

ПОВТОРИТЕЛЬНЫЙ ЦИКЛ ПО ФИЗИКЕ

(ЗАДАЧИ ДЛЯ 11 КЛАССА ФМЛ)

М.:МИФИ, 1999. 74с.

Настоящий сборник задач предназначен для учащихся 11 -го класса физико-математического лицея при МИФИ.

В него включены задачи по физике для подготовки к выпускным экзаменам, в том числе задачи, предлагавшиеся на вступительных экзаменах в МИФИ и другие вузы.

Содержание

1. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ	3
2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ	5
3. ДВИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ	6
4. ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ	8
5. РАБОТА И ЭНЕРГИЯ	11
6. ИМПУЛЬС	14
7. ДИНАМИКА КОЛЕБЛЮЩИХСЯ СИСТЕМ	16
8. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ	18
9. СТАТИКА	23
10. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	2
11. ГАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ	28
12. ТЕРМОДИНАМИКА ГАЗОВЫХ ПРОЦЕССОВ	31
13. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ ПО МЕХАНИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ	35
14. НАПРЯЖЕННОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ	38
15. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	40
16. КОНДЕНСАТОРЫ	43
17. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	45
18. РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА	47
19. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА	49
20. СИЛА АМПЕРА. СИЛА ЛОРЕНЦА	51
21. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. САМОИНДУКЦИЯ	53
22. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА	57
ОТВЕТЫ	59

1. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

1.1. Катер, двигаясь по течению из пункта A в пункт B , прибыл за время $t_1 = 5$ ч. Какое время t_2 затратил катер на обратный путь, если скорость катера относительно воды в $n = 5$ раз превосходит скорость течения?

1.2. С какой скоростью V' относительно воды должен перемещаться лодочник, чтобы кратчайшим путем переплыть реку шириной $b = 90$ м за $\tau = 2,5$ мин? Скорость течения $V_0 = 0,8$ м/с. Какой курс к направлению переправы должен при этом выдерживать лодочник?

1.3. Вагон движется со скоростью $V_0 = 36$ км/ч. Наблюдатель в вагоне измерил угол $\alpha = 50^\circ$ между вертикалью и направлением движения капель дождя относительно вагона. Относительно земли капли падают отвесно. Определить скорость капель V относительно земли и V' - относительно вагона.

1.4. Воздушный шар поднимается в потоке воздуха, перемещающемся относительно земли в горизонтальном направлении. Пилот на шаре измерил скорость $V' = 6$ м/с ветра относительно шара, скорость удаления шара от земли $V_B = 5$ м/с и скорость его горизонтального перемещения $V_G = 6$ м/с. Определить скорость V ветра относительно земли ($V \neq V_G$).

1.5. Стержень AB длины l опирается концами о пол и стену. Найти зависимость координаты y конца стержня B от времени t при движении конца стержня A с постоянной скоростью V в направлении, указанном на рис. 1, если первоначально конец A имел координату x_0 .

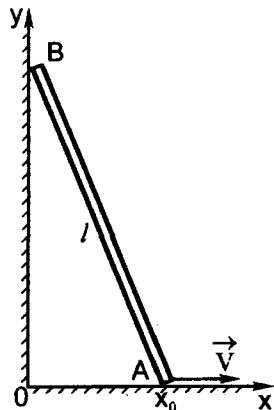


Рис. 1

1.6. Из города A в город B по прямой дороге отправляется грузовая машина со скоростью $V_1 = 40$ км/ч. Спустя $\tau_0 = 1,5$ ч из B в A выходит легковая машина со скоростью $V_2 = 80$ км/ч. Через какое время τ после отправления легковой машины и на каком расстоянии d от B встретятся машины, если в момент прибытия легковой машины в A грузовая прошла путь $S = 100$ км?

1.7. Мальчик бросил колесо, которое покатило вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью V_0 , и сразу же побежал за ним с постоянной скоростью U . Через какое время τ мальчик поймал колесо, если оно двигалось с постоянным ускорением и через время t_0 повернуло в обратную сторону?

1.8. Тело, пущенное по наклонной плоскости вверх от ее основания со скоростью $V_1 = 1,5 \text{ м/с}$, возвратилось в ту же точку со скоростью $V_2 = 1 \text{ м/с}$, двигаясь вверх и вниз с постоянными ускорениями. Найти среднюю скорость $\langle V \rangle$ за все время движения.

1.9. Тело начинает прямолинейное движение с ускорением a и, разогнавшись в течении времени τ , движется равномерно в течении времени T , а затем за время τ замедляется до скорости V . Найти среднюю скорость движения $\langle V \rangle$. Построить графики зависимости ускорения, скорости и пути от времени.

1.10. Тело движется вдоль координатной оси OX .

а) По графику зависимости проекции скорости от времени $V_x(t)$ (рис.2,а), постройте графики проекции ускорения $a_x(t)$, координаты $x(t)$ (начальная координата $x_0 = 0$) и пути $S(t)$. Определите среднюю скорость $\langle V_{CP} \rangle$ за время 3τ (τ и V_0 известны).

б) По графику $a_x(t)$ (рис.2,б) постройте графики $V_x(t)$, $x(t)$, $S(t)$. Известно, что в момент $t_1 = 1\text{с}$ скорость равна нулю и начальная координата $x_0 = 0,5\text{ м}$.

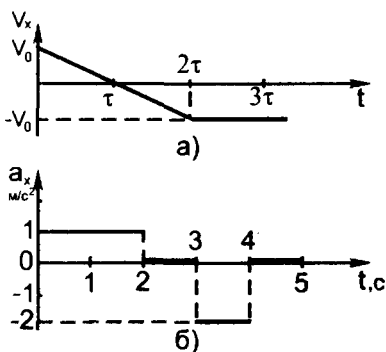


Рис. 2

Определите среднюю скорость за первые 4 с .

1.11. Двигаясь равноускоренно под уклон, поезд прошел участок спуска со средней скоростью $\langle V \rangle = 54 \text{ км/ч}$, увеличив скорость на $\Delta V = 36 \text{ км/ч}$ по сравнению с начальной. Найти скорость V_C , с которой поезд двигался посередине участка спуска.

1.12. От поезда, двигавшегося с постоянной скоростью, оторвался последний вагон. Скорость поезда при этом не изменилась. До полной остановки вагон прошел путь S . Какое расстояние r прошел за это время поезд?

2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

2.1. Шарик отпустили без начальной скорости на высоте $H = 20\text{ м}$.

1) Какое время τ падает шарик? 2) Через какое время τ_1 высота шарика уменьшится в $n = 2$ раза? С какой скоростью V_1 движется шарик на этой высоте? 3) Через какое время τ_2 после начала движения скорость шарика достигнет половины максимальной? На какой высоте H_2 он находится в этот момент? 4) На какой высоте H_3 находится шарик и с какой скоростью V_3 он движется, пролетев половину времени падения?

2.2. Из двух точек, находящихся на одной вертикали на расстоянии $b_0 = 50\text{ м}$, бросили одновременно навстречу друг другу два тела с одинаковой скоростью $V_0 = 5\text{ м/с}$. Определить, через какое время τ и на каком расстоянии b от верхней точки оба тела столкнутся.

2.3. С какой вертикальной скоростью V_0 нужно бросить шарик на горизонтальную упругую плиту, чтобы, отразившись, шарик поднялся на высоту $H = 10\text{ м}$, вдвое больше той, с которой его бросили?

2.4. Тело бросили со скоростью V_0 под углом α к горизонту. Определить время полета τ , дальность полета L и максимальную высоту подъема H . Записать уравнение траектории $y(x)$ и зависимость модуля скорости от времени $V(t)$.

2.5. Тело брошено со скоростью $V_0 = 12\text{ м/с}$ под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Через какое время τ направление движения тела станет перпендикулярным к первоначальному?

2.6. Дальность полета тела равна максимальной высоте его подъема. Под каким углом к горизонту было брошено тело?

2.7. Из пушки, установленной у основания холма с уклоном $\beta = 15^\circ$, ведут стрельбу по цели снарядами, вылетающими со скоростью $V_0 = 600\text{ м/с}$ под углом $\alpha = 20^\circ$ к горизонту. На каком расстоянии l от пушки вдоль ската холма находится цель?

2.8. Стальной шарик падает с высоты $H = 10\text{ см}$ на упругую плиту, наклоненную под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Определить расстояние от места первого до места второго удара шарика о плиту. Решить задачу в двух системах координат: а) ось y вертикальна, б) ось y перпендикулярна поверхности плиты.

2.9. С какой высоты надо бросить горизонтально тело, чтобы оно столкнулось в воздухе с другим телом, брошенным под углом $\alpha = 60^\circ$

к горизонту с той же начальной скоростью из точки, отстоящей на расстоянии $S = 1\text{ м}$ по горизонтали от места бросания первого тела?

2.10. Под каким углом α к горизонту необходимо бросить камень с обрывистого берега реки, чтобы он упал в воду возможно дальше от берега? Высота обрыва $H = 20\text{ м}$, начальная скорость камня $V_0 = 14\text{ м/с}$.

2.11. На земле стоит сферический резервуар радиуса R . При какой наименьшей скорости V_0 брошенный с земли камень может перелететь через резервуар, лишь коснувшись его вершины?

2.12. С вершины холма бросили камень под углом к горизонту со скоростью $V_0 = 10\text{ м/с}$. В момент падения камня на склон холма угол между направлением скорости камня и горизонтом составил $\varphi = 60^\circ$, а разность высот точек бросания и падения $\Delta h = 5\text{ м}$. Определить угол α между направлением начальной скорости камня и горизонтом.

3. ДВИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ

3.1. Через блок радиусом $R = 50\text{ мм}$, вращающийся вокруг закрепленной горизонтальной оси, перекинута нерастяжимая нить, к концам которой привязаны два груза. Грузы движутся с постоянной скоростью $V = 20\text{ см/с}$ относительно друг друга. Определить угловую скорость ω вращения блока. Нить не проскальзывает по желобу блока.

3.2. Стержень длиной $l = 50\text{ см}$ вращается с угловой скоростью $\omega = 30\text{ об/мин}$ вокруг перпендикулярной ему оси. При этом один его конец движется вокруг оси с линейной скоростью $V_1 = 57\text{ см/с}$. Найти линейную скорость V_2 , с которой движется другой конец стержня.

3.3. По краю карусели радиусом $R = 2\text{ м}$, вращающейся с частотой $n = 10\text{ об/мин}$, шагает мальчик. Определить ускорение, с которым движется мальчик по отношению к земле, если известно, что, поворачивая обратно и шагая по карусели с прежней скоростью, мальчик перестает перемещаться относительно земли.

3.4. Тело массой $m = 100\text{ г}$ движется поступательно в горизонтальной плоскости по окружности радиуса $R = 2,5\text{ м}$, обладая при этом кинетической энергией $E = 0,5\text{ Дж}$. Определить угловую скорость ω , характеризующую движения тела.

3.5. Тонкий обруч радиуса $R = 30\text{ см}$ катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности со скоростью $V_0 = 60\text{ см/с}$. Найти ускорение \vec{a} произвольной точки обруча в системе отсчета, связанной с землей, и ускорение \vec{a} в системе отсчета, движущейся поступательно вместе с обручем.

3.6. Два спутника движутся вокруг Земли по круговым орбитам, расположенным в одной плоскости, с линейными скоростями $V_1 = 7,8\text{ км/с}$ и $V_2 = 7,7\text{ км/с}$. Определить интервал времени τ , через который оба спутника периодически сближаются на минимальное расстояние друг от друга. Радиус Земли $R = 6400\text{ км}$.

3.7. Две материальные точки движутся по окружности радиуса R с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 . Чему равно расстояние r между ними через время τ после начала движения?

3.8. Лента конвейера, натянутая на барабан радиуса $R = 100\text{ мм}$, движется со скоростью $V_0 = 124\text{ см/с}$. Определить скорость V , с которой лента проскальзывает по поверхности соприкосновения с барабаном, вращающимся с частотой $n = 120\text{ об/мин}$.

3.9. Через какой интервал времени τ встречаются минутная и часовая стрелки правильно идущих часов? На какой угол $\Delta\phi$ поворачивается при этом часовая стрелка?

3.10. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиуса $R = 20\text{ см}$ с тангенциальным ускорением $a_t = 5\text{ см/с}^2$. Какой путь S пройдет точка за время $t_0 = 2\text{ с}$ и каково ее нормальное (центростремительное) ускорение a_n , в данный момент? Вычислить полное ускорение точки в момент t_0 . Определить угол α между скоростью точки и равнодействующей приложенных к ней сил в момент t_0 .

3.11. Трамвай выехал на закругленный участок пути радиуса $R = 200\text{ м}$ и, равномерно сбавляя скорость, проехал путь $S = 100\text{ м}$ до полной остановки. Определить скорость V_C и ускорение a_C трамвая в середине участка торможения. Начальная скорость $V_0 = 36\text{ км/ч}$.

3.12. Стержень длиной L упирается своими концами в стороны прямого угла. Верхний конец стержня поднимают со скоростью V_0 из горизонтального положения. Как зависит от времени ско-

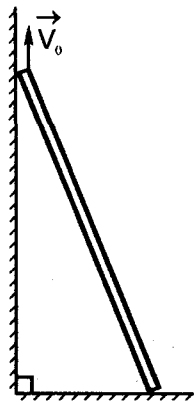


Рис. 3

рость V его нижнего конца (рис.3)?

4. ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

4.1. Изобразите отдельно каждое из приведенных на рис.4 тел (легкая растянутая пружина, шероховатые бруски 1 и 2, поверхность земли) и силы, действующие на них. Укажите соотношения между рассматриваемыми силами. Какие тела в данный момент двигались бы с ускорением, если бы трение отсутствовало?

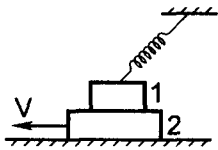


Рис. 4

4.2. Склон горы образует цилиндрическую поверхность радиуса $R = 500\text{ м}$. По линии наибольшего ската в гору движется автомобиль массы $m = 3\text{ т}$ с постоянной скоростью $V = 5\text{ м/с}$. Изобразить силы, действующие на автомобиль, и найти численное значение и направление их равнодействующей.



Рис. 5

4.3. На верхний конец вертикальной жесткой штанги, движущейся с горизонтальным ускорением $a = 6,5\text{ м/с}^2$, надета муфта массы $m = 900\text{ г}$. С какой силой \vec{F} муфта действует на штангу?

4.4. На нити подвешены два шарика одинаковой массы, соединенные упругой пружиной (рис.5). Нить перерезают. Чему равны ускорения верхнего и нижнего шариков a_B и a_H сразу после перерезания нити?

4.5. По горизонтальной плоскости под действием горизонтальной силы движутся два одинаковых бруска каждый массы M , соединенные стержнем массы m (рис.6).

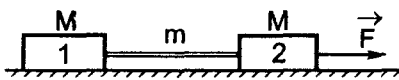


Рис. 6

Во сколько раз сила, действующая на первое тело со стороны стержня, больше силы, действующей со стороны стержня на второе тело?

4.6. На каком максимальном расстоянии S от вершины полусферы радиуса $R = 45\text{ см}$, можно положить небольшое тело, чтобы оно не соскользнуло? Коэффициент трения тела о поверхность сферы $\mu = 0,75$.

4.7. Тележка с укрепленным на ней отвесом движется по наклон-

ной плоскости с ускорением $a = 2,5 \text{ м/с}^2$, направленным вверх параллельно линии наибольшего ската. Найти угол β между нитью отвеса и перпендикуляром к наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом.

4.8. На верхний и нижний торцы вертикально расположенного однородного бруска массы $m = 8 \text{ кг}$ действуют направленными вертикально вверх силами $F_1 = 25 \text{ Н}$ и $F_2 = 40 \text{ Н}$ соответственно. Найти силу \vec{N} , с которой верхняя половина бруска действует на нижнюю.

4.9. На гладкой грани призмы с помощью тонкой нерастяжимой нити укреплен брусок (рис. 7). Брусок начинает скользить вверх, когда призма движется с горизонтальным ускорением $a_1 = 2,1 \text{ м/с}^2$. С каким минимальным горизонтальным ускорением a_2 должна двигаться призма, чтобы брусок отстал от ее грани?

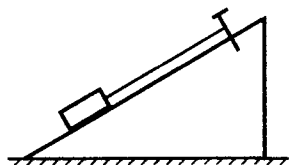


Рис. 7

4.10. В системе, изображенной на рис. 8, $m_1 = 0,5 \text{ кг}$, $m_2 = 2 \text{ кг}$. Определить ускорения грузов \vec{a}_1 и \vec{a}_2 . Блоки и нити легкие, нити нерастяжимы, трение отсутствует.

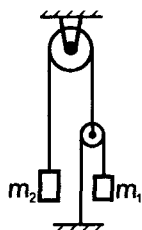


Рис. 8

4.11. Шайба, пущенная вдоль наклонной плоскости, скользит вверх с ускорением $a_1 = 5 \text{ м/с}^2$, а затем движется вниз с ускорением $a_2 = 3 \text{ м/с}^2$. Коэффициент трения $\mu = 0,25$. Чему равен угол наклона плоскости к горизонту?

4.12. На грань призмы, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, положили груз. Коэффициент трения между грузом и призмой $\mu = 0,35$. С каким ускорением нужно двигать призму вдоль горизонтальной оси, чтобы груз не скользил относительно призмы ни вверх, ни вниз?

4.13. Брусок массы $m = 0,5 \text{ кг}$ лежит на доске массы $M = 1,5 \text{ кг}$, которая может скользить по гладкой горизонтальной поверхности. Найти ускорение a , доски, если тонкую нить, привязанную к бруску, потянуть в горизонтальном направлении с силой: а) $F_1 = 0,9 \text{ Н}$; б) $F_2 = 1,96 \text{ Н}$; в) $F_3 = 2,9 \text{ Н}$. Коэффициент трения бруска о доску $\mu = 0,3$.

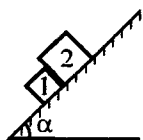


Рис. 9

4.14. На наклонную плоскость, составляющую угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом, поместили два соприкасающихся бруска 1 и 2 (рис.9). Массы брусков $m_1 = 1\text{ кг}$, $m_2 = 2\text{ кг}$. Коэффициенты трения между наклонной плоскостью и этими брусками – соответственно $\mu_1 = 0,7$ и $\mu_2 = 0,5$. Найти силу взаимодействия между брусками в процессе движения.

4.15. Брусок массы $m = 500\text{ г}$ соскальзывает с призмы массы $M = 800\text{ г}$ по грани, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтальной поверхностью, на которой находится призма. Пренебрегая силами трения, найти ускорение призмы a_0 и ускорение бруска относительно призмы a' .

4.16. Небольшая шайба массы $m = 1,2\text{ кг}$ лежит на диске, вращающемся с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через центр диска. Расстояние от шайбы до оси вращения $R = 0,2\text{ м}$, коэффициент трения между шайбой и диском $\mu = 0,2$. Найти максимальное значение угловой скорости ω_m , при котором шайба еще будет находиться на диске. Построить график зависимости силы трения, действующей на шайбу, от угловой скорости диска.

4.17. На концах легкого стержня длиной $2l$, который может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его середину, укреплены два груза с массами $m_1 = 0,6\text{ кг}$ и $m_2 = 2m_1$. В начальном положении стержень располагался горизонтально, а затем был отпущен без начальной скорости. Найдите силу, с которой первый груз действует на стержень в тот момент, когда стержень находится в вертикальном положении.

4.18. Горизонтально расположенный легкий стержень длины $3l$ с закрепленными на нем грузами с массами m_1 и m_2 удерживается в положении равновесия при помощи двух вертикальных нитей. Определить силу натяжения левой нити сразу после того, как правую перерезают.

4.19. Найти высоту h спутника над поверхностью Земли, движущегося по круговой орбите со скоростью в $n = 2$ раза меньшей первой космической скорости вблизи поверхности Земли. Радиус Земли $R = 6,4 \cdot 10^3\text{ км}$.

4.20. Каков должен быть период вращения Земли T вокруг своей оси, чтобы нить математического маятника в равновесии была па-

раллельна оси вращения Земли на широте Москвы? Радиус Земли $R = 6400 \text{ км}$.

4.21. Брусок A массой $m = 10 \text{ кг}$ находится на подставке B и прикреплен к потолку с помощью недеформированной пружины, жесткость которой $k = 72,6 \text{ Н/м}$ (рис.10). Подставку B начинают опускать вниз с ускорением $a = 5,8 \text{ м/с}^2$. Найти мощность N упругой силы, действующей на брусок в момент отрыва его от подставки.

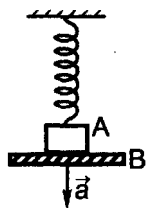


Рис. 10

4.22. Нить, горизонтальный конец которой закреплен, а на другом конце висит груз массой $m = 0,4 \text{ кг}$, перекинута через блок, движущийся горизонтально с ускорением \vec{a}_0 ($|\vec{a}_0| = g$), направленным, как показано на рис.11. Определить натяжение нити T и угол α между концом нити с грузом и вертикалью.

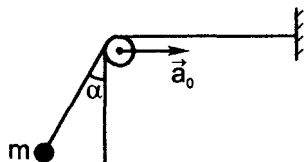


Рис. 11

4.23. Веревка длиной $L = 12 \text{ м}$ и массой $m = 6 \text{ кг}$ переброшена через блок малого радиуса так, что вначале обе ее половинки расположены чуть не симметрично относительно оси. Чему равно натяжение F в середине веревки в тот момент, когда длина веревки по одну сторону блока равна $l = 8 \text{ м}$? Массой блока и трением пренебречь.

4.24. Двигатель запускаемого с Земли реактивного снаряда работает время τ , создавая постоянную по величине и направлению силу тяги F и обеспечивая прямолинейное движение снаряда под углом α к горизонту. Определить высоту h , на которой прекращается работа двигателя. Изменением массы снаряда и сопротивлением воздуха пренебречь.

5. РАБОТА И ЭНЕРГИЯ

5.1. Вверх по наклонной плоскости от ее нижнего края начинает двигаться тело с начальной скоростью $V_0 = 10 \text{ м/с}$. На каком расстоянии S от нижнего края плоскости кинетическая энергия тела уменьшится в $n = 2$ раза? Коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,6$, угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 60^\circ$.

