

2 Динамика

2.1 Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.

- 2.1.1⁰** Парашютист спускается, двигаясь равномерно и прямолинейно. Действия каких тел, компенсируются при этом?
- 2.1.2⁰** Система отсчета связана с лифтом. В каких случаях ее можно считать инерциальной? Лифт: а) свободно падает; б) движется равномерно вверх; в) движется ускоренно вверх; г) движется замедленно вверх; д) движется равномерно вниз.
- 2.1.3⁰** В вагоне движущемся равномерно и прямолинейно мальчик выпустил из рук мяч. Где он упадет? Как изменится ответ, если скорость вагона увеличивается?
- 2.1.4⁰** Мяч, лежащий неподвижно на столе вагона, движущегося равномерно поезда, покати́лся назад относительно направления движения поезда. Как изменился характер движения поезда?
- 2.1.5⁰** Человек стоит в лифте. Указать, с какими телами он взаимодействует и сравнить силы, действующие на человека в следующих случаях: а) лифт неподвижен; б) лифт начинает движение вверх; в) лифт начинает движение вниз;

2.2 Второй закон Ньютона.

- 2.2.1** Изобразить и сравнить силы, действующие на шарик в следующих случаях: а) шарик лежит на горизонтальном столе; б) шарик получает толчок от руки; в) шарик катится, после толчка, по столу; г) шарик падает со стола.
- 2.2.2** Изобразить силы, действующие на шарик в случаях (рис.1)

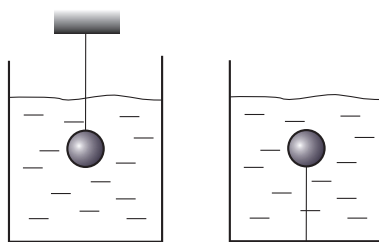


Рис. 1:

- 2.2.3** Тело движется по горизонтальной площадке с ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$. Масса тела 20 кг . Чему равна сила тяги?
- 2.2.4** Мяч массой $0,5 \text{ кг}$ после удара, длящегося $0,02 \text{ с}$ приобретает скорость 10 м/с . Найти силу удара.
- 2.2.5** Определить силу торможения танка массой 60 т , если ускорение при торможении $0,01 \text{ м/с}^2$

- 2.2.6** Буксир везет баржу массой 32 т с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Чему равна сила тяги, если сила сопротивления 600 Н?
- 2.2.7** Снаряд массой 2 кг вылетает из ствола орудия горизонтально со скоростью 1000 м/с. Определить силу давления пороховых газов, считая ее постоянной, если длина ствола равна 3,5 м.
- 2.2.8** Груз массой 3 т начинают поднимать с ускорением $0,49 \text{ м/с}^2$. Определить: а) силу натяжения троса, при помощи которого поднимается клет; б) силу натяжения троса в начале спуска клетки с тем же ускорением; в) силу натяжения троса при движении клетки с постоянной скоростью вверх и вниз.
- 2.2.9** Шайба, скользящая по льду после удара о клюшку, остановилась через время $t=5 \text{ с}$ на расстоянии 20 м от места удара. Масса шайбы 100 г. Определите действовавшую на шайбу силу сопротивления.
- 2.2.10** Поезд массой 2000 т, движущийся со скоростью 36 км/ч, остановился, пройдя после торможения путь в 350 м. Определить величину тормозящей силы и время торможения.
- 2.2.11** Какую массу балласта m надо сбросить с равномерно опускающегося аэростата, чтобы он начал равномерно подниматься с той же скоростью? Масса аэростата с балластом 1200 кг, подъемная сила аэростата постоянна и равна 8 кН. Силу сопротивления воздуха считать одинаковой при подъеме и при спуске.
- 2.2.12** Найти проекцию равнодействующей силы на координатную ось X, если координата тела меняется по закону $x(t) = 20 - 10t + t^2$, а масса тела 500 кг.
- 2.2.13** Из шахты поднимается бадья массой 500 кг и в первые 10 с от начала равноускоренного движения проходит 20 м. Какова сила натяжения каната на котором опускается бадья, если при этом ускорение по величине равно ускорению при движении вверх?
- 2.2.14** Найти силу, необходимую для подъема и спуска витринного стекла объемом 4 дм^3 с ускорением 3 м/с^2 . Плотность стекла 2500 кг/м^3 .
- 2.2.15** С каким максимальным ускорением можно поднимать с помощью веревки тело массой 200 кг, если веревка выдерживает неподвижный груз массой 240 кг?

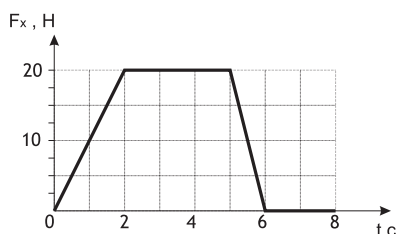


Рис. 2:

2.2.16 Проекция силы F_x , действующей на тело массой 10 кг, изменяется со временем так, как показано на рисунке (рис.2). Сила направлена вдоль оси X. Начальная скорость тела равна 5 м/с. Построить график зависимости проекции скорости на координатную ось X.

2.2.17 Клетка подъемной машины массой 30 кг удерживается канатом. Чему равна сила натяжения каната, если клетка движется вертикально вверх: а) равноускоренно с ускорением 1,2 м/с² б) равномерно в) равнозамедленно с ускорением 1 м/с². Сила трения во всех случаях равна 200 Н.

2.3 Третий закон Ньютона.

2.3.1⁰ Почему при выстреле снаряд и орудие получают разные скорости?

2.3.2⁰ Два мальчика тянут веревку в разные стороны, прилагая силы в 100 Н каждый. Веревка может выдержать, не разрываясь, силу в 150 Н. Разорвется ли веревка?

2.3.3⁰ Лошадь тянет телегу, но и телега тянет лошадь с такой же силой. Почему эта система движется?

2.3.4⁰ Почему барон Мюнхгаузен не могу вытащить и себя и лошадь из болота, потянув себя за косичку?

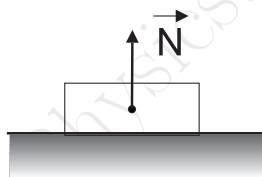


Рис. 3:

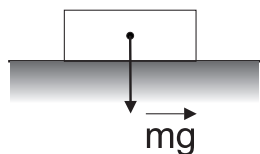


Рис. 4:

2.3.5 Укажите силы (рис. 3 и 4), которые являются парными и удовлетворяют третьему закону Ньютона.

2.4 Сила трения

2.4.1 Вагонетка массой 0,2 т движется с ускорением 4 м/с² под действием усилия рабочего. С какой силой толкает вагонетку, если $\mu = 0,6$?

