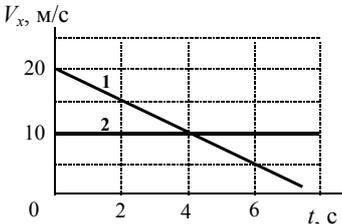
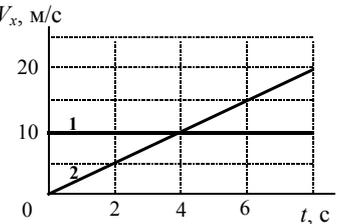


«Мои задачи»

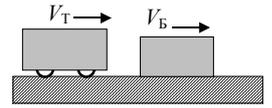
Здесь я собрал задачи, которые условно называю «моими». Я, действительно, работал над их условиями, подбирая числа, готовил рисунки. Мне хочется думать, что и сами сюжеты задач придуманы мною, хотя, скорее всего, это не так, и какие-то сюжеты когда-то давно были подсказаны другими задачами.

Большинство из собранных здесь задач в разные годы предлагались на Московской физической олимпиаде школьников, на олимпиаде МИЭТ «Поверь в себя», на миэтовских студенческих олимпиадах, на вступительных испытаниях МИЭТ. Среди задач есть простые и сложные. Задачи почти не упорядочены, а лишь разбиты по четырем большим разделам, а «студенческие» задачи помечены «звездочками».

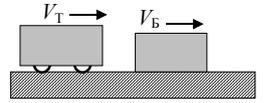
Механика

1. С какой скоростью растет «хвост» автомобильной пробки, образовавшейся из-за резкого снижения скорости на некотором участке дороги? До пробки автомобили движутся однородным потоком со скоростью 50 км/ч со средней плотностью 20 автомобилей на 1 км пути. В пробке скорость автомобилей снижается до 5 км/час и движутся они почти вплотную друг к другу со средней плотностью 125 автомобилей на 1 км пути.
2. С ветки дерева, расположенной на высоте $H = 5$ м, с интервалом $\tau = 0,5$ с отрываются капли воды и падают на тротуар. С какой минимальной скоростью должен идти пешеход, чтобы, не замочившись, проскочить опасное место? Считать, что рост пешехода $h = 180$ см, диаметр его шапки $D = 30$ см, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.
3. С катера, движущегося относительно берега с постоянной скоростью $V_1 = 6$ м/с, в некотором направлении бросают камень со скоростью $V_2 = 10$ м/с относительно катера. На какую максимальную высоту h поднимется камень, если в системе отсчета, связанной с берегом, он движется прямолинейно? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².
4. Два тела движутся вдоль оси x . На рисунке приведены графики зависимости проекций скоростей этих тел на ось x от времени. Какое расстояние L было между телами в момент времени $t = 0$, если минимальное расстояние между ними при таком движении составило $L_{\min} = 30$ м?
5. Два тела движутся вдоль оси x . На рисунке приведены графики зависимости проекций скоростей этих тел на ось x от времени. Какое расстояние L было между телами в момент времени $t = 0$, если минимальное расстояние между ними при таком движении составило $L_{\min} = 40$ м?
6. Тело движется прямолинейно с постоянным ускорением, отличным от нуля. За первую секунду движения тело прошло такой же путь $S = 5$ м, что и за вторую секунду. Определите начальную скорость тела.

7. Тележка налетает на брусок. Сразу после столкновения тележка и брусок движутся в одном направлении со скоростями $V_T = 2$ м/с и $V_B = 3$ м/с. Через какое время τ после первого столкновения произойдет второе? Тележка движется между столкновениями равномерно, а брусок равнозамедленно с ускорением $a = 2$ м/с².



8. Тележка налетает на брусок. Сразу после столкновения тележка и брусок движутся в одном направлении со скоростями $V_T = 1$ м/с и $V_B = 3$ м/с. Через какое время τ после первого столкновения произойдет второе? Тележка движется между столкновениями равномерно, а брусок равнозамедленно с ускорением $a = 3$ м/с².



9. Стержень АВ, ориентированный вдоль оси x , в момент $t = 0$ начинает двигаться с постоянным ускорением $a = 0,2$ м/с² в положительном направлении оси x . Передним концом стержня является точка A , задним – точка B . Найдите длину стержня, если в момент времени $t_A = 1$ с координата точки A равна $x_A = 50$ см, а в момент $t_B = 2$ с координата точки B равна $x_B = 30$ см.

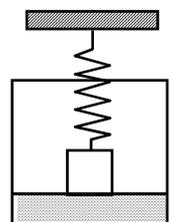
10. Камень брошен со скоростью $V = 5$ м/с вверх под углом к горизонту с большой высоты. За время Δt свободного полета вектор скорости камня повернулся на угол 90° и уменьшился по величине в 2 раза. Найдите модуль вектора скорости камня через время $2\Delta t$ после броска. Сопротивлением воздуха пренебречь.

11. Для тренировки космонавтов самолет, летящий горизонтально со скоростью $V = 720$ км/ч, начинает снижаться по некоторой траектории. На какой максимальный непрерывный промежуток времени τ возможно создание в самолете невесомости, если скорость самолета не должна превышать $V_m = 300$ м/с?

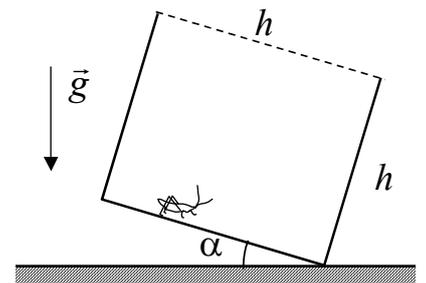
12. Из игрушечной двустволки с временным интервалом $\tau = 1$ с делают два выстрела под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите минимальное расстояние L между пулями во время их совместного полета. Начальная скорость пули $V_0 = 15$ м/с.

13. Мальчик, сидящий на вращающейся в горизонтальной плоскости с частотой $n = 6$ об/мин карусели на расстоянии $r = 4$ м от оси вращения, стреляет из пружинного пистолета, направив его ствол под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Оказалось, что пуля относительно земли движется прямолинейно. С какой скоростью V относительно пистолета вылетела пуля?

14. Железный кубик со стороной a подвешен на пружине жесткости k . В начальный момент кубик касается нижней гранью поверхности воды в сосуде. В сосуд начинают медленно доливать воду так, что ее уровень поднимается со скоростью V_1 . С какой скоростью V_2 относительно сосуда движется при этом кубик? Плотность воды ρ , ускорение свободного падения g .

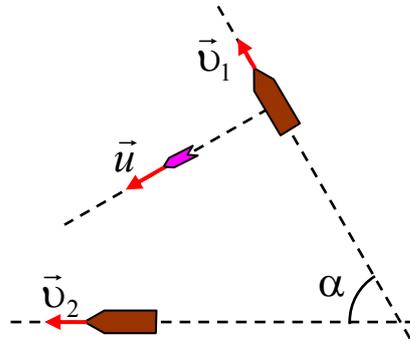


15. В открытой прямоугольной коробке сидит кузнечик, который умеет прыгать с начальной скоростью $V_0 = 3$ м/с под любым углом к горизонту. На какой минимальный угол к горизонту нужно наклонить коробку, чтобы кузнечик смог из нее выпрыгнуть? Считать, что каждая грань коробки является квадратом со стороной $h = 52$ см. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением

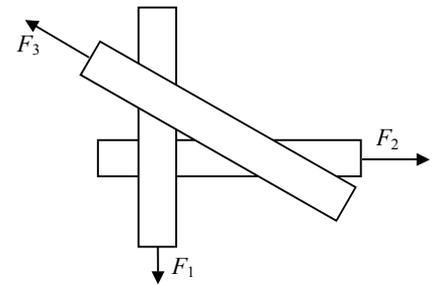


воздуха пренебречь.

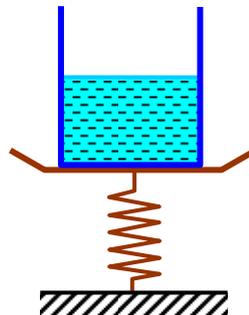
16. Круизные лайнеры «Первый» и «Второй» плывут равномерно и прямолинейно. Угол между их курсами равен 60° , скорость «Первого» 35 км/ч, скорость «Второго» 31,6 км/ч. С лайнера «Первый» с временным интервалом в несколько часов отплывают два катера, которые, двигаясь с постоянной скоростью, перпендикулярной курсу «Первого», точно приплывают ко «Второму». Определите скорость катера.



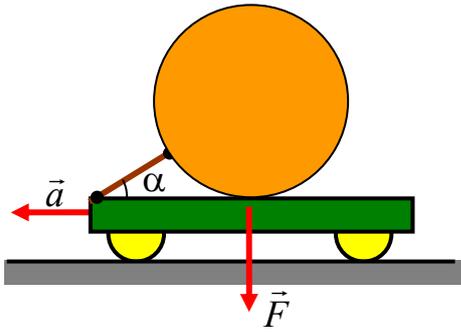
17. На гладкой горизонтальной поверхности лежат три доски, как показано на рисунке. Их начинают медленно (без ускорения) растаскивать, прикладывая к доскам горизонтальные силы. В некоторый момент две из этих сил взаимно перпендикулярны, а их величины $F_1 = 3$ Н, $F_2 = 4$ Н. Определите величину F_3 третьей силы.



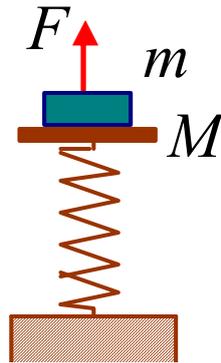
18. Спутник движется по эллиптической («вытянутой») орбите вокруг некоторой планеты. На расстоянии $l_1 = 25000$ км от центра планеты ускорение спутника равно $a_1 = 0,6$ м/с². С каким ускорением a_2 движется спутник на расстоянии $l_2 = 50000$ км от центра планеты?
19. На горизонтальном столе расположены пружинные весы, на весах – цилиндрический сосуд с водой (рис.). Когда в сосуд долили некоторое количество воды, свободная поверхность воды в сосуде осталась относительно стола на прежнем уровне. Определите жесткость пружинных весов k . Внутренний радиус сосуда $r = 8$ см, плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ выразите в Н/м и округлите до целого числа.



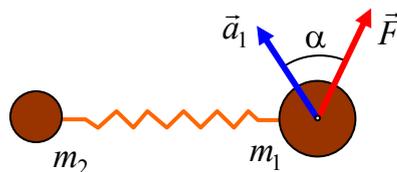
20. С какой силой F гладкий шар массы $m = 1$ кг давит на тележку (рис.), если она движется по горизонтальной поверхности с ускорением $a = 3,5$ м/с², а нить составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтальной поверхностью? Шар неподвижен относительно тележки. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



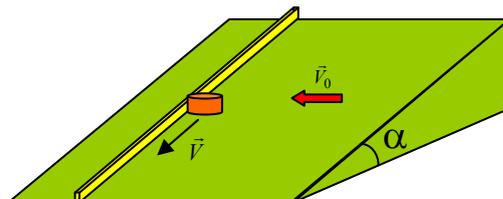
21. На легкой вертикальной пружине закреплена подставка массы $M = 2$ кг, на подставке лежит груз массы $m = 3$ кг. Система находится в равновесии. Какую минимальную силу F нужно приложить к грузу, чтобы сразу оторвать его от подставки? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



22. Две шайбы, соединенные легкой пружинкой, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием силы F , направленной горизонтально и приложенной к шайбе массой $m_1 = 100$ г (см. рис., вид сверху). В некоторый момент ускорение этой шайбы равно $a_1 = 1$ м/с² и направлено под углом $\alpha = 60^\circ$ к вектору силы \vec{F} . Определите в этот момент времени ускорение второй шайбы, если ее масса $m_2 = 50$ г, а величина силы $F = 0,1$ Н.



