

## РАССМОТРЕНИЕ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ РОЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ

В. В. МУЛТАНОВСКИЙ,  
Ю. А. САУРОВ  
(г. Киров, педагогический институт)

Общеизвестно, что при измерении происходит сравнение свойств изучаемого объекта со свойствами эталона, причем процесс этого сравнения является физическим. В конечном счете это определенное физическое взаимодействие между изучаемым объектом и измерительным прибором. При обучении физике оказывается важным не только привить учащимся измерительные навыки, но и выяснить те особенности измерения, которые обусловлены взаимодействием прибора и объекта.

Можно выделить следующие аспекты взаимодействия, которые имеют значение при измерении: интенсивность, продолжительность, конечная скорость передачи, квантовый характер. Их целесообразно, во-первых, рассматривать последовательно при изучении всех разделов курса физики, во-вторых, в различной деятельности учащихся (решении задач, выполнении лабораторных работ, изучении теоретического материала).

Существование взаимодействия между прибором и объектом приводит к изменению их состояний. Изменение состояния прибора в процессе измерения всегда очевидно, а вот изменение состояния объекта во многих случаях незначительно (его специально стараются уменьшить) и незаметно. Однако оно существует, и это необходимо учитывать при любых измерениях (принципиальное же значение воздействие прибора на объект получает в микромире).

Рассматривая роль взаимодействия при измерении, важно иметь в виду, что изучаемое свойство объекта не возникает во взаимодействии, а лишь обнаруживается в нем.

Остановимся на ряде примеров, раскрывающих роль взаимодействия при измерении, которые можно использовать в преподавании физики.

Механика. В этом разделе изучаются объекты сравнительно больших масс и малых скоростей, имеет смысл говорить об интенсивности и длительности взаимодействия при измерении.

Известно, что в механике трудно дать определение ИСО (инерциальной системы отсчета), и методические руководства подчеркивают, что на практике важно лишь «установление такой системы» [1]. Но эталон такой системы как раз и устанавливается при измерениях. Например, система отсчета, связанная с Землей, в такой степени является инерциальной, в какой мы можем пренебречь силами инерции, возникающими вследствие движения Земли и взаимодействия ее с другими телами солнечной системы. Так, в результате вращения Земли в системе отсчета Солнце — звезды возникает центробежная сила, а для движущихся по Земле тел — и кориолисова сила инерции; взаимодействие Земли и вод океанов с Луной приводит к приливам и т. д.

На практике важно и то, чтобы ИСО во все время использования оставалась инерциальной, а это зависит от характера взаимодействия при измерении в этой системе отсчета. Чтобы от такого воздействия тело отсчета (а значит, и ИСО) не пришло в ускоренное движение, оно должно иметь энергию покоя много больше энергии взаимодействия.

Интенсивность взаимодействия при измерении тесно связана с ошибками измерения. С одной стороны, слишком интенсивное взаимодействие может сделать измерение бессмысленным. Например, если с помощью динамометра определять значительную силу, то деформация пружины может стать неупругой, возрастут ошибки измерений, может даже сломаться прибор, и само измерение потеряет смысл. С другой стороны, недостаточность взаимодействия между объектом и прибором также ограничивает воз-

возможности измерения: чувствительность прибора должна быть достаточной.

При изучении механики легко показать на примерах значение продолжительности взаимодействия при измерении. Так, если попытаться измерить линейкой координату падающего тела (например, дробинок) через секунду после начала движения, то заранее можно сказать о значительной погрешности такого измерения. Ограниченность времени взаимодействия при измерении приводит к необходимости использования косвенных способов измерения; к их числу, например, принадлежит стробоскопический метод. Вопрос к учащимся: «Почему используется стробоскопический метод?» — позволяет обратить их внимание на значение продолжительности измерения. В лабораторных работах практикума, работах исследовательского плана полезно предложить учащимся отыскать способ фиксации быстро протекающих явлений. Знание особенностей измерительной операции поможет решить этот вопрос.

Доступным и целесообразным приемом рассмотрения в соответствующих местах курса роли взаимодействия при измерении является обсуждение вопросов, подобных следующим:

● В медицинской комнате измеряют силу рук динамометром. Объясните, как и почему при этом изменяется состояние и прибора и объекта. Как влияет на это изменение интенсивность и длительность взаимодействия?