5.2. К лежащему на горизонтальной поверхности бруску массой

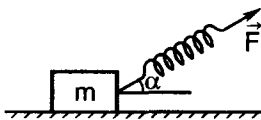


Рис. 12

$m = 12 \text{ кг}$ прикреплена пружина жесткостью $k = 300 \text{ Н/м}$ (рис.12). Коэффициент трения между бруском и поверхностью $\mu = 0,4$. В начале пружина не деформирована. Затем, приложив к свободному концу пружины силу \vec{F} , направленную под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту,

медленно переместили брусок на расстояние $S = 0,4 \text{ м}$. Какая работа была при этом совершена силой \vec{F} ?

5.3. Шар массой $m = 1 \text{ кг}$ подвесили на пружину жесткостью $k = 100 \text{ Н/м}$. Затем шар приподняли так, что пружина оказалась в недеформированном состоянии, и отпустили. Найти максимальную скорость шара V_m .

5.4. От груза массы M , висящего на пружине жесткостью k , отделилась его часть массы m . На какую максимальную высоту H после этого поднимется основная часть груза?

5.5. Маятник массой $m = 0,3 \text{ кг}$ отклоняют от вертикали на угол 90° и отпускают. Найдите силу натяжения T нити при прохождении маятником положения равновесия.

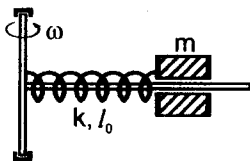


Рис. 13

5.6. На гладкий легкий стержень, вращающийся в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, надета пружина, одним концом скрепленная со стержнем у оси вращения (рис.13). К другому концу пружины прикреплена муфта массой m , скользящая по стержню. Какую работу нужно совершить, чтобы раскрутить стержень до угловой скорости ω ? Коэффициент

жесткости пружины k , длина нерастянутой пружины l_0 .

5.7. На наклонной плоскости с углом α находится кубик (рис.14).

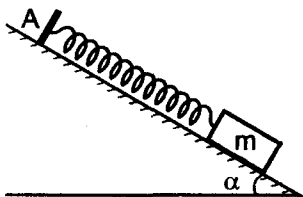


Рис. 14

К кубику прикреплена легкая пружина, другой конец которой закреплен в неподвижной точке A . В исходном состоянии кубик удерживается в положении, при котором пружина не деформирована. Кубик отпускают без начальной скорости. Определите максимальную скорость V_m кубика в процессе движения. Масса кубика m , жесткость пружины k , коэффициент трения кубика о на-

клонную плоскость μ ($\mu < \operatorname{tg}\alpha$).

5.8. Если в системе, изображенной на рис.15, толкнуть брусок 2 вниз, сообщив ему некоторую скорость, то он опустится на расстояние $h_1 = 20\text{см}$. Если толкнуть брусок 1 влево (сообщив ему ту же скорость), то он переместится на расстояние $h_2 = 10\text{см}$. Определить коэффициент трения между бруском 1 и поверхностью, по которой он движется, если отношение масс брусков равно $\eta = m_1/m_2 = 5$.

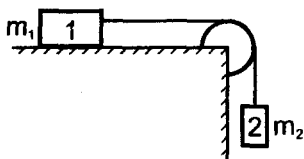


Рис. 15

5.9. На гладком горизонтальном столе лежит доска массой $M = 2\text{кг}$, на доске - брусок массой $m = 1\text{кг}$. Бруску сообщили горизонтальную скорость $V_0 = 2\text{м/с}$. Какой путь S относительно доски пройдет брусок, если коэффициент трения между ними $\mu = 0,2$?

5.10. Какую мощность затрачивает человек на движение саней, если он их тянет в гору равномерно со скоростью $V = 0,5\text{м/с}$. Масса саней $m = 10\text{кг}$, коэффициент трения между полозьями саней и поверхностью горы $\mu = 0,1$. Угол наклона горы $\alpha = 30^\circ$. Веревка, за которую привязаны сани, натянута под углом $\beta = 45^\circ$ к поверхности горы.

5.11. Небольшое тело массой m движется в горизонтальной плоскости по окружности радиуса R (рис.16). В точке 1 на него начала действовать постоянная по величине и направлению сила \vec{F} . Пренебрегая трением, найти скорость тела в точке 2, если в точке 1 скорость была равной V_0 .

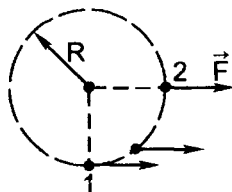


Рис. 16

5.12. Два одинаковых маленьких шарика соединены жестким легким стержнем длиной $l = 60\text{см}$. Стержень стоит вплотную к вертикальной плоскости (рис.17). При смещении нижнего шарика вправо на малое расстояние система приходит в движение в плоскости рисунка. Найдите скорость движения нижнего шарика V в момент времени, когда

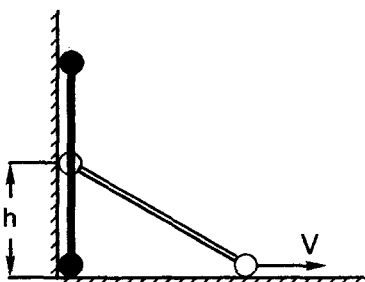


Рис. 17

верхний шарик находится на высоте $h = 40\text{ см}$ над горизонтальной плоскостью. Считайте что при движении шарик не отрывается от плоскостей, трением пренебречь.

6. ИМПУЛЬС

6.1. Тело массой $m = 0,2\text{ кг}$ брошено с начальной скоростью $V_0 = 50\text{ м/с}$ под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Найти модуль изменения импульса: а) за все время полета; б) за половину времени полета. Сопротивление воздуха не учитывать.

6.2. Кусок пластилина массой $m = 0,2\text{ кг}$, брошенный вертикально вверх, перед ударом о потолок двигался со скоростью $V = 9,8\text{ м/с}$. Деформируясь при ударе, пластилин прилипает к потолку и принимает окончательную форму через $\tau = 0,18\text{ с}$. Найти среднюю силу давления $\langle F \rangle$ куску пластилина на потолок при ударе.

6.3. Пуля массой m , летевшая горизонтально, попадает в деревянный брусок массой M , движущийся равномерно вниз со скоростью U по наклонной плоскости с углом α к горизонту, и застревает в нем. Брусок при этом на мгновение останавливается. Какую скорость V имела пуля?

6.4. Шарик A налетает на неподвижный шарик B и после удара движется с вдвое меньшей скоростью в направлении, перпендикулярном первоначальному. Определить угол между первоначальной скоростью шарика A и скоростью шарика B после удара. Зависит ли ответ от вида удара (упругий или неупругий)?

6.5. На гладкой горке 1, которая находится на гладкой горизонтальной поверхности, лежит шайба 2 (рис.18). Определить, какую минимальную скорость V_0 следует сообщить шайбе, чтобы она поднялась на вершину горки ($h = 5\text{ м}$). Отношение масс шайбы и горки $\eta = m/M = 0,21$.

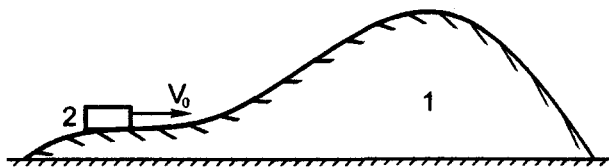


Рис. 18

6.6. Бруски массами $m_1 = 0,1\text{кг}$, $m_2 = 0,4\text{кг}$ положены на гладкую горизонтальную поверхность и связаны нитью, продетой через пружину жесткостью $k = 0,1\text{кН/м}$. При натянутой нити пружина сжата вдвое относительно длины $l_0 = 10\text{см}$ в недеформированном состоянии. Найти максимальные скорости V_1 и V_2 брусков после пережигания нити.

6.7. Мяч массой $m = 0,2\text{кг}$ подлетает к стенке под углом $\alpha = 30^\circ$ со скоростью $V_0 = 5\text{м/с}$. Удар мяча о стенку абсолютно упругий. Время удара $\tau = 0,01\text{с}$. Найти среднюю силу, действующую на мяч со стороны стенки во время удара.

6.8. Пушка стреляет под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Когда колеса пушки закреплены, скорость снаряда $V_1 = 400\text{м/с}$. Когда пушка может свободно откатываться, ее скорость после выстрела $U = 4\text{м/с}$. Определить в последнем случае скорость снаряда при выстреле V_2 .

6.9. Тело массой $M = 0,1\text{кг}$ способное двигаться без трения по горизонтальному стержню, закреплено на легкой пружине с жесткостью $k = 1\text{кН/м}$ (рис.19). В тело попадает пуля массой $m = 10\text{г}$, двигавшаяся под углом $\alpha = 60^\circ$ к оси стержня и застревает в нем. В результате тело начинает колебаться с амплитудой $a = 5\text{см}$. Определить скорость пули V .

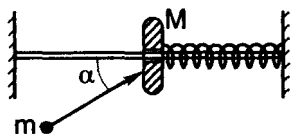


Рис. 19

6.10. Тело массой $m_1 = 1\text{кг}$ ударяется неупруго о покоящееся тело массой $m_2 = 2\text{кг}$. После удара тела движутся вместе поступательно. Какая часть η кинетической энергии теряется при этом ударе?

6.11. Шарики массами m и M соединены легкой недеформированной пружиной. Шарiku массой m сообщили скорость \vec{V} в направлении второго шарика. В момент максимального растяжения пружина порвалась. Какое количество теплоты выделилось к этому моменту?

6.12. Между двумя кубиками массы m и M находится сжатая пружина. Если кубик массы M удерживать на месте, другой кубик отпустить, то он отлетит со скоростью V . С какой скоростью V_1 будет двигаться кубик массы m , если оба кубика отпустить. Трением и массой пружины пренебречь.

7. ДИНАМИКА КОЛЕБЛЮЩИХСЯ СИСТЕМ

7.1. Шарик подвешен на нити и совершает колебания в вертикальной плоскости. При прохождении положения равновесия его ускорение равно $a_0 = 10 \text{ м/с}^2$. Чему равно ускорение шарика при максимальном отклонении от положения равновесия?

7.2. К легкой пружине, жесткость которой k , а длина в свободном состоянии l_0 , подвешивают груз массы M к нижнему концу, а затем груз массы m к середине. Определить длину пружины в равновесии.

7.3. Два одинаковых маленьких пластилиновых шарика подвешены к одному крючку на одинаковых нерастяжимых нитях. Один шарик отклоняют от положения равновесия так, что нить горизонтальна, и отпускают. При соударении шарики сливаются. Определить максимальный угол α , на который отклоняются после удара слипшиеся шарики.

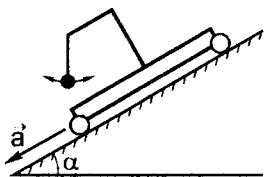


Рис. 20

7.4. Тележка едет по наклонной плоскости, образующей угол α с горизонтом, с ускорением a (рис.20). Найти период малых колебаний маятника длины l , установленного на тележке.

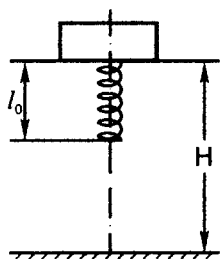


Рис. 21

7.5. Брусок массой $m = 1,6 \text{ кг}$, соединенный с легкой пружинкой жесткостью $k = 256 \text{ Н/м}$, располагают на высоте $H = 85 \text{ см}$ от пола и отпускают (рис.21). Длина недеформированной пружины $l_0 = 50 \text{ см}$. Найти максимальную скорость бруска. Ось пружины во время движения системы остается вертикальной, влиянием воздуха пренебречь. Положить $g = 10 \text{ м/с}^2$.

7.6. Коробка массы M стоит на горизонтальном столе. В коробке на пружине жесткости k подвешен груз массы m (рис.22). При какой амплитуде колебаний груза m коробка начнет «подпрыгивать» на столе?

7.7. Шарик массы m совершает гармонические колебания с амплитудой A на пружине жесткости k . На расстоянии $A/2$ от

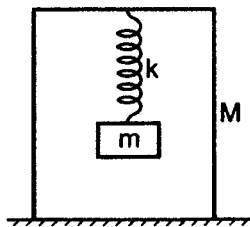


Рис. 22

положения равновесия установили массивную стальную плиту, от которой шарик абсолютно упруго отскакивает. Время удара пренебрежимо мало. Каким станет период колебаний шарика?

7.8. Найти период малых колебаний заряженного шарика массы m в системе, изображенной на рис.23. Заряды Q неподжны. Трением подвижного шарика можно пренебречь.

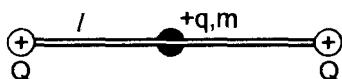


Рис. 23

7.9. В закрепленную вертикальную трубку вставлена легкая пружина, верхний конец которой прикреплен к подвижному поршню массы M . Нижний конец пружины упирается в дно трубки. Пружина сжата до длины l и удерживается в сжатом состоянии с помощью защелки. На поршень положили шарик массы m . На какую высоту h от начального положения подскочит шарик, если освободить пружину. Длина недеформированной пружины l_0 , жесткость k . Трением пренебречь. Поршень прилегает к стенкам неплотно.

7.10. Две одинаковые пружины жесткостью k и длиной l каждая в недеформированном состоянии соединены последовательно (рис.24). Концы пружины, прикрепленной к стенке, связаны нитью длиной $L > l$, рвущейся при натяжении T . Какую наименьшую скорость надо сообщить телу массой m на конце второй пружины, чтобы нить порвалась? Смещением шарика по горизонтали и изгибом пружины пренебречь.

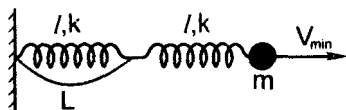


Рис. 24

7.11. Найти период горизонтальных колебаний системы изображенной на рис. 25. Трением можно пренебречь.

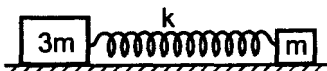


Рис. 25

7.12. Математический маятник длиной $l = 1\text{ м}$, шарик которого имеет массу $m = 2\text{ г}$ и заряд $q = 4\text{ мкКл}$, находится в однородном электрическом поле напряженностью $E = 4,9\text{ кВ/м}$, направленном под углом $\alpha = 60^\circ$ к вертикали (рис.26). Определить период T малых колебаний маятника.

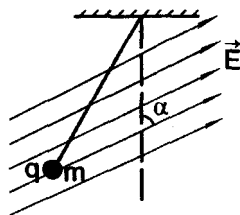


Рис. 26

8. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ

8.1. Доска массой $M = 500\text{г}$ плавает на воде (рис.27). На одном конце доски в точке A сидит лягушка. С какой наименьшей скоростью она должна прыгнуть, чтобы попасть в точку B на доске, отстоящую на $l = 25\text{см}$ от точки A ? Масса лягушки $m = 150\text{г}$. Трением между доской и водой пренебречь.

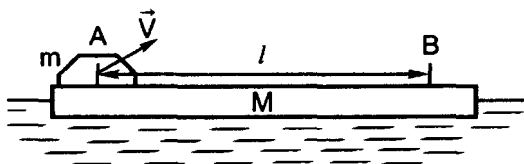


Рис. 27

8.2. Брусок находится на гладком горизонтальном столе. К бруску прикреплена нить, перекинутая через блок очень малого радиуса, находящийся на высоте $h = 1\text{м}$ от стола, угол $\alpha = 60^\circ$ (рис.28). К свободному концу нити в начальный момент времени приложили постоянную горизонтальную силу F . Определить скорость бруска V в момент, когда он находится под блоком, если в начальный момент приложения силы F ускорение бруска $a = 0,5\text{ м/с}^2$.

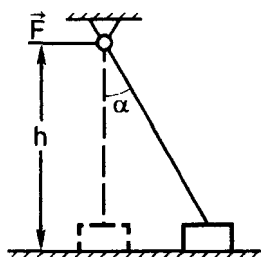


Рис. 28

8.3. Шарик, подвешенный на нити длиной $l = 2\text{м}$, отклоненный от вертикали на угол $\alpha_0 = 90^\circ$, сталкивается с бруском, находящимся на горизонтальном шероховатом столе (рис.29). После удара нить с шариком отклоняется от вертикали на угол $\alpha = 60^\circ$. Определить путь S , пройденный бруском до остановки. Коэффициент трения бруска о стол $\mu = 0,5$. Удар абсолютно упругий.

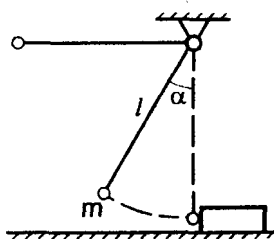


Рис. 29

8.4. Два бруска A и B массами $m_1 = 90\text{г}$ и $m_2 = 50\text{г}$ соединены нитью, перекинутой через блок (рис.30), причем брусок A покоится на гладком горизонтальном столе на $h = 0,6\text{м}$ ниже блока, а брусок B висит над

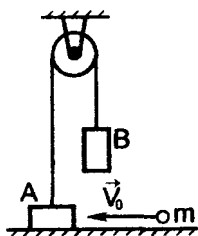


Рис. 30

столом. В брусок A попадает пуля массой $m = 10\text{г}$, летевшая со скоростью $V_0 = 20\text{ м/с}$, и застревает в нем. Определить, на какое максимальное расстояние S сместится тело A по столу. Размером блока пренебречь.

8.5. На левом конце доски длиной $l = 0,5\text{ м}$ и массой $M = 0,9\text{ кг}$ лежит небольшой брусок массой $m = 0,1\text{ кг}$. Какую минимальную скорость V_0 нужно сообщить бруску, чтобы он соскользнул с доски у ее правого конца? Коэффициент трения бруска о доску $\mu = 0,5$. Доска находится на гладком горизонтальном столе.

8.6. Брусок находится на горизонтальном гладком полу и прикреплен к вертикальной стене нитью, продетой сквозь сжатую пружину (рис.31). После пережигания нити брусок достигает максимальной скорости V_0 через время $\tau = 0,25\text{ с}$, пройдя путь $S = 25\text{ мм}$ по полу. Найти V_0 .

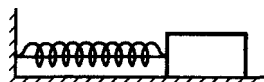


Рис. 31

8.7. На гладкой горизонтальной плоскости лежит брусок массой m , шарнирно соединенный с легкой недеформированной пружинкой длиной $l_0 = 50\text{ см}$, подвешенной над бруском на оси O (рис.32). Жесткость пружинки k подобрана равной $2mg/l_0$, где g - ускорение свободного падения. На брусок действовали постоянной горизонтальной силой \vec{F}_0 , по модулю равной mg . Найти скорость бруска в момент отрыва его от плоскости.

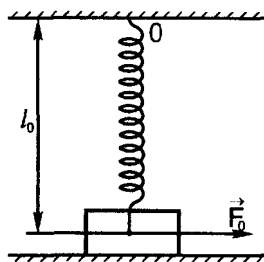


Рис. 32

8.8. Тело массой $M = 0,1\text{ кг}$, способное двигаться без трения по горизонтальному стержню, прикреплено к вертикальной пружине, как показано на рис.33. В тело попадает пуля массой $m = 10\text{ г}$, двигавшаяся под углом $\alpha = 60^\circ$ к оси стержня со скоростью V , и застревает в нем. В результате тело приходит в колебательное движение с амплитудой $a = 5\text{ см}$. Длина пружины при равновесном положении груза $l = 15\text{ см}$, длина нерастянутой пружины $l_0 = 10\text{ см}$, жесткость $k = 10\text{ Н/см}$. Найти V .

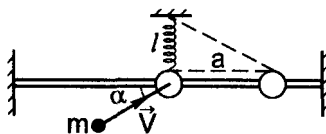


Рис. 33

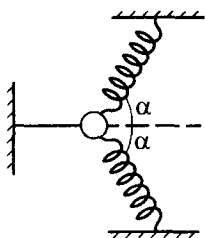


Рис. 34

8.9. Небольшой шарик массой $m = 50\text{г}$ прикреплен к двум одинаковым легким пружинам и нити (рис.34). Угол $\alpha = 60^\circ$, жесткость каждой пружины $k = 10\text{Н/м}$. В некоторый момент нить обрывается и шарик начинает движение с ускорением $a = 2\text{м/с}^2$. Найти максимальную скорость V , которую приобретает шарик при своем движении, если расстояние между точками закрепления пружин не превышает удвоенной длины недеформированной пружины. Силой тяжести пренебречь.

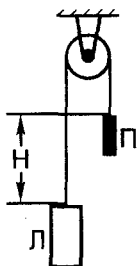


Рис. 35

8.10. Начальное положение кабины лифта L и противовеса P изображено на рис.35. На какую величину ΔE_p изменилась потенциальная энергия системы при перемещении кабины вверх на расстояние $h = 10\text{м}$ если начальная разность уровней противовеса и кабины $H = 15\text{м}$, масса кабины $M = 1\text{т}$, масса противовеса $m = 0,5\text{т}$, а масса единицы длины троса, соединяющего кабину с противовесом, $\mu = 10\text{кг/м}$.

8.11. Два бруска массами m и $2m$, соединенные легкой пружинкой, движутся по гладкой горизонтальной поверхности (рис.36). В некоторый момент ускорение \vec{a}_1 легкого бруска направлено вправо. Найти ускорение \vec{a}_2 , с которым в этот момент движется другой брусок. Растянута или сжата пружинка в этот момент?

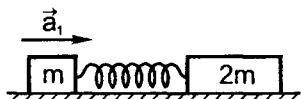


Рис. 36

8.12. Два маленьких тела массами $m_1 = 2\text{кг}$ и $m_2 = 6\text{кг}$ соедине-

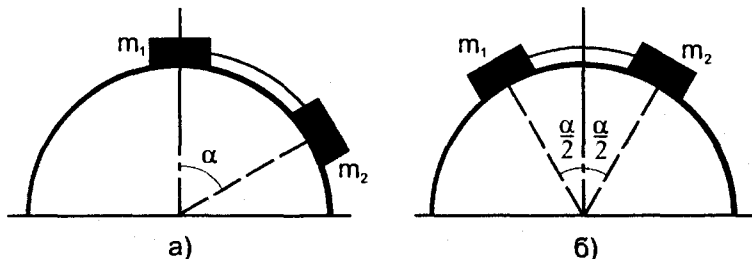


Рис. 37

ны нитью и расположены на гладкой цилиндрической поверхности, как показано на рис.37,а. Если тела отпустить, они начинают двигаться с ускорением $a_0 = 6 \text{ м/с}^2$. С каким ускорением a будут двигаться тела, если их расположить на поверхности симметрично, как показано на рис.37,б?

