Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Индустриально-педагогический колледж
Отделение технологии производства и промышленного оборудования

Е. Н. Мирошниченко

МЕХАНИКА

Методические указания
к решению задач

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург
ИПК ГОУ ОГУ
2011

УДК 531 (07)
ББК 22.2я7
М64

Рецензент – кандидат педагогических наук, доцент Л. С. Байтимерова

Мирошниченко, Е. Н.
М64 Механика: методические указания к решению задач / Е. Н.Мирошниченко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2011. - 33 с.

Методические указания содержат теоретический материал, примеры решения задач, задачи для самостоятельного решения и тест для самопроверки по дисциплине «Физика» раздела «Механика».

Методические указания предназначены для студентов колледжей 1 курса очной формы обучения специальностей 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств», 160203 «Производство летательных аппаратов», 230103 «Автоматизированные системы обработки информации и управления», 151001 «Технология машиностроения», 050501 «Профессиональное обучение».

Содержание и принцип расположения материала позволяют использовать методические указания не только студентам средних профессиональных образовательных учреждений при подготовке к контрольным работам и для самостоятельных занятий, но и преподавателям при подготовке к занятиям.

УДК 531 (07)
ББК 22.2я7

Содержание

Введение

Настоящее методическое пособие написано с целью оказания помощи студентам первого курса Ссузов (прежде всего технических) при подготовке к практическим занятиям по физике по разделу «Механика».

Каждый пункт начинается с теории, несмотря на краткость изложения которой она включает почти все вопросы, имеющиеся в программе по физике по данному разделу. После теоретической части приведены и подробно разобраны решения задач. Нельзя дать алгоритма для решения всех задач по физике, можно только научить грамотному подходу к задаче, который позволит найти ее решение.

Материал пособия подобран таким образом, чтобы научить студентов общим методам и подходам в раскрытии физической сути явлений и процессов, описанных в условиях задач, подробно рассматриваются математические преобразования.

Решение и анализ задач позволяют понять и запомнить основные законы и формулы физики, создают представление об их характерных особенностях и границах применения. Умение решать задачи является лучшим критерием оценки глубины изучения программного материала и его усвоения.

Знание основ механики необходимо для решения задач почти всех последующих разделов курса физики, таких, как электростатика, в которой изучаются условия равновесия электрических зарядов (решаются фактически задачи статики), магнетизм, где рассматриваются движения проводников с током в магнитном поле (динамика) и т.д.

1 Кинематика

1.1 Основные понятия и законы кинематики

Часть механики, в которой изучают движение, не рассматривая причины, вызывающие тот или иной характер движения, называют *кинематикой.* Механическим движением называют изменение положения тела в пространстве относительно других тел.

Системой отсчета называют тело отсчета, связанную с ним систему координат и часы.

Материальной точкой называют тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.

Траекторией называют мысленную линию, которую при своем движении описывает материальная точка.

Путь – это длина траектории, которую описывает материальная точка за данный промежуток времени. Это скалярная величина.

Перемещение – это вектор, соединяющий начальное положение материальной точки с ее конечным положением.

Равномерным прямолинейным движением называют движение, при котором материальная точка за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.

Скоростью равномерного прямолинейного движения называют отношение перемещения ко времени, за которое это перемещение произошло.

$$v = \frac{s}{t}. \qquad (1)$$

Относительностью механического движения называют зависимость пути, перемещения и скорости одной и той же материальной точки от выбора системы отсчета.

Сложение скоростей: скорость тела v в неподвижной системе отсчета равна сумме скорости этого тела v_1 в подвижной системе отсчета и скорости v_2 подвижной системы отсчета относительно неподвижной.

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 . \quad (2)$$

Мгновенной скоростью называют скорость тела в данной точке траектории или в данный момент времени.

Равноускоренное прямолинейное движение – это прямолинейное движение, при котором мгновенная скорость за любые равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину [1].

Ускорением a называют отношение изменения мгновенной скорости тела ко времени, за которое изменение произошло.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (3)$$

Зависимость координаты тела от времени при прямолинейном равноускоренном движении имеет вид:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (4)$$

где x_0 – начальная координата тела, м;

v_0 – начальная скорость тела, м/с;

a – ускорение тела, м/с^2.

Свободным падением называют равноускоренное движение с постоянным ускорением g = 9,8 м/с^2, не зависящим от массы падающего тела. Оно происходит под действием силы тяжести.

Скорость при свободном падении рассчитывается по формуле:

$$v = v_0 \pm gt. \quad (5)$$

Перемещение по вертикали определяется формулой:

$$h = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}. \quad (6)$$

Одним из видов движения материальной точки является *движение по окружности*. При таком движении скорость тела направлена по касательной, проведенной к окружности в той точке, где находится тело (линейная скорость). Описывать положение тела на окружности можно с помощью радиуса, проведенного из центра окружности к телу. Перемещение тела при движении по окружности описывается поворотом радиуса окружности, соединяющего центр окружности с телом. Отношение угла поворота радиуса к промежутку времени, в течение которого этот поворот произошел, характеризует быстроту перемещения тела по окружности и носит название угловой скорости ω:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}. \quad (7)$$

Угловая скорость связана с линейной скоростью соотношением:

$$v = \omega r, \quad (8)$$

где *r* – радиус окружности, м.

Время, за которое тело описывает полный оборот, называется *периодом обращения* Т. Величина, обратная периоду – частота обращения ν.

