

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, покатился 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)

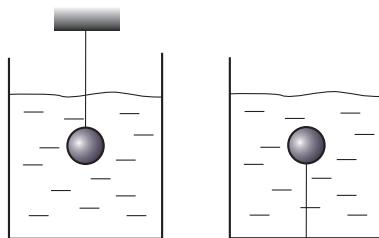


Рис. 1:

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 кг после удара, длящегося 0,02 с приобретает скорость 10 м/с. Найти силу удара.

2.2.5 Определить силу торможения танка массой 60т, 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 клеть; б) силу натяжения троса в начале спуска клети с тем же ускорением; в) силу натяжения троса при движении клети с постоянной скоростью вверх и вниз.
- 2.2.9** Шайба, скользившая по льду после удара о клюшку, остановилась через время $t=5$ 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 дм³ с ускорением 3 м/с^2 . Плотность стекла 2500 кг/м³.
- 2.2.15** С каким максимальным ускорением можно поднимать с помощью веревки тело массой 200 кг, если веревка выдерживает неподвижный груз массой 240 кг?

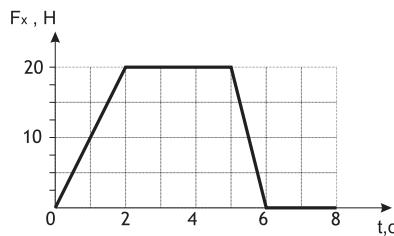


Рис. 2:

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 натяжение 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?

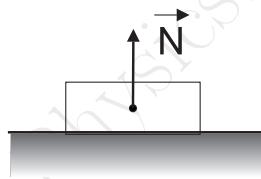


Рис. 3:

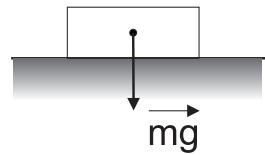


Рис. 4:

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 $\mu = 0,05$.

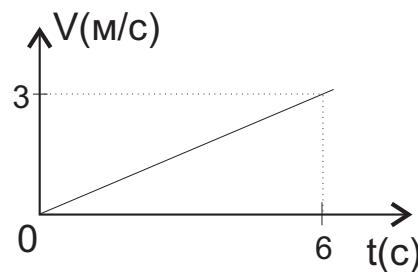


Рис. 5:

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,держивающую 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?

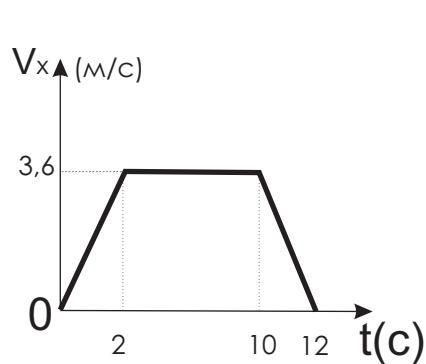


Рис. 6:

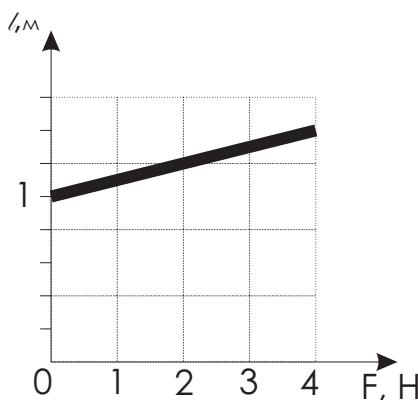


Рис. 7:

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 м/с². Коэффициент трения равен 0,01.

2.5.9 Какова жесткость двух последовательно 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?

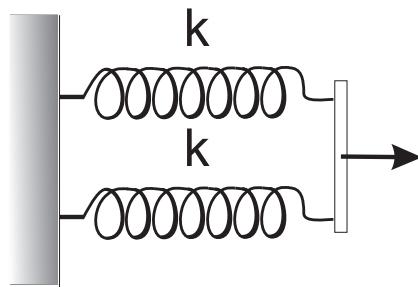


Рис. 8:

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 см^2 при подвешивании к нему груза массой 2 т? Модуль упругости стали равен $2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$.

2.5.16 К алюминиевой проволоке длиной 2 м и площадью поперечного сечения 4 мм^2 подвесили груз, под действием которого она удлинилась на 1 мм. Определите силу упругости, возникающую в проволоке. Модуль упругости алюминия равен $7,1 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$.

2.5.17 К медной проволоке длиной 1,2 м и площадью поперечного сечения 5 мм^2 подвесили груз массой 10 кг. Определите абсолютное и относительное удлинение проволоки и работу растяжения проволоки. Модуль упругости алюминия равен $1,18 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$.

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/м^2 . 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 $5,5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$. Лифт движется вверх с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Каким запасом прочности обладает трос, если его поперечное сечение $1,4 \text{ см}^2$.

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 $5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$? Масса прибора по сравнению с массой троса пре-небрежимо мала. Плотность стали $7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность морской воды $1,03 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

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/м³.

2.6.5 Радиус Марса составляет 0,53 радиуса Земли, а масса - 0,11 массы Земли. Найти ускорение свободного падения на Марсе, если ускорение свободно падения на поверхности Земли равно 9,8м/с².

