



**В этом сборнике приведены примеры
задач, которые использовались на
занятиях по физике Летней
многопредметной школы
Лицея «Вторая школа» в 2022 году**

Часть 2

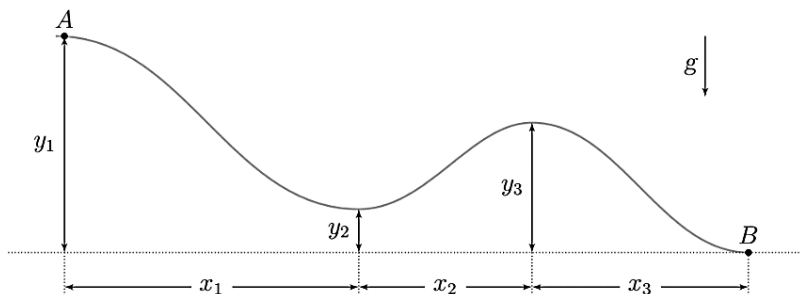
9–10 классы



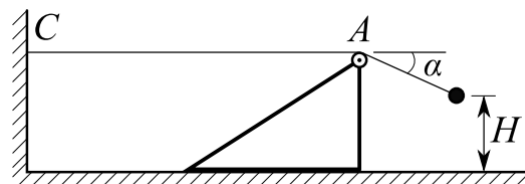
Вступительная олимпиада 10 класс

1. Тело падает с высоты H на наклонную плоскость (угол наклона плоскости к горизонту равен 30°) и абсолютно упруго ударяется о нее. На каком расстоянии вдоль наклонной плоскости произойдет второй удар тела о поверхность?

2. Тело массы m съезжает из точки А с горки, профиль которой представлен на рисунке. Известно, что тело не останавливается в процессе движения. Найдите скорость тела, когда оно достигнет точки В. Коэффициент трения тела о горку μ .



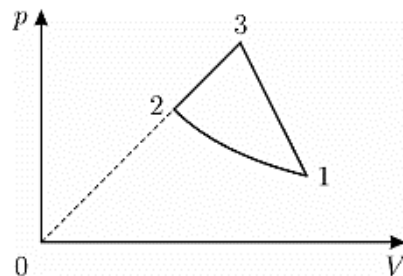
3. Клин находится на горизонтальной поверхности стола. Легкая нерастяжимая нить, перекинутая через укрепленный на клине легкий блок, привязана к небольшому по размерам шару и стене (см. рис.). Систему удерживают в покое, отведя шар в сторону так, что нить составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с горизонтом, участок нити СА горизонтален, шар находится на расстоянии H от стола. Затем систему отпускают, она движется, при этом угол α наклона нити к горизонту не изменяется.



- 1) Под каким углом к вертикали направлено ускорение шара? (найти любую тригон.функцию угла).
- 2) Найти ускорение клина. Ответ выразить через g .
- 3) Найти отношение массы шара к массе клина.
- 4) Через какое время шар достигнет стола?

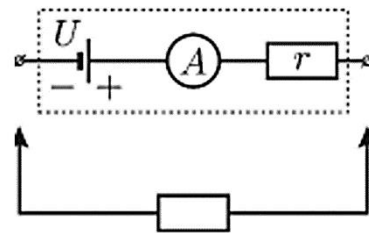
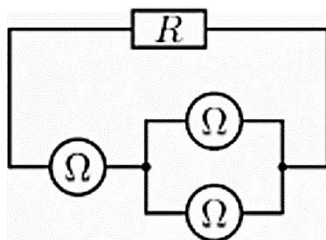
Трением в системе пренебречь. Все точки системы перемещаются в вертикальной плоскости. Клин не переворачивается. Шар достигает стола раньше, чем клин доезжает до стены.

4. Один моль идеального одноатомного газа совершает замкнутый цикл, состоящий из изотермы 1–2 и процессов 2–3 и 3–1, в которых давление является линейной функцией объема, как показано на рисунке. Известно, что в состояниях 1 и 2 давление газа равно p_1 и p_2 соответственно. При каких давлениях в состоянии 3 в нем достигается максимальная температура газа за весь цикл?



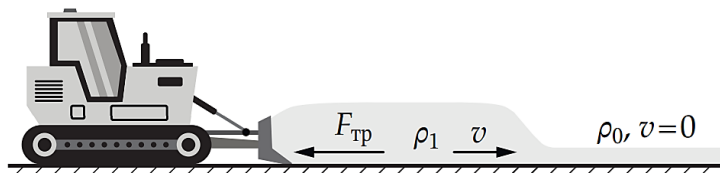


5. На рисунке приведена схема цепи, состоящей из трех одинаковых омметров Ω , с помощью которых измеряется неизвестное сопротивление



R резистора. Полярность включения у всех омметров одинаковая. Один из омметров показывает сопротивление $R_1 = 100$ Ом, а другой $R_2 = 800$ Ом. Каковы показания R_3 третьего омметра? Чему равно сопротивление R резистора? Можно считать, что омметр состоит из соединенных последовательно идеального источника с напряжением U , резистора с сопротивлением r и идеального амперметра. Указание: показания амперметра автоматически пересчитываются в сопротивление подключенного к его клеммам резистора, которое отображается на табло прибора.

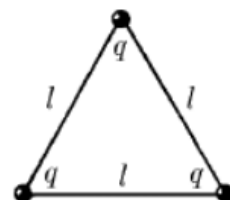
6. Некоторые особенности процесса сгребания снега бульдозером можно описать на основе следующей простейшей модели. Вдали от



бульдозера слой снега имеет линейную плотность ρ_0 и покоится. Бульдозер и часть снега, прилегающая к его щиту, движутся с постоянной скоростью v . На движущуюся часть действует сила трения, удовлетворяющая закону Кулона-Амонтона: $F_{\text{тр}} = \mu N$; коэффициент трения μ считается известным. Ускорение свободного падения равно g . Пусть весь снег, вовлекаемый бульдозером в движение, распределяется в движущейся части со средней постоянной линейной плотностью ρ_1 . Бульдозер в состоянии развить мощность не более, чем W_0 . Найдите время t , в течение которого возможно движение бульдозера с постоянной скоростью v .

7. Раствор этилового спирта в воде концентрацией 40% по объему находится в герметично закрытой бутылке, занимая 0,9 ее объема. Раствор был залит в бутылку при нормальных условиях, после чего она была запечатана. Чистый этиловый спирт кипит при температуре 77°C , давление насыщенных паров воды при 77°C равно $4,2 \cdot 10^4$ Па. Найти давление внутри бутылки при температуре 77°C . Считайте давление насыщенных паров спирта и воды при нормальных условиях пренебрежимо малым.

8. Три одинаковых одноименно заряженных шарика, имеющие заряд q и массу m , соединены невесомыми, нерастяжимыми и непроводящими нитями длины l . Одну из нитей пережигают. Определите максимальную скорость шариков.



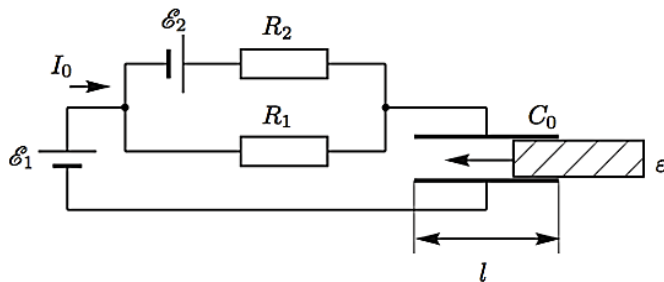


9. В плоский конденсатор ёмкостью C_0 вдвигается диэлектрическая пластина с

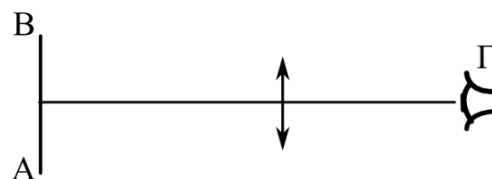
диэлектрической проницаемостью ϵ .

Конденсатор включён в электрическую цепь, представленную на рис. При этом оказалось, что сила тока, протекающего через батарею с ЭДС

ξ_1 , постоянна и равна I_0 . Обе батареи идеальные. С какой скоростью движется диэлектрическая пластина? При расчётах считайте, что ЭДС ξ_1 и ξ_2 заданы, $R_1 = R_2 = R$, длина пластин конденсатора C_0 равна l .



10. Тонкая линза с фокусным расстоянием 9 см закреплена на штативе. На стене висит небольшая круглая картина АВ диаметром $H=9$ см на расстоянии 36 см от линзы (см. рис.). Наблюдатель рассматривает глазом Г действительное изображение картины в линзе, аккомодировав глаз на расстояние 24 см. Глаз и центр картины находятся на главной оптической оси линзы.



- 1) На каком расстоянии x от линзы расположен глаз?
- 2) Найти минимальный диаметр DM линзы, при котором наблюдатель сможет увидеть целиком всё изображение картины.
- 3) На каком расстоянии от линзы и где между картиной и её изображением в линзе следует поместить небольшой непрозрачный экран, чтобы не видеть ни одной детали изображения?

Размерами зрачка глаза и экрана пренебречь по сравнению с диаметром линзы.

Механика - кинематика

1. Лодку массой $m = 100$ кг тянули за верёвку по озеру с постоянной скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент времени верёвка оторвалась. Какой путь L пройдёт лодка после этого? Считайте, что сила сопротивления зависит только от скорости $\vec{V}$ и ускорения $\vec{a}$ лодки и определяется выражением $\vec{F}_c = -\alpha \cdot \vec{V} - \beta \cdot \vec{a}$, где $\alpha = 10$ Н·с/м, $\beta = 50$ Н·с²/м.

2. Проехав «лежачего полицейского» со скоростью $V_0 = 5$ км/ч, автомобиль, двигаясь далее прямолинейно по горизонтальной дороге, увеличивает свою скорость таким образом, что сила тяги, развиваемая двигателем, оказывается пропорциональной скорости автомобиля. На расстоянии $S_1 = 30$ м от «полицейского» автомобиль достиг скорости $V_1 = 20$ км/ч. На каком расстоянии от «полицейского» у автомобиля будет скорость $V_2 = 30$ км/ч? Сопротивлением движению пренебречь.



3. С поверхности земли вертикально вверх со скоростью V_0 бросили шарик массой m . Через время τ он достиг наивысшей точки траектории. На какое расстояние переместился камень за это время? Считать, что сила сопротивления F_c движению шарика пропорциональна его скорости V , то есть $\vec{F}_c = -k \cdot \vec{V}$, где k – известная постоянная.

4. Мяч, брошенный с горизонтальной поверхности земли под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту со скоростью $V_0 = 10$ м/с, упал на эту поверхность, имея вертикальную составляющую скорости по абсолютной величине на 30% меньшую, чем при бросании. Найдите время полёта мяча. Считать, что сила сопротивления F_c движению мяча пропорциональна его скорости V , то есть $\vec{F}_c = -k \cdot \vec{V}$, где k – постоянный коэффициент.

5. Тело бросают с высоты $h = 4$ м вверх под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту так, что к поверхности земли оно подлетает под углом $\beta = 60^\circ$. Какое расстояние по горизонтали пролетит тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

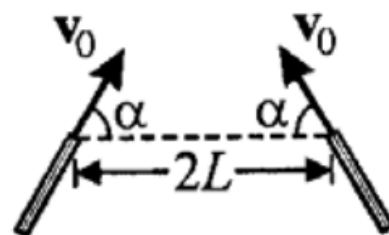
6. Над горизонтальной поверхностью земли на несколько осколков разорвался снаряд. Они разлетелись во все стороны с одинаковыми по величине начальными скоростями. Осколок, полетевший вертикально вниз, достиг земли за время t_1 . Осколок, полетевший вертикально вверх, упал на землю через время t_2 . Пренебрегаем сопротивлением воздуха.

- 1) Чему равна величина начальной скорости осколков?
- 2) На какой высоте над поверхностью земли разорвался снаряд?
- 3) Какой макс. высоты над поверхностью земли достиг осколок, полетевший вертикально вверх?
- 4) Сколько времени падали осколки, полетевшие горизонтально?
- 5) Какое расстояние по горизонтали они преодолели?

7. Шарик свободно падает с высоты h на наклонную плоскость, составляющую угол α с горизонтом. Определите расстояние между её точками, в которых шарик совершил первый и второй удары. Соударения шарика с плоскостью считать абсолютно упругими.

8. Из одной точки на высоте h от поверхности земли брошены с одинаковыми скоростями камень А вертикально вверх и камень В вертикально вниз. Известно, что камень А достиг верхней точки своей траектории одновременно с падением камня В на землю. Какой максимальной высоты (считая от поверхности земли) достиг камень А? Сопротивление воздуха не учитывать.

9. Из двух тонких труб, установленных в одной вертикальной плоскости, как показано на рисунке, вытекает вода со скоростью $v_0 = 5$ м/с. Выходные отверстия труб находятся на одной горизонтали. Расстояние между выходными отверстиями труб равно $2L = 3$ м. При каком значении угла α точка пересечения струй воды будет находиться на максимально





возможной высоте над уровнем выходных отверстий труб? Влиянием воздуха пренебречь.

10. Волейболист Вася хочет кинуть мяч в вертикальную стену с таким расчётом, чтобы мяч вернулся к нему в руки. Вася знает, что при ударе мяч отражается от стены «зеркально» (угол падения равен углу отражения), но при этом мяч теряет половину величины своей скорости. Василий умеет запускать мяч в любом направлении со скоростью не большей, чем u . Найдите максимальное расстояние от места бросания до стены, при котором он сможет осуществить задуманное. Ускорение свободного падения g . Вася не движется по спортзалу, место бросания мяча совпадает с местом, в котором Вася его ловит.

11. Хулиган бросает через забор мелкие камушки, пытаясь посшибать с веток вишни, которые растут в саду у дяди Вани вблизи забора. Хулиган достаточно хорошо натренирован, и поэтому может сообщать камушку максимальную начальную скорость $V_0 = 10$ м/с, направленную под любым углом к горизонту. В момент броска камень находится на высоте $h = 1,5$ м над землей. При этом хулиган опасается подходить к забору ближе, чем на расстояние $L = 8$ м. Забор какой минимальной высоты H должен построить дядя Ваня, чтобы гарантированно сохранить свои вишни? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с², влиянием воздуха пренебречь.

12. Петя бросил мячик с балкона с начальной скоростью V стоящему на земле Васе. Через время $t_1 = 2,21$ с Вася поймал мячик, заметив, что в конце полета скорость мячика была направлена перпендикулярно его начальной скорости в момент броска, совершенного Петей. Затем Вася сделал несколько шагов, остановился и бросил мячик обратно на балкон Пете, сообщив мячику такую же по модулю начальную скорость V . Петя поймал мячик через время $t_2 = 1,72$ с, заметив, что конечная скорость мячика также направлена перпендикулярно начальной скорости мячика в момент броска, совершенного Васей. Определите разницу высот H между кистями рук Пети и Васи, а также определите, чему равен модуль скорости V . Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

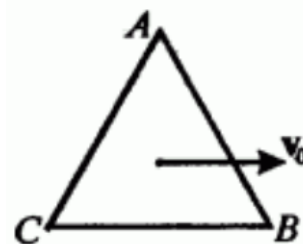
13. Бомбардировщик пикирует по прямой под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту со скоростью $V_0 = 300$ м/с. Если пилот хочет сбросить бомбу на высоте $H = 2$ км и попасть точно в цель, то на каком расстоянии (по горизонтали) от цели он должен это сделать? Сопротивлением воздуха пренебречь.

14. При осаде древней крепости осаждённые вели стрельбу по наступающему противнику с помощью катапульта из-за крепостной стены высотой $h = 20,4$ м. Начальная скорость снарядов $V_0 = 25$ м/с. На каком максимальном расстоянии от стены находились цели, которых могли достигать снаряды катапульта? Сопротивлением воздуха пренебречь.

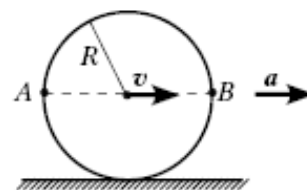
15. Пусть имеется пушка на поверхности земли, которая может выпускать снаряд со скоростью V_0 под любым углом к горизонту. Определите границу «простреливаемой» области: получите уравнение кривой, которая разделяет вертикальную плоскость на точки, достижимые для попадания снарядом, и на те, в которые снаряд не попадет ни в каком случае. Ускорение свободного падения равно g , сопротивлением воздуха пренебречь.



16. Равносторонний треугольник ABC скользит плашмя по горизонтальному столу. Известно, что в некоторый момент времени точка A имеет скорость $v_1 = \sqrt{6}$ м/с $\approx 2,45$ м/с, точка B имеет скорость $v_2 = 1,5$ м/с, а скорость центра треугольника направлена параллельно стороне CB. Какова величина скорости v_0 центра треугольника в этот момент времени?



17. Колесо радиусом $R = 1$ м катится без проскальзывания по горизонтальной дороге с ускорением $a = 4$ м/с². Какие по модулю ускорения относительно неподвижной системы отсчета имеют точки A и B, расположенные на горизонтальном диаметре колеса в тот момент, когда скорость центра колеса равна $v = 1$ м/с?



Равноускоренное движение

№1. Лодку массой $m = 100$ кг тянули за верёвку по озеру с постоянной скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент времени верёвка оторвалась. Какой путь L пройдёт лодка после этого? Считайте, что сила сопротивления зависит только от скорости $\vec{V}$ и ускорения $\vec{a}$ лодки и определяется выражением $\vec{F}_c = -\alpha \cdot \vec{V} - \beta \cdot \vec{a}$, где $\alpha = 10$ Н·с/м, $\beta = 50$ Н·с²/м.

№2. Проехав «лежачего полицейского» со скоростью $V_0 = 5$ км/ч, автомобиль, двигаясь далее прямолинейно по горизонтальной дороге, увеличивает свою скорость таким образом, что сила тяги, развиваемая двигателем, оказывается пропорциональной скорости автомобиля. На расстоянии $S_1 = 30$ м от «полицейского» автомобиль достиг скорости $V_1 = 20$ км/ч.



На каком расстоянии от «полицейского» у автомобиля будет скорость $V_2 = 30$ км/ч? Сопротивлением движению пренебечь.

№3. С поверхности земли вертикально вверх со скоростью V_0 бросили шарик массой m . Через время τ он достиг наивысшей точки траектории. На какое расстояние переместился камень за это время? Считать, что сила сопротивления $\vec{F}_c$ движению шарика пропорциональна его скорости $\vec{V}$, то есть $\vec{F}_c = -k \cdot \vec{V}$, где k – известная постоянная.



№4. В последнюю секунду свободного падения без начальной скорости тело прошло путь вдвое больший, чем в предыдущую секунду. Сколько времени падало тело? На какой высоте оно изначально находилось? Считать, что $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивлением воздуха пренебречь.

№5. Автомобиль двигался по прямолинейной дороге. Заметив впереди себя препятствие, он начал тормозить с постоянным ускорением до полной остановки. Какова была скорость автомобиля в середине тормозного пути, если торможение заняло $\tau = 4 \text{ с}$, а тормозной путь составил $S = 20 \text{ м}$?

№6. Время отправления электрички по расписанию 12:00. На ваших часах 12:00, но мимо вас уже начинает проезжать предпоследний вагон, который движется мимо вас в течение $t_1 = 10 \text{ с}$. Последний вагон проходит мимо вас в течение $t_2 = 8 \text{ с}$. Электричка отправилась вовремя и движется равноускоренно. На какое время отстают ваши часы?

№7. Товарный поезд, двигаясь с постоянным ускорением, въезжает в туннель со скоростью V_0 . Известно, что первый вагон пробыл в туннеле в два раза дольше, чем последний. Какую скорость имел поезд в тот момент, когда целиком выехал из туннеля, если известно, что его длина равна длине туннеля? Длиной вагона по сравнению с длиной всего поезда пренебречь.

№8. За последнюю секунду свободно падающее без начальной скорости тело пролетело $3/4$ всего пути. Сколько времени падало тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№9. С балкона вертикально вверх бросают мяч. Через время τ скорость летящего вверх мяча уменьшается на 20%. С какой высоты был осуществлён бросок, если в момент удара о землю скорость мяча в два раза превышала начальную? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№10. С поверхности земли вертикально вверх бросили камень. С какой скоростью его бросили, если известно, что он дважды побывал на одной высоте – через $t_1 = 0,6 \text{ с}$ и через $t_2 = 0,8 \text{ с}$ после начала своего движения? Чему равна эта высота? Считать, что $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивлением воздуха пренебречь.

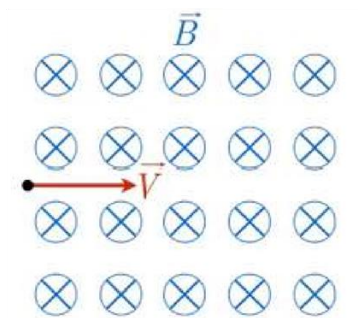
№11. Аэростат поднимается с земли вертикально вверх с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Через $t_0 = 5 \text{ с}$ от начала движения аэростата из него выпал предмет. Через сколько времени этот предмет упадёт на землю? Начальная скорость аэростата равна нулю. Считать, что $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивлением воздуха пренебречь.



Движение заряженных частиц

Задача №1. Магнитное перемещение

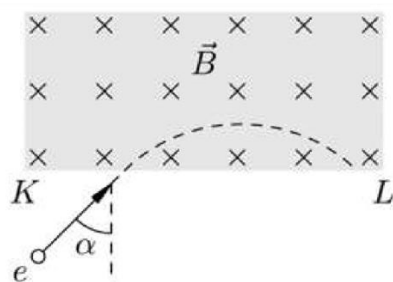
В однородное магнитное поле с индукцией $B = 10$ мТл перпендикулярно силовым линиям влетает протон со скоростью $V = 16$ км/с.



Определить модуль перемещения частицы за время, в течение которого модуль изменения скорости составляет $2V$. Масса протона равна $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Элементарный заряд составляет $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Задача №2. Глубина проникновения в однородное магнитное поле

Электрон со скоростью $v = 10^9$ см/с влетает в область однородного магнитного поля с индукцией $B = 1$ мТл. Направление скорости перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Определите максимальную глубину h проникновения электрона в область магнитного поля (то есть наибольшее удаление электрона от прямой KL). Модуль удельного заряда электрона $\gamma = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг, угол падения $\alpha = 30^\circ$.

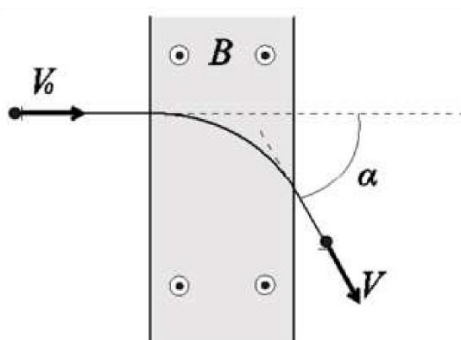




Задача №3. Продолжительность магнитного пролёта

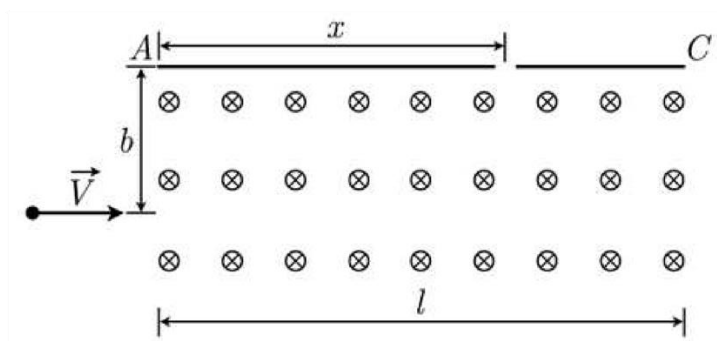
Частица массой $m = 6,6 \cdot 10^{-27}$ кг и зарядом $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл пролетает область однородного магнитного поля с индукцией $B = 0,03$ Тл, изменив направление своего движения на угол $\alpha = 0,8$ рад. Начальная скорость частицы перпендикулярна границе поля и силовым линиям поля.

- 1) Найти отношение скорости V при вылете из поля к скорости V_0 при влёте в поле.
- 2) Найти время пролёта частицы через магнитное поле.



Задача №4. Упругие соударения в магнитном поле

В область однородного магнитного поля с индукцией $B = 1$ Тл влетает со скоростью $V = 1$ мм/с положительно заряженный шарик очень малого радиуса с отношением заряда к массе $\gamma = q/m = 10^{-2}$ Кл/кг. Направление скорости перпендикулярно направлению магнитного поля и левой границе поля. На расстоянии $b = 15$ см от места, где шарик влетает в область магнитного поля, параллельно его начальной скорости и вектору индукции магнитного поля располагается непроводящая стенка АС. В стенке на расстоянии $x = 25\sqrt{3}$ см сделано отверстие. Протяжённость l поля достаточно велика.



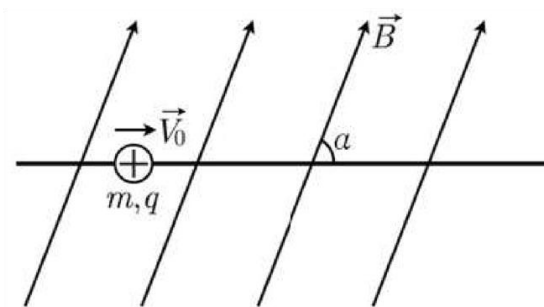
- 1) Найти радиус кривизны траектории шарика в поле.
- 2) Найти угол между стенкой и скоростью шарика непосредственно перед первым ударом.
- 3) Найти время движения шарика в поле.

Удары шарика о стенку считать абсолютно упругими. Силами сопротивления и силой тяжести пренебречь. Принять $\pi = 3,14$.



