

УДК 373.5:53
ББК 22.3я721
П58

Макет подготовлен при содействии ООО «Айдиономикс»

Попова, Ирина Александровна.

П58 Физика / И. А. Попова, Д. М. Дейген. — Москва :
Эксмо, 2022. — 160 с. — (Наглядно и доступно. Средняя
школа).

ISBN 978-5-04-169362-6

Пособие предназначено для подготовки учащихся средних классов к урокам, ВПР и ОГЭ по физике.

В книгу включены необходимые справочные материалы по основным разделам школьного курса, представленные в наглядных и удобных для запоминания таблицах. Приводятся определения физических величин, формулировки законов и пояснения к ним, необходимые формулы, обучающие рисунки, а также примеры задач с решениями.

Книга поможет быстро систематизировать знания и подготовиться к урокам, контрольным, ВПР и ОГЭ в предельно сжатые сроки.

УДК 373.5:53
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-04-169362-6

© Попова И.А., Дейген Д.М., 2022
© ООО «Айдиономикс», 2022
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2022

ВВЕДЕНИЕ

Пособие представляет собой краткий справочник теоретического материала, позволяющий в экспресс-режиме подготовиться к урокам, контрольным работам, в том числе ВПР, а также к ОГЭ по физике в 9 классе. Книга включает 4 раздела: «Механические явления», «Тепловые явления», «Электромагнитные явления», «Квантовые явления». Для удобства восприятия и запоминания материал в основном приведён в таблицах и схемах. Структура и содержание пособия позволяют ученику актуализировать, систематизировать и закрепить знания по физике за курс основной школы.

Авторы надеются, что данное пособие поможет любому ученику успешно подготовиться к урокам, ВПР и ОГЭ по физике.

Раздел 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Механическое движение

Механическим движением тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

.....
: **Кинематика** изучает механическое движение тел, не :
: рассматривая причины, которыми это движение вы- :
: зывается. Задача кинематики — дать математическое :
: описание движения тел. :
.....

ВИДЫ ДВИЖЕНИЯ

Движение может быть двух видов: прямолинейным и криволинейным.

Прямолинейное движение

Равномерное — движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит одинаковое расстояние.

Неравномерное — движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит неодинаковое расстояние. Например, тело за первые 10 мин проходит 30 м, а за следующие 10 мин — 40 м.

Один из видов неравномерного движения — **равнопеременное** — движение, при котором за

равные промежутки времени скорость тела изменяется на одну и ту же величину.

Криволинейное движение

Вращательное — движение в одном направлении по плоской (или пространственной) замкнутой траектории. Примером может служить движение Земли вокруг Солнца.

Колебательное — движение, которое полностью или практически полностью повторяется с течением времени.

СИСТЕМА ОТСЧЁТА

Тело отсчёта — произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки (или тела).

Система отсчёта — совокупность системы координат и часов, связанных с телом отсчёта.

В прямоугольной системе координат положение точки в пространстве задаётся её проекциями на три взаимно перпендикулярные оси. Совокупность координат $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ в момент времени t определяет закон движения материальной точки в координатной форме.

Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется **материальной точкой**.

Радиус-вектор \vec{r} — вектор, соединяющий начало отсчёта с положением материальной точки в произвольный момент времени.

Относительность механического движения — зависимость траектории движения тела, пройденного пути, перемещения и скорости от выбора системы отсчёта.

Траектория. Путь. Перемещение

Траектория — воображаемая линия, вдоль которой движется тело.

Перемещение — вектор, проведённый из начального положения материальной точки в конечное.

Пройденный путь s — длина участка траектории, пройденного материальной точкой за данный промежуток времени.

Сложение перемещений

Сложение перемещений — результирующее перемещение, равное векторной сумме последовательных перемещений:

$$\vec{d} = \vec{a} + \vec{b}.$$

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ

Средняя путевая скорость — скалярная величина, равная отношению пути к промежутку времени, затраченному на его прохождение:

$$v_{\text{cp}} = \frac{S}{t},$$

где v_{cp} — средняя путевая скорость, S — пройденный путь, t — время, затраченное на его прохождение.

Единица скорости — метр в секунду (м/с).

