**Оглавление**

Введение

Формирование понятия об инерции

Второй закон Ньютона

Методика формулирования понятия«масса тела»

Методика формулирования понятия «сила»

Измерение сил. Динамометр. Сложение сил

Зависимость между силой, массой и ускорением. Второй закон Ньютона

Закрепление и углубление материала на второй закон Ньютона

Третий закон Ньютона

Заключительное занятие по теме «законы движения Ньютона»

Список литературы

**Вступление**

Решение основной задачи механики - определение положения тел и любой момент времени — требует знания их начальных координат, скорости и ускорения, которые возникают при взаимодействии тел. Последнее является предметом изучения динамики.

Динамика составляет важнейшую часть классической механики. Ее главная задача – изучение взаимодействий тел, которыми объясняются, прежде всего, различные изменения их движений. В основе динамики лежат три закона. Впервые их в общем виде сформулировал гениальный английский физик Исаак Ньютон (1643 – 1727). Теперь эти законы называют его именем. Открытие законов движения Ньютона было подготовлено многовековой человеческой практикой, трудами многих поколений ученых. Законы механического движения с их многочисленными и важными следствиями имеют огромное научное и мировоззренческое значение. Они позволяют понять и объяснить многие явления и в космосе и в микромире. Классической механикой введены в науку важнейшие физические понятия: «масса», «сила», «импульс» (количество движения), энергия и др. особо отметим, что законы сохранения энергии и импульса не знают исключения в любых явлениях макро- и микромира. Законы классической механики составляют научную основу техники многих отраслей народного хозяйства: строительства, машиностроения, транспорта и др. поэтому изучения динамики следует в полной мере использовать в целях политехнического обучения учащихся. Показывая научную и практическую значимость законов механики, нужно вместе с тем в доступной форме дать учащимся первоначальные понятия и о границах применения. Учителю следует помнить, что было время, когда законы классической механики казались всеобъемлющими и способными объяснить и описать все явления природы. Наглядные образы, представления и понятия, почерпнутые учащимися в окружающей жизни, и теперь наталкивают их на «механическую» трактовку и «механические» образы при изучении вопросов физики, где они неприменимы. Многие явления природы не могут быть сведены только к механическому взаимодействию тел уже потому, что материя в природе существует не только в виде вещества, но и в виде поля. Явления, например, в электромагнитном поле подчиняются законам Максвелла, а не законам Ньютона. Но и движения, с которыми мы связываем определенные физические тела, не всегда могут быть объяснены законами Ньютона. Классическая механика не может удовлетворительно описать движения множествачастиц - молекул, объяснить законы, которым подчиняются элементарные частицы, движение тел со скоростями, близкими к скорости света. Соответствующие законы устанавливаются статистической механикой, квантовой механикой и теорией относительности. Определенные сведения о данных разделах современной физики учащиеся получают в старших классах. Однако некоторые первоначальные представления о границах применимости законов Классической механики ученики должны получить уже в самом начале изучении физики.

При этом учащиеся должны осознать, что успехи современной науки вовсе не отрицают и не зачеркивают механику Ньютона. Более того (согласно принципу соответствия), они утверждают незыблемость ее законов для определенных предельных условий: классическая механика - это механика макротел, движущихся со скоростями, далекими от скорости света. Данные условия выполняются в огромной сфере практической и научной деятельности человека на Земле и в космосе. В этом и заключается непреходящее значение механики Ньютона.

При изучении динамики в VIII классе следует принять во внимание знания учащихся по механике, полученные в VI классе, а также их жизненный опыт и представления.

Основное содержание учебного материала видно наследующего возможного варианта примерного поурочного планирования темы:

1-й урок. Понятие с динамике. Закон инерции. Краткие сведения о жизни и научном подвиге Галилео Галилея.

2-й урок. Взаимодействие тел. Ускорение тел при взаимодействии.

3-й урок. Масса тел как мера их инерциальных свойств.

4-й урок. Масса тел как мера их гравитационных свойств.

5-й урок. Определение массы тел взвешиванием. Сила.

6-й урок. Второй закон Ньютона. Единица силы в СИ.

7-й урок. Измерение сил. Динамометр. Сложение сил.

8-й и 9-й урок. Углубление и закрепление материала на второй закон Ньютона. Решение задач.

10-й урок. Третий закон Ньютона. Решение задач.

11-й урок. Повторений и обобщение пройденного (краткие сведения о жизни и научной деятельности И. Ньютона).

Из истории открытия закона инерции. При изучении данного материала несомненную пользу принесут сведения из истории открытия закона инерции. В адаптированном виде они могут быть использованы и на первом, и на последующих уроках, а также на внеклассных занятиях.

Повседневные наблюдения и практический опыт приводили человека к мысли о том, что тела не приходят в движение сами собой. Для перемещения тел их надо тянуть, толкать, словом прилагать к ним некоторую «силу». Аристотель (384—322) называл такие движения насильственными и считал, что они прекращаются по прекращению действия силы. Отсюда следовал вывод: движение тел обусловлено действием на них сил. Ошибка таких рассуждений, как известно, заключается в том, что в них не принимаются во внимание силы, препятствующие движению.

Наряду с указанными взглядами постепенно возникла мысль о том, что существует и некая «внутренняя» сила, ответственная за движение тел. «Всякое движение,— писал Леонардо да Винчи (1452—1519),— стремится к своему сохранению, или каждое тело движется постоянно, пока в нем сохраняется действие его двигателя». Другой итальянский ученый Джованни Батиста Бенедетти (1530—1590) ввел «представление об «импето» («впечатление»), сохраняющемся в теле, которому сообщается скорость. Следующий шаг делает Галилео Галилей (1564 — 1642). Он детально изучил движение тел по наклонной плоскости. Галилей экспериментально доказал, что шар скатывается по наклонной плоскости ускоренно, а поднимается замедленно. На этом основании он сделал вывод: «Когда тело движется по горизонтальной плоскости, не встречая никакого сопротивления движению, то … движение его является равномерным и продолжалось бы бесконечно, если бы плоскость простиралась в пространстве без конца. Галилей еще не даст общей формулировки принципа инерции. Он связывает открытое им свойство тел только с их движением в горизонтальном направлении (и ошибочно с движением по идеально гладкой поверхности земного шара). Но он первый понимает явление инерции столь глубоко и правильно применяет его. В его формулировке впервые производится абстрагирование от сопротивления движению тел. Однако Галилей еще не располагает обобщенным понятием силы и не принимает в явном виде во внимание силы реакции опоры и силу тяжести.

