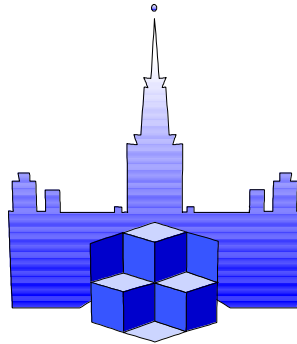


ФИЗИКА

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Часть I
Механика (2)

Составитель **Т.П. Корнеева**



Школа имени А.Н. Колмогорова
2011

СБОРНИК ЗАДАЧ по ФИЗИКЕ

Часть I

МЕХАНИКА (2)

Составитель Т.П.Корнеева

**Школа им. А.Н. Колмогорова
2011 г.**

Корнеева Т.П.

Сборник задач по физике.

Часть I. Механика (2).

Законы сохранения энергии и импульса. Статика. Динамика
твёрдого тела.

Издание третье, исправленное и дополненное.

Школа им. А.Н. Колмогорова, 2011. – 52 с.

Настоящий сборник составлен на основе задач, известных как «классические», и используемых в течение многих лет при проведении семинарских занятий в физико-математической школе при Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова (ныне СУНЦ МГУ, школа имени А.Н. Колмогорова). Наряду с ними в сборник входят задачи, предлагавшиеся в разные годы на вступительных экзаменах в ВУЗы и олимпиадах различного уровня.

Задачи снабжены ответами, за исключением тех, где решение носит качественный характер. Задачи, отмеченные знаком «*», требуют, как правило, более глубокого понимания физической сущности описываемых явлений, привлечения сведений из других разделов физики, а также предполагают владение более сложным математическим аппаратом.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА

Импульс. Закон изменения импульса. Закон сохранения импульса.

3.1. На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. На какую величину при этом уменьшилась скорость вагонетки?

3.2. Снаряд массой m , летящий со скоростью V параллельно рельсам, ударяет в неподвижную платформу с песком массой M и застревает в песке. С какой скоростью станет двигаться платформа?

3.3. По гладким горизонтальным рельсам движется платформа массы 200 кг со скоростью 20 км/ч. Сверху на нее вертикально падает каменный блок массы 50 кг и остается на платформе. Через некоторое время на платформе открывается люк, и блок проваливается вниз. С какой скоростью движется после этого платформа?

3.4. Лягушка массы m сидит на конце доски массы M и длины L . Доска плавает на поверхности пруда. Лягушка прыгает под углом α к горизонту вдоль доски. Какой была при этом начальная скорость лягушки V_0 , если после прыжка лягушка оказалась на другом конце доски? Сопротивление воды не учитывать.

3.5. Снаряд, летевший в горизонтальном направлении, разорвался на два одинаковых осколка. Один из осколков упал на землю через время $t_1 = 0,5$ с после разрыва.

Через какое время после разрыва окажется на земле второй осколок, упавший позднее первого, если разрыв снаряда произошел на высоте $H = 10$ м.

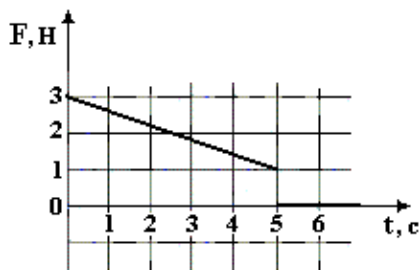
3.6. Граната, имевшая в наивысшей точке подъема скорость $V = 20$ м/с, разорвалась в этой точке на два осколка равной массы. Один из осколков полетел вертикально вниз со скоростью $V_1 = 30$ м/с. Найдите скорость и направление полета второго осколка.

3.7. Снаряд разрывается в верхней точке траектории на высоте $h = 19,6$ м на две одинаковые части. Через время $\tau = 1$ с после взрыва одна часть падает на Землю под тем местом, где произошел взрыв. На каком расстоянии S_2 от места выстрела упадет вторая часть снаряда, если первая часть упала на расстоянии $S_1 = 1$ км?

3.8. В центр шара массы $M = 300$ г, лежащего на краю стола, попадает горизонтально летящая пуля массы $m = 10$ г и пробивает его насквозь. Шар падает на расстоянии $S = 6$ м от стола, а пуля - на расстоянии $s = 15$ м. Высота стола $H = 1$ м. Определить первоначальную скорость пули.

3.9. Мячик массой $m = 300$ г летел к стенке со скоростью $V_1 = 20$ м/с. После удара о стенку он отскочил под прямым углом к первоначальному направлению движения со скоростью $V_2 = 15$ м/с. Какова средняя сила взаимодействия мячика и стенки во время удара, если продолжительность удара $\tau = 0,05$ с?

3.10. На покоящееся тело массы $m = 5$ кг в течение времени 5 с действует сила, величина которой убывает со временем по линейному закону, как показано на рисунке. Какую скорость приобретает тело после действия силы?



3.11. Тело массы $m = 1$ кг движется вдоль оси ОХ. Зависимость его координаты x (в метрах) от времени t (в секундах) описывается уравнением $x(t) = 30t - 5t^2$. Определите изменение импульса тела за время от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 4$ с.

3.12. Мяч бросили вверх под некоторым углом к горизонту, сообщив ему импульс $P_0 = 10$ кг·м/с. В верхней точке траектории величина импульса мяча стала равной $P_0/2 = 5$ кг·м/с. Найдите изменение вектора импульса мяча за все время полета.

3.13. Снаряду, выпущенному из пушки, был сообщен импульс $P_0 = 1000$ кг·м/с. Дальность полета снаряда оказалась в 2 раза больше высоты его полета. Каким импульсом обладал снаряд в верхней точке траектории?

3.14. На покоящейся тележке массой $M = 15$ кг стоит человек массой $m = 60$ кг. Найдите, с какой скоростью поедет тележка, если человек будет идти по ней со скоростью $V = 1$ м/с относительно тележки.

3.15. Клин с углом α при основании лежит на гладком горизонтальном столе. По наклонной поверхности клина ползет вверх жук с постоянной относительно клина скоростью V . Масса клина равна M , масса жука равна m . Предполагается, что жук начал ползти, когда клин покоился. Определить скорость клина.

3.16. Платформа с установленным на ней орудием движется со скоростью $V_1 = 9$ км/ч. Из орудия выпущен снаряд со скоростью $V_2 = 800$ м/с относительно платформы по направлению движения. Найти скорость платформы после выстрела, если масса платформы в 200 раз больше массы снаряда.

3.17. С корабля массой 750 т произведен выстрел из пушки в сторону, противоположную его движению, под углом 60° к горизонту. Чему равно изменение скорости корабля, если снаряд массой 30 кг вылетел со скоростью 1 км/с относительно пушки?

3.18. Третья ступень ракеты состоит из ракеты-носителя массой $M = 500$ кг и головного конуса массой $m = 10$ кг. Между ними помещена сжатая пружина. При испытаниях на Земле пружина сообщила конусу скорость $V_{\text{отн}} = 5,1$ м/с по отношению к ракете-носителю. Каковы будут скорости конуса V_k и ракеты V_p , если их отделение произойдет на орбите при движении со скоростью $V = 8$ км/с?

3.19. Струя воды ударяется о вертикальную стену, расположенную перпендикулярно струе, и стекает по стене вниз. Найдите силу, с которой струя действует на стену, если площадь сечения струи $S = 5$ см², а ее скорость $V = 8$ м/с.

3.20. Ракета с поперечным сечением площадью S , двигаясь в космическом пространстве со скоростью V , попадает в облако неподвижной пыли плотности ρ . Пылинки налипают на корпус ракеты. Какую силу тяги должны развивать двигатели ракеты, чтобы ее скорость оставалась прежней?

3.21. Какова средняя сила давления на плечо при стрельбе из автомата, если масса пули $m = 10$ г, а скорость пули при вылете из канала ствола $V = 300$ м/с?

Автомат делает $n = 300$ выстрелов в минуту.

3.22. Найдите, с какой силой давит на землю кобра, когда она, готовясь к прыжку, поднимается вертикально вверх со скоростью V . Масса змеи M , ее длина L .

3.23. Однородный стержень длины L нижним концом касается гладкой горизонтальной поверхности. Верхний конец стержня подвешен на нити, при этом стержень образует с горизонтальной плоскостью угол α . Нить пережигают. В какую сторону и на сколько сместится нижний конец стержня, когда он упадет?

3.24. Человек массой $m = 70$ кг находится на корме лодки, находящейся в озере. Длина лодки $L = 5$ м, ее масса $M = 280$ кг. Человек переходит на нос лодки. На какое расстояние человек передвинется относительно дна, если вода не будет оказывать сопротивления движению лодки?

3.25. Два рыбака массами $M_1 = 60$ кг и $M_2 = 80$ кг сидят в лодке – один на корме, другой на носу лодки. На какое расстояние переместится лодка относительно дна, если рыбаки поменяются местами? Масса лодки $M = 260$ кг, длина $L = 5$ м. Считать, что вода не оказывает сопротивления движению лодки.

3.26. Человек массы m с разбега прыгает в стоящую у берега озера лодку. На каком расстоянии от берега лодка остановится, если скорость человека была перпендикулярна берегу и равна V_0 , а сила сопротивления, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости лодки: $F_{\text{сопр}} = kv$?