Задача №5. Магнитное телескопирование

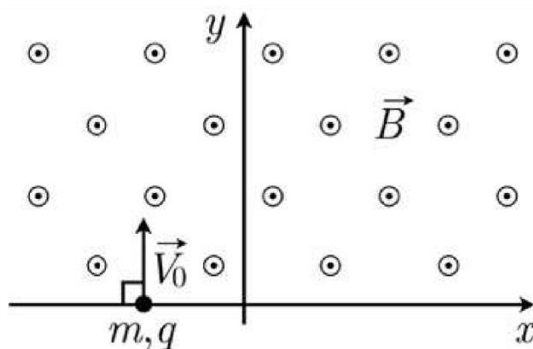
Бусинка массой m с положительным зарядом q может скользить вдоль закреплённой длинной спицы. Бусинка со спицей помещены в однородное магнитное поле с индукцией B . Угол между вектором индукции и спицей равен α ($\sin \alpha = 0,6$). Бусинке сообщают скорость V_0 . Коэффициент трения между бусинкой и спицей равен μ . Действие силы тяжести не учитывать.



- 1) Найти зависимость скорости бусинки V от её перемещения S ?
- 2) На какое максимальное расстояние $S_{\max}$ сместится бусинка вдоль спицы?

Задача №6. Глубина проникновения в неоднородное магнитное поле

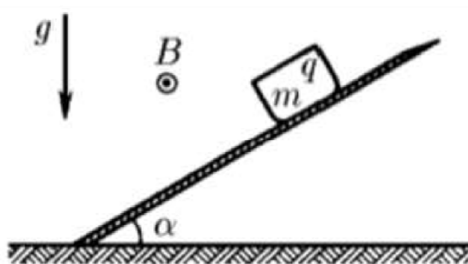
Альфа-частица влетает в область неоднородного магнитного поля с начальной скоростью V_0 , направленной вдоль оси y . Индукция магнитного поля B зависит только от координаты y и определяется соотношением $B = B(y) = k \cdot y$ ($y \geq 0$), где k – известная постоянная. Определите максимальное смещение частицы вдоль оси y , если её масса и заряд составляют m и $q > 0$ соответственно. Действие силы тяжести не учитывать.





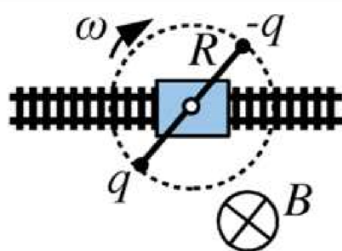
Задача №7. Магнетизм с трением о наклонную плоскость

Определите, какую максимальную скорость разовьёт отрицательно заряженное тело, скользящее по наклонной плоскости в магнитном поле индукции B и в поле тяжести. Масса тела m , заряд по модулю равен q . Магнитное поле параллельно наклонной плоскости и перпендикулярно полю тяжести. Угол наклона плоскости к горизонту α . Коэффициент трения о плоскость μ .



Задача №8. Магнитная баллистика

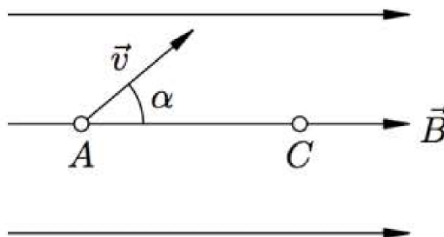
Тележка массой M укреплена на рельсах. На тележке расположена вертушка, на её концах, на расстоянии R от оси вращения, имеются заряды q и $-q$ (см. рисунок, вид сверху). Двигатель вращает вертушку с постоянной угловой скоростью ω , при этом заряды движутся в вертикальном магнитном поле индукции B . В момент, когда вертушка параллельна рельсам, тележку освобождают. Найдите координаты тележки на рельсах как функцию времени. Трение тележки о рельсы пренебрежимо мало.





Задача №9. Магнитная винтовая линия

Электрон влетает в однородное магнитное поле. В точке А он имеет скорость v , которая составляет с направлением поля угол α (см. рисунок). При какой индукции магнитного поля электрон окажется в точке С? Заряд электрона равен e , его масса равна m , расстояние $AC = L$.



Задача №10. Параллельные поля

Электрон движется по окружности радиусом $R = 0,05$ м в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Параллельно магнитному полю включается однородное электрическое поле с напряженностью $E = 250$ В/м. За какое время после включения кинетическая энергия электрона возрастет вдвое?

Задача №11. Магнитная баллистика

С поверхности Земли под углом α ($\operatorname{tg} \alpha = 3/4$) к горизонту бросили шарик массой $m = 0,3$ мг с зарядом $q = 2$ мкКл. В области, где двигался шарик, наряду с гравитационным полем было создано однородное магнитное поле, линии индукции которого вертикальны. Через некоторое время шарик достиг максимальной высоты подъёма, оказавшись на одной вертикали с точкой старта. Его скорость в этот момент оказалась равной $V = 15,7$ м/с.

При какой минимально возможной величине индукции магнитного поля такое возможно? Считать, что $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

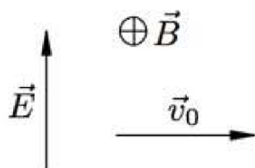


Задача №12. Перпендикулярные поля

Однородное магнитное поле, индукция которого $B = 2$ мТл, перпендикулярно однородному электрическому полю напряженностью $E = 150$ В/м. Положительный ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 20$ кВ и влетев в область, занятую полями, со скоростью, перпендикулярной обоим полям, движется равномерно и прямолинейно. Определите q/m для этого иона, где q – заряд иона, m – его масса.

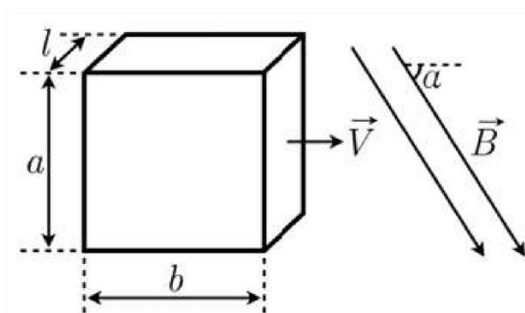
Задача №13. Скрещенные магнитное и электрическое поля

Положительно заряженная частица движется в однородных взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. В некоторый момент времени скорость частицы перпендикулярна векторам E и B и равна V_0 . Чему будет равна скорость этой частицы в те моменты, когда вектор её скорости будет составлять 180° с вектором V_0 , при условии, что $E = V_0 B$? Поле тяжести не учитывать.



Задача №14. Эффект Холла

Металлический брусок, размеры которого $a \times b \times l$ ($l \ll a, b$), движется со скоростью V в однородном магнитном поле с индукцией B . Силовые линии поля направлены в вертикальной плоскости под углом α к горизонту так, как показано на рисунке. Найдите разность потенциалов между боковыми сторонами бруска и поверхностную плотность зарядов на них.





Баллистика

№0. Мяч, брошенный с горизонтальной поверхности земли под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту со скоростью $V_0 = 10$ м/с, упал на эту поверхность, имея вертикальную составляющую скорости по абсолютной величине на 30% меньшую, чем при бросании. Найдите время полёта мяча.

Считать, что сила сопротивления $\vec{F}_c$ движению мяча пропорциональна его скорости $\vec{V}$, то есть $\vec{F}_c = -k \cdot \vec{V}$, где k – постоянный коэффициент.

№1. С горизонтальной поверхности земли под углом α к горизонту бросают камень. Через τ секунд он падает обратно на эту поверхность. Чему равна дальность полёта камня? Ускорение свободного падения g . Сопротивлением воздуха пренебречь.

№2. Мячик бросили со скоростью V_0 под углом к горизонту. В полёте он находился время τ . Чему равна дальность полёта мячика, если точки бросания и приземления находятся на одном горизонтальном уровне? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№3. С поверхности земли под углом к горизонту бросают камень со скоростью V_0 . Какова максимальная дальность полёта камня, если точки броска и приземления находятся на одном горизонтальном уровне? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№4. Баскетболист бросает мяч в кольцо. Скорость мяча после броска $V_0 = 8$ м/с и составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом. С какой скоростью мяч попал в кольцо, если он долетел до него за $\tau = 1$ с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

№5. Камень бросили со скоростью V_0 под углом α к горизонту. Чему равно расстояние между точками броска и приземления, если камень летел до падения время τ ? Сопр. возд. не учитывать.

№6. Камень бросили под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Через время $t = 4$ с его скорость оказалась направленной под углом $\beta = 30^\circ$ ниже линии горизонта. Какое время τ он был в полёте, если точки броска и приземления камня находились на одном горизонтальном уровне? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.



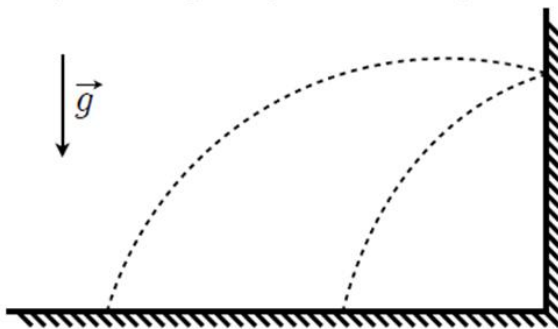
№7. Над горизонтальной поверхностью земли на несколько осколков разорвался снаряд. Они разлетелись во все стороны с одинаковыми по величине начальными скоростями. Осколок, полетевший вертикально вниз, достиг земли за время t_1 . Осколок, полетевший вертикально вверх, упал на землю через время t_2 . Пренебрегая сопротивлением воздуха, ответьте на вопросы:

1. Чему равна величина начальной скорости осколков?
2. На какой высоте над поверхностью земли разорвался снаряд?
3. Какой максим. высоты над поверхностью земли достиг осколок, полетевший вертикаль. вверх?
4. Сколько времени падали осколки, полетевшие горизонтально?
5. Какое расстояние по горизонтали они преодолели?

№8. Тело бросают с высоты $h = 4$ м вверх под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту так, что к поверхности земли оно подлетает под углом $\beta = 60^\circ$. Какое расстояние по горизонтали пролетит тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№9. С поверхности земли под углом к горизонту бросают камень. Через время τ он падает на поверхность холма, причём со скоростью, перпендикулярной начальной. Чему равно расстояние между точками броска и приземления? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№10. С горизонтальной поверхности под углом к горизонту бросают мячик. Через $t_1 = 0,8$ с после броска он упруго ударяется о вертикальную стенку и отскакивает от неё. Через $t_2 = 1,5$ с после удара мячик падает обратно на ту поверхность, с которой был осуществлён бросок.

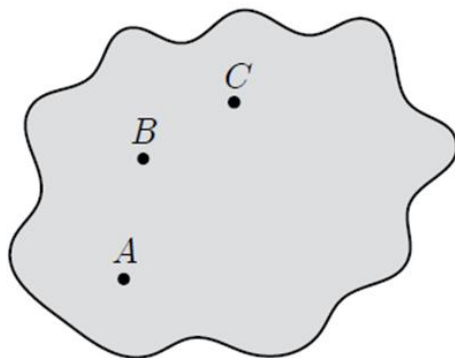


На какой высоте над этой поверхностью находится точка, о которую произошёл удар? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

№11. Шарик свободно падает с высоты h на наклонную плоскость, составляющую угол α с горизонтом. Определите расстояние между её точками, в которых шарик совершил первый и второй удары. Соударения шарика с плоскостью считать абсолютно упругими.



№12. На отрывке стробоскопической фотографии запечатлены три последовательных положения (А, В и С) шарика, движущегося в поле тяжести земли. Найдите построением с помощью циркуля и линейки без делений следующее положение (D) шарика. Поясните ход построения. Вспышки лампы стробоскопа происходят через равные промежутки времени. Сопротивлением воздуха пренебречь.



№13. В область пространства, где создано горизонтальное однородное электрическое поле с напряжённостью E , вертикально вверх запускают шарик со скоростью V_0 . Какова минимальная скорость шарика в процессе движения, если его масса равна m , а заряд – q ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№14. С высоты h над поверхностью земли со скоростью V_0 бросают камень. Под каким углом к горизонту его следует бросить, чтобы дальность полёта камня была наибольшей? Определите эту дальность. Сопротивлением воздуха пренебречь.

№15. С какой минимальной скоростью следует бросить камень с горизонтальной поверхности земли, чтобы он смог перелететь через тонкую вертикальную стену высотой h ? Бросок осуществляется с расстояния L от стены. Сопротивлением воздуха пренебречь.



Электромагнитная индукция

Задача №1. Параллельные поля

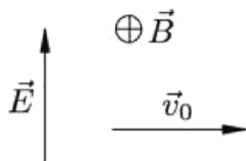
Электрон движется по окружности радиусом $R = 0,05$ м в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Параллельно магнитному полю включается однородное электрическое поле с напряженностью $E = 250$ В/м. За какое время после включения кинетическая энергия электрона возрастет вдвое?

Задача №2. Перпендикулярные поля

Однородное магнитное поле, индукция которого $B = 2$ мТл, перпендикулярно однородному электрическому полю напряженностью $E = 150$ В/м. Положительный ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 20$ кВ и влетев в область, занятую полями, со скоростью, перпендикулярной обоим полям, движется равномерно и прямолинейно. Определите q/m для этого иона, где q – заряд иона, m – его масса.

Задача №3. Скрещенные магнитное и электрическое поля

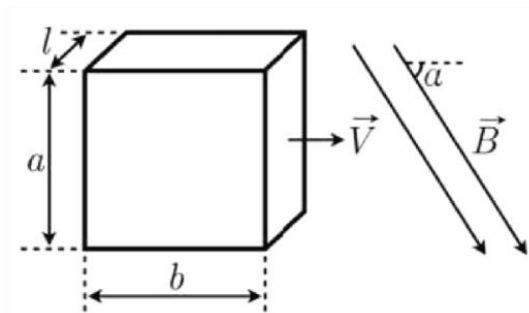
Положительно заряженная частица движется в однородных взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. В некоторый момент времени скорость частицы перпендикулярна векторам E и B и равна V_0 . Чему будет равна скорость этой частицы в те моменты, когда вектор её скорости будет составлять 180° с вектором V_0 , при условии, что $E = V_0 B$? Поле тяжести не учитывать.





Задача №4. Эффект Холла

Металлический брусок, размеры которого $a \times b \times l$ ($l \ll a, b$), движется со скоростью V в однородном магнитном поле с индукцией B . Силовые линии поля направлены в вертикальной плоскости под углом α к горизонту так, как показано на рисунке. Найдите разность потенциалов между боковыми сторонами бруска и поверхностную плотность зарядов на них.

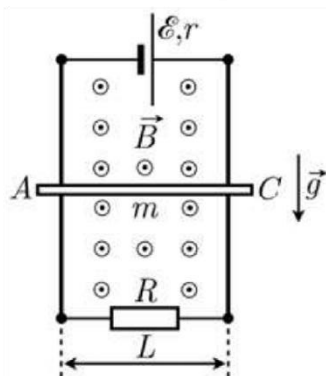


Задача №5.

Две вертикальные проводящие рейки, расстояние между которыми $L = 25$ см, находятся в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 1$ Тл направлена перпендикулярно плоскости рисунка. Сверху рейки соединены через батарею с ЭДС $\mathcal{E} = 6$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом, а снизу – через резистор с сопротивлением $R = 6$ Ом. В начальный момент проводящую перемычку AC массой $m = 100$ г удерживают неподвижной, а затем отпускают. Через некоторое время перемычка движется вниз с установившейся скоростью.

- 1) Найдите ток через перемычку при этой скорости.
- 2) Определите установившуюся скорость перемычки.

Сопротивлением реек и перемычки пренебречь. Принять $g = 10$ м/с².



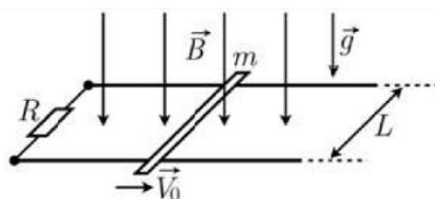


Задача №6.

По двум горизонтальным проводящим рейкам, расстояние между которыми равно L , может скользить без трения перемычка, сопротивление которой равно r . Слева концы реек соединены через резистор с сопротивлением R . Система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией B . Неподвижной перемычке сообщают скорость V_0 вдоль реек. Она смещается на расстояние S и останавливается.

- 1) Найдите зависимость тока через перемычку от её скорости.
- 2) Чему равна масса перемычки?

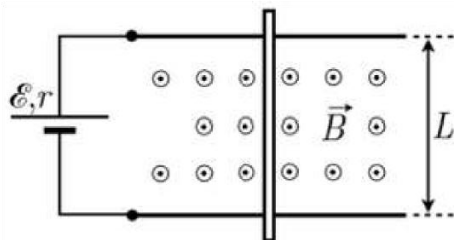
Сопротивлением реек пренебречь. Перемычка расположена перпендикулярно рейкам.



Задача №7.

По длинным параллельным проводящим горизонтальным рельсам, находящимся на расстоянии L друг от друга, может без трения скользить, не теряя электрического контакта и оставаясь перпендикулярной рельсам, проводящая перемычка (на рисунке изображён вид сверху). Рельсы соединены через источник с ЭДС $\mathcal{E}$ и внутренним сопротивлением r . Сопротивлением остальных участков цепи можно пренебречь. Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярном плоскости рисунка. Если к перемычке приложить параллельно рельсам силу F , то перемычка будет оставаться неподвижной, а при вдвое большей силе (в том же направлении) через некоторое время устанавливается равномерное движение перемычки со скоростью V .

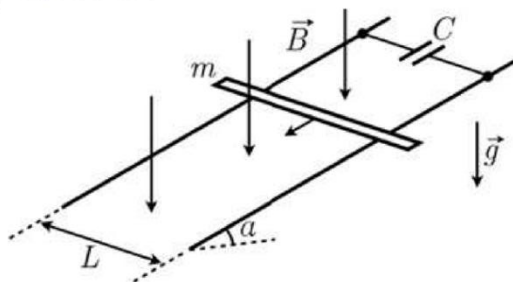
- 1) Найдите величину силы F . Считайте заданными $\mathcal{E}$, r , B , L .
- 2) Найдите величину и направление скорости V . Считайте заданными $\mathcal{E}$, B , L .





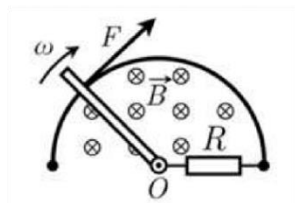
Задача №8.

Два параллельных проводящих рельса образуют наклонную плоскость с углом наклона α к горизонту. Эту плоскость пронизывает однородное магнитное поле, силовые линии которого направлены вертикально вниз. Рельсы замкнуты на первоначально незаряженный конденсатор ёмкостью C . На рельсы кладут металлический стержень массой m так, чтобы он их замыкал и занимал горизонтальное положение. Затем его отпускают, и он начинает скользить по рельсам без трения. Через какое время стержень переместится на расстояние S ? Расстояние между рельсами составляет L . Индукция магнитного поля равна B . Сопротивление стержня и рельсов не учитывать.



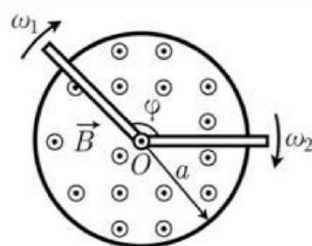
Задача №9.

Тонкое проволочное полукольцо радиусом a расположено в однородном магнитном поле с индукцией B . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости рисунка. По полукольцу без трения может вращаться перемычка (вокруг неподвижной точки O). Какую силу F следует приложить к перемычке (к указанной на рисунке точке), чтобы перемычка вращалась с постоянной угловой скоростью ω ? Центр кольца O и одна из крайних точек полукольца замкнуты на резистор сопротивлением R . Сопротивлением полукольца и перемычки пренебречь.



Задача №10.

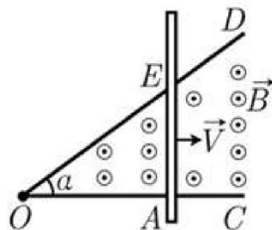
Тонкое проволочное кольцо радиусом a расположено в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярной плоскости кольца. По кольцу скользят в одном направлении две перемычки с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 ($\omega_1 > \omega_2$). Перемычки и кольцо сделаны из одного куска провода, сопротивление единицы длины которого составляет ρ . Определить величину и направление тока через перемычки, когда угол $\varphi = 3\pi/4$. Между перемычками в точке O и между кольцом и перемычками – хороший контакт.





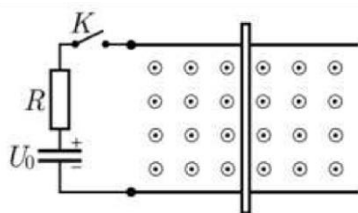
Задача №11.

Металлический стержень AE , сопротивление единицы длины которого составляет ρ , движется с постоянной скоростью V , перпендикулярной AE , замыкая две идеально проводящих рейки OC и OD , образующих друг с другом угол α . Длина OC равна L и $AE \perp OC$. Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией B . Силовые линии поля направлены $\perp$ плоскости рисунка. Определить количество теплоты, которое выделится в цепи за время движения стержня от точки O до точки C .



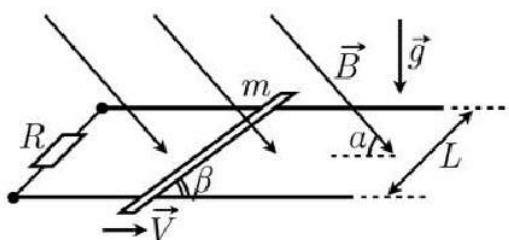
Задача №12.

На двух длинных гладких параллельных и горизонтально расположенных проводящих штангах лежит проводящая перемычка массой M . Через резистор сопротивлением R и разомкнутый ключ K к штангам подключён конденсатор, заряженный до напряжения U_0 . Штанги расположены в области однородного магнитного поля с вертикально направленным вектором индукции. Пренебрегая сопротивлением штанг и перемычки, определить ускорение перемычки сразу после замыкания ключа, если при замкнутом ключе и принудительном перемещении перемычки вдоль штанг с постоянной скоростью V_0 на конденсаторе устанавливается разность потенциалов, равная U_1 .



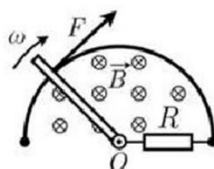
Задача №1

Проводящую перемычку двигают со скоростью V по двум горизонтальным параллельным проводящим рейкам так, что угол между перемычкой и рейками составляет β . Конструкция находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B . Силовые линии поля перпендикулярны рейкам и образуют угол α с плоскостью, проходящей через рейки. Рейки замкнуты на резистор сопротивлением R . Расстояние между рейками равно L . Какая тепловая мощность выделяется в системе? Сопротивлением реек и перемычки пренебречь. Трение не учитывать.



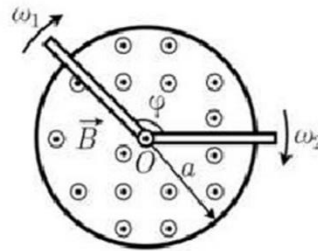
Задача №2

Тонкое проволочное полукольцо радиусом a расположено в однородном магнитном поле с индукцией B . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости рисунка. По полукольцу без трения может вращаться перемычка (вокруг неподвижной точки O). Какую силу F следует приложить к перемычке (к указанной на рисунке точке), чтобы перемычка вращалась с постоянной угловой скоростью ω ? Центр кольца O и одна из крайних точек полукольца замкнуты на резистор сопротивлением R . Сопротивлением полукольца и перемычки пренебречь.



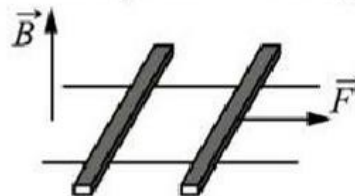
Задача №3

Тонкое проволочное кольцо радиусом a расположено в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярной плоскости кольца. По кольцу скользят в одном направлении две перемычки с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 ($\omega_1 > \omega_2$). Перемычки и кольцо сделаны из одного куска провода, сопротивление единицы длины которого составляет ρ . Определить величину и направление тока через перемычки, когда угол $\varphi = 3\pi/4$. Между перемычками в точке O и между кольцом и перемычками – хороший контакт.



Задача №4

По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой $m = 100$ г и сопротивлением $R = 0,1$ Ом каждый. Расстояние между рельсами $l = 10$ см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами $\mu = 0,1$. Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.





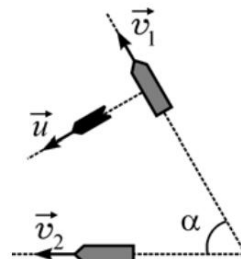
Относительность движения

1. Моторная лодка может двигаться против течения реки со скоростью V_1 , а по течению – со скоростью V_2 . С какой скоростью она может двигаться перпендикулярно течению этой реки? Все скорости даны относительно берега.

2. Два автомобиля движутся со скоростями $V = 36$ км/ч и $U = 48$ км/ч по двум взаимно перпендикулярным прямолинейным дорогам. На какое наименьшее расстояние они сблизятся, если в некоторый момент они находились на одинаковых расстояниях $L = 600$ м от перекрёстка?

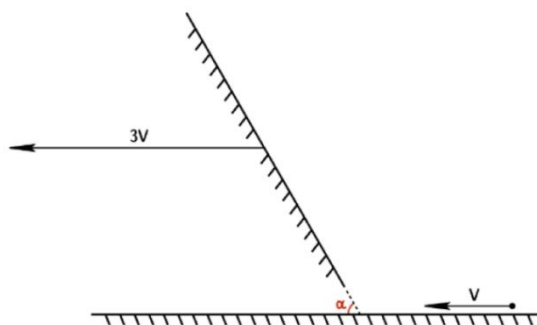
3. Два камня бросают одновременно с одинаковой начальной скоростью V_0 из одной точки под углами α и β ($\alpha > \beta$) к горизонту. Определить расстояние между камнями через t секунд после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

4. Из точек А и В, находящихся на одной горизонтальной прямой, одновременно бросили два камня с одинаковыми по модулю скоростями $V_0 = 20$ м/с. Один из них полетел по навесной траектории, а другой – по настильной, и каждый упал в точку старта другого камня. Известно, что угол бросания α камня из точки А составляет 75° . Через какое время после бросания расстояние между камнями станет минимальным? Чему равно это расстояние? Укажите на рисунке положения камней в этот момент.