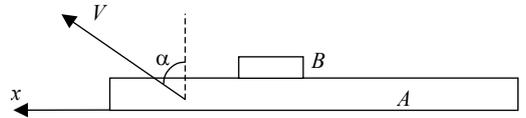
23. Лента движущегося со скоростью $V_0 = 1$ м/с транспортера наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, как показано на рисунке. Вместе с транспортером движется шайба, которая упирается (не отскакивая) в неподвижный бортик и начинает скользить вдоль него по транспортеру вниз. Найдите установившуюся скорость движения шайбы, если трение о бортик пренебрежимо мало, а коэффициент трения шайбы о ленту транспортера $\mu = 0,7$.



24. К вертикальной железной стене "прилипла" намагниченная шайба. К шайбе привязана легкая нить, за которую тянут так, что нить все время остается

параллельной стене. Когда нить тянут вертикально вверх, шайба начинает двигаться при минимальной силе $F_1 = 1,6$ Н, когда нить тянут вертикально вниз, шайба приходит в движение при силе $F_2 = 0,6$ Н. С какой минимальной силой F нужно тянуть нить в горизонтальном направлении, чтобы сдвинуть шайбу?

25. К вертикальной железной стене "прилипла" намагниченная шайба. К шайбе привязана легкая нить, за которую тянут так, что нить остается параллельной стене. Чтобы перемещать шайбу с постоянной скоростью по стене вертикально вверх нужно тянуть за нить с силой F_1 , чтобы перемещать шайбу с постоянной скоростью вертикально вниз – с силой F_2 . С какой силой F нужно тянуть шайбу за нить, чтобы она перемещалась с постоянной скоростью по стене в горизонтальном направлении?
26. На горизонтальном столе рядом лежат два бруска A и B . Брусок A начинают поступательно двигать по столу с постоянной скоростью V в направлении, определяемом углом α (рис., вид на стол сверху). Какую максимальную скорость v_x в направлении оси x можно таким образом сообщить бруску B ? Коэффициент трения бруска B о стол μ_c , коэффициент трения между брусками - μ_b .

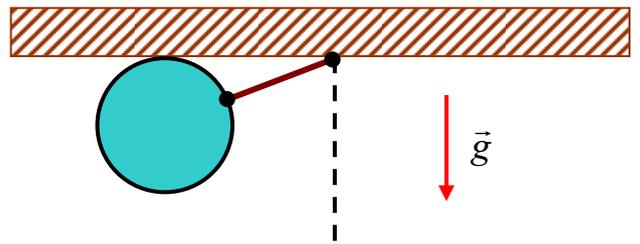


27. На горизонтальном столе лежат, соприкасаясь, брусок и линейка. Линейку двигают поступательно по столу с постоянной скоростью в направлении, определяемом углом α (см. рис., вид на стол сверху), толкая брусок. При $\alpha \leq \alpha_m = 30^\circ$ брусок и линейка перемещаются по столу как единое целое, а при $\alpha > \alpha_m$ брусок скользит по линейке. Найдите коэффициент трения μ_l между бруском и линейкой.

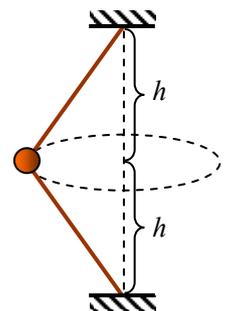


28. Шайбу, находящуюся на горизонтальном столе, тянут за нить так, что она движется по окружности радиуса $r = 0,5$ м с постоянной скоростью $V = 1$ м/с. При этом нить все время параллельна поверхности стола и составляет угол $\alpha = 45^\circ$ с вектором скорости шайбы. Определите коэффициент трения μ между столом и шайбой.

29. Однородный шар радиусом $R = 5$ см подвешен к горизонтальному потолку на нерастяжимой нити. Шар раскрутили вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса, так что он стал двигаться по окружности, упираясь в потолок (см. рис.). При каком максимальном периоде обращения шара возможно такое движение? Трением пренебrecь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ округлите до сотых долей секунды.

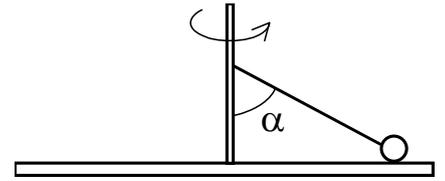


30. Небольшой шарик, закрепленный в средней точке легкой нерастяжимой нити, свободно вращается в горизонтальной плоскости с постоянной скоростью. Концы нити закреплены в точках, расположенных на одной вертикали на расстоянии $2h = 50$ см друг от друга (рис.). При каком максимальном значении периода обращения T нижняя половина нити будет натянута? Сопротивлением воздуха пренебrecь. Ответ выразите в секундах и округлите до целого числа. Ускорение свободного

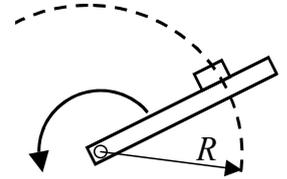


падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

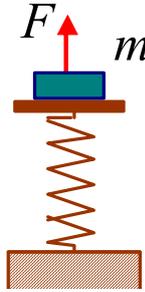
31. Шарик, закрепленный на нити, движется по окружности на гладком горизонтальном столе. Нить составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с вертикальной осью вращения, период обращения $T = 2 \text{ с}$, длина нити $l = 50 \text{ см}$, масса шарика $m = 50 \text{ г}$. С какой силой F шарик действует на стол?



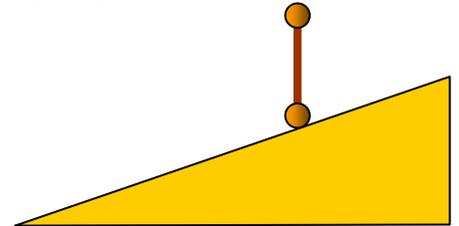
32. Расположенную на горизонтальном столе линейку вращают с частотой $n = 0,5 \text{ с}^{-1}$ вокруг одного из ее концов, толкая по столу небольшой брусок. Найдите максимальное расстояние R_m от бруска до оси вращения, при котором брусок и линейка будут двигаться как единое целое. Коэффициент трения между бруском и столом $\mu_c = 0,5$, между бруском и линейкой $\mu_l = 0,4$.



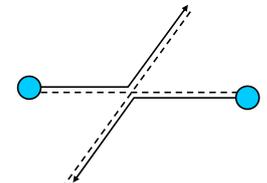
33. На чашке пружинных весов лежит гиря массой $m = 1 \text{ кг}$, при этом деформация пружины равна $l = 3 \text{ см}$. Какую работу A нужно совершить, чтобы медленно снять гирю с весов, прикладывая к ней вертикальную силу? Массой чашки весов пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



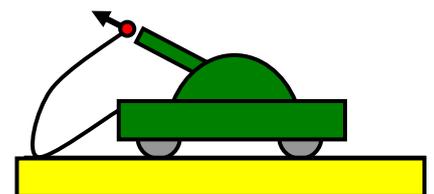
34. Гантельку из двух одинаковых шариков небольшого радиуса, соединенных легким стержнем длины l поставили вертикально на гладкую наклонную плоскость, составляющую угол α с горизонтом (см. рис.). Гантельку без толчка отпустили. С какой скоростью V верхний шарик ударится о наклонную плоскость? (V - составляющая скорости шарика, перпендикулярная к наклонной плоскости).



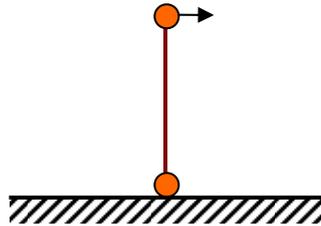
35. Две шайбы в результате столкновения на гладком горизонтальном столе разлетелись в противоположных направлениях, как показано на рисунке. Найдите величину отношения скоростей шайб перед столкновением V_1/V_2 , если их массы равны $m_1 = 100 \text{ г}$ и $m_2 = 200 \text{ г}$?



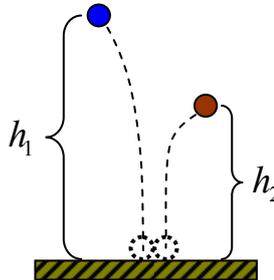
36. Игрушечная пушка на колесиках, первоначально покоившаяся на горизонтальном полу, выстреливает шарик, привязанный к пушке легкой ниткой (чтобы не потерялся). При выстреле нитка обрывается, и шарик падает на пол со скоростью $v = 6 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определите скорость пушки V после обрыва нити, если масса пушки в 3 раз больше массы шарика. Трением и сопротивлением воздуха пренебречь. Векторы скорости шарика и пушки лежат в одной плоскости.



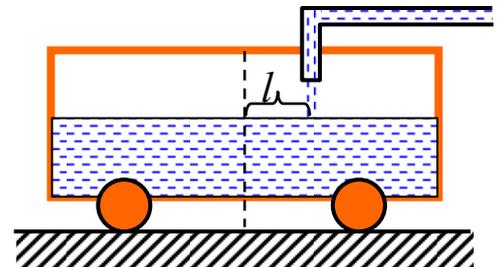
37. На концах невесомого стержня длиной $l = 0,2$ м расположены два небольших шарика. Стержень ставят вертикально на гладкую горизонтальную поверхность и отпускают (рис.). С какой скоростью верхний шарик ударится о стол? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



38. Две разноименно заряженные бусинки с одинаковыми массами одновременно отпускают, одну с высоты $h_1 = 25$ см, а другую с высоты $h_2 = 15$ см (рис.). Определите время движения бусинок, если упали они на стол одновременно. Электрическим взаимодействием бусинок со столом пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



39. Покоящуюся на горизонтальной поверхности цистерну с открытым верхом начинают заполнять водой из неподвижного относительно земли крана. Струя воды бьет из крана вертикально вниз и в начальный момент попадает в точку, удаленную на расстояние l от середины цистерны (рис.). Найдите перемещение цистерны после ее заполнения водой. Масса пустой цистерны M , масса залитой воды m . Трением качения пренебречь.



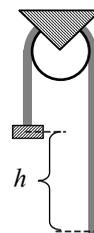
40. Две шайбы массами m и $2m$, соединенные легкой пружиной, движутся вдоль одной прямой по горизонтальной поверхности. В некоторый момент времени скорости шайб направлены одинаково, причем легкая шайба движется замедленно с ускорением $a_1 = 2$ м/с². Растянута или сжата пружина в этот момент времени? Определите в этот момент величину a_2 и направление вектора ускорения тяжелой шайбы. Коэффициент трения между каждой шайбой и поверхностью $\mu = 0,4$.



