

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Арзамасский коммерческо-технический техникум»

**Методические рекомендации по физике
для обучающихся
по теме «Основы динамики» -
решение задач**

Исполнитель: Слюдова Н.В.

Арзамас, 2023 г.

План

1. Краткая теория
2. Методические рекомендации при решении задач
3. Примеры решения задач
4. Вопросы для самоконтроля
5. Литература

«Основы динамики»

При изучении данной темы учащиеся должны

Знать:

- ✓ Понятие силы;
- ✓ Единицы измерения силы;
- ✓ Законы движения Ньютона;
- ✓ Понятия инерция и масса;
- ✓ Формулы силы трения, силы тяжести;
- ✓ Понятия силы упругости;
- ✓ Закон всемирного тяготения.

Уметь:

- ✓ Решать вычислительные и качественные задачи в общем виде с использованием изученных закономерностей;
- ✓ Производить расчеты с применением законов.

Основы динамики

1. Сила. Масса.
2. Законы Ньютона.
3. Силы упругости. Силы трения. Сила тяжести.
4. Вес тела. Невесомость.
5. Закон всемирного тяготения.

Основные формулы

$$\sum_{j=1}^n \vec{F}_j = 0, \vec{v} = \text{const}, \vec{a} = 0$$

первый закон Ньютона, где:

\vec{F} – сила,

\vec{v} – скорость,

\vec{a} – ускорение.

$$\vec{F} = m * \vec{a}$$

второй закон Ньютона, где:

\vec{F} – сила,

m – масса тела,

\vec{a} - ускорение тела.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

третий закон Ньютона, где:

\vec{F}_1 и \vec{F}_2 – силы взаимодействия двух тел.

$$F_x = -kx$$

закон Гука, где:

F_x – проекция силы упругости,

x – абсолютное удлинение,

k - жесткость пружины.

$$F_{mp} = \mu N_p$$

сила трения, где:

μ – коэффициент трения,

N_p – сила реакций опоры, равная по модулю силе нормального давления тела на опору.

$$\vec{F}_m = m\vec{g}$$

Сила тяжести, где:

\vec{F}_m – сила,

m – масса тела,

\vec{g} – ускорение свободного падения.

$$\vec{P} = - \vec{N}_p$$

вес тела, где \vec{N}_p – сила реакции опоры.

$$F = \Upsilon \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

закон всемирного тяготения, где:

F – сила притяжения,

m_1 и m_2 – массы тел,

r – расстояние между телами,

Υ – гравитационная постоянная.

1. Сила. Масса тела

В динамике рассматривается явление взаимодействий между телами на их механическое движение.

Основная задача механики состоит в определении положения тела в произвольный момент времени по известному начальному положению, начальной скорости и силам, действующим на тело.

При действии на тело других тел, может изменяться форма и размеры тела (тело деформируется), или изменяться скорость тела (тело приобретает ускорение), а возможно одновременно и то, и другое.

Сила – физическая величина, описывающая и измеряющая действие одного тела на другое, в результате которого тела приобретают ускорение или деформируются.

\vec{F} – сила – это величина векторная. Она характеризуется модулем, точкой приложения и направлением в пространстве.

Единицей измерения силы в СИ является один Ньютон
 F – (Н)

В механике изучают силу упругости, силу трения, силу тяжести, силу тяготения.

При воздействии одних тел на другие, тела изменяют свою скорость – приобретают ускорение. При этом разные тела при данном воздействии приобретают разные ускорения.

Свойство тел откликаться определенным на данное воздействие называется **инертностью**. Инертность – это свойство, присущее всем телам.

Масса тела – количественная мера его инертности.

О теле, которое в результате взаимодействия меньше изменяет свою скорость, говорят, что оно более инертно и масса его больше.

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2}$$

m – масса тела (кг),
 a – ускорение тела ($\text{м}/\text{с}^2$).