5. Круизные лайнеры «Первый» и «Второй» плывут равномерно и прямолинейно. Угол между их курсами равен $\alpha = 60^\circ$, скорость «Первого» $V_1 = 35$ км/ч, скорость «Второго» $V_2 = 31,6$ км/ч. С лайнера «Первый» с временным интервалом в несколько часов отплывают два катера, которые, двигаясь с постоянной одинаковой скоростью, перпендикулярно курсу «Первого», точно приплывают ко «Второму». Определите скорость u катера.

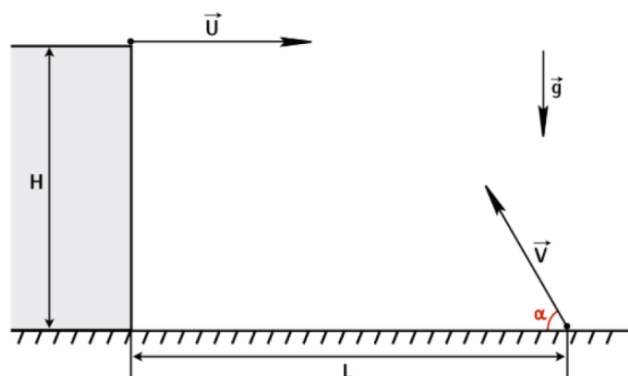
6. По столу катится шарик со скоростью $V=3$ м/с. В противоположном направлении со скоростью $3V$ перемещают поступательно плоское зеркало АВ. Поверхность зеркала составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с поверхностью стола. Скорости шарика и зеркала перпендикулярны ребру двугранного угла, образованного поверхностями зеркала и стола. С какой скоростью относительно стола перемещается изображение шарика в зеркале?





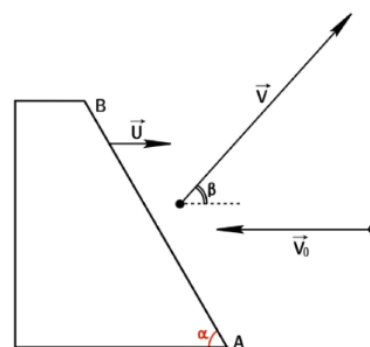
7. Однажды двое мышей-хулиганов Митя и Мотя решили улучшить свои навыки в стрельбе из рогатки. Митя забрался на шкаф высотой $H = 1,7$ м и встал у его края.

Мотя остался на полу, но отошёл так, что расстояние между мышатами по горизонтали составило $L = 1,5H$. Хулиганы решили одновременно выстрелить камушками из рогаток так, чтобы они столкнулись. Мотя бросил камушек со скоростью V под углом α к горизонту ($\sin \alpha = 0,8$), а Митя - горизонтально со скоростью $u = 0,9V$. К сожалению, попытка оказалась неудачной. На какое минимальное расстояние сблизилась камушки? Считать, что траектории движения камушков лежали в одной вертикальной плоскости. Сопротивлением воздуха пренебречь.



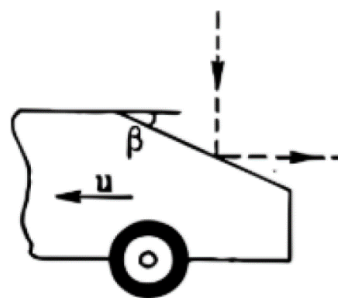
8. По гладкой горизонтальной поверхности стола скользит брусок и ударяет своей гладкой вертикальной гранью АВ по шарiku, скользящему по столу навстречу бруску (на рис. показан вид сверху). Скорость бруска составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с гранью АВ. После абсолютно упругого удара шарик отскочил со скоростью $V = 10$ м/с под углом $\beta = 45^\circ$ к направлению движения бруска. Масса шарика намного меньше массы бруска.

- 1) Найти скорость шарика V_0 перед ударом.
- 2) Найти скорость бруска U .



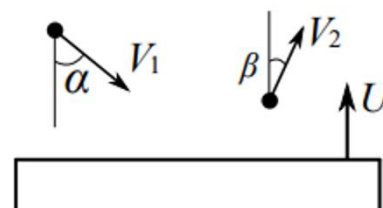
9. Идёт град, и автомобиль едет со скоростью $U = 29$ км/ч по горизонтальной дороге. Одна из градин ударяется о стекло заднего окна автомобиля, наклоненное под углом $\beta = 30^\circ$ к горизонту, и отскакивает горизонтально в направлении, противоположном движению автомобиля. Считая, что удар градины о стекло абсолютно упругий и что её скорость непосредственно перед ударом вертикальна, найти скорость градины:

- 1) До удара.
- 2) После удара.



10. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = 3/4$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = 1/2$) с вертикалью.

- 1) Найти скорость V_2 .





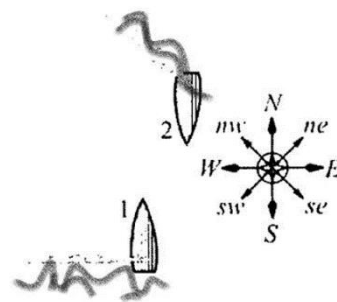
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

11. Лодку массой m отправили на другой берег речки, сообщив ей начальную скорость V_0 в направлении, перпендикулярном течению. Ширина речки H , скорость ее течения V_t , а время движения лодки от берега до берега t .

- 1) На какое расстояние l (вдоль берега) снесло лодку течением при переправе?
- 2) Чему был равен модуль скорости лодки относительно воды в конце переправы, если сила F сопротивления движению, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости $V_{отн}$ лодки относительно воды ($\vec{F} = -k\vec{V}_{отн}$, где k – известный пост. коэффициент)? Считайте, что скорость течения одинакова везде.

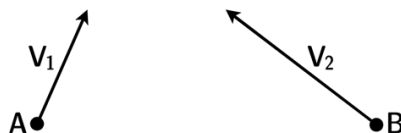
12. Две самоходные баржи равномерно движутся по озеру во взаимно перпендикулярных направлениях. Скорость одной баржи $V_1 = 3$ м/с, а другой $V_2 = 4$ м/с. На каждой барже установлен анемометр – прибор для измерения модуля скорости ветра. В течение некоторого времени на каждом из кораблей каждую минуту снимают показания анемометров. По результатам измерений обнаружилось, что значения скорости ветра, полученные на первой барже, не превышали скорости баржи V_1 , а на второй – не превышали V_2 . Какого максимального значения могла достигать скорость ветра относительно озера во время измерений? Какой угол α составляла скорость первой баржи $\vec{V}_1$ с направлением ветра в момент, когда скорость ветра относительно озера была максимальной?

13. Один корабль идёт по морю на север с постоянной скоростью 20 узлов, а другой — навстречу ему, на юг, с такой же скоростью. Корабли проходят на очень малом расстоянии друг от друга. Шлейф дыма от первого корабля вытянулся в направлении на запад, а от второго — на северо-запад (см. рисунок). Определите величину и направление скорости ветра. 1 узел = 1 морская миля в час, 1 морская миля = 1852 м.



№1. Моторная лодка может двигаться против течения реки со скоростью V_1 , а по течению – со скоростью V_2 . С какой скоростью она может двигаться перпендикулярно течению этой реки? Все скорости даны относительно берега.

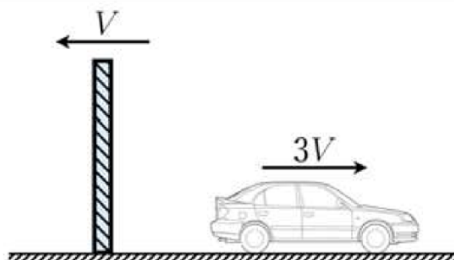
№2. Два катера, находящиеся в данный момент в точках А и В, двигаются с постоянными скоростями V_1 и V_2 (см. рисунок). Найдите построением минимальное расстояние, на которое могут сблизиться катера в процессе дальнейшего движения.



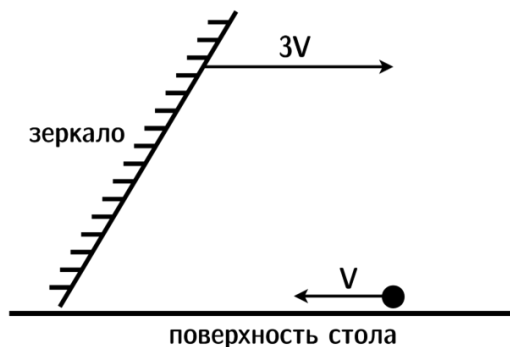
№3. Минимальное время, которое необходимо, чтобы переплыть в лодке реку, равно t_0 . Ширина русла реки составляет H . Скорость течения реки постоянна в любом месте русла и в k раз больше скорости лодки ($k > 1$), плывущей в стоячей воде.

1. Найдите скорость лодки в стоячей воде.
2. На какое расстояние снесёт лодку за минимальное время переправы?
3. Определите наименьшее расстояние, на которое может снести лодку за время переправы.
4. Найдите время переправы в том случае, когда её сносит на минимальное расстояние.

№4. Машина и зеркало движутся так, как показано на рисунке. Скорость зеркала $V = 25$ км/ч, а скорость машины в 3 раза больше. Чему равна скорость изображения машины в зеркале относительно Земли?

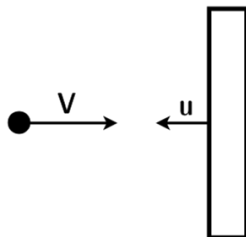


№5. По столу катится шарик со скоростью V . В противополоп. направлении со скоростью $3V$ перемещают поступательно плоское зеркало АВ. Поверхность зеркала составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с поверхностью стола. Скорости шарика и зеркала перпендикулярны ребру двугранного угла, образованного поверхностями зеркала и стола. С какой скоростью относительно стола перемещается изображение шарика в зеркале?



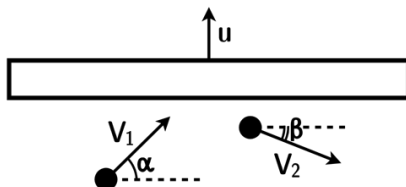


№6. Лёгкий шарик, двигаясь с постоянной скоростью V , ударяется о тяжёлую плиту, движущуюся ему навстречу с постоянной скоростью u . Чему равна скорость шарика сразу после удара, если удар считать абсолютно упругим?



№7. Массивная плита поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью. Плиту догоняет шарик, имеющий непосредственно перед ударом скорость, направленную под углом α к горизонту. После абсолютно упругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β с горизонтом, как показано на рисунке.

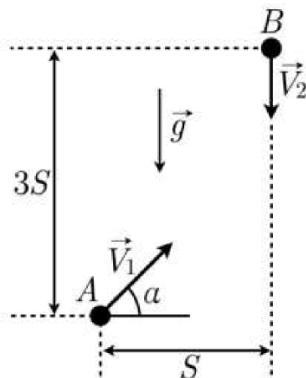
1. Найти скорость шарика V_1 перед ударом о плиту.
2. Найти скорость плиты u .



№8. Два автомобиля двигаются со скоростями $V = 36$ км/ч и $u = 48$ км/ч по двум взаимно перпендикулярным прямолинейным дорогам. На какое наименьшее расстояние они сблизятся, если в некоторый момент они находились на одинаковых расстояниях $L = 600$ м от перекрёстка?

№9. Два камня бросают одновременно с одинаковой начальной скоростью V_0 из одной точки под углами α и β ($\alpha > \beta$) к горизонту. Определить расстояние между камнями через τ секунд после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

№10. Снежки А и В, отстоящие друг от друга по горизонтали на S и по вертикали на $3S$, бросают одновременно со скоростями $V_1 = 5$ м/с под углом α к горизонту вверх и V_2 вертикально вниз. Через некоторое время снежки сталкиваются. Найти V_2 , если $\cos \alpha = 4/5$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

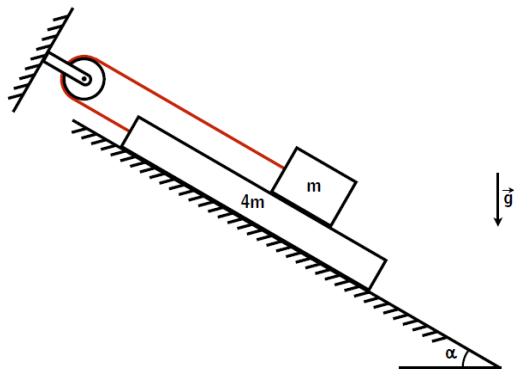




Механика - динамика

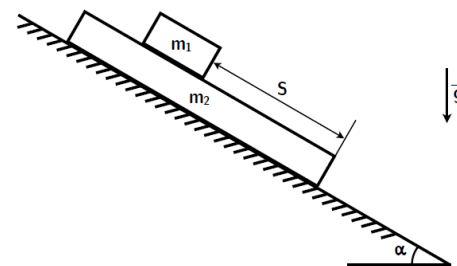
1. С бруском, который удерживают на наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, проводят опыт. Ему сообщают начальную скорость так, что он сначала движется вверх по наклонной плоскости в течение времени $\tau = 1$ с, а затем, в 3 раза дольше, — вниз, и возвращается в исходную точку.

- 1) Найдите коэффициент трения μ скольжения бруска о плоскость.
- 2) На какое максимальное расстояние S от места старта удаляется брусок вдоль плоскости?



Нить считать невесомой и нерастяжимой.

2. К концам нити, перекинутой через невесомый блок, привязаны бруски с массами m и $4m$, находящиеся на гладкой наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$. При каком минимальном значении коэффициента трения скольжения между брусками они будут покоиться относительно земли?



3. Доску массой m_2 с находящимся на ней бруском массой m_1 удерживают в покое на неподвижной наклонной плоскости с углом наклона к горизонту α . Расстояние от бруска до края

№11. Из точки, находящейся над землёй, одновременно бросили два тела: одно вертикально вверх с начальной скоростью V_0 , второе – горизонтально с начальной скоростью $2V_0$. Найти расстояние между телами в тот момент, когда первое тело поднялось на максимальную высоту над поверхностью земли. Второе тело в этот момент времени ещё не успело упасть на землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

№12. Пушка выстреливает ядро под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту со скоростью $V_0 = 100$ м/с. Когда ядро достигает наивысшей точки траектории, пушка стреляет второй раз. Через какое время после первого выстрела ядра окажутся на минимальном расстоянии друг от друга (пока оба ядра в полёте)? Чему равно это расстояние? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

№13. Из точек А и В, находящихся на одной горизонтальной прямой, одновременно бросили два камня с одинаковыми по модулю скоростями $V_0 = 20$ м/с. Один из них полетел по навесной траектории, а другой – по настильной, и каждый упал в точку старта другого камня. Известно, что угол бросания α камня из точки А составляет 75° . Через какое время после бросания расстояние между камнями станет минимальным? Чему равно это расстояние? Укажите на рисунке положения камней в этот момент.

№14. Колесо радиусом R равномерно катится по горизонтальной поверхности дороги. С его верхней точки срывается капля грязи. Через какое время колесо на неё наедет? Колесо катится без проскальзывания. Сопротивлением воздуха пренебречь.

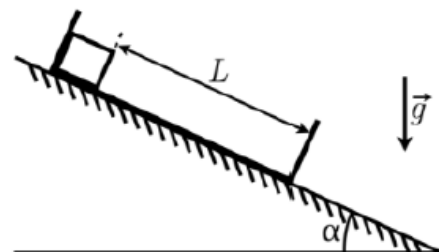
доски S . Доску и брусок одновременно отпускают, и доска начинает скользить по



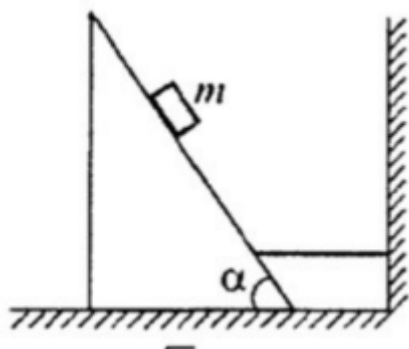
наклонной плоскости, а брусок по доске. Коэффициент трения скольжения между бруском и доской μ_1 , а между доской и наклонной плоскостью μ_2 .

- 1) Определить ускорения a_1 и a_2 бруска и доски соответственно относительно плоскости.
- 2) Через какое время t брусок достигнет края доски?
- 3) Определить расстояние L , которое за это время пройдет доска?

4. Ящик с шайбой удерживают в покое на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Ящик и шайбу одновременно отпускают и ящик начинает скользить по наклонной плоскости, а шайба — по дну ящика. Через время $t = 1$ с шайба ударяется о нижнюю стенку ящика. Коэффициент трения скольжения между шайбой и ящиком $\mu_1 = 0,23$, а между ящиком и наклонной плоскостью $\mu_2 = 0,27$. Масса ящика вдвое больше массы шайбы.



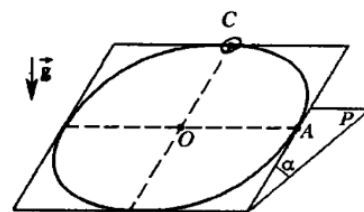
- 1) Определить ускорение шайбы относительно наклонной плоскости при скольжении шайбы по ящику.
- 2) На каком расстоянии L от нижней стенки ящика находилась шайба до начала движения?



5. На гладкой горизонтальной плоскости стоит клин, привязанный к стене невесомой горизонтальной нерастяжимой нитью. На клин кладут брусок, который начинает соскальзывать с клина (см. рисунок). Коэффициент трения бруска о клин равен $\mu = 1/\sqrt{3}$. При какой величине угла α сила натяжения нити будет максимальна?

6. На горизонтальном столе лежит деревянный брусок. Коэффициент трения между поверхностью стола и бруском $\mu = 0,1$. Если приложить к бруску силу, направленную вверх под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, то брусок будет двигаться по столу с ускорением $a = 0,18$ м/с². Под каким углом β надо приложить к бруску такую же по модулю силу, чтобы брусок двигался по столу равномерно?

7. Обруч в форме окружности закреплён на столе в положении, когда его плоскость наклонена под углом к горизонтальной поверхности P стола (см. рисунок). По обручу может скользить без трения небольшое колечко массой m . Вначале колечко удерживают в верхней точке C обруча. В результате незначительного толчка колечко приходит в движение. Найти модуль силы, с которой колечко действует на обруч в точке A , находящейся на горизонтальном диаметре обруча.





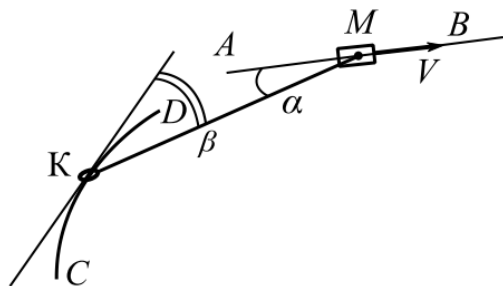
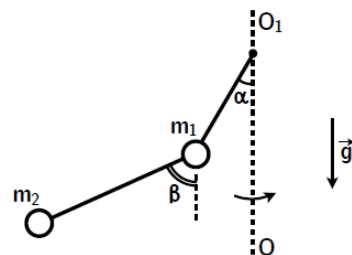
8. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

- 1) Найдите ускорение a модели.
- 2) Вычислите минимальную допустимую скорость $V_{\min}$ равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1$ м.

9. Максимальная скорость движения модели автомобиля по окружности радиуса $R = 2$ м, лежащей в горизонтальной плоскости, равна $V_{\max} = 4$ м/с. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения шин модели по поверхности. Модель помещают на наклонную поверхность, составляющую угол α с горизонтом такой, что $\sin \alpha = 0,6$.
- 2) Найдите наименьшее время T , за которое модель равномерно проедет по окружности радиуса $R = 2$ м на наклонной поверхности. Коэффициент трения скольжения шин модели по поверхности $\mu = 0,8$.

10. Два небольших шарика связаны нитью и прикреплены к оси OO_1 другой нитью в 3 раз меньшей длины. Система вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси OO_1 . Найдите отношение масс m_2/m_1 шариков, если нити составляют углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 60^\circ$ с вертикалью.



11. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.

12. Масса Харона в $\beta = 8$ раз меньше массы Плутона. Плутон и Харон обращаются по круговым траекториям вокруг общего центра масс, причем они все время «смотрят друг на друга», т.к. система вращается как единой твердое тело. Расстояние между их центрами $R = 19640$ км, радиус Харона $r = 593$ км. Определите относительное различие в ускорениях

- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

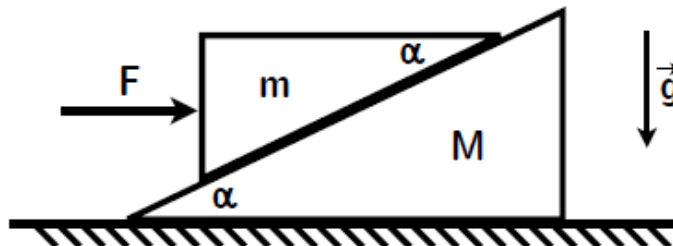
12. Масса Харона в $\beta = 8$ раз меньше массы Плутона. Плутон и Харон обращаются по круговым траекториям вокруг общего центра масс, причем они все время «смотрят друг на друга», т.к. система вращается как единой твердое тело. Расстояние между их центрами $R = 19640$ км, радиус Харона $r = 593$ км. Определите относительное различие в ускорениях



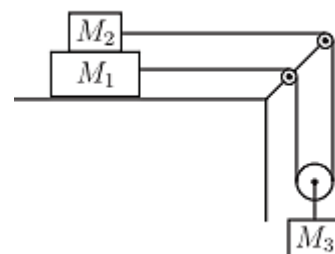
свободного падения для наиболее близкой к Плутону и наиболее удаленной от него точек Харона.

13. Определите силу натяжения троса, связывающего два одинаковых спутника массой m , которые обращаются вокруг Земли на расстояниях R_1 и R_2 от ее центра так, что трос всегда ориентирован на центр Земли. Масса Земли M .

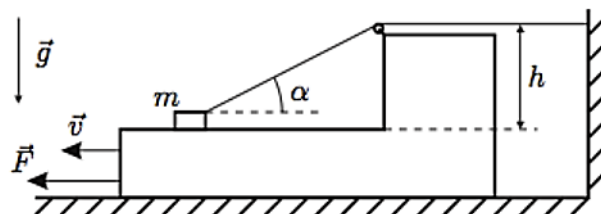
14. На гладком горизонтальном столе лежит призма массой M с углом наклона α , а на ней призма массой m . На меньшую призму действует горизонтальная сила F , при этом обе призмы движутся вдоль стола как одно целое. Определите силу трения между призмами.



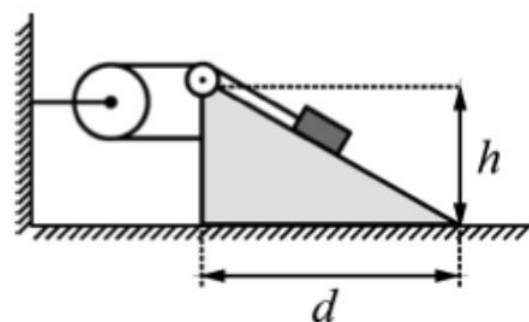
15. На гладкой горизонтальной плоскости лежит брусок массой M_1 и на нём — другой брусок массой M_2 . Через систему блоков, изображённую на рисунке, перекинута нить. К подвижному блоку подвешен груз массой $M_3 = M_1 + M_2$. При каком соотношении масс M_1 и M_2 бруски не будут скользить друг по другу, если коэффициент трения между ними равен μ ? Нить считать невесомой и нерастяжимой, массой блоков и трением в них пренебречь



16. На платформе с прямоугольным выступом высотой h лежит небольшое тело массой m . К нему прикреплен один конец невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок, установленный на выступе платформы (рис.). Второй конец нити закреплен на вертикальной стене так, что участок нити между блоком и стеной горизонтален. Платформу перемещают от стены с постоянной скоростью v . С какой силой F нужно тянуть платформу в тот момент, когда участок нити над платформой составляет угол α с горизонтом? Сила F горизонтальна и лежит в плоскости рисунка. Коэффициент трения между телом и платформой μ , между платформой и полом трения нет. Считайте, что во время движения груз от платформы, а платформа от пола не отрываются.

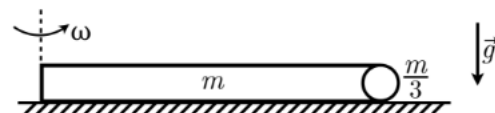


17. На гладкой горизонтальной поверхности находится клин с высотой $h = 30$ см и шириной основания $d = 40$ см. На его гладкой наклонной плоскости находится маленькая шайба, соединённая с клином при помощи невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через два блока (см. рисунок). Блоки невесомые и вращаются без трения, масса клина в $n = 8$ раз больше массы шайбы. С каким ускорением начнёт двигаться клин после отпускания? Движение клина — поступательное.



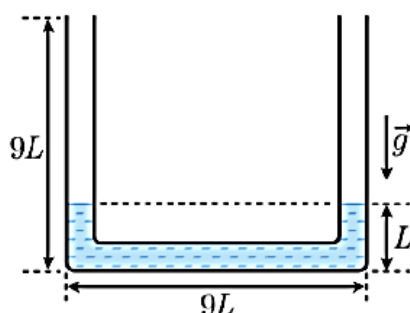


18. Однородный канат длиной $L=90$ см и массой $m=1$ кг с прикрепленным к одному концу грузом массой $m/3$ находится на горизонтальной поверхности стола и вращается с угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через другой конец каната. Найти силу натяжения каната на расстоянии $L/3$ от оси вращения. Размер груза мал по сравнению с канатом.



19.