41. По двум непроводящим параллельным стержням могут скользить две бусинки, разноименно заряженные и имеющие массы $m_1 = 0,2$ г и $m_2 = 0,4$ г. Сначала бусинки удерживают на некотором расстоянии друг от друга, а затем отпускают. Известно, что максимальная скорость первой бусинки $V_1 = 2$ м/с. Чему равна максимальная скорость V_2 второй бусинки? Трением и силой тяжести пренебречь.
42. На гладком горизонтальном столе покоятся две одинаковые шайбы, соединенные легкой недеформированной пружиной. Одной из шайб сообщают горизонтальную

скорость V . Через некоторое время вектор скорости этой шайбы повернулся в горизонтальной плоскости на угол $\alpha = 45^\circ$, а по величине скорости шайб сравнялись. Найдите для этого момента времени скорости шайб V_2 и энергию деформации пружины.

43. Канат длиной $L = 17$ м переброшен через легкий блок. К одному концу каната прикреплен груз. Система находится в равновесии, когда груз расположен выше свободного конца каната на $h = 3$ м. Из этого положения после легкого толчка груз начинает опускаться. Определите скорость груза V , когда он пройдет путь, равный h . Трением и размерами груза пренебречь.

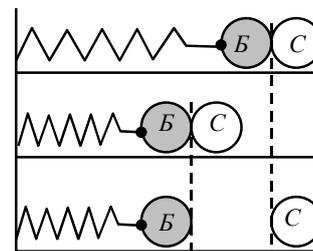


44. Нерастяжимая веревка длиной $L = 2$ м и массой $m = 0,5$ кг симметрично переброшена через расположенный горизонтально тонкий стержень. Сначала веревка покоилась, а затем, после легкого толчка, начала скользить по стержню. В момент, когда веревка полностью соскользнула со стержня, ее скорость стала равной $V = 2$ м/с. Определите работу силы трения между веревкой и стержнем.

45. На горизонтальном столе находится кубик, прикрепленный к вертикальной стене легкой горизонтальной недеформированной пружиной. Кубику коротким ударом вдоль оси пружины сообщают кинетическую энергию E_1 . Через некоторое время кубик возвращается в исходную точку, имея кинетическую энергию E_2 . Во сколько n раз максимальная величина силы упругости, действующая на кубик при его движении, больше силы трения?

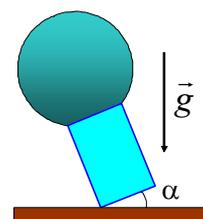


46. На верхнем рисунке изображена незаряженная пружинная "пушка": пружина не деформирована, снаряд (С) касается бойка (Б). Пушку можно зарядить двумя способами: 1) смещая снаряд вместе с бойком, 2) смещая только боек (нижний рис.). В каком случае максимальная скорость снаряда будет больше и во сколько раз? Считать удар бойка о снаряд абсолютно упругим. Массы бойка и снаряда одинаковые, масса пружины пренебрежимо мала.



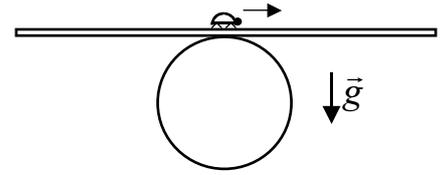
47. На гладком горизонтальном столе удерживают две одинаковые шайбы, между которыми зажата легкая пружина (она не прикреплена к шайбам). Шайбы отпускают. Это не удалось сделать одновременно: сначала отпустили первую шайбу, а чуть позже вторую. После разлета шайб их максимальные кинетические энергии оказались равными W_1 и W_2 . Определите энергию деформации пружины W в тот момент, когда отпустили вторую шайбу.

48. К гвоздю, торчащему из вертикальной стены, подвесили на нитке длиной $l = 50$ см стальной шарик радиусом около 1 см (такие есть в школьной лаборатории). Слегка натягивая нитку и перемещая ее параллельно стене, шарик подняли на высоту h выше точки подвеса и без толчка отпустили. При каких значениях h шарик после прохождения положения равновесия поднимется выше точки подвеса? Нитка обычная, но достаточно прочная и при движении шарика не рвется. Со стеной шарик не соприкасается, а сопротивлением воздуха можно пренебречь.

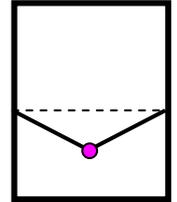


49. На стакан радиусом $r = 4$ см положили мяч радиусом $R = 8$ см (см. рис.). На какой минимальный угол α следует наклонить стакан, чтобы мяч из него выкатился?

50. На неподвижно закрепленном цилиндре радиуса R лежит тонкая линейка длины $l = 2\pi R$. Линейка расположена горизонтально, перпендикулярно к оси цилиндра и опирается о него своей серединой. На середине линейки сидит жук, который начинает медленно ползти к одному из концов линейки, прочно цепляясь за ее шероховатости. Масса жука в $k = 5$ раз меньше массы линейки. При каком коэффициенте трения μ между линейкой и цилиндром жук сможет доползти до конца линейки прежде, чем она начнет скользить по цилиндру?



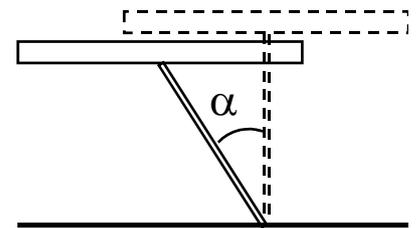
51. Сплошной шарик подвешен в сосуде на двух легких нитях, как показано на рисунке. Свободные концы нитей закреплены на одной высоте. После того, как сосуд наполнили водой и шарик оказался полностью погруженным в воду, натяжение нитей не изменилось. Определите плотность материала, из которого сделан шарик. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.



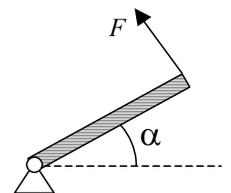
52. На легком жестком стержне закреплены три небольших шарика, изготовленных из различных материалов. Как опытным путем определить массу каждого шарика? Можно использовать любые приборы и принадлежности, запрещено деформировать и разрушать стержень и шарики.



53. Карандаш поставили вертикально на стол и придавили массивной книгой, придерживая ее в горизонтальной плоскости. На какой максимальный угол можно отклонить карандаш от вертикали до его падения на стол за счет медленного и поступательного перемещения книги? Коэффициент трения между карандашом и столом $\mu_1 = 0,5$, между карандашом и книгой $\mu_2 = 0,2$. Принять, что действующая на карандаш сила тяжести значительно меньше силы, которая прижимает карандаш к столу.

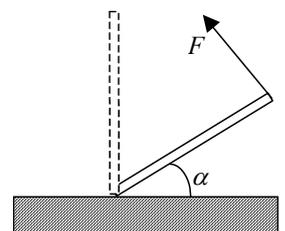


54. Однородный стержень массы $m = 1 \text{ кг}$ может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. С какой по величине силой f стержень действует на эту ось, если его неподвижно удерживают под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, прикладывая к верхнему концу силу, перпендикулярную стержню?

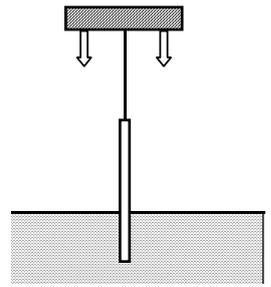


55. Анатолий и Борис несут бревно, медленно поднимаясь по лестнице. Анатолий идет первым, прикладывая к верхнему концу бревна минимально возможную для его удержания силу. Во сколько раз большую силу должен прикладывать Борис к нижнему концу бревна? Бревно однородное и составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом.

56. На горизонтальной поверхности лежит однородный стержень. Его медленно поднимают, прикладывая к одному из концов силу, перпендикулярную к стержню (рис.). При каком минимальном коэффициенте трения между стержнем и поверхностью можно таким образом поставить стержень вертикально без проскальзывания его нижнего конца.



57. Незаточенный карандаш, подвешенный на нитке за один из концов, начинают погружать в воду, медленно опуская точку подвеса (см. рис.). Определите максимальную глубину погружения h нижнего конца карандаша, если длина карандаша $l = 18$ см, а его средняя плотность в $n = 2$ раза меньше плотности воды.



58. Нерастяжимую нить математического маятника заменили на легкую пружинку, длина которой в недеформированном состоянии равна длине нити математического маятника. Период малых колебаний математического маятника $T_1 = 1,2$ с (рис.1), а период вертикальных колебаний пружинного маятника $T_2 = 1,6$ с (рис.2). Груз полученного пружинного маятника привели в движение по окружности, расположенной в горизонтальной плоскости (рис.3). Определите период обращения T такого «конического маятника» при малом угле α отклонения оси пружины от вертикали.

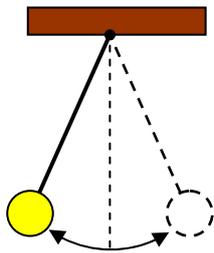


Рис.1

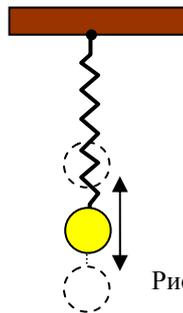


Рис.2

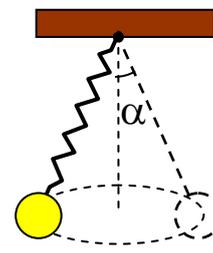
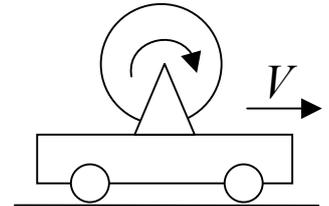
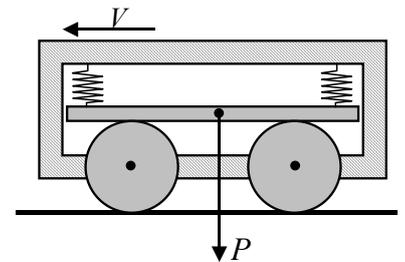


Рис.3

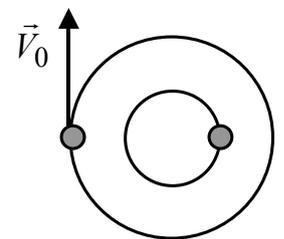
59. *Диск радиуса R закреплен на тележке, движущейся с постоянной скоростью V относительно земли. Угловая скорость вращения диска $\omega = 2V/R$. Определите геометрическое место точек диска, величина скорости которых относительно земли равна V .



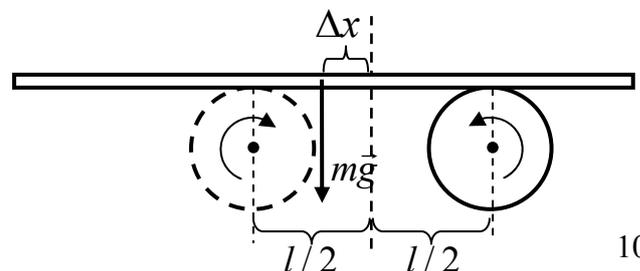
60. *Найдите зависимость ускорения тележки от силы P , которая прижимает «тормозную колодку» к колесам. Считайте, что масса тележки M значительно больше суммарной массы колес. Коэффициент трения между колесами и дорогой μ_1 , между колесами и тормозной колодкой - μ_2 .



61. *Два концентрических кольца радиусами R и $2R$ из тонкой непроводящей проволоки закреплены в одной горизонтальной плоскости. По кольцам без трения могут скользить две одинаковые положительно заряженные бусинки. В начальный момент система находится в равновесии. Какую минимальную скорость V_0 нужно сообщить бусинке, расположенной на внешнем кольце, чтобы она обогнала бусинку на внутреннем кольце? Масса каждой бусинки m , заряд q .



