

Нам пишут



Ивлев Виктор Иванович
ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», профессор кафедры физики твёрдого тела, МОУ «Лицей № 43» (учитель физики) г. Саранск, Республика Мордовия.

Сила и масса: последовательность введения понятий в школьном курсе физики

Предлагается изменить порядок введения базовых понятий школьного курса физики: массы и силы. Предложения основаны на учёте требований логики науки и особенностей восприятия ребёнком новых понятий.

Последовательность введения понятий в любом учебном курсе чрезвычайно важна для понимания и усвоения материала этого курса. Это в полной мере относится и к школьному (и вузовскому) курсу физики.

Все физические величины можно разделить на две неравновеликие группы: 1) очень большая группа величин, определяемых (количественно) через другие величины, определённые раньше, как правило, через операции умножения или деления; 2) величины, которые нельзя определить через другие величины. Величины второй группы определяются через описание процедуры их измерения (операциональное определение). Сюда относятся величины «расстояние» (между двумя точками) и «угол», которые можно в равной мере назвать и физическими, и геометрическими.

Базовые понятия динамики – сила и масса. В школьных учебниках физики, как правило, вводится сначала понятие «масса», а затем через неё уже понятие «сила». Приведём фрагменты из двух наиболее распространённых учебников.

«Сила является мерой взаимодействия тел» [1, с. 56].

«Физическая величина, с помощью которой количественно определяют взаимодействие тел, называется силой. Сила – это количественная мера взаимодействия тел» [2, с. 93].

Из учебника для 10-х классов с углублённым изучением физики под редакцией А. А. Пинского и О. Ф. Ка-

бардина: «Физическая величина $\vec{F}$, равная произведению массы m тела на ускорение $\vec{a}$ его движения, называется силой: $\vec{F} = m\vec{a}$» [3, с. 23].

Теперь из учебников для основной школы (7-й класс): «...для всех тел характерно свойство по-разному менять свою скорость при взаимодействии. Это свойство тела называют **инертностью**.

Масса тела – это физическая величина, которая является мерой инертности тела» [1, с. 45].

«Физической величиной, определяющей степень изменения скоростей тел при их взаимодействии, служит масса» [2, с. 91].

В учебнике физики для 10-х классов под редакцией А. А. Пинского и О. Ф. Кабардина уже просто констатируется (вероятно, в предположении, что было дано определение в учебнике для основной школы), что масса является мерой инертности тела [3, с. 22].

Как видно из приведённых фрагментов учебников, не определяются через другие величины и масса, и сила. Ни в одном из учебников не дается никакого количественного определения этих физических величин, в том числе и через процедуру измерения. Лишь в учебнике [3] величина массы определяется сравнением с эталоном килограмма. Следовательно, понятия «масса» и «сила» как физические величины остаются неопределёнными, что при научном подходе недопустимо.

В обоих цитируемых учебниках понятие массы выводится на основании анализа опытов с двумя взаимодействующими телами (например, лабораторными тележками), расталкиваемыми пружиной. При этом фактически предполагается, что два тела при их взаимодействии действуют друг на друга одинаково, хотя напрямую об этом и не говорится. Но это предположение не что иное, как третий закон Ньютона, который корректно может быть сформулирован лишь после введения понятия «сила».



Обратимся теперь к физическому энциклопедическому словарю [4]. Приводим фрагмент из статьи «Масса», написанной Я. А. Смородинским. «Понятие «масса» было введено в механику И. Ньютоном в определении импульса (кол-ва движения) тела – импульс $\vec{p}$ пропорционален скорости свободного движения тела $\vec{v}$: $\vec{p} = m\vec{v}$, где коэффициент пропорциональности m – постоянная для данного тела величина, его масса. Эквивалентное определение массы получается из уравнения движения классической механики Ньютона: $\vec{f} = m\vec{a}$. Здесь масса – коэффициент пропорциональности между действующей на тело силой $\vec{f}$ и вызываемым этой силой ускорением $\vec{a}$».

В качестве удачного для введения учеников в тему «Сила» можно рассмотреть приведённый ниже текст из учебника для 7-го класса под редакцией А. А. Пинского и В. Г. Разумовского.

«Понятие силы первоначально возникло из ощущения мышечного усилия. Чтобы поднять какой-то груз, бросить копьё или камень, натянуть тетиву лука, необходимо некоторое напряжение мышц, притом в разных случаях разное. Степень этого напряжения и оценивалась понятием “сила”, которая и сегодня часто используется в обиходной речи. Говорят: “сильный человек”, “сделать отчаянное усилие”, “у меня сил не хватает”, “этот человек сильнее других” и т. д. Здесь это слово применяется в его первоначальном смысле. Но часто усилие человека можно заменить усилием животного или какого-либо природного явления (например, ветра). Так возникли выражения: “слон – сильное животное”, “сильный ветер”, “очень сильное течение”.