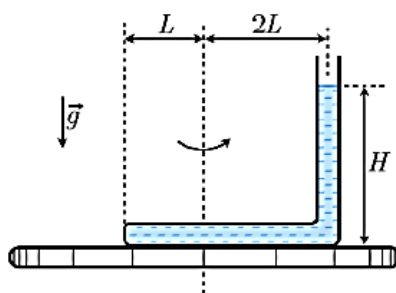
Тонкая U -образная трубка, размеры которой указаны на рисунке, заполнена ртутью до высоты L вертикальных частей трубки. Её начинают двигать горизонтально с ускорением a .



При каком максимальном значении a ртуть ещё не будет выливаться из трубки?

20.

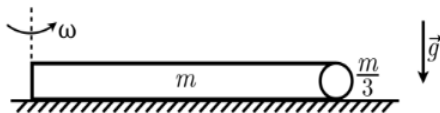
Тонкая трубка, запаянная с одного конца, заполнена водой и закреплена на горизонтальной платформе, вращающейся с угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг оси так, что вода не выливается и заполняет полностью горизонтальное колено трубки. Открытое колено трубки вертикально.



Определите давление воды у запаянного конца трубки, если $L = 20$ см и $H = 80$ см. Ответ выразите в кПа, округлив до целых. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³. Атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

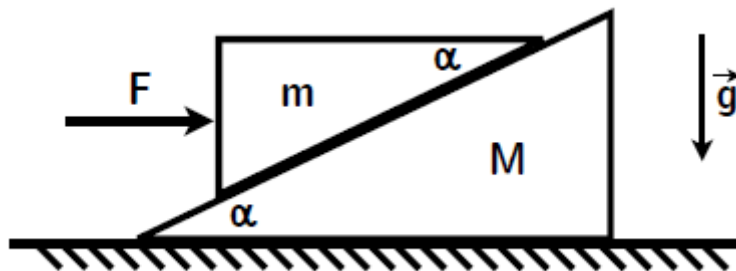


Однородный канат длиной $L = 90$ см и массой $m = 1$ кг с прикрепленным к одному концу грузом массой $m/3$ находится на гладкой горизонтальной поверхности стола и вращается с угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через другой конец каната.

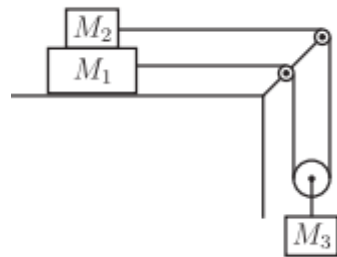


Найдите силу натяжения каната на расстоянии $L/3$ от оси вращения. Ответ выразить в Н, округлив до целых. Размер груза мал по сравнению с длиной каната.

На гладком горизонтальном столе лежит призма массой M с углом наклона α , а на ней призма массой m . На меньшую призму действует горизонтальная сила F , при этом обе призмы движутся вдоль стола как одно целое. Определите силу трения между призмами.



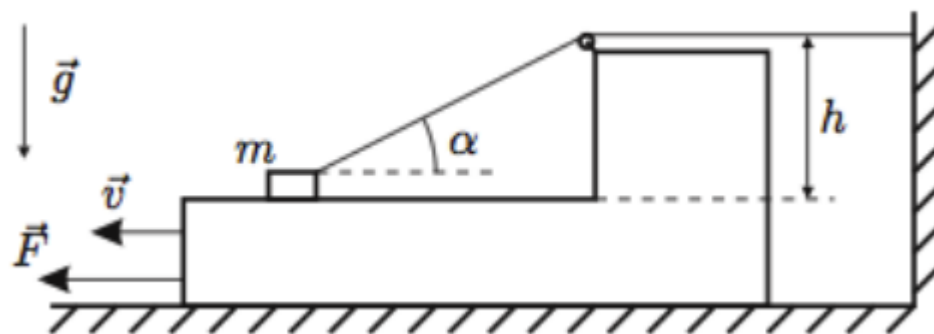
На гладкой горизонтальной плоскости лежит брусок массой M_1 и на нём — другой брусок массой M_2 . Через систему блоков, изображённую на рисунке, перекинута нить. К подвижному блоку подвешен груз массой $M_3 = M_1 + M_2$. При каком соотношении масс M_1 и M_2 бруски не будут скользить друг по другу, если коэффициент трения между ними равен μ ? Нить считать невесомой и нерастяжимой, массой блоков и трением в них пренебречь



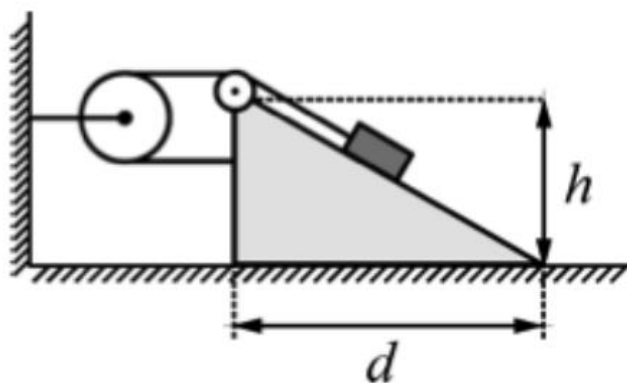
На платформе с прямоугольным выступом высотой h лежит небольшое тело массой m . К нему прикреплен один конец невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок, установленный на выступе платформы (рис.). Второй конец нити закреплен на вертикальной стене так, что участок нити между блоком и стеной горизонтален. Платформу перемещают от стены с постоянной скоростью v . С какой силой F нужно тянуть платформу в тот момент, когда участок нити над платформой составляет угол α с горизонтом? Сила F горизонтальна и лежит в плоскости рисунка. Коэффициент трения между телом и платформой μ , между платформой и полом трения нет. Считайте, что во время движения



груз от платформы, а платформа от пола не отрываются.



На гладкой горизонтальной поверхности находится клин с высотой $h = 30$ см и шириной основания $d = 40$ см. На его гладкой наклонной плоскости находится маленькая шайба, соединённая с клином при помощи невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через два блока (см. рисунок). Блоки невесомые и вращаются без трения, масса клина в $n = 8$ раз больше массы шайбы. С каким ускорением начнёт двигаться клин после отпущания? Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 9,8$ м/с². Движение клина —

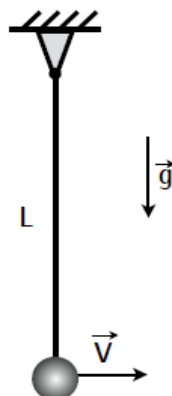


поступательное.



Закон сохранения энергии

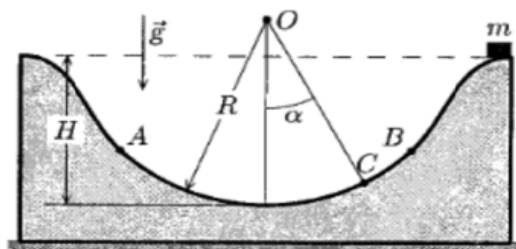
№1. На невесомой нерастяжимой нити висит шарик. Какую минимальную горизонтальную скорость ему необходимо сообщить, чтобы он совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Длина нити равна L . Как изменился бы ответ, если бы вместо нити был стержень такой же длины?



№2. При движении автобуса по горизонт. участку дороги у него устанавливается скорость V , если на ведущие колёса передаётся мощность N . При движении на спуске с углом наклона поверхности дороги к горизонту α ($\sin \alpha = 1/30$) при передаваемой на ведущие колёса той же мощности N у автобуса устанавливается скорость $3V/2$. При движении на подъёме при передаваемой на ведущие колёса мощности $2N$ у автобуса устанавливается скорость $V/2$. Найдите синус угла наклона поверхности дороги к горизонту на подъёме. Сила сопротивления движению автобуса пропорциональна его скорости. Все участки дороги прямолинейные.

№3. На горизонтальной поверхности стола покоится чаша с небольшой по сравнению с чашей шайбой массой m . Нижняя часть AB внутренней поверхности чаши есть часть сферы радиусом R . Глубина чаши $H = 3R/5$, её внутренняя поверхность гладкая. Шайба начинает скользить без начальной скорости и при движении не отрывается от чаши, а чаша остаётся в покое. Шайба достигает точки C , для которой угол между радиусом OC и вертикалью равен α ($\cos \alpha = 4/5$).

1. Найти скорость шайбы в точке C .
2. Найти силу трения между чашей и столом при прохождении шайбой точки C .



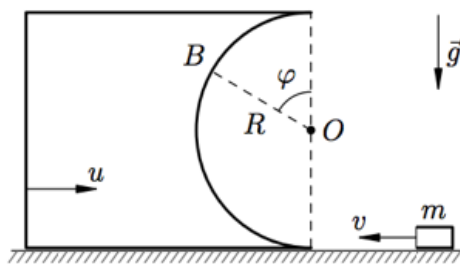
№4. По горизонтальной поверхности стола с постоянной скоростью U двигают горку. Маленькая шайба скользит по столу со скоростью V , нагоняет горку и поднимается по её поверхности. На какую максимальную высоту H поднимется шайба, если известно, что она не перелетает горку? Силой трения пренебречь.



№5. По направлению к неподвижному шарiku движется массивная плита с пост. скоростью u , направленной вертикально вверх и перпендикулярно поверхности плиты. В момент, когда плита находилась на расстоянии H от шарика, его отпускают. На какое максимальное расстояние от плиты удалится шарик после упругого удара о плиту? Масса шарика много меньше массы плиты.

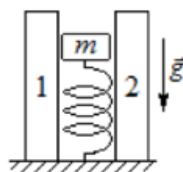
№6. Брусок с выемкой в форме полуцилиндра радиусом R движется со скоростью u по гладкой горизонтальной поверхности стола. Небольшая по сравнению с размерами бруска монета массы m скользит по столу со скоростью V навстречу бруску, скользит далее по гладкой поверхности выемки, не отрываясь от неё, и оказывается в точке B , продолжая скользить по выемке вверх. Радиус OB составляет угол φ ($\cos \varphi = 2/3$) с вертикалью. Брусок намного тяжелее монеты.

1. Найдите скорость монеты относительно бруска в точке B .
2. Найдите силу давления монеты на брусок в точке B .

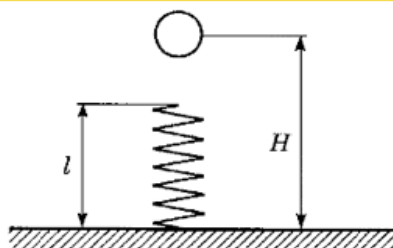


№7. С какой скоростью V надо бросить вертикально вверх мяч, чтобы после удара о потолок, расположенный на высоте H , мяч возвратился назад со скоростью $4V/5$? При ударе теряется 60% кинетической энергии. Сопротивление воздуха не учитывать.

№8. На фанере с помощью вертикальных неподвижных гладких пластин 1 и 2 вертикально удерживается лёгкая пружина, на которой находится груз массой m . Жёсткость пружины k . Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы сжать пружину ещё в n раз?

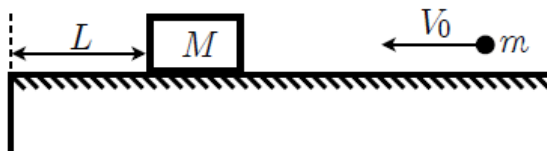


№9. Лёгкая пружина жёсткостью k и длиной l стоит вертикально на столе. С высоты H на неё падает небольшой шарик массой m . Какую максимальную скорость будет иметь шарик при своём движении вниз? Трением пренебречь.

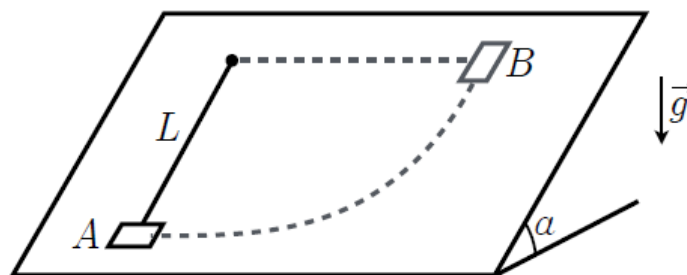




№10. Из духового ружья стреляют в спичечный коробок, лежащий на расстоянии L от края стола. Пуля массой m , летящая горизонтально со скоростью V_0 , пробивает коробок и вылетает из него со скоростью $V_0/2$. Масса коробка M . При каких значениях коэффициента трения между коробком и столом коробок упадёт со стола?



№11. На нити длиной L вокруг неподвижной оси O может вращаться небольшой брусок, скользя по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту α . Брусок поместили в самую низку для него точку A (нить наклонена под углом α к горизонту). Какую скорость надо сообщить бруску в точке A , вдоль наклонной плоскости и перпендикулярно нити, чтобы он достиг точки B (при горизонтальном положении нити)? Коэффициент трения скольжения бруска о наклонную плоскость μ . Нить всегда параллельна наклонной плоскости и не задевает её.



6. Работа механическая

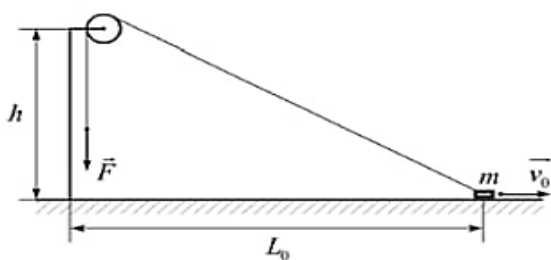
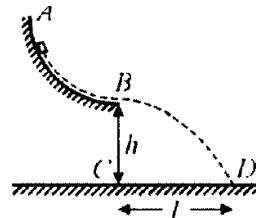
1. Брусок массы $m=2$ кг равномерно втаскивают за нить вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha=45^\circ$ с горизонтом. Угол β , который нить составляет с наклонной плоскостью, выбран так, чтобы натяжение нити было наименьшим. При подъеме бруска таким образом на высоту $h=4,5$ м была совершена работа $A=100$ Дж. Чему может быть равен коэффициент трения бруска о плоскость? Нить считать невесомой и нерастяжимой.
2. Какую работу необходимо совершить, чтобы насыпать кучу песка в форме конуса с площадью основания S и высотой h ? Плотность песка равна ρ .
3. Вертолёт массы $m=5$ т, неподвижно зависший над землёй, направляет своими винтами вниз струю воздуха. Какова затрачиваемая двигателем вертолёта мощность, если скорость струи воздуха равна $u=40$ м/с?
4. Частица массой m , свободно летящая со скоростью V , попадает в область пространства, в которой в течение времени $\tau=1$ с на неё действует постоянная по модулю и направлению сила F . К моменту прекращения действия этой силы частица движется со скоростью $2V$ в направлении, перпендикулярном первоначальному. Какое время потребовалось бы такой же по модулю и направлению силе, чтобы совершить над частицей вдвое большую работу (при той же начальной скорости частицы)? Влиянием других сил пренебречь.



5. Какова работа силы трения за один оборот аэросаней движущихся по круговой дорожке в вертикальной плоскости. Скорость аэросаней постоянна и равна V , коэффициент трения саней о дорожку равен μ , масса саней m .

6. Если развивает максимальную мощность двигателя автобус движется по горизонтальному участку шоссе со скоростью $V_1=108$ км/ч. Если не меняя мощности автобус заезжает на участок угол наклона которого к горизонту равен $\alpha=5^\circ$ к горизонту его скорость станет равна $V_2=72$ км/ч. С какой скоростью он будет преодолевать наклон $\alpha=2,5^\circ$ при неизменной мощности двигателя?

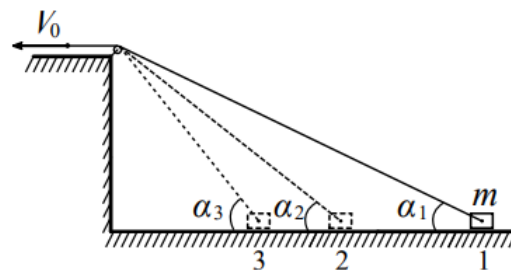
7. Маленький брусок массой $m=0,1$ кг соскальзывает по шероховатому желобу АВ, составляющему четверть окружности радиусом $R=1$ м, и падает на горизонтальную поверхность в точке D. Найти работу силы трения бруска о желоб, если $h=l=2$ м.



8. Маленький брусок массой m находится на гладкой горизонтальной поверхности на расстоянии L_0 от вертикального столба, на котором на высоте h на коротком держателе закреплён маленький невесомый блок с неподвижной горизонтальной осью. Лёгкая нерастяжимая длинная нить одним концом прикреплена к бруску, перекинута через блок и

натянута с постоянной силой $F > mg$. Трения в оси блока нет. В начальный момент брусок скользит по поверхности и имеет скорость V_0 , направленную от столба. Какой будет скорость бруска в тот момент, когда брусок перестанет давить на поверхность?

9. Груз массой m подтягивается по гладкой горизонтальной поверхности к стене с помощью лебедки, неподвижного небольшого легкого блока и легкого троса (см. рис.). Трос вытягивается лебедкой с постоянной скоростью V_0 . Груз последовательно проходит точки 1, 2 и 3, для которых $\sin \alpha_1=1/3$, $\sin \alpha_2=1/2$, $\sin \alpha_3=3/4$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12} . 1) Найти скорость V_1 груза при прохождении точки 1. 2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2. 3) Найти время t_{23} перемещения груза из точки 2 в точку 3.



6. Работа механическая

1. Брусок массы $m=2$ кг равномерно втаскивают за нить вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha=45^\circ$ с горизонтом. Угол β , который нить составляет с наклонной плоскостью, выбран так, чтобы натяжение нити было наименьшим. При подъеме бруска таким образом на высоту $h=4,5$ м была совершена работа $A=100$ Дж. Чему может быть равен коэффициент трения бруска о плоскость? Нить считать невесомой и нерастяжимой.

2. Какую работу необходимо совершить, чтобы насыпать кучу песка в форме конуса с площадью основания S и высотой h ? Плотность песка равна ρ .

3. Вертолёт массы $m=5$ т, неподвижно зависший над землёй, направляет своими винтами вниз струю воздуха. Какова затрачиваемая двигателем вертолёта мощность, если скорость струи воздуха равна $u=40$ м/с?

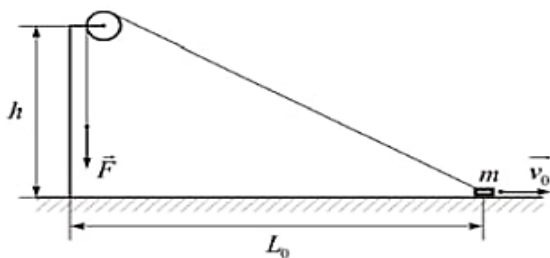
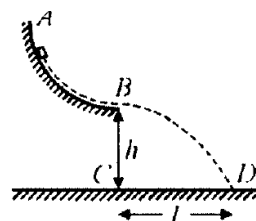


4. Частица массой m , свободно летящая со скоростью V , попадает в область пространства, в которой в течение времени $\tau=1$ с на неё действует постоянная по модулю и направлению сила F . К моменту прекращения действия этой силы частица движется со скоростью $2V$ в направлении, перпендикулярном первоначальному. Какое время потребовалось бы такой же по модулю и направлению силе, чтобы совершить над частицей вдвое большую работу (при той же начальной скорости частицы)? Влиянием других сил пренебречь.

5. Какова работа силы трения за один оборот аэросаней движущихся по круговой дорожке в вертикальной плоскости. Скорость аэросаней постоянна и равна V , коэффициент трения саней о дорожку равен μ , масса саней m .

6. Если развивает максимальную мощность двигателя автобус движется по горизонтальному участку шоссе со скоростью $V_1=108$ км/ч. Если не меняя мощности автобус заезжает на участок угол наклона которого к горизонту равен $\alpha=5^\circ$ к горизонту его скорость станет равна $V_2=72$ км/ч. С какой скоростью он будет преодолевать наклон $\alpha=2,5^\circ$ при неизменной мощности двигателя?

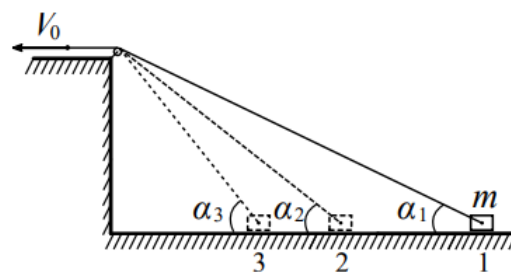
7. Маленький брусок массой $m=0,1$ кг соскальзывает по шероховатому желобу AB , составляющему четверть окружности радиусом $R=1$ м, и падает на горизонтальную поверхность в точке D . Найти работу силы трения бруска о желоб, если $h=l=2$ м.



8. Маленький брусок массой m находится на гладкой горизонтальной поверхности на расстоянии L_0 от вертикального столба, на котором на высоте h на коротком держателе закреплён маленький невесомый блок с неподвижной горизонтальной осью. Лёгкая нерастяжимая длинная нить одним концом прикреплена к бруску, перекинута через блок и натянута с постоянной силой $F > mg$. Трения в оси блока нет. В начальный момент брусок скользит по поверхности и имеет скорость V_0 , направленную от столба. Какой будет скорость бруска в тот момент, когда брусок перестанет давить на поверхность?

натянута с постоянной силой $F > mg$. Трения в оси блока нет. В начальный момент брусок скользит по поверхности и имеет скорость V_0 , направленную от столба. Какой будет скорость бруска в тот момент, когда брусок перестанет давить на поверхность?

9. Груз массой m подтягивается по гладкой горизонтальной поверхности к стене с помощью лебедки, неподвижного небольшого легкого блока и легкого троса (см. рис.). Трос вытягивается лебедкой с постоянной скоростью V_0 . Груз последовательно проходит точки 1, 2 и 3, для которых $\sin \alpha_1=1/3$, $\sin \alpha_2=1/2$, $\sin \alpha_3=3/4$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12} . 1) Найти скорость V_1 груза при прохождении точки 1. 2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2. 3) Найти время t_{23} перемещения груза из точки 2 в точку 3.



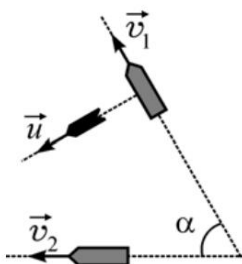


Определите силу натяжения троса, связывающего два одинаковых спутника массой m , которые обращаются вокруг Земли на расстояниях R_1 и R_2 от ее центра так, что трос всегда ориентирован на центр Земли. Масса Земли M .

2. Два автомобиля двигаются со скоростями $V = 36$ км/ч и $U = 48$ км/ч по двум взаимно перпендикулярным прямолинейным дорогам. На какое наименьшее расстояние они сблизятся, если в некоторый момент они находились на одинаковых расстояниях $L = 600$ м от перекрёстка?

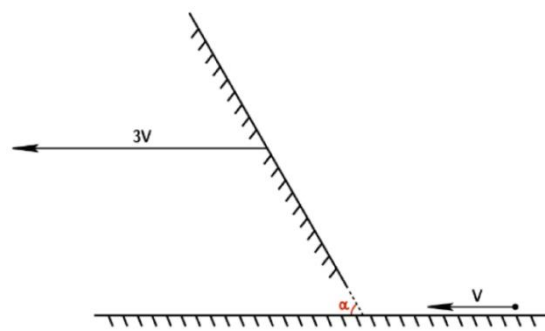
3. Два камня бросают одновременно с одинаковой начальной скоростью V_0 из одной точки под углами α и β ($\alpha > \beta$) к горизонту. Определить расстояние между камнями через t секунд после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

4. Из точек A и B , находящихся на одной горизонтальной прямой, одновременно бросили два камня с одинаковыми по модулю скоростями $V_0 = 20$ м/с. Один из них полетел по навесной траектории, а другой – по настильной, и каждый упал в точку старта другого камня. Известно, что угол бросания α камня из точки A составляет 75° . Через какое время после бросания расстояние между камнями станет минимальным? Чему равно это расстояние? Укажите на рисунке положения камней в этот момент.



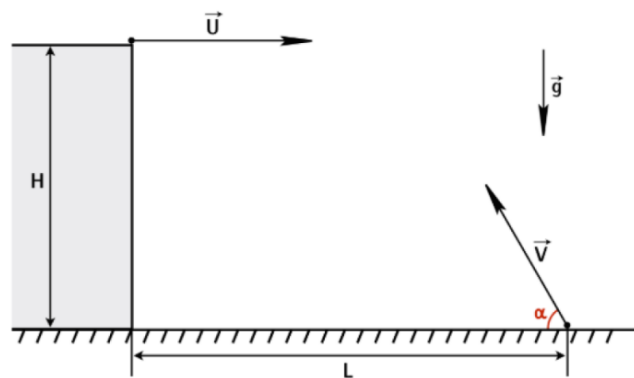
5. Круизные лайнеры «Первый» и «Второй» плывут равномерно и прямолинейно. Угол между их курсами равен $\alpha = 60^\circ$, скорость «Первого» $V_1 = 35$ км/ч, скорость «Второго» $V_2 = 31,6$ км/ч. С лайнера «Первый» с временным интервалом в несколько часов отплывают два катера, которые, двигаясь с постоянной одинаковой скоростью, перпендикулярной курсу «Первого», точно приплывают ко «Второму». Определите скорость u катера.

6. По столу катится шарик со скоростью $V=3$ м/с. В противоположном направлении со скоростью $3V$ перемещают поступательно плоское зеркало AB . Поверхность зеркала составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с поверхностью стола. Скорости шарика и зеркала перпендикулярны ребру двугранного угла, образованного поверхностями зеркала и стола. С какой скоростью относительно стола перемещается изображение шарика в зеркале?