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}. \quad (9)$$

Поскольку при равномерном движении по окружности модуль скорости не меняется, но меняется направление скорости, при таком движении существует ускорение. Его называют центростремительным ускорением, оно направлено по радиусу к центру окружности:

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = 4\pi^2 \nu^2 r. \qquad (10)$$

1.2 Примеры решения задач

1 Скоростной лифт в высотном здании поднимается равномерно со скоростью 3 м/с. Начертить график перемещения. Определить по графику время, в течение которого лифт достигнет высоты 90 м.

Дано:	Решение:
v = 3 м/с	Пусть ось y совпадает с направлением движения лифта, а начало
y = 90 м	оси – с точкой, в которой лифт находится в начальный момент
y_0 = 0.	времени.
t - ?	$s = y - y_0$,
	$y = vt$.

Следовательно,

$$s = vt,$$

так как $y_0 = 0$. Для построения графика перемещения отложим по оси абсцисс время t, а по оси ординат – перемещение s.

Зависимость перемещения от времени изобразится прямой ОА. Для построения прямой линии достаточно двух точек. Выбираем произвольно момент времени и определяем для него перемещение. Результат записываем в таблицу 1:

Таблица 1 – Значения времени и перемещения

t, с	0	20
s, м	0	60

$s = 3t$ – уравнение перемещения.

Отмечаем точки на координатной плоскости и строим прямую ОА (рисунок 1).

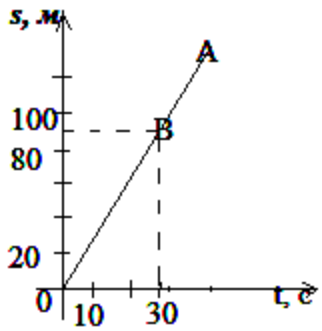

Рисунок 1- График перемещения

По графику определяем время, в течение которого лифт достигнет высоты 90 м. Для этого восстановим перпендикуляр из точки s = 90 м до пересечения с прямой ОА; из точки В пересечения перпендикуляра и прямой опустим другой перпендикуляр к оси t.

По графику видно, что лифт достигнет высоты 90 м через 30 с.

Ответ: t = 30 с.

2 Поезд через 20 с после начала движения приобретает скорость 0,6 м/с. Через какое время от начала движения скорость поезда станет равной 3 м/с?

Дано:	Решение:
t_1 = 20 с	Движение поезда носит равноускоренный характер, скорость
v_0 = 0	увеличивается, ускорение постоянно и положительно.
v_1 = 0,6 м/с	Найдем ускорение движения:
v_2 = 3 м/с	
t_2 - ?	$a = \frac{v_1 - v_0}{t_1}$;

a = (0,6 – 0)/20 = 0,03 *м/с*^{2}.

Пользуясь формулой ускорения, найдем промежуток времени t_2:

$$t_2 = \frac{v_2 - v_0}{a};$$

t_2 = (3 – 0)/0, 03 = 100 с.

Ответ: t_2 = 100 с.

3 Автомобиль при движении со скоростью 43,2 км/ч останавливается через 3 с. Какое расстояние проезжает он до остановки?

Дано:	СИ	Решение:
v_0 = 43,2 км/ч	12 м/с	Движение автомобиля носит равнозамедленный
v = 0		характер, скорость уменьшается, ускорение
t = 3 с		постоянно и отрицательно.
s - ?		Найдем ускорение движения:

$$a = \frac{v - v_0}{t};$$

a = (0 – 12)/3 = - 4 м/с^2.

Перемещение автомобиля найдем по формуле:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

s = 12·3 + (- 4·3^2)/2 = 18 м.

Ответ: s = 18 м.

4 Тело брошено вертикально вверх с поверхности Земли с начальной скоростью 30 м/с. На какой высоте его скорость станет равной 15 м/с?

Дано:	Решение:
v_0 = 30 м/с	Движение тела по вертикали можно считать свободным
v = 15 м/с	падением, происходящим под действием силы тяжести.
g = 10 м/с^2	Скорость при свободном падении рассчитывается по формуле:
h - ?	

$$v = v_0 \pm gt.$$

В данном случае следует учитывать знак минус перед ускорением свободного падения, так как движение тела является равнозамедленным.

Найдем время движения тела:

$$t = \frac{v - v_0}{-g};$$

t = (15 – 30)/-10 = 1,5 с.

Перемещение по вертикали определяется формулой:

$$h = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}.$$

h = 30·1,5 – (10·1,5^2)/2 = 33,75 м.

Ответ: h = 33,75 м.

5 Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 3,13 м/с. Когда оно достигло верхней точки полета, из того же начального пункта с такой же начальной скоростью бросили второе тело. Определите, на каком расстоянии от точки бросания встретятся тела. Трением пренебречь.

Дано:	Решение:
v_0 = 3,13 м/с	Делаем чертеж (рисунок 2). Отмечаем на нем траекторию
h - ?	движения первого и второго тела, ось Оy направляем вертикально вверх. Выбрав начало отсчета в точке О, указываем начальную скорость тел v_0, высоту h, на которой произошла встреча (координату $y = h$), и время t_1 и t_2 движения каждого тела до момента встречи.