Впервые от действия тяготения абстрагируется Рене Декарт (1596—1650). «Полагаю, — писал он, — что природа движения такова, что, если тело пришло в движение, уже этого достаточно, чтобы оно его продолжало с той же скоростью и в направлении топ же прямой линии, пока оно не будет остановлено или отклонено какой-либо другой причиной».

На новую ступень обобщения, опираясь на труды своих предшественников, и прежде всего Галилея, закон инерции поднял И. Ньютон, который включил его в число важнейших трех аксиом или законов движения в следующем виде: всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

Поскольку всякое движение относительно, возникает вопрос: что принять за систему отсчета? Движение одного и того же тела в одной системе отсчета может быть равномерным и прямолинейным, а в другой в то же самое время — переменным и криволинейным.

Галилей считал закон инерции справедливым в системе отсчета, связанной с Землей, а Ньютон ввел понятие абсолютного пространства, которое «по самой своей сущности и безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным».

Определение Ньютона лишено физического смысла, поскольку нельзя построить систему отсчета, не связав ее с конкретными телами. В системе же отсчета, связанной с Землей, закон инерции, строго говоря, не выполняется, как во всякой вращающейся системе (этот факт, как уже указывалось, привел Галилея к ошибочному утверждению о справедливости закона инерции для равномерного движения тел по окружности). Тем не менее, фундаментальный закон механики — закон инерции был открыт. Объясняется это тем, что для системы «Земля», в которой практически и велись все многовековые наблюдения, отступления от закона инерции относительно невелики. Эта система с достаточной для практических целей точностью может быть принята за инерциальную. Практически точно закон инерции выполняется в системе отсчета, связанной с «неподвижными» звездами.

**Формирование понятия об инерции**

Различные методические подходы к изучению закона инерции отличаются в основном тем, к какой конечной формулировке — классической ньютоновской или же к формулировке, принимающей во внимание уравновешенные силы,— подводят учащихся.

Рассмотрим каждый из этих основных подходов и некоторые их модификации подробнее. При этом будем иметь в виду, что все законы движения Ньютона относятся, строго говоря, к материальным точкам и к телам, совершающим поступательное движение.

Согласно первому, наиболее распространенному подходу выясняется вопрос, почему останавливаются движущиеся тела и что нужно сделать для того, чтобы их движение продолжалось как можно дольше.

С помощью мысленных или реально поставленных на демонстрационном столе экспериментов устанавливают, что движение тел, например шара по горизонтальной поверхности стола, будет изменяться тем меньше, чем меньше сопротивление его движению, в данном случае сила трения.

Отсюда для предельного случая, когда силами трения можно пренебречь, делается вывод, что если на тело не действуют другие тела, то тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения относительно Земли. Далее в некоторых пособиях уточняется, что закон инерции выполняется практически точно в гелиоцентрической системе. Таким образом, закон инерции по существу формулируется так же, как и у Ньютона для предельного случая, когда тела достаточно удалены от всех других тел. Вначале на конкретных примерах вводится понятие о «компенсации действия тел» и применительно к некоторым конкретным системам отсчета, прежде всего к Земле, показывается справедливость закона инерции.

На основе конкретных примеров первый закон Ньютона формулируется в следующем виде: существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущиеся тела сохраняют свою скорость постоянной; если на них не действуют другие тела, или действие других тел компенсируется. Такие системы отсчета называются инерциальными.

Данная формулировка закона инерции по сравнению с приведенными выше является наиболее полной. Она охватывает и предельные, и реально имеющие место в окружающей жизни случаи. Кроме того, в ней указывается на справедливость закона только в определенных, инерциальных системах отсчета.

Однако данный методический подход также не лишен недостатков и трудностей:

1)вводится дополнительное, притом недостаточно с физической точки зрения определенное понятие о «компенсации действия тел»;

2) в данной формулировке на первом плане оказывается мысль о существовании инерциальных систем, а не о явлении инерции;

3)не говорится в явном виде о прямолинейности движения тел по инерции;

4)данная формулировка из-за того, что несет большую информацию,сложнее предыдущей. Для устранения указанных выше трудностей необходимо максимально использовать знания учащихся из курса физики, пройденного ранее и формировать весь комплекс понятий о законе инерции по частям.

Крайне желательно, чтобы учащиеся предварительно самостоятельно повторили соответствующий материал по учебнику и восстановили в своей памяти определение: явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел называют инерцией. Соответствующие примеры всегда приведут сами учащиеся. Здесь уместно также рассказать об опытах Галилея с наклонной плоскостью, интересных не только своими выводами, но и примером сочетания логического абстрактного мышления с реальным физическим экспериментом. Затем можно также сказать о взгляде древних и неправильном бытовом представлении людей, незнакомых с физикой, о том, что движение есть результат взаимодействия тел. После этого повторения и исторического введения можно перейти к более детальному и обстоятельному рассмотрению инерции с учетом реально существующих взаимодействий тел.

Вначале следует рассмотреть приведенный в учебнике пример с находящимся в состоянии покоя шаром, подвешенным на пружине или резиновом шнуре. При этом, как показывает опыт преподавания, можно не только говорить в общих выражениях о том, что «действия на шар двух тел — шнура и Земли компенсируют (иногда говорят уравновешивают) друг друга», но и указать на чертеже в явном виде действующие на тело силы: силу тяжести Fт и силу упругости (рис. 1).