2.6.6 Средняя плотность Венеры $\rho = 5200\text{кг/м}^3$, а радиус планеты $R = 6100$ км. Найти ускорение свободного падения на поверхности Венеры.

2.6.7 На каком расстоянии от поверхности Земли ускорение свободного падения равно 1 м/с²?

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 стукам.

— — —

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 обращатьсяся 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 $T=88,6$ 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.

2.7.1⁰ 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 A и B (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?

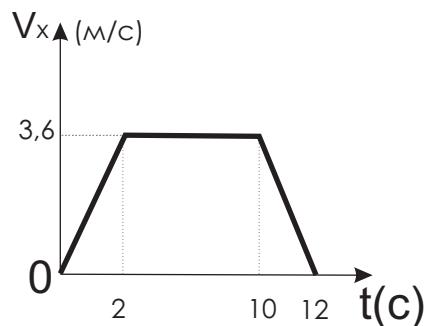


Рис. 9:

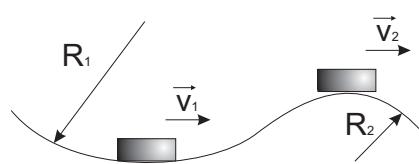


Рис. 10:

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, летящем со скоростью 1000 км/ч, "мертвую петлю" радиусом 500 м. Каков вес пилота в верхней и нижней точках мертвого петли?

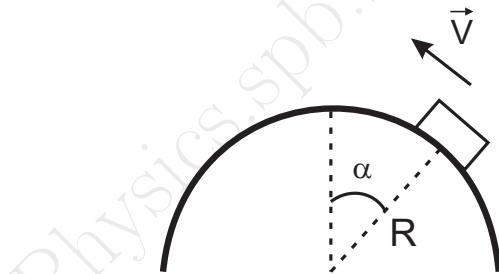


Рис. 11:

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 почтвует 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/св 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/си 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 $v = 20\text{м/с}$ к горизонту. Через сколько времени t оно будет двигаться по 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 $9,8\text{ м/с}$. 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 $v_0 = 25\text{м/с}$. Найдите расстояние между телами спустя $1,7$ с после начала движения.

2.8.15 Вертолет опускается вертикально вниз со скоростью 4м/с . В 100 м от Земли с него сбрасывают груз в горизонтальном направлении со скоростью 2м/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 $1,5\text{ м}$, 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? R
- 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 ускорение 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 равна 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 скользить 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.

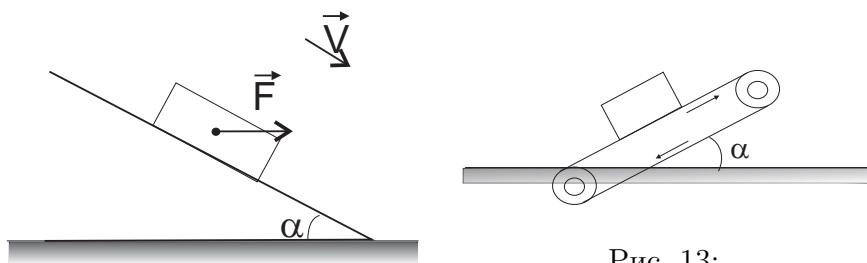


Рис. 13:

Рис. 12:

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 1м, 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?

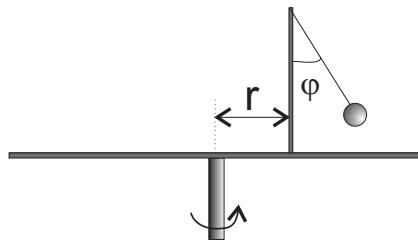


Рис. 14:

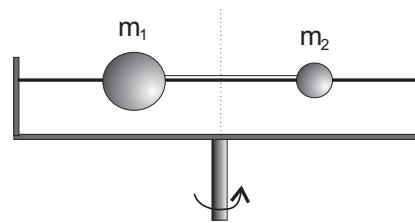


Рис. 15:

2.10.13 На горизонтально вращающемся столике на расстоянии $r = 10\text{ см}$ 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 $l = 6\text{ см}$.

2.10.14 Два шарика массами $m_1 = 40\text{ г}$ и $m_2 = 10\text{ г}$, надетые на горизонтальный стержень, связаны нитью длиной $l = 20\text{ см}$ (рис.15). Определить силу натяжения нити при вращении стержня с угловой скоростью $\omega = 10\text{ рад/с}$, 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.

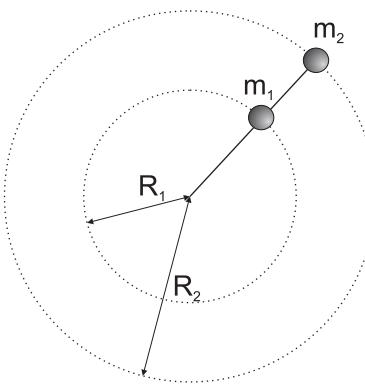


Рис. 16:

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.