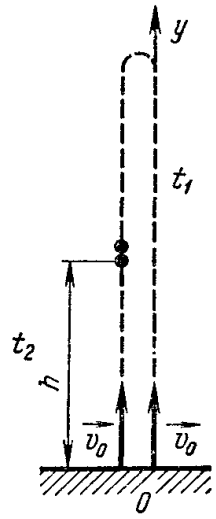

Рисунок 2 – Движение двух тел

Уравнение движения тела, брошенного вертикально вверх, позволяет найти координату движущегося тела для любого момента времени независимо от того, поднимается ли тело вверх или падает после подъема вниз, поэтому для первого тела

$$y = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2},$$

а для второго

$$y = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2}.$$

По условию задачи $y = h$.

Третье уравнение составляем, исходя из условия, что второе тело бросили позднее первого на время максимального подъема:

$$t_1 - t_2 = \tau, \text{ причем } \tau = \frac{v_0}{g}.$$

Решая составленную систему относительно h, получаем:

$$h = \frac{3}{4} \cdot \frac{v_0^2}{2g};$$

$h \approx 0{,}37$ м.

Ответ: $h \approx 0{,}37$ м.

6 Велосипедист проходит поворот на велотреке радиусом 40 м, двигаясь со скоростью 72 км/ч. Найдите ускорение спортсмена.

Дано:		Решение:
r = 40 м		Прохождение поворота велосипедистом можно
v = 72 км/ч	20 м/с	считать движением по окружности радиуса r.
$a_ц$ - ?		Тогда ускорение спортсмена является центростремительным:

$$a_ц = \frac{v^2}{r};$$

$a_ц = 20^2/40 = 10$ м/с^2.

Ответ: $a_ц = 10$ м/с^2.

1.3 Задачи для самостоятельного решения

1 Из двух точек А и В, расположенных на расстоянии 90 м друг от друга, одновременно в одном направлении начали движение два тела. Тело, движущееся из точки А, имело скорость 5 м/с, а тело движущееся из точки В, - скорость 2 м/с. Через какое время первое тело нагонит второе? Какое перемещение совершит каждое из тел?

2 Уравнение движения тела дано в виде $x = 4 – 3t$. Определить начальную координату тела, скорость движения и перемещение тела за 2 секунды.

3 Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, идущего со скоростью 54 км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого 36 км/ч, длина поезда 150 м?

4 Скорость вертикального подъема груза краном 0,2 м/с, скорость тележки крана 0,1 м/с. Определите скорость движения груза относительно Земли.

5 Легковой автомобиль движется со скоростью 20 м/с за грузовым, скорость которого 16,5 м/с. В момент начала обгона водитель легкового автомобиля увидел встречный междугородний автобус, движущийся со скоростью 25 м/с. При каком наименьшем расстоянии до автобуса можно начать обгон, если в начале обгона легковая машина была в 15 м от грузовой, а к концу обгона она должна быть впереди грузовой на 20 м.

6 Условие движения тела дано в виде $x = 15t + 0{,}4t^2$. Определите начальную скорость и ускорение движения тела, а также координату и скорость тела через 5 с.

7 Автомобиль, движущийся со скоростью 36 км/ч, начинает тормозить и останавливается через 2 с. Каков тормозной путь автомобиля?

8 Двигаясь от остановки, тело достигло скорости 50 м/с, пройдя путь 50 м. Чему равно ускорение, с которым двигалось тело?

9 После старта гоночный автомобиль достиг скорости 360 км/ч за 25 с. Определите расстояние, пройденное автомобилем за это время.

10 С какой высоты был брошен предмет, если он упал на землю через 2 с? (начальная скорость предмете равна 0).

11 Стрела выпущена из лука вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Составьте уравнение движения стрелы y(t).

12 На рисунке 3 представлен график зависимости модуля скорости от времени. Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале от момента времени 0 с до момента времени 5 с после начала движения.

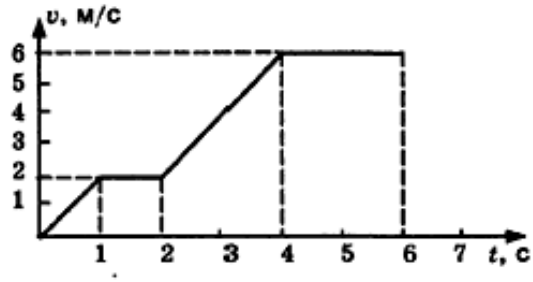

Рисунок 3 – График зависимости скорости тела от времени

13 На рисунке 4 представлен график зависимости модуля скорости от времени. Найдите путь, пройденный телом за время от момента времени 0 с до момента времени 4 с.

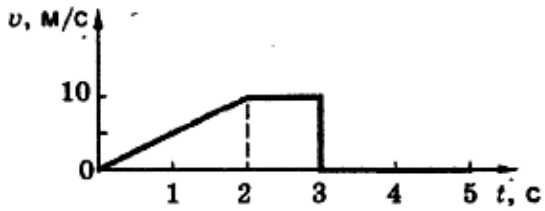

Рисунок 4 – График зависимости скорости тела от времени

14 Секундная стрела часов длиною 12 см, равномерно вращаясь, делает полный оборот за 1 мин. Чему равна линейная скорость острия стрелки?

15 Тело движется по окружности радиусом 4 м со скоростью 10π м/с. Определите период вращения тела.

16 Скорость точек рабочей поверхности наждачного круга диаметром 300 мм не должна превышать 35 м/с. Допустима ли посадка круга на вал электродвигателя, совершающего 1400 об/мин, 2800 об/мин?