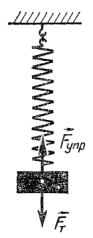


рис. 1

Понятие «сила» в данном случае не расширяется и не углубляется. Оно используется как синоним выражения «действие одного тела на другое», которое, как известно из курса физики VI класса, может быть измерено динамометром и выражено в ньютонах.

В качестве упражнения и закрепления полученных понятий можно дать учащимся задание самостоятельно указать и изобразить графически силы, действующие на гирю, помещенную на пружину (рис. 2 а) и на шайбу, которая лежит на льду (рис. 2 б).

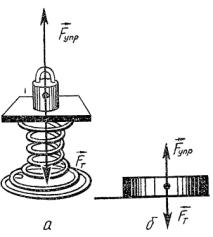


рис.2

На основе данных и аналогичных примеров делают вывод, что если на тело действуют равные по модулю, но противоположно направленные силы, то тело может находиться в состоянии покоя. Иначе можно сказать, что действие тел в этом случае компенсируется.

Затем переходят к рассмотрению наиболее важного и сложного случая — движения тела по инерции, используя описанный в учебнике пример с шайбой. Полезно еще раз изобразить шайбу и действующие на нее силы, включая небольшую силу трения Fтр (рис. 3 а), а также вектор скорости V. Как опытный факт констатируем, что после удара шайба движется прямолинейно и ее скорость изменяется незначительно. Естественно предположить, как это делалось уже раньше при рассмотрении опыта Галилея, что скорость тела не изменилась бы совсем, если бы сил трения не было вовсе.

Этот вывод желательно подкрепить выразительными опытами с движением по инерции с крайне малым трением дисков из сухого льда или же тел на воздушной подушке.

Далее высказывается мысль, что силу трения можно компенсировать. Последнее легко осуществить, равномерно перемещая шайбу, например, с помощью клюшки, непрерывно подталкивающей ее с силой , равной и противоположно направленной силе трения (рис. 3 б).



рис. 3

Простейшим наглядным примером равномерного движения, легко осуществимого на опыте, является движение шарика или бруска по наклонной плоскости, которой придан такой уклон, чтобы сила трения компенсировалась равнодействующей силы реакции желоба и силы тяжести.

Обобщая пройденное, делают вывод, с которым учащиеся уже знакомились: материал о сложении сил, направленных по одной прямой: «Тело под действием двух равных и противоположно направленных сил будет находиться в покое или двигаться равномерно и прямолинейно».

Наконец, должно быть сформировано первоначальное понятие об инерциальных системах отсчета. До сих пор во всех опытах и примерах за систему отсчета, в которой оказывался справедливым закон инерции, принималась Земля. На конкретных примерах следует показать, что закон инерции выполняется также в системах отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно относительно Земли.

Все опыты по инерции, рассмотренные выше, с равным успехом и теми же результатами можно провести, например, в равномерно движущихся поезде, теплоходе или самолете.

В результате проделанной работы учащиеся должны усвоить, что тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного поступательного движения в инерциальных системах отсчета, если на него не действуют другие тела или если силы, с которыми они действуют, уравновешиваются.

Для закрепления и углубления полученных понятий в классе и дома учащиеся решают в основном качественные задачи-вопросы. Желательно, однако, и решение несложных экспериментальных задач, например, такой:

Объяснить, какие уравновешенные силы действуют на движущийся равномерно вниз шарик в стеклянной трубке с водой (рис. 4 а); на поднимающийся равномерно вверх пузырек воздуха (рис. 4 б).

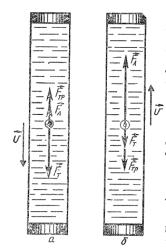


Рис. 4

Необходимо также решение задач политехнического содержания:

Плуг равномерно движется по борозде. Можно ли сказать, что он движется по инерции?

Интересна задача «Самый легкий способ путешествовать», составленная по материалам «Занимательной физики» Я.И. Перельмана.

**Второй закон Ньютона**

Опыт и логика подсказывают, что если действующие на тело силы не уравновешиваются, то его движение должно изменяться. Существующую при этом количественную закономерность удалось впервые сформулировать в своих «Началах» И. Ньютону в виде следующей аксиомы или закона движения: Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Математическизаконвыражается формулойВсе величины, входящие в эту формулу: сила , масса *m*, количество движения и время *t*, у Ньютона независимые.



В настоящее время в учебниках физики второй закон Ньютона чаще всего записывается в виде. (Впервые выражение силы, как величины, равной массе, умноженной на ускорение, дается в «Механике» Эйлера; 1736 г.) Следует, однако, иметь в виду, что зависимость. не эквивалентна полностью формуле Она верна только при условии *m =const*, что практически имеет место при скоростях, далеких от скорости света, когда зависимостью массы от скорости можно пренебречь.



Из сказанного выше следует, что для изучения второго закона Ньютона в форме предварительно требуется ввести понятия массы, силы и ускорения. Различные методические системы изучения второго закона Ньютона отличаются в основном тем, как вводятся данные фундаментальные физические понятия.



Наиболее распространенной системой является такое построение учебного материала, когда массу и силу стараются определить независимо друг от друга и от второго закона Ньютона: массу путем взвешивания на весах, а силу — статическим методом — с помощью пружинных динамометров, которые градуируют весом гирь. При этом масса иногда трактуется как мера количества вещества в теле. Такой упрощенный, устаревший подход к формированию важнейших понятий динамики для советской школы неприемлем.

В настоящее время многие методисты считают предпочтительной такую систему, при которой сначала вводится понятие силы. При этом сила трактуется как «мера действия тел друг на друга, в результате которого тела получают ускорения». После этого изучаются способы измерения сил с помощью эталонных пружин или динамометров, и устанавливается зависимость ускорения тел от сил:



«Величину , равную отношению модуля силы к модулю ускорения, называют массой (точнее, инертной массой)».