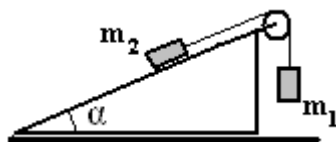
3.27. На платформе массой M , которая может двигаться по горизонтальной плоскости без трения, стоят n человек, каждый массой m . В каком случае конечная скорость платформы будет больше: если каждый из них последовательно пробежит по платформе с относительной скоростью V и спрыгнет на землю, или в том случае, когда все люди одновременно пробегут по платформе с такой же скоростью и одновременно спрыгнут с нее?

3.28. По наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом, начинает соскальзывать без трения ящик с песком массой M . В тот момент, когда ящик прошел путь L , в него попала летящая горизонтально пуля массой m и застряла в нем. Ящик при этом на мгновение остановился. С какой скоростью летела пуля?

3.29.* Мешок с мукой сползает без начальной скорости с высоты 1 м по гладкой доске, наклоненной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. После спуска мешок попадает на горизонтальный пол. Коэффициент трения мешка о пол $\mu = 0,7$. Где остановится мешок?

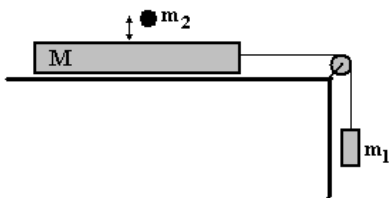
3.30. Две одинаковых тележки, на которых сидят два одинаковых дворника, движутся по инерции с одинаковыми скоростями по гладким рельсам. На тележки начинает вертикально падать снег равномерным потоком. Дворник, сидящий на одной из тележек, сбрасывает все время снег с тележки в стороны, перпендикулярные движению, а на второй тележке дворник спит. Какая из тележек окажется впереди другой?

3.31. Клин с углом при основании α может без трения перемещаться по гладкой горизонтальной поверхности. При каком соотношении масс грузов, связанных нитью, перекинутой через блок, клин будет неподвижен, и при каком соотношении масс клин начнет перемещаться вправо или влево? Коэффициент трения между грузом массы m_2 и клином равен μ .

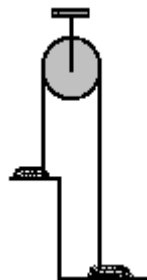


3.32.* Длинная доска массы $M = 4$ кг движется по горизонтальному столу под действием груза массы $m_1 = 1$ кг.

На доске, упруго отскакивая от нее вертикально вверх, прыгает мяч массы $m_2 = 300$ г. При каких значениях коэффициента трения между столом и доской средняя скорость доски будет постоянной? Время взаимодействия мяча с доской мало по сравнению со временем подскока.



3.33.* Цепь с неупругими звеньями перекинута через блок, причем часть ее лежит на столе, а часть – на полу. После того, как цепь отпустили, она начала двигаться. Найдите скорость установившегося равномерного движения цепи. Высота стола равна H .



3.34. Две одинаковые лодки идут параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми скоростями. Когда лодки встречаются, с одной лодки на другую перебрасывают мешок, а затем со второй лодки на первую перебрасывают такой же мешок. В другой раз мешки перебрасывают из лодки в лодку одновременно. В каком случае скорость лодок после перебрасывания грузов будет больше?

Работа, мощность, механическая энергия.

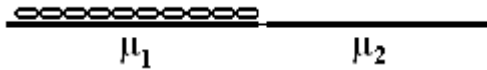
4.1. Какую работу совершает сила $F = 30$ Н, приложенная вдоль наклонной плоскости к грузу массой $m = 3$ кг, если груз поднимается на высоту $h = 2,5$ м с ускорением $a = 5$ м/с²? Трение о плоскость отсутствует.

4.2. К грузу массой m приложена постоянная вертикальная сила, поднимающая его за время t на высоту h . Какую работу совершает эта сила за время подъема?

4.3. Чему равна работа по подъему взятой за один конец цепи, лежащей на плоскости, на высоту, равную ее длине? Масса цепи M , длина L .

4.4. Цепь массой M и длиной L лежит на горизонтальной поверхности, состоящей из двух половин, сделанных из разных материалов. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы передвинуть цепь с одной половины на другую?

Коэффициенты трения между поверхностью и цепью равны соответственно μ_1 и μ_2 .



4.5. Какую работу надо совершить по подъему на поверхность грунта при рытье колодца, имеющего глубину 10 м и поперечное сечение 2 м^2 ? Считать, что вынимаемый грунт рассыпается тонким слоем по поверхности земли. Средняя плотность грунта равна $2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. ($g \approx 10 \text{ м/с}^2$)

4.6. Динамометр, рассчитанный на 40 Н, имеет пружину с жесткостью 500 Н/м. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину от середины шкалы до последнего деления?

4.7. Камень массой $m = 200 \text{ г}$, брошенный с поверхности земли под некоторым углом к горизонту, упал через $t = 1,2 \text{ с}$ на расстоянии $S = 5 \text{ м}$. Найти «работу бросания». Сопротивлением воздуха пренебречь. ($g \approx 10 \text{ м/с}^2$)

4.8. В результате действия некоторой силы импульс тела массой M изменился от величины P_1 до величины P_2 . Какую работу совершила эта сила над телом?

4.9. Автомобиль массой $m = 2$ т движется по горизонтальному шоссе со скоростью $V_1 = 33$ м/с. Водитель сбрасывает газ, в результате чего за время $\tau = 5$ с автомобиль тормозится до скорости $V_2 = 25$ м/с. Какую мощность должен развивать автомобиль, чтобы двигаться по шоссе равномерно со скоростью $V_3 = 35$ м/с? Считать, что сила сопротивления оставалась неизменной.

4.10. Два автомобиля имеют одинаковую мощность двигателя. Максимальные скорости движения автомобилей равны соответственно $V_1 = 80$ км/ч и $V_2 = 120$ км/ч. Какую максимальную скорость смогут развивать автомобили, если первый автомобиль возьмет на буксир второй (с выключенным мотором)? Считать, что сила сопротивления для каждого автомобиля оставалась неизменной.

4.11. Грузовики, снабженные двигателями мощностью N_1 и N_2 , развивают скорости соответственно V_1 и V_2 . С какой скоростью будут двигаться грузовики, если их соединить тросом?

4.12. Скатываясь под уклон с углом наклона $\alpha = 6^\circ$, автомобиль массы $m = 1$ т разгоняется при выключенной передаче до максимальной скорости $V = 72$ км/ч, после чего движение становится равномерным. Какую мощность должен развивать двигатель автомобиля, чтобы подниматься вверх по той же дороге с такой же скоростью?

4.13. Аэросани движутся вверх по слабому подъему с установившейся скоростью $V_1 = 20$ м/с. Если они движутся в обратном направлении, т.е. под уклон, то при той же мощности

мотора устанавливается скорость $V_2 = 30$ м/с. Какая скорость установится при той же мощности мотора во время движения по горизонтальному пути? Считать, что сила сопротивления оставалась неизменной во всех случаях.

4.14. Развивая одну и ту же мощность, локомотив ведет поезд в гору с уклоном $\varepsilon_1 = 0,005$ со скоростью $V_1 = 50$ км/ч, а при величине уклона $\varepsilon_2 = 0,0025$ - со скоростью $V_2 = 60$ км/ч. Определить коэффициент сопротивления движению k , считая его одинаковым в обоих случаях.

Коэффициентом сопротивления движению k называют отношение силы сопротивления к силе тяжести.

4.15. Найдите кинетическую энергию обруча массы M и радиуса R , который вращается с угловой скоростью ω вокруг оси, проходящей через центр, а ось движется равномерно со скоростью V . Рассмотрите частный случай обруча, катящегося без проскальзывания со скоростью V .

4.16. Горный ручей с сечением потока S образует водопад высотой h . Скорость течения воды в ручье равна V . Найдите мощность водопада у его подножья.

4.17. Вентилятор гонит струю воздуха через отверстие в стене. Во сколько раз надо увеличить мощность вентилятора, чтобы ежесекундно перегоняемое вентилятором количество воздуха увеличилось в два раза?

4.18. Шарик массы m , укрепленный на невесомом стержне, вращается с постоянной скоростью V в горизонтальной плоскости. Его кинетическая энергия в системе отсчета, связанной с осью вращения, постоянна и равна $mV^2/2$. Чему равна кинетическая энергия шарика в системе отсчета, движущейся в горизонтальной плоскости прямолинейно со скоростью V относительно оси?

4.19. Какую работу совершил мальчик, стоящий на гладком льду, сообщив санкам скорость $V = 4$ м/с относительно льда, если масса санок $m = 4$ кг, а масса мальчика $M = 20$ кг?

4.20. Тело брошено вертикально вверх со скоростью, равной 19,6 м/с. На какой высоте кинетическая энергия тела равна его потенциальной энергии, отсчитываемой от поверхности земли?

4.21. Какую работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный столб длиной 2 м и массой 100 кг поставить вертикально?

4.22. При сжатии пружины на 3 см приложенная к ней сила была равна 20 Н. Чему равна при этом потенциальная энергия сжатой пружины?

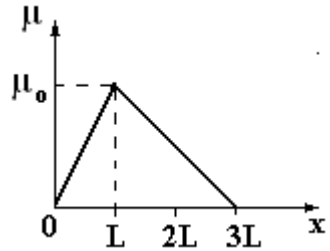
4.23. Колодец, имеющий глубину H и площадь дна S , наполовину заполнен водой. Насос выкачивает воду и подает ее на поверхность через цилиндрическую трубу радиуса R . Какую работу совершит насос, если он выкачает всю воду за время τ ?

4.24. Сани съезжают с горы, имеющей высоту $H = 2$ м и основание $L = 5$ м, и останавливаются, пройдя по горизонтальной поверхности расстояние $S = 35$ м. Найдите коэффициент трения, считая его одинаковым на всем пути.