Заметим, что во всех этих случаях речь идёт о воздействии одного тела на другое: ветер действует на парус, вода – на пловца и т.д. Вместе с тем понятие “сила” используют и в переносном смысле. Например, “сила воли”, “сильная любовь”, “сильнее смерти”. Поэтому в физике возникла необходимость уточнить понятие “сила” и выработать правила пользования им» [2].

Существенный момент в этом тексте: понятие «сила» возникло естественным образом – «из ощущения мышечного усилия». Именно это ощущение и можно использовать для процедуры введения физической величины «сила» и единицы её измерения. Отметим, что свойство инертности человек воспринимает также через усилие, которое нужно приложить к телу, чтобы изменить его состояние покоя или движения. Таким образом, понятие силы как меры действия (взаимодействия) для человека является первичным, формирующимся ещё до изучения физики в школе. С понятиями «инертность» и «масса» молодой человек знакомится уже в школьной физике.

Таким образом, ни логика науки, ни особенности психики ребёнка (восприятие новых понятий) не обусловливают практику введения понятий в последовательности: сначала «масса», а затем «сила». Отсюда следует, что целесообразно вводить эти понятия в обратной последовательности. Нами предлагается сделать это по аналогии с определением величины «расстояние» через описание процедуры измерения (т. е. процессуально) следующим способом.

Любое измерение проводится при помощи какого-то инструмента: расстояние при помощи линейки, угол – транспортира. Желательно, чтобы этот прибор был как можно более простым по устройству и применению. В парках аттракционов, посещаемых детьми, встречаются так называемые «силомеры», действие которых обычно основано на упругой деформации пружины. Опираясь на это, в качестве искомого нами инструмента возьмём простую цилиндрическую пружину с прикреплённой к одному из её концов пластинке. Отметим на пластинке положение незакреплённого конца пружины. Растянем пружину и снова отметим на пластинке положение незакреплённого конца пружины. Соединим на пластинке прямой линией точки, соответствующие начальному и конечному положениям пружины. Примем расстояние между точками (длину отрезка) соответствующим единице силы. Разделим этот отрезок на несколько равных частей, которые будут долями выбранной единицы. Полученный таким образом прибор со шкалой (имеющийся в каждом школьном кабинете физики динамометр) и может быть использован не

только для измерения этой величины, но и как инструмент для введения понятия «сила» как физической величины и единицы её измерения.

Предлагаемый подход, надо полагать, имеет смысл использовать при первом ознакомлении с понятием «сила» в седьмом или восьмом классе (в зависимости от программы). Позднее, конечно, следует познакомить учеников с градуировкой прибора, например, по реперным точкам. Как известно, именно так поступают при измерении температуры с помощью жидкостного термометра, и первое знакомство с физической величиной «температура» происходит на основе практики применения термометра.

Преимущество такого подхода в его наглядности и опоре на непосредственное восприятие органами чувств человека.

Главное возражение против описанного метода – деформация пружины должна быть упругой, точнее, подчиняться закону Гука, который, однако, можно дать, лишь используя понятие силы. Получается как бы замкнутый круг. Но этот круг нетрудно разорвать, если определение по предложенной нами схеме давать в начале изучения физики (раздел «Взаимодействие тел»), а затем уточнять его при изучении физики в профильной школе (10-й класс).

Кроме того, аналогичным дефектом, т.е. возможной нелинейностью зависимости показаний прибора от измеряемой величины, в большей или меньшей степени страдают многие реальные приборы, например тот же жидкостный термометр, что не мешает нам использовать их не только в обиходе, но и в технике и даже в научных исследованиях.

Ввести аналогичным способом физическую величину «масса» не представляется возможным, так как нет приборов, измеряющих массу непосредственно. Но если введена величина «сила», то величина «масса» автоматически определяется, как было сказано выше, из второго закона Ньютона:

$$m = f/a.$$

В заключение отметим, что речь здесь идёт только о порядке введения понятий «масса» и «сила» в школьном курсе физики при изучении основ классической механики, не затрагивая проблем терминологии релятивистской механики.

Литература

1. *Перышкин А.В.* Физика. 7 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин. – 2-е изд., доп. – М.: Дрофа, 2013. – 224 с.

2. Физика. 7 класс : учеб. для для общеобразоват. учреждений / [А.А. Пинский, В.Г. Разумовский, Ю.И. Дик и др.]; под ред. А. А. Пинского, В.Г. Разумовского; Рос. акад. наук, Рос. акад. образования, изд-во «Просвещение». – 10-е изд. – М.: Просвещение, 2009. – 208 с.

3. Физика: Учеб. для 10 кл. с углубл. изучением физики: профил. уровень / [О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов, Э.Е. Эвенчик и др.]; под ред. А.А. Пинского, О. Ф. Кабардина.– 10-е изд. – М.: Просвещение, 2007. – 431 с.

4. Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1984.