Определение пути по графику скорости	
При равномерном движении	При равнопеременном движении
<p>$v_x, \text{ м/с}$</p> <p>$S_x = v_x \cdot \Delta t$</p> <p>t_1 t_2 $t, \text{ с}$</p> <p>Δt</p>	<p>$v_x, \text{ м/с}$</p> <p>$S_x = \frac{v_{x1} + v_{x2}}{2} \cdot \Delta t$</p> <p>$v_{x2}$</p> <p>$v_{x1}$</p> <p>$t_1$ t_2 $t, \text{ с}$</p> <p>Δt</p>
<p>Площадь фигуры под графиком скорости равна пройденному пути.</p>	

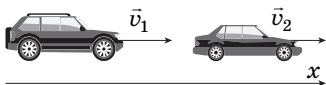
ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Относительная скорость — скорость одной материальной точки в системе отсчёта, связанной с другой. Относительная скорость равна векторной разности скоростей этих тел:

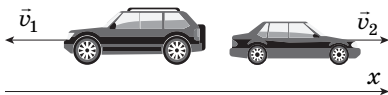
$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1.$$

Частные случаи определения относительной скорости

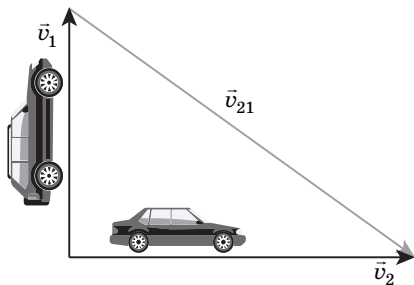
При движении тел в одном направлении модуль относительной скорости равен разности скоростей: $v_{21} = v_2 - v_1$.



При движении тел в противоположных направлениях они удаляются или сближаются с относительной скоростью, равной сумме их скоростей: $v_{21} = v_2 + v_1$.



При движении под прямым углом относительная скорость вычисляется по теореме Пифагора: $v_{21} = \sqrt{v_2^2 + v_1^2}$.



Два автомобиля движутся по прямому шоссе в противоположных направлениях со скоростями $v_1 = V$ и $v_2 = 3V$. Определите модуль скорости второго автомобиля относительно первого.

Решение:

Случай встречного движения:

$$v_{21} = v_2 + v_1 = V + 3V = 4V.$$

Ответ: $v_{21} = 4V$.

Сложение скоростей

Правило сложения скоростей: скорость тела в неподвижной системе отсчёта \vec{v}_1 равна векторной сумме скорости тела в подвижной системе отсчёта \vec{v}_2 и скорости подвижной системы отсчёта относительно неподвижной \vec{v}_{21} :

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_{21}.$$

УСКОРЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Ускорение является физической величиной, характеризующей изменение скорости с течением времени.

Ускорение \vec{a} — векторная физическая величина, равная пределу отношения изменения скорости к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло: $\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$.

Ускорение всегда сонаправлено с вектором изменения скорости, но не всегда совпадает по направлению с вектором скорости. При равнозамедленном прямолинейном движении ускорение противоположно по направлению вектору скорости, при условно равномерном движении по окружности ускорение перпендикулярно ему.

2. Равномерное прямолинейное движение

Равномерное прямолинейное движение — движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния.

Формулы и графики равномерного прямолинейного движения

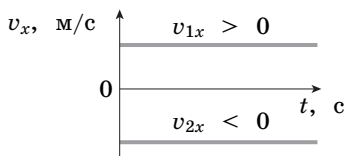
Скорость:

$$v = \frac{S}{t},$$

где S — пройденный путь, t — время движения.

$v_x > 0$, если направление движения совпадает с направлением оси Ox (см. линию v_{1x});

$v_x < 0$, если направление движения противоположно направлению оси Ox (см. линию v_{2x}).

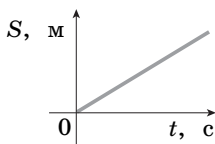


v_x — проекция скорости, t — время

Путь:

$$S = v \cdot t,$$

где v — скорость, t — время движения.



S — пройденный путь, t — время движения

Закон движения (зависимость координаты от времени):

$$x = x_0 + v_x \cdot t,$$

где x_0 — начальная координата тела, v_x — проекция скорости на ось Ox , t — время движения.