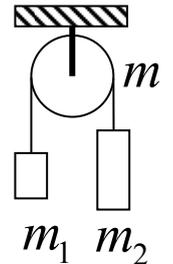
62. *Однородный стержень положили на два вращающихся блока радиуса $R = 3$ см каждый, как показано на рисунке, и отпустили без начальной скорости. Начальное смещение



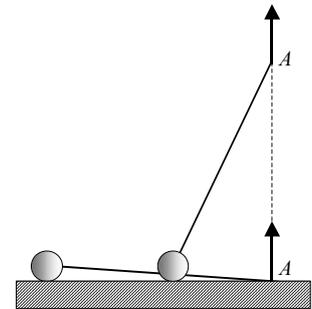
середины стержня относительно плоскости, расположенной симметрично относительно блоков равно Δx (см. рис.), расстояние между осями блоков $l = 20$ см, коэффициент трения между стержнем и блоками $\mu = 0,49$, угловая скорость вращения каждого блока $\omega = 7 \text{ с}^{-1}$. Во сколько раз отличаются амплитуды установившихся колебаний стержня при $\Delta x = 2$ см и $\Delta x = 4$ см? Считать ускорение свободного падения равным 10 м/с^2 .

63. *Рассмотрим центральное столкновение двух частиц массы m и заряда q каждая. В начальный момент первая частица имела скорость V_0 , а вторая покоилась на большом расстоянии от первой. а) На сколько увеличится время движения первой частицы до ее остановки, если начальное расстояние между частицами увеличить на Δl при неизменной величине начальной скорости? б) Где остановится первая частица - в точке, где первоначально покоилась вторая, ближе или дальше этой точки?
64. *Маленькую шайбу отпускают дважды без начальной скорости из точек, расположенных вблизи вершины гладкого неподвижного шара: сначала из точки, отстоящей от вершины шара на $l_1 = 1$ см, а затем из точки, отстоящей от вершины на $l_2 = 2,7$ см. Радиус шара $R = 5$ м. В первом случае шайба проходит первый метр пути за время t_1 , а во втором - за время t_2 . Определите $t_1 - t_2$.

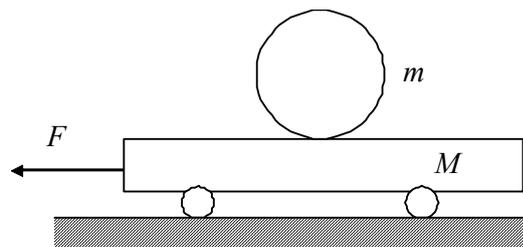
65. *В установке, показанной на рисунке, блок представляет собой однородный цилиндр массы $m = 1.5$ кг, масса первого груза $m_1 = 1$ кг, масса нити пренебрежимо мала, трение в оси блока отсутствует. При какой массе второго груза m_2 ($m_2 > m_1$) нить начнет проскальзывать относительно блока? Коэффициент трения между нитью и блоком $\mu = 0,1$. При каком отношении m/m_1 проскальзывания нити не происходит при любых массах m_2 ?



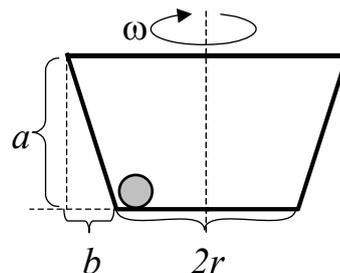
66. *На гладком горизонтальном столе движется по окружности с угловой скоростью ω_0 шарик радиуса R и массы m , закрепленный на легкой нерастяжимой нити длины L ($L \gg R$). Конец нити A сначала закреплен на столе, а затем его медленно поднимают. При каких значениях угловой скорости ω_0 шарик не будет отрываться от стола до тех пор пока нить не займет вертикального положения?



67. *К тележке приложена сила F . Найти ускорения тележки и центра масс трубы. Масса тележки M , масса трубы (тонкостенной) m . Проскальзывания нет. Трением качения пренебречь.

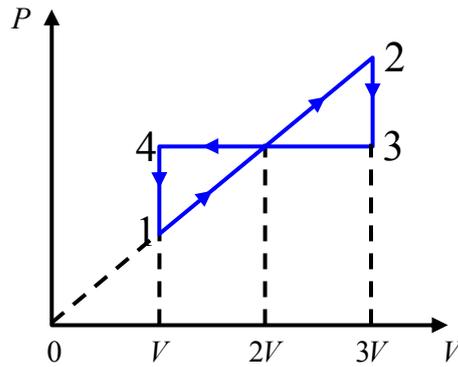


68. *В трапециевидальном сосуде с прямоугольным дном находится шарик, диаметр которого чуть меньше расстояния между вертикальными стенками сосуда. До какой минимальной угловой скорости ω нужно раскрутить сосуд вокруг вертикальной оси, проходящей через центр дна сосуда, чтобы шарик из сосуда вылетел? Известны геометрические размеры a , b , r . Трением пренебречь. Диаметр шарика значительно меньше r .

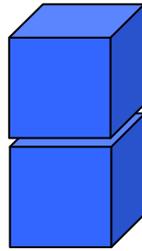


Молекулярно-кинетическая теория и термодинамика

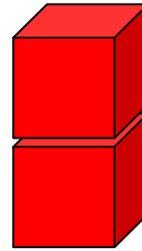
69. Изотерма кислорода при температуре $t_1 = 47^\circ\text{C}$ совпадает с изотермой азота при температуре $t_2 = 7^\circ\text{C}$. Во сколько раз отличаются массы этих газов? Газы считать идеальными. Молярные массы кислорода и азота соответственно равны $\mu_1 = 32$ г/моль и $\mu_2 = 28$ г/моль.
70. За окном поздняя осень, уже несколько дней идет холодный дождь и температура на улице $t_1 = 1^\circ\text{C}$. Но в комнате тепло, термометр показывает $t_2 = 20^\circ\text{C}$ («топят!») и окно слегка приоткрыто для притока свежего воздуха. Определите относительную влажность воздуха в комнате. Необходимые данные возьмите в справочнике.
71. В одном из двух баллонов содержится углекислый газ, а в другом водород. Объемы, температуры и давления газов одинаковые. Во сколько раз изменится масса газа в баллоне, где первоначально был водород, если баллоны соединить тонкой трубкой? Молярная масса углекислого газа 44 г/моль, молярная масса водорода 2 г/моль.
72. В одном из двух баллонов содержится углекислый газ, а в другом водород. Объемы, температуры и давления газов одинаковые. Во сколько раз изменится масса газа в баллоне, где первоначально был водород, если баллоны соединить тонкой трубкой? Молярная масса углекислого газа 44 г/моль, молярная масса водорода 2 г/моль.
73. В цилиндрическом вертикальном сосуде высотой $h = 1$ м находится воздух при температуре $t = 27^\circ\text{C}$. Оцените, на сколько процентов отличаются давления воздуха в сосуде у его верхнего и нижнего оснований.
74. В герметично запаянной трубке постоянного сечения находится идеальный газ при давлении P_0 и температуре T_0 . Трубку помещают вблизи печи так, что ее установившаяся температура линейно меняется от T_1 у одного конца до T_2 у другого. Определите давление газа в трубке.
75. Идеальный газ сначала изотермически расширяют, затем охлаждают при постоянном объеме, пока его температура (в кельвинах) не уменьшится в два раза, после чего газ изотермически сжимают до первоначального объема и, наконец, завершая циклический процесс, изохорно возвращают в исходное состояние, сообщая такое же количество теплоты, что при изотермическом расширении. Определите КПД цикла.
76. В циклическом процессе 1-2-3-4-1, график которого изображен на рисунке, идеальный газ получает от нагревателя за один цикл количество теплоты 400 Дж. Какое количество теплоты газ за цикл отдает холодильнику?



77. Из четырех одинаковых кубиков составлены два тела, которые условно будем называть «синим» и «красным». Температура синего тела 20° , а красного 60° . До какой максимальной температуры можно нагреть синее тело только за счет теплообмена между кубиками (то есть без совершения работы)? Тепловыми потерями пренебречь.

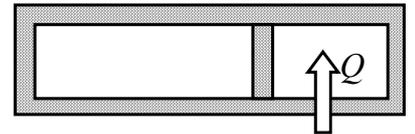


20°



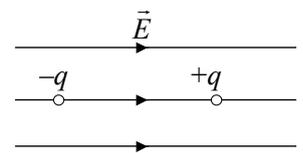
60°

78. *Идеальный газ находится в горизонтальном цилиндрическом сосуде объема V и разделен подвижным поршнем на две части. Система находится в термодинамическом равновесии. Во сколько раз увеличится давление газа, если в одной части сосуда включить на время τ нагреватель мощностью N ? Во сколько раз увеличится при этом температура газа в другой части сосуда? Теплоемкостью и теплопроводностью сосуда и поршня пренебречь. Начальное давление газа P_0 , показатель адиабаты γ .

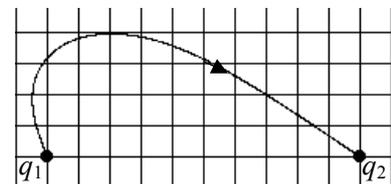


Электричество и магнетизм

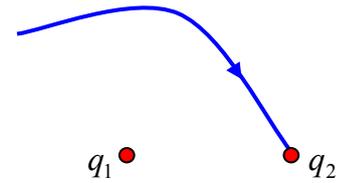
79. Точечные заряды $-q$ и $+q$ расположены на одной силовой линии однородного электрического поля E (см. рис.). Расстояние между зарядами l . При каких значениях $E=E_1$ вектор напряженности результирующего поля равен нулю только в одной точке? Постройте примерную картину линий напряженности электрического поля при $E < E_1$ и $E > E_1$.



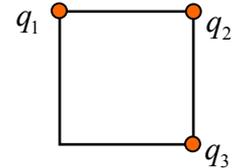
80. На рисунке изображена одна из линий напряженности электрического поля двух неподвижных точечных зарядов q_1 и q_2 . Известно, что $q_1 = 1$ нКл. Определите q_2 (в нКл).



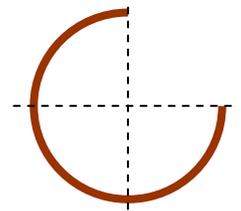
81. На рисунке изображена одна из силовых линий электростатического поля двух точечных зарядов q_1 и q_2 . Какой знак заряда q_1 и абсолютная величина какого заряда больше?



82. Три точечных заряда q_1 , q_2 и q_3 , размещены в вершинах квадрата, как показано на рисунке. Если заряд q_1 убрать, то вектор напряженности электрического поля в вершине, свободной от зарядов, остается неизменным по модулю, но изменяет направление на противоположное. Определите заряд q_1 (в нКл), если известно, что $q_3 = 1$ нКл.

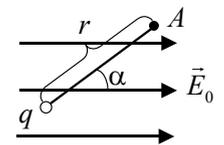


83. Напряженность электрического поля в центре равномерно заряженного диэлектрического кольца, у которого удалена одна четверть (см. рис.), равна E_1 . Длину дуги кольца начинают постепенно уменьшать, осторожно «отстригая» маленькие кусочки с одного из ее концов. Определите максимальную величину напряженности электрического поля в центре кольца при таком процессе.