17 Частота вращения воздушного винта самолета 1500 об/мин. Сколько оборотов делает винт на пути 90 км при скорости полета 180 км/ч?

18 Минутная стрелка в 1,5 раза длиннее часовой. Определите, во сколько раз скорость конца часовой стрелки меньше скорости конца минутной стрелки.

19 Найдите линейную скорость и центростремительное ускорение точек на широте 60°. Радиус Земли равен 6400 км.

20 Тело свободно падает с высоты 24,8 м. Какой путь оно проходит за 0,5 с до падения на землю?

21 Мяч, брошенный вертикально вверх, проходит точку на высоте 10 м дважды с промежутком времени 4 с. Найдите начальную скорость тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.

22 Камень падает в шахту с нулевой начальной скоростью. Через 6 с слышен звук удара камня о дно. Определите глубину шахты. Скорость звука в воздухе 330 м/с.

23 С высокой башни с интервалом времени 1 с бросают с нулевой начальной скоростью два камня. На каком расстоянии друг от друга будут находиться камни в тот момент, когда скорость второго станет равной 30 м/с?

24 Жонглер бросает с одного и того же уровня два шарика вертикально вверх с начальными скоростями 5 м/с один за другим через промежуток времени 0,2 с. Через какое время после бросания первого шарика оба шарика окажутся на одной высоте?

25 Из орудия выстрелили вертикально вверх. Время равноускоренного движения снаряда в стволе 0,02 с, длина ствола 2 м. Какой максимальной высоты достигнет снаряд?

2 Динамика

2.1 Основные понятия и законы динамики

Часть механики, изучающая причины, вызывающие ускорение тел, называется динамикой.

Первый закон Ньютона: существуют такие системы отсчета, относительно которых тело сохраняет свою скорость постоянной или покоится, если на него не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано.

Свойство тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения при уравновешенных внешних силах, действующих на него, называется инертностью. Явление сохранения скорости тела при уравновешенных внешних силах называют инерцией. Инерциальными системами отсчета называют системы, в которых выполняется первый закон Ньютона.

Принцип относительности Галилея: во всех инерциальных системах отсчета при одинаковых условиях все механические явления протекают одинаково, т.е. подчиняются одинаковым законам.

Масса – это мера инертности тела.

Сила – это количественная мера взаимодействия тел.

Второй закон Ньютона: ускорение тела прямо пропорционально силе, действующей на него, и обратно пропорционально его массе.

—

Сложение сил заключается в нахождении равнодействующей нескольких сил, которая производит такое же действие, как и несколько одновременно действующих сил.

Третий закон Ньютона: силы, с которыми два тела действуют друг на друга, расположены на одной прямой, равны по модулю и противоположны по направлению.

(12)

Третий закон Ньютона подчеркивает, что действие тел друг на друга носит характер взаимодействия. Если на тело А со стороны тела В действует сила F_A, то одновременно на тело В со стороны тела А будет действовать сила F_B (рисунок 5) [1].

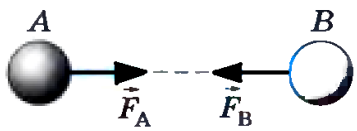

Рисунок 5 - Взаимодействие двух тел

Если тело повергнуть деформации, то возникают силы, препятствующие этой деформации. Такие силы называют силами упругости. Закон Гука записывают в виде:

(13)

где k - жесткость пружины, Н/м;

x – деформация тела, м.

Знак «минус» указывает, что сила и деформация направлены в противоположные стороны.

При движении тел относительно друг друга возникают силы, препятствующие движению. Эти силы называются силами трения. Различают трение покоя, трение скольжения и трение качения. Сила трения скольжения рассчитывается по формуле:

$$F = \mu N, \quad (14)$$

где N – сила реакции опоры, Н;

μ - коэффициент трения.

Эта сила не зависит от площади соприкасающихся поверхностей тел. Коэффициент трения зависит от материала, из которого сделаны тела, и качества обработки их поверхности. Трение покоя возникает, если тела не перемещаются относительно друг друга. Сила трения покоя может меняться от нуля до некоторого максимального значения.

Гравитационными силами называют силы, с которыми любые два тела притягиваются друг к другу.

Закон всемирного тяготения: сила взаимного притяжения двух тел прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}, \quad (15)$$

где m_1, m_2 – массы тел, кг;

R – расстояние между телами, м.

Закон всемирного тяготения в таком виде справедлив либо для материальных точек, либо для тел шарообразной формы.

Сила тяжести – это сила, с которой все тела притягиваются к Земле.

$$F_т = mg, \quad (16)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Искусственный спутник Земли – это тело, имеющее скорость v_I, достаточную для того, чтобы двигаться по окружности вокруг Земли.

Первая космическая скорость – это скорость, которую надо сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником Земли.

$$v_I = \sqrt{gR}, \quad (17)$$

где R – расстояние от центра планеты до спутника, м.

Весом тела называют силу, с которой тело давит на горизонтальную опору или растягивает подвес.

При неподвижной опоре вес тела равен по модулю силе тяжести:

$$P = F_т = mg. \quad (18)$$

Если тело движется по вертикали с ускорением, то его вес будет изменяться. При движении тела с ускорением a, направленным вверх (вниз), его вес P равен:

$$P = m(g \pm a). \quad (19)$$

Если тело не давит на опору или не растягивает подвес, то говорят, что тело находится в *состоянии невесомости*. Если лифт и весы падают с ускорением свободного падения (т.е. независимо друг от друга), то груз не давит на чашу весов, вес груза равен нулю, т.е. груз находится в состоянии невесомости.