3. Равноускоренное прямолинейное движение

Равнопеременное движение (равноускоренное/равнозамедленное) — движение, при котором за любые равные промежутки времени материальная точка изменяет свою скорость на одну и ту же величину. При таком движении ускорение материальной точки: $\vec{a} = \text{const}$.

Формулы и графики равноускоренного прямолинейного движения

Ускорение:

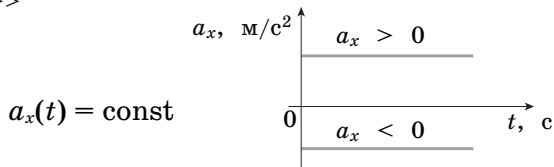
$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t},$$

где \vec{v}_0 и \vec{v} — начальная и конечная скорости тела, t — время движения.

Скорость возрастает, если ускорение сонаправлено с вектором скорости, и убывает, если ускорение противоположно вектору скорости.

>>>

>>>

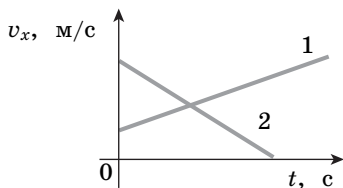


a_x — проекция ускорения, t — время

Скорость:

$$v_x = v_{0x} + a_x \cdot t.$$

Тело 1 движется с возрастающей скоростью (разгоняется), тело 2 — с убывающей скоростью (тормозит).

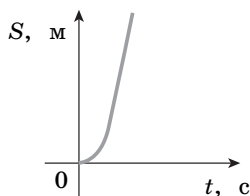


v_x — проекция скорости, t — время

Путь:

$$S = v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2};$$

$$S = \left| \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot a} \right|.$$

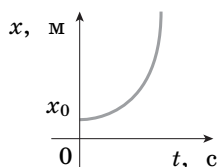


S — пройденный путь (перемещение), t — время

Закон движения (зависимость координаты от времени):

$$x(t) = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2},$$

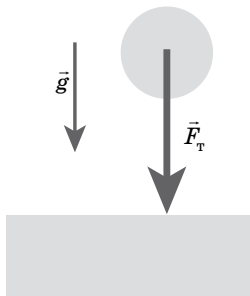
где x_0 — начальная координата тела,
 a_x — проекция ускорения на ось Ox ,
 t — время движения, v_{0x} — проекция
 начальной скорости на ось Ox .



x — координата тела, x_0 — начальная координата,
 t — время

4. Свободное падение

Свободное падение — движение, которое совершает тело под действием только силы тяжести, без учёта силы сопротивления.

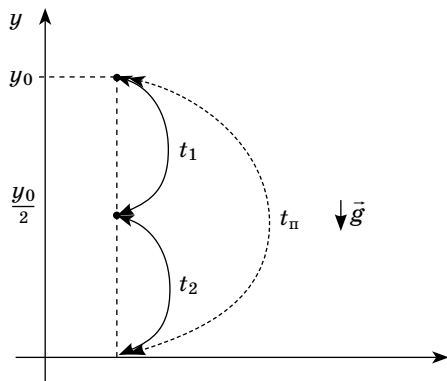


Векторы силы тяжести \vec{F}_T и ускорения свободного падения \vec{g}

Тело свободно падает без начальной скорости с высоты 90 м на поверхность Земли. Определите время t , за которое тело пройдёт последнюю половину своего пути. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . Ответ приведите в секундах и округлите до сотых.

Решение:

Введём ось координат, как показано на рисунке. Начальная координата тела $y_0 = 90 \text{ м}$, ускорение \vec{g} направлено вертикально вниз и равно по модулю 10 м/с^2 , начальная скорость тела равна 0.