2.4.2 Время разгона автомобиля до скорости 100 км/ч равно 22 с. Масса автомобиля 1,3 т. Коэффициент трения 0,02. Определить силу тяги.

2.4.3 На рисунке 5 представлен график скорости движения тела массой 500 кг по горизонтальному пути. Чему равна сила тяги, если коэффициент трения равен 0,07?

2.4.4 Лошадь развивает силу в 600 Н. Какова масса перевозимых саней с поклажей, если ускорение саней 2,5 м/с², а $\mu = 0,05$.

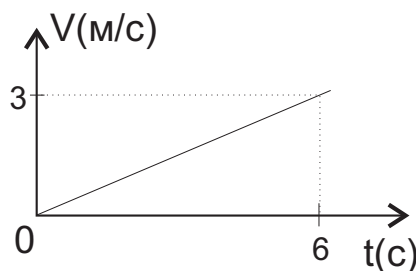


Рис. 5:

- 2.4.5** Хоккейная шайба скользящая по поверхности льда равнозамедленно, остановилась, пройдя 50 м. Определите начальную скорость, если $\mu = 0,1$
- 2.4.6** После толчка вагон остановился, пройдя по горизонтали 60 м за 20 с. Каков коэффициент трения?
- 2.4.7** Тело толкнули со скоростью 6 м/с. Какой путь оно пройдет до остановки, если коэффициент трения 0,9?
- 2.4.8** На обледеневшем участке шоссе коэффициент трения между колесами и дорогой в десять раз меньше, чем на не обледеневшем. Во сколько раз нужно уменьшить скорость автомобиля, чтобы тормозной путь на обледеневшем участке шоссе остался прежним?
- 2.4.9** Тело массой $m = 1$ кг лежит на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения $\mu = 0,1$. На тело действует горизонтальная сила F . Определить силу трения для двух случаев: $F = 0,5$ Н и $F = 2$ Н.

2.5 Сила упругости. Закон Гука. Модуль Юнга.

- 2.5.1** Найти жесткость пружины, которая под действием силы 2 Н удлинилась на 4 см.
- 2.5.2** Подвешенное к тросу тело, массой 10 кг, поднимается вертикально. С каким ускорением движется тело, если трос жесткостью 59 кН/м удлинился на 2 мм?
- 2.5.3** Скоростные пассажирские лифты высотной части Московского университета движутся со скоростью 3,6 м/с. Масса кабины с пассажирами может достигать 1500 кг. График изменения скорости лифта при подъеме изображен на рисунке 6. Определить силу натяжения каната, удерживающую кабину лифта, в начале, в середине и в конце подъема.
- 2.5.4** Жесткость пружины равна 50 Н/м. Если с помощью этой пружины равномерно тянуть по полу коробку массой 2 кг, то длина пружины увеличится с 10 см до 15 см. Какова сила упругости, возникающая в этом случае? Чему равна сила трения коробки о пол?
- 2.5.5** К гире массой $m = 1$ кг привязали снизу пружину и потянули за нее вниз так, что гиря стала падать с ускорением $a = 16$ м/с². Чему равно удлинение пружины, если ее жесткость 500 Н/м? Что изменится, если ускорение будет меньше 9,8 м/с²?

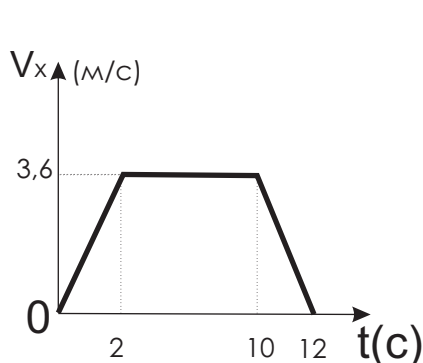


Рис. 6:

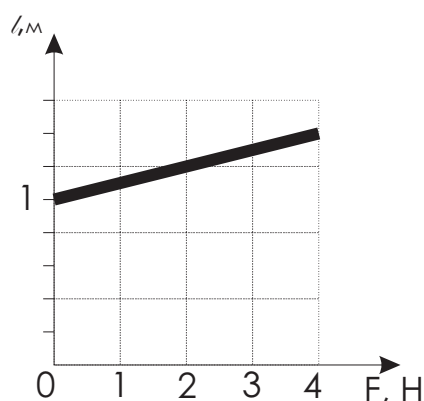


Рис. 7:

- 2.5.6** Две пружины равной длины, скрепленные одними концами, растягивают за свободные концы руками. Пружина с жесткостью 100 Н/м удлинилась на 5 см. Какова жесткость второй пружины, если ее удлинение равно 1 см?
- 2.5.7** На рис. 7 приведен график зависимости изменения длины резинового жгута от приложенной к нему силы. Найти жесткость жгута. [10 Н/м]
- 2.5.8** Найти удлинение буксирного троса с жесткостью 100 кН/м при буксировке автомобиля массой 2 т с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Коэффициент трения равен 0,01.
- 2.5.9** Какова жесткость двух последовательных соединенных пружин, если жесткость каждой из них в отдельности k_1 и k_2 ?
- 2.5.10** Две пружины, одинаковой длины и одинаковой жесткости k соединили параллельно (рис. 8). Какая будет жесткость у такой системы пружин?

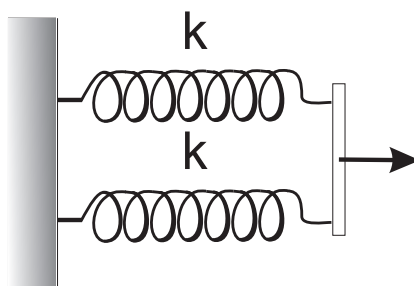


Рис. 8:

- 2.5.11** Один конец пружины закреплен на оси стержня, способного вращаться в горизонтальной плоскости. К другому концу пружины прикреплен шарик, который может скользить по стержню без трения. Длина пружины в недеформированном состоянии 20 см, жесткость 40 Н/м. Какой будет длина пружины, если стержень вращается равномерно и делает 2 об/с? Масса шарика равна 50 г.