Масса тела выступает как коэффициент пропорциональности между силой и ускорением ,а соотношение выступает как определение массы и второй закон Ньютона. При данном методическом подходе в качестве основной единицы выступает единица силы, что противоречит системе СИ.



Понятие о силе вводится на основе уравнения , которое одновременно является и определением силы и вторым законом Ньютона. По мнению многих методистов в этом заключается главная трудность этого подхода. Выход из данного положения находится за счет использования других физических законов, определяющих зависимость силы от других величин, например, от координат.



**Методика формирования понятия «масса тела»**

Первоначальное понятие о массе тел учащиеся получают в начале изучения предмета физика на основе опытов, в которых используются упругие шары, а также шары или тележки, соединенные пружинами. Здесь же вводится понятие о единице массы—килограмме как массе платиноиридиевого эталона. Учащиеся знакомятся также с измерением массы на рычажных весах.

Данные сведения следует восстановить в памяти учащихся в более старших классах. Как показывает опыт, демонстрации упругого взаимодействия тел желательно позже дополнить демонстрациями взаимодействия наэлектризованных тел и взаимодействия тел посредством магнитного поля (рис. 5 а, б).

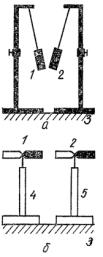


рис. 5

При постановке опытов следует проанализировать, с какими телами взаимодействуют рассматриваемые тела, в каких случаях действие других тел взаимно компенсируется и в каких не компенсируется и как при этом изменяется движение тел, их скорость. Таким образом, учащиеся подготавливаются к обобщению понятия «взаимодействие тел», получают первое представление «о типах взаимодействий».

Наглядно показывают взаимный характер действия тел друг на друга также следующие опыты:

-Опыт с истечением воды из трубки, согнутойпод прямым углом (рис. 6а). При истечении струи воды трубка отклоняется в противоположную сторону.

2.Опыт по взаимодействию тележек с магнитами (рис. 6 б). Если расположить на платформе магниты так, как показано на рисунке, тележки будут взаимно притягиваться друг к другу, приобретая ускорения, направленные в противоположные стороны. Если магниты рас положить друг к другу одноименными полюсами, тележки будут отталкиваться.

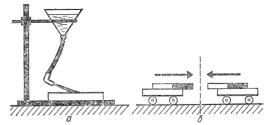


Рис. 6

На основе опытов устанавливают, что:

1) изменение скоростей тел и а, следовательно, их ускорения и направлены в противоположные стороны;



2)модули величин и , а, следовательно, и могут принимать различные значения;это качественно видно на глаз. Желательно, однако, подтвердитьэтот вывод и измерениями, тем более что они необходимы для последующего. Следующая задача состоит в том, чтобы показать, что отношение абсолютных значений ускорений двух тел есть величина постоянная, не зависящая от того, как взаимодействовали тела. Данное положение далеко не очевидно и требует специального эксперимента, связанного с измерением ускорений.



Для прямых измерений ускорений необходим прибор — акселерометр.

В технике применяют механические, электромеханические и электрические акселерометры. Ряд конструкций механических акселерометров, доступных для самостоятельного изготовления, описан в методической литературе. Их принцип действия основан на отклонении при ускоренном движении пружинного или тяжелого маятника (рис. 7).

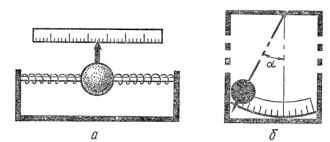


Рис.7

Для пружинного маятника , а для тяжелого . В опытах акселерометры прикрепляют к ускоренно движущимся телам, например, к тележкам, взаимодействующим с помощью буферной пружины.



Помимо прямых возможны и косвенные измерения ускорений взаимодействующих тел.

В этих целях можно решить следующие экспериментальные задачи:

1. Найти отношение модулей ускорений снарядов, вылетающих из двустороннего баллистического пистолета (рис. 8).

Опыт и расчеты покажут, что при любом сжатиипружины

,



где и — дальность полета шаров в горизонтальном направлении.



2. Два шарика 1 и 2 с отверстиями связаны нитью и насажены на стержень, по которому они могут скользить с незначительным трением (рис. 9).

Найти на опыте отношение модулей ускорений шарикови и доказать, что оно остается неизменным для различных длин связывающей их нити.

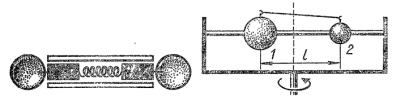


Рис. 8 Рис.9

Опыты и расчеты покажут, что . Следовательно, при любых (и поступательных и вращательных) движениях отношение модулей ускорений двух данных взаимодействующих тел есть величина постоянная.



Одни тела, взаимодействуя с избранным, получают ускорения, большие в 2, 3 и т. д. раз, другие — меньшие ускорения. О первых телах говорят, что они менее «инертны», о вторых — более «инертны».

Инертность — это свойство, присущее всем телам. Состоит оно в том, что для изменения скорости тела на заданную величину нужно, чтобы действие на него определенного другого тела длилось некоторое время. Чем это время больше, тем инертнее тело. Из двух взаимодействующих тел то тело более инертно, которое медленнее «набирает» скорость, т. е. приобретает при взаимодействии меньшее ускорение.

Для закрепления понятия об инертности тел полезно решить следующие задачи:

1. На одинаковые нити подвешивают два груза 1 и 2, значительно отличающиеся по массе (рис.10).

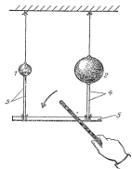
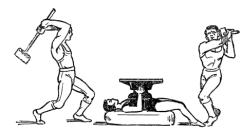


Рис. 10

Снизу каждый груз привязывается двумя нитями 3 и 4 к перекладине 5. При резком ударе по перекладине 5 обрывается верхняя нить малого груза и нижние нити большого. Объяснить почему.