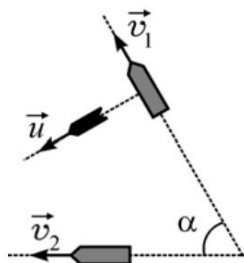


7. Однажды двое мышей-хулиганов Митя и Мотя решили улучшить свои навыки в стрельбе из рогатки. Митя забрался на шкаф высотой $H = 1,7$ м и встал у его края. Мотя остался на полу, но отошёл так, что расстояние между мышатами по горизонтали составило $L = 1,5H$. Хулиганы решили одновременно выстрелить камушками из рогаток так, чтобы они столкнулись. Мотя бросил камушек со скоростью V под углом α к горизонту ($\sin \alpha = 0,8$), а Митя - горизонтально со скоростью $u = 0,9V$. К сожалению, попытка оказалась неудачной. На какое минимальное расстояние сблизилась камушки? Считать, что траектории движения камушков лежали в одной вертикальной плоскости. Сопротивлением воздуха пренебречь.



Механика - относительность

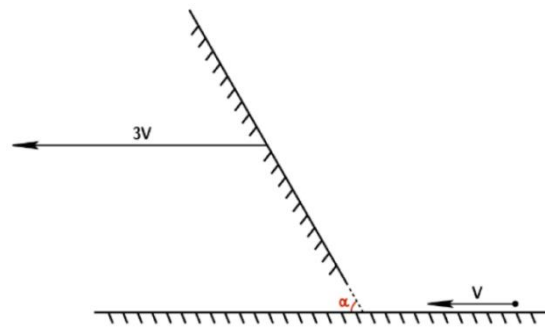
1. Моторная лодка может двигаться против течения реки со скоростью V_1 , а по течению – со скоростью V_2 . С какой скоростью она может двигаться перпендикулярно течению этой реки? Все скорости даны относительно берега.
2. Два автомобиля движутся со скоростями $V = 36$ км/ч и $U = 48$ км/ч по двум взаимно перпендикулярным прямолинейным дорогам. На какое наименьшее расстояние они сблизятся, если в некоторый момент они находились на одинаковых расстояниях $L = 600$ м от перекрёстка?
3. Два камня бросают одновременно с одинаковой начальной скоростью V_0 из одной точки под углами α и β ($\alpha > \beta$) к горизонту. Определить расстояние между камнями через t секунд после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.
4. Из точек А и В, находящихся на одной горизонтальной прямой, одновременно бросили два камня с одинаковыми по модулю скоростями $V_0 = 20$ м/с. Один из них полетел по навесной траектории, а другой – по настильной, и каждый упал в точку старта другого камня. Известно, что угол бросания α камня из точки А составляет 75° . Через какое время после бросания расстояние между камнями станет минимальным? Чему равно это расстояние? Укажите на рисунке положения камней в этот момент.



5. Круизные лайнеры «Первый» и «Второй» плывут равномерно и прямолинейно. Угол между их курсами равен $\alpha = 60^\circ$, скорость «Первого» $V_1 = 35$ км/ч, скорость «Второго» $V_2 = 31,6$ км/ч. С лайнера «Первый» с временным интервалом в несколько часов отплывают два катера, которые, двигаясь с постоянной одинаковой скоростью, перпендикулярной курсу «Первого», точно приплывают ко «Второму». Определите скорость u катера.

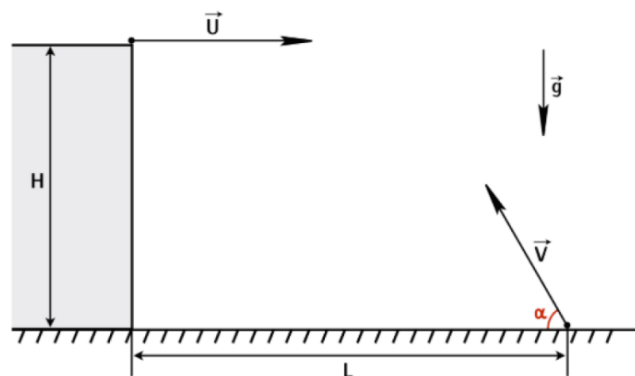


6. По столу катится шарик со скоростью $V=3$ м/с. В противоположном направлении со скоростью $3V$ перемещают поступательно плоское зеркало АВ. Поверхность зеркала составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с поверхностью стола. Скорости шарика и зеркала перпендикулярны ребру двугранного угла, образованного поверхностями зеркала и стола. С какой скоростью относительно стола перемещается изображение шарика в зеркале?



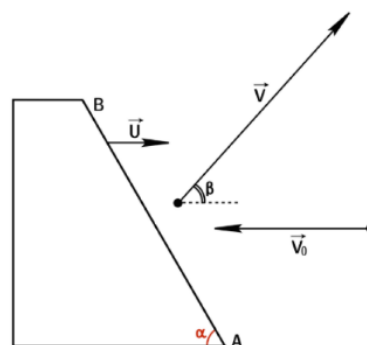
7. Однажды двое мышей-хулиганов Митя и Мотя решили улучшить свои навыки в стрельбе из рогатки.

Митя забрался на шкаф высотой $H = 1,7$ м и встал у его края. Мотя остался на полу, но отошёл так, что расстояние между мышатами по горизонтали составило $L = 1,5H$. Хулиганы решили одновременно выстрелить камушками из рогаток так, чтобы они столкнулись. Мотя бросил камушек со скоростью V под углом α к горизонту ($\sin \alpha = 0,8$), а Митя - горизонтально со скоростью $u=0,9V$. К сожалению, попытка оказалась неудачной. На какое минимальное расстояние сблизилась камушки? Считать, что траектории движения камушков лежали в одной вертикальной плоскости. Сопротивлением воздуха пренебречь.



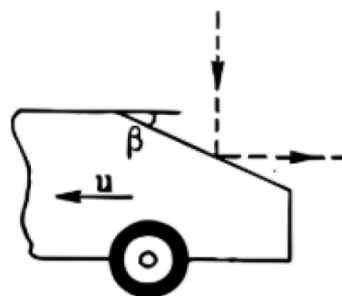
8. По гладкой горизонтальной поверхности стола скользит брусок и ударяет своей гладкой вертикальной гранью АВ по шарiku, скользящему по столу навстречу бруску (на рис. показан вид сверху). Скорость бруска составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с гранью АВ. После абсолютно упругого удара шарик отскочил со скоростью $V=10$ м/с под углом $\beta = 45^\circ$ к направлению движения бруска. Масса шарика намного меньше массы бруска.

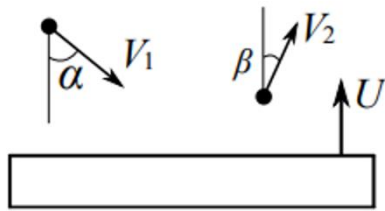
- 1) Найти скорость шарика V_0 перед ударом.
- 2) Найти скорость бруска U .



9. Идёт град, и автомобиль едет со скоростью $U=29$ км/ч по горизонтальной дороге. Одна из градин ударяется о стекло заднего окна автомобиля, наклоненное под углом $\beta=30^\circ$ к горизонту, и отскакивает горизонтально в направлении, противоположном движению автомобиля. Считая, что удар градины о стекло абсолютно упругий и что её скорость непосредственно перед ударом вертикальна, найти скорость градины:

- 1) До удара.
- 2) После удара.





10. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = 3/4$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = 1/2$) с вертикалью.

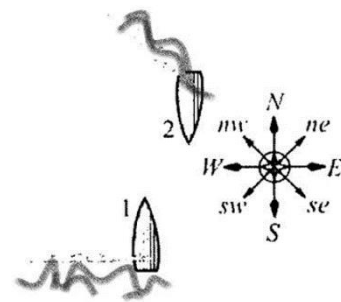
1) Найти скорость V_2 .
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

11. Лодку массой m отправили на другой берег речки, сообщив ей начальную скорость V_0 в направлении, перпендикулярном течению. Ширина речки H , скорость ее течения V_t , а время движения лодки от берега до берега t . 1) На какое расстояние l (вдоль берега) снесло лодку течением при переправе?

2) Чему был равен модуль скорости лодки относительно воды в конце переправы, если сила F сопротивления движению, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости $V_{\text{отн}}$ лодки относительно воды ($\vec{F} = -k\vec{V}_{\text{отн}}$, где k – известный пост. коэффициент)? Считайте, что скорость течения одинакова везде.

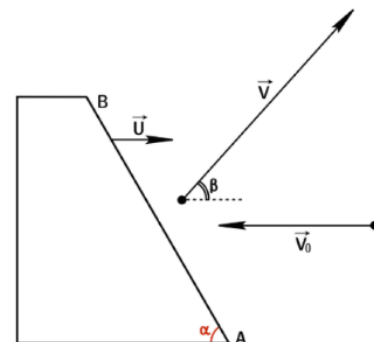
12. Две самоходные баржи равномерно движутся по озеру во взаимно перпендикулярных направлениях. Скорость одной баржи $V_1 = 3$ м/с, а другой $V_2 = 4$ м/с. На каждой барже установлен анемометр – прибор для измерения модуля скорости ветра. В течение некоторого времени на каждом из кораблей каждую минуту снимают показания анемометров. По результатам измерений обнаружилось, что значения скорости ветра, полученные на первой барже, не превышали скорости баржи V_1 , а на второй – не превышали V_2 . Какого максимального значения могла достигать скорость ветра относительно озера во время измерений? Какой угол α составляла скорость первой баржи $\vec{V}_1$ с направлением ветра в момент, когда скорость ветра относительно озера была максимальной?

13. Один корабль идёт по морю на север с постоянной скоростью 20 узлов, а другой — навстречу ему, на юг, с такой же скоростью. Корабли проходят на очень малом расстоянии друг от друга. Шлейф дыма от первого корабля вытянулся в направлении на запад, а от второго — на северо-запад (см. рисунок). Определите величину и направление скорости ветра. 1 узел = 1 морская миля в час, 1 морская миля = 1852 м.



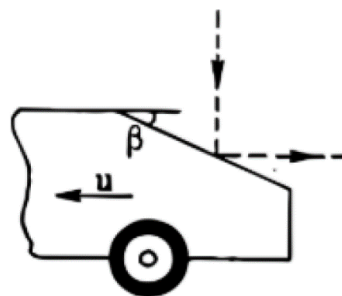
8. По гладкой горизонтальной поверхности стола скользит брусок и ударяет своей гладкой вертикальной гранью АВ по шарiku, скользящему по столу навстречу бруску (на рис. показан вид сверху). Скорость бруска составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с гранью АВ. После абсолютно упругого удара шарик отскочил со скоростью $V=10$ м/с под углом $\beta = 45^\circ$ к направлению движения бруска. Масса шарика намного меньше массы бруска.

1) Найти скорость шарика V_0 перед ударом.
2) Найти скорость бруска U .



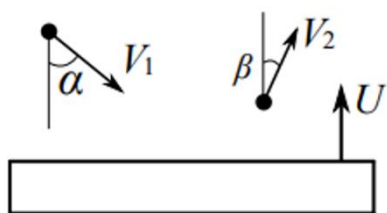


9. Идёт град, и автомобиль едет со скоростью $U = 29$ км/ч по горизонтальной дороге. Одна из градин ударяется о стекло заднего окна автомобиля, наклоненное под углом $\beta = 30^\circ$ к горизонту, и отскакивает горизонтально в направлении, противоположном движению автомобиля. Считая, что удар градины о стекло абсолютно упругий и что её скорость непосредственно перед ударом вертикальна, найти скорость градины:



1) До удара.

2) После удара.



10. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = 3/4$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = 1/2$) с вертикалью.

1) Найти скорость V_2 .

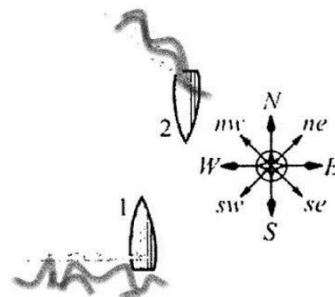
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

11. Лодку массой m отправили на другой берег речки, сообщив ей начальную скорость V_0 в направлении, перпендикулярном течению. Ширина речки H , скорость ее течения V_t , а время движения лодки от берега до берега t . 1) На какое расстояние l (вдоль берега) снесло лодку течением при переправе?

2) Чему был равен модуль скорости лодки относительно воды в конце переправы, если сила F сопротивления движению, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости $V_{\text{отн}}$ лодки относительно воды ($\vec{F} = -k\vec{V}_{\text{отн}}$, где k – известный пост. коэффициент)? Считайте, что скорость течения одинакова везде.

12. Две самоходные баржи равномерно движутся по озеру во взаимно перпендикулярных направлениях. Скорость одной баржи $V_1 = 3$ м/с, а другой $V_2 = 4$ м/с. На каждой барже установлен анемометр – прибор для измерения модуля скорости ветра. В течение некоторого времени на каждом из кораблей каждую минуту снимают показания анемометров. По результатам измерений обнаружилось, что значения скорости ветра, полученные на первой барже, не превышали скорости баржи V_1 , а на второй – не превышали V_2 . Какого максимального значения могла достигать скорость ветра относительно озера во время измерений? Какой угол α составляла скорость первой баржи $\vec{V}_1$ с направлением ветра в момент, когда скорость ветра относительно озера была максимальной?

13. Один корабль идёт по морю на север с постоянной скоростью 20 узлов, а другой — навстречу ему, на юг, с такой же скоростью. Корабли проходят на очень малом расстоянии друг от друга. Шлейф дыма от первого корабля вытянулся в направлении на запад, а от второго — на северо-запад (см. рисунок). Определите величину и направление скорости ветра. 1 узел = 1 морская миля в час, 1 морская миля = 1852 м.





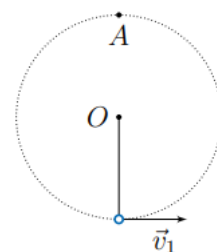
Законы сохранения

1. Из духового ружья стреляют в спичечный коробок, лежащий на расстоянии l от края стола. Пуля массой m , летящая горизонтально со скоростью v_0 , пробивает коробок и вылетает из него со скоростью $v_0/2$.

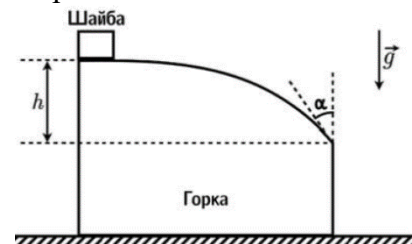
Масса коробки. При каких значениях коэффициента трения μ между коробком и столом коробок упадет со стола?



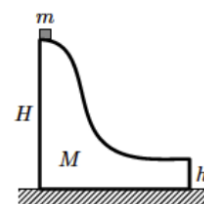
2. Маленький шарик, подвешенный на нити, может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси O . Экспериментатор обнаружил, что наименьшая скорость, которую нужно сообщить шарiku, чтобы он достиг верхней точки траектории (точки A), равна v_1 . Затем экспериментатор заменил нить лёгким стержнем той же длины, который может без трения вращаться вокруг оси O . Какую минимальную скорость нужно сообщить шарiku теперь, чтобы он достиг точки A ?



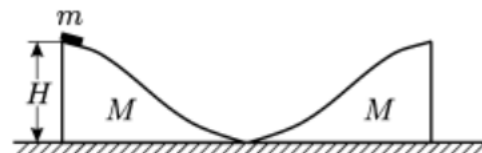
3. Горка с небольшой шайбой покоилась на гладкой горизонтальной поверхности стола. От незначительного толчка шайба начала скользить по горке без трения, не отрываясь от её поверхности, и покинула горку со скоростью $V=5$ м/с относительно стола. Горка, не отрывавшаяся от стола, приобрела скорость $V/5$. Определите высоту h , если нижняя часть поверхности горки составляет угол $\alpha=45^\circ$ с вертикалью. Направления всех движений параллельны плоскости рисунка.



4. Небольшая шайба массой m скатывается с вершины гладкой горки массой M и высотой H . Горка находится на гладкой поверхности. На какой высоте h над поверхностью должен находиться нижний горизонтальный участок горки для того, чтобы шайба упала на поверхность на максимальном расстоянии от точки поверхности, над которой произошел отрыв?

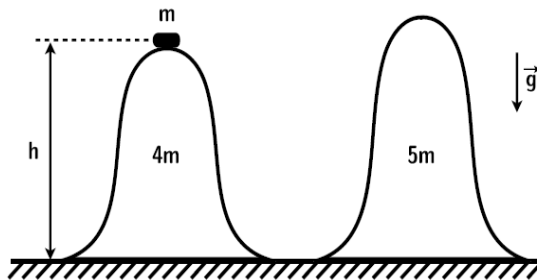


5. На гладкой горизонтальной плоскости стоят две одинаковые гладкие горки высотой H и массой M каждая. На вершине одной из них находится маленькая шайба массой $m \ll M$ (см. рис). Шайба соскальзывает без начальной скорости в направлении второй горки. Найдите скорости горок после завершения процесса всех столкновений.

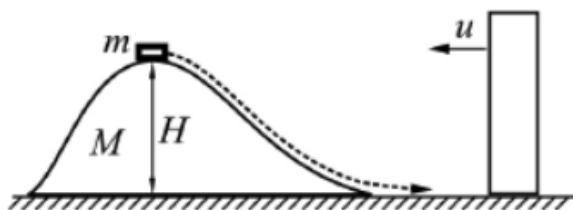




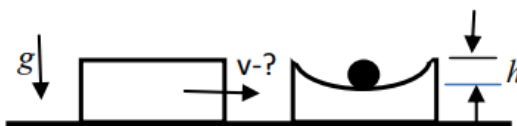
6. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоятся незакреплённые горки массами $4m$ и $5m$. На вершине горки массой $4m$ на высоте h лежит монета массой m . От незначительного толчка монета съезжает с горки в направлении другой горки. 1) Найдите скорость монеты на столе. 2) На какую максимальную высоту сможет подняться монета на горке массой $5m$? Поверхности горок гладкие. Горки имеют плавный переход к поверхности стола. Монета не отрывается от поверхности горок, а поступательно движущиеся горки — от стола. Направления всех движений находятся в одной вертикальной плоскости.



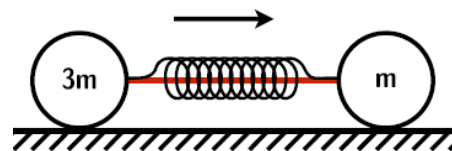
7. На гладкой горизонтальной плоскости покоится гладкая горка высотой H и массой M , а на её вершине лежит небольшая шайба массой m (см. рисунок). После лёгкого толчка шайба скатывается с горки и скользит перпендикулярно массивной вертикальной стенке, движущейся по плоскости в сторону горки со скоростью u . Испытав абсолютно упругое столкновение со стенкой, шайба скользит в обратном направлении, к горке. С какой минимальной скоростью u должна двигаться стенка, чтобы шайба смогла преодолеть горку?



8. На горизонтальном столе лежат два бруска. Левый брусок имеет массу m , а правый M , $M=2m$. В правом бруске сделана сферическая выемка глубины $h = 5 \text{ мм}$, в которой находится маленький шарик массы $m_1 = 0,1m$. Какую скорость нужно толчком сообщить левому бруску навстречу правому, чтобы после упругого столкновения брусков шарик вылетел из лунки? Трения нет.



9. Шарики массами m и $3m$ связаны нитью; между ними вставлена легкая пружина жесткостью k , сжатая на величину x_0 . Система движется с некоторой скоростью вдоль прямой, проходящей через центры, шариков. Нить пережигают, и скорость шарика массой m увеличивается в 7 раз. Найти начальную скорость шариков.

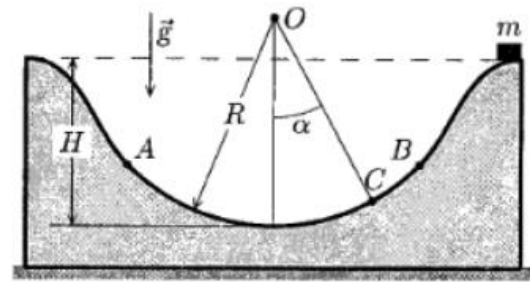


$$v = x_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{48m}}$$

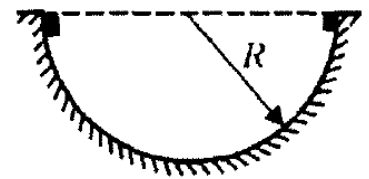


10. На горизонтальной поверхности стола постоит чаша с небольшой по сравнению с чашей шайбой массой m (см. рисунок).

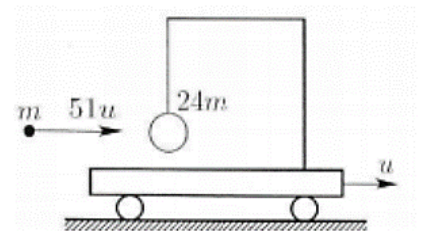
Нижняя часть АВ внутренней поверхности чаши есть часть сферы радиусом R . Глубина чаши $H = 3R/5$, её внутренняя поверхность гладкая. Шайба начинает скользить без начальной скорости и при движении не отрывается от чаши, а чаша остаётся в покое. Шайба достигает точки С, для которой угол между радиусом ОС и вертикалью равен α ($\cos \alpha = 4/5$). 1) Найти скорость шайбы в точке С. 2) Найти силу трения между чашей и столом при прохождении шайбой точки С.



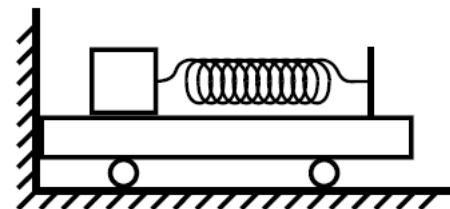
11. Два небольших тела, находящиеся на концах горизонтального диаметра гладкой полусферы радиусом $R = 20$ см, соскальзывают без начальных скоростей навстречу друг другу. При столкновении тела «слипаются» и далее движутся как одно целое. Найти отношение n масс тел, если максимальная высота над нижней точкой полусферы, на которую поднимаются слипшиеся тела после столкновения, $h = 5$ см. Трение не учитывать.



12. По горизонтальной поверхности пола движется со скоростью $u = 1$ м/с тележка со штативом, к которому на нити длиной $l = 0,5$ м привязан шар (см. рис.). Пуля, летящая горизонтально со скоростью $51u$, попадает в шар и застревает в нём. Массы пули и шара m и $24m$, масса тележки намного больше массы шара. Направления всех движений находятся в одной вертикальной плоскости. Размеры шара малы по сравнению с длиной нити. 1) Найдите скорость шара v_1 относительно тележки сразу после попадания пули. 2) Найдите скорость шара v_2 относительно пола сразу после попадания пули. 3) На какой максимальный угол от вертикали отклонится нить при дальнейших колебаниях шара?



13. На горизонтальной поверхности стола находится тележка. На шероховатой горизонтальной поверхности тележки находится брусок, прикрепленный к тележке лёгкой упругой пружиной (см. рисунок). Масса тележки в три раза больше массы бруска. Брусок отклоняют влево так, что удлинение пружины равно x , а тележка прижата к упору. Затем брусок отпускают. 1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва тележки от упора. 2) Найдите скорость бруска в момент отрыва тележки от упора. 3) Найдите скорость тележки после прекращения движения по ней бруска. Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна $2x$. Если брусок тащить по неподвижной тележке с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к прикрепленной к бруску пружине, то деформация пружины равна

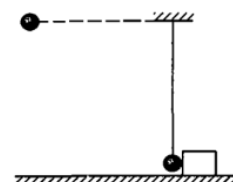




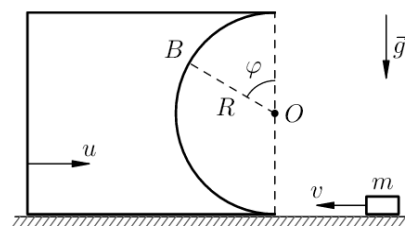
2х/3. Массой колёс тележки и трением в их осях пренебречь. Деформация х пружины меньше длины пружины в ненапряжённом состоянии.

14. Шарик массой m , движущийся по гладкой горизонтальной поверхности, налетает на лежащий неподвижно на той же поверхности брусок. В результате неупругого удара шарик останавливается и 80% его кинетической энергии переходит в теплоту, а брусок начинает двигаться поступательно. Какова масса бруска?

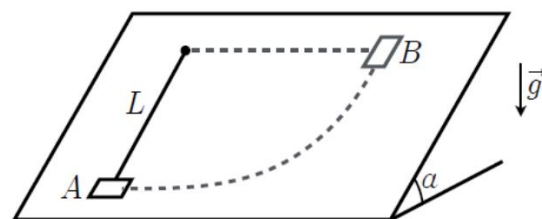
15. На столе лежит брусок. На лёгкой нити длиной L висит шарик, касаясь бруска. Нить вертикальна. Масса бруска в 7 раз больше массы шарика. Шарик отклоняют в сторону так, что нить занимает горизонтальное положение, и отпускают. После неупругого удара о брусок шарик останавливается, а брусок смещается по горизонтальной поверхности стола на расстояние S . 1) Найти скорость бруска сразу после удара. 2) Найти коэффициент трения скольжения между бруском и столом.



16. Брусок с выемкой в форме полуцилиндра радиусом R движется со скоростью u по гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рисунок). Небольшая по сравнению с размерами бруска монета массой m скользит по столу со скоростью v навстречу бруску, скользит далее по гладкой поверхности выемки, не отрываясь от неё, и оказывается в точке В, продолжая скользить по выемке вверх. Радиус $ОВ$ составляет угол φ ($\cos\varphi = 2/3$) с вертикалью. Масса бруска намного больше массы монеты. 1) Найдите скорость v_B монеты относительно бруска в точке В. 2) Найдите силу давления N монеты на брусок в точке В.



17. На нити длиной l вокруг неподвижной оси O может вращаться небольшой брусок, скользя по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту α . Брусок поместили в самую низкую для него точку К (нить наклонена под углом α к горизонту). Какую скорость надо сообщить бруску в точке К, вдоль наклонной плоскости и перпендикулярно нити, чтобы он достиг точки Р (при горизонтальном положении нити), имея вдвое меньшую скорость? Коэффициент трения скольжения бруска о наклонную плоскость μ . Нить всегда параллельна наклонной плоскости и не задевает ее.