- 2.5.12** Стальную отливку массой M поднимают из воды при помощи троса, жесткость которого равна k , с ускорением a . Плотность стали равна ρ_1 , плотность воды ρ_2 . Найти удлинение пружины троса, пока тело еще полностью погружено в воду. Силой сопротивления воды пренебречь.
- 2.5.13** К пружине жесткостью k подвесили груз массой M . Когда пружина растянулась, величина деформации оказалась равной x . Рассчитали величину силы упругости по закону Гука и сравнили ее с силой тяжести тела. Оказалось, что $F_y \neq mg$, хотя тело находится в покое. Как это можно объяснить?
- 2.5.14** На подставке лежит тело, подвешенное к потолку с помощью пружины. В начальный момент времени пружина не растянута. Подставку начинают опускать вниз с ускорением a . Через какой промежуток времени тело оторвется от подставки? Жесткость пружины k , масса тела m .
- 2.5.15** Чему равно абсолютное удлинение стального троса длиной 12 м и площадью поперечного сечения 2 см² при подвешивании к нему груза массой 2 т? Модуль упругости стали равен $2 \cdot 10^{11}$ Н/м².
- 2.5.16** К алюминиевой проволоке длиной 2 м и площадью поперечного сечения 4 мм² подвесили груз, под действием которого она удлинилась на 1 мм. Определите силу упругости, возникающую в проволоке. Модуль упругости алюминия равен $7,1 \cdot 10^{10}$ Н/м².
- 2.5.17** К медной проволоке длиной 1,2 м и площадью поперечного сечения 5 мм² подвесили груз массой 10 кг. Определите абсолютное и относительное удлинение проволоки и работу растяжения проволоки. Модуль упругости алюминия равен $1,18 \cdot 10^{11}$ Н/м².
- 2.5.18** Какой диаметр должен иметь стальной трос подъемного устройства, если максимальная масса поднимаемого груза равна 5 т? Предел прочности троса 10^9 Н/м². Запас прочности должен быть равен 6.
- 2.5.19** Масса кабины лифта с пассажирами 500 кг. Кабина подвешена на тросе с пределом прочности на растяжение $5,5 \cdot 10^8$ Н/м². Лифт движется вверх с ускорением 0,5 м/с². Каким запасом прочности обладает трос, если его поперечное сечение 1,4 см².
- 2.5.20** Для взятия пробы грунта со дна океана используется специальный прибор, опускаемый на стальном тросе. Какова предельная глубина погружения прибора, если предел прочности на разрыв стального троса $5 \cdot 10^8$ Н/м²? Масса прибора по сравнению с массой троса пренебрежимо мала. Плотность стали $7,8 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность морской воды $1,03 \cdot 10^3$ кг/м³.

2.6 Закон всемирного тяготения. Искусственные спутники.

- 2.6.1⁰** Найти силу притяжения между двумя кораблями массой 100 000 т, если расстояние между ними равно 100 м.
- 2.6.2⁰** Во сколько раз и как нужно изменить расстояние между материальными точками, чтобы сила тяготения уменьшилась в 2 раза? увеличилась в 4 раза?

- 2.6.3⁰** Между всеми телами обладающими массой существует сила гравитационного притяжения. Почему мы замечаем притяжение тел к Земле и не замечаем взаимного тяготения окружающих нас предметов друг к другу?
- 2.6.4** Определить силы, с которыми действуют друг на друга вследствие тяготения два соприкасающихся свинцовых шара диаметром 1 м каждый. Плотность свинца 11340 кг/м^3 .
- 2.6.5** Радиус Марса составляет 0,53 радиуса Земли, а масса - 0,11 массы Земли. Найти ускорение свободного падения на Марсе, если ускорение свободного падения на поверхности Земли равно $9,8 \text{ м/с}^2$.
- 2.6.6** Средняя плотность Венеры $\rho = 5200 \text{ кг/м}^3$, а радиус планеты $R = 6100 \text{ км}$. Найти ускорение свободного падения на поверхности Венеры.
- 2.6.7** На каком расстоянии от поверхности Земли ускорение свободного падения равно 1 м/с^2 ?
- 2.6.8** Каково ускорение свободного падения на высоте равной радиусу Земли?
- 2.6.9** Среднее расстояние между центрами Земли и Луны равно 60 земным радиусам, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. В какой точке на прямой, соединяющей центры этих планет, тело будет притягиваться ими с одинаковой силой?
- 2.6.10** Считая, что Земля движется вокруг Солнца по круговой орбите с радиусом $1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$, определить массу Солнца; ускорение силы тяжести на поверхности Солнца, если его радиус $6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$. Период обращения Земли вокруг Солнца принять равным 365 суткам.
- — —
- 2.6.11** Какая сила удерживает спутник на орбите? Какая сила сообщает ему нормальное ускорение?
- 2.6.12** Почему при запуске спутника Земли с экватора в направлении вращения Земли затрачивается меньше энергии?
- 2.6.13** Вычислить первую космическую скорость на высоте равной радиусу Земли, если он равен 6400 км. Чему равен период обращения такого спутника?
- 2.6.14** Может ли спутник обращаться вокруг Земли по круговой орбите со скоростью 1 км/с ? При каком условии это возможно?
- 2.6.15** Искусственный спутник Земли двигался по круговой орбите со скоростью 7 км/с . Определить расстояние от поверхности Земли до спутника.
- 2.6.16** Первый в мире летчик-космонавт Ю.А. Гагарин на корабле-спутнике "Восток-1" двигался вокруг Земли по орбите, среднее расстояние которой от поверхности Земли равнялось 251 км. Считая орбиту круговой, определить скорость корабля на орбите и период его обращения вокруг Земли.
- 2.6.17** Какую линейную скорость имел на орбите спутник "Восток-2" если период его обращения вокруг Земли $T=88,6 \text{ мин}$? Орбиту считать круговой. Радиус Земли 6400 км.

- 2.6.18** Определить период обращения и орбитальную скорость искусственного спутника, движущегося вокруг Луны на высоте 200 км от ее поверхности, если масса Луны $7,3 \cdot 10^{22}$ кг и радиус Луны 1700 км.
- 2.6.19** (*) Спутник Марса Фобос обращается вокруг него по орбите радиуса 9400 км с периодом 7 ч 39 мин. Во сколько раз масса Марса меньше массы Земли?
- 2.6.20** Какова первая космическая скорость для планеты, масса и радиус которой в 2 раза больше, чем у Земли?
- 2.6.21** Какова первая космическая скорость для планеты с такой же плотностью, как у Земли, но вдвое меньшим радиусом?
- 2.6.22** На какой высоте должен вращаться спутник над экватором по круговой орбите, чтобы он был геостационарным (т.е. чтобы он находился все время над одной и той же точкой Земли)?

2.7 Вес тела. Невесомость. Перегрузки.

