремительное ускорение

$$a = \omega^2 R = \left(2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}\right)^2 R$$

Согласно основному закону динамики

$$ma = F_{mp} = \mu mg \Rightarrow \mu = \frac{a}{g} = \left(2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{R}{g}.$$

Расчеты приводят к следующим значениям: 0.34 для движения в сторону вращения и 0.16 для противоположного направления движения.

**10-4-2.** Ищем ускорение жука в ИСО. Центростремительное ускорение

$$a_1 = \omega^2 R_1 = (2\pi n)^2 R_1.$$

Вследствие вращения изменяется направление вектора скорости, т.е.

$$\Delta v = v \Delta \varphi = v \omega \Delta t, \quad a_2 = \omega v.$$

С изменением расстояния изменяется и тангенциальная составляющая скорости, что тоже приводит к появлению соответствующей составляющей ускорения

$$\Delta v = \omega(R + \Delta R) - \omega R = \omega \Delta R, \quad a_3 = \omega \frac{\Delta R}{\Delta t} = \omega v$$

направленной так же как и  $a_2$ .

Векторное сложение ускорений позволяет определить полное ускорение

$$a = \sqrt{a_1^2 + (a_2 + a_3)^2} = \sqrt{(2\pi n R)^2 + 4\omega^2 v^2} = 1,86 \text{ м/с}^2.$$

Соответственно искомая сила трения равна

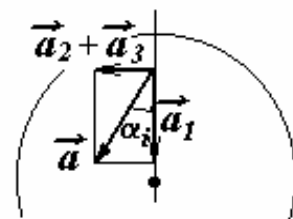
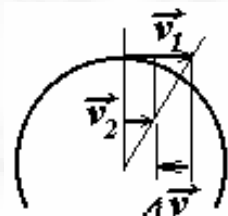
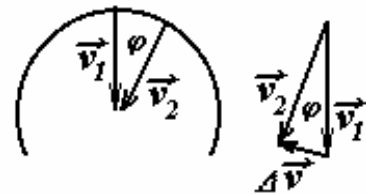
$$F_{mp} = ma = 9.3 \cdot 10^{-4} \text{ Н}.$$

Заметим, что решение данной задачи сводится к вычислению силы Кориолиса.

**10-4-3.** Для вычисления работы вспомним формулу

$$A = \vec{F} \cdot \vec{S},$$

где  $\vec{F}$  - мускульная сила жука. Теперь нужно учесть то, что сила жука при движении постоянно меняется по величине и по



направлению, поэтому предлагается следующий способ вычисления

$$A = \sum_i \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{S}_i = \sum_i F_i \cdot \Delta r_i \cdot \cos \alpha_i = \sum_i \Delta r_i (F_i \cos \alpha_i) = \{F_i \cos \alpha_i = ma_{li}\} = \\ = \sum_i m \omega^2 r_i \Delta r_i = m \omega^2 \sum_i r_i \Delta r_i = m \omega^2 \frac{r^2}{2} = 1,19 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}.$$

**11-1.** В отсутствие диода в контуре возникнут колебания тока. Напряжение на конденсаторе будет изменяться по гармоническому закону. Равновесное значение напряжения  $U_c = U_0$ . Амплитуда колебаний (начальное отклонение) также  $U_0$ . Диод «обрежет» разрядку. Следовательно, напряжение на конденсаторе  $2U_0$ .

**11-2.** Рассмотрим траекторию одного фотона. Если на расстоянии  $r$  от нее находится центр частицы, то фотон поглощается. Среднюю длину пробега  $l$  можно оценить из условия, что в цилиндре объемом  $\pi r^2 l$  находится одна частица

$$n \pi r^2 l = 1$$

Отсюда

$$l = \frac{1}{\pi r^2 n} = \frac{1}{3,14 (1,2 \cdot 10^{-6})^2 4 \cdot 10^9} \approx 55 \text{ м}.$$

**11-3.** Фонтанчик брызнет на расстоянии  $a$  от центра с другой стороны как результат интерференции отраженных волн. Для лучей близких к линии  $AO$  длины путей до симметричной точки  $A'$  одинаковы с точностью до малых величин второго порядка малости. Поэтому эти участки волн приходят в эту точки почти одновременно, следовательно, интерферируя, образуют «всплеск» волны.

Скорость волн находим из условия

$$\frac{2R}{v} = \tau, \quad v = \frac{2R}{\tau}.$$

**11-4-1.** Поскольку масса платформы меняется, то второй закон Ньютона запишем в форме (изменение импульса системы равно импульсу внешней силы)

$$F_1 t = (m_0 + \mu_1 t) v, \quad (1)$$