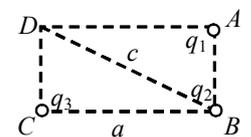
84. Точечные заряды $q_1 = 1$ нКл и $q_2 = 4$ нКл расположены в точках A и B , расстояние между которыми $a = 30$ см. Точечный заряд $Q = -2$ нКл находится в середине отрезка AB . При каком Q (отличном от нуля) электрические силы, действующие на заряды q_1 и q_2 в данной системе, будут равны по величине?

85. В однородном электрическом поле напряженностью $E_0 = 9$ кВ/м закреплен точечный заряд $q = -10$ нКл. В точке A , положение которой определяется расстоянием $r = 10$ см и углом α (см. рис.), модуль вектора напряженности результирующего электрического поля $E = E_0$. Определите угол α .



86. Пылинка массой $m = 1$ мг с зарядом $Q = 0,14$ нКл движется под действием сил поля тяжести Земли и однородного электрического поля с ускорением $a = 10$ м/с², направленным горизонтально. Определите величину E напряженности электрического поля.

87. Точечные заряды q_1 , q_2 и q_3 расположены в вершинах A , B , C прямоугольника $ABCD$. Эти заряды таковы, что напряженность электрического поля в вершине D равна нулю. Найдите отношение зарядов q_1/q_2 , если длина диагонали прямоугольника равна c , а длина стороны BC равна a .

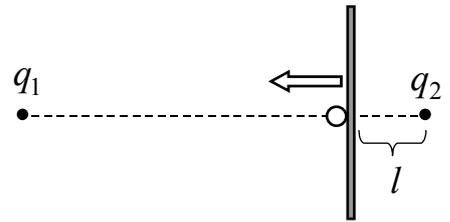


88. Точечный положительный заряд q_1 расположен в вершине A равнобедренного треугольника ABC ($AC = BC = a$, $\angle ACB = \alpha = 30^\circ$). Какой точечный заряд q_2 нужно поместить в вершину B , чтобы модуль вектора напряженности суммарного электрического поля зарядов q_1 и q_2 в вершине C был минимальным? Постоянная в законе Кулона равна k .

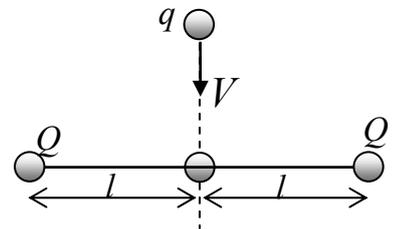
89. Точечный положительный заряд q_1 расположен в вершине A равнобедренного треугольника ABC ($AC = BC = a$, $\angle CAB = \alpha = 30^\circ$). Какой точечный заряд q_2 нужно поместить в вершину C , чтобы модуль вектора напряженности суммарного

электрического поля зарядов q_1 и q_2 в вершине B был минимальным? Постоянная в законе Кулона равна k .

90. Положительный q_1 и отрицательный q_2 точечные заряды закреплены на оси X по разные стороны от гладкой непроводящей пластины, плоскость которой перпендикулярна оси X . Маленький положительно заряженный шарик также находится на оси X , упираясь в пластину, как показано на рисунке. Первоначально пластина расположена вблизи отрицательного заряда, шарик при этом находится в равновесии. Пластину начинают поступательно перемещать вдоль оси X , медленно увеличивая расстояние l между пластиной и отрицательным зарядом. Когда l достигает $1/3$ расстояния между зарядами, шарик «улетает» с оси X . Определите отношение q_1/q_2 . Влиянием вещества пластины на электрическое поле, а также силой тяжести пренебречь.



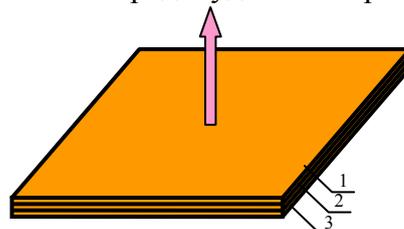
91. На концах тонкой непроводящей спицы длиной $2l$ закреплены положительные точечные заряды Q . Положительно заряженная бусинка может двигаться без трения по стержню и в начальный момент покоится в положении равновесия. К стержню с большого расстояния медленно приближают положительный заряд q , перемещая его вдоль перпендикуляра к стержню, проходящего через его середину. Когда расстояние между зарядом q и бусинкой стало равным l , бусинка пришла в движение. Определите отношение зарядов Q/q .



92. Из некоторой точки, расположенной в неоднородном электростатическом поле, испускаются с большим временным интервалом протон и альфа-частица. Во сколько раз должны отличаться начальные скорости этих частиц, чтобы совпали траектории их движения? Заряд альфа частицы в 2 раза, а масса в 4 раза больше, чем у протона.
93. На дне длинной стеклянной пробирки, закрепленной вертикально, находится положительно заряженный диэлектрический шарик массой $m = 0,1$ г чуть меньшего, чем пробирка диаметра. В точке A , расположенной под пробиркой, он создает электрическое поле напряженностью $E = 10^5$ В/м. Найдите силу Кулона, которая будет действовать на точечный положительный заряд q , если его поместить в точку A и дождаться установления равновесия. Рассмотреть случаи: а) $q = 0,5 \cdot 10^{-8}$ Кл; б) $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Влиянием стеклянной пробирки на электрическое поле пренебречь.



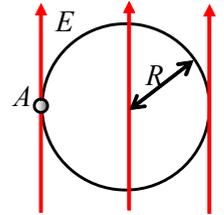
94. Три тонкие одинаковые металлические пластины, зарядом $q = 4$ нКл каждая, сложили в стопку. Одну из крайних пластин, перемещая, как показано на рисунке, унесли на большое расстояние, затем таким же образом разъединили две оставшиеся пластины. Какой заряд будет на второй (средней) пластине?



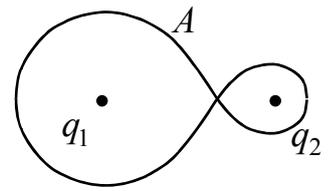
95. Силовые линии однородного электрического поля \vec{E} параллельны плоскости равнобедренного прямоугольного треугольника ABC с гипотенузой $AB = l = 14$ мм. Известны разности потенциалов в точках B, A и B, C : $\varphi_B - \varphi_A = \varphi_B - \varphi_C = 10$ В. Найдите модуль E вектора напряженности электрического поля.

96. Точки A, B и C – вершины равностороннего треугольника ABC со стороной $l = 3$ см. Вектор напряженности однородного электрического поля параллелен стороне AB треугольника, а разность потенциалов в точках A и B равна $\varphi_A - \varphi_B = 12$ В. Определите: а) величину напряженности E однородного электрического поля, б) разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_C$ в точках A и C .

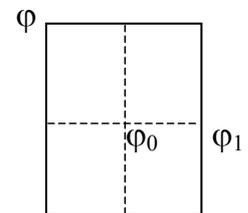
97. На тонкое непроводящее кольцо радиуса $R = 0,2$ м надета бусинка массой $m = 1$ г и зарядом $q = 1$ мкКл. Кольцо помещено в однородное электрическое поле величиной $E = 10^4$ В/м, вектор \vec{E} напряженности которого лежит в плоскости кольца. Сначала бусинку удерживают в точке A на диаметре, перпендикулярном силовым линиям. Какую минимальную скорость V нужно сообщить бусинке в точке A , чтобы она совершила полный оборот по кольцу? Силами трения и тяжести пренебречь.



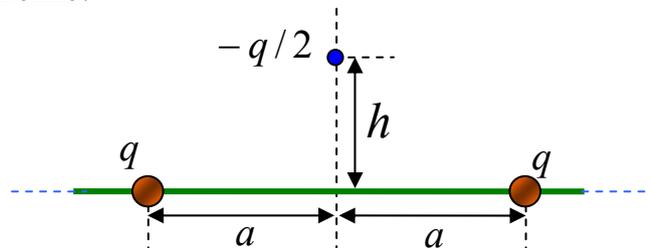
98. Во всех точках кривой A , изображенной на рисунке, потенциал электрического поля, созданного неподвижными точечными зарядами $q_1 = 4$ нКл и $q_2 = 1$ нКл, равен $\varphi = 900$ В. Определите расстояние l между зарядами. Постоянная в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



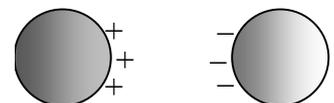
99. Лист бумаги формата А4 (отношение длин сторон листа равно $\sqrt{2}$), пройдя через устройство копирования, равномерно наэлектризовался. Потенциал в углу листа равен φ . Определите потенциал в центре листа φ_0 , а также потенциал на середине его длинной стороны.



100. Две одинаковые бусинки, зарядом q каждая, могут скользить без трения по горизонтально натянутой длинной шелковой нити. На расстоянии h от нити закреплен точечный заряд $-q/2$. Бусинки сначала удерживают на расстоянии $2a$ друг от друга, как показано на рисунке, а затем отпускают. При каких значениях a бусинки не вернуться в исходное положение?

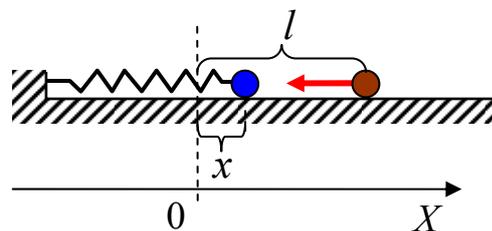


101. Два одинаковых металлических шара заряжены равными по величине, но противоположными по знаку зарядами и расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Из разных точек поверхности отрицательно заряженного шара вылетают два электрона с одинаковыми по величине начальными



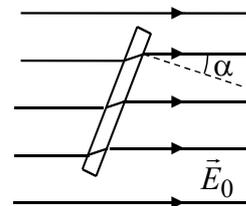
скоростями. Максимальная скорость движения первого электрона равна V_1 , а максимальная скорость движения второго $1,40 \cdot V_1$. Пренебрегая силой взаимодействия движущихся электронов, определите величину их начальной скорости V_0 .

102. Небольшой заряженный шарик покоится на гладком горизонтальном непроводящем столе. К шарiku присоединена пружинка жесткости k , второй конец которой закреплен на столе. Вдоль оси пружинки к шарiku с большого расстояния очень медленно приближают такой же, но противоположно заряженный шарик (рис.). Определите деформацию пружины в момент столкновения шариков.



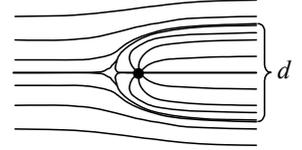
103. *Между двумя неподвижными точечными зарядами q_1 и q_2 поместили незаряженный металлический лист больших размеров, в результате чего электрическая сила, действующая на каждый заряд, увеличилась в $m = 10$ раз. Определите отношение q_1/q_2 . Лист перпендикулярен прямой, проходящей через точечные заряды.

104. *Пластина из однородного изотропного диэлектрика проницаемости ϵ помещена в однородное электрическое поле так, что ее нормаль составляет угол α с вектором \vec{E}_0 напряженности этого поля (рис.). Считая, что пластина находится в вакууме, найдите модуль E напряженности поля внутри пластины вдали от ее краев.