- 2.7.1**⁰ На доске стоит человек. Внезапно он приседает. Что произойдет в первый момент: увеличится или уменьшится его вес?
- 2.7.2** С какой силой давит на дно лифта груз, массой 10 кг, если лифт движется с ускорением 2 м/с^2 направленным вверх? направленным вниз? Зависит ли сила давления от направления движения?
- 2.7.3** Подвешенное к динамометру тело массой 2 кг поднимается вверх. Что покажет динамометр при подъеме тела с ускорением 2 м/с^2 ? При равномерном подъеме?
- 2.7.4** Груз, на который действует сил тяжести 1500 Н лежит на дне кабины равнопеременно движущегося лифта и давит на дно с силой 1800 Н. Определить величину и направление ускорения.
- 2.7.5** С какой силой давит космонавт на опору при вертикальном взлете ракеты с ускорением $9g$? Какую перегрузку он при этом испытывает?
- 2.7.6** Определите вес человека массой 60 кг, если он стоит на горизонтальной поверхности и если он находится на наклонной плоскости с углом наклона 45° .
- 2.7.7** В лифте находится пассажир массой 60 кг. График изменения скорости лифта при подъеме изображен на рис.9 Постройте график зависимости веса пассажира от времени.
- 2.7.8** Определите вес тела массой 200 кг в точках А и В (рис.10), если $R_1 = 50 \text{ м}$, $v_1 = 10 \text{ м/с}$, $R_2 = 100 \text{ м}$, $v_2 = 20 \text{ м/с}$
- 2.7.9** Автомобиль проходит середину выпуклого моста радиусом 80 м со скоростью 72 км/ч. Найти вес автомобиля, если его масса 1,5 т. С какой скоростью должен был двигаться автомобиль, чтобы в верхней точке он оказался в состоянии невесомости?

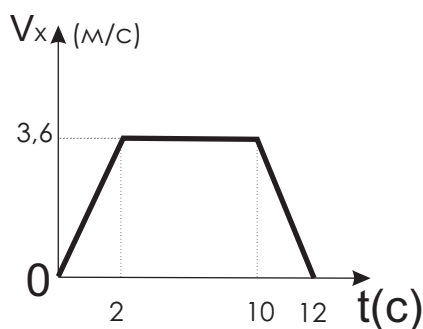


Рис. 9:

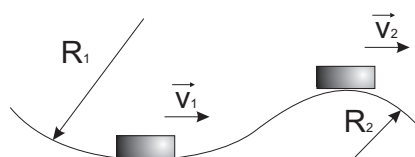


Рис. 10:

2.7.10 Барабан центрифуги бытовой стиральной машины имеет радиус 30 см и вращается с частотой 900 об/мин. Каков вес белья массой 1 кг, заложенного в барабан? Как он направлен?

2.7.11 Летчик массой 70 кг описывает на самолете, летящим со скоростью 1000 км/ч, "мертвую петлю" радиусом 500 м. Каков вес пилота в верхней и нижней точках мертвой петли?

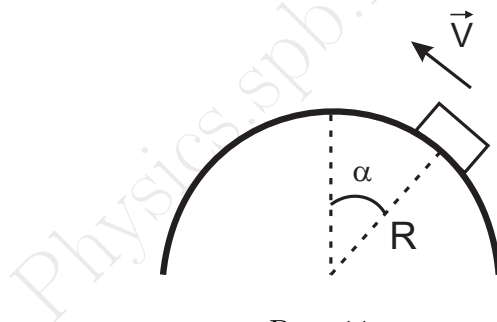


Рис. 11:

2.7.12 По выпуклому мосту, радиус кривизны которого $R = 90$ м, со скоростью $v = 54$ км/ч движется автомобиль массой $m = 2$ т. В точке моста, направление на которую из центра кривизны моста составляет с направлением на вершину моста угол α (рис.11), автомобиль давит с силой 14400 Н. Определить угол α .

— — —

2.7.13⁰ В какой момент движения межпланетного корабля космонавт почувствует состояние невесомости?

2.7.14 На экваторе некоторой планеты тела весят вдвое меньше, чем на полюсе. Плотность вещества планеты ρ . Определить период обращения планеты вокруг своей оси.

2.7.15 Найти среднюю плотность планеты, у которой на экваторе пружинный весы показывают вес тела на 10% меньше, чем на полюсе. Сутки на планете составляют $T = 24$ ч.

2.7.16 Какой продолжительности должны быть сутки на Земле, чтобы тела на экваторе были невесомы?

2.7.17 Как вес тела зависит от географической широты?

2.7.18⁰ В каком случае и почему при трении о воздух космическая ракета нагревается сильнее: при ее запуске или при спуске на Землю?

2.7.19⁰ Справедливы ли в условиях невесомости законы Паскаля и Архимеда?

2.8 Движение тела в поле силы тяжести

2.8.1⁰ Один шарик столкнули с края стола, сообщив ему определенную горизонтальную скорость, а другому дали свободно падать с той же высоты. Одновременно ли упадут оба шарика на пол?

2.8.2 Тело брошено со скоростью 20 м/с в горизонтальном направлении с высоты 20 м от Земли. Сколько времени летело тело? С какой по величине скоростью оно упадет на Землю? Какой путь пролетит по горизонтали?

2.8.3 Тело брошено с горизонтальной скоростью 9 м/с падает на расстоянии 18 м по горизонтали. С какой высоты падало тело? Сколько времени находилось в полете? С какой по величине скоростью оно приземлилось?

2.8.4 Тело, брошенное горизонтально находилось в полете 2 с и упало на расстоянии 10 м по горизонтали. С какой по величине скоростью оно упало на Землю? Какова величина начальной и конечной скорости?

2.8.5 Дальность полета тела, брошенного горизонтально со скоростью 10 м/с, равна высоте бросания. С какой высоты было брошено тело? С какой скоростью оно упало на землю?

2.8.6 Как изменится время и дальность полета тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты, если скорость бросания увеличить вдвое?

2.8.7 Тело, брошенное под углом к горизонту со скоростью 16 м/с, достигло максимальной высоты 5 м, а затем упало на Землю. Найти дальность полета, угол бросания, длительность полета.

2.8.8 Найти высоту подъема, время подъема, время полета, дальность полета и скорость тела в верхней точке траектории движения, брошенного со скоростью 40 м/с под углом 60° к горизонту.


2.8.9 Мяч бросают с крыши, находящейся на высоте 20 м от поверхности земли. Его начальная скорость равна 25 м/с и направлена: а) горизонтально; б) вверх под углом 30° к горизонту; в) вниз под углом 30° к горизонту. Чему равна дальность полета по горизонтали и с какой скоростью тело упало на землю.

2.8.10 Камень брошен горизонтально. Через 3 с его скорость оказалась направленной под углом 45° к горизонту. Найдите модули начальной скорости и скорости тела спустя 3 с от начала движения.