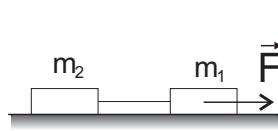


Рис. 17:

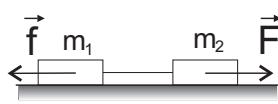


Рис. 18:

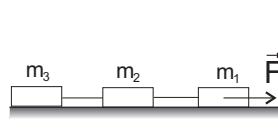


Рис. 19:

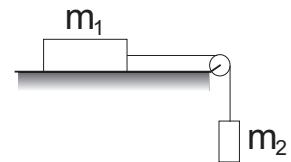


Рис. 20:

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 $m_2 = 12\text{кг}$

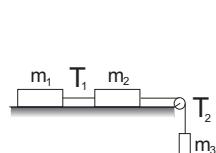


Рис. 21:

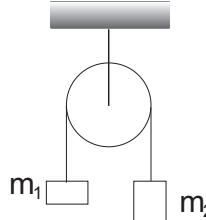


Рис. 22:

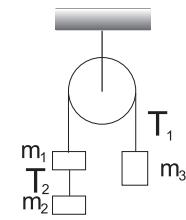


Рис. 23:

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 3Н . 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.

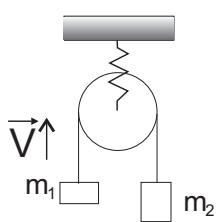


Рис. 24:

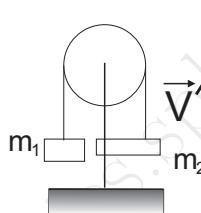


Рис. 25:

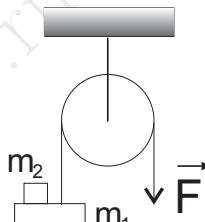


Рис. 26:

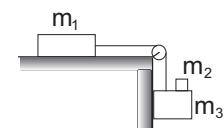


Рис. 27:

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.

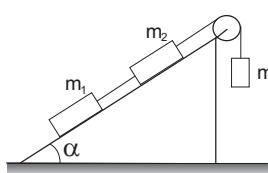


Рис. 28:

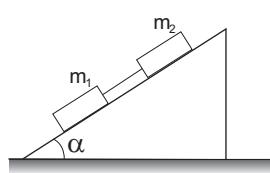


Рис. 29:

2.11.14 Определить натяжение невесомой и нерастяжимой нити T при движении брусков (Рис.29), если коэффициент трения 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.

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.

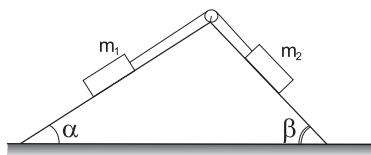


Рис. 30:

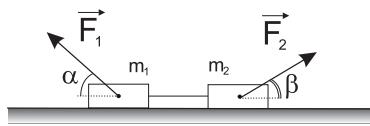


Рис. 31:

2.11.17 Бруски A и B массами m_2 и m_1 находятся на столе (рис.32). К бруски 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.

2.11.18 На наклонную плоскость с углом α помещена плоская плита массой m_2 , а на нее - брусков 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 брусков скользит по плите (рис.33)

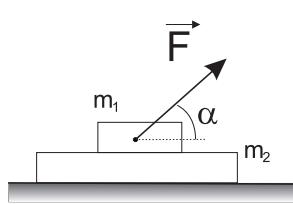


Рис. 32:

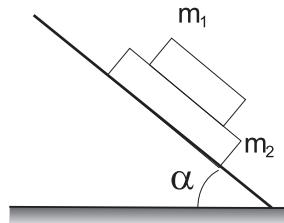


Рис. 33:

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.

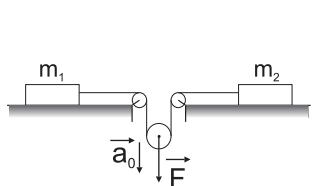


Рис. 34:

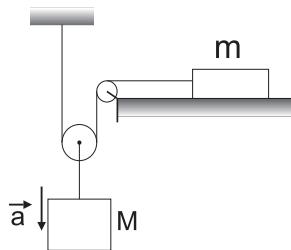


Рис. 35:

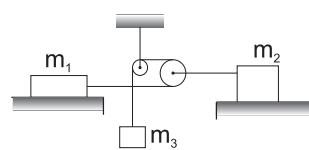


Рис. 36:

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.

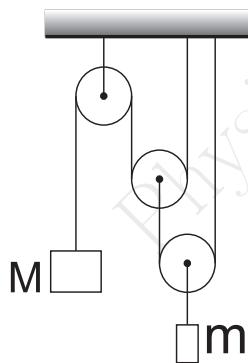


Рис. 37:

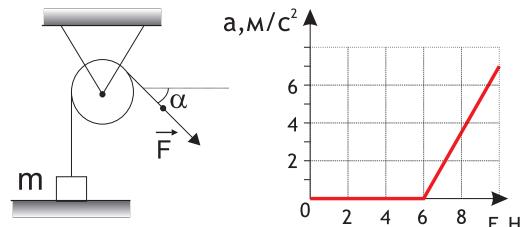


Рис. 38:

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?