

## **Вопросы методологии изучения физических измерений**

В статье показаны возможности формирования методологических знаний при изучении физических измерений.

Ключевые слова: методология познания, измерение.

В методике обучения физике известно множество работ, посвященных измерению физических величин и обработке экспериментальных данных. Неплохо адаптированы для школьного уровня требования правильного оформления результатов измерений, расчетов погрешностей косвенных и множественных измерений, приведена не одна задача на применение этих данных. Однако современная практика преподавания физики в школе выявляет типичные проблемы как в знаниях учеников и студентов-физиков педагогических вузов, так и многих учителей по данной проблеме. Причин сложившейся ситуации можно назвать несколько:

- Невостребованность знаний учителями физики. Традиционно считается, что умение измерять физические величины – прикладное умение, не оказывающее значительного влияния на систему физических знаний.
- Невостребованность знаний учениками. На бытовом уровне понимания окружающего мира точные знания о физических методах исследования природы воспринимаются излишними. Хотя такое отношение к познанию мира ущербно для миропонимания современного человека. Для поступления в вузы знания о погрешностях практически тоже не нужны.
- Отсутствие в методике обучения физике разработок, связанных с методологией физического измерения. Судя по всему, без таких работ продвижения в сторону улучшения результатов обучения школьников культуре научных физических измерений не будет.

Системный взгляд на процессы измерения, выяснение содержания методологии изучения физических измерений в школе должно, на наш взгляд, включать следующие блоки вопросов.

**1. Цели физических измерений в науке и практике.** Здесь важно помнить, что физика для описания объектов природы и их отношений использует количественный язык (язык математики). Свойства объектов (и явлений) выражаются физическими величинами, значение которых можно определить только путем прямого или косвенного измерения. Кроме того, при изучении природных объектов, мы в силу объективных и субъективных причин, вынуждены их моделировать. Критерием выбора той или иной модели могут служить измерительные операции.

**2. Понимание смысла измерительного процесса.** Это довольно сложный аспект, требующий методологического осмысления физических измерений. Необходимо, прежде всего, понимать, что знания об измерениях в физике являются не прикладными, а фундаментальными. Именно в эксперименте (пусть даже мысленном) ученые получают наиболее достоверную информацию о явлении, производя необходимые измерения. Приведем классический пример. В измерительном эксперименте А. Майкельсона и Э. Морли была обнаружена независимость скорости света от выбора системы отсчета. Логически эту независимость А. Эйнштейн положил в основу специальной теории относительности в качестве одного из постулатов. Затем, проведя мысленные измерительные

эксперименты, он получил выводы о зависимости длины движущегося тела и быстроты протекания процессов от скорости его относительного движения. Данные выводы были подтверждены позже в реальных экспериментах.

**3. Выделение и понимание физики измерительной операции.** Всегда необходимо помнить, что физическое измерение есть процесс *взаимодействия* прибора с объектом исследования. При этом надо иметь в виду тот факт, что прибор оказывает влияние на объект, так что измеряемая физическая величина принимает не то же самое значение, что было до измерения, либо меняются иные свойства объекта. (Заметим, правда, что до измерения у нас нет никакого значения величины!)

**4. Обработка и интерпретация результатов физических измерений.** Из понимания философии и физики измерения вытекает понимание причин приближенности его результатов и, следовательно, и приближенности, модельности любых физических законов, теорий, понимание причин возникновения погрешностей измерения.

Деятельностная составляющая методологии изучения физических измерений заключается в умении составлять обобщенный план измерения и применять его в конкретной ситуации. Исходя из сказанного, можно выделить следующие знания и умения, которые необходимы для более глубокого понимания сути физического измерения в школе, а так же для более успешной практической деятельности при выполнении лабораторных и домашних экспериментальных исследований:

- Связь физического измерения с физическим экспериментом вообще (физическое измерение – источник рационального знания об окружающей нас природе).
- Модели и реальные объекты: измерение – один из практических критериев применимости данной модели в данной ситуации.
- Связь данного физического измерения с данным физическим экспериментом. Измерительная операция всегда является частью исследуемого явления.
- Цель данного физического измерения в данном случае: что означают результаты данного физического измерения и каково качество полученных результатов измерения.
- Приближенность результатов измерения как следствие моделирования измерительного процесса, изучаемого процесса, а также особенностей изготовления и использования шкал измерительного прибора.
- Погрешность результатов физического измерения как показатель степени соответствия полученных данных истинному значению выделенной физической величины (как показатель качества измерительной модели).