2.8.11 Снаряд, вылетевший из орудия под углом к горизонту, находился в полете 12 с. Какой наибольшей высоты достиг снаряд?

- 2.8.12** Под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту брошено тело с начальной скоростью $v = 20$ м/с к горизонту. Через сколько времени t оно будет двигаться под углом $\beta = 45^\circ$ к горизонту? Трение отсутствует.
- 2.8.13** Камень, брошенный под углом к горизонту с Земли, падает на уровень бросания со скоростью 9,8 м/с. Зная, что в процессе полета его максимальная скорость вдвое больше минимальной, найти дальность полета, угол бросания, максимальную высоту подъема.
- 2.8.14** Два тела брошены одновременно из одной точки: одно вертикально вверх, другое под углом 60° к горизонту. Начальная скорость каждого тела $v_0 = 25$ м/с. Найдите расстояние между телами спустя 1,7 с после начала движения.
- 2.8.15** Вертолет опускается вертикально вниз со скоростью 4 м/с. В 100 м от Земли с него сбрасывают груз в горизонтальном направлении со скоростью 2 м/с относительно вертолета. На каком расстоянии от точки посадки вертолета упадет груз и с какой скоростью?
- 2.8.16** С самолета, летящего горизонтально на высоте 500 м с постоянной скоростью 300 м/с, сбрасывается бомба. На каком расстоянии по горизонтали должно быть сброшена бомба, если цель неподвижна? движется в том же направлении со скоростью 20 м/с? Под каким углом к горизонту упадет бомба?
- 2.8.17** С поверхности Земли, одновременно бросают два тела: одно вертикально вверх, второе - под углом к горизонту. Найдите угол, под которым бросили второе тело, если оба тела упали одновременно, причем высота подъема тела, брошенного вертикально вверх, равна расстоянию, на котором второе тело упало от точки бросания.
- 2.8.18** С желоба длиной 1,5 м, без трения, наклоненного под углом 30° к горизонтальной поверхности стола высотой 1 м, скользит тело. На каком расстоянии от стола оно упадет на пол?
- 2.8.19** Упругое тело падает с высоты h на наклонную плоскость. Определить, через сколько времени t после отражения тело упадет на наклонную плоскость. Как время зависит от угла наклонной плоскости?
- — —
- 2.8.20** На каком расстоянии от места броска упадет мячик, брошенный с пола со скоростью v под углом α к горизонту, если при броске он ударяется о потолок? Высота потолка h , удар упругий, сопротивлением воздуха пренебречь.
- 2.8.21** С крыши здания высотой 20 м бросают горизонтально тело с начальной скоростью 10 м/с. Затем оттуда же под углом 45° вверх к горизонту бросают второе тело с некоторой начальной скоростью так, что оно падает на поверхность земли в той же точке, что и первое тело. Найти начальную скорость второго тела и записать уравнения траектории движения обоих тел, в системе отсчета связанной с землей.

2.9 Движение по наклонной плоскости

- 2.9.1** Груз массой 100 кг равномерно перемещают по горизонтальной поверхности, прикладывая силу под углом 30° к горизонту. Найти величину этой силы в двух случаях: а) груз тянут; б) груз толкают. Коэффициент трения 0,3. Что выгоднее: тянуть или толкать? 
- 2.9.2** По наклонной плоскости длиной 18 м и высотой 6 м равномерно втащили груз массой 180 кг, приложив силу 770 Н, направленную вдоль плоскости. Найти коэффициент трения.
- 2.9.3** По наклонной плоскости с углом наклона 30° ускоренно перемещают тело массой 20 кг, прикладывая силу 1500 Н направленную вниз параллельно наклонной поверхности. Коэффициент трения равен 0,2. Найти значение ускорения тела.
- 2.9.4** С каким ускорением лыжник спускается с горки, угол наклона которой к горизонту 30° . Трением пренебречь.
- 2.9.5** Определить силу трения вагонетки, скатывающейся с горки с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$, если угол наклона к горизонту 30° . Масса вагонетки 2 т.
- 2.9.6** Какую силу надо приложить, чтобы поднять по наклонной плоскости тело массой 8 кг с ускорением 3 м/с^2 , если угол наклона плоскости к горизонту 30° . Трением пренебречь.
- 2.9.7** С каким ускорением скатывается с горки автомобиль с выключенным двигателем, если его масса 1 т, сила трения 1000 Н, а угол наклона 20° ?
- 2.9.8** Определить силу трения автомобиля массой 3 т, скатывающегося с выключенным мотором с горки с ускорением 1 м/с^2 , если угол наклона горки к горизонту 8° .
- 2.9.9** С каким ускорением будет подниматься тело массой 2 кг по наклонной плоскости с углом наклона 45° под действием силы 18,2 Н? Трением пренебречь.
- 2.9.10** Длина наклонной плоскости 250 см, высота 25 см. С каким ускорением будут соскальзывать тела, если не учитывать трение?
- 2.9.11** Какую силу нужно приложить для подъема по наклонной плоскости тела массой 4 кг с ускорением 1 м/с^2 , если угол наклона плоскости к горизонту 18° , а сила трения тела о плоскость равна 3,6 Н.
- 2.9.12** Тело соскальзывает с наклонной плоскости с $\alpha = 30^\circ$. Трением пренебречь. Составить уравнения движения $S(t), V(t)$, если начальная скорость $v_0 = 0$
- 2.9.13** Тело соскальзывает с наклонной плоскости с углом наклона 45° . Коэффициент трения $\mu = 0,4$. Составить уравнение скорости и определить скорость через 2 с.
- 2.9.14** С вершины наклонной плоскости высотой 10 м и углом наклона к горизонту 18° начинает соскальзывать тело. Определите скорость тела в конце спуска и продолжительность спуска, если $\mu = 0,1$.
- 2.9.15** Чему равен коэффициент трения колес автомобиля о дорогу, если автомобиль удерживается тормозом на горе с углом наклона 8° ?