8.13. Система состоит из невесомого стержня длины $l = 35 \text{ см}$, положенного на неподвижную призму, а также невесомого блока с двумя грузами m_1, m_2 и груза массы $M = 2 \text{ кг}$, прикрепленных к концам стержня (рис.38), причем $m_1 + m_2 = M$.

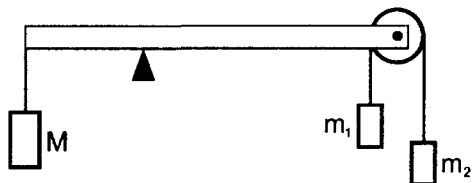


Рис. 38

При движении грузов m_1 и m_2 равновесие стержня сохраняется, если точка опоры стержня сдвинута на расстояние $\Delta l = 5 \text{ см}$ левее относительно середины стержня. Определить массы грузов m_1 и m_2 . Трением пренебречь.

8.14. Подвешенному на нити шарик у сообщили начальную скорость в горизонтальном направлении. Когда нить отклонилась на угол $\alpha = 30^\circ$ от вертикали, ускорение шарика оказалось направленным горизонтально. Найти угол β максимального отклонения нити.

8.15. Пуля массой $m_1 = 9 \text{ г}$, имевшая скорость $V_1 = 160 \text{ м/с}$, направленную под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (рис.39), пробивает лежащую на подставках доску массой $m_2 = 0,3 \text{ кг}$, после чего поднимается на максимальную высоту $H = 45 \text{ м}$ над уровнем подставок. На какую высоту h подпрыгнет доска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

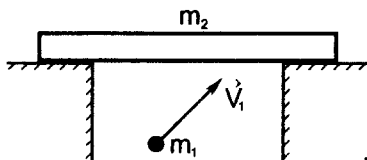


Рис. 39

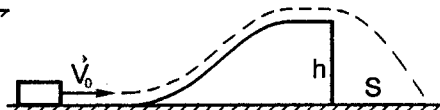


Рис. 40

8.16. Шайба, скользя по гладкому полу со скоростью $V_0 = 12 \text{ м/с}$, поднимается на трамплин, верхняя часть которого горизонтальна, и соскакивает с него (рис.40). При какой высоте трамплина h даль-

ность полета шайбы S будет максимальной? Какова эта дальность?

8.17. На противоположных концах неподвижного плота длины $l = 6\text{ м}$ и массы $M = 600\text{ кг}$ стоят два человека, имеющие массы $m_1 = 50\text{ кг}$ и $m_2 = 80\text{ кг}$. На какое расстояние x относительно воды сместится плот, когда люди поменяются местами? Сопротивление воды не учитывать.

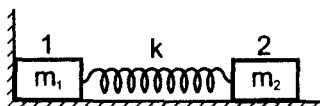


Рис. 41

8.18. На гладкой горизонтальной поверхности находятся два бруска с массами m_1 и m_2 , соединенные невесомой пружинкой жесткости k (рис.41). Брусок 2 переместили влево на небольшое расстояние x_0 и отпустили. Найти скорость центра тяжести системы после отрыва бруска 1 от стенки.

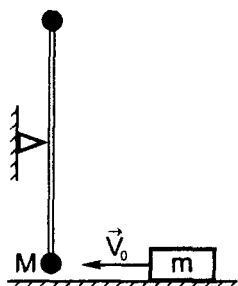


Рис. 42

8.19. К концам жесткой легкой штанги длиной $l = 50\text{ см}$ прикреплены шарики массой $M = 200\text{ г}$ каждый. Штанга может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через ее середину (рис.42), и вначале находится в вертикальном положении. Брусок массы $m = 100\text{ г}$, скользящий со скоростью $V_0 = 10\text{ м/с}$ по гладкой горизонтальной поверхности, упруго ударившись о нижний шарик, отскакивает в обратном направлении со скоростью $V = 6\text{ м/с}$. Найти угловую скорость вращения штанги ω после соударения.

8.20. Два груза массой m каждый связаны нитью (рис.43). Между грузами вставлена легкая упругая пружина, сжатая на величину x . Система движется со скоростью V вдоль прямой, перпендикулярной ее оси. В некоторый момент нить пережигают, и грузы разлетаются под углом 90° . Найдите коэффициент упругости пружины.

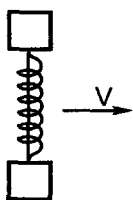


Рис. 43

8.21. Доска с лежащим на ней бруском находится на гладкой горизонтальной поверхности стола (рис.44). Система совершает колебания под действием уп-

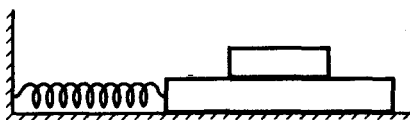


Рис. 44

ругой пружины вдоль прямой с периодом $T = 1\text{с}$ и максимальным значением скорости $V_m = 0,5\text{ м/с}$. При этом доска и брусок неподвижны друг относительно друга. При каких значениях коэффициента трения скольжения между доской и бруском такие колебания возможны?

8.22. На клин массой $M = 10\text{ кг}$ положили тело массой $m = 1,5\text{ кг}$ на высоте $h = 20\text{ см}$ от горизонтальной поверхности. Угол наклона клина к горизонту $\alpha = 30^\circ$. На сколько сдвинется клин, когда тело достигнет горизонтальной плоскости? Трение между клином и горизонтальной плоскостью отсутствует.

9. СТАТИКА

9.1. Однородный стержень лежит горизонтально на двух опорах. Расстояние от центра стержня до ближайшей опоры $S = 0,3\text{ м}$. Найдите расстояние между опорами, если известно, что силы, действующие на стержень со стороны опор, отличаются друг от друга на величину, равную $a = 1/5$ веса стержня.

9.2. Деревянная линейка выдвинута за край стола на $a = 1/4$ часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на ее свешивающийся конец положить груз массой не более $m_1 = 250\text{ г}$. На какую часть длины можно выдвинуть за край стола эту линейку, если на ее свешивающийся конец положен груз массой $m_2 = 125\text{ г}$?

9.3. Тело массой $m_1 = 1\text{ кг}$ лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 45^\circ$ (рис.45). Какой груз m_2 следует подвесить через систему неподвижных блоков, чтобы первое тело находилось в покое? Коэффициент трения о плоскость $\mu = 0,2$.

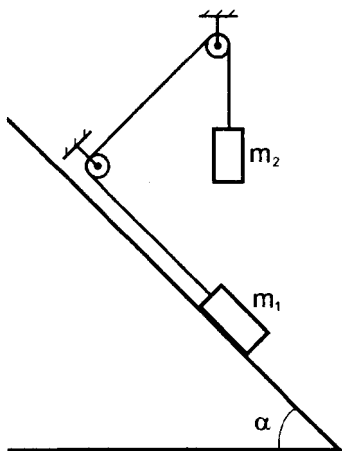


Рис. 45

9.4. Тонкая однородная доска лежит, касаясь средней точкой поверхности полусферы радиусом $R = 2\text{ м}$ с коэффициентом трения

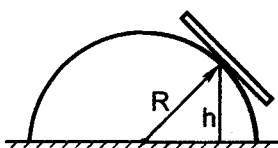


Рис. 46

$\mu = \sqrt{3}$ (рис.46). При какой наименьшей высоте h центра тяжести доски (от горизонтального основания полусферы) доска не будет соскальзывать с полусферы?

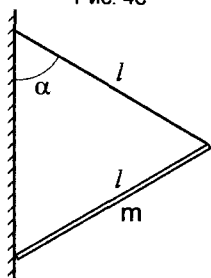


Рис. 47

9.5. Стержень длиной l и массой m одним концом упирается в вертикальную стену, а другой его конец удерживается с помощью нити, длина которой равна длине стержня (рис.47). При каких углах α стержень будет находиться в равновесии, если коэффициент трения между стержнем и стеной $\mu = 0,3$?

9.6. Однородный стержень массой $M = 2\text{кг}$ и длиной $l = 1\text{м}$ подвешен за концы на двух вертикальных пружинах, коэффициенты упругости которых

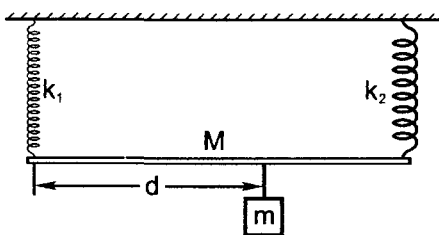


Рис. 48

$k_1 = 40\text{ Н/м}$ и $k_2 = 60\text{ Н/м}$ соответственно. На каком расстоянии d от первой пружины следует подвесить к стержню груз массы $m = 1\text{кг}$ (рис.48), чтобы стержень находился в горизонтальном положении. Длины пружин в нерастянутом состоянии одинаковы.

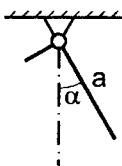


Рис. 49

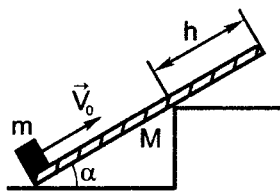


Рис. 50

9.7. Кусок проволоки длиной $l = 40\text{мм}$ согнули под прямым углом и подвесили к потолку, как показано на рис.49. Длина большей части $a = 30\text{мм}$. Найти угол α , составляемый этой частью с вертикалью.

проволоки

9.8. Шайбу массой $m = 10\text{кг}$ толкнули вверх по гладкой доске массой $M = 20\text{кг}$ и длиной $l = 3\text{м}$. Определить, какую минимальную скорость V_0 нужно сообщить шайбе, чтобы нижний конец доски оторвался от пола (рис.50), если $h = 1\text{м}$, $\alpha = 30^\circ$.

9.9. Доска массой $M = 6\text{кг}$, лежащая на столе, выступает за край стола на $\eta = 1/4$ своей длины (рис.51). Груз какой минимальной массы m нужно подвесить к свободному концу доски, чтобы при колебаниях груза доска могла оторваться от стола? Угол максимального отклонения груза равен 90° .

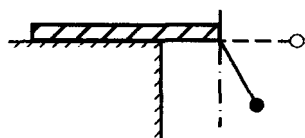


Рис. 51

9.10. На левом конце доски длиной $l = 1,5\text{м}$ и массой $M = 2,4\text{кг}$, лежащей на горизонтальном столе, находится шайба массой $m = 1,2\text{кг}$ (рис.52). Какую минимальную скорость V_0 необходимо сообщить шайбе, чтобы доска опрокинулась? Длина выступающей части доски $h = 0,5\text{м}$, коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,4$. Относительно стола доска не проскальзывает.

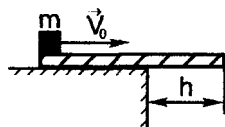


Рис. 52

9.11. Однородный брусок массы $m = 1,5\text{кг}$ движется с постоянной скоростью по горизонтальной поверхности под действием силы, приложенной к середине передней грани (рис.53). Найти силу \vec{Q} , действующую на брусок со стороны поверхности, и точку приложения этой силы. Коэффициент трения $\mu = 0,25$, $a = 20\text{см}$, $b = 12\text{см}$.

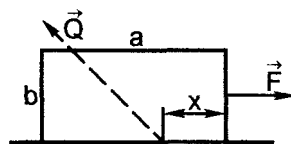


Рис. 53

9.12. На обруче прикреплен маленький груз массы $m = 50\text{г}$. Обруч может быть установлен неподвижно на наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ так, что груз находится на одной горизонтальной линии с центром обруча. Определить массу обруча M (без груза). (рис.54).

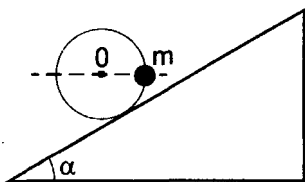


Рис. 54

9.13. Лыдина площадью поперечного сечения $S = 1\text{м}^2$ и высотой $H = 0,4\text{м}$ плавает в воде. Какую работу надо совершить, чтобы полностью погрузить лыдину в воду? Плотность льда $\rho = 800\text{кг/м}^3$.

9.14. Один конец нити закреплен на дне, а второй прикреплен к пробковому поплавку. При этом $\eta = 0,75$ всего объема поплавок по-

гружено в воду. Определить силу натяжения нити F , если масса поплавка $m = 2,0 \text{ кг}$ и плотность пробки $\rho = 0,25 \text{ г/см}^3$. Массой нити пренебречь.

9.15. Поршень массой $m = 1 \text{ кг}$ и сечением $S = 10 \text{ см}^2$ силой атмосферного давления ($P_0 = 100 \text{ кПа}$) прижат к верхнему торцу вертикально закрепленного цилиндра (рис.55). Поршень герметично прилегает к стенкам цилиндра и может скользить по ним без трения. Определить работу A , которую нужно совершить, чтобы "оторвать" поршень от торца цилиндра, растягивая пружину, прикрепленную к поршню. Жесткость пружины $k = 0,9 \text{ кН/м}$.

9.16. Тонкая палочка длиной $l = 40 \text{ см}$, сделанная из материала плотностью $\rho = 0,22 \text{ г/см}^3$, шарнирно подвешена к потолку на высоте h так, что нижний ее конец погружен в жидкость (рис.56) плотность которой $\rho_0 = 0,8 \text{ г/см}^3$. Определить длину погруженной части палочки l_0 .

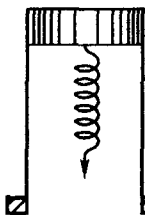


Рис. 55

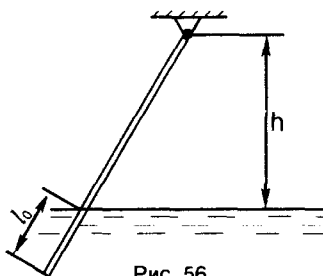


Рис. 56

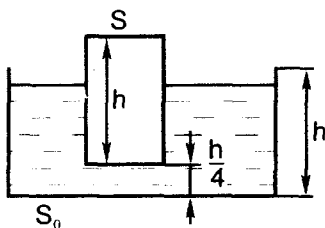


Рис. 57

9.17. Цилиндрическая пробирка с грузиком, имеющая площадь поперечного сечения $S = 1 \text{ см}^2$, плавает в воде вертикально, причем из воды высовывается часть пробирки высотой $h = 5 \text{ см}$. Какова минимальная плотность жидкости, в которой пробирка с грузиком не утонет, если суммарная масса пробирки и грузика $M = 20 \text{ г}$? Плотность воды $\rho_0 = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

9.18. В стакан, наполовину заполненный жидкостью плотностью ρ , опускают удерживаемый в вертикальном положении цилиндр, по высоте равный высоте стакана (рис.57). Цилиндр оказывается в равновесии, когда от его нижнего края до дна остается четверть высоты стакана. Чему равна плотность материала цилиндра, если его сечение S , а сечение стакана S_0 ? Трения нет.

9.19. В трех одинаковых сообщающихся сосудах находится ртуть (рис.58). В левый сосуд налили слой воды высотой $h_1 = 180 \text{ мм}$, а в правый - высотой $h_3 = 228 \text{ мм}$. На сколько сместится уровень ртути в среднем сосуде, если известно, что ртуть из левого и правого сосудов не вытесняется водой полностью? Плотность ртути $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.



Рис. 58

9.20. Однородный цилиндр длиной l плавает в вертикальном положении на границе двух не смешивающихся жидкостей с плотностями ρ_1 и ρ_2 , и делится этой границей пополам. Пренебрегая трением, найдите период малых вертикальных колебаний цилиндра.

10. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

10.1. Считая кристаллическую решетку железа кубической, вычислить среднее расстояние r между центрами соседних атомов железа. Плотность железа $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, молярная масса $\mu = 0,056 \text{ кг/моль}$.

10.2. Какое понадобится время τ , чтобы на поверхность стекла нанести слой серебра толщиной $d = 5 \text{ мкм}$, используя для этого атомарный пучок с концентрацией атомов серебра $n = 10^{18} \text{ м}^{-3}$, движущихся со скоростью $V = 0,39 \text{ км/с}$? Молярная масса серебра $\mu = 108 \text{ г/моль}$, плотность $\rho = 10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

10.3. Давление идеального одноатомного газа $P = 100 \text{ кПа}$. Средняя энергия одной молекулы такого газа $E = 3 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. Сколько молекул газа N содержится в объеме $V = 1 \text{ м}^3$?

10.4. Определить молярную массу μ воздуха земной атмосферы, состоящей из кислорода ($\mu_1 = 32 \text{ г/моль}$) и азота ($\mu_2 = 28 \text{ г/моль}$). Процентное содержание кислорода $\eta = 21\%$ по массе.

10.5. Определить плотность воздуха ρ вблизи поверхности Земли при стандартных условиях $P_0 = 0,101 \text{ МПа}$, $T_0 = 273 \text{ К}$. Молярная масса воздуха $\mu = 29 \text{ г/моль}$.

10.6. В баллоне объемом $V = 100 \text{ л}$ находится гелий под давлением $P_1 = 5 \text{ МПа}$ при температуре $T_1 = 300 \text{ К}$. Вентиль баллона дал течь, и, когда неисправность устранили, давление в баллоне оказалось рав-

ным $P_2 = 5,1 \text{ МПа}$, но температура повысилась до $T_2 = 340 \text{ К}$. Найти массу газа, вытекшего из баллона. Молярная масса гелия $\mu = 4 \text{ г/моль}$.

10.7. Найти при температуре $T = 300 \text{ К}$ среднеквадратичную скорость поступательного движения $V_{с.к.}$ молекулы водорода ($\mu = 2 \text{ г/моль}$) и пылинки массы $m = 0,1 \text{ мкг}$, взвешенной в воздухе.

10.8. Найти среднее расстояние между молекулами насыщенного водяного пара при температуре $t = 100^\circ \text{ C}$.

10.9. Два одинаковых сосуда, содержащие одинаковое число молекул азота, соединены краном. В первом сосуде средняя скорость молекул $V_1 = 400 \text{ м/с}$, а во втором $V_2 = 500 \text{ м/с}$. Какой будет эта скорость, если открыть кран, соединяющий сосуды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

10.10. После того как в комнате протопили печь, температура поднялась с $t_1 = 15^\circ \text{ C}$ до $t_2 = 27^\circ \text{ C}$. На сколько процентов изменилось число молекул в комнате?

10.11. В замкнутом сосуде находится идеальный газ. Как изменится его давление, если средняя скорость его молекул увеличилась на $\eta = 40\%$?

10.12. Найдите среднюю энергию атома аргона, если $\nu = 2 \text{ кмоль}$ этого газа в баллоне объемом $V = 10 \text{ л}$ создают давление $P = 1 \text{ МПа}$.

11. ГАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

11.1. Закрытый с обеих сторон цилиндрический сосуд длиной $L = 46 \text{ см}$ разделен на две равные части теплонепроницаемым поршнем. В обеих половинах сосуда находятся одинаковые массы газа при температуре $t = 27^\circ \text{ C}$. На сколько градусов надо повысить температуру газа в одной части цилиндра, чтобы поршень сместился на $l = 2 \text{ см}$?

11.2. В запаянной с одного конца стеклянной трубке длиной $l = 90 \text{ см}$ находится столбик воздуха, запертый сверху столбиком ртути высотой $h = 30 \text{ см}$, столбик ртути доходит до верхнего края трубки. Трубку осторожно переворачивают открытым концом вниз, причем часть ртути выливается. Какова высота столбика ртути, оставшейся в трубке, если атмосферное давление $H = 750 \text{ мм рт.ст.}$?

11.3. На рис.59 изображены графики изменения состояния идеального газа в круговых процессах. Каждый из указанных процессов изобразите в координатах P, T, V, T, P, V .

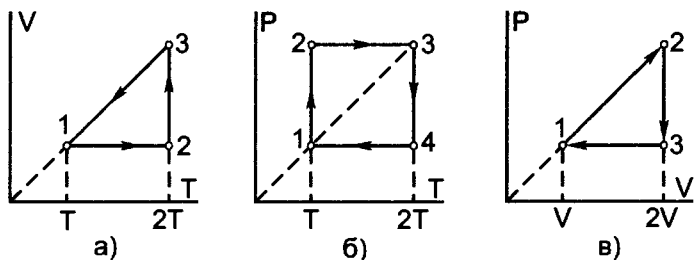


Рис. 59

11.4. В закрепленном под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту цилиндре с открытым верхним концом (рис.60) может без трения двигаться поршень массой $m = 1\text{кг}$ и площадью $S = 10\text{см}^2$, герметично прилегая к стенкам цилиндра. Под поршнем находится воздух. Поршень выдвигают настолько, чтобы объем воздуха, находящегося под ним, увеличился вдвое, и отпускают. Определить ускорение поршня в этот момент. Атмосферное давление $P_0 = 100\text{кПа}$. Температура воздуха постоянна.

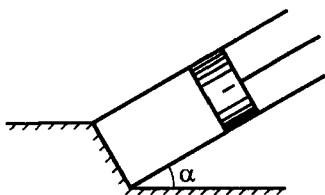


Рис. 60

11.5. При каждом ходе поршневой компрессор захватывает $V_0 = 10\text{дм}^3$ воздуха из атмосферы при нормальных условиях и нагнетает его в резервуар объемом $V = 10\text{м}^3$. Температура воздуха в резервуаре поддерживается постоянной и равной $T = 323\text{К}$. Сколько ходов должен сделать поршень компрессора, чтобы повысить давление в резервуаре до $P = 10P_0$, где P_0 - нормальное атмосферное давление?

11.6. Воздух находится под поршнем массой $m = 20\text{кг}$ и сечением $S = 20\text{см}^2$. После того, как сосуд стали двигать вверх с ускорением $a = 5\text{м/с}^2$, высота столба воздуха в сосуде уменьшилась на $n = 20\%$. Считая температуру воздуха внутри сосуда неизменной, найти атмосферное давление P_0 . Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь.