Ответ. За одно и то же малое время груз 1, обладающий меньшей инертностью, получил большую скорость, переместился на большее расстояние и оборвал верхнюю нить. Больший же груз переместился незначительно, и верхняя нить осталась целой.

2. В цирке показывают такой аттракцион. Молотами бьют по наковальне, поставленной на грудь человека (рис.11), Почему это безопасно для человека, держащего наковальню?



Инертность тел может быть различной, большей или меньшей, а потому ее можно сравнивать и измерять, как всякую физическую величину.

Инертность выражается определенной величиной, получившей название масса. Естественно приписывать большую массу тому из двух взаимодействующих тел, которое более инертно.

В качестве повторения и закрепления материала здесь полезно решить такую задачу:

Два мальчика на коньках, оттолкнувшись руками друг от друга, поехали в разные стороны со скоростями 5 и 3 м/с. Масса какого мальчика больше и во сколько раз?

.



Масса второго мальчика больше в раза. Так как



*,* то



Это означает, что отношение модулей ускорений взаимодействующих тел равно обратному отношению их масс.

Чтобы найти массу каждого отдельного тела, выбирают какое-нибудь тело в качестве эталона массы; массу его условно принимают за единицу. Тогда с помощью опыта, в котором тело, масса которого определяется, взаимодействует с эталоном массы, находят отношение

.



Откуда единиц массы.



При этом надо обратить внимание учащихся на то, что из данного выражения нельзя упускать слова «единиц массы», так как в противном случае получится отвлеченное, неименованное число.

В учебниках физики дается следующее определение массы: Масса тела — это величина, выражающая его инертность. Она определяет отношение ускорения эталона массы к ускорению тела при их взаимодействии.

В этом определении нужно выделить две части: первая содержит утверждение о том, что масса есть величина, характеризующая инертность тел. Эта часть определения раскрывает физическую сущность величины. Вторая часть является дополняющей, раскрывающей способ определения массы тел.

Далее логически следует вопрос о единице измерения массы и, наконец, о способе ее измерения. При рассмотрении вопроса о единице измерения массы надо предупредить возможность неверного запоминания учащимися определения. Многие учащиеся в определении запоминают только то, что цилиндр — эталон массы изготовлен из платины с иридием, другие — только то, что это тело является цилиндром. Чтобы не допустить подобных ошибок, необходимо обратить внимание учащихся на то, что за единицу массы принята масса определенным образом выбранного тела. Таким телом является цилиндр, изготовленный из сплава платины с иридием и хранящийся в Международном бюро мер и весов.

В качестве примера практического использования изученного метода измерения масс рассматривают задачу по сравнению масс Земли и Луны.

Таким образом, учащиеся получают более полное понятие о динамическом методе сравнения и измерения масс. Но они ранее получили понятие и об измерении масс тел взвешиванием. Позже на данном вопросе останавливаются позднее в теме «Силы природы» в связи с изучением сил всемирного тяготения. Однако и в данной теме следует кратко сказать об определении массы тел взвешиванием и о том, где применяется каждый метод.

«Динамический» метод, связанный с расчетом ускорений, обычно применяется для измерения масс микро- и макрообъектов. А «статический», основанный на взвешивании,— в повседневной практической деятельности, а также в метрологии. Единица массы— 1 кг — масса платиноиридиевого эталона — и изготовленные с той или иной степенью точности его копии рассчитаны на использование именно путем взвешивания.

При выборе соответствующих единиц измерения оба метода дают независимо один от другого одинаковые результаты. Это полезно показать, взвесив на весах шарики, которые использовались в экспериментальной задаче (см. рис. 8 и 9).

Масса обладает свойством аддитивности, почти очевидным для учащихся: общая масса нескольких тел равна сумме их масс.

Наконец, для дальнейшего расширения и углубления понятия о массе, а также в целях межпредметных связей следует кратко сказать о законе сохранения массы: «Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, всегда равна массе получившихся веществ».

Этот основной закон химии называется законом сохранения массы. Впервые закон сохранения массы был сформулирован М.В. Ломоносовым. Ввиду большого значения этого закона для формирования понятия о массе некоторые авторы, в том числе Л.Д. Ландау, вполне обоснованно включают его и в учебники физики.

**Методика формирования понятия «сила»**

При формировании данного понятия неизбежно приходится считаться с тем, что оно находит самое широкое применение в повседневной жизни и в известной мере знакомо учащимся до изучения физики. На основе жизненного опыта учащиеся с данным понятием связывают, прежде всего, представление о мускульной силе, толкании, тяге, весе, «магнитной» силе и т. п. В связи с этим во многих учебниках физики поясняется: «Все виды тяги и толчков называются силами». Не возводя данное пояснение в ранг научных определений, его все же следует использовать на первоначальном этапе формирования понятия о силах.

Заметим, что И. Ньютон разъясняет «происхождение» силы аналогичным образом: «Происхождение приложенной силы может быть различное: от удара, от давления, от центростремительной силы».

Далее, обобщая бытовое представление и конкретные примеры, следует сказать, что сила — это краткое название действия одного тела на другое Следующая задача — выяснить и количественно определить, в чем же именно проявляется это действие тел друг на друга. На конкретных примерах учащимся показывают, что «сила — причина изменения скорости движения».

Данное определение также соответствует ньютоновской трактовке понятия силы: «... приложенная сила — есть действие, производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения».

Но действие одного тела на другое, или сила, может быть больше или меньше, поскольку в большей или меньшей мере может изменяться движение тела, т. е. его скорость. А быстрота изменения скорости, как известно, характеризуется ускорением.

Можно сказать, чем больше ускорение тела, тем значительнее взаимодействие тел или сила, с которой одно тело действует на другое.