Рассмотрим более подробно аспекты методологии изучения физического измерения. Смысл измерительного процесса как одного из способов осуществления взаимосвязи реального мира с миром знаковых моделей можно отразить в виде схемы (рис. 1). Поясним ее.

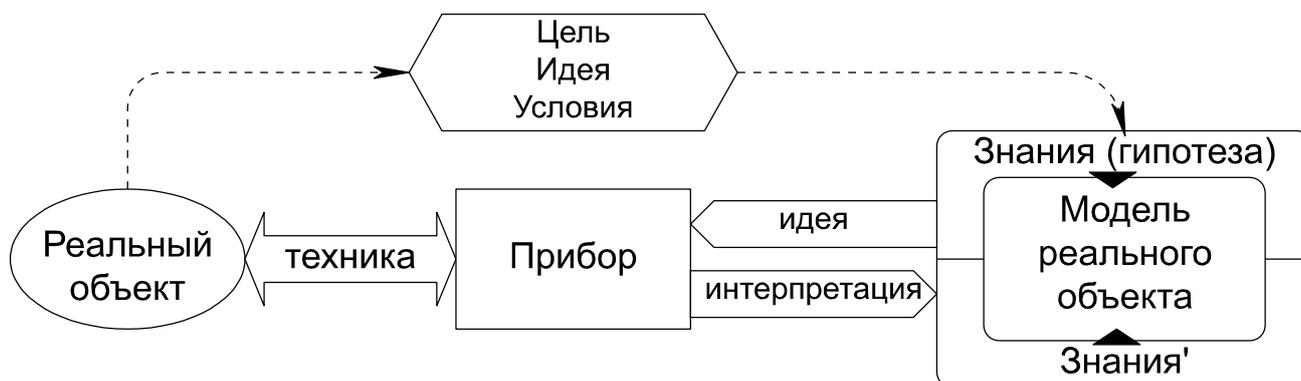


Рис. 1

Изучая реальный природный объект, ученый, производит его моделирование, согласно некоей цели, выдвигая некоторые идеи и учитывая условия исследования – выдвигает некую рабочую гипотезу (начальные *знания*). Знаковая модель характеризуется некоторыми количественными свойствами, выраженными через физические величины. Естественно модель описывает далеко не все свойства реального объекта. На основании гипотезы о модели объекта выдвигаются идеи по построению измерительного прибора для определения значения той или иной физической величины. Эти идеи можно перечислить:

- исходя из модели реального объекта и модели ее взаимодействия с другими моделями ФКМ, выделяется необходимое взаимодействие, в котором проявляется нужная характеристика модели (и соответствующего ей реального объекта), выделяется интересующая физическая величина;
- проектируется измерительный прибор, в котором выбранное взаимодействие должно так или иначе изменять состояние прибора, что будет отражаться на его шкале в виде числовых показаний и определяется способ его использования;
- изготавливается прибор и, исходя из физики работы спроектированного прибора, строится измерительная шкала, которой снабжается прибор (с применением эталонов измеряемой физической величины).

После того, как прибор будет изготовлен, его применяют, то есть приводят во взаимодействие с объектом. Тут обязательно учитывается физическая сторона измерительного взаимодействия (см. далее). Данные действия отражаются на схеме как техника измерения. После получения конкретных результатов наступает этап их интерпретации, который заключается в следующих действиях:

- соотнесение числового результата измерения с моделью объекта. Здесь знания об объекте и его модели подвергаются коррекции (получаем *Знания'*). *Знания'* оказывают влияние на выбранную модель объекта: если получен результат, не согласующийся с исходной моделью, то следует выбрать иную модель реального объекта или скорректировать модель и, возможно, вернуться к идее изготовления нового измерительного прибора;
- если результат измерения вписывается в ФКМ применительно к выбранной модели, то приписать величину измеренной характеристики выбранной модели. Таким образом, выбранная общая модель превращается в конкретную модель конкретного объекта. (И может онтологизироваться.)

Кроме соотношения «объект — знаковая модель» полезно понимать соотношение «свойство — физическая величина». Его можно представить в виде схемы (рис. 2).