2.2 Примеры решения задач

Для решения задач динамики целесообразно использовать следующий стандартный подход.

1 Изобразить силы, действующие на каждое тело в инерциальной системе отсчета.

2 Записать для каждого тела второй закон Ньютона в векторной форме.

3 Выбрать координатные оси. Если заранее известно направление ускорения, то целесообразно направить одну из осей вдоль ускорения, а вторую перпендикулярно ему.

4 Проецируя второй закон Ньютона на координатные оси, получить систему уравнений для нахождения неизвестных величин.

5 Решить полученную систему уравнений, используя аналитические выражения для всех сил и дополнительные условия [2].

1 Тело массой 5 кг лежит на полу лифта, поднимающегося вверх. Ускорение лифта 2 м/с^2. Определите силу давления на пол лифта (вес тела) [3].

Дано:	Решение:
m = 5 кг	На тело действуют две силы – сила тяжести $F_т = mg$ и сила
a = 2 м/с^2	нормального давления N (рисунок 6).
P - ?	

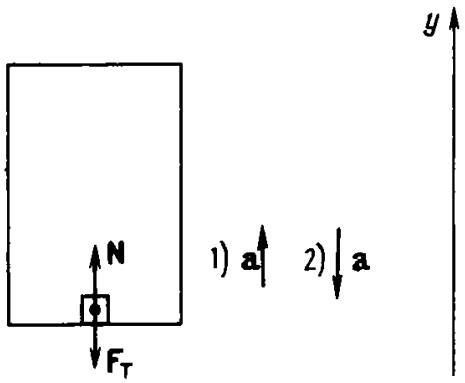

Рисунок 6 – Силы, действующие на тело

Второй закон Ньютона запишется в виде

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}.$$

Направление движения лифта не указывает направления ускорения, поэтому рассмотрим два случая.

1) Ускорение направлено вверх.

Ось *y* направим вертикально вверх. Проецируя на ось *y* ускорение и силы, получим

$$ma = -mg + N.$$

Откуда

$$N = m(a + g).$$

По третьему закону Ньютона сила, с которой пол лифта действует на тело, равна силе, с которой тело действует на пол, т.е. весу тела:

$$P = m(a + g);$$

$P = 5 \cdot (2 + 10) = 60$ Н.

2) Ускорение направлено вниз.

Проецируя на ось *y* ускорение и силы, получим

$$-ma = -mg + N,$$

$$N = m(g - a).$$

Откуда

$$P = m(g - a);$$

$P = 5 \cdot (10 - 2) = 40$ Н.

Ответ: $P = 60$ Н; 40 Н.

2 Через блок перекинута нерастяжимая нить, к которой привязаны два тела массами 4кг и 6 кг. Определите ускорения, с которыми будут двигаться тела, и силу натяжения нити. Массами нити и блока пренебречь.

Дано:	Решение:
m_1 = 4 кг	Поскольку $m_2 > m_1$, ускорение тела массой m_1 направлено вверх,
m_2 = 6 кг	а тела массой m_2 – вниз. На каждое из тел действуют две силы:
a - ?	сила тяжести mg и сила натяжения нити T (рисунок 7).
T - ?	

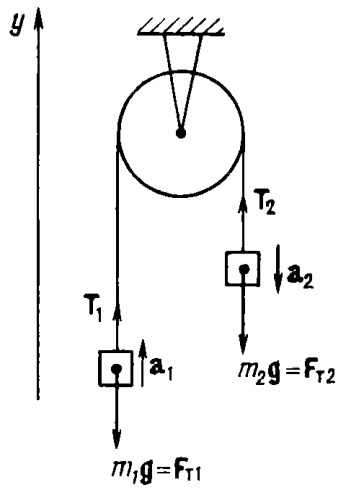

Рисунок 7 – Силы, действующие на два тела

Запишем второй закон Ньютона для этих тел:

$$m_1\vec{a} = m_1\vec{g} + \vec{T_1},$$
$$m_2\vec{a} = m_2\vec{g} + \vec{T_2}.$$

Ось y направим вертикально вверх. Тогда в проекциях на ось y уравнения движения двух тел запишутся в виде:

$$m_1 a = T_1 - m_1 g,$$
$$-m_2 a = T_2 - m_2 g.$$

В данном случае учли, что $a_1 = a_2 = a$, в силу условия нерастяжимости нити, так как за одно и то же время с момента начала движения тела будут проходить один и тот же путь. По условию задачи масса нити мала, следовательно, сила натяжения вдоль нити остается по модулю неизменной, при переходе через блок сила натяжения также по модулю не изменяется, поскольку массой блока можно пренебречь, отсюда

$$T_1 = T_2 = T.$$

Следовательно, уравнения движения двух тел можно переписать в виде:

$$m_1 a = T - m_1 g,$$
$$-m_2 a = T - m_2 g.$$

Это система двух уравнений относительно двух неизвестных a и T. Сложим, левые и правые части уравнений:

$$(m_1 + m_2)a = (m_2 - m_1)g,$$

откуда выразим a

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g;$$

$a = (6 - 4)\cdot 10/(4 + 6) = 2$ м/с^2.

