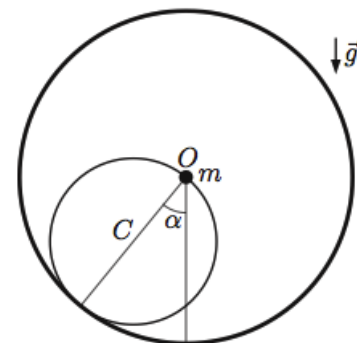


## Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2018/19 год

**ЗАДАЧА 1.** Внутри закреплённого цилиндра радиуса  $R$ , ось  $O$  которого горизонтальна, помещают легкий цилиндр вдвое меньшего радиуса. Ось  $C$  меньшего цилиндра также горизонтальна. На поверхности меньшего цилиндра закреплено маленькое тело массы  $m$ . Меньший цилиндр удерживают так, что тело находится на оси бóльшего цилиндра, а плоскость  $OC$  (в которой лежат оси обоих цилиндров) составляет угол  $\alpha$  с вертикалью (рис.).



1) Меньший цилиндр отпускают и он начинает катиться по внутренней поверхности бóльшего без проскальзывания. Определите ускорение тела сразу после начала движения.

2) Определите ускорение и скорость тела в момент времени, когда плоскость  $OC$  вертикальна. Считайте, что до этого момента движение шло без проскальзывания.

3) Определите минимальное значение коэффициента трения между цилиндрами  $\mu$ , при котором возможно движение без проскальзывания до момента, когда плоскость  $OC$  займёт положение симметричное начальному по отношению к вертикали.

4) Определите скорость тела в момент начала проскальзывания, если коэффициент трения между цилиндрами задан и равен  $\mu$ .

$$\frac{g^{n+1} \wedge}{\sigma \text{ цис } y \delta \pi z} \sqrt{\wedge} = a (4) \text{ :о } z \text{ в } t = \text{цим} \text{ (g :о цис } y \delta z \wedge = a (z :о цис } \delta = v (1$$

**ЗАДАЧА 2.** В двух одинаковых сосудах с поршнем при одинаковых давлении  $p_A$  и температуре  $T_A$  находятся одинаковые смеси равных масс  $m$  жидкой и твердой фаз вещества  $X$ . При этом плотность твердой фазы на 20 % больше плотности вещества жидкой фазы  $\rho_X$ . Не изменяя внешнего давления, к первому сосуду медленно подводят известное количество теплоты  $Q_1$ . В этом процессе масса твердой фазы уменьшается вдвое. Затем, обеспечив надежную теплоизоляцию сосуда, немного увеличивают внешнее давление. Обозначим это состояние «B».

Внешние воздействия на второй сосуд проводят в обратном порядке: сначала увеличивают давление, а затем, поддерживая его постоянным, подводят необходимое для перевода в то же состояние B количество теплоты  $Q_2$ .

1. Какое количество теплоты больше,  $Q_1$  или  $Q_2$ ?
2. Определите давление  $p_B$  в состоянии B.
3. Определите температуру  $T_B$  в состоянии B.

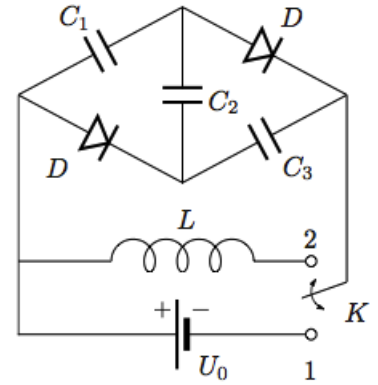
Этот же эксперимент с двумя сосудами был проведен со смесями равных масс  $m$  жидкой и твердой фаз другого вещества  $Y$ , у которого в начальном состоянии  $C$  плотность твердой фазы на 20% меньше плотности жидкой фазы  $\rho_Y$ . Оказалось, что для изобарического плавления половины твердой фазы  $Y$  при переходе из состояния  $(p_C, T_C)$  потребовалось подвести количество теплоты  $Q_3$ , а для перехода в конечное состояние  $D$  во втором сосуде — количество теплоты  $Q_4$ .

4. Какое количество теплоты больше,  $Q_3$  или  $Q_4$ ?

5. Определите давление  $p_D$  в состоянии  $D$ .
6. Определите температуру  $T_D$  в состоянии  $D$ .

$$\frac{\partial \rho_L}{\partial t} = \alpha_L \left( \frac{u}{(v \partial - \varepsilon \partial) \lambda \sigma_8} + \rho d = \alpha d : v \partial < \varepsilon \partial : \frac{v \partial}{\varepsilon \partial} v_L = \alpha_L \left( \frac{u}{(v \partial - \varepsilon \partial) \lambda \sigma_{21}} + v d = \alpha d : \varepsilon \partial > v \partial \right)$$

ЗАДАЧА 3. Электрическая схема состоит из трех конденсаторов  $C_1, C_2, C_3$  одинаковой емкости  $C$ , катушки с индуктивностью  $L$ , двух идеальных диодов, источника постоянного напряжения  $U_0$ , ключа  $K$  (рис.). Первоначально перед замыканием ключа конденсаторы не заряжены. Затем ключ переводят в положение 1, и, после установления равновесия, переключают в положение 2.