● Изменяется ли состояние пружинных весов при измерении? Можно ли избежать такого изменения? В результате чего оно происходит?

● Можно ли практически измерять массу елочного шарика методом его взаимодействия с эталонной массой? Почему?

● Приведите из жизни примеры, когда слишком быстрое взаимодействие тела с весами не позволяет хорошо измерить его массу или определить силу тяжести.

Молекулярная физика. При формировании некоторых понятий в IX классе выделение роли взаимодействия при измерении способствует углубленному их усвоению. Так, важно обратить внимание учеников на то, что при измерении температуры требуется малость массы термометра. Это следует связать с ролью взаимодействия при измерении: теплообмен между объектом и прибором не должен значительно изменять состояние (температуру) объекта. Данный подход позволяет также уяснить, почему температура — характеристика макросостояния. В самом деле, с одной стороны, взаимодействие между системой и прибором должно быть достаточно для изменения состояния макроскопического прибора, а с другой — возможно меньше изменять состояние системы. Для микроскопической системы эти два положения становятся взаимно исключаящими друг друга.

Особенности взаимодействий при измерении полезно учитывать при формировании статистических представлений. Открывается интересный аспект для объяснения невозможности описания теплового движения молекул одной механикой, если уяснить, что при определении их начальных положений и скоростей с помощью измерения мы в совокупности значительно изменим состояние системы<sup>1</sup>.

Очень важно обратить внимание на роль взаимодействия при измерении, когда изучаются свойства твердых тел. В современной методике прямо указывается: «С механическими свойствами твердых тел целесообразно знакомить учащихся на основе рассказа об испытании материалов» [3]. Взаимодействие при некоторых измерениях здесь таково, что разрушает объект или сильно изменяет его состояние. В лабораторной работе практикума «Определение разрушающего напряжения для данного материала с помощью гидравлического пресса»

<sup>1</sup> Мы не останавливаемся на других аргументах, приводящих также к статистическому описанию движения молекул, — см. [2].

можно предложить учащимся следующие вопросы:

● При любом ли взаимодействии между образцом и прессом можно определить разрушающее напряжение?

● Изменяется ли состояние пресса при измерении? Почему?

● Изменяется ли состояние объекта при измерении? Почему это происходит? Какое это имеет значение?

● Какова природа взаимодействия между образцом и прессом? На ряде примеров, связанных с практикой, можно показать влияние прибора на изменение состояния измеряемой системы:

● У автомобильной камеры шофер несколько раз измерил давление воздуха манометром. Одинаковы ли будут показания первого и десятого измерения? Какое это имеет значение?

● Можно ли у готовых деталей проверять материал на прочность? Почему?

● Какова особенность взаимодействия между прибором и стеклянным образцом при измерении предела прочности последнего?

**Электродинамика.** Интересные возможности для показа роли взаимодействия при измерении имеются в теме «Постоянный электрический ток». Устройство вольтметра и амперметра, их включение в электрическую цепь определяются влиянием прибора на изучаемую систему. Еще раз подчеркнуть роль взаимодействия при измерении можно, предложив учащимся ответить на такие вопросы:

● Почему сопротивление амперметра должно быть малым?

● Можно ли включать в цепь последовательно вольтметр? Ответ обосновать.

● В чем выражается взаимодействие вольтметра и источника тока при измерении ЭДС последнего? Каков передатчик этого взаимодействия?

В школьном физико-техническом кружке полезно поставить проблему: как уменьшить влияние того или иного прибора на измеряемое свой-

ство объекта? Подчеркнем, что одним из требований к измерительному прибору является возможно меньшее влияние его на измеряемый объект [4].

**Оптика.** Существует богатый материал для раскрытия значения света при измерениях. Физиологическая особенность человека заключается в том, что чаще всего взаимодействие прибора и объекта воспринимается органом зрения. Поэтому, обращая внимание на особое значение света при измерениях, мы должны указать учащимся на строение глаза. Здесь просто и наглядно выясняется значение интенсивности и длительности взаимодействий. Интенсивное взаимодействие приводит к необходимости промежуточных звеньев между прибором и глазом, слабое или краткое взаимодействие также нуждается в них. Так, определение видимого диаметра Солнца требует установления темного стекла между прибором и глазом; фотографирование быстро протекающих процессов связано с невозможностью непосредственно глазами воспринять информацию.