4.25. Брусок, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью $V = 2$ м/с, наезжает на шероховатую поверхность с коэффициентом трения $\mu = 0,8$. При какой длине бруска он сможет полностью въехать на шероховатую поверхность? ($g \approx 10$ м/с²)

4.26. Брусок, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, наезжает на шероховатую полосу шириной L с коэффициентом трения μ . При какой начальной скорости брусок сможет преодолеть эту полосу? Длина бруска $b > L$.

4.27. Маленькая шайба, скользя по гладкой горизонтальной поверхности вдоль оси X , попадает на шероховатый участок, на котором коэффициент трения меняется так, как показано на рисунке, при этом его максимальное значение $\mu_0 = 0,5$.

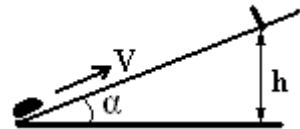


Найдите начальную скорость шайбы, если известно, что она остановилась в точке $x_0 = 2L = 20$ см. ($g \approx 10$ м/с²)

4.28. Маленькая шайба скользит по горизонтальной поверхности, сила трения пропорциональна квадрату скорости шайбы. Начальная скорость шайбы уменьшилась вдвое за промежуток времени T . За какой промежуток времени скорость шайбы уменьшится еще в три раза?

4.29. Во время старта ракета массы M , двигатели которой развивают мощность N , на короткое время неподвижно зависает над землей в вертикальном положении. Определить скорость истечения газов из сопла двигателей в этот момент.

4.30. Небольшую шайбу толкнули вверх вдоль наклонной плоскости со скоростью $V = 10$ м/с. После упругого удара о выступ на высоте $h = 2,5$ м шайба соскользнула обратно и



остановилась у основания плоскости. Найдите коэффициент трения между шайбой и плоскостью. Плоскость составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$.

Закон сохранения энергии в механике.

5.1. Прикрепленный к легкой вертикальной пружине груз в положении равновесия растягивает пружину на x_0 .

а) На какую величину растянется пружина, если этому грузу предоставить возможность падать свободно из такого положения, при котором пружина не растянута?

б) Какой максимальной скорости достигает груз в процессе движения?

в) Чему равно ускорение груза в нижней и верхней точках?

г) Каков характер движения груза?

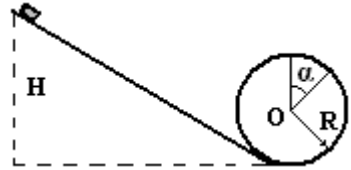
5.2. Математический маятник (маленький шарик массы m на нити длиной L) отклоняют в горизонтальное положение и отпускают. Найдите силу натяжения нити как функцию угла α , который нить составляет с вертикалью. Во сколько раз сила натяжения нити в нижней точке траектории превосходит силу тяжести?

5.3. Какую минимальную горизонтальную скорость необходимо сообщить шарiku, подвешенному на нити длиной L , чтобы он совершил полный оборот вокруг точки подвеса, двигаясь по окружности в вертикальной плоскости? Чему равна при этом сила натяжения нити в нижней точке? Как изменится ответ для шарика, подвешенного на жесткой невесомой спице?

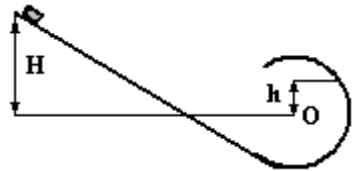
5.4. Легкий стержень может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси. На стержне на расстояниях r_1 и r_2 по разные стороны от оси закреплены два небольших груза массы m_1 и m_2 соответственно. Стержень отклонили от вертикали на угол α и отпустили. Какой будет угловая скорость стержня в момент прохождения им положения равновесия?

5.5.* Однородный стержень длины L висит на шарнирной подвеске. Стержень отклоняют до горизонтального положения и отпускают. Какой будет угловая скорость стержня в момент прохождения им положения равновесия?

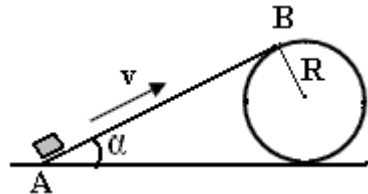
5.6. Небольшое тело массы m соскальзывает вниз по гладкому наклонному скату, переходящему в «мертвую петлю» радиусом R . Какова должна быть наименьшая высота ската, чтобы тело сделало полный оборот, не выпадая из петли? Чему равна при этом сила давления тела на петлю в точке, радиус-вектор которой составляет угол α с вертикалью?



5.7. Небольшая шайба соскальзывает по наклонному желобу, плавно переходящему в дугу окружности. Масса шайбы равна $m = 100$ г. Точка начала соскальзывания и точка отрыва шайбы от желоба расположены над центром окружности на высоте $H = 2,6$ м и $h = 0,4$ м. Найдите величину работы сил сопротивления при движении шайбы.



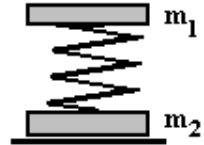
5.8. Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки A . В точке B наклонная плоскость плавно переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом R . Если в точке A скорость шайбы превосходит величину $V_0 = 4$ м/с, то в точке B шайба отрывается от опоры.



Длина наклонной плоскости $AB = L = 1$ м, угол $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения между шайбой и наклонной плоскостью равен $\mu = 0,2$. Найдите внешний радиус трубы R .

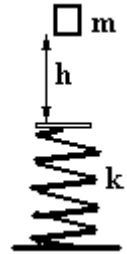
5.9. Небольшая шайба соскальзывает от легкого толчка с вершины гладкой закрепленной полусферы радиуса R . На какой высоте от основания полусферы шайба оторвется от нее?

5.10. Две пластины массами m_1 и m_2 , соединенные вертикальной пружиной, стоят на столе. С какой минимальной силой надо надавить на верхнюю пластину, чтобы после прекращения действия силы нижняя пластина оторвалась от стола?



5.11. Два одинаковых бруска массы m , связанные пружиной жесткости k , лежат на горизонтальной поверхности. Пружина не деформирована. Коэффициент трения между телами и поверхностью одинаков и равен μ . К одному из брусков прикладывают постоянную горизонтальную силу F . При какой минимальной величине этой силы другой брусок сдвинется с места?

5.12. Тело массы m падает с высоты h на вертикально стоящую пружину жесткости k . Какова максимальная сила давления, оказываемая пружиной на пол? Какой максимальной скорости достигает тело при своем движении вниз?

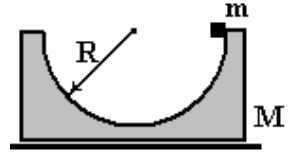


5.13. Известно, что вторая космическая скорость для Земли равна $V_{II} = 11,2$ км/с. Найдите, какой будет скорость V_{∞} тела на бесконечно большом расстоянии от Земли, если сообщить ему вертикальную скорость $U = 12,2$ км/с на поверхности Земли вблизи полюса.

5.14. Кинетическая энергия спутника Земли на круговой орбите равна E_k . Чему равна его потенциальная энергия U ?

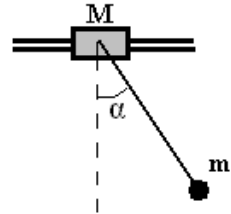
Принять $U(\infty) = 0$.

5.15. Сферическая чашка, имеющая радиус $R = 8$ см и массу $M = 200$ г, покоится на гладкой горизонтальной поверхности. По внутренней поверхности чашки начинает скользить без трения маленький брусок массы $m = 20$ г.



Найдите скорость чашки в тот момент, когда брусок достигнет самой нижней точки.

5.16. Ползунок массы M может скользить без трения по горизонтальному рельсу. К ползунку на нити длиной L прикреплен маленький шарик массы m . Придерживая ползунок, шарик отклонили от вертикали на угол α и отпустили одновременно с ползунком. Найдите скорость шарика в тот момент, когда нить вертикальна.



5.17. Однородная цепочка длины L лежит на гладком столе. Небольшая часть цепочки свешивается в отверстие в столе. Конец цепочки придерживают, а затем отпускают, и цепочка начинает соскальзывать со стола под действием силы тяжести. Определить скорость движения цепочки в тот момент, когда длина свешивающейся части будет равна x ($x < L/2$).

5.18.* Длинная гладкая однородная веревка длины L и массы M переброшена через тонкую перекладину и находится в равновесии. Веревку немного смещают, и она начинает соскальзывать с перекладины. С какой силой веревка действует на перекладину в тот момент, когда длина веревки с одной стороны от нее равна одной трети ее длины?

Столкновения.

6.1. В результате распада движущегося ядра появились два осколка с массами m_1 и m_2 , импульсы которых равны P_1 и P_2 . Угол между скоростями осколков θ . Определите энергию, которая выделяется при распаде ядра.

6.2. Теннисный мяч массы m падает на пол с высоты H без начальной скорости. Найдите количество теплоты, выделившееся при ударе мяча о пол, если второе соударение мяча с полом произошло через время τ после первого.

6.3. Мяч бросают на пол с высоты $h = 5$ м. Известно, что при ударе мяч теряет $k = 36\%$ своей кинетической энергии. Какую вертикальную скорость нужно сообщить мячу, чтобы после удара он подпрыгнул на ту же высоту?

Для расчетов принять $g = 10$ м/с².

6.4. В центр шара массой $M = 700$ г, висящего на легком стержне, попадает пуля массой $m = 10$ г и застревает в нем, после чего шар поднимается на высоту $h = 20$ см от первоначального положения. Найдите скорость пули.