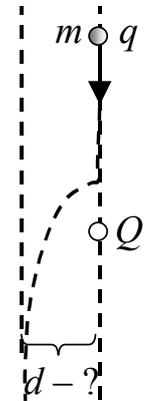


105. Заряженный шарик подвешен на длинной непроводящей нити и совершает гармонические колебания с максимальным углом отклонения от вертикали α_1 . В какой момент (при какой фазе колебаний) необходимо включить однородное направленное вертикально вверх электрическое поле E , чтобы получить максимальное увеличение амплитуды колебаний? Найдите амплитуду колебаний после такого включения поля. Масса шарика m , заряд q , ускорение свободного падения g , трение пренебрежимо мало.
106. Два проводящих шара радиусов R_1 и R_2 , расположены в вакууме на большом расстоянии друг от друга. Суммарный заряд шаров Q . Определите заряды каждого из шаров, при которых электрическая энергия системы минимальна. Чему равна разность потенциалов между шарами в этом случае?
107. Два одинаковых ртутных шарика слились в один. Определите отношение зарядов шариков q_1/q_2 , если электрическая энергия системы при слиянии не изменилась. Считайте, что первоначально шарики находились на большом расстоянии друг от друга.
108. Два одинаковых металлических шара радиуса R каждый расположены на большом расстоянии друг от друга. Заряд одного шара q , другого $-q$. Какую работу необходимо совершить, чтобы медленно сблизить шары до положения, в котором разность потенциалов между ними станет равной U ?
109. Две проводящие сферы, заряды которых q и $-q$, радиусы r и R , расположены в вакууме на большом расстоянии друг от друга. Сфера большего радиуса R состоит из двух полусфер. Полусферы разъединяют, подносят их к сфере радиуса r , и вновь соединяют, образуя таким образом сферический конденсатор. Определите работу электрических сил при таком составлении конденсатора.

110. *На рис. изображена картина силовых линий электрического поля точечного заряда q , расположенного в однородном электрическом поле \vec{E}_0 (направления линий на рис. не указаны). Определите максимальный диаметр d «трубки» силовых линий, которые начинаются на заряде q .



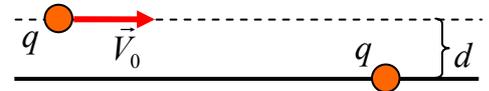
111. *В вязком масле очень медленно тонет маленькая положительно заряженная частица массой m и зарядом q . Если на прямой, вдоль которой она движется, закрепить точечный положительный заряд Q , то траектория движения частицы отклонится от первоначальной на максимальную величину d (см. рис.). а) Во сколько раз изменится смещение d , если массу частицы и ее заряд увеличить соответственно в $k_m = 2$ и $k_q = 4$ раза? б) Определите смещение d при известных m , q и Q . Диэлектрическая проницаемость масла ϵ , ускорение свободного падения g .



112. Два металлических шарика радиуса r и массы m каждый находятся на большом (по сравнению с r) расстоянии друг от друга. Один шарик не заряжен, заряд другого q . Шарик после небольшого толчка начинают сближаться, упруго сталкиваются и разлетаются. Найдите максимальные скорости шариков.

113. Два одинаковых металлических шара зарядом q , радиусом R и массой m каждый удерживают на некотором расстоянии друг от друга. Потенциал каждого шара при этом равен ϕ . Шары отпускают, и они разлетаются под действием взаимного отталкивания. Определите их максимальные скорости.

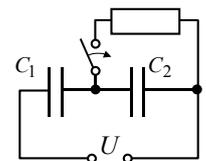
114. По длинному непроводящему стержню может без трения перемещаться бусинка массой m и зарядом q . Вдоль стержня на расстоянии d от него перемещают с постоянной скоростью V_0 точечный заряд q . Считая, что в начальный момент бусинка покоилась и была бесконечно удалена от точечного заряда, определите максимальную скорость V_m бусинки. Постройте график зависимости V_m от V_0 .



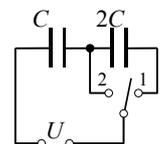
115. Два заряженных конденсатора подключили друг к другу. В установившемся состоянии энергия первого конденсатора оказалась равной его первоначальной энергии, а энергия второго конденсатора уменьшилась в $n = 9$ раз. Определите отношение емкости первого конденсатора к емкости второго.

116. Заряженный конденсатор подключили к источнику напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В. После перезарядки конденсатора его энергия оказалась равной первоначальной, а в цепи за время перезарядки выделилось количество теплоты $Q = 0,4$ мДж. Определите емкость C конденсатора.

117. Конденсаторы C_1 и C_2 подключены последовательно к источнику постоянного напряжения. Выводы конденсатора C_2 замкнули проводником, после чего в цепи выделилось количество теплоты в $k = 5$ раз большее, чем начальная энергия конденсаторов C_1 и C_2 . Определите отношение емкостей этих конденсаторов.

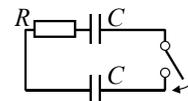


118. Незаряженные конденсаторы емкостью C и $2C$, источник напряжения U и ключ соединили в электрическую цепь, изображенную на рисунке. Сначала ключ находится в

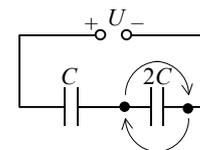


положении 1. Определите: а) напряжение U_1 на конденсаторе C ; б) напряжение u_1 , которое установится на конденсаторе C после того, как ключ переведут в положение 2, а затем через некоторое время (достаточное для перезарядки конденсатора) вновь вернут в положение 1.

119. Заряженный конденсатор подключают к такому же, но незаряженному конденсатору. Какая часть первоначально запасенной в конденсаторе энергии выделится в виде тепла к моменту времени, когда напряжение на заряженном конденсаторе уменьшится на $\delta = 25\%$? Потерями энергии на излучение и индуктивностью контура пренебречь.



120. Незаряженные конденсаторы емкостями C и $2C$ соединили последовательно и подключили к источнику напряжения U . Определите напряжения U_1 и U_2 , которые установятся на конденсаторах после того, как конденсатор емкостью $2C$ отключат от схемы, затем осторожно, не замыкая его обкладок, перевернут на 180° и вновь включают в цепь.



121. Незаряженные конденсаторы с емкостями $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ и $C_2 = 2 \text{ мкФ}$ соединили последовательно и подключили к источнику напряжения $U = 4,5 \text{ В}$. Металлическим пинцетом на несколько секунд замкнули выводы конденсатора C_2 , а затем пинцет вновь убрали. Каким станет после этого заряд конденсатора C_1 ?

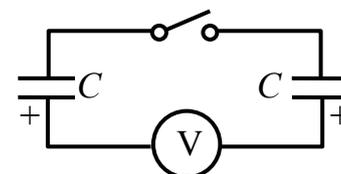
122. Заряженный переменный конденсатор с начальной емкостью $C_0 = 10^{-3} \text{ Ф}$ замыкают на резистор сопротивлением $R = 10^3 \text{ Ом}$. Емкость конденсатора изменяют со временем так, чтобы в цепи протекал постоянный ток? Найдите величину емкости конденсатора через $t = 0,5 \text{ с}$ после замыкания.

123. Конденсатор емкостью C необходимо зарядить до напряжения U за время T . Каким должен быть ток зарядки $I(t)$, чтобы на последовательно включенном резисторе R выделилось минимальное количество теплоты? Чему равна ее величина?

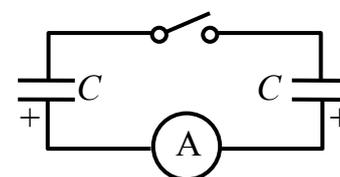
124. Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы за время T увеличить расстояние между пластинами плоского конденсатора, подключенного к источнику ЭДС \mathcal{E} , в n раз. Начальная емкость конденсатора C , сопротивление цепи R .

125. Используя в качестве единственного источника энергии заряженный до напряжения U_1 конденсатор емкостью C_1 , следует сообщить максимально возможную электрическую энергию первоначально незаряженному конденсатору емкостью C_2 . Как это можно сделать?

126. Два заряженных конденсатора емкостью $C = 1000 \text{ мкФ}$ каждый, вольтметр и ключ соединены, как показано на рисунке. Какое количество теплоты Q выделится в цепи после замыкания ключа, если максимальное напряжение, зафиксированное вольтметром, равно $U_m = 4 \text{ В}$? Ответ выразите в мДж.

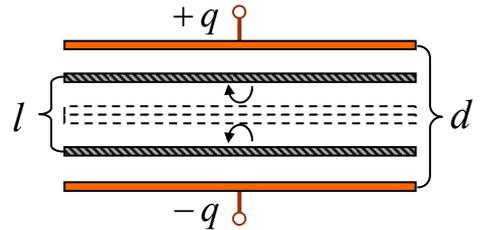


127. Два заряженных конденсатора емкостью $C = 5000 \text{ мкФ}$ каждый, амперметр сопротивлением $R = 1000 \text{ Ом}$ и ключ соединены, как показано на рисунке. Какое количество теплоты Q (в мДж) выделится в цепи после замыкания ключа, если

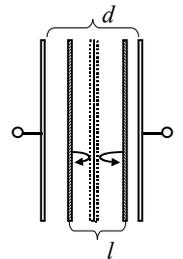


максимальный ток, зафиксированный амперметром, равен $I_m = 2$ мА?

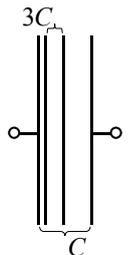
128. В плоском конденсаторе, заряженном и отключенном от источника напряжения, расположены параллельно обкладкам на расстоянии l друг от друга две тонкие незаряженные металлические пластины. Пластины медленно сближают, приводят в соприкосновение и вновь возвращают в исходные положения. Во сколько раз W_2/W_1 изменилась электрическая энергия системы, если расстояние между обкладками равно $2l$? Металлические пластины имеют такую же форму, что и обкладки.



129. В плоском конденсаторе емкостью C , заряженном до напряжения U и отключенном от источника напряжения, расположены параллельно обкладкам на расстоянии l друг от друга две тонкие незаряженные металлические пластины. Пластины медленно сближают, приводят в соприкосновение и вновь возвращают в исходные положения. Какая работа против сил электрического поля при этом совершена? Расстояние между обкладками конденсатора d , металлические пластины имеют такую же форму, что и обкладки.

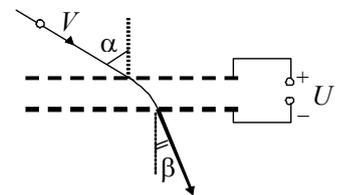


130. Два плоских воздушных конденсатора вставлены один в другой, так что их обкладки параллельны друг другу (см. рис.). Первый из этих конденсаторов имеет емкость C , а второй – $3C$. Конденсаторы отличаются лишь расстояниями между обкладками. Они отключены от источников, причем первый из них предварительно заряжен до напряжения U . Обкладки второго конденсатора на некоторое время замкнули тонкой проволочкой, затем проволочку убрали и медленно извлекли второй конденсатор из первого. Какая работа против сил электрического поля при этом совершена?

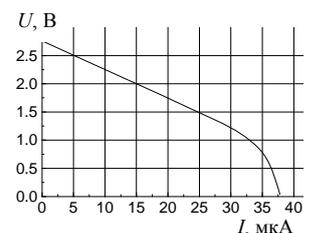


131. Плоский воздушный конденсатор поместили в постоянное однородное электрическое поле напряженностью E_0 , перпендикулярное его обкладкам. Обкладки конденсатора на некоторое время замкнули тонкой проволочкой, затем проволочку убрали, и конденсатор медленно извлекли из электрического поля. Какая работа против сил электрического поля при этом совершена? Емкость конденсатора C , расстояние между обкладками d .