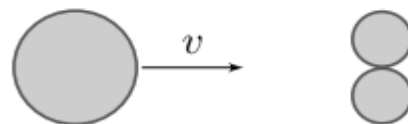


18. Гладкая шайба налетает на покоящуюся шайбу, сделанную из другого материала, так как показано на рисунке, и после упругого соударения отлетает в перпендикулярном направлении, потеряв 20 % своей кинетической энергии. Найдите отношения масс и радиусов шайб.



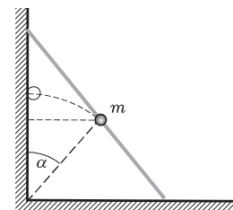


19. Два гладких упругих диска из одного материала с радиусом r лежат, соприкасаясь друг с другом, на горизонтальной плоскости. Третий диск с радиусом $2r$, скользящий со скоростью v по той же плоскости, упруго ударяется одновременно в оба диска. Найдите скорость большого диска после удара.

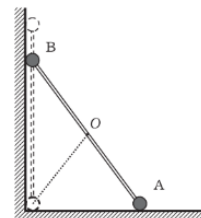


20. При упругом столкновении налетающей частицы с покоящейся первая полетела под углом α к направлению первоначального движения, а вторая — под углом β . Найдите отношение масс этих частиц.

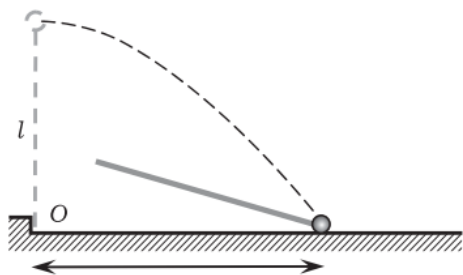
21. Вертикально к стенке приставлен невесомый стержень, по середине которого укреплена некоторая точечная масса. Трение отсутствует. Стержень начинает соскальзывать в вертикальной плоскости (нижний конец скользит по полу, верхний по стенке, рис.). На какой высоте верхний конец стержня оторвется от стены? Длина стержня L 1,5 м.



22. На концах невесомого стержня длиной $l = 1$ м укреплены одинаковые маленькие массы. Стержень, приставленный вертикально к стенке, начинает свободно соскальзывать в вертикальной плоскости, перпендикулярной линии плинтуса. На какой высоте стержень оторвется от стенки?



23. На конце невесомого стержня длиной $l = 2$ м укреплен шарик, имеющий некоторую массу. Стержень, поставленный у упора (порожка), начинает падать в вертикальной плоскости, перпендикулярной линии порожка (рис.). На каком расстоянии x от упора (точка O) шарик ударится о горизонтальную плоскость?



24. К с
пр
ра
От

25. На гладкой горизонтальной поверхности стола находятся бруски массами $m_1 = 4m$ и $m_2 = 5m$, к которым прикреплена легкая упругая пружина жесткостью k , сжатая на величину x_0 (рис. 1.181). Брусок массой $5m$ удерживают неподвижно, другой брусок прижат к упору. Затем брусок массой $5m$ отпускают.

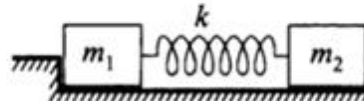


Рис. 1.181

1) Найдите скорость бруска массой $5m$ в момент отрыва другого бруска от упора.

2) Найдите величину деформации пружины (см. примечание к задаче 1.294) при минимальном расстоянии между брусками в процессе их движения после отрыва от упора. (

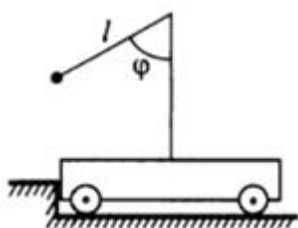


Рис. 1.182

26. На горизонтальной поверхности стола находится платформа с укрепленным на ней штативом. К штативу привязан на нити длиной l небольшой по сравнению с длиной нити шар. Масса платформы со штативом $2m$, масса шара $3m$. Шар отклоняют и удерживают неподвижно так, что нить составляет угол γ ($\cos \gamma = \frac{1}{3}$) с вертикалью, а платформа прижата к упору (рис. 1.182). Затем шар отпускают.

1) Найдите скорость шара в момент отрыва платформы от упора.

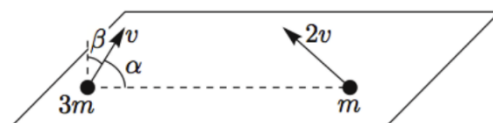
2) Найдите максимальный угол отклонения нити от вертикали направо в процессе движения системы после отрыва от упора.

Направления всех движений параллельны одной и той же вертикальной плоскости. Массой колес платформы пренебречь. (

Центр масс

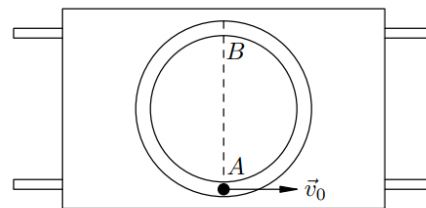
- **Теорема о движении центра масс** (для системы мат. точек): $M\vec{a}_{\text{цм}} = \Sigma \vec{F}_{\text{вн}}$
- Если $a_{\text{цм}}=0$, то центр масс замкнутой системы покоится или движется равномерно и прямолинейно. Следовательно, если связать систему отсчёта с центром масс замкнутой системы точек, то такая система отсчёта будет инерциальной.
- Если сумма проекций внешних сил на ось X равна нулю, то из теоремы о движении ц.м. следует, что $a_x = 0$; ц.м. системы вдоль оси X либо не движется, либо движется равномерно и прямолинейно.

Разбор 1. Два куска пластилина с массами $3m$ и m брошены одновременно с горизонтальной поверхности Земли со скоростями v и $2v$ (рис.), причём скорости кусков не находятся в одной вертикальной плоскости. Скорость куска массой $3m$ составляет угол $\beta = 45^\circ$ с вертикалью и угол $\alpha = 60^\circ$ с прямой, проходящей через куски перед броском. Через некоторое время куски сталкиваются и слипаются. С какой скоростью упали на Землю слипшиеся куски?



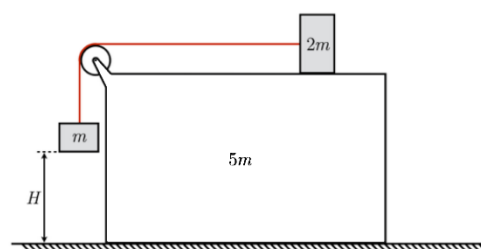


Разбор 2. На тележке, которая может двигаться по горизонтальным рельсам прямолинейно и без трения, укреплена в горизонтальной плоскости трубка в форме кольца (см. рисунок). Внутри трубки может двигаться без трения шарик массой m . Масса тележки с трубкой равна M , массой колёс тележки пренебречь. Шарику, при неподвижной тележке, сообщают в точке A скорость v_0 , направленную параллельно рельсам.

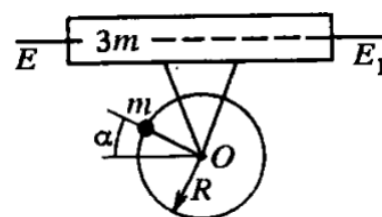


- 1) Найти скорость тележки при прохождении шариком точки B тележки, диаметрально противоположной точке A .
- 2) На каком расстоянии от первоначального положения окажется тележка через время t_0 , когда шарик совершит несколько оборотов и окажется в точке B тележки?

1. На гладком столе находится система, схема которой приведена на рисунке. Вначале систему удерживают неподвижно, а затем предоставляют самой себе. На какое расстояние сместится брусок массой $5m$ к моменту, когда шайба массой m коснётся стола, если известно, что $H = 64$ см?

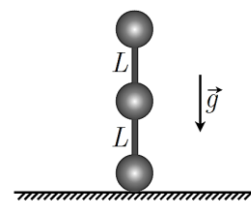


2. Муфта может двигаться поступательно без трения вдоль горизонтальной направляющей EE_1 (см. рисунок). К муфте перпендикулярно EE_1 прикреплена горизонтальная ось O , вокруг которой может вращаться без трения обруч радиусом R с закреплённым на нём небольшим по размерам грузом массой m . Масса муфты, оси O и её крепления равна $3m$. Массой обруча пренебречь. Вначале муфта неподвижна, и обруч удерживают в положении, когда радиус Om составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Затем обруч отпускают.

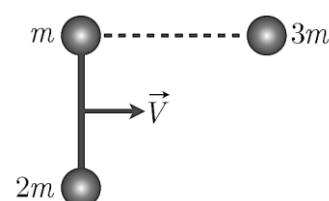


- 1) Найти скорость муфты при прохождении грузом нижней точки своей траектории.
- 2) Найти амплитуду колебаний муфты, т. е. половину расстояния между наиболее удалёнными друг от друга положениями муфты.

3. Три одинаковых шарика жестко скреплены двумя невесомыми стержнями длиной L так, что все три шарика лежат на одной прямой. Вся конструкция образует подобие гантели. Её размещают на гладкую горизонтальную поверхность Земли, поддерживая в вертикальной положении, а затем отпускают. Какую скорость будет иметь верхний шарик перед приземлением?



4. К концам невесомого стержня длиной l прикреплены два маленьких шарика с массами m и $2m$. Стержень, двигаясь поступательно в направлении перпендикулярном ему самому со скоростью V , налетает на покоящийся шарик массой $3m$ так, как показано на рисунке. Происходит абсолютно неупругий удар.





1. Найти силу натяжения стержня сразу после соударения.
2. На какой угол повернётся стержень спустя время t после удара? Силу тяжести не учитывать.

5. Муха сидит на дне тонкостенной стеклянной закрытой пробирки, которую удерживают над столом в вертикальном положении на высоте (отмеряемой от нижнего конца пробирки) равной длине пробирки L . Пробирку отпускают и она падает вниз. К моменту касания стола муха внутри пробирки перелетела к верхнему концу пробирки и села там. Сколько времени летела пробирка до стола?

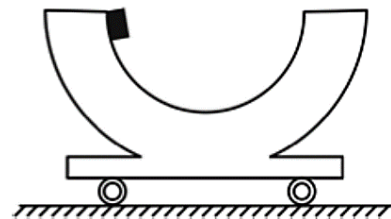
6. Сидевший на корточках человек резко выпрямляется и, оттолкнувшись от пола, подпрыгивает так, что его центр масс поднимается на высоту h , равную $3/4$ его роста l (высота отсчитывается от пола). Найдите среднюю силу, с которой человек действует на пол во время отталкивания. Центр масс человека, когда он стоит выпрямившись, находится на высоте $1/2$ от пола. Перед прыжком центр масс человека находился на высоте $l/4$ от пола. Масса человека $m = 75$ кг.

7. На гладком льду лежит однородная доска длиной $L=2$ м. К одному из концов доски привязали верёвку и стали медленно тянуть её вверх. Когда угол между доской и поверхностью льда стал 60° , вертикально натянутая верёвка оборвалась. На какое расстояние сместится при падении доски её нижний конец?

8. Закреплённая пушка, установленная на горизонтальной поверхности земли, стреляет под углом α к горизонту, причём снаряды вылетают из пушки с начальной скоростью v_0 . После первого выстрела снаряд упал на расстоянии L от пушки. Второй выстрел оказался неудачным, и на некоторой высоте снаряд разорвался на два осколка массами m и $2m$. Первый, лёгкий осколок упал на землю на расстоянии $L/2$ от пушки, а второй осколок в момент падения первого осколка находился строго над ним. Определите расстояние s между осколками к моменту падения на землю первого осколка.

9. Снаряд, летевший вертикально, взорвался в верхней точке своей траектории, распавшись на три осколка массами $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$ и $m_3 = 4m$, которые полетели в разные стороны с одинаковыми начальными скоростями. Через некоторое время после взрыва расстояние между осколками m_1 и m_2 оказалось равным L . Чему было равно в этот момент расстояние между осколками m_1 и m_3 , если ни один из осколков ещё не достиг земли? Влиянием воздуха и массой взрывчатого вещества снаряда пренебречь.

10. На гладком горизонтальном столе находится чаша массой M с полусферической выемкой радиусом R с гладкими стенками (смотри рисунок). На самый край выемки чаши поместили монету массой m , размеры которой значительно меньше размеров выемки. В начальный момент монета и чаша друг относительно друга не двигались. Монету и чашу одновременно отпустили. С каким ускорением движется монета, проходя самое нижнее положение?





Уравнение состояния

• Уравнение состояния идеального газа $pV = \nu RT$, $R = 8,31$ Дж/моль · К

• Следствие: $p = \rho\mu/RT$.

• Среднеквадратичная скорость $v_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$

• Бесконечно малые процессы – изопроцессы, при которых $\frac{\Delta P}{P} \ll 1$, $\frac{\Delta V}{V} \ll 1$, $\frac{\Delta T}{T} \ll 1$.

Для них верно: $\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$ при $\nu = \text{const}$. Иначе $\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta \nu}{\nu} + \frac{\Delta T}{T}$ либо $\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta T}{T}$.

• Некоторые матем. разложения для $x \ll 1$: $(1+x)^n \approx 1+nx$, $\sqrt{1+x} \approx 1+\frac{x}{2}$, $\frac{1}{\sqrt{1+x}} \approx 1-\frac{x}{2}$

• Диссоциация: пусть степень диссоциации (доля распавшихся молекул от их начального числа) α , а коэффициент размножения (среднее число образовавшихся из одной молекулы частей) β . Тогда новое количество частиц будет равно: $N = N_0(1 - \alpha + \alpha\beta)$. Аналогично для нового кол-ва вещества $\nu = \nu_0(1 - \alpha + \alpha\beta)$.

Разбор 1. Идеальный газ расширяется в бесконечно малом процессе $pV^3 = \text{const}$.

Относительное увеличение температуры составило $\frac{\Delta T}{T} = 4\%$. Чему равно относительное увеличение давления $\frac{\Delta P}{P}$ в %?

Разбор 2. В вертикальном закрытом цилиндре высотой H и площадью основания S , заполненном воздухом при давлении p_0 , на дне лежит лёгкая тонкостенная плоская коробка высотой h и площадью основания s . В дне коробки имеется отверстие. В цилиндр через кран, расположенный вблизи дна, начинают медленно нагнетать жидкость плотностью ρ , много большей плотности воздуха. При каком давлении воздуха в цилиндре коробка упрётся в верхнюю крышку цилиндра? Процесс проходит при постоянной температуре, коробка всплывает так, что её верхняя плоскость остаётся горизонтальной.

Разбор 3. Теплоизолированный закрытый вертикальный цилиндр разделён на две равные части тонким массивным теплопроводящим поршнем. Сверху и снизу от поршня, закреплённого вначале посередине цилиндра, находятся одинаковые количества идеального одноатомного газа при температуре T и давлении p . После освобождения поршня он сместился вниз на некоторое расстояние и остановился в новом положении



равновесия, при котором разность давлений в нижней и верхней частях цилиндра равняется Δp . Найдите, на какую величину ΔT изменилась при этом температура газа. Теплоёмкостью поршня и стенок цилиндра пренебречь.

1. Резиновый шарик массой $m = 2$ г надувается гелием при температуре $t = 17^\circ\text{C}$. При достижении в шарике давления, равного $p = 1,1$ атм, он лопается. Какая масса гелия была в шарике, если перед тем, как лопнуть, он имел сферическую форму? Известно, что резиновая плёнка рвётся при толщине $\Delta = 2 \cdot 10^{-3}$ см. Плотность резины $\rho = 1,1$ г/см³, молярная масса гелия $\mu = 4$ г/моль.
2. В переносном газовом баллоне объёмом $V = 5$ л может поместиться не больше $m_0 = 2,2$ кг жидкого пропана (C_3H_8) под давлением 16 атмосфер и при температуре $t = 17^\circ\text{C}$. Сколько пропана в газообразном состоянии останется в баллоне, если из полного баллона израсходовать 80% пропана?
3. Из баллона со сжатым газом израсходовали часть газа. Известно, что давление в баллоне уменьшилось в 3 раза, отношение начальной и конечной температур (по шкале Кельвина) равно $11/10$, отношение начальной и конечной масс баллона с газом $5/4$. Какую часть начальной массы баллона с газом составляет начальная масса газа?
4. В цилиндрическом сосуде находится молекулярный азот при температуре T . Его нагрели до температуры $2T$, при которой часть молекул азота диссоциировало на атомы. Известно, что давление в сосуде выросло в 3 раза. Сколько % молекул азота диссоциировало на атомы?
5. Моль гелия нагревался при постоянном давлении $p_0 = 10$ атм так, что относительное увеличение его объёма составило $\alpha = \Delta V/V_0 = 0,5\%$.
 - 1) На сколько градусов Цельсия ΔT увеличилась температура газа, если его начальная температура составляла $T_0 = 400$ К?
 - 2) На сколько литров ΔV увеличился объём газа?
6. В воздухе комнаты объёмом $V = 75$ м³ находится $m = 20$ кг кислорода. Найдите величину средней квадратичной скорости молекул кислорода. Воздух в комнате состоит из кислорода и азота. Концентрация молекул кислорода в 3 раза меньше концентрации молекул азота. Атмосферное давление $p = 10^5$ Па.
7. Идеальный газ расширяется в бесконечно малом процессе $p^3 V^5 = \text{const}$, где p – давление газа, V – объём, который занимает газ. Относительно увеличение объёма составило $\Delta V/V = 3\%$. Чему равно относительное изменение среднеквадратичной скорости $\Delta u/u$ молекул газа?
8. В ресторане "Седьмое небо", расположенном на высоте $H = 300$ м, вода закипает при температуре $t = 99^\circ\text{C}$. Давление воздуха в изотермической атмосфере меняется с высотой h по закону $p(h) = p(0) \cdot e^{(-\mu gh/RT)}$, где $p(0)$ – атмосферное давление у поверхности, $\mu = 29$ г/моль — средняя молярная масса воздуха, $g = 9,8$ м/с², $R = 8,31$ Дж/(моль*К), $T = 290$ К.



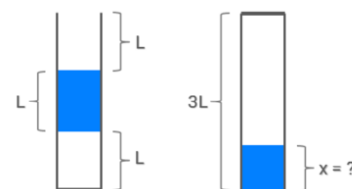
Считая, что малые относительные изменения давления $\frac{\Delta P_H}{P_H}$ и температуры $\frac{\Delta T_H}{T_H}$ насыщенного водяного пара связаны формулой $\frac{\Delta P_H}{P_H} = C \frac{\Delta T_H}{T_H}$, найдите величину константы C . *Указание: для малых $x \ll 1$ можно воспользоваться приближенной формулой $e^{-x} = 1 - x$.*

9. Герметичный шар-зонд, изготовленный из нерастягивающегося материала, должен поднять аппаратуру массой $M_{\text{ап}} = 10$ кг на высоту примерно 5,5 км, где плотность воздуха ($\mu_{\text{в}} = 29$ г/моль) вдвое меньше, чем у поверхности Земли. Шар наполняют гелием ($\mu_{\text{He}} = 4$ г/моль) при температуре $T = 300$ К и давлении $p_0 = 1$ атм. Объем шара $V = 100$ м³. Определить массу квадратного метра материала оболочки шара.

10. Спортсмен-ныряльщик массой $m = 80$ кг прыгает в воду, набрав в лёгкие $V_0 = 5$ л воздуха. При этом объём его тела составляет $V = 82$ л. С какой максимальной глубины h он сможет всплыть, не совершая никаких движений?

11. U-образная труба с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия смещения уровней ртути в коленях (относительно начального положения) отличаются в 4 раза, а в закрытом колене остаётся столб воздуха длиной $L = 25$ см. Найдите атмосферное давление. Ответ выразить в миллиметрах ртутного столба (мм. рт. ст.).

12. В вертикально расположенной трубке постоянного внутреннего сечения и длиной $3L = 1080$ мм с открытым в атмосферу верхним концом, столбиком ртути длиной $L = 360$ мм заперт слой воздуха тоже длиной L . Какой длины столб ртути останется в трубке, если её повернуть открытым концом вниз? Внешнее давление $p_0 = 774$ мм рт. ст.



13. Цилиндр сечением S закрыт поршнем массой m . При движении сосуда вниз с ускорением $a = 4g$ объём под поршнем увеличивается в 2 раза. Температура газа не изменяется. Чему равно внешнее давление p_0 ?

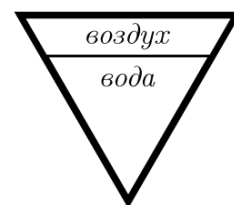
14. Вертикально расположенный цилиндр разделён на две равные части тяжёлым теплонепроницаемым поршнем, который может скользить без трения. В верхней половине цилиндра находится водород при температуре T и давлении p , в нижней части – кислород при температуре $2T$. Цилиндр перевернули вверх дном. Чтобы поршень по-прежнему делил цилиндр на две равные части, пришлось охладить кислород до температуры $T/2$. Температура водорода осталась прежней. Определите давление кислорода в первом и втором случаях.



15. В комнате в вертикально расположенном цилиндре под весовым поршнем, который может перемещаться без трения, находятся ν моль идеального газа при температуре T . Поршень подвешен на пружине жёсткостью k . Газ нагревают так, что в конечном состоянии его давление увеличивается в 2 раза, а температура – в 3 раза. Найти начальное давление газа. Площадь поршня равна S .

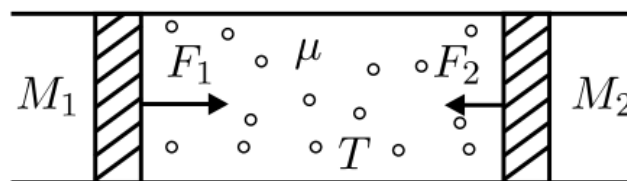
16. Сосуд разделён на две части закреплённой перегородкой. В одну часть сосуда помещают ν молей кислорода, в другую — 2ν молей гелия. В некоторый момент времени перегородка становится проницаемой для гелия (но непроницаемой для кислорода). Найти отношение объёмов частей сосуда, если давление газа в той части, где первоначально был кислород, увеличилось в $n = 1,5$ раза. Температуры газов одинаковы и не меняются в течение процесса.

17. В закрытом сосуде с жёсткими стенками ёмкостью $V = 1$ литр находятся $V_1 = 0,8$ л воды и сухой воздух при атмосферном давлении p_0 и температуре $T_1 = +30^\circ\text{C}$. Сосуд представляет собой перевёрнутый основанием вверх конус (см. рисунок). Поверх воды налит тонкий слой машинного масла, отделяющий воду от воздуха. Сосуд охлаждают до температуры $T_2 = -30^\circ\text{C}$, при этом вся вода замерзает. Плотность воды $\rho_1 = 1$ г/см³, плотность льда $\rho_2 = 0,9$ г/см³. Определите давление воздуха надо льдом.



18. Прочный теплоизолированный сосуд объёмом $V = 10$ л, содержащий $m = 4$ г гелия, разделяют тонкой жёсткой мембраной, которая выдерживает разность давлений до $\Delta p = 1000$ Па. В левой части сосуда, составляющей $1/3$ всего объёма, включают нагреватель. Благодаря теплопроводности мембраны тепло передаётся в правую часть сосуда. Известно, что при разности температур $\Delta T = 1$ К за одну секунду мембрана пропускает количество тепла $W = 0,2$ Дж. При какой максимальной мощности нагревателя мембрана останется целой в течение длительного времени нагревания? Считайте, что температуры газа в каждой части сосуда равномерно распределены по соответствующему объёму.

19. В длинной горизонтальной трубке сечением S находятся поршни массой M_1 и M_2 , способные перемещаться практически без трения (см. рисунок). Между поршнями находится 1 моль идеального газа, масса которого $\mu \ll M_1, M_2$.



Каким будет установившееся расстояние между поршнями, если к ним приложить силы F_1 и F_2 , направленные вдоль оси трубки противоположно друг другу? Температура газа постоянна и равна T , трубка находится в вакууме.

20. Горизонтальный закрытый теплоизолированный цилиндр разделён на две части тонким теплопроводящим поршнем, который прикреплён пружинкой к одной из торцевых стенок цилиндра. Слева и справа от поршня находятся по ν молей идеального одноатомного газа. Начальная температура системы T , длина цилиндра $2l$, собственная длина пружины $l/2$, удлинение пружины в состоянии равновесия равно x . В поршне проделали отверстие. На



сколько изменится температура этой системы после установления нового состояния равновесия? Теплоёмкостями цилиндра, поршня и пружины пренебречь, трения нет.

Первое начало термодинамики

Внутренняя энергия идеального газа $U = \frac{i}{2} \nu \cdot R \cdot T$, где i – количество степеней свободы.

Тип газа		Число степеней свободы i	Примеры газов	Внутренняя энергия U
Одноатомный		3	Гелий He, аргон Ar	$U = \frac{3}{2} \nu \cdot R \cdot T$
Двухатомный		5	Водород H ₂ , азот N ₂	$U = \frac{5}{2} \nu \cdot R \cdot T$
Многоатомный	нелинейные молекулы	6	Водяной пар H ₂ O, озон O ₃	$U = 3 \nu \cdot R \cdot T$
	линейные молекулы	5	Углекислый газ CO ₂	$U = \frac{5}{2} \nu \cdot R \cdot T$

- Работа газа $A = \sum \Delta A = \sum p \cdot \Delta V = \pm S_{\text{граф}}$, где $S_{\text{граф}}$ – площадь под графиком зависимости давления газа p от занимаемого им объёма V .