- 2.9.16** Тело массы m покоится на наклонной плоскости с углом наклона α . Чему равная сила трения? Изменится ли она и как, если угол наклона увеличить?
- 2.9.17** Автомобиль массой 2 т поднимается в гору с уклоном 0,2 (т.е. $\sin \alpha = \frac{h}{l} = 0,2$). На участке пути в 32 м скорость автомобиля возросла от 21,6 до 36 км/ч. Считая движение автомобиля равноускоренным, определить силу тяги двигателя. Коэффициент трения равен 0,02.
- 2.9.18** Тело брошено вверх по наклонной плоскости с углом $\alpha = 32^\circ$ и с начальной скоростью 20 м/с. Коэффициент трения равен 0,5. Составьте уравнения скорости $v(t)$, пройденного пути $S(t)$ и определите пройденный путь и скорость через 2 с после начала движения.
- 2.9.19** Тело брошено вверх по наклонной плоскости с углом наклона 28° . Начальная скорость тела равна 13 м/с. Коэффициент трения 0,2. Найти время подъема тела до остановки и время спуска.
- 2.9.20** Тело массой 200 кг равномерно поднимают по наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом, прикладывая силу 1500 Н вдоль линии движения. С каким ускорением тело будет соскальзывать вдоль наклонной плоскости, если его отпустить?
- 2.9.21** По склону горы длиной $l = 50$ м на веревке спускают санки массой 60 кг. Высота горы 10 м. Определить силу натяжения веревки, считая ее постоянной, если санки у основания горы имеют скорость 5 м/с, а сила трения f составляет 10% от силы тяжести действующей на санки. Начальная скорость санок равна нулю.
- 2.9.22** На наклонной плоскости находится тело массой 50 кг, на которое действует горизонтально направленная сила 294 Н (рис. 12). Определить ускорение тела и силу, с которой оно давит на на плоскость. Наклонная плоскость составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Трение не учитывать.

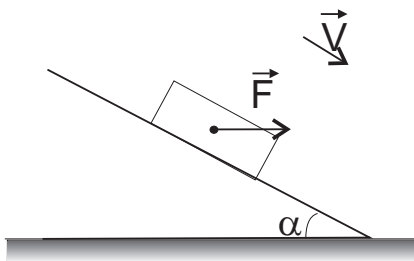


Рис. 12:

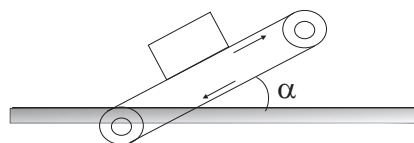


Рис. 13:

- 2.9.23** На тело массой $m=100$ кг, лежащее на наклонной плоскости, которая образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, действует сила 1500 Н, направленная вверх под углом $\beta = 30^\circ$ к наклонной плоскости. Определить силу трения тела о плоскость; ускорение, с которым поднимается тело. Коэффициент трения равен 0,1.
- 2.9.24** Для равномерного подъема тела массой 100 кг по наклонной плоскости с углом наклона 30° к горизонту необходимо приложить силу 600 Н, параллельную плоскости. С каким

ускорением будет двигаться тело, если его отпустить? При каком угле наклона плоскости к горизонту тело двигаться вниз равномерно?

2.9.25 Ледяная гора составляет с горизонтом угол 10° . По ней пускают вверх камень, который поднявшись на некоторую высоту, затем соскальзывает по тому же пути вниз. Найти коэффициент трения, если время спуска в 2 раза больше времени подъема?

2.9.26 Ленточный подъемник образует угол α с горизонтом (рис.13). С каким максимальным ускорением может подниматься ящик на таком подъемнике, если коэффициент трения равен μ ? Лента подъемника не прогибается.

2.9.27 Тело массой m лежит на наклонной плоскости, угол наклона которой может изменяться от 0 до 90° . Построить график зависимости силы трения от угла наклона плоскости к горизонту. Явлением застоя пренебречь.

2.10 Динамика движения по окружности

2.10.1 С какой силой давит трамвай массой 9 т на рельсы на выпуклом и вогнутом участках пути, если радиус кривизны рельсов 12 м, а скорость трамвая $7,2$ км/ч?

2.10.2 Каков должен быть минимальный коэффициент трения скольжения между шинами автомобиля и асфальтом, чтобы автомобиль мог пройти закругление с радиусом 200 м при скорости 108 км/ч?

2.10.3 По дорожке для мотогонок движется мотоцикл со скоростью 18 м/с. Дорожка сделана с наклоном в 40° к горизонту. Чему равен ее радиус закругления?

2.10.4 Дорожка для велосипедных гонок делает закругление с радиусом 40 м. Дорожка сделана с наклоном в 30° к горизонту. На какую скорость рассчитан такой наклон?

2.10.5 Мотоциклист движется со скоростью 72 км/ч по кругу радиусом 45 м. Найти угол наклона мотоциклиста к горизонту.

2.10.6 По кривой какого радиуса проедет велосипедист, если он движется со скоростью 6 м/с?. Предельный угол наклона к дороге 50° .

2.10.7 На какую высоту следует поднять наружный рельс ж/д пути на закруглении радиусом 300 м при ширине колеи $1,52$ м для скорости движения поездов 30 км/ч.

2.10.8 Чему будет равна максимальная скорость мотоциклиста, если он будет ехать по наклонному треку с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ при радиусе закругления 90 м? Коэффициент трения колес о трек равен $0,4$.

2.10.9 Конический маятник имеет высоту h . Определите его период.

2.10.10 Груз массой $0,1$ кг подвешенный к шнуру длиной 1 м, движется в горизонтальной плоскости так, что шнур описывает коническую поверхность и отклоняется от вертикали на угол $\alpha = 60^\circ$. Определить силу натяжения нити и период вращения груза.

2.10.11 Человек находится на краю круглой горизонтальной платформы радиусом 4 м. Сколько оборотов в секунду должна делать платформа вокруг вертикальной оси, чтобы человек не мог удержаться на ней при коэффициенте трения 0,16?

2.10.12 Горизонтально расположенный диск вращается относительно вертикальной оси, проходящей через его центр с угловой скоростью 3,0 рад/с. При каком коэффициенте трения тело может удержаться на диске на расстоянии 20,9 см от оси вращения? Удержится ли это тело на диске, если угловую скорость вращения увеличить?

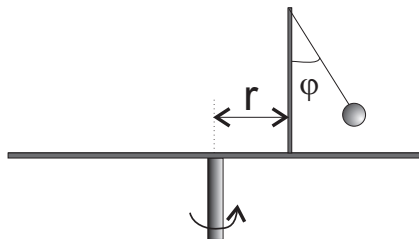


Рис. 14:

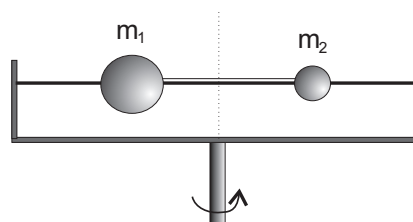


Рис. 15:

2.10.13 На горизонтально вращающемся столике на расстоянии $r = 10$ см от оси вращения закреплен вертикальный стержень (рис.14), к вершине которого привязана нить. К концу нити прикреплен шарик массой m . С какой частотой вращается столик, если нить составляет с вертикалью угол $\varphi = 45^\circ$. Длина нити $l = 6$ см.