11.7. В баллонах объемом $V_1 = 12\text{ л}$ и $V_2 = 18\text{ л}$, соединенных короткой трубкой с краном (трубка вначале перекрыта), находятся газы - кислород и гелий под давлением $P_1 = 21\text{ атм}$ и $P_2 = 45\text{ атм}$ соответственно при одинаковой температуре $T = 300\text{ К}$. Найти установившееся давление P в смеси газов, образовавшейся после открывания крана, и плотность смеси газов. Молярные массы кислорода и гелия $\mu_1 = 32\text{ г/моль}$ и $\mu_2 = 4\text{ г/моль}$.

11.8. В цилиндрическом сосуде под невесомым поршнем находится газ при температуре $T_1 = 300\text{ К}$. Высота столба газа $H = 0,5\text{ м}$. Над поршнем, герметично прилегающим к гладким стенкам цилиндра, налита ртуть, заполняющая сосуд до краев. Высота столба ртути $h = 0,2\text{ м}$. До какой температуры T_2 следует медленно нагреть газ под поршнем, чтобы ртуть из сосуда вылилась? Плотность ртути $\rho = 13,6 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$, атмосферное давление $P_0 = 10^5\text{ Па}$.

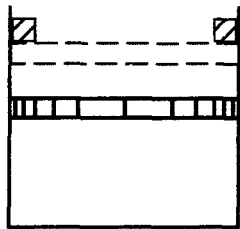


Рис. 61

11.9. В цилиндре с площадью сечения $S = 5\text{ см}^2$ массы $M = 1\text{ кг}$ находится газ. При увеличении абсолютной температуры газа в $n = 1,5$ раза поршень поднимается вверх и упирается в уступы. При этом объем газа увеличивается в $k = 1,2$ раза. Определить силу, с которой поршень давит на уступы. Атмосферное давление $P_0 = 100\text{ кПа}$ (Рис.61).

11.10. В баллоне объемом $V = 10\text{ л}$ содержится водород при температуре $t = 20^\circ\text{ С}$ под давлением $P = 10\text{ МПа}$. Какая масса водорода Δm была выпущена из баллона, если при полном сгорании газа образовалось $m = 50\text{ г}$ воды.

11.11. Цилиндр разделен на два равных отсека перегородкой с отверстием, закрытым пробкой. Пробка вылетает при перепаде давлений ΔP . С одного конца цилиндр закрыт наглухо, с другого - поршнем. В обоих отсеках в начальный момент времени находится газ под давлением P . Поршень начинают медленно вытягивать, так что температура газа не меняется. После вылета пробки движение прекращают. Найдите установившееся давление в сосуде.

11.12. В замкнутом сосуде к верхней стенке на пружине жесткостью $k = 4\text{ Н/м}$ подвешена сфера объемом $V = 2\text{ л}$. На какую высоту поднимется сфера, если при постоянной температуре $t = 17^\circ\text{ С}$ давление воздуха в сосуде повысить от $P_1 = 100\text{ кПа}$ до $P_2 = 500\text{ кПа}$?

Молярная масса воздуха $\mu = 29 \text{ г/моль}$.

11.13 В баллонах, объемы которых $V_1 = 5 \text{ л}$ и $V_2 = 10 \text{ л}$, находятся одинаковые массы одного и того же газа при давлении $P_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и $P_2 = 0,25 \text{ МПа}$ соответственно. Баллоны соединены короткой трубкой с краном (вначале закрыт). Найти установившееся давление P в газе после открывания крана. Баллоны и трубка с краном теплоизолированы.

11.14 Сосуд емкостью $V = 200 \text{ л}$ разделен пополам полупроницаемой перегородкой. В одну половину введена масса $m_1 = 2 \text{ г}$ водорода ($\mu_1 = 2 \text{ г/моль}$) и $m_2 = 28 \text{ г}$ азота ($\mu_2 = 28 \text{ г/моль}$), в другой половине - вакуум. Через перегородку может диффундировать только водород. Во время процесса поддерживается температура $T = 373 \text{ К}$. Какие давления P_1 и P_2 установятся в обеих частях сосуда?

11.15 В сосуде находится смесь азота и водорода. При температуре T , когда азот полностью диссоциировал на атомы, а диссоциацией водорода еще можно пренебречь, давление в сосуде равно P . При температуре $2T$, когда оба газа полностью диссоциировали, давление в сосуде равно $3P$. Каково отношение n чисел атомов азота и водорода в смеси?

11.16. Определите относительную влажность f воздуха находящегося в баллоне емкостью $V = 83 \text{ л}$, при температуре $t = 100^\circ \text{ C}$, если до полного насыщения пара понадобилось испарить в этот объем дополнительно $\Delta m = 18 \text{ г}$ воды.

12. ТЕРМОДИНАМИКА ГАЗОВЫХ ПРОЦЕССОВ.

12.1. В цилиндре под легким поршнем площадью $S = 50 \text{ см}^2$ находится воздух при температуре $T = 300 \text{ К}$. Поршень расположен на высоте $H = 0,6 \text{ м}$ от основания цилиндра. На поршне лежит гиря массой $m = 10 \text{ кг}$. Какую работу A совершит газ, если его нагреть на $\Delta T = 50 \text{ К}$? Атмосферное давление $P_0 = 10^5 \text{ Па}$.

12.2. Газ совершает круговой процесс, состоящий из 4-х простых процессов: изобарического расширения 1-2, изохорического охлаждения 2-3, изобарического сжатия 3-4 и изохорического нагревания 4-1. Температура газа в состоянии 2 в $n = 4$ раза превышает температуру в состоянии 4, а температура в состояниях 1 и 3 одинакова. Во сколько раз k величина работы расширения газа A_{1-2} превышает ве-

личину работы сжатия A_{3-4} ?

12.3. Два моля ($\nu = 2$) идеального газа изобарически расширяются, увеличивая объем в $n = 2$ раза. Затем газ изохорически охлаждается до первоначальной температуры. Работа, совершенная газом, при этом равна $A = 4,15 \text{ кДж}$. Найти максимальное значение температуры T газа во время этого процесса.

12.4. Сосуд содержит $m = 1,28 \text{ г}$ гелия при температуре $t = 27^\circ \text{C}$. Во сколько раз изменится средняя квадратичная скорость молекул гелия, если его адиабатически сжать, совершив работу $A = 252 \text{ Дж}$.

12.5. Цилиндр разделен на две равные части теплоизолирующим поршнем, связанным с каждым дном пружиной. При этом обе пружины находятся в ненапряженном состоянии. Вначале азот, заполняющий левую часть цилиндра, и гелий, заполняющий правую часть цилиндра, находятся при одинаковой температуре T . Когда азот нагрели до температуры T_1 , он занял $3/4$ цилиндра. При какой температуре T_2 азот займет $7/8$ длины цилиндра? Температура гелия равна T .

12.6. Совершенная одноатомным газом в количестве $\nu = 2,5$ моль работа в процессе его изобарического нагревания равна $A = 0,208 \text{ кДж}$. Найти повышение температуры газа ΔT , а также приращение его внутренней энергии ΔU и количество теплоты Q , подведенной к нему.

12.7. В цилиндре с площадью основания $S = 100 \text{ см}^2$ находится газ при температуре $t = 27^\circ \text{C}$. На высоте $h = 30 \text{ см}$ от основания цилиндра расположен невесомый поршень, на котором лежит груз массой $m = 60 \text{ кг}$. Какую работу совершит газ при расширении, если его температуру медленно повысить на $\Delta t = 50^\circ \text{C}$? Атмосферное давление $P_0 = 10^5 \text{ Па}$.

12.8. Газообразный водород массой $m = 1 \text{ кг}$ при начальной температуре $T_1 = 300 \text{ К}$ охлаждают изохорически так, что его давление падает в $\eta = 3$ раза. Затем газ расширяют при постоянном давлении. Найти произведенную газом работу, если в конечном состоянии его температура стала равной первоначальной.

12.9. Газообразный водород массой $m = 0,1 \text{ кг}$ совершает круговой процесс (цикл) 1-2-3-1, изображенный на графике зависимости объема от температуры (рис.62). Изобразить этот же цикл на графике зависимости давления от объема. Найти произведенную газом рабо-

ту A на участке 1-2, если $T_1 = 300\text{K}$, $V_2 = 3V_1$.

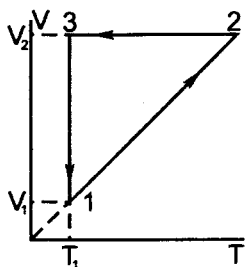


Рис. 62

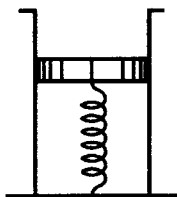


Рис. 63

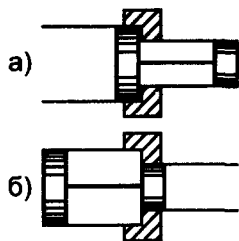


Рис. 64

12.10. Посередине горизонтальной трубы, открытой с обоих концов, находится поршень площадью поперечного сечения $S = 1,5\text{дм}^2$ и массой $m = 7,9\text{кг}$, герметично прилегая к гладким стенкам трубы. Трубу закрывают с торцов и располагают вертикально. На сколько ΔT понадобится нагреть воздух под поршнем, чтобы вернуть его в прежнее положение? Атмосферные условия стандартные. Поршень и труба теплонепроницаемые.

12.11. В цилиндре, открытом сверху, может без трения двигаться поршень массой $m = 10\text{кг}$, герметично прилегая к стенкам цилиндра. Пружиной жесткостью $k = 2\text{кН/м}$ поршень соединен с нижним торцом цилиндра. Площадь сечения поршня $S = 1\text{дм}^2$. Когда температура газа под поршнем $T_1 = 250\text{K}$, пружина сжата вдвое против длины $l_0 = 0,2\text{м}$ в недеформированном состоянии. К массе газа под поршнем начинают подводить тепло. Найти работу A , произведенную газом, к моменту, когда пружина станет растягиваться. Найти также число молей газа под поршнем. Атмосферное давление $P_0 = 0,1\text{МПа}$ (рис.63).

12.12. В гладкой горизонтально закрепленной трубе, профиль которой показан на рис.64, находятся в равновесии два поршня, герметично прилегающие к стенкам трубы и соединенные невесомой жесткой тягой длиной $l = 0,4\text{м}$. В объеме между поршнями, площади сечения которых $S_1 = 0,1\text{м}^2$ и $S_2 = 0,3\text{м}^2$, находится газ, который начинают очень медленно нагревать. Определить, на сколько изменится внутренняя энергия газа ΔU , когда поршни переместятся из начального положения (рис.64,а) в конечное (рис.64,б). Теплоемкость массы газа $c = 40\text{Дж/К}$. Атмосферное давление $P_0 = 0,1\text{МПа}$, начальная температура газа $T_1 = 250\text{K}$.

12.13. Два легких поршня вставлены в открытую с двух сторон трубку, имеющую сечение $S = 10 \text{ см}^2$, и могут перемещаться без трения. Давление и температура между поршнями и снаружи одинаковы и равны $P_0 = 10^5 \text{ Н/м}^2$ и $t = 27^\circ \text{ С}$. До какой температуры t_1 нужно нагреть воздух между поршнями, чтобы нить, связывающая поршни, порвалась (нить выдерживает натяжение не более $F = 30 \text{ Н}$)?

12.14. На рис.65 показан круговой процесс 1-4 (цикл) некоторой массы газа на диаграмме (P, V) . Изобразить этот процесс на диаграмме (P, T) , т.е. в координатах (P, T) . Определить: положительную или отрицательную работу совершает газ при выполнении цикла.

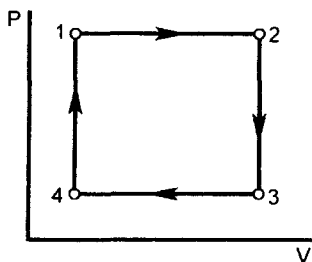


Рис. 65

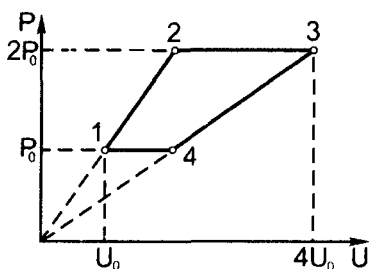


Рис. 66

12.15. Один моль идеального газа совершает цикл, изображенный на рис.66 в координатах P и U , где P - давление, U - внутренняя энергия газа. Определите КПД цикла.

12.16. Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с кипящей водой при температуре $t_1 = 100^\circ \text{ С}$, а в качестве холодильника - сосуд со льдом при $t_2 = 0^\circ \text{ С}$. Какая масса льда растает при совершении машиной работы $A = 10^6 \text{ Дж}$? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 334 \text{ кДж/кг}$.

12.17. Гелий (He) и водород (H_2) находятся в теплоизолированном цилиндре под поршнем. Объем, занимаемый смесью газов. $V_0 = 1 \text{ л}$, давление $P_0 = 37 \text{ атм}$. При адиабатическом расширении смеси относительное уменьшение температуры составило 75%. Найдите работу, совершенную при этом смесью газов, если масса водорода в 1,5 раза больше массы гелия. Внутренняя энергия моля гелия равна $U_1 = 3/2 RT$, водорода - $U_2 = 5/2 RT$, где T - абсолютная температура, R - газовая постоянная. Молярные массы гелия и водорода равны соответственно $\mu_1 = 4 \text{ г/моль}$ и $\mu_2 = 2 \text{ г/моль}$.

12.18. На горизонтальном участке пути длиной $L = 3\text{ км}$ скорость поезда увеличилась от $V_1 = 36\text{ км/ч}$ до $V_2 = 72\text{ км/ч}$. Какое количество топлива израсходовал двигатель локомотива на этом участке, если суммарная масса поезда и локомотива $M = 1000\text{ т}$, коэффициент трения $\mu = 0,005$, удельная теплота сгорания топлива $q = 42\text{ МДж/кг}$, коэффициент полезного действия двигателя $\eta = 30\%$. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10\text{ м/с}^2$.

12.19. При соблюдении некоторых условий можно нагреть воду при нормальном атмосферном давлении до температуры выше $T_K = 373\text{ К}$ без того, чтобы вода закипела (перегретая вода). Пробирку, содержащую $m = 100\text{ г}$ перегретой воды при $T = 382\text{ К}$ и нормальном атмосферном давлении, слегка встряхивают, отчего происходит бурное вскипание воды. Найти массу выкипевшей воды m' . Удельная теплоемкость воды в указанном интервале температур $c = 4,2\text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$, удельная теплота парообразования $\lambda = 2,3\text{ МДж/кг}$.

12.20. Под невесомым поршнем в цилиндре находится $m = 1\text{ кг}$ воды при температуре $t_1 = 0^\circ\text{С}$. В воду опускают кусок железа массой $m_0 = 1\text{ кг}$, нагретый до температуры $t_2 = 1100^\circ\text{С}$. На какую высоту h поднимается поршень? Атмосферное давление $P_0 = 1\text{ атм}$, удельная теплоемкость железа $c = 0,5\text{ Дж/(г} \cdot \text{К)}$, площадь поршня $S = 1000\text{ см}^2$. Теплоотдачей и теплоемкостью цилиндра пренебречь.

13. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ ПО МЕХАНИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ

13.1. Внутри трубы, наполненной воздухом и закрытой с обоих торцов, может скользить без трения поршень массой $m = 4\text{ кг}$, герметично прилегающий к внутренним стенкам трубы. В горизонтально лежащей трубе поршень занимает среднее положение, а давление воздуха в трубе $P = 1,25\text{ кПа}$. Площадь поршня $S = 200\text{ см}^2$. Определить отношение объемов воздуха V_2/V_1 по обе стороны от поршня в трубе, соскальзывающей по наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом (рис.67). Коэффициент трения между трубой и наклонной плоскостью равен $\mu = 0,25$, температура воздуха в трубе постоянна.

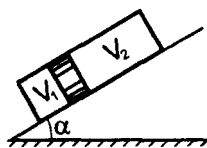


Рис. 67

13.2. В закрытом с обоих торцов цилиндре объемом $V = 1,2 \text{ л}$ находится воздух при давлении $P_0 = 100 \text{ кПа}$. Цилиндр разделен на две одинаковые половины тонким поршнем массы $m = 0,1 \text{ кг}$. Длина цилиндра $2l = 0,4 \text{ м}$. Цилиндр привели во вращение с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину (рис.68). Найти ω , если поршень оказался на расстоянии $r = 0,1 \text{ м}$ от оси вращения. Трения нет. Температура постоянна.

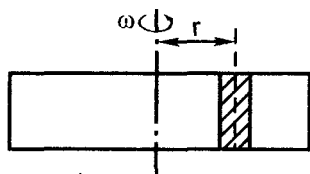


Рис. 68

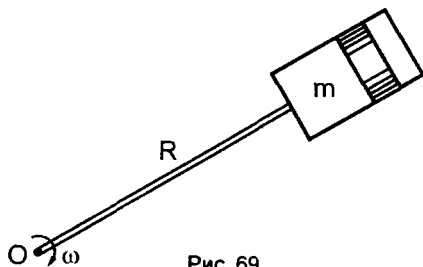


Рис. 69

13.3. Поршень массой $m = 8,1 \text{ кг}$, находящийся посередине короткой вертикальной покоящейся трубы диаметром $d = 80 \text{ мм}$, открытой снизу и закрытой сверху, герметично прилегает к ее гладким стенкам. Трубу разгоняют с медленно нарастающим вертикальным ускорением. Найти ускорение поршня \bar{a} , когда он вылетит из трубы. Атмосферное давление P_0 нормальное, температура газа под поршнем постоянна.

13.4. В горизонтальной плоскости расположен цилиндр объемом V , укрепленный на штанге длиной R (рис.69). Длина штанги много больше размеров цилиндра. Штанга может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через точку O . В цилиндре находится поршень массы m , который может передвигаться без трения, плотно прилегая к стенкам цилиндра. Площадь дна цилиндра S . Определить отношение объемов η , на которые поршень разделит весь объем V цилиндра, при вращении штанги с угловой скоростью ω , если первоначальное давление в обеих частях цилиндра P_0 .

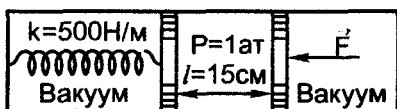


Рис. 70

13.5. Правый поршень изотермически передвинули на место левого (рис.70). На сколько переместится левый? Площадь поршня $S = 0,1 \text{ м}^2$.

13.6. Цилиндрическая пробирка длиной $l = 30\text{ см}$, содержащая некоторое количество воздуха при температуре $T_1 = 300\text{ К}$, полностью погружена в глицерин, плотность которого $\rho = 1,3\text{ г/см}^3$. При этом поверхность глицерина внутри трубки находится в ее середине (рис.71,а). Пробирку вынимают из глицерина так, что она едва касается поверхности жидкости открытым концом. Как и насколько следует изменить температуру воздуха в пробирке, чтобы глицерин по-прежнему заполнял половину ее объема (рис.71,б). Внешнее давление равно $P_0 = 10^5\text{ Па}$.

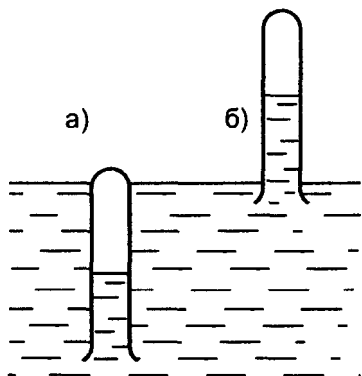


Рис. 71

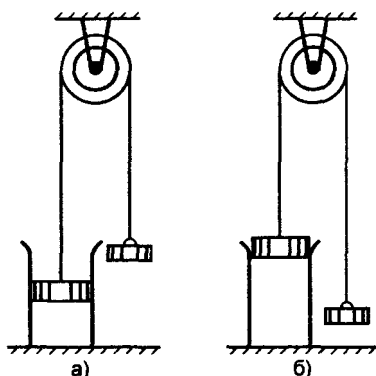


Рис. 72

13.7. В вертикально закрепленном цилиндре с гладкими стенками высотой $H = 0,5\text{ м}$ находится теплонепроницаемый поршень массой $m = 10\text{ кг}$ и площадью сечения $S = 2\text{ дм}^2$, герметично прилегающий к стенкам цилиндра и занимающий среднее положение (рис.72,а). К поршню прикреплен тонкий вертикальный канатик, перекинутый через блок. Когда к свободному концу канатика подвешивают груз массой $M = 20\text{ кг}$, система приходит в движение и поршень вылетает из цилиндра со скоростью $V = 0,5\text{ м/с}$ (рис.72,б). Найти работу A , совершенную газом, находящимся под поршнем, за время его движения в цилиндре. Наружное давление $P_0 = 1\text{ кПа}$.

13.8. Герметичный шар-зонд, изготовленный из нерастягивающегося материала, должен поднять аппаратуру массой $M = 10\text{ кг}$ на высоту около $5,5\text{ км}$, где плотность воздуха ($\mu_B = 29\text{ г/моль}$) вдвое меньше, чем у поверхности Земли. Шар наполняют гелием ($\mu_{He} = 4\text{ г/моль}$) при внешних условиях (температура $T = 300\text{ К}$,

давление $P = 1 \text{ атм}$). Объем шара $V = 100 \text{ м}^3$. Определите массу квадратного метра материала оболочки шара. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.

13.9. В вертикальном закрытом цилиндре находится идеальный газ, разделенный на две части тяжелым поршнем, который может перемещаться без трения. В нижней части цилиндра масса газа вдвое больше, чем в верхней. При температуре T , одинаковой во всем цилиндре, объем нижней части цилиндра равен объему верхней части. Каким будет отношение объемов η , если температуру газа увеличить в 2 раза?

13.10. В цилиндрическом сосуде 1 под поршнем массой $m = 5 \text{ кг}$ находится одноатомный идеальный газ (рис.73). Сосуд 1 соединен трубкой, снабженной краном, с таким же сосудом 2, в котором под поршнем массой $M = 10 \text{ кг}$ находится такой же газ. Сосуды и трубка теплоизолированы. В начальном состоянии кран K закрыт, температура газа в обоих сосудах одинакова, поршень в сосуде 2 расположен на высоте $H = 10 \text{ см}$ от дна. На какое расстояние h передвинется поршень в сосуде 1 после открывания крана? Объемом трубки с краном можно пренебречь, атмосферное давление не учитывайте.