**СТО.** Особенно остро встает вопрос о роли взаимодействия при изучении вопросов современной физики: проблема из количественной превращается в качественную. Действительно, уже в СТО взаимодействие между телами при измерении попадает в центр внимания [5]. Конечно, скорость передачи взаимодействия и отсюда особенность синхронизации часов приводит к такому понятию одновременности, которое в применении к измерениям уточняет наши представления о длине, времени, массе и т. д.

Приведем ряд вопросов, которые полезно обсудить:

● Что значит синхронизировать часы? Для чего нужна эта синхронизация? Какое значение для измерения длины имеет синхронизация часов? Какую роль играет наличие предела скорости передачи взаимодействия при синхронизации?

● Два наблюдателя в разных ИСО измерили длину одного и того же предмета. Первый полу-

чил значение 1 м, а второй — 0,5 м. Почему они получили разные результаты? Какова действительная длина предмета? Можно ли узнать, в какой ИСО предмет движется медленнее?

В физике атома и элементарных частиц встречаются новые особенности взаимодействий при измерении, связанные с квантовым характером взаимодействия. Поскольку изучаются отдельные элементарные частицы и их простейшие системы (электроны, атомы), то может оказаться, что необходимая для каких-либо измерений энергия взаимодействия сравнима с энергией состояния частицы в системе. В таком случае измерение так резко изменяет состояние частицы, что о точных значениях величин — импульса, координаты — в связанных состояниях говорить не приходится. Более того, попытки определить структуру отдельных элементарных частиц могут привести в силу соотношений неопределенности для энергии и времени к образованию новых частиц (см. «Физика-10», § 147). В квантовой физике известно понятие предела локализации частицы, определяемого выражением:  $\lambda = h/(mc)$  — минимально возможной длиной волны де Бройля для частицы данной массы. Квант поля — переносчик взаимодействия, соответствующий этой волне, имеет энергию  $E = hc/\lambda$ . Если взаимодействие осуществляется квантами большей величины, то это все равно не приводит к более точному определению положения частицы: энергия взаимодействия идет на рождение новых частиц.

В микромире значение параметров состояния частицы зависит от характера взаимодействия при измерении — говорят об относительности свойств частицы к виду взаимодействия (таким образом, и к способу наблюдения; при разных способах измерения мы имеем различные характеристики [6]).

С особо интересующимися учениками полезно обсудить некоторые стороны кварковой модели строения элементарных частиц. Поскольку кварк должен быть локализован

в меньшей, чем протон, области, в который он «входит», то из формулы  $\lambda = h/(mc)$  следует, что его масса больше массы протона! Предположение о строении протона из кварков приводит к тому, что энергия взаимодействия кварков должна быть сравнима с энергией покоя протона. Отсюда и следует, что для обнаружения кварков нужно использовать частицы очень высоких энергий. Обсуждение проблемы использования энергии взаимодействия кварков, объяснение положения о том, что масса части больше массы целого [7] способствует приобщению учащихся к современным проблемам физики, развивает их физическое мышление.

В обобщающих курс лекциях, говоря о материальном единстве мира, важно подчеркнуть познаваемость его. Рассматривая особенности физических измерений в различных пространственно-временных областях, мы приходим к разным способам описания их в физических теориях.

В заключение отметим, что последовательное рассмотрение в различных разделах курса физики роли взаимодействия при измерении позволяет выработать у учащихся представления как об объективном характере знаний, так и об относительности сферы применения тех или иных физических законов. Это способствует формированию у школьников современного физического миропонимания.

#### Л и т е р а т у р а

1. Методика преподавания физики в средней школе. Механика. Авт. Л. И. Резников и др. — М.: Просвещение, 1974, с. 66.
2. Свитков Л. П. Изучение термодинамики и молекулярной физики. Факультативный курс. — М.: Просвещение, 1975, с. 90.
3. Методика преподавания физики в средней школе. Молекулярная физика. Основы электродинамики. — М.: Просвещение, 1975, с. 83.
4. О проведении рациональных измерений. Авт. Г. И. Логгинов и др. — Физика в школе, 1972, № 3, с. 91.
5. Мандельштам Л. И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. — М.: Наука, 1972, с. 84.
6. Ефименко В. Ф. Методологические вопросы школьного курса физики. — М.: Педагогика, 1976, с. 169.
7. Марков М. А. О природе материи. — М.: Наука, 1976.