Для расчетов принять $g = 10$ м/с².

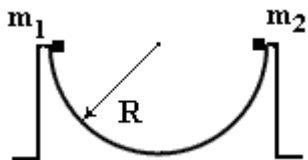
6.5. Деревянный шар массы M лежит на тонкой подставке. Снизу в шар попадает вертикально летящая пуля массой m и пробивает его. При этом шар подскакивает на высоту H . На какую высоту поднимается пуля над подставкой, если ее скорость перед ударом о шар была V ? Скорость пули при прохождении через подставку не изменяется.

6.6. Горизонтально летевшая пуля массой m насквозь пробила висевший на нити шар массой M и вылетела из него с вдвое меньшей скоростью. Какая часть кинетической энергии пули перешла во внутреннюю энергию тел?

6.7. Два пластилиновых шара, массы которых $m_1 = 100$ г и $m_2 = 200$ г, движутся навстречу друг другу. Скорости шаров равны $V_1 = 1$ м/с и $V_2 = 2$ м/с. Найдите изменение кинетической энергии системы при абсолютно неупругом ударе шаров.

6.8. Тело массой m ударяется абсолютно неупруго о покоящееся тело массой M . Найти долю q потерянной при этом кинетической энергии.

6.9. Два небольших тела одновременно начинают скользить без трения внутрь полусферы радиуса R . Происходит абсолютно неупругий удар, после которого тела движутся вместе. Найдите угловую амплитуду колебаний тел, если отношение их масс равно 2.



6.10. В деревянный брусок массы $M = 1$ кг, лежащий на гладком горизонтальном столе, попадает пуля и застревает в нем. Брусок с застрявшей пулей движется поступательно. Найдите глубину проникновения пули в брусок, если средняя сила сопротивления движению пули была равна $F = 18$ кН, масса пули $m = 10$ г, ее скорость $V = 600$ м/с.

6.11. Платформа с песком массой $M = 10$ т, движется по рельсам с постоянной скоростью $U = 5$ м/с. В нее попадает и застревает в песке летящая горизонтально в том же направлении пуля. Масса пули $m = 10$ г, скорость $V = 500$ м/с. Какое количество тепла выделится при застревании пули?

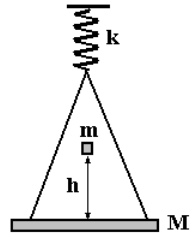
6.12. Между двумя телами, лежащими на гладкой плоскости, зажата сжатая пружина. Тела одновременно освобождают, и пружина распрямляется. Какие скорости приобретут эти тела, если их массы равны $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг, а энергия сжатой пружины $W = 3$ Дж?

6.13. Между двумя телами, лежащими на гладкой плоскости, зажата сжатая пружина жесткости k . После того, как оба тела одновременно освободили, они до момента полного распрямления пружины прошли расстояния x_1 и x_2 . Какую кинетическую энергию приобрело каждое из тел?

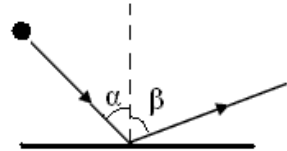
6.14. Система из двух тел массой m каждое, соединенных пружиной жесткостью k , находится на гладкой горизонтальной поверхности. На нее со скоростью V налетает тело такой же массы m . Удар упругий. Найдите максимальное растяжение пружины. Тела все время находятся на одной прямой.



6.15. На подставку массы M , подвешенную на пружине жесткости k , с высоты h падает тело массы m и прилипает к ней. На какую длину растягивается пружина после падения тела?



6.16. При ударе шарика об идеально гладкую неподвижную горизонтальную плоскость теряется третья часть его кинетической энергии. Зная, что угол падения $\alpha = 45^\circ$, найдите угол отражения β .



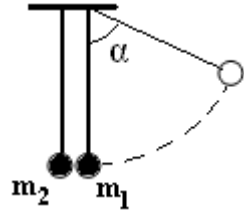
6.17. Происходит центральное соударение двух упругих шаров, имеющих массы m_1 и m_2 и скорости V_1 и V_2 . Найдите скорости шаров после соударения.

6.18. Шар массы m_1 , движущийся со скоростью V , сталкивается упруго по линии центров с покоящимся шаром массы m_2 . Найдите скорости шаров после соударения.

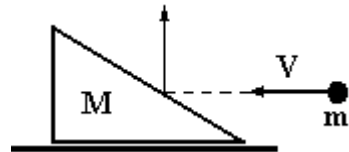
Рассмотрите случаи $m_1 > m_2$, $m_1 < m_2$, $m_1 = m_2$.

6.19. Два идеально упругих шарика с массами m_1 и m_2 движутся вдоль одной и той же прямой со скоростями V_1 и V_2 . Во время столкновения шарики начинают деформироваться, при этом часть кинетической энергии переходит в потенциальную энергию деформации. Найдите максимальное значение потенциальной энергии деформации.

6.20. Два упругих шарика с массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 300$ г подвешены на одинаковых нитях длиной $L = 50$ см. Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол $\alpha = 60^\circ$ и отпустили. На какую высоту поднимется второй шарик после удара?



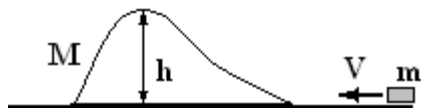
6.21. Шарик массой m , летящий со скоростью V , ударяется в призму массой M и после удара движется вертикально вверх. Считая удар упругим, найти скорости шарика и призмы после удара. Какой угол с горизонталью составляет наклонная поверхность призмы?



6.22. Маленький шарик массой m , летящий горизонтально со скоростью V , ударяется в стенку вагона массой M , движущегося навстречу ему со скоростью U . Удар абсолютно упругий, $M \gg m$. Какую скорость будет иметь шарик после удара? Что произойдет с его кинетической энергией? Как изменяется ответ, если шарик летит вслед вагону?

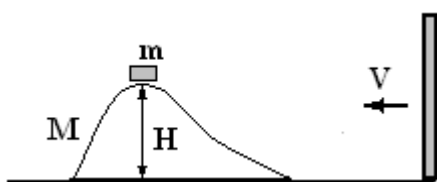
6.23. Под каким углом разлетаются после абсолютно упругого нецентрального соударения два одинаковых гладких шара, если первоначально один из них покоился?

6.24. На пути тела массы m , скользящего по гладкому горизонтальному столу, находится незакрепленное тело в



форме "горки" высотой h . Поверхность горки гладкая, профиль горки изображен на рисунке. Масса горки равна M . При какой минимальной скорости тело сможет преодолеть горку?

6.25. На гладкой горизонтальной плоскости покоится гладкая горка высотой H и массой M , а на ее вершине лежит



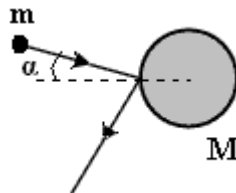
небольшая шайба массой m . После легкого толчка шайба скатывается с горки и скользит к массивной вертикальной стенке, движущейся со скоростью V .

Испытав абсолютно упругое соударение со стенкой, шайба скользит в обратном направлении. С какой минимальной скоростью должна двигаться стенка, чтобы шайба смогла преодолеть горку?

6.26. При бомбардировке гелия α -частицами наблюдается рассеяние α -частиц. Налетающая с энергией E_0 α -частица после упругого столкновения с атомом гелия отклонилась от первоначального направления движения на угол $\varphi = 60^\circ$. Найдите энергии атома гелия и α -частицы после столкновения. Энергия теплового движения атомов гелия много меньше E_0 .

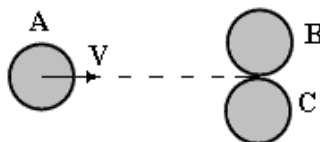
6.27.* Тяжелая частица массы M налетает на покоящуюся легкую частицу массы m . На какой максимальный угол может произойти рассеяние тяжелой частицы?

6.28.* Частица массы m налетает на покоящийся шар массы M . Направление ее движения составляет угол α с нормалью к поверхности шара. Под каким углом к этой нормали отскочит частица после упругого удара?



6.29. Гладкий шарик из мягкого свинца налетает на такой же покоящийся шарик. После столкновения второй шарик летит под углом α к направлению скорости первого шарика до столкновения. Определить угол β разлета шаров после столкновения. Какая часть кинетической энергии системы перейдет при столкновении в тепло?

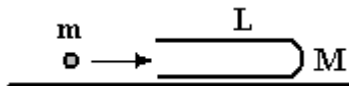
6.30. Идеально гладкий шар **A**, движущийся со скоростью V , одновременно сталкивается с двумя такими же соприкасающимися между собой шарами **B** и **C**. Удар является абсолютно упругим.



Определить скорости шаров после столкновения

6.31. На передний край тележки массой $M = 1$ кг, движущейся горизонтально без трения со скоростью $V = 1,5$ м/с, аккуратно опускают с небольшой высоты короткий брусок массой $m = 0,5$ кг. Какое расстояние проскользит брусок по тележке, если коэффициент трения между бруском и тележкой равен $\mu = 0,8$? Какое количество теплоты выделится при этом?

6.32. На гладком столе лежит пробирка длиной L и массой M . Шарик массы m влетает в пробирку, упруго соударяется с дном и вылетает из пробирки. Найти путь, который пройдет пробирка к моменту вылета из нее шарика.

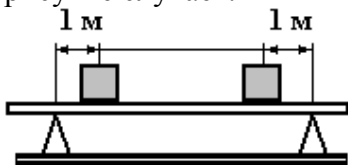


СТАТИКА

Сложение параллельных сил. Центр тяжести тела.