2. Закон Ньютона

Первый закон Ньютона:

Существует такие системы отчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет скорость постоянной, если на него не действуют другие тела (или их действия компенсируются)

$$\sum_{j=1}^n \vec{F}_j = 0, \vec{v} = \text{const}, \vec{a} = 0$$

Системы отсчета, относительно которых тело при компенсации внешних воздействий движется равномерно и прямолинейно называются инерциальными системами

Второй закон Ньютона:

Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщающее этой силой ускорение.

$$\vec{F} = m * \vec{a}$$

Если на тело действует несколько сил, то каждая сила сообщает свое ускорение, следовательно:

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots$$

Третий закон Ньютона.

Силы, с которыми взаимодействуют тела, равны по модулю и противоположны по направлению.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Силы взаимодействия возникают одновременно, попарно, всегда одной природы. Так как они приложены к разным телам, то не могут уравновешивать друг друга.

3. Силы упругости. Сила трения. Сила тяжести.

Изменение формы, размеров или объема тела называют деформацией.

Деформации, полностью исчезающие после прекращения действия на тело сил, называют упругими, а деформации, сохраняющиеся и после того, как внешние силы перестали действовать на тело, – пластическими.

Силы, возникающие в теле при его упругой деформации, направленные в сторону, противоположную смещению частиц при деформации, называют силами упругости.

Силу упругости, действующую на тело со стороны опоры, часто называют реакцией опоры.

Сила упругости, возникающая при деформации тела, прямо пропорциональна абсолютному удлинению тела и направлена в сторону, противоположную смещению частиц тела.

$$F_x = -kx \quad \text{— закон Гука.}$$

F_x — проекция силы на ось X ,

k — жесткость тела, зависящая от размеров тела и материала, из которого оно изготовлено.

$x = \Delta l = l - l_0$ — абсолютное удлинение, где l и l_0 — длины тела в деформированном и недеформированном состояниях.

Сила трения — сила, возникающая при соприкосновении двух тел и препятствующая их относительному перемещению.

$$F_{mp} = \mu N_p \quad \text{— сила трения;}$$

μ — коэффициент трения, зависит от качества обработки поверхностей и их материала.

Сила тяжести — это сила, действующая на тело со стороны Земли и сообщающая телу ускорение свободного падения.

$$\vec{F}_m = \vec{mg} \quad \text{— сила тяжести,}$$

$$\vec{g} = 9,8 \text{ м/с}^2 \quad \text{— ускорение свободного падения на Земле.}$$

4. Вес тела. Невесомость.

Вес тела — это сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на опору или подвес.

Если тело свободно падает ($a=g$), то вес тела равен 0 и в теле исчезают всякие деформации, и несмотря на сохраняющиеся действия силы тяжести верхние слои не будут давить на нижние.

Состояние тела, при котором в свободно движущемся теле исчезают деформации и взаимные давления, называется невесомостью.

Причина невесомости заключается в том, что сила всемирного тяготения сообщает телу и его опоре одинаковое ускорение.

5. Закон всемирного тяготения

Все тела в природе взаимно притягиваются друг к другу. Впервые Ньютона доказал, что причина, вызывающая падения камня на Землю, движение Луны вокруг Земли и планет вокруг солнца одно и тоже. Это — сила всемирного тяготения (гравитационная сила), действующая между любыми телами Вселенной.

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{— закон всемирного тяготения.}$$

Два тела притягиваются друг к другу с силой прямо пропорциональной произведению их масс обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

$$\gamma = 6,67 * 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \quad \text{— гравитационная постоянная.}$$

Методические рекомендации

При решении задач в разделе «Динамика материальной точки» следует соблюдать следующий алгоритм:

1. Записать условия задачи;
2. Выполнить перевод единиц в систему СИ;
3. Сделать к задаче рисунок, на котором нужно расставить все силы, действующие на данное тело, и там, где это требуется, указать направление скорости и ускорения;
4. Выбрать систему координат XOY с таким расположением осей, чтобы ось OX совпадала по направлению с ускорением тела;
5. Записать уравнение второго закона Ньютона в векторной форме:

$$\vec{ma} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots$$

6. Спроецировать эти уравнения на выбранные оси координат;
7. Дополнить полученную систему, в случае необходимости, кинематическими и динамическими соотношениями и решить ее относительно искомой величины.