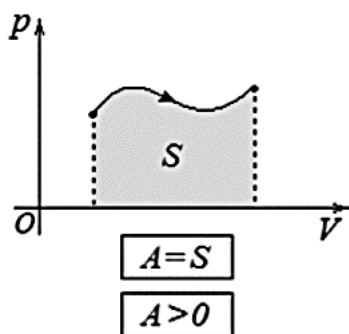


рис.1. Расширение газа

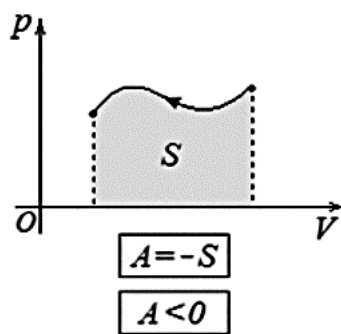


рис.2. Сжатие газа

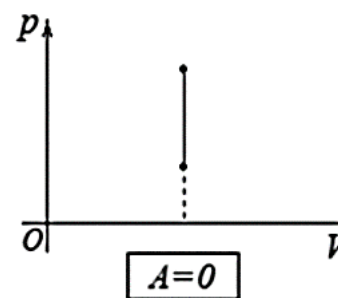


рис.3. Постоянный объём

В термодинамике глобально работа газа – это результат взаимодействия системы с внешними объектами (например, поршнями), в результате чего изменяются параметры системы. Пусть объём газа изменился на такую малую величину ΔV , что его давление при этом почти не изменилось и было равным p . Например, произошёл сдвиг поршня на расстояние $\Delta x = \Delta V/S$.

Тогда сила F совершит работу $\Delta A = F \cdot \Delta x = p \cdot S \cdot \Delta x = p \cdot \Delta V$.

Следует различать работу газа A и работу над газом $A_{\text{над}}$ (работа внешних сил над газом).

Для

одного и того же равновесного процесса эти две работы равны по модулю, но отлич. по знаку: $A_{\text{над}} = -A$.

- Для любого процесса верно **первое начало термодинамики**: $Q = \Delta U + A$,

где Q – количество подведённой теплоты к газу, ΔU – изменение его внутренней энергии,



и A – работа, которую совершает газ.

- Теплоёмкостью тела называется отношение количества теплоты Q , которое нужно сообщить данному телу для повышения его температуры на ΔT , к величине ΔT : $C = Q/\Delta T$. В случае газов часто используется молярная теплоёмкость, то есть теплоёмкость одного моля газа: $C_{\mu} = Q/\nu\Delta T$

№1. Моль одноатомного идеального газа переводится из состояния 1 в состояние 3 путём изобарического нагрева 1–2 и изохорного охлаждения 2–3. На участке 1–2 газ совершает работу A . В процессе всего перехода 1–2–3 к газу подводится количество теплоты Q . Найти разность температур T_2 и T_3 .

№2. Моль гелия расширяется из начального состояния 1 в конечное состояние 3 в двух процессах. Сначала расширение идёт в процессе 1–2 с постоянной молярной теплоёмкостью $3R/4$. Затем газ расширяется в процессе 2–3, где его давление p прямо пропорционально объёму V . Количество теплоты, которое получил газ в процессе 2–3, составляет Q . Температуры газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 1) Какую работу совершил газ в процессе 2–3?
- 2) В процессе 1–2 газ получал или отдавал теплоту? В каком количестве?
- 3) Найдите работу, которую совершил газ в процессе 1–2.

№3. Моль азота из начального состояния сжимают в изобарном процессе 1–2, а затем газ продолжают сжимать в адиабатном процессе 2–3. Температуры в состояниях 1 и 3 равны. Найти работу, совершённую над газом в адиабатном процессе, если в изобарном процессе от газа пришлось отвести количество теплоты Q .

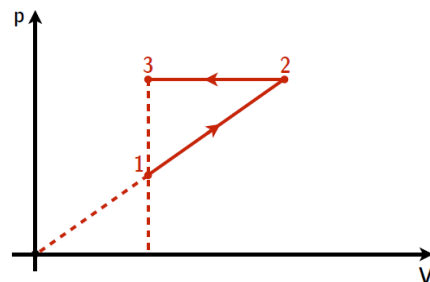
№4. Моль гелия сжимают в бесконечно малом адиабатическом процессе. На сколько процентов изменится давление газа, если относительное изменение температуры составляет $\Delta T/T = 0,32\%$?

№5. Газообразный гелий нагревается (непрерывно повышается температура) от температуры T_0 в процессе, в котором молярная теплоёмкость газа C зависит от температуры T по закону $C = R \cdot T/T_0$.

- 1) Найти температуру T_1 , при нагревании до которой газ совершил работу, равную нулю.
- 2) Найти температуру T_2 , при достижении которой газ занимал минимальный объём в процессе нагревания.

№6. Гелий в количестве ν моль расширяется от температуры T_1 в процессе 1–2 с прямо пропорциональной зависимостью давления p от объёма V , а затем сжимается в изобарическом процессе 2–3, возвращаясь к начальному объёму. Известно, что $V_2/V_1 = 2$.

- 1) Найти температуры в состояниях 2 и 3.
- 2) Найти работу, совершённую газом в процессе 1–2–3.
- 3) Найти суммарное количество теплоты, полученное газом в процессе 1–2–3.





№7. Идеальный двухатомный газ в количестве ν моль переводится из начального состояния с температурой T в состояние, в котором его температура уменьшилась в 3 раза, а объём увеличился в два раза. Найдите отведённое от газа количество теплоты. Известно, что из всех путей перевода газа из начального состояния в конечное, на которых давление не превышает начальное, был выбран путь, где газ совершил максимальную работу.

№8. В процессе расширения к одноатомному идеальному газу было подведено количество теплоты в 4 раза превышающее величину его внутренней энергии в начальном состоянии. Во сколько раз увеличился объём газа, если в процессе расширения он менялся прямо пропорционально давлению?

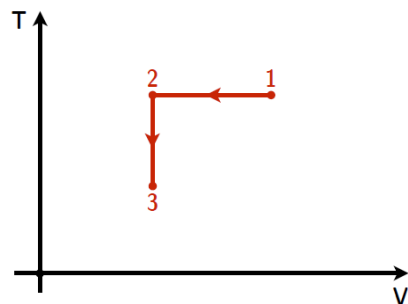
№9. Одноатомный идеальный газ расширяется в процессе с линейной зависимостью давления от объёма. В итоге этого процесса к газу было подведено количество теплоты, в 3,6 раза меньшее его внутренней энергии в начальном состоянии. Во сколько раз увеличился объём газа, если в начальном и конечном состояниях его температура оказалась одинаковой?

№10. Внутренняя энергия U неидеального газа зависит от его температуры T и объёма V по формуле $U = cT - a/V$, где c и a – известные константы. Такой газ нагревается сначала в изохорном процессе, а затем охлаждается в изобарном процессе до первоначальной температуры. Объём газа в конечном состоянии в k раз ($k > 1$) меньше начального, а внутренняя энергия в конечном состоянии меньше, чем в начальном на величину ΔU ($\Delta U > 0$). В результате всего процесса от газа отвели суммарное количество теплоты Q ($Q > 0$).

- 1) Найти начальный объём газа.
- 2) Найти конечное давление газа.

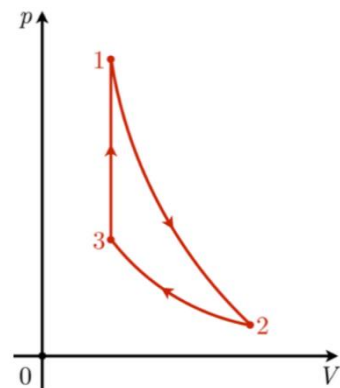
№11. Газ фотонов из начального состояния 1 сжимают в изотермическом процессе 1–2, а затем охлаждают в изохорном процессе 2–3. Во всём процессе перехода 1–2–3 над газом совершена работа A , а его температура и объём уменьшились в два раза. Какое количество теплоты было отведено от газа фотонов в процессе перехода 1–2–3?

Указание: в пустом сосуде переменного объёма V , температура стенок T , возникает равновесный газ фотонов, которые излучаются и поглощаются стенками сосуда. Внутренняя энергия этого газа $U = aT^4V$, где $a = \text{const}$. Давление газа фотонов определяется его температурой $p = aT^4/3$.



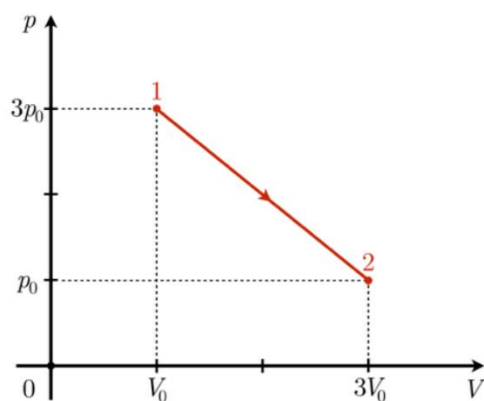


№12. Внутренняя энергия U неидеального газа зависит от температуры T и объёма V по формуле $U = cT - \alpha/V$, где c и α – заданные постоянные. Такой газ из состояния с объёмом V_1 описывает замкнутый цикл, состоящий из адиабаты 1–2, изотермы 2–3 и изохоры 3–1. Найти разность конечной и начальной температур газа в изохорном процессе, если величина работы газа в адиабатном процессе оказалось в β раз больше величины работы изотермического сжатия. Известно, что $V_2 = kV_1$, а суммарное количество теплоты, поведённое к газу за весь цикл, составляет Q .



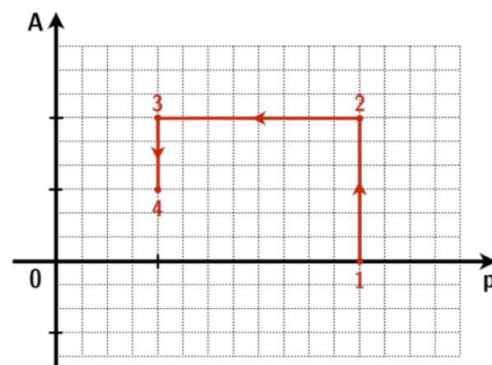
№13. Идеальный одноатомный газ расширился в процессе 1–2 линейной зависимости давления p от объёма V так, как показано на рисунке.

- 1) Какое суммарное количество теплоты Q_{12} получил газ в результате процесса 1–2?
- 2) На протяжении всего ли процесса теплота подводилась к газу? Какое количество теплоты было подведено к газу, а какое количество теплоты отведено от газа?
- 3) Найдите зависимость молярной теплоёмкости C газа от объёма V в этом процессе. Постройте график этой зависимости и проанализируйте его.



№14. Для анализа поведения газа используют особую термодинамическую установку, которая показывает давление газа p и совершаемую им суммарную работу A с течением времени после запуска. Закачав в установку некоторое количество идеального газа при температуре $T_1 = 810$ К, её запустили, а с газом провели процесс 1–2–3–4, в ходе которого его объём уменьшился на 10%. Проанализировав все

значения p и A в этом процессе, удалось построить график, приведённый на рисунке. К сожалению, на графике забыли указать численные значения, однако это не мешает определить максимальную температуру, которую принимал газ в процессе 1–2–3–4. Найдите её.



№15. Моль идеального одноатомного газа с начальной температурой $T_1 = 600$ К адиабатически увеличивает свой объём в 3 раза. Какую работу совершает при этом газ, если в тепловом процессе, при котором давление линейно изменяется с объёмом, газу при расширении из того же начального в то же конечное состояние было подведено 1,9 кДж тепла.



№16. Моль идеального одноатомного газа адиабатически сжали, уменьшив объём в 5 раз. Если газ перевести из того же начального в то же конечное состояние сначала изобарически сжимая, а затем изохорно нагревая, то потребуется подвести газу 26 кДж тепла. Наименьшая температура при этом равна $T_{\min} = 300$ К. Найти работу газа в адиабатическом процессе.

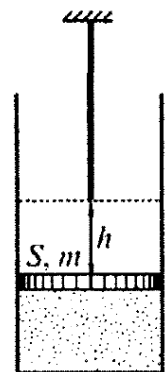
№17. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится 1 моль идеального одноатомного газа. Масса поршня равна $M = 7$ кг, площадь — $S = 3\text{см}^2$. Какое количество теплоты надо подводить к газу в единицу времени, чтобы поршень двигался равномерно вверх со скоростью $v = 3$ м/с? Атмосферное давление равно $P_0 = 100$ кПа. Трение между поршнем и стенками сосуда отсутствует.

№18. К идеальному одноатомному газу, заключённому внутри масляного пузыря, подводится тепло. Найти молярную теплоёмкость газа в этом процессе, если давлением снаружи пузыря можно пренебречь.

Указание: добавочное давление под сферической поверхностью жидкости с коэффициентом поверхностного натяжения σ и радиусом кривизны r даётся формулой Лапласа $P = 2\sigma/r$.

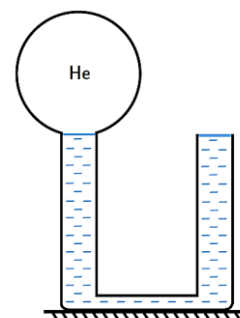
№19 К газу с молярной теплоемкостью $2023R$ подвели 10Дж теплоты, найдите работу, совершенную газом в процессе.

№20 Для экспериментального определения показателя адиабаты в сосуд фиксированного объема, снабженный устройством для измерения давления, накачивают газ до некоторого давления p_1 , большего атмосферного давления p_0 . Затем открывают кран, выпуская избыток газа, и быстро закрывают его. Через некоторое время газ в сосуде снова принимает комнатную температуру, и при этом его давление становится равным p_2 . Определите значение γ .



№21 В вертикальном цилиндре под поршнем массой m и площадью S содержится идеальный одноатомный газ. Поршень находится на высоте h от дна цилиндра. Над поршнем висит гибкая веревка, единица длины которой имеет массу μ . Расстояние от поршня до нижнего конца веревки равно h . Какое количество теплоты нужно медленно сообщить газу, чтобы поршень переместился вверх на расстояние $2h$?

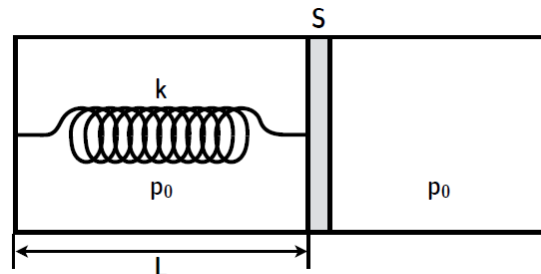
№22 . U-образная трубка расположена вертикально и заполнена жидкостью. Один конец трубки открыт в атмосферу, другой конец – соединён с сосудом объёмом V_0 , заполненным гелием. Объём всей трубки равен V_0 . Гелий медленно нагревают, и он медленно вытесняет всю жидкость из трубки. Какое количество теплоты получил гелий к моменту, когда вся жидкость вытекла из трубки? Атмосферное давление p_0 , длина трёх колен трубки одинакова, добавочное давление создаваемое столбом жидкости в вертикальном колене равно $p_0/8$.





№23. В гладком вертикальном цилиндре под подвижным поршнем массой M находится идеальный одноатомный газ. Ему медленно подводят количество теплоты Q , в результате чего поршень поднимается. На какую высоту Δh он поднимется? Площадь цилиндра составляет S . Атмосферное давление равно p_0 .

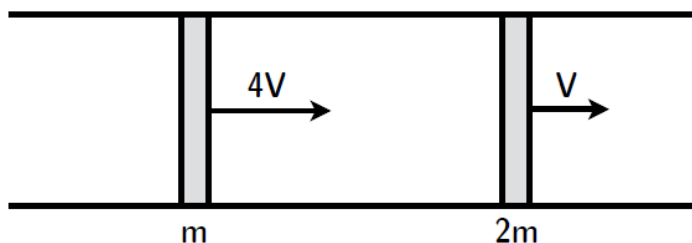
№24. В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем с площадью S находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной с жёсткостью k . В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра равно L , а давление газа в цилиндре равно внешнему атмосферному давлению p_0 . Какое количество теплоты Q передано затем газу, если в результате поршень медленно переместился вправо на расстояние b ?



№25. Внутри откачанной до глубокого вакуума установки находится герметичный теплоизолированный цилиндрический сосуд, заполненный идеальным одноатомным газом. Сосуд закрыт сверху теплонепроницаемым поршнем, на котором стоит гиря. Объём, занимаемый газом, равен V . Температура газа равна T . Масса поршня в два раза больше массы гири. Гирю с поршня снимают.

1. Найдите объём и температуру газа в новом положении равновесия.
2. Какое количество теплоты следует медленно подвести к газу, чтобы нагреть его до первоначальной температуры? Какой объём при этом будет занимать газ?
3. Какое количество теплоты следует медленно отвести от газа, чтобы сжать его до первоначального объёма? Какую температуру при этом будет иметь газ?

№26. В закреплённой длинной гладкой горизонтальной трубе между двумя поршнями с массами m и $2m$ находится ν моль идеального одноатомного газа, масса которого много меньше массы поршней. Наружное давление на поршни пренебрежимо мало. В начальный момент времени температура газа равна T_0 , а скорости поршней направлены в одну сторону и равны $4V$ и V . В некоторый момент их скорости сравнялись по величине. Полагая, что газ между поршнями всё время остаётся равновесным, определите температуру газа в этот момент. Теплопроводностью и теплоёмкостью поршней и трубы пренебречь.



№27. Теплоизолированный цилиндр разделен подвижным теплопроводным поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой — аргон. В начальный

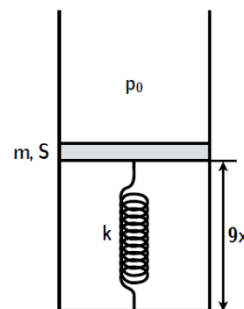


момент температура гелия равна $T = 300 \text{ K}$, а аргона — $3T$. При этом объемы, занимаемые газами, одинаковы. Какую температуру будут иметь газы в цилиндре после установления теплового равновесия, если поршень перемещается без трения? Теплоёмкостью сосуда и поршня пренебречь. массой поршня пренебречь.

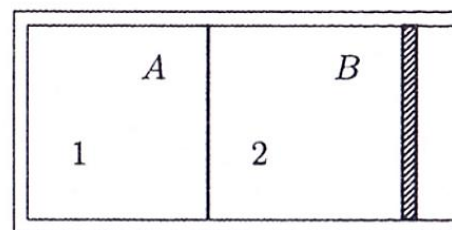
№28. Теплоизолированный горизонтальный цилиндр с гладкими стенками делится не проводящим теплоту поршнем на два объёма, в которых находятся по одному молю гелия при температуре T_0 . В левой части цилиндра на некоторое время включается нагреватель. Поршень перемещается. В конечном состоянии температуры в левой и правой частях сосуда отличаются в два раза. Найдите количество теплоты Q , переданного нагревателем газу. Известно, что давление p и объём V газа в правой части цилиндра связаны соотношением $p^3 \cdot V^5 = \text{const}$ (адиабатный процесс).

№29. В вакуумной теплоизолированной камере находятся два масляных пузыря одинакового диаметра, один из которых наполнен аргоном, а другой азотом до давления p_0 каждый. После того, как пузыри лопаются, в камере устанавливается давление $p_0/44$. Найти отношение объёма камеры V к объёму пузыря V_0 , если начальная температура аргона в 2 раза меньше начальной температуры азота. Изменением поверхностной энергии плёнок при разрыве пузырей пренебречь.

№30. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под поршнем массой m и площадью S находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной жёсткостью k . В начальном состоянии пружина сжата на x , а расстояние между поршнем и основанием цилиндра составляет $9x$. Какое количество теплоты Q должен получить газ в медленном процессе, чтобы поршень переместился вверх на расстояние $3x$?



№31. Неподвижная теплопроводящая перегородка A делит объём теплоизолированного цилиндра на два отсека, в которых находится по ν моль гелия. Во втором отсеке газ удерживается подвижным теплоизолированным поршнем B . Атмосферное давление равно p_0 . В начальном состоянии температура гелия в первом отсеке равна T_1 , а во втором — T_2 , причём $T_1 > T_2$. В результате медленного процесса теплообмена через перегородку температура в отсеках выравнивается, а поршень перемещается. Трением поршня о цилиндр, теплоёмкостью стенок цилиндра и поршня пренебречь.

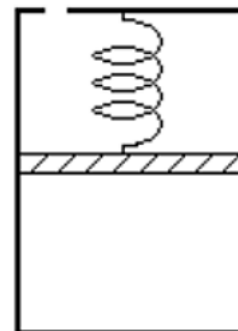


- 1) Какая температура установится после окончания процесса теплообмена?
 - 2) Найдите изменение объёма гелия во втором отсеке.
- Массой поршня и трением в системе пренебречь.



№32. Моль идеального газа нагревают в цилиндре под поршнем, удерживаемым в положении равновесия пружиной, подчиняющейся закону Гука. Стенки сосуда и поршень адиабатические, а дно проводит тепло. Начальный объём газа

V_0 , при котором пружина не деформирована, подобран так, что $p_0 S^2 = kV_0$, где p_0 – наружное атмосферное давление, S – площадь поршня, k – коэффициент упругости пружины. Найти теплоёмкость газа для этого процесса.

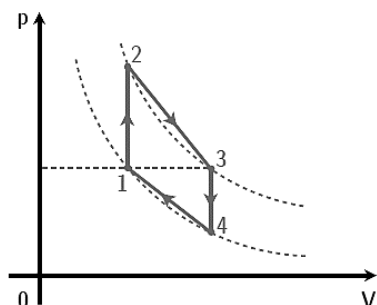
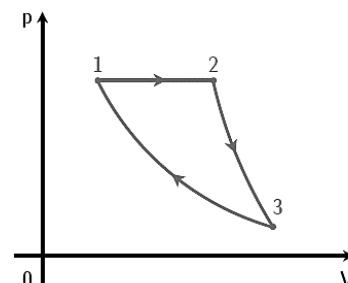


Коэффициент полезного действия

№1. Моль гелия участвует в цикле 1–2–3–1, состоящем из изобарного расширения 1–2, изохорного охлаждения 2–3 и адиабатного сжатия 3–1. В процессе 1–2 газ совершает работу A . Какую работу совершает гелий за весь цикл 1–2–3–1, если разность максимальной и минимальной температур газа в этом цикле составляет ΔT ?

№2. С идеальным одноатомным газом проводят циклический процесс 1–2–3–1, состоящий из адиабатного расширения 1–2, расширения в процессе 2–3, в котором теплоёмкость оставалась постоянной, и сжатия в процессе 3–1 с линейной зависимостью давления от объёма. Известно, что $T_1 = 2T_2 = T_3$, $V_3 = 4V_1$. Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 2–3, если работа, совершённая над газом в цикле, составляет $7/15$ от работы, совершённой над газом в процессе 3–1.

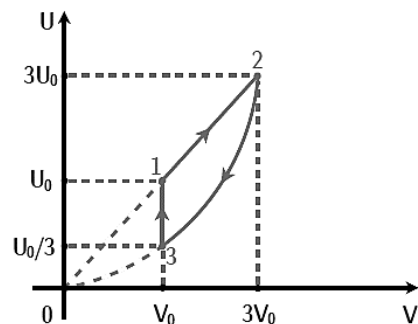
№3. Тепловая машина работает по замкнутому циклу. Процесс 1–2 – изобарный, 2–3 – адиабатный, 3–1 – изотермический. Рабочее вещество – ν молей идеального одноатомного газа. В процессе 1–2 объём газа увеличивается в 5 раз. В процессе изотермического сжатия от газа отводится количество теплоты Q ($Q > 0$). За весь цикл машина совершает работу A . Найти максимальную температуру газа в цикле.



№4. С ν моль идеального газа проводится циклический процесс, состоящий из двух изохор 1–2 и 3–4 и двух процессов 2–3 и 4–1 с линейной зависимостью давления p от объёма V . Температура газа в состояниях 1 и 4 равна T , а в состояниях 2 и 3 – $2T$. Найдите работу, совершаемую газом в цикле 1–2–3–4–1, если давления в состояниях 1 и 3 равны друг другу.



№5. Некоторое количество идеального одноатомного газа участвует в циклическом процессе. При этом внутренняя энергия газа U меняется так, как показано на рисунке. Участок 2–3 – часть параболы. Чему равна работа газа за один цикл процесса? Исходное значение внутренней энергии газа равно $U_0 = 90$ кДж.



№6. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из процесса 1–2 прямо пропорциональной зависимости давления p от объёма V , адиабатного расширения 2–3 и изотермического сжатия 3–1. Её рабочим телом является газообразный гелий в количестве ν моль. КПД тепловой машины равен $\eta = 40\%$. В процессе 1–2 газ получает количество теплоты Q .

1. Определите разность максимальной и минимальной температур газа в цикле.
2. Чему равна работа газа в процессе 1–2?
3. Найти работу газа в процессе 2–3.
4. Какое количество теплоты отводится от газа в процессе 3–1?
5. Найти работу над газом в процессе 3–1.
6. Какую работу совершает тепловая машина за один цикл работы?
7. Какое суммарное количество теплоты получает газ за один цикл работы?

№7. С идеальным одноатомным газом провели прямой цикл, состоящий из двух изобар и двух адиабат. Оказалось, что работа газа при изобарном расширении равна A_1 , а работа над газом при изобарном сжатии равна A_2 ($A_2 > 0$).

1. Какое количество теплоты получил газ при изобарном расширении?
2. Какое количество теплоты отдал газ при изобарном сжатии?
3. Какое суммарное количество теплоты получил газ за весь цикл?
4. Найти КПД этого цикла.

№8. Тепловая машина работает по циклу Карно, состоящему из двух изотерм 1–2 и 3–4 и двух адиабат 2–3 и 4–1. В процессе изотермического расширения с температурой T машина совершает работу A_{12} , а в процессе адиабатического расширения – работу A_{23} . Какую работу совершает машина за цикл 1–2–3–4–1? Рабочее вещество – ν моль идеального одноатомного газа.

№9. Рабочим телом тепловой машины, работающей по циклу 1–2–3–4–1, является двухатомный идеальный газ. Процесс 1–2 – изобарическое расширение, процесс 2–3 – адиабатическое расширение, процесс 3–4 – изобарическое сжатие, процесс 4–1 – изохорическое нагревание. Работа газа в процессе 1–2 равна $3A$. Работа над газом в процессе 3–4 равна $4A$. Изменение внутренней энергии в процессе 4–1 равно $7A$.

1. Найти работу над газом в процессе 2–3.
2. Какое количество теплоты было отведено от газа в процессе 3–4?