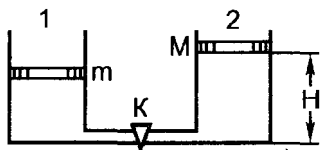


Рис. 73

14. НАПРЯЖЕННОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

14.1. Два шарика с одинаковыми зарядами и массами $m = 0,1 \text{ г}$ соединены двумя нитями, одна из которых ($l = 10 \text{ см}$) в два раза короче другой. Когда систему потянули вертикально вверх за середину длинной нити с ускорением $a = 0,3 \text{ м}/\text{с}^2$, натяжение в короткой нити практически исчезло. Найти заряд q шарика.

14.2. Посередине между зарядами q_1 и q_2 напряженность поля $E_0 = 7,2 \text{ кВт}/\text{м}$, а в равноудаленных от них точках напряженность поля параллельна указанному вектору E_0 . Определить заряды q_1 и q_2 , если расстояние между ними $a = 20 \text{ см}$. Какова напряженность поля E в точках, расположенных на одинаковом расстоянии a от каждого заряда?

14.3. Два небольших шарика с одинаковыми массами m и зарядом q соединены нерастяжимым стержнем малой массы и длины l . Эти шарики соединены с закрепленным шариком с зарядом q нитями длиной l (рис. 74). Найти ускорение шариков A и B непосредственно после пережигания нити AC .

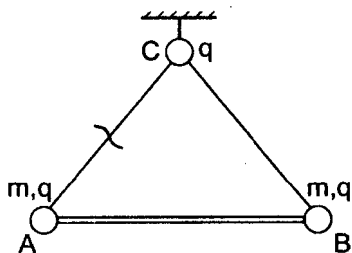


Рис. 74

14.4. На шелковой нити подвешен маленький шарик массой $m = 300 \text{ мг}$. Шарикун сообщен заряд $q = 3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Как близко надо поднести к нему равный ему заряд, чтобы сила натяжения нити уменьшилась втрое?

14.5. На оси очень тонкого нейтрального металлического диска радиусом $R = 10 \text{ мм}$ на расстоянии $r = 1 \text{ м}$ от него находится точечный заряд $q = 40 \text{ нКл}$. Найти заряд q' , индуцированный на задней поверхности диска, и напряженность поля E' вблизи этой поверхности.

14.6. Электрическое поле создано двумя точечными разноименными зарядами, одинаковыми по абсолютной величине и находящимися в однородной среде на расстоянии $l = 10 \text{ см}$ друг от друга. В точке поля, удаленной на l от первого и $2l$ от второго зарядов, напряженность $E_1 = 30 \text{ В/м}$, а потенциал ϕ_1 отрицателен. Найти потенциал ϕ_2 в точке, расположенной на расстояниях $2l$ от первого и l от второго зарядов.

14.7. Два разноименных точечных заряда, одинаковых по абсолютной величине, находятся на расстоянии $S = 20 \text{ мм}$ друг от друга. В точке пространства, отстоящей на расстояниях $r_1 = 10 \text{ мм}$ от одного и $r_2 = 30 \text{ мм}$ от другого зарядов, потенциал электрического поля равен $\phi_0 = 0,075 \text{ В}$. Определить напряженность E электрического поля в указанной точке пространства.

14.8. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы точечный заряд $q = 29 \text{ нКл}$ из бесконечности перенести в точку электростатического поля, находящуюся на расстоянии $S = 90 \text{ мм}$ от поверхности металлического шара радиусом $R = 24 \text{ мм}$, заряженного до потенциала $\phi_0 = 23 \text{ кВ}$?

14.9. Металлический шар радиуса R_1 , заряженный до потенциала

φ , окружают concentрической проводящей оболочкой радиуса R_2 . Чему станет равен потенциал шара, если заземлить внешнюю оболочку? Соединить шар с оболочкой проводником?

14.10. Точечный заряд ($q < 0$) находится в центре нейтральной металлической оболочки, образованной concentрическими сферами радиусов R и $2R$. Найти напряженность поля E и потенциал φ на расстоянии r от центра оболочки. Построить графики $E(r)$ и $\varphi(r)$ ($0 < r < \infty$).

14.11. Чему равна потенциальная энергия взаимодействия трех одинаковых точечных зарядов q , расположенных в углах равностороннего треугольника со стороной l ? Какую работу нужно совершить, чтобы эти заряды расположить в цепочку на расстоянии $2l$ друг от друга?

15. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

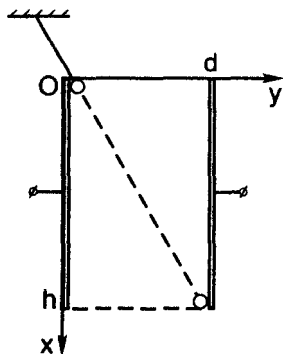


Рис. 75

15.1. Однородное электрическое поле создано разноименно заряженными вертикальными пластинами высотой $h = 50$ см, расположенными на расстоянии $d = 20$ мм друг от друга (рис.75). Небольшой шарик массой $m = 20$ г с зарядом $q = 8$ нКл в начале удерживают на тонкой нити вблизи верхнего края одной из пластин. После пережигания нити шарик ударяется о нижний край другой пластины. Записать закон движения шарика $x(t)$, $y(t)$. Найти уравнение траектории $y(x)$ и напряженность поля E между пластинами. Сопротивлением воздуха пренебречь.

15.2. В однородном электрическом поле напряженностью $E = 10^2$ В/см на легкой нити удерживается шарик массой $m = 1$ г и зарядом $q = +10^{-5}$ Кл (рис.76). Найти разность натяжений нити в положении равновесия шарика для двух случаев: 1) шарик

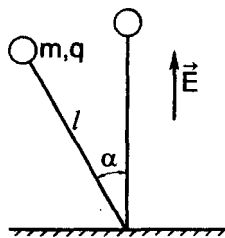


Рис. 76

проходит через положение равновесия, будучи предварительно отклонен на угол $\alpha = 60^\circ$ от положения равновесия; 2) шарик покоится в положении равновесия. Силовые линии электрического поля вертикальны.

15.3. Частицы массой m с зарядами q , влетают в плоский конденсатор длины l под углом α к плоскости пластин, а вылетают под углом β (рис.77). Определить первоначальную кинетическую энергию частиц, если напряженность поля внутри конденсатора E .



Рис. 77

15.4. Протон с кинетической энергией $K_0 = 0,2 \text{ кэВ}$ испытывает лобовое соударение с другим протоном, вначале покоившимся. Найти наименьшее расстояние r_m , на которое сблизятся оба протона, и наибольшее их ускорение a_0 .

15.5. Два заряженных шарика массами $m = 2g$ каждый подвешены к одному крючку на нитях одинаковой длины и связаны третьей нитью той же длины. Если третью нить пережечь, то шарики, отталкиваясь, поднимаются на максимальную высоту, при которой нити подвеса горизонтальны. Найти силу натяжения нитей T и ускорения шариков a в этот момент.

15.6. Закрепленному в горизонтальной плоскости тонкому проводочному кольцу радиусом $R = 12 \text{ см}$ сообщен электрический заряд $Q = 1,2 \text{ мкКл}$. Из центра кольца отпускают без начальной скорости небольшой шарик с массой $m = 8,3 \text{ кг}$ и зарядом $q = 0,22 \text{ мкКл}$. Найти скорость V шарика на расстоянии $h = 7,5 \text{ см}$ от начального его положения. Каково ускорение a шарика в данный момент падения?

15.7. Два небольших тела, связанных нитью длиной $l = 10 \text{ см}$, лежат на горизонтальной плоскости. Заряд каждого тела равен $q = 10^{-6} \text{ Кл}$. Масса равна $m = 10g$. Нить пережигают и тела начинают скользить по плоскости. Какую максимальную скорость V_m разовьют тела, если коэффициент трения $\mu = 0,01$?

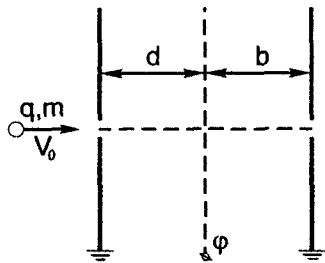


Рис. 78

15.8. На расстояниях d от левой и b

от правой заземленных пластин параллельно им расположена неза-
ряженная сетка (рис.78). Через малые отверстия в пластинах проле-
тают частицы с зарядом q и массой m , скорость которых \vec{V}_0 перпен-
дикулярна пластинам. На сколько изменится время пролета этих час-
тиц, если на сетку подать потенциал ϕ ?

15.9. В некоторый момент времени протон и α - частица покоятся
на расстоянии $a = 1\text{ нм}$ друг от друга. С какими скоростями будут
двигаться эти частицы, когда расстояние между ними удвоится? Масса
протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, его заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

15.10. Шарик массой $m = 10\text{ г}$, несущий заряд $q = 8 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$, бро-
сают горизонтально в вакуумной камере на высоте $h = 0,6\text{ м}$ над по-
лом. В камере создано вертикальное электрическое поле напряжен-
ностью $E = 10^5 \text{ В/м}$. При перемене направления этого поля на про-
тивоположное дальность полета (по горизонтали) возрастает на
 $\Delta x = 0,6\text{ м}$. Определите скорость бросания шарика.

15.11. Легкий стержень длины $l = 60\text{ мм}$ с закрепленными на его

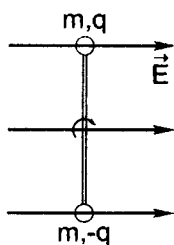


Рис. 79

концах маленькими шариками может вращаться без
трения в вертикальной плоскости вокруг оси, про-
ходящей через его середину (рис.79). Масса шарик-
ков $m = 1\text{ г}$, а их заряды одинаковы по абсолютной
величине ($q = 50\text{ нКл}$) и противоположны по знаку.
Система удерживается в горизонтальном однород-
ном электрическом поле напряженностью
 $E = 10\text{ кВ/м}$, перпендикулярной к оси и первоначаль-
ному положению стержня. Найти максимальную
угловую скорость ω_0 вращения стержня, если его
отпустить.

15.12. В горизонтальном однородном электрическом поле напря-
женностью $E = 15\text{ кВ/м}$ на нити длиной $l = 20\text{ см}$ подвешен заря-
женный шарик массы $m = 25\text{ мг}$. Шарик отвели в нижнее положение
(нить вертикальна) и отпустили, после чего он начал двигаться в на-
правлении вектора E , и нить отклонилась на максимальный угол
 $\alpha = 60^\circ$. Найти заряд q шарика и его максимальную скорость V_m .

16. КОНДЕНСАТОРЫ

16.1. Металлический шар радиусом $R = 10\text{см}$, заряженный до потенциала $\varphi_0 = 20\text{кВ}$, разрядили через гальванометр на незаряженный проводник M , находящийся на большом удалении от шара. Через гальванометр прошел заряд $\Delta q = 0,1\text{мкКл}$. Определить емкость C проводника M .

16.2. Какой станет емкость C_1 плоского конденсатора, если параллельно его обкладкам внести металлическую пластину толщиной $\Delta = 10\text{мм}$? Начальная емкость $C = 1,5\text{нФ}$, расстояние между пластинами $d = 15\text{мм}$. Во сколько раз n уменьшится разность потенциалов между пластинами конденсатора, заряженного и отключенного от источника?

16.3. В изображенной на рис.80 схеме $U_0 = 4\text{В}$, $C_3 = C_1 = C_2 = C$, $C_4 = 2C$ ($C = 1\text{мкФ}$), $R = 10\text{Ом}$. Определить заряд на каждом из конденсаторов. Какие токи протекали через сопротивления R в момент подключения схемы к источнику постоянного напряжения? До замыкания ключа K все конденсаторы были незаряженными.

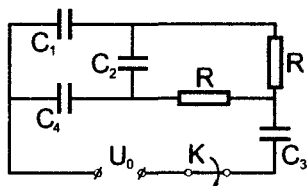


Рис. 80

16.4. До замыкания ключа K в цепи, изображенной на рис.81, конденсатор емкостью $C_1 = 0,1\text{мкФ}$ был заряжен до $U = 0,5\text{кВ}$, а конденсатор емкостью $C_2 = 0,4\text{мкФ}$ не заряжен. Найти повышение ΔU внутренней энергии теплоизолированного высокоомного резистора R после замыкания цепи ключом K .

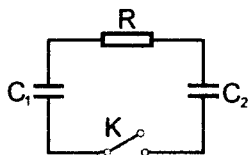


Рис. 81

16.5. Между вертикально расположенными обкладками плоского конденсатора емкостью $C_0 = 50\text{нФ}$, заряженного до напряжения $U_0 = 10\text{кВ}$, поместили пластину массы $m = 10\text{г}$ и диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 11$ (рис.82). Пластина полностью перекрывает объем между обкладками. Если ее отпустить, она выпадает из конденсатора. С какой

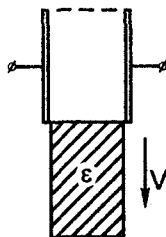


Рис. 82

скоростью V будет двигаться пластина в момент полного выхода из конденсатора? Высота пластины и обкладок $l = 5\text{ см}$. Трением и сопротивлением пренебречь.

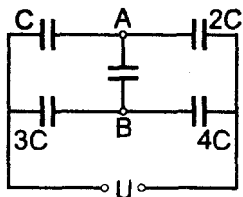


Рис. 83

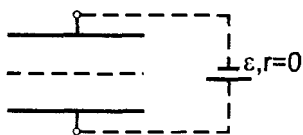


Рис. 84

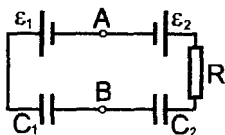


Рис. 85

16.6. Определите заряд конденсатора, подключенного между точками А и В, если $U = 71\text{ В}$, $C = 1,5\text{ мкФ}$ (рис.83).

16.7. Плоский воздушный конденсатор емкостью $C_0 = 5\text{ нФ}$ заряжен до напряжения $\varepsilon = 2\text{ В}$. Какую работу нужно совершить, чтобы, раздвигая обкладки, увеличить расстояние между ними в $n = 2$ раза (рис.84)? Рассмотреть случаи: а) конденсатор заряжен и отключен от источника; б) конденсатор остается подключенным к источнику.

16.8. В изображенной на рис.85 схеме найти разность потенциалов между точками А и В ($\varphi_A - \varphi_B$), если $\varepsilon_1 = 6\text{ В}$, $\varepsilon_2 = 3\text{ В}$, $C_1 = 1\text{ мкФ}$, $C_2 = 2\text{ мкФ}$. До подключения конденсаторов к источникам они были незаряженными.

16.9. Конденсатор емкости C , заряженный до напряжения 4ε , разряжается через резистор с большим сопротивлением R и батарею с ЭДС ε . Найти количество теплоты Q , выделившееся при разряде конденсатора (рис.86).

16.10. Три воздушных конденсатора емкостью $C_0 = 1\text{ мкФ}$ каждый соединены последовательно. Конденсаторы заряжены и отключены от источника. Заряд этой батареи $Q_0 = 10^{-4}\text{ Кл}$. Затем пространство между обкладками одного из конденсаторов полностью заполняют диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$. Найдите энергию, запасенную в электрическом

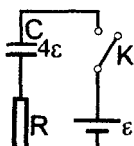


Рис. 86

поле этих конденсаторов, и напряжение на зажимах батареи после заполнения диэлектриком.

16.11. Плоский воздушный конденсатор, пластины которого расположены горизонтально, наполовину залит жидким диэлектриком с проницаемостью ε . Какую часть конденсатора надо залить этим же

диэлектриком при вертикальном расположении пластин, чтобы емкости в обоих случаях были одинаковы ?

16.12. Электрическая цепь состоит из включенных последовательно источника постоянного напряжения с внутренним сопротивлением $r = 30 \text{ Ом}$, резистора сопротивлением $R = 470 \text{ Ом}$, плоского воздушного конденсатора, площадь пластин которого равна $S = 200 \text{ см}^2$, а расстояние между пластинами можно изменять. Если расстояние между пластинами $d = 1 \text{ см}$, то заряд конденсатора $Q = 8,85 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$. Какой силы ток будет протекать через резистор, если пластины сдвинуть до соприкосновения? Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-10} \text{ Ф/м}$.

17. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

17.1. Электронная пушка создает пучок электронов диаметром $d = 2 \text{ мм}$. За любое время $\tau = 1 \text{ с}$ через поперечное сечение пучка проходит $N = 2 \cdot 10^{18}$ электронов. Определить направление и силу I тока, а также плотность j тока в пучке.

17.2. По условию задачи 17.1 найти концентрацию n электронов в пучке, если их кинетическая энергия $K = 1 \text{ кэВ}$. Масса электрона $m = 0,91 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$.

17.3. Электрический ток плотностью $j = 10 \text{ А/мм}^2$ протекает по двум одинаковой длины $l = 1 \text{ м}$ проволочкам - медной (удельное сопротивление $\rho_1 = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$) и нихромовой ($\rho_2 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$), с одинаковым сечением $S = 1 \text{ мм}^2$. Найти напряженность электрического поля E в обеих проволочках и разность потенциалов U на их концах. Какова скорость дрейфа электронов в медной проволочке? Концентрация свободных электронов равна концентрации атомов меди; молярная масса меди $\mu = 64 \text{ кг/кмоль}$, ее плотность $d = 8,9 \text{ г/см}^3$.

17.4. Сила тока, характеризующая поток электронов в электронно-лучевой трубке, $I = 400 \text{ мкА}$, ускоряющее напряжение $U = 10 \text{ кВ}$, отношение заряда к массе электрона $\gamma = 1,7 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$. Найдите силу давления F электронного луча на экран трубки, полагая, что все электроны поглощаются экраном.

17.5. Космический корабль разгоняется с помощью ионного реактивного двигателя, выбрасывающего двухвалентные ионы кислоро-

да O^{2+} , ускоренные напряжением $U = 500 \text{ кВ}$. Ток ионного пучка $I = 2 \text{ кА}$, масса корабля $M = 200 \text{ кг}$. Найти ускорение корабля.

17.6. В раствор соли меди опустили два параллельных электрода площадью $S = 8 \text{ дм}^2$ и подали на них разность потенциалов $U = 100 \text{ В}$. Вследствие электролиза на одном из электродов за время $\tau = 40 \text{ мин}$ выделилось $m = 6,4 \text{ г}$ меди. Определить удельное сопротивление раствора ρ . Валентность меди $K = 2$, расстояние между электродами $h = 2 \text{ см}$.

17.7. Милливольтметр с внутренним сопротивлением $r = 50 \text{ Ом}$ и шкалой на $U_0 = 100 \text{ мВ}$ необходимо использовать в качестве: а) амперметра для измерения токов до $I_m = 5 \text{ А}$; б) вольтметра для измерения напряжения до $U_m = 100 \text{ В}$. Рассчитать добавочное сопротивление R_d и сопротивление шунта $R_{ш}$ к прибору.

17.8. Найти сопротивления проволочных каркасов, выполненных в виде фигур, изображенных на рис.87, при подключении их к электрической цепи точками А и В. Сопротивления равновеликих элементов имеют одинаковые значения r . (На рис.87г изображена бесконечная цепь).

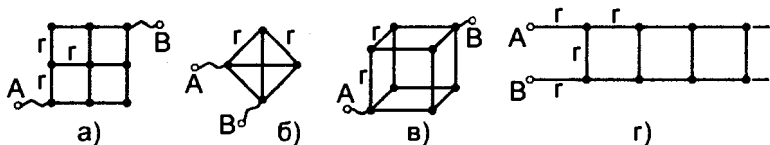


Рис. 87

17.9. Определить сопротивление цепи R_0 , изображенной на рис.88.

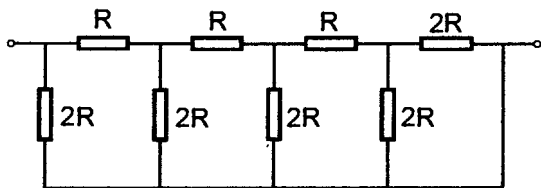


Рис. 88

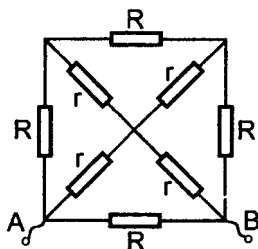


Рис. 89

17.10. Из резисторов с сопротивлениями $R = 120 \text{ Ом}$ и $r = 60 \text{ Ом}$ спаяна цепь, изображенная на рис.89. Определить сопротивление R_0 между точками А и В.

17.11. В разветвленной электрической цепи имеются источник тока и резистор, подключенный параллельно источнику (рис.90). ЭДС источника $\varepsilon = 1,5B$, внутреннее сопротивление $r = 0,5\text{Ом}$. Каково падение напряжения на резисторе, если внутри источника протекает ток силой $I = 1A$: а) от положительного к отрицательному полюсу; б) от отрицательного к положительному полюсу?

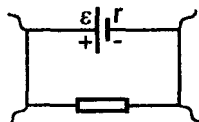


Рис. 90

17.12. Генератор постоянного тока с ЭДС $\varepsilon_r = 120B$ и аккумулятор с ЭДС $\varepsilon_A = 100B$ соединены одноименными полюсами. К их общим клеммам подсоединен реостат. При каком сопротивлении R_0 реостата ток через аккумулятор отсутствует? Внутреннее сопротивление генератора $r = 0,5\text{Ом}$. Как работает аккумулятор, если: а) сопротивление реостата $R > R_0$; б) $R < R_0$?

18. РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

18.1. Одноименные полюса двух источников с ЭДС $\varepsilon_1 = 10B$ и $\varepsilon_2 = 5B$ соединены между собой одинаковыми резисторами. Определить падение напряжения U_0 на всех участках образовавшейся электрической цепи и падение напряжения U на одном резисторе. Сопротивление резистора в $n = 2$ раза больше суммы внутренних сопротивлений источников.

18.2. Подключенный к аккумулятору амперметр с сопротивлением $R_A = 2\text{Ом}$ показывает ток $I = 5A$. Если к аккумулятору подключить вольтметр с сопротивлением $R_B = 0,15\text{кОм}$, он показывает $U = 12B$. Найти ток короткого замыкания аккумулятора I_0 .

18.3. Найти ток через перемычку АВ в схеме, представленной на рис.91. Считать, что сопротивление подводящих проводов и внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо малы.