Но ускорение тела можно найти по формуле



которая в векторной форме имеет вид:Знак «—» показывает, что ускорения и имеют противоположные направления.



Из данной формулы видно, от каких величин зависит ускорение избранного первого тела массой *т*1 и как можно количественно определить «действие» на него второго тела, к которому относятся величины и и произведение — . Это произведение по определению называют силой .



Следовательно,

,или.



Обратим внимание на то, что сила является «внешней» по отношению к первому телу, так как определяется через величины и характеризующие второе тело.



На это обстоятельство обращал внимание и Ньютон. «Определив силу («Определение IV») как «действие», производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, Ньютон указывает на внешний по отношению к телу характер этого действия».

Выражение нельзя рассматривать только как определение силы. Оно выражает определенный физический закон (по существу это закон действия и противодействия). Оно осталось бы только определением, если бы, кроме данного уравнения, мы ничего другого не знали о силе.



Следовательно, сила в механике — это физическая величина, которую можно определить как «количественную меру действия тел друг на друга, в результате которого тела получают ускорение».

Далее естественно возникает вопрос, как и в каких единицах измерять силы. Эти сведения уже известны учащимся: они получили первоначальное понятие о силах тяжести, упругости и трения и их измерении динамометрами.

Эти сведения следует повторить, в том числе восстановить в памяти учащихся, что за единицу силы принят 1 Н — сила, приблизительно равная силе тяжести, действующей на тело массой 0,1 кг или, точнее, кг.



Здесь можно рассказать ребятам, что гири как эталоны не только массы, но и силы, прежде всего веса, использовались разными народами с незапамятных времен. Используются они в этих целях и в настоящее время. Так, например, тяжелоатлеты, соревнуясь в силе, поднимают гири или штанги.

Однако вес гирь как эталон силы имеет существенный недостаток: он неодинаков в различных местах земного шара и тем более на других планетах и в космосе, где он вообще может быть равен нулю. И если разницей в весе тел на Земле и в повседневной практике часто можно пренебречь, то ей никак нельзя пренебречь в точных физических расчетах и метрологии. Поэтому и градуировка пружинного динамометра с помощью гирь имеет тот же недостаток. Следовательно, нужно найти другие, принципиально более точные способы измерения и вычисления сил.

В памяти учащиеся восстанавливают также следующие понятия.

1. Сила — векторная величина, которая, кромечисленного значения, имеет направление.Важно знать и точку приложения силы.

2. Исходя из определения, констатируют, что равные силы, независимо от их природы, сообщают одним и тем же телам одинаковые ускорения.

3. Равные по абсолютному значению, но противоположно направленные силы ускорения телу не сообщают. Это утверждение известно учащимся в связи с изучением первого закона Ньютона (см.рис. 1—4).

4. Ускорение избранного тела, возникающее при его взаимодействии с другим телом, может быть найдено по формуле



Таким образом, существенно новым при формировании понятия о силе является то, что силу неразрывно связывают с ускорением. В том числе поясняют, что сила упругости — это в конечном итоге взаимодействие частей тела, которое приводит их в ускоренное движение.

На примере растянутой пружины выясняют, что при ее сокращении витки движутся с ускорением. «Значит, на все части растянутой пружины... действует сила ...».

Используют также полученные ранее представления о зависимости упругой силы пружины только от деформации или «взаимного расположения ее частей».

С помощью растянутой пружины может быть создана некоторая определенная сила. Вопроса об измерении этой силы или градуировке пружины пока не решают.

По существу в неявном виде растянутая пружина выступает

как некий эталон силы.

Таким образом, взаимосвязанные величины: ускорение , масса *m*



и сила — могут в известной мере рассматриваться как определенные независимо одна от другой.



**Зависимость между силой, массой и ускорением. Второй закон Ньютона**

Данную зависимость с точностью, которая возможна в демонстрационном эксперименте, устанавливают на опыте,

Поскольку согласно принятой в стабильном учебнике методике сначала устанавливается только способ задания некоторой силы «безразлично какой именно!», в опытах можно варьировать только значение массы и ускорения и, следовательно, устанавливать зависимость *=const*.



Установить такую зависимость для прямолинейного движения сложнее, чем для вращательного, поэтому целесообразно для опыта использовать установку (рис.12), основу которой составляет уже знакомый учащимся прибор (см. рис. 9). В установке посредине стержня 1 с помощью винта 2 закрепляют хомутик 3, имеющий вверху петельку для нити 4, которую одним концом привязывают к телу 5 массой т, а другим — к крючку трубчатого динамометра 6.

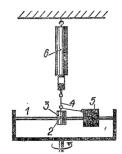


Рис. 12

Приведя прибор во вращение, показывают, что при одном и том же растяжении пружины произведение массы на ускорение для различных тел остается неизменным.

Опыты позволяют заключить, что о значении силы упругости всегда можно судить по значению произведения , т.е. или в векторной форме .



Далее на примере силы тяжести следует показать, что произведение является также мерой и других сил. Для этого можно рассмотреть пример с подвешенной на пружине гирей.



Желательно показать, что и для силы трения. Для опыта можно использовать прибор (см. рис. 12), в котором на среднюю часть стержня 1 надевают резиновую пробку. В пробку на определенную глубину втыкают иголку с ниткой, второй конец которой привязывают к телу 5 массой *т*. Приводят прибор во вращение и добиваются того,чтобыиголка, удерживаемаянекоторойсилой трения , была выдернута из пробки. Расчетами находят произведение .Повторяют опыт с другим телом массой при той же силе трения и убеждаются,что Следовательно,.



Делают вывод: для любых сил в механике.



Учащимся говорят, что это и есть важнейший закон динамики — второй закон Ньютона. (Авторы многих руководств по физике дают ему поэтому дополнительно «специальное» название — «основной закон динамики».)