Описанное в задаче свободное падение тела является равноускоренным движением. Запишем общий вид закона равноускоренного движения и подставим в него данные из условия:

$$y(t) = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{a_y \cdot t^2}{2},$$

$$y_0 = 90 \text{ м},$$

$$v_{0y} = 0,$$

>>>

>>>

$$a_y = -10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$y(t) = 90 - \frac{10t^2}{2} = 90 - 5t^2.$$

Определим момент времени t_1 , к которому тело окажется на середине пути, то есть в координате $y = 45$ м.

$$45 = 90 - 5t_1^2,$$

$$5t_1^2 = 45,$$

$$t_1^2 = 9,$$

$$t_1 = 3 \text{ с}.$$

Вычислим время падения тела, то есть найдём момент времени $t_{\text{п}}$, которому соответствует координата тела $y = 0$ м.

$$0 = 90 - 5t_{\text{п}}^2,$$

$$5t_{\text{п}}^2 = 90,$$

$$t_{\text{п}}^2 = 18,$$

$$t_{\text{п}} = 3\sqrt{2} \text{ с}.$$

Общее время падения $t_{\text{п}}$ складывается из времени, затраченного на прохождение первой половины пути t_1 , и искомого времени, за которое тело пройдёт вторую половину пути t_2 , таким образом:

$$t_1 + t_2 = t_{\text{п}},$$

$$t_2 = t_{\text{п}} - t_1.$$

$$\begin{aligned} t_2 &= 3\sqrt{2} - 3 = 3 \cdot (\sqrt{2} - 1) \approx 3 \cdot (1,4142 - 1) \approx 3 \cdot 0,4142 \approx \\ &\approx 1,2426 \approx 1,24 \text{ с}. \end{aligned}$$

Ответ: 1,24 с.

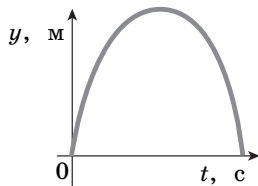
ОДНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ В ПОЛЕ ТЯЖЕСТИ ПРИ НАЛИЧИИ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ

Брошенный вверх мяч вплоть до высшей точки подъёма движется **равнозамедленно**, а вниз движется **равноускоренно**. Но в целом его движение является **равнопеременным**, так как при движении и вверх, и вниз его ускорение остаётся постоянным (равным g).

Графики и формулы движения в поле тяжести при наличии начальной скорости

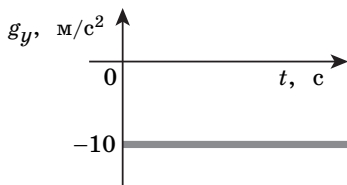
Закон движения:

$$y(t) = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{g_y \cdot t^2}{2}.$$



Ускорение:

$$g \approx 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2.$$



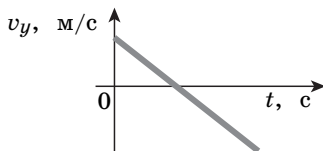
Скорость:

при движении вверх: $v_y = v_{0y} - g \cdot t$;

при движении вниз: $v_y = v_{0y} + g \cdot t$.

>>>

>>>

**Перемещение:**

при движении вверх: $S_y = v_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$;

при движении вниз: $S_y = v_{0y} \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}$;

на любой половине пути: $S_y = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$.

5. Движение точки по окружности

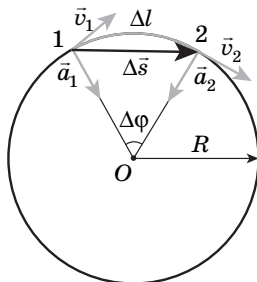
Движение по окружности является **периодическим**. Это движение, повторяющееся через равные промежутки времени. Примеры периодического движения: вращение Земли вокруг Солнца, колебания маятника, колебание струны музыкального инструмента. **Вращательное движение** — движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения.

РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

При равномерном движении по окружности модуль скорости тела остаётся постоянным:

$$|\vec{v}| = \text{const.}$$

Основные характеристики движения по окружности



Движение материальной точки по окружности из точки 1 в точку 2:

R — радиус окружности, $\Delta\varphi$ — угол поворота, Δl — пройденный путь (длина дуги), $\Delta\bar{s}$ — перемещение точки (хорда окружности), \vec{v}_1 и \vec{v}_2 — линейные скорости, \vec{a}_1 и \vec{a}_2 — ускорения тела

УГЛОВАЯ И ЛИНЕЙНАЯ СКОРОСТИ ТОЧКИ

Линейная (мгновенная) скорость всегда направлена по касательной к траектории, проведённой к той её точке, где в данный момент находится рассматриваемое физическое тело; совпадает по направлению с перемещением за малый промежуток времени.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi \cdot R}{T}, \quad v = 2\pi \cdot R \cdot \nu,$$

где s — линейное перемещение (длина дуги), t — время, за которое это перемещение произошло, R — радиус окружности, T — период вращения, ν — частота.