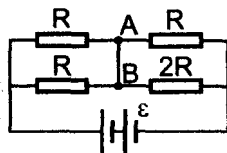


Рис. 91

18.4. По условию задачи 18.3 определить разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ между точками А и В при отсутствии между этими точками перемычки.

18.5. К общим клеммам двух источников с ЭДС $\varepsilon_1 = 10B$ и $\varepsilon_2 = 5B$, соединенным разноименными полюсами, подключили ам-

перметр с внутренним сопротивлением $R = 20\text{ Ом}$. Определить показание амперметра I . Внутренние сопротивления источников $r = 10\text{ Ом}$.

18.6. По условию задачи 17.12 найти силы токов во всех приборах, если сопротивление реостата $r = 50\text{ Ом}$, сопротивление генератора $r_g = 500\text{ мОм}$, сопротивление аккумулятора $r_A = 10\text{ Ом}$.

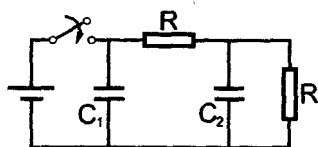


Рис. 92

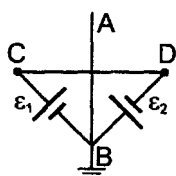


Рис. 93

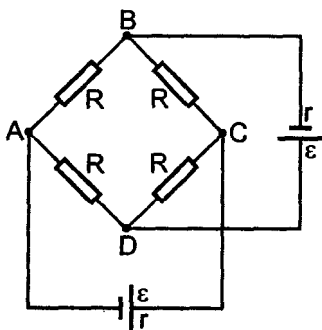


Рис. 94

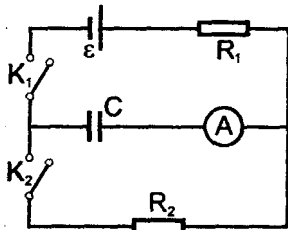


Рис. 95

18.7. В изображенной на рис.92 схеме $C_1 = C_2 = 10\text{ мкФ}$, $R = 4,50\text{ Ом}$. В момент замыкания ключа через источник протекает ток $I_0 = 10\text{ А}$. Установившийся ток $I = 1\text{ А}$. Определить ЭДС ϵ и внутреннее сопротивление r источника, а также заряды, накопившиеся на обкладках конденсаторов C_1 и C_2 после замыкания ключа.

18.8. На заземленный в точке В высокоомный проводник АВ положили такой же проводник CD так, что в их средних точках образовался надежный контакт. К точкам С и В, а также D и В подсоединили проводниками с малым сопротивлением источники $\epsilon_1 = 4\text{ В}$ и $\epsilon_2 = 1\text{ В}$ (рис.93). Определить потенциал ϕ_A точки А. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

18.9. На рисунке 94 изображена так называемая мостовая схема из четырех одинаковых резисторов сопротивлением R и двух одинаковых батареек с ЭДС ϵ и внутренним сопротивлением r . Найдите величины токов, текущих через резисторы.

18.10. В схеме, изображенной на рисунке 95, в начальный момент времени ключи K_1 и K_2 разомкнуты, а конденсатор большой емкости C не заряжен. Через некоторое время после замыкания ключа K_1 амперметр A показывает силу тока $I = 1\text{ мкА}$. В этот момент замыкают ключ K_2 . Какую силу тока покажет амперметр сразу после замыкания ключа

K_2 , если известно, что $R_2 = 2R_1 = 10^8 \text{ Ом}$, а ЭДС батареи $\varepsilon = 100 \text{ В}$?
 Внутренними сопротивлениями амперметра и батареи пренебречь.

18.11. Определите заряды конденсаторов емкостью $C = 4 \text{ мкФ}$ и $C_0 = 2 \text{ мкФ}$ (рис.96), если $R_1 = 100 \text{ Ом}$, $R_2 = 300 \text{ Ом}$, $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 15 \text{ В}$, $\varepsilon = 5 \text{ В}$. Внутренние сопротивления источников равны нулю.

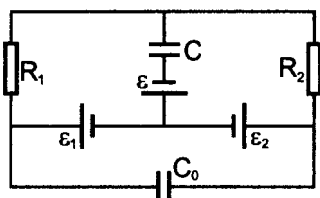


Рис. 96

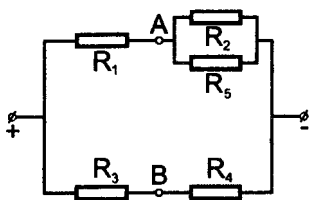


Рис. 97

18.12. Какой должна быть величина сопротивления R_2 , чтобы разность потенциалов между точками А и В была равна нулю (рис.97). Величины остальных сопротивлений равны: $R_1 = 100 \text{ Ом}$, $R_3 = 200 \text{ Ом}$, $R_4 = 400 \text{ Ом}$, $R_5 = 500 \text{ Ом}$.

19. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА

19.1. Проволочное кольцо включено в электрическую цепь. Контакты делят длину кольца в отношении 1 : 2. При этом в кольце выделяется мощность $P_1 = 108 \text{ Вт}$. Какая мощность P_2 выделилась бы в кольце, если бы контакты были расположены по диаметру кольца: а) при том же напряжении во внешней цепи, б) при том же токе во внешней цепи?

19.2. В электрическую цепь включены последовательно источник тока с ЭДС ε , конденсатор емкостью C , два резистора сопротивлениями R_1 и R_2 и ключ, вначале разомкнутый. Какую работу A совершает источник после замыкания ключа и какие количества теплоты Q_1 и Q_2 выделяются на резисторах? Сопротивлением источника пренебречь.

19.3. От источника тока с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r поступает энергия во внешнюю цепь. Установить зависимость от силы тока I источника полной P_0 и полезной P мощностей, развиваемых в цепи, а также КПД цепи η . Какую максимальную полезную мощность может развить источник?

19.4. При поочередном замыкании источника тока на сопротивление $R_1 = 20\text{ Ом}$ и $R_2 = 180\text{ Ом}$ во внешней цепи выделяется одинаковая мощность. Найти внутреннее сопротивление r источника.

19.5. Аккумулятор с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r заряжается от сети с постоянным напряжением U . Определить химическую энергию, запасенную в аккумуляторе за время τ , и КПД зарядки η . Изменением ЭДС в процессе зарядки пренебречь.

19.6. Три лампочки мощностью $P_1 = 50\text{ Вт}$, $P_2 = 25\text{ Вт}$ и $P_3 = 50\text{ Вт}$, рассчитанные на напряжение 110 В каждая, соединены, как показано на рисунке 98, и включены в сеть напряжением 220 В . Определите мощность, выделяемую в каждой лампочке.

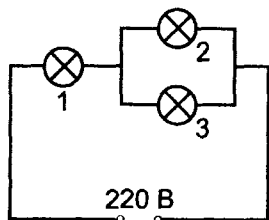


Рис. 98

19.7. Батарейка с ЭДС $\varepsilon = 6\text{ В}$ дает максимальный ток $I_{\text{max}} = 3\text{ А}$. Какова наибольшая мощность P_m , которая может быть выделена на внешнем сопротивлении?

19.8. Электромотор постоянного тока подключен к источнику с ЭДС $\varepsilon = 36\text{ В}$. Какова механическая мощность мотора, если по его обмотке протекает ток $I = 10\text{ А}$? Найти ЭДС индукции, возникающую в обмотке мотора. Известно, что в момент пуска мотора (якорь еще не вращается) в цепи протекает ток $I_0 = 20\text{ А}$.

19.9. Электровоз массой $m = 300\text{ т}$ движется под уклон со скоростью $V = 36\text{ км/ч}$. Уклон местности $\alpha = 0,01$ ($\alpha = \Delta h/l$, где Δh понижение уровня местности на пути l). Сила сопротивления движению электровоза составляет $\beta = 0,03$ его веса. Какой величины ток I протекает через мотор электровоза, если напряжение в сети $U = 3\text{ кВ}$, а КПД мотора $\eta = 0,8$?

19.10. По ЛЭП постоянного тока передается электроэнергия $P_0 = 2\text{ ГВт}$ под напряжением $U_0 = 1\text{ МВ}$ (P_0, U_0 - в начале линии). Полагая потери электроэнергии на джоулево тепло в количестве $\eta = 2\%$ единственными, найти сопротивление ЛЭП R и напряжение U , под которым электроэнергия поступает в пункт ее распределения.

19.11. Электромотор питается от батареи с ЭДС $\varepsilon = 12\text{ В}$. Какую механическую работу совершает мотор за $\tau = 1\text{ с}$ при протекании по его обмотке тока $I = 2\text{ А}$, если при полном затормаживании якоря в цепи течет ток $I_0 = 3\text{ А}$?

19.12. Электроэнергия передается от генератора к потребителю по проводам, общее сопротивление которых $R_{np} = 400 \text{ Ом}$. Коэффициент полезного действия линии передачи $\eta = 0,95$. Определите сопротивление нагрузки, если внутреннее сопротивление генератора $r = 100 \text{ Ом}$.

20. СИЛА АМПЕРА. СИЛА ЛОРЕНЦА

20.1. Рамка площадью $S = 25 \text{ см}^2$, содержащая $N = 100$ витков провода, помещена в однородное магнитное поле так, что магнитная индукция \vec{B} параллельна плоскости рамки. При токе в рамке силой $I = 1 \text{ А}$ при взаимодействии с полем на нее действует вращающий момент $M_0 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}$. Определите индукцию поля B .

20.2. Медный однородный брусок (рис.99,а), асимметрично лежащий на двух горизонтальных параллельных шинах, сдвигается с места, если по нему пропустить ток силой $I_1 \geq 2 \text{ А}$. Какой силы ток I_2 нужно пропустить через брусок, чтобы он пришел в движение, если его положить на шины, как показано на рис.99,б? Длина бруска в $n = 1,5$ раза больше расстояния между шинами. В обоих случаях шины располагаются в однородном вертикальном магнитном поле.

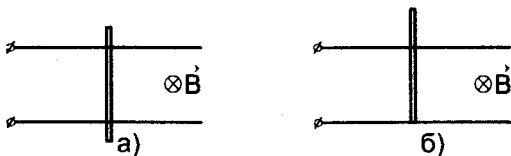


Рис. 99

20.3. Квадратная рамка из медного проводника сечением S подвешена в вертикальном магнитном поле за соседние углы и может вращаться вокруг горизонтальной оси, совпадающей со стороной, соединяющей точки подвеса. К точкам подвеса подключили источник тока. Какова индукция B магнитного поля, если при токе в источнике силой I вертикальные стороны рамки отклонились на угол α , когда она заняла новое положение равновесия?

20.4. Медный брусок массы $m = 0,5 \text{ кг}$ лежит симметрично на параллельных друг другу токопроводящих шинах, образующих с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$ и отстоящих друг от друга на расстоянии $l = 20 \text{ см}$. Система находится в однородном магнитном поле с индук-

цией $B = 1,5 \text{ Тл}$, вектор которой перпендикулярен плоскости шин. Для равномерного перемещения бруска вверх по шинам через него пропускают ток $I = 8 \text{ А}$. С каким ускорением a брусок будет соскальзывать вниз, если разомкнуть электрическую цепь?

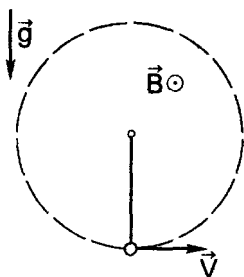


Рис. 100

20.5. Небольшой шарик массы m , заряд которого q , прикреплен к нити длины l и может двигаться по окружности в вертикальной плоскости. Однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно этой плоскости (рис.100). При какой минимальной скорости V_m тела в нижней точке оно совершит полный оборот?

20.6. Горизонтальный медный стержень массы m и длины l подвешен за концы на двух легких токоподводящих проводах. Система находится в вертикальном магнитном поле индукции B . К проводам в точках подвеса подключают источник тока, в результате чего они отклоняются на максимальный угол α_m . Какой силы ток I протекает через источник? Определить максимальную скорость V_m стержня. Длина проводов L .

20.7. Заряженная частица вылетела со скоростью $V = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 60^\circ$ к оси соленоида из некоторой точки на оси этого соленоида с однородным магнитным полем $B = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$. На каком расстоянии S от точки вылета частица вновь пересечет ось соленоида? Отношение заряда к массе частицы $q/m = 2 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$.

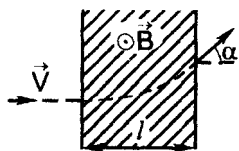


Рис. 101

20.8. Электрон влетает в слой магнитного поля толщины l . Скорость электрона V , перпендикулярна как индукции поля B , так и границам слоя (рис.101). Под каким углом α электрон вылетит из магнитного поля?

20.9. Направление моноэнергетического протонного пучка изменяют на противоположное с помощью полубесконечной области с поперечным однородным магнитным полем с индукцией $B = 1,8 \text{ Тл}$, по выходе из которой пучок распространяется на расстоянии $b = 50 \text{ мм}$ от входящего в поле пучка и падает на заземленную мишень. Найдите силу F , действующую на мишень со стороны пучка. Сила тока в пучке $I = 0,16 \text{ мкА}$.

20.10. Протон влетает со скоростью $V = 60 \text{ км/с}$ в пространство с электрическим и магнитным полями, направление которых совпадает, перпендикулярно этим полям. Найдите напряженность электрического поля E , если индукция магнитного поля $B = 0,1 \text{ Тл}$, а начальное ускорение протона, вызванное действием этих полей составляет $a_0 = 10^{12} \text{ м/с}^2$.

20.11. Протон, отношение заряда к массе которого $e/m = 10^8 \text{ Кл/кг}$, движется без начальной скорости из точки O в области пространства, где

созданы однородные взаимно перпендикулярные электрическое и магнитное поля с напряженностью $E = 10 \text{ кВ/м}$ и индукцией $B = 0,02 \text{ Тл}$ (рис.102). Найдите ускорение протона в вершине траектории - точке A , если $h = 0,5 \text{ м}$.

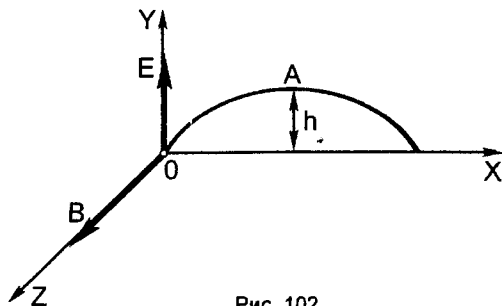


Рис. 102

20.12. Заряженная частица движется в однородных взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. В некоторый момент времени ее скорость \vec{V}_0 перпендикулярна \vec{E} и \vec{B} (рис.103), при этом выполняется соотношение $E/(V_0 B) \ll 1$. В те моменты времени, когда скорость частицы направлена противоположно \vec{V}_0 , отношение изменения кинетической энергии частицы к ее начальной кинетической энергии равно β . Определите отношение $E/(V_0 B)$.

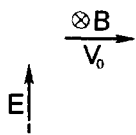


Рис. 103

21. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. САМОИНДУКЦИЯ.

21.1. На какую величину $\Delta\Phi$ изменится магнитный поток через плоский контур площадью S , когда он будет повернут в магнитном поле индукцией B на угол 180° вокруг произвольной оси, лежащей в плоскости контура? В начальном положении единичный вектор нормали к плоскости контура \vec{n} составлял с вектором \vec{B} угол $\alpha = 60^\circ$. Какой заряд q (по абсолютной величине) пройдет через любое попе-

речное сечение контура, если его сопротивление равно R ?

21.2. Прямоугольная рамка размером $a \times b = 10 \times 20 \text{ см}$, изготовленная из стальной проволоки сечением $S = 0,2 \text{ мм}^2$, вращается в земном магнитном поле вокруг горизонтальной оси, проходящей через одну из сторон рамки перпендикулярно плоскости магнитного меридиана. Горизонтальная составляющая магнитного поля Земли $B_H = 30 \text{ мкТл}$, вертикальная $B_B = 40 \text{ мкТл}$. Определите заряд, протекающий в рамке при повороте ее из вертикального положения в горизонтальное, если рамка замкнута на резистор сопротивлением $R = 1,7 \text{ Ом}$. Удельное сопротивление стали $\rho = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

21.3. Две параллельные шины, подключенные к аккумулятору с ЭДС \mathcal{E}_0 и внутренним сопротивлением r , находятся в однородном

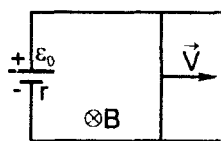


Рис. 104

магнитном поле с индукцией B . Шины замкнуты проводником длиной l и сопротивлением R , который перемещается по шинам без нарушения контакта перпендикулярно полю со скоростью V (рис. 104). Пренебрегая сопротивлением шин, определить напряжение U на зажимах источника

и мощность P тепловых потерь, выделяемую на проводнике.

21.4. Два параллельных проводящих стержня, расположенных в горизонтальной плоскости на расстоянии $l = 0,1 \text{ м}$ друг от друга, помещены в вертикальное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ и замкнуты симметрично лежащей на них перемычкой массой $m = 0,1 \text{ кг}$. При подключении к стержням батареи с внутренним сопротивлением $r = 0,1 \text{ Ом}$ перемычка начинает скользить вдоль стержней, трогаясь с места с ускорением $a_0 = 0,1 \text{ м/с}^2$. Какой максимальной скорости V_m достигнет перемычка? Сопротивлением стержней и перемычки пренебречь.

21.5. Квадратный замкнутый виток проволоки, длина стороны которого b , а сопротивление единицы длины ρ , проходит с постоянной скоростью V между полюсами электромагнита, создающего однородное магнитное поле индукции B (рис. 105). Считая поле вне полюсов равным нулю, определить энергию Q , превратившуюся в тепло, для случаев, когда размер полюсов в направлении движения витка $a < b$ и $a > b$.

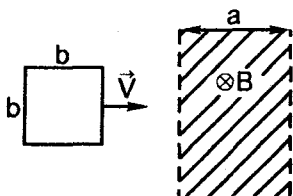


Рис. 105

21.6. Металлический прут AB , сопротивление единицы длины которого ρ , движется с постоянной скоростью \vec{V} ($V \perp AB$), замыкая два идеальных проводника OC и OD , образующих угол α . Длина OC равна l и $AB \perp OC$. Вся система находится в однородном постоянном магнитном поле индукции B , перпендикулярном плоскости системы (рис. 106). Найти количество тепла Q , которое выделится в цепи за время движения прута от точки O до точки C .

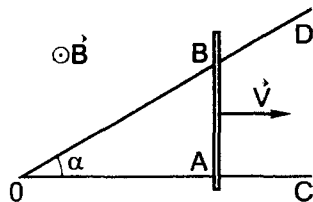


Рис. 106

21.7. Неподвижная проволочная квадратная рамка находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости рамки (рис. 107). По рамке скользит без нарушения электрического контакта проволочная перемычка PP' со скоростью \vec{V} ($\vec{V} \perp PP'$). В тот момент, когда перемычка пересекает центр квадрата, по ней течет ток силой I . Определите величину и направление индукции магнитного поля. Рамка и перемычка выполнены из одного куска проволоки с удельным электрическим сопротивлением ρ и площадью поперечного сечения S .

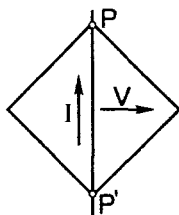


Рис. 107

21.8. Проволочный контур, ограничивающий полукруг радиуса R , находится на границе однородного магнитного поля с индукцией B . В момент $t = 0$ контур начинают вращать с постоянным угловым ускорением β вокруг оси O , совпадающей с линией вектора B на границе поля (рис. 108). Найти ЭДС индукции ϵ в контуре как функцию времени t . Изобразить примерный график этой зависимости $\epsilon(t)$. Положительным направлением для ЭДС считать то, которое показано стрелкой на рисунке.

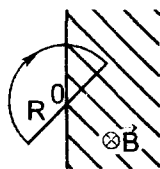


Рис. 108

21.9. Параллельные проводящие шины, расположенные в горизонтальной плоскости, замкнуты на резистор сопротивлением R и помещены в постоянное однородное магнитное поле, вектор индукции которого, направлен вертикально вниз (рис. 109). По шинам без трения может перемещаться проводник AD , сохраняя постоянно кон-

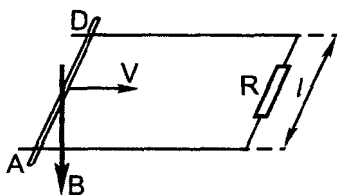


Рис. 109

21.10. По двум гладким медным шинам, установленным под углом α к горизонту, скользит под действием силы тяжести медная перемычка массы m . Вверху шины замкнуты на сопротивление R . Расстояние между шинами l . Система находится в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярном к плоскости, в которой перемещается перемычка. Сопротивления шин, перемычки и скользящих контактов, а также самоиндукция контура пренебрежимо малы. Найти установившуюся скорость перемычки (рис. 110).

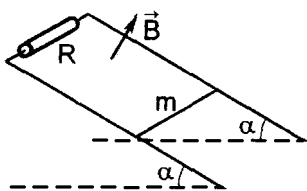


Рис. 110

21.11. Система отличается от рассмотренной в предыдущей задаче лишь тем, что вместо сопротивления R к концам шин подключен конденсатор емкости C . Найти ускорение перемычки a .

21.12. Три одинаковые неподвижные металлические пластины расположены в воздухе на равных расстояниях d друг от друга (рис. 111). Площадь каждой из пластин равна S . На пластине 1 находится положительный заряд Q . Пластины 2 и 3 не заряжены и подключены через ключ K к катушке индуктивностью L . Определите максимальное значение тока через катушку после замыкания ключа. Расстояние между пластинами мало по сравнению с их размерами. Омическим сопротивлением катушки можно пренебречь.

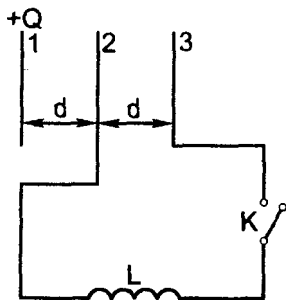


Рис. 111

такт с шинами. Найдите величину и направление силы, которую нужно приложить к проводнику, чтобы он двигался вдоль шин поступательно с постоянной скоростью V . Сопротивлением шин и проводника можно пренебречь. При расчетах положить $R = 100 \text{ Ом}$, $B = 2 \text{ Тл}$, $V = 0,1 \text{ м/с}$, $l = 20 \text{ см}$.