Формула позволяет установить единицу силы. В СИ это известная учащимся единица силы — ньютон, которая теперь может быть строго определена как сила, сообщающая телу массой 1 кг ускорение 1 м/с2,



Используя второй закон Ньютона, с помощью опыта, подобного показанному на рисунке 12, можно проградуировать пружину в ньютонах. Практически тех же целей проще достичь, подвешивая к пружине гири и используя то обстоятельство, что при их равновесииЭто известный учащимся статический метод измерения сил.



**Измерение сил. Динамометр. Сложение сил**

По данному вопросу следует, прежде всего, восстановить в памяти учащихся сведения об измерении сил динамометрами, которые им известны из курса физики пройденного ранее. В политехнических целях крайне желательно также продемонстрировать технические или медицинские динамометры, к которым школьники всегда проявляют большой интерес.

Принцип действия таких динамометров и их конструктивные особенности желательно пояснить с помощью модели, показанной на рисунке 13. На модели отчетливо видна важнейшая часть динамометра — пластинчатые пружины 1, шкала 2 и передающий механизм, состоящий из зубчатых колес 3 и рейки 4.

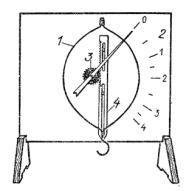


Рис. 13

Используя демонстрационный эксперимент, повторяют сведения о сложении сил, направленных по одной прямой, и переходят к изучению главного и нового для учащихся вопроса о сложении сил, действующих на тело под углом друг к другу.

Соответствующие правила сложения сил могут быть установлены на основе уже имеющихся у учащихся общих сведений о сложении векторов. Однако и в этом случае должен быть использован демонстрационный эксперимент. Наопытах следует также показать, как изменяется значение равнодействующей в зависимости от угла между составляющими. Введенные таким образом понятия закрепляют, решая, например, такие задачи:

1.Могут ли силы 10 и 14 Н, приложенные к одной точке, дать равнодействующую3 Н; 4 Н; 24 Н; 30 Н?

2.Найти геометрически равнодействующую двух сил по 100 Н каждая, приложенных в одной точке под углом 30; 45; 90 и 120°,

**Закрепление и углубление материала на второй закон Ньютона**

Для закрепления и углубления материала на второй закон Ньютона рассматривают главным образом тренировочные задачи, позволяющие усвоить формулу и единицы измерения входящих в нее величин. При решении задач нужно научить учащихся определять направление векторных величин, особенно ускорения. В соответствии с уравнением , ускорение имеет то же направление, что и сила. Следует также повторить, как определяется направление ускорения по формуле , что необходимо в том случае, когда неизвестно направление сил, действующих на тело. Можно начать с такой задачи:



С каким ускорением придет в движение вагонетка массой 400 кг, если на нее начнет действовать сила тяги 100 Н? Указать на чертеже направления скорости, силы и ускорения. Трение не учитывать.

Решение. Выполнив схематический чертеж (рис. 14), изображают действующую силу тяги .

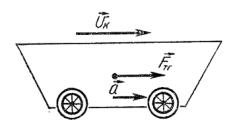


Рис. 14

Направление ускорения совпадает с направлением. Так как в начальный момент вагонетка находилась в состоянии покоя, то направление скорости совпадает с направлением и .



Это видно также из формулы



Так как *=0*, то



Следует также решить задачи, по условию которых требуется учитывать действие на тело нескольких сил, направленных как по одной прямой, так и под углом друг к другу. Решение таких задач следует свести к рассмотренному выше типу, когда на тело действует только одна сила . Для этого предварительно, как правило, геометрически находят равнодействующую сил. В данной теме будет достаточно, если равнодействующая будет суммой всего двух, максимум трех сил, притом расположенных друг к другу под такими углами, которые легко изобразить на чертеже (0, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 180°).



С каким ускорением будет двигаться вагонетка массой 400 кг, если на нее начнет действовать сила тяги 100 Н, а сила трения равна 20 Н?

Задачу решают аналогично рассмотренной выше, к, предварительно указав на чертеже силы и , находят их равнодействующую *+*, равную по модулю их разности и направленную в сторону силы .



Какие значения может иметь ускорение тела массой 2 кг, если на него одновременно действуют силы 10 и 15 Н?

Сила натяжения тетивы лука (рис. 15) 30 Н и угол α=120°. Какое ускорение сообщит тетива стреле массой 40 г?

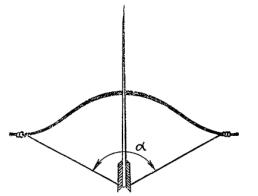


Рис. 15

Для самостоятельной работы учащихся можно использовать дидактические материалы.

**Третий закон Ньютона**

Изучение третьего закона Ньютона начинают с повторения опытов по взаимодействию тел (см. рис. 5), обращая внимание при этом на то, что каждое из тел действует на другое с некоторой силой.

После этого следует еще раз рассмотреть взаимодействие двух тел при их вращательном движении (см, рис. 9) и записать известное учащимся соотношение виде .



Так как и и , где и - это силы, приложенные соответственно к первому и второму телам, то  *=-* . Это равенство выражает третий закон Ньютона. Словесная его формулировка в учебной литературе различна.



В некоторых учебниках этот закон приводится в той формулировке, которая была дана в «Началах» самим Ньютоном: «Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, другими словами, действия двух тел друг на друга всегда равны и направлены в противоположные стороны».

Еще чаще этот закон формулируется как утверждение, что «сила действия равна силе противодействия» или еще более кратко: «действие равно противодействию».

Как показывает педагогическая практика, в этих кратких формулировках третий закон Ньютона хорошо запоминается учащимися, но далеко не всегда глубоко понимается. Поэтому лучше дать более обстоятельную и исчерпывающую формулировку: силы, с которыми действуют друг на друга тела, по абсолютному значению равны и направлены по одной и той же прямой в противоположные стороны.

Силы, о которых идет речь в третьем законе Ньютона, всегда одной природы. Приложены они к различным телам и потому не имеют равнодействующей. На опытах следует показать, что силы всегда возникают парами. Если есть одна сила, то есть и другая, равная ей по модулю, но противоположная по направлению.