Угловая скорость ω — физическая величина, равная отношению угла поворота тела к промежутку времени, в течение которого этот поворот произошёл.

Единица угловой скорости — радиан в секунду (рад/с).

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T},$$

где $\Delta\varphi$ — угол поворота при перемещении тела на величину S , T — период вращения.

Связь линейной и угловой скорости:

$$v = \omega \cdot R.$$

ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

Центростремительное ускорение — составляющая ускорения тела, движущегося по криволинейной траектории, направленная перпендикулярно его скорости всегда к центру окружности; характеризует изменение только направления скорости:

$$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R.$$

Период вращения — время одного оборота по окружности.

$$T = \frac{t}{N} = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2\pi}{\omega},$$

где T — время одного оборота по окружности, N — число оборотов за время t .

Частота вращения — число оборотов в единицу времени.

Единица частоты — герц (Гц): $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$.

$$\nu = \frac{N}{t}, \quad \nu = \frac{1}{T}.$$

6. Масса тела

Масса тела m — физическая величина, являющаяся мерой инертности тела. Единица измерения массы — килограмм (кг).

Процесс сравнения масс на рычажных весах называется **взвешиванием**.

При взаимодействии (соударении) двух тел скорость в большей степени изменяет то тело, масса которого меньше. То есть тело, имеющее **большую массу**, является **более инертным**.

7. Плотность вещества

Плотность вещества в твёрдом состоянии почти всегда больше, чем в жидком, и тем более в газообразном. Исключение — вода:

$$\rho_{\text{воды}} = 1000 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_{\text{льда}} = 900 \text{ кг/м}^3.$$

Поэтому лёд плавает на поверхности воды.

Плотность ρ — физическая величина, определяемая для однородного вещества массой его единичного объёма:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где V — объём тела.

Единица измерения плотности — килограмм на метр в кубе ($\text{кг}/\text{м}^3$).

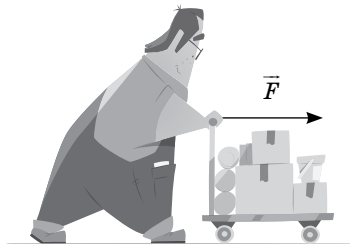
8. Сила

Сила — количественная мера воздействия одного тела на другое.

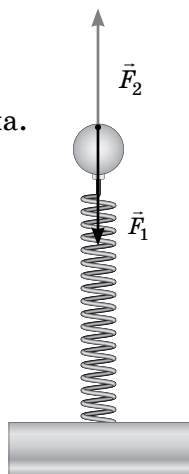
Проявление воздействия меняется в зависимости:

- от значения силы;
- направления её действия;
- точки приложения.

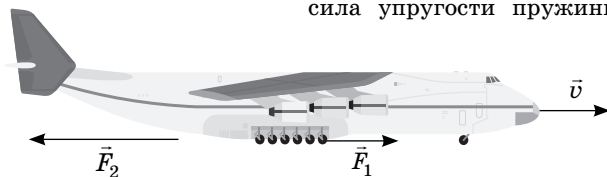
Сила — векторная величина.



а) \vec{F} — сила тяги рабочего;



б) \vec{F}_1 — сила тяжести, \vec{F}_2 — сила упругости пружины;



в) \vec{F}_1 — сила тяги двигателя, \vec{F}_2 — сила сопротивления воздуха, \vec{v} — скорость самолёта

ВЕКТОР И ОБОЗНАЧЕНИЕ СИЛЫ

Единица измерения силы — ньютон (Н).

При воздействии других тел на движущееся тело его скорость может изменяться не только по модулю, но и по направлению.

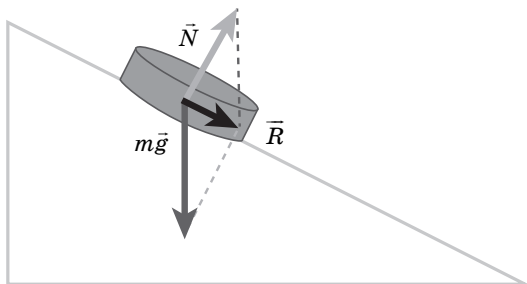
Воздействие других тел на рассматриваемое изображается векторами, число которых равно числу воздействующих тел.