Силу натяжения найдем, подставив выражение для ускорения в одно из уравнений движения тел:

$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g;$$

$T = (2\cdot 4\cdot 6\cdot 10)/(4 + 6) = 48$ Н.

Ответ: $a = 2$ м/с^2; $T = 48$ Н.

3 Тело скользит по наклонной плоскости, угол наклона которой к горизонту 30°. Определить ускорение тела, если коэффициент трения между телом и поверхностью плоскости 0,1.

Дано:	Решение:
$\alpha = 30°$	На тело действуют три силы: сила тяжести $F_т = mg$, сила
$\mu = 0{,}1$	реакции опоры N и сила трения $F_{тр}$. Направим ось x вдоль
a - ?	наклонной плоскости, ось y перпендикулярно ей (рисунок 8).

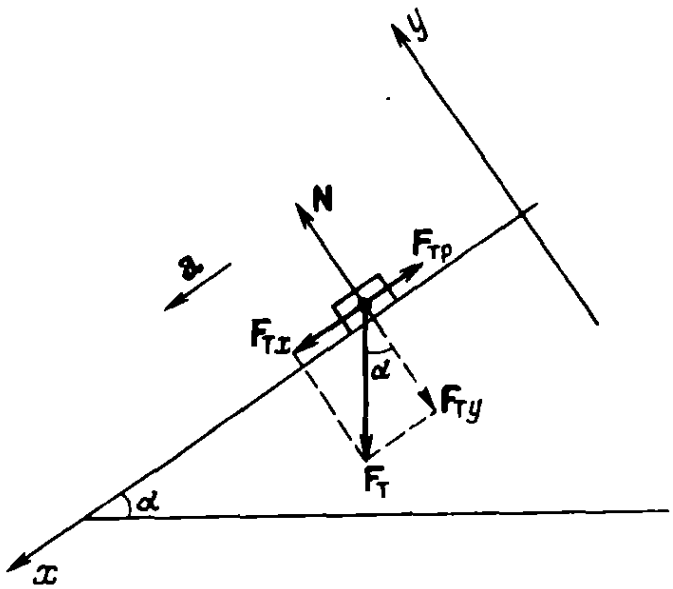

Рисунок 8 – Силы, действующие на тело при движении

Второй закон Ньютона для этого тела запишется в виде:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}.$$

В проекциях на оси координат уравнение движения имеет вид:

на ось x $\quad ma = mg\sin\alpha - F_{тр}$,

на ось y $\quad 0 = N - mg\cos\alpha$,

$$F_{тр} = \mu N.$$

Из второго уравнения движения

$$N = mg\cos\alpha,$$

следовательно,

$$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha.$$

Подставив выражение для силы трения в первое уравнение движения, получим

$$ma = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha,$$

отсюда

$$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha);$$

$a = 10\cdot(0{,}5 - 0{,}1\cdot 0{,}85) \approx 4$ м/с^2.

Ответ: $a \approx 4$ м/с^2.

4 Тело массой 2 кг движется по вертикальной стене. Сила F действует под углом 30°. Коэффициент трения 0,1. Определить, при каком значении силы ускорение тела направлено вверх и равно 2 м/с^2.

Дано:

$m = 2$ кг

$\alpha = 30°$

$\mu = 0{,}1$

$a = 2$ м/с^2

F - ?

Решение:

Рассмотрим движение тела относительно стены. Ось y направим вертикально вверх, ось x - перпендикулярно стене (рисунок 9).

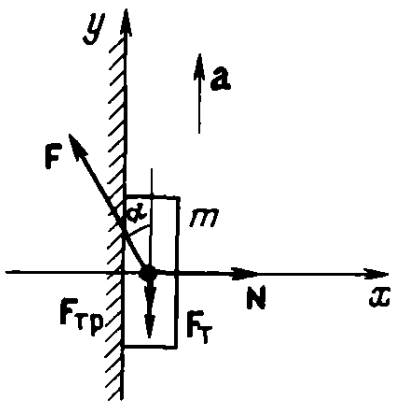

Рисунок 9 – Силы, действующие на тело

На тело действуют четыре силы: сила тяги F, сила тяжести $F_т = mg$, сила трения $F_{тр}$, сила реакции опоры N. Второй закон Ньютона запишется в виде:

$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g}.$$

В проекциях на оси координат уравнение движения имеет вид:

на ось x $$0 = N - F\sin\alpha,$$

на ось y $$ma = F\cos\alpha - F_{тр} - mg.$$

Решая данную систему уравнений, определим

$$F = \frac{m(a + g)}{\cos\alpha - \mu\sin\alpha};$$

$F = 2\cdot(2 + 10)/(0{,}85 - 0{,}1\cdot0{,}5) = 30$ Н.

Ответ: $F = 30$ Н.

5 Тело массой 1 кг висит на нити, переброшенной через блок и привязанной к телу массой 2 кг, которое лежит на горизонтальной поверхности стола. Найдите модули ускорений тел, если коэффициент трения между телом на столе и поверхностью стола равен 0,4[5].

Дано:	Решение:
m = 1 кг	Считаем блок идеальным, а нить – невесомой и нерастяжимой.
M = 2 кг	Тогда модули ускорений двух тел одинаковы, как и модули
μ = 0,4	силы натяжения нити по разные стороны от блока (рисунок 10).
a - ?	