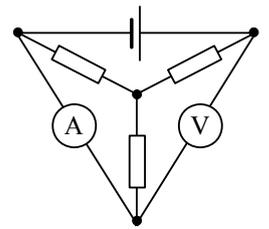
132. Частица с зарядом $q > 0$ влетает в плоский конденсатор, обкладками которого являются металлические сетки. Напряжение на конденсаторе U , начальная кинетическая энергия частицы W . Определите отношение $n = \sin \alpha / \sin \beta$ синуса угла падения α к синусу угла «преломления» β траектории частицы (см. рис.). При каком минимальном угле падения $\alpha_{пр}$ частица с энергией W отразится от конденсатора, если сменить полярность приложенного к конденсатору напряжения U на противоположную?



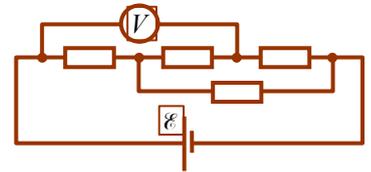
133. На рисунке приведен график зависимости напряжения U на клеммах источника ЭДС (солнечной батареи микрокалькулятора) от протекающего через источник тока I . Какой ток I_1 будет протекать через резистор сопротивлением $R = 60$ кОм, если его подключить к этому источнику?



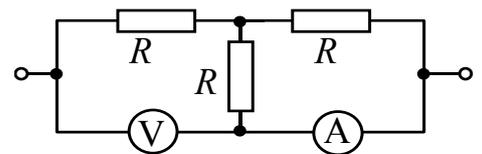
134. Три одинаковых резистора, источник ЭДС, идеальный амперметр и идеальный вольтметр соединены, как показано на рисунке. Амперметр показывает ток $I = 1$ А, вольтметр показывает напряжение $U = 30$ В. Определите сопротивление R резисторов.



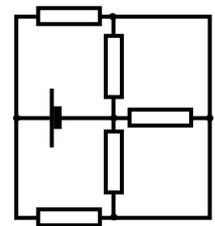
135. В схеме, изображенной на рисунке, сопротивления всех резисторов одинаковы, ЭДС источника $\mathcal{E} = 5$ В, Найдите показания вольтметра U . Вольтметр считайте идеальным, внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.



136. Сопротивление каждого резистора в приведенной на рисунке схеме $R = 100$ Ом, показания амперметра $I = 10$ мА. Какое напряжение U показывает вольтметр? Амперметр и вольтметр считайте идеальными.

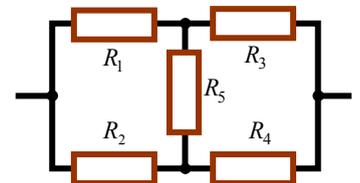


137. В схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника $\mathcal{E} = 10$ В, его внутреннее сопротивление пренебрежимо мало, сопротивление каждого из резисторов $R = 6$ Ом. Определите ток I через источник.



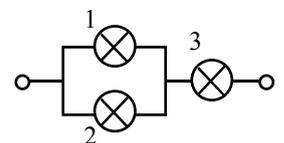
138. Постоянный ток $I_1 = 300$ мА для пальчиковой батарейки с ЭДС $\mathcal{E} = 1,6$ В является предельным (при больших токах батарейка начинает нагреваться и работает нестабильно). Во сколько раз этот ток меньше тока короткого замыкания, если известно, что напряжение на выводах батарейки при токе I_1 равно $U_1 = 1,3$ В? Чему равно внутреннее сопротивление r батарейки?

139. Нужно определить токи, протекающие в цепи через каждый резистор (их сопротивления неизвестны). Какое минимальное число измерений силы тока для этого потребуется?



140. Источник постоянного напряжения в некоторый момент подключают к последовательно соединенным конденсатору емкостью $C = 1000$ мкФ и реостату. С какой скоростью нужно перемещать ползунок реостата, чтобы сила тока в цепи оставалась постоянной? Сопротивление единицы длины реостата $\lambda = 1000$ Ом/см.

141. * В сеть включены три одинаковые лампы накаливания: две параллельно, а третья последовательно. Мощности, выделяемые лампой 3 и лампой 1, отличаются в $k = 16$ раз. Определите отношение сопротивлений R_3/R_1 этих ламп в данных условиях.



142. Конденсатор емкостью $C = 1000$ мкФ и резистор сопротивлением $R = 10$ кОм соединены параллельно и подключены к источнику постоянного напряжения. В некоторый момент времени напряжение на клеммах источника начинают равномерно уменьшать, и через время $\tau = 15$ с после этого оно становится равным нулю. Через сколько времени t после начала уменьшения напряжения ток через источник станет равным нулю?

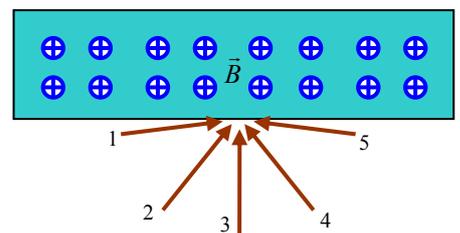
143. Конденсатор емкостью $C = 1000$ мкФ и резистор сопротивлением R соединены параллельно и подключены к источнику постоянного напряжения. В некоторый

момент времени напряжение на клеммах источника начинают равномерно увеличивать. Через время $\tau = 10$ с после этого напряжение на клеммах источника увеличилось в $n = 2$ раза, а ток через источник возрос в $k = 3$ раза. Определите сопротивление R .

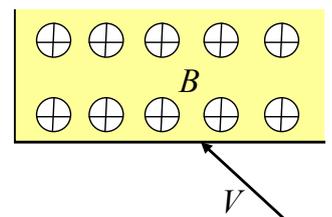
144. В одном из двух «черных» ящиков находится постоянный магнит, а в другом - электромагнит - катушка медной проволоки, подключенная к источнику постоянного напряжения. Как определить, в каком из ящиков какой магнит находится? Вы не ограничены в выборе приборов и материалов, нельзя только заглядывать внутрь ящиков, их разрушать и разбирать.

145. Заряженная частица движется со скоростью $V = 5 \cdot 10^6$ м/с перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля $B = 5$ мТл. Когда она прошла путь $l = 3$ мм, вектор ускорения частицы повернулся на угол $\alpha = 30^\circ$. Чему равно отношение q/m заряда частицы к ее массе?

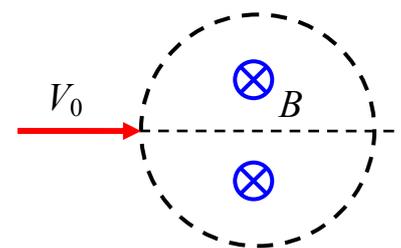
146. Электрон влетает в область однородного магнитного поля под некоторым углом к плоской границе поля и перпендикулярно линиям индукции. В каком из показанных на рисунке случаев электрон проникнет в область поля на наибольшее расстояние?



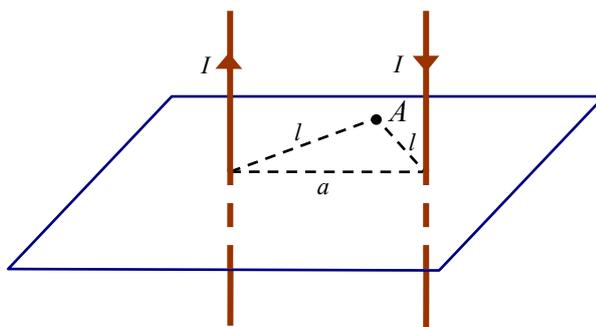
147. Электрон, влетая в область однородного магнитного поля под некоторым углом к плоской границе поля и перпендикулярно линиям индукции (см. рис.), движется в магнитном поле в течение времени $t_1 = 3 \cdot 10^{-11}$ с, после чего вылетает из поля через ту же плоскую границу. Какое время t_2 двигался бы этот электрон в магнитном поле противоположного направления? Индукция магнитного поля равна $B = 0,353$ Тл, удельный заряд электрона $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.



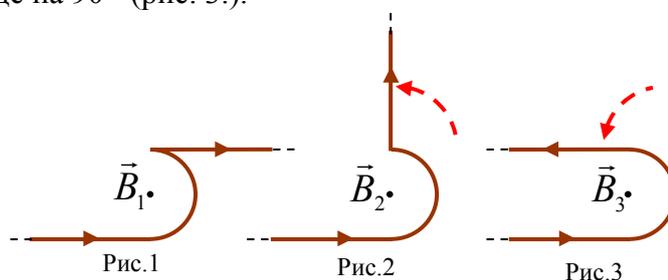
148. Частица с удельным зарядом $q/m = 0,96 \cdot 10^8$ Кл/кг попадает в область однородного магнитного поля B , перпендикулярного вектору скорости частицы и ограниченного цилиндрической поверхностью радиуса $r = 5$ см. Чему равен модуль B вектора индукции магнитного поля, если частица отклонилась магнитным полем на угол $\alpha = 90^\circ$? На границе магнитного поля вектор скорости частицы направлен вдоль радиуса цилиндрической поверхности, а модуль вектора скорости $V_0 = 0,48 \cdot 10^6$ м/с.



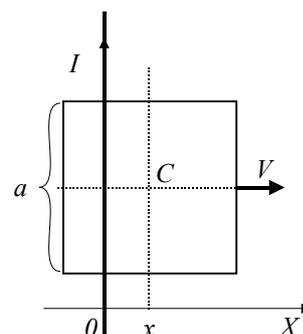
149. Два длинных прямых провода, в которых текут одинаковые токи в противоположных направлениях, расположены параллельно на расстоянии $a = 2$ см друг от друга (рис.). Во сколько раз изменится модуль вектора индукции магнитного поля в точке, удаленной от каждого провода на расстояние $l = 6$ см, если ток в одном из проводов выключить?



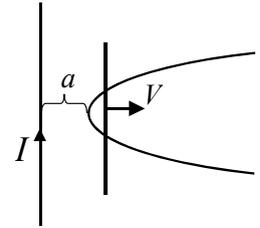
150. Постоянный ток течет по проводу, содержащему два длинных прямолинейных участка и дугу окружности, как показано на рис. 1. В центре окружности этот ток создает магнитное поле с индукцией $B_1 = 100$ мкТл. После того, как один из прямолинейных участков провода развернули на 90° , как показано на рис.2, магнитное поле в центре окружности стало равным $B_2 = 132$ мкТл. Определите индукцию магнитного поля в той же точке для случая, когда этот проводник развернут еще на 90° (рис. 3.).