7.1. Однородный стержень с прикрепленным на одном из его концов грузом массы $m = 1,2$ кг находится в равновесии в горизонтальном положении, если его подпереть на расстоянии $1/5$ длины стержня от груза. Найти массу стержня.

7.2. Легкая балка лежит на двух опорах, расстояние между которыми 4 м. На ней находятся два груза по 10 кг каждый. Найдите силы давления балки на опоры для представленных на рисунке случаев.

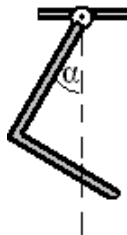


7.3. Бревно длиной $L = 12$ м можно уравновесить в горизонтальном положении на подставке, отстоящей на $L_1 = 3$ м от его толстого конца. Если же поставка находится посередине, то бревно будет в равновесии, если на тонкий конец положить груз массой $m = 60$ кг. Найдите массу бревна.

7.4. Некоторое тело взвешивают на неравноплечных рычажных весах. На одной чашке весов взвешивание дает результат $m_1 = 300$ г, а на другой – $m_2 = 340$ г. Определите истинную массу тела.

7.5. Четыре шара, имеющих массы $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 5$ кг, $m_3 = 7$ кг, $m_4 = 3$ кг укреплены на невесомом стержне так, что их центры находятся на равных расстояниях $d = 0,2$ м друг от друга. На каком расстоянии x от центра третьего шара находится центр тяжести системы?

7.6. Железный прут массой M изогнут пополам так, что его части образуют прямой угол. Прут подвешен за один из концов на шарнире. Найти угол α , который образует с вертикалью верхняя часть прута в положении равновесия.



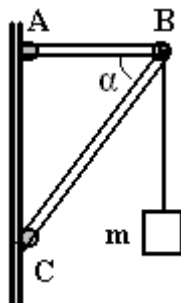
7.7. В однородной тонкой пластинке в форме круга радиусом R вырезано круглое отверстие вдвое меньшего радиуса, касающееся края пластинки. Где находится центр тяжести пластинки?



Условия равновесия твердого тела. Теорема о трех силах.

7.8. Фонарь массы $m = 20\text{ кг}$ подвешен на тросе, который, провисая, образует угол $\alpha = 120^\circ$. Найти силу натяжения троса.

7.9. На кронштейне, изображенном на рисунке, висит груз массы $m = 100\text{ кг}$. Найти силы натяжения стержней AB и BC , если они образуют угол $\alpha = 60^\circ$, а в точках A , B и C - шарниры.

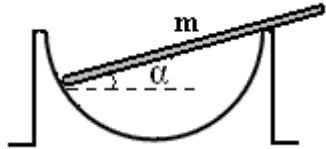


7.10. К вертикальной гладкой стене на веревке длиной L подвешен шар массой m . Какова сила натяжения веревки и сила давления шара на стену, если его радиус равен R ?

7.11. В гладкий высокий цилиндрический стакан помещена палочка длиной $L = 13$ см и массой $m = 25$ г. Найдите силы, с которыми палочка действует на дно и стенки стакана. Радиус основания стакана $R = 6$ см?

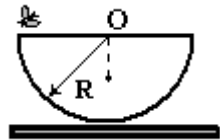
7.12. На внутренней поверхности гладкой сферы лежит невесомый стержень с маленькими шариками массами m_1 и m_2 на концах. Длина стержня равна радиусу сферы. Найдите угол между стержнем и горизонталью.

7.13. В гладкой сферической лунке свободно лежит палочка, длина которой больше диаметра сферы. Масса палочки m , палочка образует с горизонтом угол α .



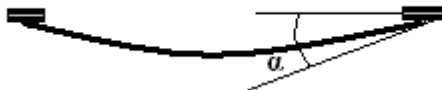
Найдите силы взаимодействия палочки с поверхностью лунки.

7.14. Тонкая сферическая чашка массой $M = 20$ г и радиусом $R = 5$ см покоится на горизонтальном столе. На какую высоту опустится край чашки, если на него сядет муха массой $m = 0,5$ г?



Центр тяжести полусферы расположен на расстоянии $R/2$ от центра O .

7.15. Цепочка массы m подвешена за концы так, что вблизи точек подвеса она образует с горизонталью угол α . Найдите силу натяжения цепочки в ее нижней точке и в точках подвеса.



7.16. На горизонтальной поверхности лежит небольшое тело массы m . Коэффициент трения между поверхностью и телом равен μ . Найдите минимальную величину силы, с помощью которой можно сдвинуть это тело. Явление застоя отсутствует.

7.17. Каков должен быть коэффициент трения μ для того, чтобы клин, заколоченный в бревно, не выскакивал из него? Угол при вершине клина равен $\alpha = 30^\circ$.

7.18. На земле лежат вплотную два одинаковых бревна цилиндрической формы. Сверху кладут такое же бревно. При каком коэффициенте трения между ними они не раскатятся (по земле бревна не скользят)?

7.19. Конец нити, намотанной на катушку, касающуюся стены, закреплен на стене. При каком коэффициенте трения катушка сможет находиться в равновесии? Радиусы внутренней и внешней части катушки равны $r = 1$ см и $R = 10$ см, угол $\alpha = 30^\circ$.



7.20. Под каким минимальным углом α к горизонту может стоять лестница, прислоненная к гладкой вертикальной стене, если её центр тяжести находится в середине? Коэффициент трения между лестницей и полом равен μ .

7.21. Лестница стоит на шероховатом полу и опирается на выступ, снабженный роликом. Расстояние от нижнего конца лестницы до выступа составляет $3/4$ ее полной длины, угол наклона лестницы $\alpha = 30^\circ$. Каков должен быть коэффициент трения между лестницей и полом, чтобы она находилась в равновесии?

7.22. Кирпич лежит на наклонной плоскости, прилегая к ней всем основанием. Какая половина кирпича, верхняя или нижняя, оказывает большее давление на наклонную плоскость?

7.23. Движущийся по горизонтальной дороге автомобиль тормозит «юзом» (все колёса заблокированы). Какие колёса (передние или задние) давят на дорогу с большей силой и во сколько раз?

База (расстояние между осями) автомобиля $L = 3$ м, коэффициент трения колёс о дорогу $\mu = 0,5$. Центр масс автомобиля расположен посередине между передними и задними колесами на высоте $h = 60$ см от поверхности дороги.

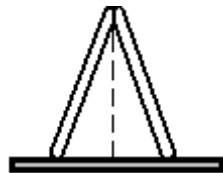
7.24. Однородный цилиндр поставлен на наклонную плоскость, образующую с горизонтом угол α . Угол медленно увеличивают. При каком максимальном значении коэффициента трения между цилиндром и плоскостью цилиндр не опрокинется, если высота цилиндра втрое больше его радиуса?

7.25. Параллельно оси цилиндра радиуса R на расстоянии $R/2$ от его центра просверлено круглое отверстие радиуса $R/2$. Цилиндр лежит на дощечке, которую медленно поднимают за один конец.

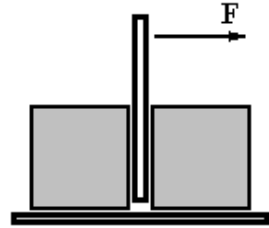


Найти предельный угол α наклона дощечки, при котором цилиндр еще будет находиться в равновесии. Коэффициент трения цилиндра о дощечку $\mu = 0,2$.

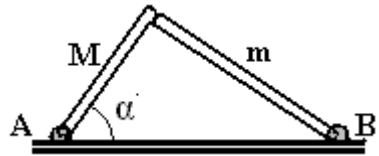
7.26. Две одинаковые тонкие дощечки с закругленными краями поставлены на стол и опираются друг на друга. Каждая дощечка образует с вертикалью угол α . Каким должен быть коэффициент трения между дощечкой и столом, чтобы дощечки не падали?



7.27. Между двумя одинаковыми ящиками, стоящими на полу, вставлена палка, немного не достоящая до пола. К верхнему концу палки приложена горизонтальная сила. Какой из ящиков сдвинется раньше?

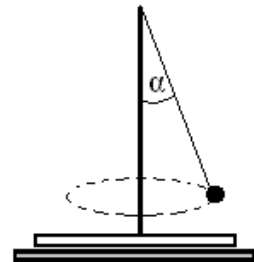


7.28. Две тонкие палочки с массами M и m соединены в систему, изображенную на рисунке. Палочки могут вращаться без трения вокруг осей A и B ,



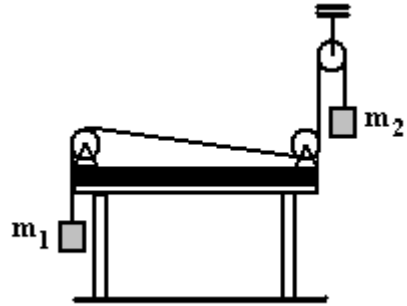
проходящих через нижние концы палочек. Верхние концы палочек сходятся под прямым углом так, что конец одной палочки лежит на торце другой (последний закруглен). Верхняя палочка массы M образует с горизонтом угол α . При каком минимальном коэффициенте трения между палочками нижняя палочка не упадет?