2.10.14 Два шарика массами $m_1 = 40$ г и $m_2 = 10$ г, надетые на горизонтальный стержень, связаны нитью длиной $l = 20$ см (рис.15). Определить силу натяжения нити при вращении стержня с угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с, если шарики не смещаются относительно оси вращения. Трением шариков о стержень пренебречь. Нить считать невесомой и нерастяжимой. Ось вращения проходит между шариками. Размерами шариков можно пренебречь.

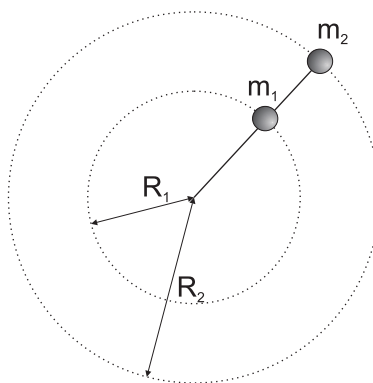


Рис. 16:

2.10.15 Две точечные массы m_1 и m_2 прикреплены к нити и находятся на абсолютно гладком столе. Расстояния от них до закрепленного конца нити равны R_1 и R_2 соответственно

(рис.16). Система вращается в горизонтальной плоскости вокруг оси, проходящей через закрепленный конец с угловой скоростью ω . Найти силы натяжения участков нити.

2.11 Динамика движения системы связанных тел

2.11.1 Определите ускорение каждого тела (рис.17) и силу натяжения невесомой и нерастяжимой нити, если масса $m_1 = 3\text{кг}$, $m_2 = 5\text{кг}$, и сила $F = 24\text{Н}$. Силой трения пренебречь.

2.11.2 Определите ускорение каждого тела (рис.18) и силу натяжения невесомой и нерастяжимой нити, если масса $m_1 = 0,2\text{кг}$, $m_2 = 40\text{кг}$, и силы $F = 0,5\text{Н}$, $f = 0,2\text{Н}$. Трением пренебречь.

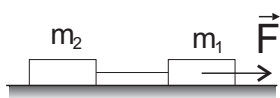


Рис. 17:

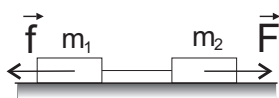


Рис. 18:

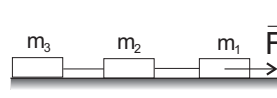


Рис. 19:

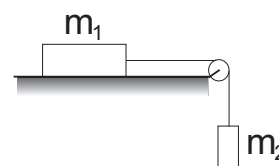


Рис. 20:

2.11.3 Определите ускорение каждого тела (Рис. 19) и силу натяжения невесомой и нерастяжимой нити T_1 и T_2 , если масса $m_1 = m_2 = m_3 = m = 2\text{кг}$, коэффициент трения для всех тел $\mu = 0,4$ и сила $F = 48\text{Н}$.

2.11.4 Определите ускорение каждого тела (Рис.20) и силу натяжения невесомой и нерастяжимой нити, если масса $m_1 = 7\text{кг}$, $m_2 = 3\text{кг}$, коэффициент трения $\mu = 0,2$

2.11.5 Определите ускорение каждого тела (Рис.21) и силы натяжения невесомых и нерастяжимых нитей T_1 , T_2 , если масса $m_1 = 3\text{кг}$, $m_2 = 7\text{кг}$, $m_3 = 10\text{кг}$, коэффициент трения $\mu_1 = \mu_2 = 0,1$

2.11.6 Определите ускорение каждого тела (Рис.22) и силы натяжения невесомых и нерастяжимых нитей, если известны массы тел $m_1 = 8\text{кг}$ и $m_2 = 12\text{кг}$

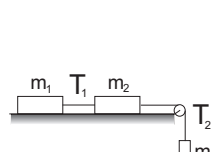


Рис. 21:

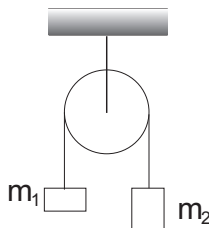


Рис. 22:

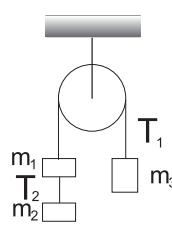


Рис. 23:

2.11.7 Определите ускорение каждого тела (Рис.23) и силы натяжения невесомых и нерастяжимых нитей T_1 и T_2 , если известны массы тел $m_1 = 1\text{ кг}$, $m_2 = 7\text{ кг}$ и $m_3 = 12\text{ кг}$

- 2.11.8** Через блок, подвешенный к крюку динамометра, перекинута невесомая нерастяжимая нить (Рис.24), к концам которой привязаны две гири m_1 и m_2 . При движении гирь под действием силы тяжести динамометр показывает силу $Q = 30\text{ Н}$. Какова масса гири m_2 , если $m_1 = 1\text{ кг}$?
- 2.11.9** На штанге укреплен невесомый блок (Рис.25), через который перекинута невесомая нерастяжимая нить с двумя грузами $m_1 = 500\text{ г}$ и $m_2 = 100\text{ г}$. В грузе m_2 имеется отверстие через которое проходит штанга. Сила трения m_2 о штангу постоянна и равна 3 Н . Найти ускорение и силу натяжения нити.
- 2.11.10** К перекинутой через блок нити подвешен груз массой $m_1 = 2\text{ кг}$ на который поставлен перегрузок $m_2 = 0,5\text{ кг}$ (Рис.26). Определите ускорение тел, силу натяжения нити и вес перегрузка, если сила $F = 60\text{ Н}$. Какова сила давления на ось блока?
- 2.11.11** Определите ускорение тел и вес перегрузка (Рис.27), если $m_1 = m_3 = 20\text{ кг}$, $m_2 = 5\text{ кг}$, коэффициент трения для горизонтальной поверхности $\mu_1 = 0,1$, считать что трение о вертикальную поверхность отсутствует.