Равнодействующая нескольких сил — сила, эквивалентная данной системе сил, то есть сила, вызывающая такое же механическое воздействие на рассматриваемое тело, что и система сил.

СЛОЖЕНИЕ СИЛ

Равнодействующая сила равна **векторной сумме всех сил**, приложенных к материальной точке.

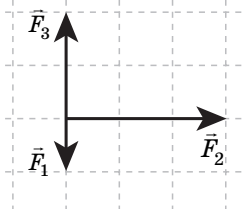
Равнодействующая сила находится по правилу параллелограмма (см. рисунок).



Равнодействующая сила:

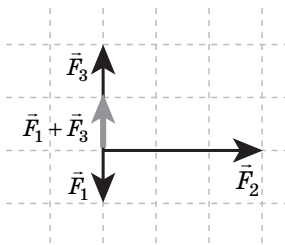
$m\vec{g}$ — сила тяжести, \vec{N} — сила реакции опоры,
 $\vec{R} = m\vec{g} + \vec{N}$ — равнодействующая этих сил

На тело, находящееся на горизонтальной плоскости, действуют три горизонтальные силы (см. рисунок). Каков модуль равнодействующей этих сил, если $F_1 = 1$ Н? Ответ округлите до десятых.



Решение:

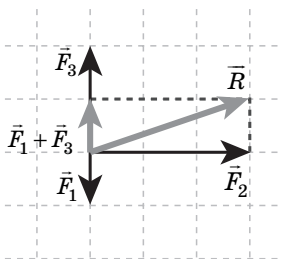
Сначала найдём равнодействующую сил, направленных вдоль одной прямой, — \vec{F}_1 и \vec{F}_3 .



Из рисунка видно, что её величина равна:

$$|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = 1 \text{ Н.}$$

Равнодействующей сил $\vec{F}_1 + \vec{F}_3$ и \vec{F}_2 будет гипотенуза прямоугольного треугольника (см. рисунок).



Её величина равна:

$$\begin{aligned} |\vec{R}| &= \sqrt{\left(|\vec{F}_1 + \vec{F}_3|\right)^2 + \left(|\vec{F}_2|\right)^2} = \\ &= \sqrt{(1 \text{ Н})^2 + (3 \text{ Н})^2} = \sqrt{10} \text{ Н} \approx 3,2 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Ответ: $R = 3,2$ Н.

9. Явление инерции

Инерция — свойство тел сохранять своё состояние неизменным.

Движение по инерции — движение тела, происходящее без внешних воздействий.

Принцип инерции: если на тело не действуют внешние силы, то оно сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Инерциальная система отсчёта (ИСО) — система отсчёта, где тело, на которое не действуют внешние силы (или действие внешних сил скомпенсировано), движется бесконечно долго, прямолинейно и равномерно или покоится. Системы отсчёта, в которых принцип инерции не выполняется, называют **неинерциальными**.

Понятие инерциальной системы отсчёта является идеализацией, потому что она связана с телом отсчёта, а все тела в природе в большей или меньшей степени взаимодействуют друг с другом.

10. Первый закон Ньютона

Формулировка 1. Материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит её (его) изменить это состояние.

Формулировка 2. Существуют такие системы отсчёта, в которых изолированное тело движется бесконечно долго, прямолинейно и равномерно. Такие системы отсчёта называются **инерциальными**.

Земля — ИСО. Остальные ИСО движутся с $\vec{v} = \text{const}$ относительно Земли.

11. Второй закон Ньютона

Формулировка в инерциальной системе отсчёта. Произведение массы тела и его ускорения равно векторной сумме всех действующих на него сил:

$$m \cdot \vec{a} = \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n,$$

где \vec{a} — ускорение тела, $\sum \vec{F}$ — равнодействующая сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \dots \vec{F}_n$, действующих на тело, m — масса тела.

Согласно второму закону Ньютона, равнодействующая всех сил и ускорение всегда сонаправлены.

12. Третий закон Ньютона

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю, одной природы, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти тела:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

>>>