Примеры решения задач

1. Вагон массой 20 тонн равнозамедленно с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$ и начальной скоростью 54 км/ч . найти силу торможения, действующую на вагон, время движения вагона до остановки и перемещение вагона.

Дано:	«СИ»	Решение:
$m=20 \text{ т}$	$2*10^4 \text{ кг}$	На вагон действует сила тяжести, \vec{mg} , сила
$a=0,3 \text{ м/с}^2$		трения, \vec{F}_{mp} , и сила реакции опоры, \vec{N}_p .
$v_0 = 54 \text{ км/ч}$	15 м/с	запишем второй закон Ньютона в векторной
F_{mp}, t, S		форме: $\vec{ma} = \vec{N}_p + \vec{F}_{mp} + \vec{mg}$
		Возьмем проекцию на ось X^\wedge

$$ma = F_{mp} \Rightarrow$$

$$F_{mp} = 2 * 10^4 * 0,3 = 6 * 10^3.$$

Время движения вагона до остановки выразим из формулы ускорения:

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}, \text{ где:}$$

v — конечная скорость, т.к. вагон остановился $\Rightarrow v=0$.

$$t = \frac{0-15}{0,3} = 50 \text{ сек.}$$

Перемещение находим по формуле:

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{at}^2}{2}, \text{ в проекции на ось } X :$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2},$$

$$S = 15 * 50 - \frac{0,3 * 2500}{2} = 375\text{м.}$$

Ответ: $S = 375\text{м.}$

2. Тело массой 3 кг падает в воздухе с ускорением 8 м/с^2 . Найти силу сопротивления воздуха.

Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$a = 8 \text{ м/с}^2$$

$$F - ?$$

Решение:

На падающее в воздухе тело действуют:

\vec{mg} – сила тяжести и \vec{F} – сила сопротивления воздуха.

Т.к. движение равноускоренное, то вектор ускорения направлен в сторону движения.

Запишем для тела уравнение второго закона Ньютона в векторной форме:

$$\vec{mg} + \vec{F} = \vec{ma}.$$

Возьмем проекции сил на ось Y:

$$mg - F = ma \Rightarrow$$

$$F = mg - ma = m(g - a),$$

$$F = 3 * (9,8 - 8) = 5,4\text{Н.}$$

Ответ: $F = 5,4\text{Н.}$

3. С какой силой нужно действовать на тело массой 5 кг, чтобы оно двигалось вертикально вниз с ускорением 15 м/с^2 ?

Дано:

$$m = 5 \text{ кг,}$$

$$a = 15 \text{ м/с}^2$$

$$F - ?$$

Решение:

На падающее тело действуют сила тяжести \vec{mg} и сила, сообщающая телу ускорение.

Движение тела равноускоренное, то вектор ускорения направлен в сторону движения.

Запишем для тела уравнение второго закона Ньютона в векторной форме:

$$\vec{mg} + \vec{F} = \vec{ma}.$$

Возьмем проекции сил на ось X:

$$mg + F = ma \Rightarrow$$

$$F = ma - mg = m(a - g),$$

$$F = 5(15 - 10) = 5 * 5 = 25 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 25\text{Н.}$

4. Тело скользит равномерно по наклонной плоскости с углом наклона 40° . Определить коэффициент трения тела о плоскость.

Дано:

Решение:

$\alpha = 40^\circ$ На тело при его скольжении по наклонной плоскости действуют:

\vec{mg} – сила тяжести,

$\mu - ?$ \vec{N}_p – сила реакции опоры,

\vec{F}_{mp} – сила трения.

Ускорение при равномерном скольжении равно нулю.