3. Найти работу тепловой машины.

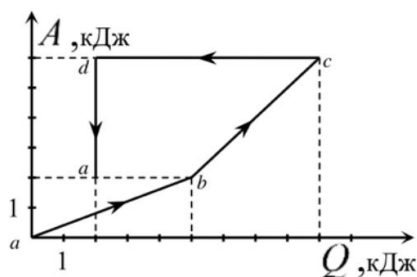
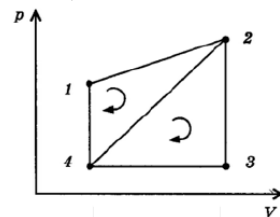
4. Найти сумму подведённых

теплот к газу в цикле.

5. Определить суммарное подведённое тепло за весь цикл.

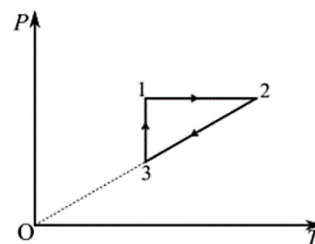
6. Определить КПД тепловой машины.

№10. КПД цикла 1–2–4–1 равен η_1 , а цикла 2–3–4–2 равен η_2 . Найти КПД цикла 1–2–3–4–1. Участки 4–1 и 2–3 – изохоры, участок 3–4 – изобара, на участках 1–2 и 2–4 давление линейно зависит от объёма. Все циклы обходятся по часовой стрелке. Рабочее вещество – идеальный газ.



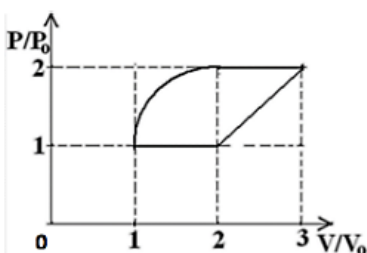
№11. С одноатомным идеальным газом происходит циклический процесс а–b–c–d–а (начальное и конечное состояния газа совпадают). Дан график зависимости работы, совершенной газом с начала процесса, от количества теплоты, полученного газом с начала процесса. Качественно построить график зависимости давления газа от его объёма в этом процессе и объяснить построение. Найти КПД данного цикла.

№12. Рабочим веществом тепловой машины является гелий в количестве ν . Цикл машины изображён на диаграмме зависимости давления p от температуры T . Процесс 1–2 является изобарным, процесс 2–3 идёт с прямо пропорциональной зависимостью давления p от температуры T , процесс 3–1 – изотермический. Температуры в состояниях 2 и 1 отличаются в два раза. КПД машины равен η . Температура в состоянии 1 равна T_1 .



1. Найти работу газа за цикл.

2. Найти количество теплоты Q ($Q > 0$), отведённой от газа за цикл.

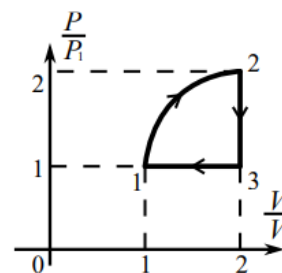


№13. Найдите КПД цикла, проводимого с гелием, если он состоит из четверти окружности и треугольника на $P-V$ диаграмме. Выразите КПД в процентах.

№14. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1, участок 1–2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 . Универсальная газовая постоянная R .

1) Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе расширения?

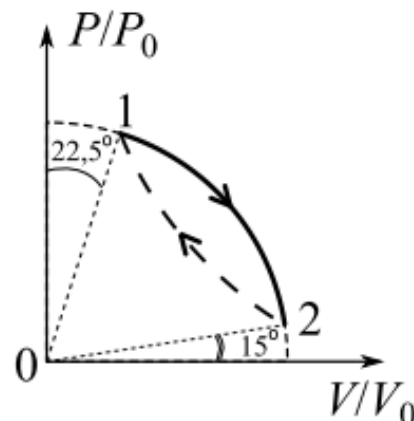
2) Найдите работу A газа за цикл.





3) Найдите КПД η цикла.

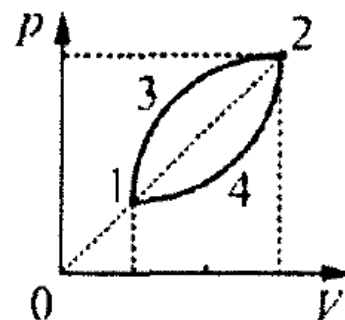
№15 не кпд. С идеальным двухатомным газом (молярная теплоёмкость в изохорном процессе $C_V = 5/2 R$) проводят циклический процесс. Расширение газа (см. рис.) можно описать графиком в виде дуги окружности 1-2 с центром в начале координат на pV -диаграмме (p_0 и V_0 – некоторые фиксированные давление и объём). Неравновесное сжатие газа 2-1 характеризуется пренебрежимо малым теплообменом с окружающей средой. Радиусы, проведённые в точки 1 и 2, составляют углы $22,5^\circ$ и 15° с осями p/p_0 и V/V_0 соответственно.



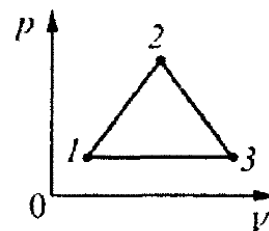
- 1) Найти отношение температур в состояниях 1 и 2.
- 2) Найти угол с горизонтальной осью, который составляет радиус, проведённый в точку с теплоёмкостью равной нулю в процессе расширения 1-2, если такая точка существует. Дать значение любой тригонометрической функции угла.
- 3) Найти отношение работы газа за цикл к работе газа при расширении.

Ответы можно представить в виде числового выражения, не производя окончательного расчёта "до числа".

№16. В качестве рабочего вещества в тепловой машине используется постоянное количество идеального одноатомного газа, изменение состояния которого изображено на pV -диаграмме. При надлежащем выборе масштабов по осям этой диаграммы цикл изображается двумя четвертями окружностей, причем точки пересечения дуг 1 и 2 лежат на биссектрисе угла, образуемого осями диаграммы. Найти КПД цикла, если отношение максимального и минимального объёмов газа в этом цикле равно $n=3$.

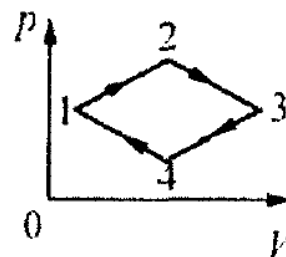


№17. В качестве рабочего вещества в тепловой машине используется постоянное количество гелия, изменение состояния которого изображено на pV -диаграмме, показанной на рисунке. Диаграмма имеет вид равнобедренного треугольника, основание которого параллельно оси V . Найти КПД этого цикла, если температура газа становится максимальной в точке 3, в точке 2 абсолютная температура в 1,5 раза меньше максимальной, а в точке 2 в 4 раза меньше, чем в точке 2.





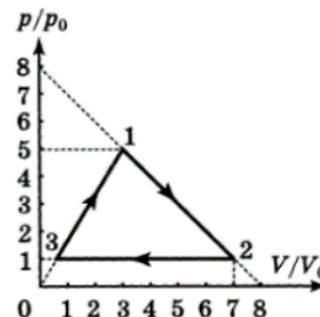
№18. В pV -координатах цикл теплового двигателя, использующего в качестве рабочего вещества постоянное количество идеального одноатомного газа, представляет собой ромб, диагонали которого параллельны координатным осям. Найти температуру газа в точке 4, если КПД цикла 0,125, в точке 1 температура газа минимальна, в точке 3 максимальна, а в точке 2 равна 600 К.



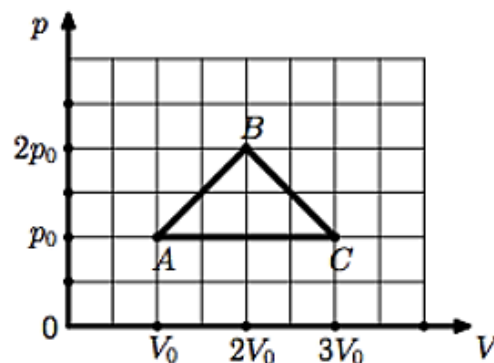
№19. Рабочим веществом тепловой машины являются ν молей идеального одноатомного газа, которые совершают замкнутый цикл, состоящий из линейной зависимости давления p от объёма V на участке 1–2, изобарического процесса 2–3 и линейной зависимости давления от объёма 3–1. Величины p_0 , V_0 считать известными.

Найдите:

- 1) объём V_3 и температуру T_3 в точке 3;
- 2) работу A газа за цикл;
- 3) коэффициент полезного действия тепловой машины.



№20. Над идеальным одноатомным газом совершается циклический процесс ABCA, изображённый на pV -диаграмме в виде треугольника с вершинами $A(p_0; V_0)$, $B(2p_0; 2V_0)$, $C(p_0; 3V_0)$. Определите КПД цикла.



Влажность

№1. Тяжёлый подвижный поршень площадью $S=10 \text{ см}^2$ делит объём вертикально расположенного цилиндра на две равные части объёмом $V_0=1 \text{ л}$ каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой $m = 2 \text{ г}$, под поршнем — $m_1 = 2 \text{ г}$ азота. Температура в цилиндре равна 100°C . Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, молярные массы азота и воды $\mu_a = 28 \text{ г/моль}$, $\mu_v = 18 \text{ г/моль}$, плотность воды $\rho = 1 \text{ г/см}^3$. 1) Найдите массу M поршня. 2) Какую часть объёма V_0 занимает жидкая вода?

№2. В цилиндре под поршнем находится ненасыщенный пар при температуре $T=100^\circ\text{C}$. Его влажность равна $\varphi = 25\%$. Поршень вдвигают в цилиндр так, что объём под поршнем уменьшается в 6 раз при неизменной температуре. Чему станет равным давление пара? Какая часть первоначальной массы пара сконденсировалась в воду?

№3. В вертикальном теплоизолированном сосуде под поршнем массы M находится жидкость со своим насыщенным паром. Какую мощность N необходимо подводить к нагревателю в жидкости, чтобы поршень поднимался с постоянной скоростью V ?



Температура сосуда равна T , молярная масса μ , теплота парообразования L .
Внешнее давление отсутствует.

№4. В цилиндре под поршнем находится насыщенный водяной пар и вода при температуре 100°C . Объем воды составляет $\alpha = 1/860$ часть объема, который занимает пар. При изотермическом расширении давление уменьшилось в $\beta = 2$ раза, при этом вся вода испарилась. Во сколько раз увеличился объем пара? Плотность воды $\rho = 1 \text{ г/см}^3$, молярная масса пара $\mu = 18 \text{ г/моль}$.

№5. В цилиндре под поршнем находится один моль ненасыщенного пара при температуре T . Пар сжимают в изотермическом процессе, так что в конечном состоянии половина его массы сконденсировалась, а объем пара уменьшился в $k = 4$ раза. Найти молярную теплоту конденсации пара, если в указанном процессе от системы «жидкость–пар» пришлось отвести количество теплоты Q ($Q > 0$).

Указание: Пар можно считать идеальным газом. Работа, совершаемая в изотермическом процессе ν молями пара при расширении от объема V_1 до V_2 , равна $\nu RT \ln(V_2/V_1)$.

№6. Лёгкий подвижный теплопроводящий поршень делит объем вертикально расположенного замкнутого цилиндра на две части. В нижней части под поршнем находятся в равновесии жидкость и её пар, температура которых поддерживается постоянной и равна T_0 . В верхней части цилиндра над поршнем находится газообразный гелий. К гелию квазистатически подводится некоторое количество теплоты, и он совершает работу A . При этом часть пара сконденсировалась, и от пара с водой пришлось отвести количество теплоты Q .

1) Какое количество теплоты было подведено к гелию?

2) Найти удельную теплоту испарения жидкости.

Молярная масса пара μ . Трением и теплоёмкостью поршня пренебречь. Считать, что объем жидкости значительно меньше объема образовавшегося из неё пара.

№7. В цилиндре под поршнем находятся в равновесии ν молей воды (жидкость) и водяной пар при температуре T . При изобарическом нагревании цилиндра объем увеличивается в 4 раза, а температура на 25%. Найдите работу, совершённую содержимым цилиндра в этом процессе. Объем жидкости намного меньше объема пара. Пар считать идеальным газом.

№8. В цилиндре под поршнем находятся $0,5\nu$ моль воды и $0,5\nu$ моль пара. Жидкость и пар медленно нагревают в изобарическом процессе, так что в конечном состоянии температура пара увеличивается на ΔT градусов. Сколько тепла было подведено к системе «жидкость–пар» в этом процессе? Молярная теплота испарения жидкости в заданном процессе равна L .

№9. В вертикальном цилиндре под невесомым поршнем находится воздух с относительной влажностью 40% при температуре 100°C . Поршень вдвигают в цилиндр так, что объем под поршнем уменьшается в 5 раз при неизменной температуре. Атмосферное давление p_0 .

1) Чему станет равно давление воздуха в цилиндре?

2) Какая часть первоначальной массы пара сконденсируется в воду?



3) Нарисуйте изотермы пара, сухого воздуха и влажного воздуха с указанием координат основных точек.

№10. В гладком вертикальном цилиндре под невесомым поршнем при температуре $T = 100^\circ\text{C}$ находится воздух с относительной влажностью $\varphi = 40\%$. Какую массу песка нужно медленно насыпать на поршень площадью $S = 0.01 \text{ м}^2$, чтобы на стенках цилиндра выступила роса? Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Атмосферное давление $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

№11. В двух баллонах объемами $V_1 = 25 \text{ л}$ и $V_2 = 50 \text{ л}$ находится влажный воздух при одинаковой температуре. Относительная влажность воздуха в первом баллоне $\varphi_1 = 40\%$, а во втором $\varphi_2 = 20\%$. Какой будет относительная влажность, если баллоны соединить трубкой и дождаться установления равновесия? Температуру считать постоянной.

№12. Влажный воздух находится в цилиндре под поршнем при температуре 100°C и давлении $1,2p_0$. Если увеличить давление на поршень в 2 раза, то объем, занимаемый воздухом, уменьшится в 2,5 раза, а на стенках выпадет роса. Найти начальную относительную влажность воздуха в цилиндре. Объемом образовавшейся жидкости пренебречь.

№13. В сосуде объемом $V_0 = 20 \text{ л}$ находится вода, водяной пар и воздух. Объем сосуда при постоянной температуре медленно увеличивают до $2V_0$, давление в сосуде при этом уменьшается от $3p_0$ до $2p_0$, где p_0 — нормальное атмосферное давление. Определите массу воды в сосуде в конце опыта, если общая масса воды и пара составляет $m = 36 \text{ г}$. Объемом, занимаемым жидкостью в обоих случаях, пренебречь.

№14. Поршень делит объем герметичного вертикально расположенного цилиндра на две части. Стенки цилиндра хорошо проводят теплоту. Снаружи цилиндра поддерживается постоянная температура $T = 373 \text{ К}$. Поршень создает своим весом дополнительное давление $P = P_0/5$, где P_0 — нормальное атмосферное давление. Под поршнем в объеме $V_0 = 1 \text{ л}$ находится воздух, над поршнем в объеме V_0 — вода массой $m = 1,2 \text{ г}$ и водяной пар. Система в равновесии. Цилиндр переворачивают вверх дном. После наступления равновесия под поршнем находится вода и водяной пар, над поршнем — воздух.

1) Найти объем пара в конечном состоянии.

2) Найти массу воды в конечном состоянии.

Объем воды значительно меньше объема цилиндра, масса воды значительно меньше массы поршня. Трением поршня о цилиндр пренебречь. Молярная масса водяного пара $\mu = 18 \text{ г/моль}$.

№15. Подвижный поршень делит объем горизонтально расположенного сосуда на два отсека с общим объемом $V = 150 \text{ л}$. В первый отсек ввели $\nu_1 = 1 \text{ моль}$ воды, а во второй ввели $\nu_2 = 2 \text{ моль}$ азота. Можно считать, что объем введенной воды намного меньше V . В отсеках установилась температура $T_1 = 275 \text{ К}$. Сосуд вместе с содержимым прогревают до



температуры $T_2=373$ К. Давление насыщенного пара воды при температуре $T_1 = 275$ К равно $P_H = 705$ Па. Плотность воды $\rho = 1$ г/см³.

- 1) Найти давление P_1 в сосуде до прогрева.
- 2) Найти объем V_1 первого отсека до прогрева.
- 3) Найти давление P_2 в сосуде после прогрева.

№16. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура $T_0=373$ К. Стенки сосуда проводят тепло. Сосуд разделен на две части подвижным (нет трения при перемещении) поршнем. В нижней части находится воздух объемом V_1 , в верхней - водяной пар и немного воды. Содержимое сосуда в равновесии. Поршень своим весом создает добавочное давление $P_0/5$, где P_0 – нормальное атмосферное давление. Сосуд переворачивают и ставят на столик, в верхней части оказывается воздух. Через некоторое время устанавливается новое равновесное состояние.

- 1) Найти объем V_2 воздуха в сосуде после переворачивания.
- 2) Найти изменение массы Δm воды.
- 3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда.

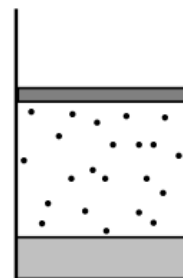
Удельная теплота испарения воды L , молярная масса воды μ . Массой воды, пара и воздуха по сравнению с массой поршня пренебречь. Объемом воды при конденсации пара можно пренебречь по сравнению с объемом пара, из которого образовалась вода. Воздух считать идеальным газом.

№17. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

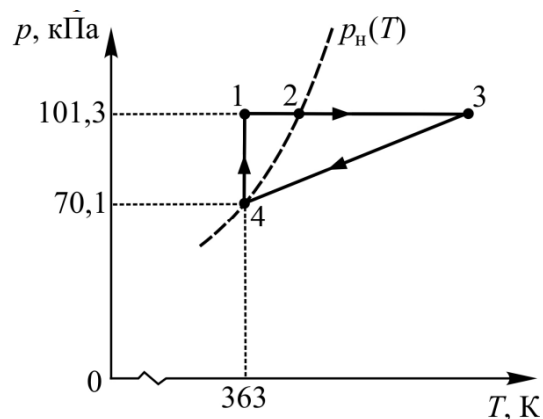
№18. В вертикальный цилиндрический сосуд с водой налили воду и закрыли сосуд очень лёгким подвижным поршнем. Первоначально воздух в сосуде сухой (не содержит паров воды) и имеет плотность $\rho_0 = 1$ кг/м³. Увеличится или уменьшится плотность влажного воздуха в сосуде, когда часть воды испарится? На сколько увеличится или уменьшится плотность влажного воздуха в сосуде по сравнению с плотностью сухого воздуха через достаточно продолжительное время, когда вода перестанет испаряться? Температура воздуха постоянна в течение всего процесса. Давление насыщенных паров при рассматриваемой температуре составляет одну седьмую часть от атмосферного. Средняя молярная масса воздуха $\mu_0 = 29$ г/моль, молярная масса воды $\mu_1 = 18$ г/моль. Воздух считать идеальным газом.





№19. Рабочим телом тепловой машины служит некоторое количество воды. Цикл, по которому работает машина, показан на рисунке в pT -координатах (пунктиром изображена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры). Он состоит из изобарического (1–2–3), изохорического (3–4) и изотермического (4–1) участков. Найдите КПД этого цикла, считая воду практически несжимаемой жидкостью.

Напоминания: $p_1 = 101,3$ кПа – нормальное атмосферное давление, удельная теплота парообразования воды (при 100°C) $L \approx 2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг, молярная масса воды $\mu = 18$ г/моль, удельная теплоемкость воды $c \approx 4,19 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К), универсальная газовая постоянная $R \approx 8,31$ Дж/(моль·К), теплоемкость одного моля водяного пара при постоянном давлении равна $4R$.

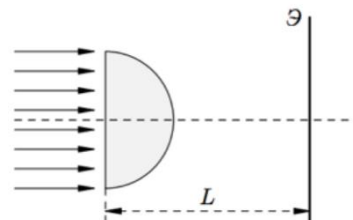


№20. Тонкая пробирка частично заполнена водой и расположена вертикально открытым концом в атмосферу. Вследствие диффузии в пробирке устанавливается линейное изменение концентрации пара с высотой: вблизи поверхности воды пар оказывается насыщенным, а у верхнего открытого конца пробирки его концентрация в 3 раза меньше. Пробирку сверху закрывают крышкой и увеличивают температуру на $\Delta T = 1$ К. На сколько изменится давление влажного воздуха внутри пробирки после установления равновесия по сравнению с атмосферным давлением? Ответ выразить в мм рт. ст., округлив до целых. Атмосферное давление $p_0 = 760$ мм рт. ст., начальная температура $T = 300$ К, давление насыщенного пара при этой температуре $p_n = 27$ мм рт. ст. Известно, что малые относительные изменения давления насыщенного пара $\Delta p_n/p_n$ связаны с малыми относительными изменениями его температуры $\Delta T/T$ формулой $\Delta p_n/p_n = 18\Delta T/T$. Изменением уровня жидкости в пробирке во время опыта пренебречь.

Оптика - преломление

№1. Поверхность озера глубиной $H = 1,3$ м покрыта тонким слоем льда со снегом, практически не пропускающим свет. Найти площадь светлого пятна на дне озера от полыньи в форме круга радиусом $R = 2$ м. Озеро освещается рассеянным светом. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

№2. На половину шара, изготовленного из стекла с показателем преломления $n = 1,41$, падает параллельный пучок лучей. На расстоянии $L = 4,82$ см расположен экран Э. Определите радиус светлого пятна на экране, если радиус шара $r = 2$ см.



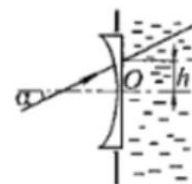
№3. Наблюдатель смотрит сверху вниз на поверхность воды в водоёме. Глубина водоёма составляет H . Какая ему будет казаться глубина? Показатель преломления воды равна $n = 4/3$.



№4. Для определения показателя преломления неизвестной прозрачной жидкости экспериментатор Глюк положил на дно мензурки монету и налил в неё исследуемую жидкость. Толщина слоя жидкости $H = 27$ см. Далее он сфотографировал монету с высоты $h = 37$ см над поверхностью жидкости и получил резкое изображение, диаметр которого в 10 раз меньше диаметра монеты. Фокусное расстояние объектива составляет $F = 50$ мм. Оптическая ось объектива перпендикулярна поверхности жидкости.

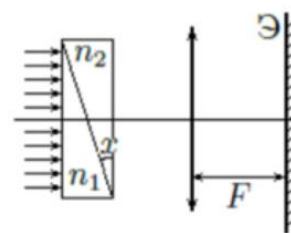
- 1) Какое расстояние d было установлено на шкале дальности объектива?
- 2) Найдите показатель преломления n жидкости.

№5. Тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $F = 15$ см прикреплена к стенке аквариума, заполненного водой ($n = 4/3$). На линзу под углом α падает параллельный пучок света (см. рисунок). Известно, что луч, прошедший сквозь линзу на расстоянии h от её оптического центра, не изменяет своего направления. Найти h , если $\tan \alpha = 0,08$.



№6. Луч света падает на треугольную прозрачную призму, угол при вершине которой равен φ . Показатель преломления материала призмы n . Что произойдёт с лучом света после прохождения призмы?

№7. Плоскопараллельная пластина составлена из двух клиньев с малым углом $\chi = 50$. Показатель преломления клиньев $n_1 = 1,48$ и $n_2 = 1,68$. На пластину нормально её поверхности падает параллельный пучок света. За пластиной расположена собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 60$ см. На экране, расположенном в фокальной плоскости линзы, наблюдается светлая точка. На сколько сместится эта точка на экране, если убрать пластину?



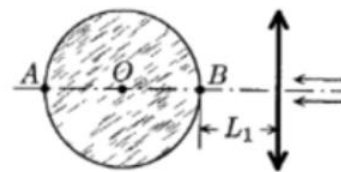
№8. Луч света падает под малым углом $\varphi = 0,1$ рад на поверхность стеклянной плоскопараллельной пластины толщиной $d = 6$ см. Показатель преломления стекла составляет $n = 1,5$. Что произойдёт с лучом света после прохождения пластины?

№9. Луч лазера, направленный под малым углом $\alpha = 0,1$ рад к главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 3$ см, наблюдается в виде светящейся точки на экране Э, расположенном на расстоянии $L = 540$ см от линзы. Если слева от линзы поставить плоскопараллельную прозрачную пластинку толщины $d = 1$ см, то светящаяся точка смещается по экрану на расстояние $a = 7$ см. Определить показатель преломления пластины.

№10. Изображение точечного источника, расположенного на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии $a = 60$ см от неё, получено на экране. Между линзой и источником вставили плоскопараллельную пластинку толщиной $d = 3$ см перпендикулярно главной оптической оси линзы. Чтобы снова получить на экране изображение источника, экран пришлось передвинуть вдоль оптической оси на расстояние $\Delta = 1$ см. Определить показатель преломления пластины, если фокусное расстояние линзы $F = 30$ см.



№11. На прозрачный шар с показателем преломления $n = 1,5$ вдоль диаметра AB шара падает параллельный пучок света. Диаметр пучка много меньше радиуса шара. Если на расстоянии $L_1 = 8$ см от шара поставить линзу с фокусным расстоянием $F_1 = 10$ см (см. рисунок), то фокусировка света, вошедшего в шар, произойдет в центре шара O . На каком расстоянии L_2 от шара нужно поместить эту линзу, чтобы свет сфокусировался в точке A ?



Указание. Для малых углов α можно считать, что $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$.

№12. Где наблюдатель видит рыбку, находящуюся в диаметрально противоположной от него точке шарообразного аквариума? Его радиус равен R . Показатель преломления воды составляет $n = 4/3$.

№13. Перед плоским зеркалом на расстоянии $L = 11$ см расположен точечный источник света S . Где находится его изображение? Зеркало представляет собой посеребренную с одной стороны плоскопараллельную пластину толщиной $H = 6$ см и показателем преломления $n = 1,5$. Отражение света от передней поверхности пластины пренебречь.