7.29. На горизонтальном столе лежит тонкий диск радиуса $R = 15$ см. В центре диска укреплен тонкий невесомый вертикальный стержень длины $L = 40$ см. К верхнему концу стержня на невесомой нерастяжимой нити подвешен маленький шарик массы $m = 300$ г. Длина нити меньше длины стержня. Шарик приводится в

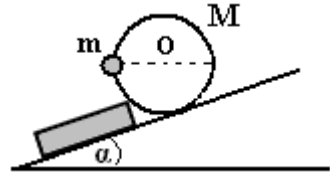


движение так, что он описывает окружность в горизонтальной плоскости вокруг стержня. Какой максимальный угол α может при этом составлять нить со стержнем, чтобы диск не отрывался от стола? Масса диска $M = 500$ г. Считать, что вследствие трения диск не может скользить по столу.

7.30. В изображенной на рисунке системе массы грузов на концах нити равны $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 3$ кг. Однородная доска массы m_3 лежит на горизонтальном столе так, что вертикальные участки нити, переброшенной через закрепленные на доске блоки, проходят вдоль ее торцов. При какой массе доски она будет при движении грузов оставаться в горизонтальном положении?

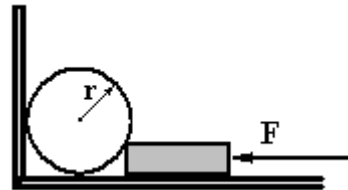


7.31. На наклонной плоскости, закреплен брусок толщиной h . Тонкий обруч массы M и радиуса $R = 2h$ поставлен на эту наклонную плоскость так, что он опирается на



уступ, образованный бруском. На обруче над бруском на одной горизонтальной линии с центром обруча укреплен грузик. При какой минимальной массе m этого грузика обруч начнет перекатываться через брусок? Плоскость составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$.

7.32. Твердый шар радиусом r и массой M лежит на полу, касаясь вертикальной стены. К нему прижимают брусок высотой h ($h < r$) силой F , направленной горизонтально, как показано на рисунке.



Найти силу давления шара на пол. Трение отсутствует.

Провести численный расчет для $M = 1$ кг, $r = 10$ см, $h = 5$ см, $F = 15$ Н, $g = 10$ м/с².

Равновесие жидкостей и газов.

8.1. Льдина равномерной толщины плавает, выступая над уровнем воды на высоту $h = 2$ см. Найти массу льдины, если площадь ее основания $S = 200$ см². Плотность льда $\rho_{\text{л}} = 0,9$ г/см³.

8.2. Определите силу натяжения нити, связывающей два шарика объемом 10 см³ каждый, если верхний шарик плавает, наполовину погрузившись в воду, а масса нижнего шарика в три раза больше массы верхнего.

8.3. На границе раздела двух жидкостей с плотностями ρ_1 и ρ_2 плавает шайба плотности ρ ($\rho_1 < \rho < \rho_2$). Высота шайбы h . Определите глубину ее погружения во вторую жидкость.

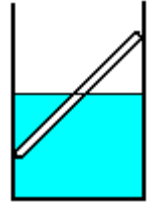
8.4. Какая ошибка допущена при взвешивании в воздухе тела объемом $V = 1$ л, если тело было уравновешено на весах медными гирями массой $M = 800$ г? Повлияет ли эта ошибка на точность измерений, если при взвешивании применялись разновесы с минимальной массой 1 г? Плотность воздуха $\rho_{\text{в}} = 1,29$ кг/м³, плотность меди $\rho_{\text{м}} = 8,8$ г/см³,

8.5. На какую величину изменится уровень воды в цилиндрическом сосуде с площадью дна S , если опустить в него тело произвольной формы массой m , которое не тонет?

8.6. В сообщающиеся сосуды диаметрами d_1 и d_2 налита жидкость плотности ρ . На какую величину поднимется уровень жидкости в сосудах, если в один из них опустить тело массы m , которое не тонет в жидкости?

8.7. Стеклянная бутылка вместимостью $V = 0,5$ л и массой $M = 200$ г плавает в воде. Сколько воды надо налить в бутылку, чтобы она утонула? Плотность стекла $\rho = 2,5$ г/см³.

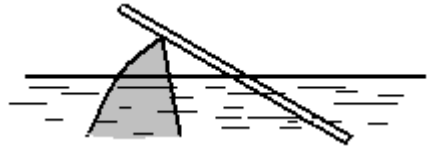
8.8. Палочка массы $m = 400$ г наполовину погружена в воду, как показано на рисунке. Угол наклона палочки к горизонту равен $\alpha = 45^\circ$. С какой силой давит на стенку цилиндрического сосуда нижний конец палочки? Считать, что трение отсутствует.



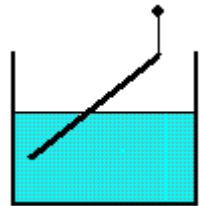
8.9. К концу однородной палочки, имеющей массу $m = 4$ г, подвешен на нити алюминиевый шарик радиуса $r = 0,5$ см. Палочку кладут на край стакана с водой, добиваясь равновесия при погружении в воду половины шарика. В каком отношении делится палочка точкой опоры?

Плотность алюминия $\rho_{Al} = 2,7$ г/см³.

8.10. На острый камень, выступающий над водой, опирается верхним концом тонкая доска длины L . Часть доски длины a находится выше точки опоры. Какова длина части доски, находящейся под водой? Плотность дерева ρ .



8.11. Тонкую деревянную палочку подвесили за один конец на нити, а другой конец опустили в воду. При этом палочка оказалась погруженной в воду наполовину и наклоненной к горизонту на угол $\alpha = 30^\circ$. Какую работу нужно совершить, чтобы медленно вытащить палочку из воды за нить?



Длина палочки L , площадь сечения S , плотность воды ρ_0 .

8.12*. Сосуд без дна в виде усеченного конуса стоит на столе. Края сосуда плотно прилегают к поверхности стола. В сосуд наливают жидкость. После того, как уровень жидкости в сосуде достигает высоты h , сила давления жидкости приподнимает сосуд, и жидкость выливается. Какова плотность налитой жидкости?

Радиус нижнего, большего основания сосуда R , угол между образующей конуса и вертикалью α , масса сосуда M .

8.13. «Гидростатический парадокс».

Три сосуда с приставным дном погружены в воду на одинаковую глубину, как показано на рисунке. Дно каждого из сосудов отпадает, если налить в него 1 л воды.



В каком из сосудов отпадет дно, если а) налить в них по 1 кг масла?

б) налить по 1 кг ртути?

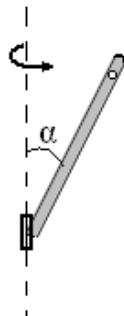
в) положить в каждый сосуд по гире массой в 1 кг?

8.14. U –образная трубка имеет кран в нижнем сечении. При закрытом кране разность уровней ртути в коленах трубки составляла величину H . Когда кран открыли, ртуть установилась в обоих коленах на одном уровне. Какое количество тепла выделилось при установлении равновесия?

Площадь поперечного сечения трубки S , плотность ртути ρ .

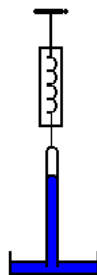
8.15. Два сосуда одинакового сечения $S = 10 \text{ см}^2$, соединенные внизу тонкой трубкой с закрытым краном, заполнены до высоты $h = 1 \text{ м}$ несмешивающимися жидкостями. Плотности жидкостей в сосудах равны $\rho_1 = 1 \text{ г/см}^3$ и $\rho_2 = 2 \text{ г/см}^3$. В тонкой трубке, соединяющей сосуда, открывают кран. Какое количество тепла выделится при переходе системы в положение равновесия?

8.16.* Закрытая трубка длиной $L = 108$ см, полностью заполненная жидкостью, составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикальной осью, проходящей через ее нижний конец. В жидкости плавает легкая пробка. До какой угловой скорости надо раскрутить трубку вокруг оси, чтобы пробка погрузилась до середины трубки?

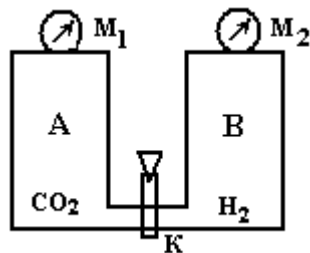


8.16. Каков принцип действия сифона? Можно ли с помощью сифона перекачивать воду через стенку высотой 20 м?

8.17. К динамометру подвешена тонкостенная трубка ртутного барометра. Что показывает динамометр? Будут ли изменяться его показания при изменении атмосферного давления?



8.20. В сосудах А и В находятся углекислый газ (CO_2) и водород (H_2). Манометры M_1 и M_2 показывают одинаковое давление. В каком направлении потечет газ, если открыть кран К? Что произойдет, если тот же опыт произвести, повернув сосуды манометрами вниз?



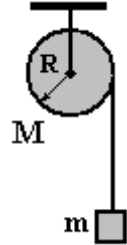
8.18. В изогнутой U-образной трубке более короткое колено затянато очень тонкой и мягкой непроницаемой пленкой. Трубка заполнена водородом и поставлена открытым концом вниз. Куда прогибается поверхность пленки – внутрь или наружу?

ДИНАМИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

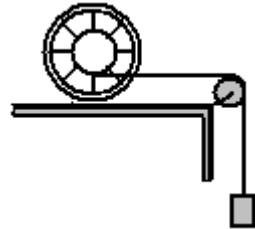
9.1. Диск массы M катится без проскальзывания со скоростью V по горизонтальной поверхности. Чему равна его кинетическая энергия?

9.2. Однородный диск, насаженный на горизонтальную ось, приводится во вращение грузом массы m . Масса диска M , радиус диска R .

Найти скорость груза в тот момент, когда он пройдет путь S , если движение начинается из состояния покоя и трения в оси нет.