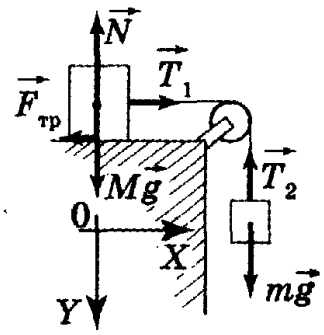

Рисунок 10 – Силы, действующие на тела при движении

Направим ось *y* вертикально вниз, а ось *x* – вдоль поверхности стола в направлении движения тела массой *M*. На тело, движущееся по поверхности стола, действуют четыре силы: сила тяжести $F_т = Mg$, сила трения $F_{тр}$, сила реакции опоры *N*, сила натяжения нити *T*. На тело массой *m* действуют две силы: сила тяжести $F_т = mg$, сила натяжения нити *T*.

Запишем второй закон Ньютона для тела массой *m* и тело массой *M*:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T},$$
$$M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}.$$

В проекциях на оси *x* и *y* системы отсчета, связанной с Землей, получим

$$ma = mg - T,$$
$$Ma = T - F_{тр},$$
$$0 = Mg - N.$$

В случае движения ($a>0$) значение силы трения скольжения связано со значением силы реакции опоры уравнением:

$$F_{тр} = \mu N.$$

Тогда, решив систему трех уравнений, определим ускорение движения тел:

$$a = \frac{g(m - \mu M)}{m + M};$$

$a = 10 \cdot (1 - 0{,}4 \cdot 2)/(1 + 2) = 0{,}7$ м/с^2.

Ответ: $a = 0{,}7$ м/с^2.

2.3 Задачи для самостоятельного решения

1 Определите, с каким наибольшим ускорением можно поднимать груз массой 120 кг, чтобы канат, выдерживающий максимальную нагрузку 2000 Н, не разорвался.

2 Чему равна сила трения, если после толчка вагон массой 20 т остановился через 50 с, пройдя расстояние 125 м?

3 Найдите силу, сообщающую автомобилю массой 3,2 т ускорение, если он за 15 с от начала движения развил скорость, равную 9 м/с.

4 Определите массу груза, который можно поднимать с помощью стальной проволоки с ускорением 2 м/с^2, если проволока выдерживает максимальную нагрузку 6 кН.

5 Санки , скользившие по горизонтальной поверхности, остановились, пройдя расстояние 25 м. Определить начальную скорость санок, если коэффициент трения 0,05.

6 Электровоз при трогании с места железнодорожного состава развивает максимальную силу тяги 650 кН. Какое ускорение он сообщит составу массой 3250 т, если коэффициент трения равен 0,005?

7 К одному концу веревки, перекинутой через блок, подвешен груз массой 10 кг. С какой силой надо тянуть за другой конец веревки, чтобы груз поднимался с ускорением 2 м/с^2.

8 Определите минимальную скорость, при которой автомобиль успеет остановиться перед препятствием, если он начинает тормозить на расстоянии 25 м от препятствия, а коэффициент трения шин об асфальт равен 0,8.

9 Троллейбус массой 10 т, трогаясь с места, на пути 50 м приобрел скорость 10 м/с. Найдите коэффициент трения, если сила тяги равна 14 кН.

10Парашютист, достигнув в затяжном прыжке скорости 55 м/с, раскрыл парашют, после чего за 10 с скорость его уменьшилась до 5 м/с. Найдите силу натяжения стропов парашюта, если масса парашютиста 80 кг.

11 К вертикально расположенному динамометру прикрепили брусок массой 200 г. Затем брусок оттянули так, что пружина удлинилась на 4 см. Определите ускорение, с которым начнет двигаться брусок, если его отпустить. Жесткость пружины равна 80 Н/м.

12 Найдите ускорение и силу натяжения нити (рисунок 11), если массы грузов m = 8 кг и M = 12 кг.

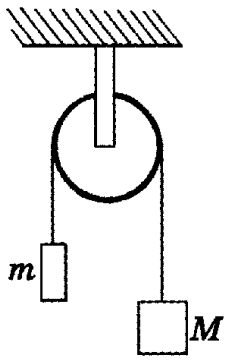

Рисунок 11 – Система связанных тел

13 Маневренный тепловоз массой 100 т тянет два вагона массой по 50 т каждый с ускорением 0,1 м/с^2. Найти силу тяги тепловоза и силу натяжения сцепок, если коэффициент сопротивления движению равен 0,006.

14 Автомобиль массой 4 т движется в гору с ускорением 0,2 м/с^2. Найти силу тяги, если уклон равен 0,02 и коэффициент сопротивления движению 0,04.

15 На наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м находится груз массой 50 кг. Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить, чтобы удержать этот груз? Втаскивать равномерно вверх? Втаскивать с ускорением 1 м/с^2? Коэффициент трения 0,2.

16 В устройстве, показанном на рисунке 12, груз m_1 скользит без трения по наклонной плоскости с углом наклона 30°, m_1 = 400 г, m_2 = 220 г. Найти ускорения грузов.