Запишем для тела уравнение второго закона Ньютона в векторной форме:

$$\vec{mg} + \vec{N}_p + \vec{F}_{mp} - ma = 0.$$

Запишем уравнение в проекциях на ось X и Y:

$$X: mg \sin \alpha - F_{mp} = 0 \quad (1),$$

$$Y: N_p - mg \cos \alpha = 0 \quad (2).$$

$$F_{mp} = N_p \mu$$

Из уравнения (2) выражаем N_p :

$$N_p = mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$F_{mp} = mg \cos \alpha \mu$$

Запишем уравнение (1) в следующем виде:

$$mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \mu = 0$$

$$mg \sin \alpha = mg \cos \alpha \mu \Rightarrow$$

$$\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\mu = \tan 40^\circ \approx 0,84$$

Ответ: $\mu = 0,84$ - коэффициент трения.

5. Почему предметы, находящиеся в комнате, несмотря на их взаимное притяжение, не приближаются друг к другу?

Ответ: Этому препятствует сила трения, которая во много раз больше, чем сила притяжения между предметами в комнате.

6. Как уменьшится вес тела, движущегося в вертикальном направлении вместе с опорой:
- равномерно;
 - равноускоренно?

Ответ:

a) На тело действует сила тяжести $\vec{F}_m = \vec{mg}$ и сила реакции опоры \vec{N}_p .

Основное уравнение динамики – второй закон Ньютона запишем в следующем виде:

$\vec{mg} + \vec{N_p} = \vec{ma} = 0$, так как тело движется равномерно.

В проекции на ось X:

$$N_p - mg = 0 \Rightarrow N_p = mg$$

По третьему закону Ньютона:

$$N_p = P \Rightarrow P = mg$$

б) Тело движется равноускоренно:

запишем для тела второй закон Ньютона в векторной форме:

$$\vec{mg} + \vec{N_p} = \vec{ma}$$

В проекции на ось X:

$$N_p - mg = ma \Rightarrow$$

$$N_p = ma + mg = m(a + g)$$

$$\text{Т.к. } N_p = P \Rightarrow$$

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

Вопросы для самоконтроля

1. Чем различаются понятия «инерция» и «инертность»?
2. Книга лежит на столе. Укажите силы, подчиняющиеся третьему закону Ньютона.
3. Как, пользуясь законом всемирного тяготения, можно найти массу Земли?
4. Какие деформации описываются законом Гука?
5. Что понимают под абсолютным и относительным удлинением?
6. Зависит ли тормозной путь от его массы?
7. Почему выгодно запускать ракеты-носители в плоскости экватора?
8. Тело массой 0,1 кг, брошенное вертикально вверх со скоростью 40 м/с, достигло высшей точки подъема через 2,5 сек. Определите среднее значение силы сопротивления воздуха.
9. Вагонетка с грузом общей массой 1500 кг движется по горизонтальному пути с постоянной скоростью. Коэффициент трения равен 0,01. Определите силу тяги, которую развивает вагонетка.

10. Человек массой 70 кг поднимается в лифте, движущемся равнозамедленно вертикально вверх с ускорением 1 м/с^2 . Определите силу давления человека на пол кабины лифта.
11. Расстояние от Земли до Луны в среднем равно $7,84 \cdot 10^5$ км. масса Луны $7,33 \cdot 10^{22}$ кг, масса Земли $6,03 \cdot 10^{24}$ кг. Определите силу притяжения между Землей и Луной.
12. Поезд массой $3 \cdot 10^3$ кг трогается с места и движется по горизонтальному пути под действием постоянной силы тяги локомотива, равной 400 кН. Коэффициент сопротивления движению 0,005. Определите ускорение воздуха.

Список используемой литературы

1. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский – учебник, физика-10 кл. Москва. «Просвещение» - 2004 г.
2. Л.А. Аксенович, Н.Н. Факина «Учебное пособие», физика. Механика.
3. А.П. Рамкевич, П.А. Фымкевич «Сборник задач по физике» Москва «Просвещение» - 2000 г.