9.3. Катушка изготовлена из легкой цилиндрической трубки радиуса r и двух массивных обручей радиуса $R = 2r$, скрепленных с трубкой легкими спицами. Масса каждого обруча равна M . На трубку намотана нить, перекинута через невесомый блок. К



концу нити прикреплен груз массы m . Используя закон сохранения энергии, найдите ускорение груза, натяжение нити и силу трения между катушкой и плоскостью. Считайте, что катушка не проскальзывает относительно плоскости.

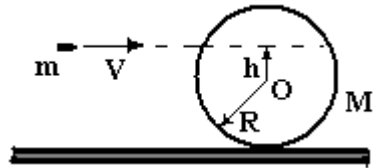
9.4. Через блок массы M и радиуса R перекинута нить, к концам которой прикреплены два груза с массами m_1 и m_2 . Найти ускорение грузов и угловое ускорение блока, если известно, что нить по блоку не скользит.

9.5. Однородный тонкостенный цилиндр скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости с высоты h без начальной скорости. Масса цилиндра m , радиус r , угол наклона плоскости к горизонту α .

- Найти: 1) скорость цилиндра в конце наклонной плоскости;
 2) ускорение центра масс цилиндра и угловое ускорение цилиндра относительно оси;
 3) силу трения между цилиндром и плоскостью

9.6. С одной и той же высоты вдоль наклонной плоскости скатываются без проскальзывания два цилиндра равной массы. Известно, что один из цилиндров сплошной, а другой – полый. Какой из цилиндров раньше достигнет основания плоскости?

9.7. В цилиндр массы M и радиуса R , покоящийся на гладкой горизонтальной плоскости, попадает пуля массы m , летящая горизонтально на высоте h от оси цилиндра со скоростью V , и застревает в нем.



Считая $m \ll M$, найдите скорость оси цилиндра и угловую скорость его вращения.

9.8. В середину стержня, висящего на шарнире, попадает и прилипает к нему кусочек пластилина массы m , летящего горизонтально со скоростью V . Найдите максимальный угол отклонения стержня от вертикали. Масса стержня M , длина L .

9.9.* Однородный тонкий брусок массы M лежит на горизонтальной плоскости. Какой наименьшей горизонтальной силой, приложенной к концу бруска по перпендикуляру к нему, его можно стронуть с места? Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ .

ОТВЕТЫ

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА

Импульс. Закон изменения импульса.

Закон сохранения импульса.

3.1. $\Delta V = 4 \text{ см/с.}$

3.2. $U = \frac{m}{M + m} V$

3.3. $U = 16 \text{ км/ч}$

3.4. $V_0 = \sqrt{\frac{MgL}{(M + m) \sin 2\alpha}}$

3.5. $t_2 = \frac{2H}{gt_1} = 4 \text{ с}$

3.6. $V_2 = 50 \text{ м/с, под углом } \alpha = \arccos(0,4) \text{ к горизонту.}$

3.7. $S_2 = 5 \text{ км}$

3.8. $V = 436 \text{ м/с}$

3.9. $F = 150 \text{ Н}$

3.10. $V = 1 \text{ м/с}$

3.11. $\Delta P = 20 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

3.12. $\Delta P = P_0 \sqrt{3} \approx 17 \text{ м/с}$

3.13. $P = P_0 / \sqrt{5} = 450 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

3.14. $U = \frac{m}{M + m} V = 0,8 \text{ м/с}$

$$3.15. U = \frac{m}{M+m} V \cos \alpha$$

$$3.16. U_x = V_1 - \frac{m}{M} V_2 = -1,5 \text{ м/с}$$

$$3.17. \Delta V = 2 \text{ см/с.}$$

$$3.18. V_k = V + \frac{M}{M+m} V_o = 8005 \text{ м/с;}$$

$$V_p = V - \frac{m}{M+m} V_o = 7999,9 \text{ м/с}$$

$$3.19. F = \rho S V^2 = 32 \text{ Н}$$

$$3.20. F = \rho S V^2$$

$$3.21. F = m n V = 15 \text{ Н.}$$

$$3.22. F = M \left(g + \frac{V^2}{L} \right)$$

$$3.23. X = \frac{L}{2} (1 - \cos \alpha)$$

$$3.24. x = L \frac{M}{M+m} = 4 \text{ м.}$$

$$3.25. X = 0,25 \text{ м.}$$

$$3.26. L = \frac{m V_o}{k}$$

$$3.27. u_1 = m V \left[\frac{1}{M+nm} + \frac{1}{M+(n-1)m} + \dots + \frac{1}{M+m} \right]$$

$$u_2 = m V \frac{n}{M+nm}; \quad u_1 > u_2.$$

$$3.28. V = \frac{M \sqrt{2gL \sin \alpha}}{m \cos \alpha}$$

3.31. Клин будет неподвижен, если

$$(\sin\alpha - \mu \cos\alpha) \leq \frac{m_1}{m_2} \leq (\sin\alpha + \mu \cos\alpha)$$

3.32.* $\frac{m_1}{M + m_2} \leq \mu < \frac{m_1}{M}; \quad 0,23 \leq \mu < 0,25$

3.33.* $V = \sqrt{gH}$

3.34. $U^I > U^{II}$

Работа, мощность, механическая энергия

4.1. $A = 147 \text{ Дж}$

4.2. $A = m(g + 2 \frac{h}{t^2})h$

4.3. $A = \frac{MgL}{2}$

4.4. $A = \frac{MgL}{2} (\mu_1 + \mu_2)$

4.5. $A = 1,96 \text{ МДж}$

4.6. $A = 1,2 \text{ Дж}$

4.7. $A \approx 5,2 \text{ Дж}$

4.9. $N = 112 \text{ кВт}$

4.10. $V = 48 \text{ км/ч}$

4.11. $V = V_1 V_2 \frac{N_1 + N_2}{N_1 V_2 + N_2 V_1}$

4.12. $N = 40 \text{ кВт}$

$$4.13. \quad V = 2 \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} = 24 \text{ м/с}$$

$$4.14. \quad k = \frac{\varepsilon_1 V_1 - \varepsilon_2 V_2}{V_2 - V_1} = 0,01$$

$$4.16. \quad N = \rho V S (gH + V^2/2)$$

$$4.17. \quad N_2 = 8 N_1$$

$$4.19. \quad A = 38,4 \text{ Дж}$$

$$4.20. \quad H = 9,8 \text{ м}$$

$$4.21. \quad A = 980 \text{ Дж}$$

$$4.22. \quad W = 0,3 \text{ Дж}$$

$$4.23. \quad A = \rho S H^2 \left(\frac{3g}{8} + \frac{S^2 H}{16\pi^2 R^4 \tau^2} \right)$$

$$4.24. \quad \mu = \frac{H}{L + S} = 0,05$$

$$4.25. \quad L \leq \frac{V^2}{\mu g} = 50 \text{ см}$$

$$4.26. \quad V \geq \sqrt{2\mu g L}$$

$$4.27. \quad V_0 = \sqrt{\frac{5\mu_0 g L}{2}} \approx 11 \text{ м/с}$$

$$4.28. \quad T_1 = 4T$$

$$4.29. \quad U = \frac{2N}{Mg}$$

$$4.30. \quad \mu = \frac{V^2}{4gh} \operatorname{tg} \alpha \approx 0,6$$

Закон сохранения энергии в механике.

5.1. $x_{\max} = 2x_0$; $V_{\max} = \sqrt{gx_0}$

5.2. $T = 3mg \cdot \cos\alpha$

5.3. $V_I = \sqrt{5gL}$, $T_I = 6gL$;

$V_{II} = 2\sqrt{gL}$, $T_{II} = 5gL$

5.4. $\omega^2 = 2g(1 - \cos\alpha) \frac{|m_1 r_2 - m_2 r_1|}{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2}$

5.5. $\omega = \sqrt{3\frac{g}{L}}$

5.6. $h = 2,5 R$; $N = 3mg(1 - \cos\alpha)$

5.7. $A = mg(H - 1,5h) = 1,96 \text{ Дж}$

5.8. $R = \frac{V_o^2}{g \cos\alpha} - 2L(\mu + \operatorname{tg}\alpha) \approx 30 \text{ см}$

5.9. $h = \frac{2}{3} R$

5.10. $F = (m_1 + m_2)g$

5.11. $F = \frac{3}{2} \mu mg$.