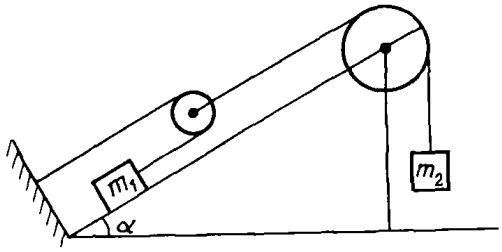

Рисунок 12 – Движение связанных тел

17 Мотоцикл массой 300 кг начал движение из состояния покоя на горизонтальном участке дороги. Затем дорога пошла под уклон, равный 0,02. Какую скорость приобрел мотоцикл через 10 с после начала движения, если движение на горизонтальном участке заняло половину времени? Сила тяги и коэффициент сопротивления движению на всем пути постоянны и соответственно равны 180 Н и 0,04.

18 Автомобиль массой 2 т проходит по выпуклому мосту, имеющему радиус кривизны 40 м, со скоростью 36 км/ч. С какой силой автомобиль давит на мост в его середине?

19 Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сиденье при прохождении среднего положения со скоростью 6 м/с?

20 Конькобежец движется со скоростью 10 м/с по окружности радиусом 30 м. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие?

Список использованных источников

1 Мякишев, Г. Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профильный уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – 17-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 2008. – 366 с. – ISBN 978-5-09-016873-1.

2 Касьянов, В. А. Физика. 10 кл.: Учебник для общеобразоват. учреждений / В. А. Касьянов. - 5-е изд. – М.: Дрофа, 2005. – 416 с. – ISBN 5-7107-7157-0.

3 Парфентьева, Н. А. Решение задач по физике. В помощь поступающим в вузы. В 2-х ч. Ч. 1 / Н. А. Парфентьева, М. В. Фомина. – 2-е изд. – М.: Мир, 2006. – 216 с. – ISBN 5-03-002959-1.

4 Марон, А. Е. Физика. 10 класс: дидактические материалы / А. Е. Марон, Е. А. Марон. – 5-е изд. – М.: Дрофа, 2007. – 156 с. – ISBN 978-5-358-02190-7.

5 Рымкевич, А. П. Сборник задач по физике для 9 – 11 классов средней школы / А. П. Рымкевич. – 11-е изд. – М.: Просвещение, 2008. – 191 с. – ISBN 978-5-8114-0887-0.

6 Кирик, Л. А. Физика, 11 кл.: Сборник заданий и самостоятельных работ / Л. А. Кирик, Ю. И. Дик. – 4-е изд., перераб. – М.: Илекса, 2008. – 192 с. - ISBN 978-5-89237-156-8.

Приложение А

(обязательное)

Тест для самопроверки

1 Двигаясь равномерно, велосипедист проезжает 40 м за 4 с. Какой путь он проедет при движении с той же скоростью за 20 с?

А. 30 м Б. 50 м В. 200 м

2 Две автомашины движутся по дороге с постоянными скоростями 10 и 15 м/с. Начальное расстояние между машинами равно 1 км. Определите, за какое время вторая машина догонит первую.

А. 50 с Б. 80 с В. 200 с

3 Тело движется без начальной скорости с ускорением 0,5 м/с^2. Определите путь, пройденный телом за первую секунду.

А. 0,25 м Б. 1 м В. 0,5 м

4 После старта гоночный автомобиль достиг скорости 360 км/ч за 25 с. Определите расстояние, пройденное автомобилем за это время.

А. 1250 м Б. 1400 м В. 1500 м

5 Чему равна скорость свободно падающего тела через 2 с после начала падения, если начальная скорость тела равна нулю?

А. 20 м/с Б. 10 м/с В. 30 м/с

6 С какой высоты был брошен предмет, если он упал на землю через 2 с?

А. 30 м Б. 20 м В. 10 м

7 Какова частота вращения тела, движущегося по окружности радиусом 5 м со скоростью 5π м/с?

А. 2 Гц Б. 0,5 Гц В. 4 Гц

8 Трамвайный вагон движется на повороте по закруглению радиусом 40 м. Рассчитайте скорость трамвая, если центростремительное ускорение равно 0,4 м/с^2.

А. 2 м/с Б. 1 м/с В. 4 м/с

9 Равнодействующая всех сил, действующих на тело, равна нулю. Движется ли это тело или находится в состоянии покоя?

А. Тело движется равномерно и прямолинейно или находится в состоянии покоя.

Б. Тело движется равномерно и прямолинейно.

В. Тело находится в состоянии покоя.

10 Ученик тянет за один крючок динамометр с силой 40 Н, другой крючок динамометра прикреплен к стене. Определите показания динамометра.

А. 80 Н Б. 0 В. 40 Н

11 С каким ускорением будет двигаться тело массой 2 кг под действием силы 2 Н?

А. 2 м/с^2 Б. м/с^2 В. 1,5 м/с^2

12 При столкновении двух вагонов буферные пружины жесткостью 10^5 Н/м сжались на 0,1 м. Какова максимальная сила упругости, с которой пружины воздействовали на вагон?

А. 10^5 Н Б. 10^4 Н В. 10^7 Н

13 Брусок массой 200 г скользит по льду. Определите силу трения скольжения, действующую на брусок, если коэффициент трения бруска по льду равен 0,1.

А. 0,2 Н Б. 2 Н В. 4 Н

14 На полу лифта, начинающего движение вверх с ускорением a, лежит груз массой m. Каков вес этого груза?

А. mg Б. $m(g + a)$ В. $m(g – a)$

15 Два груза, массы которых равны соответственно m и $2m$, связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Каково ускорение движения грузов?

А. $g/3$ Б. g В. $3g$