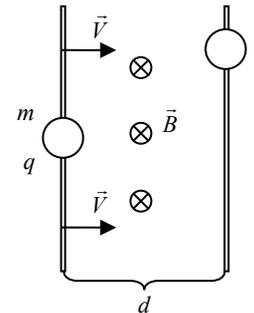
151. Тонкий проводящий стержень массы m подвесили в однородном магнитном поле с индукцией B горизонтально за концы на одинаковых легких пружинах жесткости k каждая. Линии индукции направлены горизонтально и перпендикулярны оси стержня. Определите амплитуду колебаний стержня, возникающих после быстрого выключения магнитного поля. Сопротивление замкнутого контура, образованного стержнем пружинами и потолком равно R , площадь контура S , расстояние между пружинами l . Считать, что за время изменения магнитного поля стержень не успел заметно сместиться из положения равновесия.
152. Жесткий замкнутый проволочный контур перемещают поступательно в неоднородном постоянном магнитном поле сначала со скоростью V_1 , а затем – по той же траектории, но со скоростью V_2 . По известной зависимости $I_1(t)$ силы тока в контуре от времени в первом случае определите зависимость $I_2(t)$ во втором случае, если момент $t = 0$ соответствует одному и тому же начальному положению контура.
153. Квадратная проволочная рамка и длинный прямой провод, по которому течет ток I , находятся практически в одной плоскости и электрически изолированы друг от друга (провод покрыт лаком). Сопротивление рамки R , длина ее стороны a . Рамку поступательно перемещают с постоянной скоростью V , как показано на рисунке. а) Найдите ток i_1 в рамке, в момент времени, когда она будет симметрично расположена относительно провода. б) Постройте примерный график зависимости силы тока в рамке i от координаты x ее центра C (см. рис.).



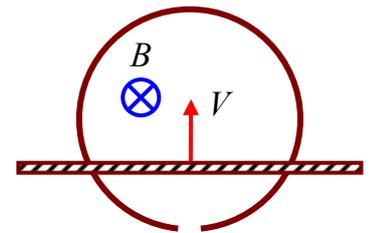
154. Длинный прямой провод, по которому течет постоянный ток, и провод, изогнутый в виде параболы, расположены в одной плоскости, как показано на рисунке. Вершина параболы находится на расстоянии a от провода, ось симметрии параболы перпендикулярна проводу. По изогнутому проводу скользит проводящая перемычка с постоянной скоростью V . Перемычка параллельна, а ее вектор скорости перпендикулярен прямому проводу. Определите расстояние l между перемычкой и проводом в момент времени, когда ЭДС индукции в замкнутом контуре максимальна. Магнитное поле прямого провода с током изменяется с ростом расстояния r от провода обратно пропорционально r . Самоиндукцией пренебречь.



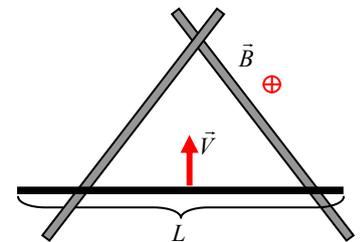
155. По длинному гладкому стержню может скользить бусинка. Ее масса m , заряд q . Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы переместить стержень поступательно на расстояние d в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции \vec{B} (см. рис.)?



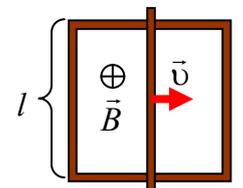
156. На горизонтальном столе в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл закреплено проволочное кольцо радиуса $R = 5$ см с узким разрезом. По кольцу перемещают тонкий металлический стержень с постоянной скоростью $V = 1$ м/с, перпендикулярной стержню. Найдите максимальную величину ЭДС индукции в замкнутом проводящем контуре, образованном кольцом и стержнем.



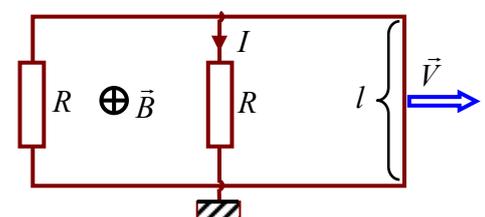
157. На горизонтальном столе в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией \vec{B} лежат, пересекаясь, две металлические линейки. По линейкам перемещают тонкий стержень с постоянной скоростью V , перпендикулярной стержню (рис.). Длина стержня L , сопротивление между концами стержня R , сопротивление линеек и контактных областей пренебрежимо мало. Найдите величину I тока в стержне.



158. Квадратная проволочная рамка помещена в постоянное однородное магнитное поле, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости рамки. По рамке с постоянной скоростью скользит перемычка, сделанная из той же проволоки (рис.). Найдите ток в перемычке в момент времени, когда она находится посередине рамки. Сторона рамки $l = 10$ см, индукция магнитного поля $B = 0,002$ Тл, скорость перемычки $v = 1$ м/с, сопротивление одной стороны рамки $R = 0,01$ Ом.



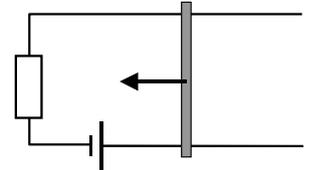
159. В постоянном однородном магнитном поле с индукцией B расположен прямоугольный проводящий контур, плоскость которого перпендикулярна вектору магнитной индукции (рис.). Контур находится в электрическом контакте с проводящей перемычкой. Расстояние между скользящими контактами равно l . Перемычку



оставляют неподвижной, а контур поступательно перемещают со скоростью V , как показано на рисунке. Сопротивление R известно, оно значительно превышает сопротивление проводов. Определите ток в перемычке.

160. В катушке индуктивностью $L = 100$ мГн протекает постоянный ток. В некоторый момент времени ток в катушке начинают равномерно уменьшать, и через время $\tau = 10$ мс после этого он становится равным нулю. Через какое время t после начала уменьшения тока напряжение на катушке станет равным нулю? Сопротивление провода, которым намотана катушка, равно $R = 20$ Ом. Ответ выразите в миллисекундах.

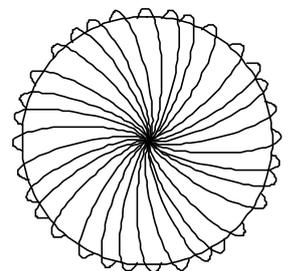
161. В проводящем контуре протекает ток I . Какую работу нужно совершить, чтобы, медленно перемещая перемычку, уменьшить индуктивность контура от L_1 до L_2 ? Сопротивление контура не меняется. Трением пренебречь.



162. В катушке индуктивностью $L = 100$ мГн протекает постоянный ток. В некоторый момент времени ток в катушке начинают равномерно уменьшать, и через время $\tau = 10$ мс после этого он становится равным нулю. Через какое время t после начала уменьшения тока напряжение на катушке станет равным нулю? Сопротивление провода, которым намотана катушка, равно $R = 20$ Ом.

163. В катушке индуктивностью $L = 100$ мГн протекает постоянный ток. В некоторый момент времени ток в катушке начинают равномерно увеличивать. Через время $\tau = 10$ мс после этого величина тока увеличилась в $n = 2$ раза, а напряжение на катушке возросло в $k = 3$ раза. Определите сопротивление R провода, которым намотана катушка.

164. Найдите индуктивность L тороидальной катушки из $N = 1000$ витков, поперечное сечение которой представляет собой круг радиуса $R = 2$ см, а внешний радиус тороидальной катушки равен $2R$ (рис.). Магнитную проницаемость μ среды внутри катушки считать равной 1.

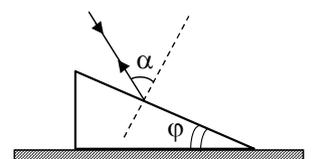


Оптика

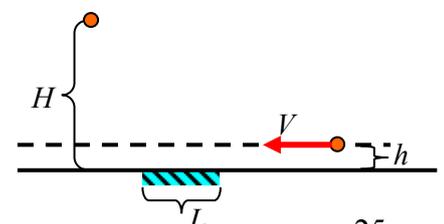
165. Призма с преломляющим углом $\varphi = 15^\circ$ лежит на плоском зеркале (см. рис.). Луч света падает на верхнюю грань призмы под углом падения $\alpha = 60^\circ$, а выходит из нее перпендикулярно верхней грани. Определите показатель преломления n материала, из которого сделана призма. Ответ округлите до первого знака после запятой.



166. Стеклянная призма с преломляющим углом $\varphi = 30^\circ$ лежит на плоском зеркале (см. рис.). При каком угле падения α луча на верхнюю грань призмы луч после отражения от зеркала сменит направление распространения на прямо противоположное? Показатель преломления стекла считать равным $n = 1,7$.

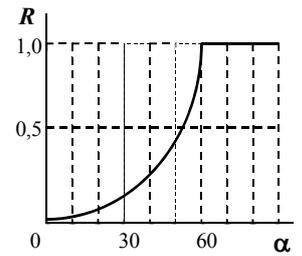


167. Человек движется со скоростью $V = 1$ м/с вдоль зеркальной витрины на расстоянии $h = 2$ м от нее (рис.). Сколько секунд он сможет видеть в зеркале

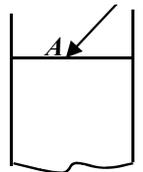


своего приятеля, остановившегося на расстоянии $H = 10$ м от витрины? Длина витрины $L = 5$ м.

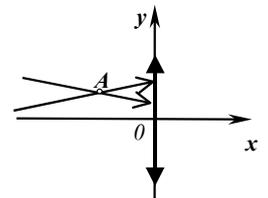
168. На рисунке приведен график зависимости коэффициента отражения R света на границе раздела двух прозрачных сред от угла падения α . Показатель преломления оптически менее плотной среды $n_1 = 1,33$. Найдите показатель преломления n_2 второй среды. (Коэффициент отражения равен отношению интенсивности отраженной световой волны к интенсивности падающей волны).



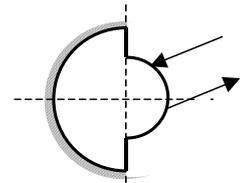
169. Луч света падает из воздуха на поверхность воды в глубоком цилиндрическом стакане с вертикальными стенками. В точке A на поверхности воды свет частично отражается. Во сколько раз $k = t_{\text{прел}}/t_{\text{отр}}$ отличаются времена распространения преломленного и отраженного лучей от точки A до боковой поверхности стакана?



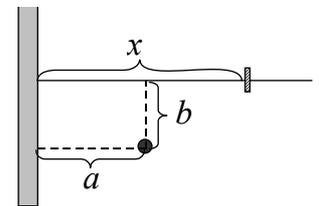
170. Два луча падают под малыми углами на тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 10$ см. До преломления в линзе лучи пересекаются в точке A с координатами $x_1 = -20$ см, $y_1 = 2$ см. Найдите координаты x_2, y_2 точки B , в которой пересекутся эти лучи после преломления в линзе.



171. Два стеклянных полушария имеют общий центр. Сферическая поверхность с большим радиусом R зеркальная. Найдите отношение r/R радиусов сферических поверхностей, при котором лучи, падающие на малую полусферу под малыми углами, после преломлений и отражения меняют направление распространения на прямо противоположное. Показатель преломления стекла n .



172. Точечный источник света находится на расстоянии a от экрана и на расстоянии b от оси X , перпендикулярной плоскости экрана. Вдоль оси X движется маленькое зеркальце (см. рис.) так, что его плоскость все время параллельна экрану. На каком расстоянии x от экрана находится зеркальце в момент времени, когда скорость движения светового «зайчика» по экрану равна скорости движения зеркальца.



173. На каком расстоянии d друг от друга нужно расположить два стеклянных аквариума с водой, чтобы луч света, падающий из воды на стенку одного из аквариумов, проник в другой аквариум без смещения (см. рис.)? Показатель преломления стекла $n_1 = 1,6$, показатель преломления воды $n_2 = 4/3$. Стенки аквариумов параллельны, толщина каждой стенки $h = 1$ см. Угол падения считать малым.