5.12. $F_{\max} = mg(1 + \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}})$; $V_{\max} = \sqrt{2gh + \frac{m^2 g^2}{k}}$

5.13. $V(\infty) = \sqrt{U^2 - V_{II}^2} = 4,84 \text{ км/с}$

5.14. $U = -2 E_K$

$$5.15. \quad V = m \sqrt{\frac{2gR}{M(M+m)}} \approx 12 \text{ см/с}$$

$$5.16. \quad v = 2 \sqrt{\frac{MgL}{M+m}} \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$5.17. \quad V = x \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$5.18.* \quad F = \frac{7}{9} Mg$$

Столкновения.

$$6.2. \quad W = mg(H - \frac{g\tau^2}{8})$$

$$6.3. \quad V_0 = \sqrt{\frac{2kgh}{(1-k)}} = 7,5 \text{ м/с}$$

$$6.4. \quad V = \frac{M+m}{m} \sqrt{2gh} = 140 \text{ м/с}$$

$$6.5. \quad h = \frac{1}{2g} (V - \frac{M}{m} \sqrt{2gH})^2$$

$$6.6. \quad q = \frac{1}{4} (3 - \frac{m}{M})$$

$$6.7. \quad \Delta E_K = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{(V_1 + V_2)^2}{2} = 0,3 \text{ Дж}$$

$$6.8. \quad q = \frac{M}{M+m}$$

$$6.9. \quad \alpha = \arccos \frac{8}{9}$$

$$6.10. \quad S = \frac{mMV^2}{2(M+m)F} = 10 \text{ см}$$

$$6.11. Q = \frac{1}{2} m(V - U)^2 = 1225 \text{ Дж}, \quad m \ll M$$

$$6.12. V_1 = \sqrt{\frac{2Wm_2}{m_1(m_1 + m_2)}} = 2 \text{ м/с}; \quad V_1 = 1 \text{ м/с}$$

$$6.13. E_1 = \frac{1}{2} kx_1(x_1 + x_2); \quad E_2 = \frac{1}{2} kx_2(x_1 + x_2);$$

$$6.14. x_{\max} = V \sqrt{\frac{m}{2k}}$$

$$6.15. X = \frac{mg}{k} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2kH}{(M+m)g}} \right]$$

$$6.16. \beta = \arctg \sqrt{3} = 60^\circ$$

$$6.19. W = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)} (V_1 \pm V_2)^2$$

$$6.20. h = 4L(1 - \cos \alpha) \frac{m_1^2}{(m_1 + m_2)^2} = 6,25 \text{ см}$$

$$6.21. U = \frac{m}{M} V; \quad u = V \sqrt{1 - \frac{m}{M}}; \quad \operatorname{ctg} \alpha = \sqrt{1 - \frac{m}{M}}$$

$$6.22. V_1 = V + 2U$$

$$6.24. V_{\min} = \sqrt{2gh \left(1 + \frac{m}{M} \right)}$$

$$6.25. V_{\min} = \frac{m}{M} \sqrt{\frac{2gHM}{(m+M)}}$$

$$6.26. E_{\text{He}} = \frac{3}{4} E_0; \quad E_\alpha = \frac{1}{4} E_0$$

$$6.27.* \sin \alpha_{\max} = \frac{m}{M}$$

$$6.28.* \operatorname{tg} \beta = \frac{M+m}{M-m} \operatorname{tg} \alpha$$

$$6.29. \beta = \operatorname{arctg}(2\operatorname{tg}\alpha); \quad q = \frac{1}{2} \cos^2\alpha$$

$$6.30. V_A = -\frac{1}{5} V_0; \quad V_B = V_C = \frac{2\sqrt{3}}{5} V_0$$

$$6.31. L = \frac{MV^2}{2\mu g(M+m)} = 1,25 \text{ м}; \quad Q = \frac{mV^2}{2} \cdot \frac{M}{M+m} = 2,5 \text{ Дж}$$

$$6.32. S = 2L \frac{m}{M+m}$$

СТАТИКА

Сложение параллельных сил. Центр тяжести тела.

$$7.1. M = 0,8 \text{ кг}$$

$$7.2. N_1^I = N_2^I = 98 \text{ Н}; \quad N_1^{II} = 24,5 \text{ Н}, \quad N_2^{II} = 171,5 \text{ Н}$$

$$7.3. M = m \frac{L}{L - 2L_1} = 120 \text{ кг}$$

$$7.4. m = \sqrt{m_1 m_2} = 319 \text{ г}$$

$$7.5. x = -5 \text{ см}$$

$$7.6. \alpha = \operatorname{arctg} \frac{1}{3}$$

$$7.7. x = R/6$$

Условия равновесия твердого тела. Теорема о трех силах.

$$7.8. T = 196 \text{ Н}$$

$$7.9. T_{AB} = mg \cdot \operatorname{ctg}\alpha = 568 \text{ Н}; \quad T_{BC} = \frac{mg}{\sin \alpha} = 1130 \text{ Н.}$$

$$7.10. T = mg \frac{L+R}{\sqrt{L^2 + 2LR}}; \quad F = mg \frac{R}{\sqrt{L^2 + 2LR}}$$

$$7.11. N = mg = 245 \text{ mH}; \quad F = mg \frac{R}{\sqrt{L^2 - 4R^2}} = 294 \text{ mH}$$

$$7.12. \operatorname{tg} \alpha = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{3}(m_1 + m_2)}$$

$$7.13. N_1 = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad N_2 = mg \frac{\cos 2\alpha}{\cos \alpha}$$

$$7.14. h = R \frac{2m}{\sqrt{M^2 + 4m^2}} \approx 2,5 \text{ mm}$$

$$7.15. T_1 = \frac{mg}{2 \sin \alpha}; \quad T_2 = \frac{mg}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

$$7.16. F = mg \frac{\mu}{\sqrt{1 + \mu^2}}$$

$$7.17. \mu \geq \operatorname{tg} 15^\circ = 2 - \sqrt{3} = 0,27$$

$$7.18. \mu \geq \operatorname{tg} 15^\circ = 2 - \sqrt{3} = 0,27$$

$$7.19. \mu = \frac{r}{R \sin \alpha} = 0,2$$

$$7.20. \alpha = \operatorname{arcc} \operatorname{tg} 2\mu$$

$$7.21. \mu \geq \frac{\sin 2\alpha}{1 + 2 \sin^2 \alpha} = 0,5$$

$$7.23. N_1 = 1,5 N_2$$

$$7.24. \mu = 0,66$$

$$7.25. \alpha = \operatorname{arcsin} \frac{1}{6}$$

$$7.26. \mu \geq \frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha$$

$$7.28. \mu = \frac{m}{M} \operatorname{tg} \alpha$$

$$7.29. \alpha = \operatorname{arctg} \frac{(M+m)R}{mL} = 45^\circ$$

$$7.30. m_3 \geq \frac{4m_1m_2}{m_1+m_2} = 3 \text{ кг}$$

$$7.31. m = M$$

$$7.32. N = Mg - F \frac{r-h}{\sqrt{h(2r-h)}} \text{ при } F < Mg \frac{\sqrt{h(2r-h)}}{(r-h)} = F_{\text{кр}}$$

$$N = 0 \quad F > F_{\text{кр}}$$

Поскольку $F_{\text{кр}} = 17,3 \text{ Н}$, $F < F_{\text{кр}}$, $N = 1,3 \text{ Н}$

Равновесие жидкостей и газов.

$$8.1. M = 3,6 \text{ кг}$$

$$8.2. F = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

$$8.3. x = h \frac{(\rho - \rho_1)}{(\rho_2 - \rho_1)}$$

$$8.4. \frac{\Delta M}{M} = 0,14\%; \quad \Delta M = 1,1 \text{ г}$$

$$8.5. x = \frac{m}{\rho_o S}$$

$$8.6. x = \frac{4m}{\pi \rho (d_1^2 + d_2^2)}$$

$$8.7. m > \rho_o V - M \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) = 380 \text{ г}$$

$$8.8. N = \frac{mg}{4} \operatorname{ctg} \alpha = 0,98 \text{ Н}$$

$$8.9. \frac{L_2}{L_1} = 1,58$$

$$8.10. x = (L - a) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{L(L - 2a)\rho}{(L - a)\rho_0}} \right]$$

$$8.11. A = \frac{1}{8} \rho_0 S L^2 g (3 - \sin \alpha) = \frac{5}{16} \rho_0 S L^2 g$$

$$8.12.* \rho = \frac{3M}{\pi h^2 \operatorname{tg} \alpha (3R - h \operatorname{tg} \alpha)}$$

$$8.14. W = \frac{1}{4} \rho g S H^2$$

$$8.15. W = \frac{1}{4} g S h^2 \rho_2 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^2 \approx 1,25 \text{ Дж}$$

$$8.16.* \omega = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2g \cos \alpha}{L}} \approx 8 \text{ с}^{-1}$$

ДИНАМИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

$$9.1. E = \frac{3}{4} M V^2$$

$$9.2. V = 2 \sqrt{\frac{mgS}{2m + M}}$$

$$9.3. a = \frac{m}{m + 16M} g ; T = \frac{16mM}{m + 16M} g ; F = \frac{12mM}{m + 16M} g$$

$$9.4. a = 2 \frac{|m_1 - m_2|}{2m_1 + 2m_2 + M} g ; \varepsilon = \frac{a}{R}$$

9.5. 1) $V = \sqrt{gh}$;

2) $a = \frac{1}{2} g \cdot \sin\alpha$; $\varepsilon = \frac{1}{2r} g \cdot \sin\alpha$

3) $F = \frac{1}{2} mg \cdot \sin\alpha$

9.7. $U = V \frac{m}{M}$; $\omega = 2 \frac{mVh}{MR^2}$

9.8. $\cos\alpha = 1 - \frac{3m^2V^2}{gL(4M + 3m)(M + m)}$

9.9. $F_{\min} = \mu Mg(\sqrt{2} - 1)$

Содержание

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА

1. *Импульс. Закон изменения импульса.
Закон сохранения импульса.* 3
2. *Работа, мощность, механическая энергия.* 9
3. *Закон сохранения энергии в механике.* 15
4. *Столкновения.* 19

СТАТИКА

5. *Сложение параллельных сил.
Центр тяжести тела.* 25
6. *Условия равновесия твердого тела.
Теорема о трех силах.* 26
7. *Равновесие жидкостей и газов.* 32

ДИНАМИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

36

ОТВЕТЫ

38

Сборник задач по физике

Часть I. Механика (2).

Законы сохранения энергии и импульса. Статика.

Динамика твердого тела.

Корнеева Татьяна Петровна

Школа имени академика А.Н. Колмогорова
Специализированный учебно-научный центр
Московского государственного университета им.
М.В.Ломоносова
Кафедра физики

2011 г.