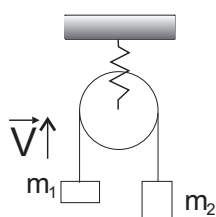


Рис. 24:

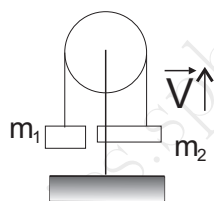


Рис. 25:

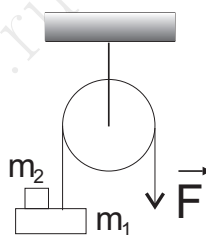


Рис. 26:

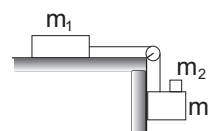


Рис. 27:

- 2.11.12** Две гири массами $m_1 = 7\text{ кг}$ и $m_2 = 11\text{ кг}$ висят на концах нити перекинутой через блок. Гири вначале находятся на одной высоте. Через сколько времени после начала движения, гиря m_1 , окажется на 10 см выше гири m_2 ?
- 2.11.13** Найти ускорение и силы натяжения нитей (Рис.28) T_1 и T_2 , если $m_1 = 3\text{ кг}$, $m_2 = 4\text{ кг}$, $m_3 = 5\text{ кг}$, $\alpha = 30^\circ$, $\mu = 0,2$. Считать, что нить невесома и нерастяжима.

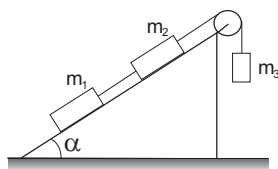


Рис. 28:

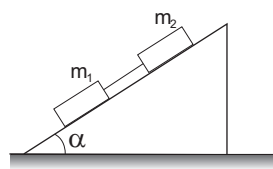


Рис. 29:

- 2.11.14** Определить натяжение невесомой и нерастяжимой нити T при движении брусков (Рис.29), если коэффициент трения μ верхнего бруска о плоскость в 2 раза больше коэффициента трения нижнего. Считать, что $m_1 = m_2 = m$.

2.11.15 Через невесомый блок, укрепленный на ребре призмы, грани которой образуют углы α и β с горизонтом, перекинута нить (рис.30). К концам нити прикреплены грузы массами m_1 и m_2 . Найти ускорения грузов и силу натяжения нити. Трением пренебречь.

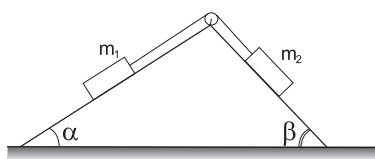


Рис. 30:

2.11.16 Два бруска массами m_1 и m_2 , связанные нерастяжимой нитью, находятся на горизонтальной плоскости. К ним приложены силы F_1 и F_2 (рис.31), составляющие с горизонтом углы α и β . Найти ускорение системы α и силу натяжения T нити. Коэффициенты трения брусков о плоскость одинаковы и равны μ . Считать, что система движется влево.

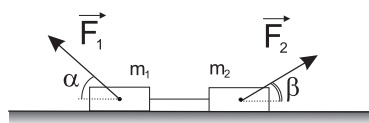


Рис. 31:

2.11.17 Бруски A и B массами m_2 и m_1 находятся на столе (рис.32). К бруску B приложена сила F , направленная под углом α к горизонту. Найти ускорения движения брусков, если коэффициенты трения брусков друг о друга и бруска о стол равны соответственно μ_1 и μ_2 . Сила трения между поверхностями максимальна.

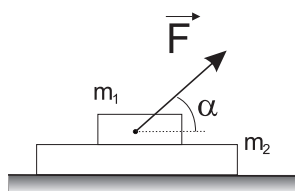


Рис. 32:

2.11.18 На наклонную плоскость с углом α помещена плоская плита массой m_2 , а на нее - брусок массой m_1 . Коэффициент трения между бруском и плитой μ_1 . Определить, при каких значениях коэффициента трения μ_2 между плитой и плоскостью плита не будет двигаться, если известно, что брусок скользит по плите (рис.33)

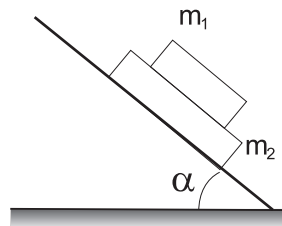


Рис. 33:

2.11.19 На гладкой горизонтальной плоскости лежат два груза массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг, соединенные невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через два неподвижных и один подвижный блок (Рис.34). Блоки невесомы и трения в осях блоков нет. К оси подвижного блока приложена некоторая направленная вертикально вниз сила, в результате чего подвижный блок движется с ускорением $a_0 = 3$ м/с². Найдите величину этой силы.

2.11.20 В системе, изображенной на рисунке 35, масса груза, лежащего на шероховатой горизонтальной плоскости, равна $m = 2$ кг. При подвешивании к оси подвижного блока груза

массой $M = 2,5$ кг он движется вниз с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Чему равен коэффициент трения между грузом массой m и горизонтальной поверхностью? Трением в осях блоков пренебречь.

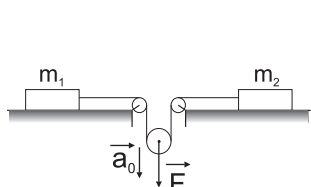


Рис. 34:

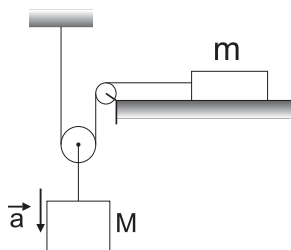


Рис. 35:

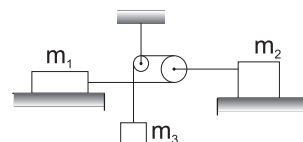


Рис. 36:

2.11.21 В системе изображенной на рисунке 36, трения нет. Массы тел $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 4$ кг, $m_3 = 1$ кг. Найти силу натяжения нити и ускорение третьего груза.

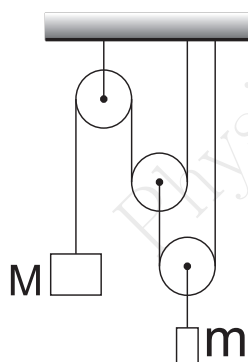


Рис. 37:

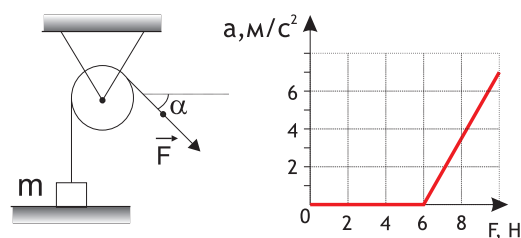


Рис. 38:

2.11.22 Найдите ускорение груза массой M в системе, изображенной на рисунке 37. Трения в системе нет. Масса большого тела M , масса малого - m .

2.11.23 Массивный груз, покоящийся на горизонтальной опоре, привязан к легкой нерастяжимой веревке, перекинутой через идеальный блок. К веревке прикладывают постоянную силу F , направленную под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту (Рис.38). Зависимость модуля ускорения груза от модуля силы F представлена на графике. Чему равна масса груза?