- 1) Чему равны напряжения на конденсаторах  $U_1, U_2$  и  $U_3$  перед переключением ключа в положение 2?
- 2) Чему равно максимальное значение  $I_D$  тока через диоды после переключения ключа в положение 2?
- 3) В каких пределах

$$([U_1^{\min}, U_1^{\max}], [U_2^{\min}, U_2^{\max}], [U_3^{\min}, U_3^{\max}])$$

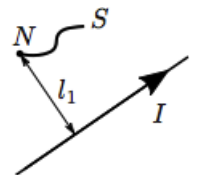
изменяются напряжения на конденсаторах после переключения ключа в положение 2?

- 4) Качественно изобразите график зависимости силы тока  $I$ , протекающего через индуктивность, от времени.
  - 5) Чему равен период колебаний  $T$  тока  $I$ ?
- Активным сопротивлением индуктивности и проводов можно пренебречь.

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial t} = L \left( \varepsilon \left[ \frac{0 \Omega}{\sigma \Omega} \right] : \left[ \frac{0 \Omega}{\sigma \Omega} \right] : \left[ \frac{0 \Omega}{\sigma \Omega} \right] \right) \left( \varepsilon : \sigma \left( \tau : \sigma \Omega \right) \right)$$

ЗАДАЧА 4. Тонкий, однородный нерастяжимый гибкий шнур длины  $l$  изготовлен из ферромагнетика, причем магнитный момент каждого его маленького элемента направлен вдоль шнура.

Один конец шнура удерживают на расстоянии  $l_1$  ( $l_1 > l$ ) от бесконечного прямого провода, по которому течет электрический ток силой  $I$  (рис.). Пренебрегая силой тяжести и собственным магнитным полем шнура



1. найдите расстояние между концами шнура в состоянии равновесия;
2. на каком расстоянии от провода окажется свободный конец шнура?

Указание. Энергия маленького элемента шнура длиной  $\Delta l$  во внешнем магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  определяется выражением

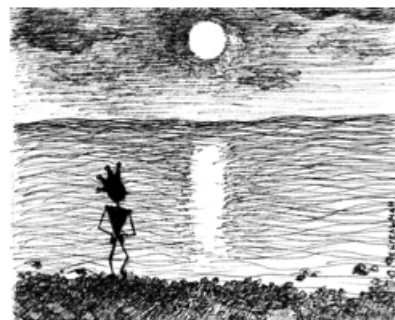
$$\Delta W = -k B \Delta l \cos \varphi,$$

где  $\varphi$  — угол между  $\vec{B}$  и направлением шнура, а  $k$  — постоянный коэффициент.

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial t} = L \left( \varepsilon \left[ \frac{0 \Omega}{\sigma \Omega} \right] : \left[ \frac{0 \Omega}{\sigma \Omega} \right] : \left[ \frac{0 \Omega}{\sigma \Omega} \right] \right) \left( \varepsilon : \sigma \left( \tau : \sigma \Omega \right) \right)$$

ЗАДАЧА 5. В открытом море вода совсем синяя, как лепестки самых красивых васильков, и прозрачная, как чистое стекло, — но зато и глубоко там! Ни один якорь не достанет до дна; на дно моря пришлось бы поставить одну на другую много-много колоколен, только тогда бы они могли высунуться из воды. На самом дне живут русалки.

Г.Х. Андерсен.



Ясной ночью принц, ростом  $H = 1,8$  м, мечтал на берегу спокойного Тихого океана и смотрел на лунную дорожку, которая начиналась от него на расстоянии  $D_{\Pi} = 5$  м по горизонтали и имела длину  $L_{\Pi} = 50$  м. В это же самое время у берега под водой на глубине  $H$  лежала Русалочка, тоже о чем-то мечтающая.

1. На каком расстоянии  $D_R$  от себя (тоже по горизонтали) лунную дорожку будет видеть Русалочка?
2. Какой длины  $L_R$  будет эта дорожка?

Считайте, что легкий бриз создает мелкую одинаковую рябь по всей поверхности океана. Показатель преломления морской воды  $n = 1,35$ . Угловым размером Луны можно пренебречь.

*Указание.*

- Бриз, -а, м. Слабый береговой ветер, дующий днём с моря на сушу, а ночью с суши на море.
- Рябь, -и, ж.
  1. Мелкое волнение водной поверхности. Озеро *подёрнулось рябью*.
  2. Ощущение в глазах пестроты, множества разноцветных точек. *В глазах р.*

С.И. Ожегов и Н.Ю. Шведова  
Толковый словарь русского языка

$$D_R = 1,67 \text{ м}; L_R = 0,48 \text{ м}$$