Система находится в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярном к плоскости, в которой перемещается перемычка. Сопротивления шин, перемычки и скользящих контактов, а также самоиндукция контура пренебрежимо малы. Найти установившуюся скорость перемычки (рис. 110).

Определите максимальное значение тока через катушку после замыкания ключа. Расстояние между пластинами мало по сравнению с их размерами. Омическим сопротивлением катушки можно пренебречь.

22. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА.

22.1. Луч отражается от плоского зеркала, падая на него под углом $\alpha = 30^\circ$. На какое расстояние сместится отраженный луч, если поверхность зеркала покрыть стеклом толщиной $d = 3\text{ см}$? Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

22.2. В непрозрачном экране вырезано небольшое круглое отверстие (рис. 112). Против центра отверстия на расстоянии $l = 0,4\text{ м}$ от него помещен точечный источник света S . По другую сторону экрана находится плоское зеркало, причем плоскости зеркала и экрана параллельны. На каком расстоянии x от экрана расположено зеркало, если лучи, отраженные от зеркала, освещают на экране вокруг отверстия кольцо, площадь которого равна площади отверстия?

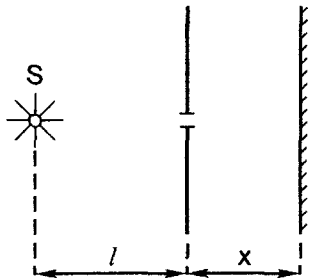


Рис. 112

22.3. Отрезок AB , параллельный главной оптической оси собирающей линзы, расположен на расстоянии d от оси так, что его концы удалены от плоскости линзы на расстояния a и b соответственно (рис. 113). Найдите длину изображения отрезка, если фокусное расстояние линзы F и $b > a > F$.

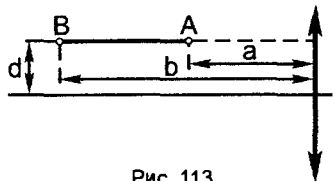


Рис. 113

22.4. Две одинаковые собирающие линзы с фокусными расстояниями F расположены на расстоянии $l = 2F$ друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. На главной оптической оси перед первой линзой помещена некоторая точка A так, что луч света, вышедший из нее и прошедший обе линзы, пересекает эту ось в точке B , находящейся за второй линзой. Определите расстояние между точками A и B .

22.5. С помощью тонкой линзы на экране получено изображение предмета с увеличением $\Gamma_1 = 2$. Предмет передвинули на $l = 1\text{ см}$. Для того чтобы снова получить резкое изображение, пришлось передвинуть экран. При этом увеличение предмета оказалось равным $\Gamma_2 = 4$. На какое расстояние передвинули экран?

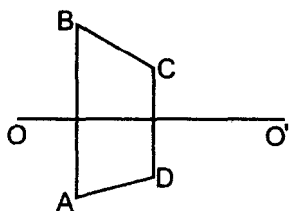


Рис. 114

22.6. Трапеция ABCD расположена так, что ее параллельные стороны перпендикулярны главной оптической оси тонкой линзы (рис.114). Линза создает действительное изображение трапеции в виде прямоугольника. Если повернуть трапецию на 180° вокруг стороны AB, то линза создает ее изображение в виде трапеции с теми же

самыми углами. С каким увеличением изображается сторона AB?

22.7. Математический маятник раскачивается с амплитудой $A = 1\text{ см}$ в плоскости рисунка 115. Равновесное положение нити маятника находится на расстоянии $L = \sqrt{5}\text{ см}$ от переднего фокуса тонкой положительной линзы. Расстояние между изображениями маятника, лежащими на главной оптической оси линзы, равно $l = 2\text{ см}$. Найдите фокусное расстояние линзы.

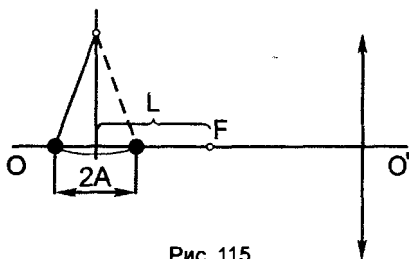


Рис. 115

маятника находится на расстоянии $L = \sqrt{5}\text{ см}$ от переднего фокуса тонкой положительной линзы. Расстояние между изображениями маятника, лежащими на главной оптической оси линзы, равно $l = 2\text{ см}$. Найдите фокусное расстояние линзы.

22.8. На плоскую поверхность тонкой плосковыпуклой положительной линзы нанесено абсолютно отражающее покрытие. На выпуклую поверхность этой линзы падает узкий пучок импульсного лазерного излучения с энергией $W = 4\text{ Дж}$ и длительностью импульса $\tau = 10^{-8}\text{ с}$. Падающий пучок распространяется параллельно главной оптической оси линзы на расстоянии $F/2\sqrt{3}$ от оси (F - фокусное расстояние линзы). Найдите величину средней силы, действующей на линзу со стороны света, если половина энергии лазерного излучения поглощается в линзе. Отражением от поверхности линзы (без покрытия) можно пренебречь.

ОТВЕТЫ

1.1. $t_2 = t_1(n+1)/(n-1) = 7,5\text{ч}$

1.2. $V' = \sqrt{V_0^2 + (b/\tau)^2} = 1\text{ м/с}$, $\text{tg}\alpha = V_0 \tau/b$, $\alpha = 53^\circ$.

1.3. $V' = V_0/\sin\alpha = 47\text{ км/ч}$, $V = V_0 \text{ctg}\alpha = 30\text{ км/ч}$.

1.4. $V = V_r + \sqrt{V'^2 - V_B^2} = 9,3\text{ м/с}$.

1.5. $y = \sqrt{l^2 - (x_0 + Vt)^2}$.

1.6. $\tau = [SV_2/V_1(V_1 + V_2)] - \tau_0 = 0,17\text{ч}$, $d = V_2\tau = 13,3\text{ км}$.

1.7. $\tau = 2t_0[1 - (U/V_0)]$.

1.8. $\langle V \rangle = V_1V_2/(V_1 + V_2) = 0,6\text{ м/с}$.

1.9. $\langle V \rangle = \frac{(V + 2a\tau + 2aT)\tau}{2(2\tau + T)}$.

1.10. а) $\langle V_{CP} \rangle = \frac{2}{3}V_0$, б) $\langle V \rangle = 0,63\text{ м/с}$.

1.11. $V_c = \sqrt{\langle V \rangle^2 + (\Delta V^2/4)} = 57\text{ км/ч}$.

1.12. $r = 2S$.

2.1. $\tau = \sqrt{2H/g} = 2\text{с}$, $\tau_1 = \sqrt{2H[1 - (1/n)]/g} = 1,4\text{с}$,

$V_1 = \sqrt{2gH[1 - (1/n)]} = 14\text{ м/с}$, $\tau_2 = \sqrt{H/2g} = 1\text{с}$,

$H_2 = 3H/4 = 15\text{ м}$, $H_3 = 3H/4 = 15\text{ м}$, $V_3 = \sqrt{gH/2} = 10\text{ м/с}$.

2.2. $\tau = b_0/2V_0 = 5\text{с}$, $b = (b_0/2)[1 + (gb_0/4V_0^2)] = 150\text{ м}$.

2.3. $V_0 = \sqrt{gH} = 10\text{ м/с}$.

2.4. $\tau = 2V_0 \sin\alpha/g$, $L = V_0^2 \sin 2\alpha/g$, $H = V_0^2 \sin^2\alpha/2g$,

$y(x) = x \text{tg}\alpha - (gx^2/2V_0^2 \cos^2\alpha)$,

$V(t) = \sqrt{V_0^2 \cos^2\alpha + (V_0 \sin\alpha - gt)^2}$.

2.5. $\tau = V_0/g \sin\alpha = 1,6\text{с}$

$$2.6. \operatorname{tg} \alpha = 4, \alpha = 76^\circ.$$

$$2.7. l = (2V_0^2 \cos^2 \alpha / g \cos \beta)(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta) = 5760 \text{ м.}$$

$$2.8. l = 8H \sin \alpha = 40 \text{ см.}$$

$$2.9. h = S \cdot \sin \alpha / (1 + \cos \alpha) = 0,58 \text{ м.}$$

$$2.10. \alpha = \operatorname{arctg} \sqrt{1 + 2gH/V_0^2} \approx 30^\circ.$$

$$2.11. V_0 = \sqrt{5gR}.$$

$$2.12. \operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi - 2\Delta h g / V_0^2} / \sqrt{1 + 2\Delta h g / V_0^2} = 1; \alpha = 45^\circ.$$

$$3.1. \omega = V/2R = 2 \text{ рад/с.}$$

$$3.2. V_2 = \omega l \pm V_1, V_2' = 214 \text{ см/с}, V_2'' = 100 \text{ см/с.}$$

$$3.3. a = 16\pi^2 n^2 R = 9 \text{ м/с}^2.$$

$$3.4. \omega = \sqrt{2E/mR^2} = 1,3 \text{ рад/с.}$$

$$3.5. a = a_0 = V_0^2/R = 1,2 \text{ м/с}^2.$$

$$3.6. \tau = \frac{2\pi R}{V_1 \pm V_2}, \tau' = 0,72 \text{ ч}, \tau'' = 11 \text{ ч.}$$

$$3.7. r = 2R \sin \frac{1}{2}(\omega_1 \pm \omega_2)\tau.$$

$$3.8. V = 2\pi R n - V_0 = 1,6 \text{ см/с.}$$

$$3.9. \tau = 1,09 \text{ ч}, \Delta\varphi = 32^\circ.$$

$$3.10. S = a_\tau t_0^2/2 = 10 \text{ см}, a_n = a_\tau^2 t_0^2/R = 5 \text{ см/с}^2,$$

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + (a_\tau^2 t_0^2/R)^2} = 7,1 \text{ см/с}^2, \operatorname{tg} \alpha = a_\tau t_0^2/R, \alpha = 45^\circ.$$

$$3.11. V_c = V_0/\sqrt{2} = 25,2 \text{ км/ч},$$

$$a_c = (V_0^2/2) \sqrt{(1/S^2 + 1/R^2)} = 0,6 \text{ м/с}^2.$$

$$3.12. V = V_0^2 t / \sqrt{L^2 - V_0^2 t^2}.$$

$$4.2. F = mV^2/R = 150 \text{ Н.}$$

$$4.3. F = m\sqrt{a^2 + g^2} = 10,7H, \alpha = \arctg(a/g) = 33^\circ.$$

$$4.4. a_n = 2g, a_n = 0.$$

$$4.5. K = (M + m)/M.$$

$$4.6. S = 2R\sqrt{(\sqrt{\mu^2 + 1} - 1)/2\sqrt{\mu^2 + 1}}.$$

$$4.7. \beta = \arctg[a/g \cos \alpha + tg \alpha] \approx 41^\circ.$$

$$4.8. N = (F_2 - F_1)/2 = 7,5H.$$

$$4.9. a_2 = g^2/a_1 = 46 \text{ м/с}^2.$$

$$4.10. a_1 = 2a_2 = 2g[(m_2 - 2m_1)/(m_2 + 4m_1)] = 5 \text{ м/с}^2, a_2 = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

$$4.11. \alpha = \arctg \mu \frac{a_1 + a_2}{a_1 - a_2} = 45^\circ.$$

$$4.12. g[(tg \alpha - \mu)/(1 + \mu tg \alpha)] \leq a \leq g[(tg \alpha + \mu)/(1 - \mu tg \alpha)],$$

$$4 \text{ м/с}^2 \leq a \leq 11,5 \text{ м/с}^2.$$

$$4.13. a = F/(M + m), F \leq \mu g(M + m) \frac{m}{M}; a = (\mu mg)/M,$$

$$F > \mu g(M + m) \frac{m}{M}, a_1 = 0,45 \text{ м/с}^2, a_2 = 0,98 \text{ м/с}^2,$$

$$a_3 = 0,98 \text{ м/с}^2.$$

$$4.14. F = [m_1 m_2 / (m_1 + m_2)] (\mu_1 - \mu_2) g \cos \alpha = 0,94H.$$

$$4.15. a_0 = g / \{ [1 + (M/m)] tg \alpha + (M/m) ctg \alpha \} = 2,3 \text{ м/с}^2;$$

$$a' = \sqrt{2} g [1 + (m/M)] / \{ [1 + (m/M)] tg \alpha + ctg \alpha \} = 8,6 \text{ м/с}^2.$$

$$4.16. \omega_m = \sqrt{\mu g/R} = 3,1 \text{ рад/с}.$$

$$4.17. F = m_1 g/3 = 2H.$$

$$4.18. T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + 4m_2} g. \text{ Указание: } a_2 = 2a_1; N_1 = 2N_2.$$

$$4.19. h = R(n^2 - 1) = 1,9 \cdot 10^4 \text{ км}.$$

$$4.20. T = 2\pi\sqrt{R/g} \approx 84 \text{ мин.}$$

$$4.21. N = -m(g-a)\sqrt{2ma(g-a)/k} = -100 \text{ Bm.}$$

$$4.22. T = mg(\sqrt{2}-1) = 1,6 \text{ H}, \alpha = 45^\circ.$$

$$4.23. F = mg(1-l/L) = 19,6 \text{ H.}$$

$$4.24. h = \frac{gt^2}{2} \left(\sqrt{(F/mg)^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha \right) \sin \alpha.$$

$$5.1. S = (n-1)V_0^2/2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 2,2 \text{ м.}$$

$$5.2. A = [(\mu mg)^2/2k(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)^2] + [\mu mg S \cos \alpha / (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)] = 19 \text{ Дж.}$$

$$5.3. V_m = g\sqrt{m/k} = 1 \text{ м/с.}$$

$$5.4. H = 2mg/k.$$

$$5.5. T = 3mg = 9 \text{ H.}$$

$$5.6. A = (kl_0)^2 \left\{ m\omega^2 + k[(l_0) - 1]^2 \right\} / 2(k - m\omega^2)^2.$$

$$5.7. V_m = \sqrt{\frac{m}{k}} g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

$$5.8. \mu = (h_1 + h_2)/\eta(h_1 - h_2) = 0,6.$$

$$5.9. S = MV_0^2/2\mu g(m+M) = 0,67 \text{ м.}$$

$$5.10. P = mgV(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)/(1 + \mu g\beta) = 26,7 \text{ Bm.}$$

$$5.11. V = \sqrt{V_0^2 + (2FR/m)}.$$

$$5.12. V = \frac{h}{l} \sqrt{2g(l-h)} = 1,3 \text{ м/с.}$$

$$6.1. \text{ а) } |\Delta \vec{P}| = 2mV_0 \sin \alpha = 10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}; \text{ б) } |\Delta \vec{P}| = mV_0 \sin \alpha = 5 \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

$$6.2. \langle F \rangle = \frac{mV}{\tau} - mg = 8,9 \text{ H.}$$

$$6.3. V = MU/(m \cos \alpha).$$

$$6.4. \alpha = 27^\circ.$$

$$6.5. V_0^{(m)} = \sqrt{2gh(1+\eta)} = 11 \text{ м/с.}$$

$$6.6. V_1 = (l_0/2) \cdot \sqrt{k/m_1 [1 + (m_1/m_2)]} = 1,4 \text{ м/с},$$

$$V_2 = (l_0/2) \cdot \sqrt{k/m_2 [1 + (m_2/m_1)]} = 0,35 \text{ м/с}.$$

$$6.7. \langle F \rangle = (2mV_0/\tau) \sin \alpha = 100 \text{ Н}.$$

$$6.8. V_2 = V_1 \left[\sqrt{1 + (U/2V_1)^2 \cos^2 \alpha} - (U/2V_1) \cos \alpha \right] \approx V_1 [1 - (U/2V_1) \cos \alpha] = 399 \text{ м/с}.$$

$$6.9. V = a \sqrt{k(m+M)}/m \cos \alpha = 100 \text{ м/с}.$$

$$6.10. \eta = m_2/(m_1 + m_2) = 0,67.$$

$$6.11. Q = mMV^2/2(M+m).$$

$$6.12. V_1 = V \sqrt{M/(m+M)}.$$

$$7.1. a = g \sqrt{1 - [1 - (a_0/2g)^2]} = 8,5 \text{ м/с}^2.$$

$$7.2. l = l_0 + (m+2M)g/2k.$$

$$7.3. \alpha = 41^\circ.$$

$$7.4. T = 2\pi \sqrt{l/\sqrt{g^2 + a^2} - 2ag \sin \alpha}.$$

$$7.5. V_m = \sqrt{2g(H-l_0) + mg^2/k} = 2,8 \text{ м/с}^2.$$

$$7.6. A = (m+M)g/k.$$

$$7.7. T = (4\pi/3) \sqrt{m/k}.$$

$$7.8. T = 2\pi \sqrt{\pi \epsilon_0 m l^3 / qQ}.$$

$$7.9. h = k(l-l_0)^2 / 2(m+M)g.$$

$$7.10. V_{\min} = (L-l) \sqrt{\frac{k}{m} (2 - 2\alpha + \alpha^2)}, \quad \alpha = \frac{T}{k(L-l)}.$$

$$7.11. T = 2\pi \sqrt{\frac{3m}{4k}}.$$

$$7.12. T = 2\pi l^{1/2} / \left(g^2 + (qE/m)^2 - 2gqE \cos \alpha / m \right)^{1/4} = 2c.$$

$$8.1. V_{\min} = \sqrt{glM/(m+M)} = 1,4 \text{ м/с}.$$

- 8.2. $V = \sqrt{(2ah/\sin \alpha)[(1/\cos \alpha) - 1]} = 1,1 \text{ м/с}.$
- 8.3. $S = l(\cos \alpha - \cos \alpha_0)^2 / \mu [\sqrt{1 - \cos \alpha_0} + \sqrt{1 - \cos \alpha}]^2 = 0,34 \text{ м}.$
- 8.4. $S = \sqrt{[m^2 V_0^2 / 2m_2(m + m_1)g] \{2h + [m^2 V_0^2 / 2m_2(m + m_1)g]\}} = 0,8 \text{ м}.$
- 8.5. $V_0 = \sqrt{2\mu g l [1 + (m/M)]} = 2,4 \text{ м/с}.$
- 8.6. $V_0 = \pi S / 2\tau = 15,7 \text{ см/с}.$
- 8.7. $V = \sqrt{2gl_0(\sqrt{3} - 1)} = 2,7 \text{ м/с}.$
- 8.8. $V = (1/m \cos \alpha) \sqrt{k(m + M)(a^2 + 2ll_0 - 2l_0 \sqrt{l^2 + a^2})} = 63 \text{ м/с}.$
- 8.9. $V = (a\sqrt{m/2k}) / \cos \alpha = 0,2 \text{ м/с}.$
- 8.10. $\Delta E_p = (M - m)gh + \mu gh(H - h) = 55 \text{ кДж}.$
- 8.11. $\vec{a}_2 = -0,5\vec{a}_1.$
- 8.12. $a = g[(m_2 - m_1)/(m_2 + m_1)] \sin(\alpha/2) = 2,2 \text{ м/с}^2,$
 $\sin \alpha = (a_0/g)(m_1 + m_2)/m_2, \alpha = 53^\circ.$
- 8.13. $m_{1,2} = (M/2)[1 \pm \sqrt{4\Delta l/(l + 2\Delta l)}], m_1 = 1,67 \text{ кг}, m_2 = 0,33 \text{ кг}.$
- 8.14. $\cos \beta = \cos \alpha - (\sin^2 \alpha / 2 \cos \alpha), \beta = 43^\circ.$
- 8.15. $h = (m_1/m_2)^2 (V_1 \sin \alpha - \sqrt{2gH})^2 / 2g = 0,11 \text{ м}.$
- 8.16. $h = V_0^2 / 4g = 3,6 \text{ м}, S = V_0^2 / 2g = 7,2 \text{ м}.$
- 8.17. $x = l[(m_2 - m_1)/(M + m_1 + m_2)] = 0,25 \text{ м}.$
- 8.18. $V = x_0 \sqrt{km_2}/(m_1 + m_2).$
- 8.19. $\omega = \sqrt{2m(V_0^2 - V^2)}/Ml^2 = 12 \text{ рад/с}.$
- 8.20. $k = 2mV^2/x^2.$
- 8.21. $\mu \geq 2\pi V_m/Tg = 0,3.$
- 8.22. $S = mh \operatorname{ctg} \alpha / (M + m) = 0,045 \text{ м}.$
- 9.1. $l = 2S/(1 - \alpha) = 0,75 \text{ м}.$
- 9.2. $b = am_1/[m_2 + 2a(m_1 - m_2)] = 1/3.$

$$9.3. 0,56\kappa z = m_1(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \leq m_2 \leq m_1(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 0,85\kappa z.$$

$$9.4. h = R/\sqrt{1+\mu^2} = 1\text{ м.}$$

$$9.5. \alpha \geq \arctg(3/\mu) = \arctg 10 \approx 84^\circ.$$

$$9.6. d = l[M(k_2 - k_1) + 2mk_2]/2m(k_1 + k_2) = 0,8\text{ м.}$$

$$9.7. \alpha = \arctg(l/a - 1)^2 = 6,3^\circ.$$

$$9.8. V_0 = \sqrt{g \sin \alpha [2(l-h) + M(l-2h)/m]} \approx 5,5 \text{ м/с.}$$