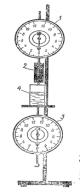


Рис. 16

К динамометру (рис. 16) подвешивают тело 2, например цилиндр от ведерка Архимеда, а на столик динамометра *3* ставят сосуд *4* с водой (стрелки обоих динамометров лучше установить на нуле). Опуская цилиндр *2* в сосуд 4, наблюдают одновременное, равное и противоположное изменение показаний обоих динамометров.

На внеклассных занятиях, особенно на вечерах занимательной физики, возможно решение большого числа интересных и поучительных занимательных задач, софизмов и парадоксов. В качестве примера приведем одну из таких задач:

На рычажных весах уравновешен стакан с водой. Нарушится ли равновесие весов, если в воду погрузить карандаш и держать его в руках, не касаясь стенок стакана? Проверить ответ на опыте. (Вода не должна выливаться из стакана.)

Неожиданный для учащихся результат опыта объясняется тем, что не только вода действует с архимедовой силой на карандаш, но и карандаш с равной по модулю, но противоположной по направлению силой действует на воду.

**Заключительное занятие по теме «Законы движения Ньютона»**

Целью заключительного занятия является систематизация и обобщение знаний учащихся по теме. Может быть рекомендован следующий план проведения этого занятия.

1.Предмет и задачи динамики.

2.Основные понятия динамики.

3.Масса.

4.Сила.

5.Первый закон Ньютона (формулировка закона, его проявления в природе и технике. Использование закона на практике).

6. Второй закон динамики.

7.Третий закон динамики, опыты, подтверждающие его справедливость.

Занятие целесообразно провести в форме семинара. План его сообщается учащимся заранее. Учитель рекомендует учащимся ответы на 3 и 4-й вопросы готовить в соответствии с обобщенным планом о величине, а ответы на 5, 6 и 7-й вопросы — в соответствии с обобщенным планом ответа о законе. Обобщенный план ответа о величине выражает общие требования к усвоению понятия *физическая величина:*

1. Указать, какое свойство тел (или явление)количественно характеризует данная величина.

2.Дать определение величины.

3. Указать, какая это величина: основная или производная.

4. Записать определительную формулу (для производной величины).

5. Выяснить, скалярная это величина или векторная.

6. Указать единицу измерения величины в СИ, объяснить, как она определяется (для производной величины) или как она устанавливается, выбирается (для основной величины).

7. Назвать способы измерения величины, указать, на чем они основаны.

Обращение к этому плану при рассмотрении (повторении) вопросов о массе и силе способствует систематизации и обобщению знаний о величинах вообще и уточнению, закреплению знаний о конкретных величинах — массе и силе. После ответов учащихся о массе и силе (по планам обобщенного характера) целесообразно осуществить сравнение этих величин. При этом обращается внимание на следующее.

Масса характеризует инертные свойства тел, а сила — явление (взаимодействие тел). Масса является основной, скалярной величиной, а сила — производной, векторной величиной. Единица измерения массы устанавливается произвольно, на основе международного соглашения; единица силы определяется исходя из уравнения, выражающего связь между силой, массой и ускорением:



Здесь уместно систематизировать знания о способах измерения массы и силы, обратив особое внимание на способы, с которыми учащиеся впервые познакомились при изучении законов динамики Ньютона.

Анализ знаний учащихся более старших классов показывает, что они хорошо помнят определение массы с помощью рычажных весов и измерение силы с помощью пружинного динамометра, но плохо усваивают и запоминают косвенные методы измерения этих величин (измерение массы на основе использования соотношения



и измерение силы на основе использования формулы *,* выражающей второй закон динамики Ньютона).



На заключительном занятии по теме представляется благоприятная возможность повторить все известные учащимся способы измерения массы и силы; выяснить, в каких случаях, какие из способов пригодны. Учащиеся приходят к выводу, что прямой способ измерения массы с помощью рычажных весов прост, удобен, но он не пригоден в состоянии невесомости. В таких случаях возможно воспользоваться косвенными методами, основанными на знании формул.

Динамический способ измерения массы требует определения ускорений взаимодействующих тел (тела, масса mт которого измеряется, и тела, с которым данное тело взаимодействует).

Динамический способ измерения силы также требует определения ускорения, приобретаемого телом при действии на него измеряемой силы *.* Достоинством этих способов является то, что они могут использоваться в условиях невесомости.



Рассматривая способ измерения силы, основанный на использовании формулы*,* следует подчеркнуть, что сила характеризует действие на данное тело другого, взаимодействующего с ним тела.



При повторении законов движения следует особое внимание обратить на опытное их обоснование и способы их использования на практике.

В заключение целесообразно предложить учащимся 1—2 экспериментальные задачи на второй и третий законы Ньютона, продемонстрировать опыты, объясняемые законом инерции.

Одному из учащихся можно поручить подготовить доклад о жизни и деятельности Ньютона.

**Список литературы**

1.Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе М.,1981

2.Перышкин А.В. и др. Методика преподавания физики в 6-7 кл. средней школы. М .,1985.

3.Методика преподавания физики в средней школе. Частные вопросы. под ред. С.Е.Каменецкого и др. М .,1987

4.Методика преподавания физики в средней школе. 4.1 и 4.2. /под ред. Усовой А.В. и др. М., 1990.

5.Внеурочная работа по физике/ Под ред. О.Ф.Кабардина. -М.: Просвещение, 1983.

6.Резников Л.И. Преподавание физики в средних профессионально-технических училищах.-М.:Высшая школа, 1977.

7.Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе; В 2-х частях./Под ред. А.А.Покровского.-М.:Просвящение, 1978.

8.Марголис А.А.,Парфеньтьева Н.Е., Иванова А.А. Практикум по школьному физическому эксперименту.-М.:Просвящение, 1977.