11 класс

Задача 1. Два цилиндра

Внутрь 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 α с вертикалью (рис. 11).

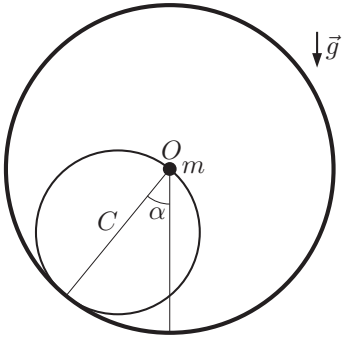

Рис. 11

1. Меньший цилиндр отпускают и он начинает катиться по внутренней поверхности большего 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 μ, 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 μ.

Задача 2. Вещества X и Y

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 жидкой фазы ρ_{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 ρ_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 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.

Задача 3. Зачем нужны диоды

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. 12). Первоначально перед замыканием ключа конденсаторы не заряжены. Затем ключ переводят в положение 1, и, после установления равновесия, переключают в положение 2.

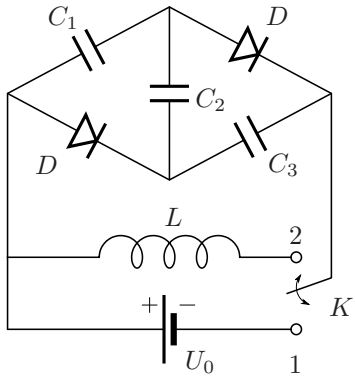

Рис. 12

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 $\left(\left[U_1^{\min}, U_1^{\max}\right], \left[U_2^{\min}, U_2^{\max}\right]\right.$ и $\left.\left[U_3^{\min}, U_3^{\max}\right]\right)$ изменяются напряжения на конденсаторах после переключения ключа в положение 2?
4. Качественно изобразите график зависимости сила тока I, протекающего через индуктивность, от времени.
5. Чему равен период колебаний T тока I?

Активным сопротивлением индуктивности и проводов можно пренебречь.

Задача 4. Магнитный шнур

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. 13). Пренебрегая силой тяжести и собственным магнитным полем шнура

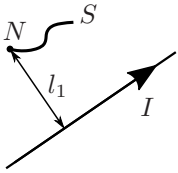

Рис. 13

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 Δl во внешнем магнитном поле с индукцией $\vec{B}$ определяется выражением

$$\Delta W = -kB\Delta l \cos\varphi,$$

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

Задача 5. Русалочка

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.

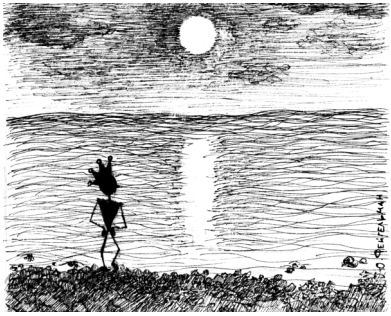

Рис. 14

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 $D_{\text{П}} = 5$ м по горизонтали и имела длину $L_{\text{П}} = 50$ м. В это же самое время у берега под водой на глубине H лежала Русалочка, тоже о чем-то мечтая.

1. На каком расстоянии $D_{\text{Р}}$ от себя (тоже по горизонтали) лунную дорожку будет видеть Русалочка?
2. Какой длины $L_{\text{Р}}$ 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