$$9.9. m = M(1-2\eta)/6\eta = 2\kappa z.$$

$$9.10. V_0 = \sqrt{\mu g [2m(l-h) + M(l-2h)]/m} = 3,5 \text{ м/с.}$$

$$9.11. Q = mg\sqrt{1+\mu^2} = 15,5H, x = (a - \mu b)/2 = 8,5\text{ см.}$$

$$9.12. M = m \frac{1 - \sin \alpha}{\sin \alpha} = 50z.$$

$$9.13. A = (\rho_0 - \rho)^2 SH^2 g / 2\rho_0 = 8 \text{ Дж.}$$

$$9.14. F = mg(\eta\rho_0/\rho - 1) = 20H.$$

$$9.15. A = (P_0S - mg)^2 / 2k = 4,6 \text{ Дж.}$$

$$9.16. l_0 = l[\rho_0 - \sqrt{\rho_0(\rho_0 - \rho)}] / \rho_0 = 6\text{ см.}$$

$$9.17. \rho_{\min} = \rho_0 M / (M + \rho_0 hS) = 800\kappa z / \text{м}^3.$$

$$9.18. \rho_0 = \frac{\rho}{4(1-S S_0)} \leq \frac{3}{4}\rho.$$

$$9.19. h_2 = \frac{\rho_0(h_1 + h_3)}{3\rho} = 10\text{ мм.}$$

$$9.20. T = 2\pi \sqrt{\frac{l(\rho_1 + \rho_2)}{2g(\rho_1 - \rho_2)}}.$$

$$10.1. r = \sqrt[3]{\mu/\rho N_A} = 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

$$10.2. \tau = \rho N_A d / \mu nV = 5\text{ мин.}$$

$$10.3. N = 3PV/2E \approx 5 \cdot 10^{25}.$$

$$10.4. \mu = \mu_1 \mu_2 / [\mu_1(1 - \eta) + \mu_2 \eta] = 29 \text{ г/моль.}$$

$$10.5. \rho = P_0 \mu / RT_0 = 1,28 \text{ кг/м}^3.$$

$$10.6. \Delta m = \mu V (P_2/T_1 - P_2/T_2) R = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг.}$$

$$10.7. V'_{C.K.} = \sqrt{3RT/\mu} = 1,84 \text{ км/с, } V''_{C.K.} = \sqrt{3kT/m} = 3,5 \cdot 10^{-7} \text{ м/с.}$$

$$10.8. l = \sqrt[3]{kT/P} = 3,7 \text{ нм.}$$

$$10.9. V = \sqrt{(V_1^2 + V_2^2)/2} \approx 453 \text{ м/с.}$$

$$10.10. \text{ Уменьшилось на } \frac{\Delta N}{N} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 4\%.$$

$$10.11. \text{ Увеличилась на } \frac{\Delta P}{P} = (1 + \eta)^2 - 1 = 44\%.$$

$$10.12. \langle E \rangle = 3PV/2\nu N_A = 2,5 \cdot 10^{-20} \text{ Дж.}$$

$$11.1. \Delta T = 4lT/(L - 2l) = 50 \text{ К.}$$

$$11.2. x = \left[(H + l) - \sqrt{(H + l)^2 - 4h(H + h + l)} \right] / 2 = 2,5 \text{ см.}$$

$$11.4. a = (g \sin \alpha + P_0 S / m) / 2 = 52,5 \text{ м/с}^2.$$

$$11.5. N = 9VT_0/V_0T = 7600.$$

$$11.6. P_0 = m[(1 - n)a - ng] / nS = 10^5 \text{ Па.}$$

$$11.7. P = (P_1 V_1 + P_2 V_2) / (V_1 + V_2) = 3,5 \text{ МПа.}$$

$$\rho = (\mu_1 P_1 V_1 + \mu_2 P_2 V_2) / (V_1 + V_2) RT = 15 \text{ кг/м}^3.$$

$$11.8. T_2 = T_1 P_0 (H + h) / (qgh + P_0) H = 330 \text{ К.}$$

$$11.9. F = \left(\frac{n}{k} - 1 \right) (Mg + P_0 S) = 15H.$$

$$11.10. \Delta m = PV\mu_{H_2} / (RT) - m\mu_{H_2} / \mu_B = 77 \text{ г.}$$

$$11.11. P' = \frac{2P(P - \Delta P)}{2P - \Delta P}.$$

$$11.12. h = \mu Vg(P_2 - P_1) / kRT = 2,4 \text{ см.}$$

$$11.13. P = (P_1V_1 + P_2V_2)/(V_1 + V_2) = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

$$11.14. P_1 = 2(m_1/2\mu_1 + m_2/\mu_2)RT/V = 0,45 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

$$P_2 = m_1RT/\mu_1V = 0,15 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

$$11.15. n = 0,5.$$

$$11.16. f = 1 - \frac{\Delta m RT}{\mu P_0 V} = 63\%.$$

$$12.1. A = (P_0SH + mgH)\Delta T/T = 60 \text{ Дж}.$$

$$12.2. k = -\sqrt{n} = -2.$$

$$12.3. T = nA/(n-1)\nu R = 500 \text{ К}.$$

$$12.4. n = \sqrt{1 + \frac{2\mu A}{3mRT}} = 1,1.$$

$$12.5. T_2 = 7(T + T_1)/4.$$

$$12.6. \Delta T = A/\nu R = 10 \text{ К}, \Delta U = 3A/2 = 312 \text{ Дж},$$

$$Q = 5A/2 = 520 \text{ Дж}.$$

$$12.7. A = (P_0 + mg/S)\Delta thS/T = 80 \text{ Дж}.$$

$$12.8. A = (\eta - 1)mRT_1/\eta\mu = 8,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

$$12.9. A = 2mRT_1/\mu = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

$$12.10. \Delta T = mgT_0/P_0S = 14 \text{ К}.$$

$$12.11. A = (4P_0l_0S + 4mgl_0kl_0^2)/8 = 100 \text{ Дж}.$$

$$12.12. \Delta U = [CT_1/S_1 - P_0l](S_2 - S_1) = 12 \text{ кДж}.$$

$$12.13. T_1 > (1 + F/P_0S)T = 390 \text{ К}.$$

12.14. Положительную.

$$12.15. \eta = 15\%.$$

$$12.16. m = AT_2/[\lambda(T_1 - T_2)] = 8,2 \text{ кг}.$$

$$12.17. A = -P_0V_0 \left(\frac{3}{2} + \frac{v_2}{v_1 + v_2} \right) \frac{T - T_0}{T_0} = 6250 \text{ Дж}.$$

$$12.18. m = M \left((V_2^2 - V_1^2) / 2 + \mu g L \right) / (\eta g) = 24 \kappa z.$$

$$12.19. m' = mc(T - T_K) / \lambda \approx 2 \cdot 10^{-2} \kappa z.$$

$$12.20. h = [m_0 c(t_2 - t_K) - mc_B(t_K - t_1)] R(t_K + 273) / \lambda \mu P_0 S = 0,64 \text{ м}.$$

$$13.1. V_2 / V_1 = \mu n g \cos \alpha / PS + \sqrt{(\mu n g \cos \alpha / PS)^2 + 1} \approx 1,2.$$

$$13.2. \omega = \sqrt{P_0 V / m(l^2 - r^2)} = 200 \text{ с}^{-1}.$$

$$13.3. \bar{a} = -\bar{g} \left[(\pi d^2 P_0 / 4mg) - 1 \right] / 2.$$

$$13.4. \eta = m\omega^2 R / SP_0 + \sqrt{(m\omega^2 R / SP_0)^2 + 1}.$$

$$13.5. l' = \left(\sqrt{(PS)^2 + 4KPSl} - PS \right) / 2K \approx 0,15 \text{ м}.$$

$$13.6. \Delta T = -T_1 \rho g l / (P_0 + \rho g l / 2) = -11 \text{ К}.$$

$$13.7. A = [(m + M)V^2 - (M - m)gH + P_0 SH] / 2 = 0,48 \kappa \text{ Дж}.$$

$$13.8. m = \frac{(\mu_B / 2 - \mu_{He}) \frac{PV}{RT} - M}{4\pi(3V/4\pi)^{2/3}} = 4,8 \text{ з} / \text{м}^2.$$

$$13.9. \eta = \sqrt{2}.$$

$$13.10. h = HM / m = 20 \text{ см}.$$

$$14.1. q = \pm \sqrt{m(g+a)l^2 / k\sqrt{3}} = \pm 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}.$$

$$14.2. q_1 = -q_2 = E_0 a^2 / 8k = 4 \text{ нКл}; E = E_0 / 8 = 0,9 \text{ кВ} / \text{м}.$$

$$14.3. a_B = \frac{2}{7} g + \frac{\sqrt{3} kq^2}{4 ml^2}; a_{AX} = a_B \sqrt{3} / 2; a_{AY} = g + \frac{\sqrt{3} kq^2}{2 ml^2}.$$

$$14.4. l = (3q^2 / 8\pi\epsilon_0 mg)^{1/2} = 6,4 \text{ см}.$$

$$14.5. q' = q(R/2r)^2 = 1 \text{ нКл}; E' = kq/r^2 = 0,36 \text{ кВ} / \text{м}.$$

$$14.6. \varphi_2 = 2E_1 l / 3 = 2B.$$

$$14.7. E = \varphi_0 \sqrt{r_1 r_2 S^2 + (r_2 - r_1)^2 (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)} / r_1 r_2 (r_2 - r_1) = 10 \text{ В} / \text{м}.$$

$$14.8. A = q\varphi_0 R / (R + S) = 0,48 \text{ мДж}.$$

$$14.9. \varphi_1 = \varphi(R_2 - R_1)/R_2; \varphi_2 = \varphi R_1/R_2.$$

$$14.11. \Pi = 3kq^2/l; A = -7kq^2/4l.$$

$$15.1. E = mgd/qh = 1\kappa B/m.$$

$$15.2. T_1 - T_2 = 4(qE - mg) \cdot \sin^2(\alpha/2) = 0,09H.$$

$$15.3. K = qEl/2 \cos^2(\text{tg}\beta + \text{tg}\alpha).$$

$$15.4. r_m = 2ke^2/K_0 = 1,4 \cdot 10^{-11} \text{ м},$$

$$a_0 = K_0^2/4m_p ke^2 = 6,7 \cdot 10^{20} \text{ м/с}^2.$$

$$15.5. T = mg\sqrt{3}/2 = 17 \text{ мН}, a = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

$$15.6. V = \sqrt{2gh + 2kqQ(1/R - 1/\sqrt{R^2 + h^2})}/m = 26,1 \text{ м/с},$$

$$a = g + kqQh/m\sqrt{(R^2 + h^2)^3} = 17,4 \text{ м/с}^2.$$

$$15.7. V_m = \left(\mu g l - \frac{q^2}{4\pi \cdot \epsilon \cdot ml} - 2q \sqrt{\frac{\mu g}{4\pi \cdot \epsilon_0 m}} \right)^{1/2} = 2,7 \text{ м/с}.$$

$$15.8. \tau = \frac{d + b}{V_0} \cdot \frac{\sqrt{V_0^2 + 2q\varphi/m} - V_0}{\sqrt{V_0^2 + 2q\varphi/m} + V_0}.$$

$$15.9. V_\alpha = l/\sqrt{10am_p} = 3,7 \text{ км/с}, V_p = 15 \text{ км/с}.$$

$$15.10. V = \Delta x \cdot \left(\sqrt{\frac{2h}{g - qE/m}} - \sqrt{\frac{2h}{q + qE/m}} \right)^{-1} = 1,1 \text{ м/с}$$

$$15.11. \omega_0 = \sqrt{4qE/ml} = 5,8 \text{ рад/с}.$$

$$15.12. q = +(mg/E) \cdot \text{tg } \alpha/2 = 96 \text{ нКл},$$

$$V_m = \sqrt{2ql(1 - \cos \alpha/2)/\cos \alpha/2} = 0,79 \text{ м/с}.$$

$$16.1. C = \Delta qR/(\varphi_0 R - k\Delta q) = 0,97 \text{ нФ}.$$

$$16.2. C_1 = Cd/(d - \Delta) = 4,5 \text{ нФ}, n = d/(d - \Delta) = 3.$$

$$16.3. q_1 = CU_0/4 = 1 \text{ мкКл}, q_2 = 0, q_3 = 3q_1, q_4 = 2q_1, I = U_0/R.$$

$$16.4. \Delta U = (C_1 U^2/2) \cdot C_2 / (C_1 + C_2) = 10 \text{ мДж}.$$

$$16.5. V = \sqrt{2gl - C_0 U_0^2 (\epsilon - 1) / (\epsilon \cdot m)} = 0,74 \text{ м/с}.$$

$$16.6. q = 10CU/71 = 15 \text{ мкКл}.$$

$$16.7. \text{а) } A = C_0 \epsilon^2 \cdot (n-1)/2 = 10 \text{ нДж},$$

$$\text{б) } A = C_0 \epsilon^2 \cdot (n-1)/2n = 5 \text{ нДж}.$$

$$16.8. \varphi_A - \varphi_B = -(\epsilon_1 C_1 + \epsilon_2 C_2) / (C_1 + C_2) = -4 \text{ В}.$$

$$16.9. Q = 4,5C\epsilon^2; 12,5\epsilon^2.$$

$$16.10. W = (1 + 2\epsilon)Q_0^2 / (2\epsilon C_0) = 12,5 \text{ мДж},$$

$$U = (1 + 2\epsilon)Q_0 / (\epsilon C_0) = 250 \text{ В}.$$

$$16.11. k = 1/(1 + \epsilon).$$

$$16.12. I = dQ/\epsilon_0 S(R + r) = 1 \text{ А}.$$

$$17.1. I = eN/\tau = 0,3 \text{ А}, j = 4eN/\tau \cdot d^2 \pi = 0,1 \text{ А/мм}.$$

$$17.2. n = (4N/\pi d^2 \cdot \tau) \sqrt{m/2K} = 3 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}.$$

$$17.3. E = j\rho, U = j\rho l, V = j\mu/edN_A = 0,75 \text{ мм/с}.$$

$$17.4. F = I\sqrt{2U/\gamma} = 1,4 \text{ мкН}.$$

$$17.5. a = 4I\sqrt{m_0 U} / M\sqrt{e} = 3 \text{ м/с}^2.$$

$$17.6. \rho = \mu \cdot \tau US / meKhN_A = 50 \text{ м} \cdot \text{м}.$$

$$17.7. \text{а) } R_{\text{ш}} = rU_0 / (I_m r - U_0) = 20 \text{ МОм},$$

$$\text{б) } R_D = r(U_m - U_0) / U_0 = 5 \text{ кОм}.$$

$$17.8. \text{а) } R = 3r/2; \text{б) } R = r/2; \text{в) } R = 5r/6; \text{г) } R = r(1 + \sqrt{3}).$$

$$17.9. R_0 = R.$$

$$17.10. R_0 = 50 \text{ Ом}.$$

$$17.11. \text{а) } U = \epsilon + Ir; \text{б) } U = \epsilon - Ir.$$

$$17.12. R_0 = r\epsilon_A / (\epsilon_r - \epsilon_A) = 2,50 \text{ Ом}.$$

$$18.1. U_0 = \epsilon_1 - \epsilon_2; U = (\epsilon_1 - \epsilon_2) / (2 + 1/n) = 2 \text{ В}.$$

$$18.2. I_0 = UI(R_B - R_A) / R_B(U - IR_A) \approx UI / (U - IR_A) = 30 \text{ А}.$$

18.3. $I = 3\varepsilon/21R$ (от B к A).

18.4. $\varphi_A - \varphi_B = -\varepsilon/6$.

18.5. $I = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)/(2R + r) = 1A$.

18.6. $I_r = [(\varepsilon_r - \varepsilon_A)R + \varepsilon_r r_A] / [R(r_A + r_r) + r_A r_r] = 27,5A$;

$I_A = [(\varepsilon_r - \varepsilon_A)R - \varepsilon_A r_r] / [R(r_A + r_r) + r_A r_r] = 6,25A$;

$I_r = [(\varepsilon_r r_A + \varepsilon_A r_r)] / [R(r_A + r_r) + r_A r_r] = 21,3A$.

18.7. $\varepsilon = 2RI_0/(I_0 - I) = 10B$; $r = 2IR/(I_0 - I) = 10\Omega$;

$q_1 = 2C_1 IR = 90\text{мкКл}$; $q_2 = C_2 IR = 45\text{мкКл}$.

18.8. $\varphi_A = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)/3 = 1B$.

18.9. $I = \varepsilon/(R + r)$. Указание: точки A и B , C и D симметричны.

18.10. $I_A = (IR_2 + IR_1 - \varepsilon)/R_2 = 0,5\text{мкА}$.

18.11. $q_0 = C_0(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) = 10^{-5}\text{ Кл}$;

$$q = C \left(\varepsilon + \frac{\varepsilon_1 R_2 + \varepsilon_2 R_1}{R_1 + R_2} \right) = 6,5 \cdot 10^{-5}\text{ Кл}.$$

18.12. $R_2 = R_1 R_4 R_5 / (R_3 R_5 - R_1 R_4) = 33\Omega$.

19.1. а) $P_2 = 8P_1/9$; б) $P_2 = 9P_1/8$.

19.2. $A = C\varepsilon^2$; $Q_{1,2} = C\varepsilon^2 R_{1,2} / 2(R_1 + R_2)$.

19.3. $P_0 = I\varepsilon$; $P = I\varepsilon - I^2 R$; $P_m = \varepsilon^2 / 4r$.

19.4. $r = \sqrt{R_1 R_2} = 6\Omega$.

19.5. $\Delta W = \varepsilon(U - \varepsilon)\tau/r$; $\eta = \varepsilon/U$.

19.6. $P'_1 = \frac{U_2^2 P_1 (P_2 + P_3)^2}{U_1^2 (P_1 + P_2 + P_3)^2} = 72\text{Вт}$; $P'_2 = 16\text{Вт}$; $P'_3 = 32\text{Вт}$.

19.7. $P_m = \varepsilon \cdot I_{\max} / 4 = 4,5\text{Вт}$.

19.8. $P_{\text{МЭХ}} = \varepsilon I (1 - I/I_0) = 0,18\text{кВт}$; $\varepsilon_i = \varepsilon(1 - I/I_0) = 18B$.

19.9. $I = mgV(\beta - \alpha)/\eta U = 250A$.

19.10. $R = \eta U_0^2 / P_0 = 10\Omega$; $U = U_0(1 - \eta) = 0,98\text{МВ}$.

$$19.11. A = \varepsilon l(I_0 - I)/I_0 = 8 \text{ Дж}.$$

$$19.12. R = \eta(R_{np} + r)/(1 - \eta) = 47,5 \text{ кОм}.$$

$$20.1. B = M_0/INS = 20 \text{ мТл}.$$

$$20.2. I_2 = 1 \text{ А}.$$

$$20.3. B = 8\rho g S \cdot \text{tg}\alpha/I.$$

$$20.4. a \approx 2g \sin\alpha - |Bl|/m = 5,2 \text{ м/с}^2.$$

$$20.5. V_m = \left[5gl + \frac{q^2 B^2 l^2}{2m^2} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{4gm^2}{q^2 B^2 l}} \right) \right]^{1/2}.$$

$$20.6. V_m = \sqrt{2gL \left[\sqrt{1 + I^2 B^2 l^2 / m^2 g^2} (1 + |Bl| \cdot \text{tg}(\alpha_m - 2)/mg) - 1 \right]^2}.$$

$$20.7. S = 2\pi mV \cos\alpha/qB = 0,1 \text{ м}.$$

$$20.8. \alpha = \arcsin(qBl/mV).$$

$$20.9. F = IBb/2 = 7,2 \text{ мН}.$$

$$20.10. E = \sqrt{(m/e)^2 a_0^2 - V^2 B^2} = 8 \text{ кВ/м}.$$

$$20.11. a = \frac{e}{m} \left(B \sqrt{2 \frac{e}{m} Eh - E} \right) = 10^{12} \text{ м/с}^2.$$

$$20.12. E/(V_0 B) = \beta/4.$$

$$21.1. \Delta\Phi = -BS; q = BS/R.$$

$$21.2. q = \frac{|B_r - B_b|ab}{R + 2p(a+b)/S} = 10^{-7} \text{ Кл}.$$

$$21.3. U = (BVIr - \varepsilon_0 R)/(r + R); P = (\varepsilon_0 - BVI)^2 R/(r + R)^2.$$

$$21.4. V_m = ma_0 r / B^2 l^2 = 10 \text{ м/с}.$$

$$21.5. \text{а) } Q_1 = B^2 Vab/2\rho; \text{б) } Q_2 = B^2 Vb^2/2\rho.$$

$$21.6. Q = B^2 V \text{tg}\alpha l / 2\rho.$$

$$21.7. B = (1 + \sqrt{2})I\rho/(\sqrt{2}VS).$$

$$21.8. \varepsilon_i = 0,5(-1)^n BR\beta t, n=1,2...$$

$$21.9. F = B^2 l^2 V / R = 1,6 \cdot 10^{-4} H.$$

$$21.10. V = mgR \sin \alpha / B^2 l^2.$$

$$21.11. a = g \sin \alpha / (1 + B^2 l^2 C / m).$$

$$21.12. I_m = \frac{Q}{2} \sqrt{\frac{d}{\varepsilon_0 S L}}.$$

$$22.1. x = 2d \sin \alpha / \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = 2,1 \text{ cm}.$$

$$22.2. x = fFR / (hF + fR - RF) = 0,08 \text{ m}.$$

$$22.3. l = F \sqrt{F^2 + d^2} (1/(a-F) - (1/b-F)).$$

$$22.4. L = 4F.$$

$$22.5. L = \Gamma_1 \Gamma_2 l = 8 \text{ cm}.$$

$$22.6. \Gamma = 2.$$

$$22.7. F = 2 \text{ cm}.$$

$$22.8. F = \frac{W}{C\tau} \frac{\sqrt{5+2\sqrt{3}}}{2} = 1,9 \text{ H}.$$

Содержание

1.	ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	3
2.	ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.....	5
3.	ДВИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ.....	6
4.	ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ.....	8
5.	РАБОТА И ЭНЕРГИЯ.....	11
6.	ИМПУЛЬС.....	14
7.	ДИНАМИКА КОЛЕБЛЮЩИХСЯ СИСТЕМ.....	16
8.	КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ.....	18
9.	СТАТИКА.....	23
10.	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.....	27
11.	ГАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	28
12.	ТЕРМОДИНАМИКА ГАЗОВЫХ ПРОЦЕССОВ.....	31
13.	КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ ПО МЕХАНИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ.....	35
14.	НАПРЯЖЕННОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ.....	38
15.	ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ.....	40
16.	КОНДЕНСАТОРЫ.....	43
17.	ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	45
18.	РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	47
19.	РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА.....	49
20.	СИЛА АМПЕРА. СИЛА ЛОРЕНЦА.....	51
21.	ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. САМОИНДУКЦИЯ.....	53
22.	ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА.....	57
	ОТВЕТЫ.....	59