Рис. 2

Поясним схему. Если свойство реального объекта принципиально поддается дискретизации, то вводится соответствующая физическая величина. Для ее измерения создается эталон – объект, у которого «интенсивность» проявления рассматриваемого свойства принимается за единицу измерения.

Затем подбирается физический процесс, в котором свойство проявляется наиболее удобно для сравнения с эталоном свойства. Этот процесс кладется в основу принципа действия измерительного прибора. Эталон дает возможность построить некоторую шкалу для прибора. Необходимо помнить, что шкала прибора может быть построена только путем умножения и (или) деления единицы измерения на некоторые рациональные числа. Таким образом, при измерении мы можем получить только рациональное значение физической величины, тогда как на самом деле оно может принимать любое действительное значение.

Значение физической величины определяется с помощью полученного прибора при взаимодействии его с реальным объектом. Особенности измерительного взаимодействия отобразим схематически (рис. 3).

Если взаимодействие при измерении рассматривать как процесс, то нужно выделить следующие его **важные стороны**:

- *Продолжительность.* Требуется некоторое время, вследствие инертности прибора. Слишком большим время взаимодействия быть не должно, так как физическая величина, как правило, не является постоянной.

- *Интенсивность.* Если интенсивность измерительного взаимодействия велика, то может выйти из строя прибор либо объект значительно изменяет свое состояние. Если интенсивность недостаточна — прибор показывает нулевое значение.

- *Конечная скорость передачи.* Играет особую роль в теории относительности. Благодаря данному факту обнаруживаются эффекты сокращения длины движущегося тела и замедления процессов в нем.

- *Квантовый характер.* Играет определяющую роль при изучении микрочастиц. Отсюда вытекает принцип неопределенности Гейзенберга в квантовой механике. В более общем смысле квантовый характер выражается в том, что изучаемое свойство тела как правило непрерывно, но при измерении получают всегда конечный числовой результат.

Измерение как результат взаимодействия – получение конечного числового результата (значения физической величины с указанием погрешности).

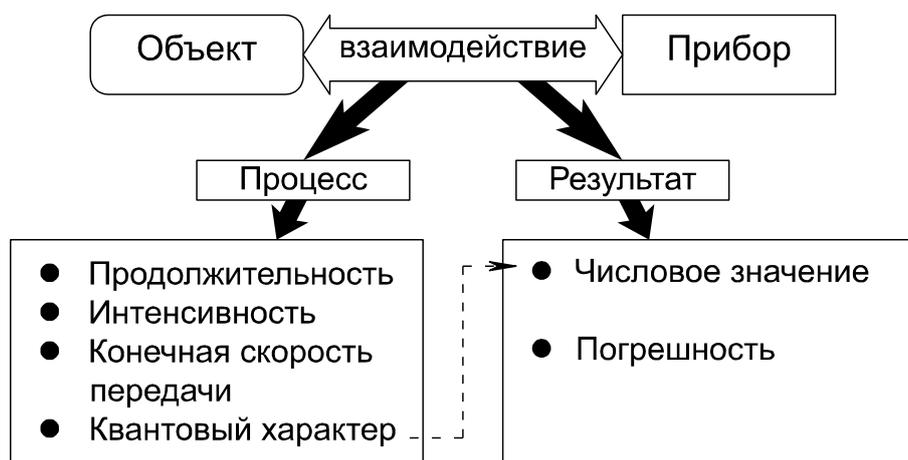


Рис. 3

Исходя из всего вышеизложенного, **обобщенный план** физического измерения следующие действия:

1. Определить цель данного измерения, для чего оно производится.
2. Исходя из цели, определить в первом приближении точность измерения.
3. Уточнить условия, в каких будет производиться измерение.
4. Основываясь на полученных выше сведениях, определить способ измерения (какой прибор понадобится, как его нужно использовать и т. д.).
5. Выбираем средство измерения (конкретный прибор).
6. Разобраться, на каких физических принципах работает прибор и какое взаимодействие лежит в основе измерительного процесса (чтобы как можно тщательнее учесть систематические погрешности).
7. Произвести измерение физической величины. Результат записывают обязательно с указанием абсолютной погрешности.
8. Достаточно ли точен результат? Можно ли его в дальнейшем использовать? Если что-то не устраивает, то нужно вернуться к пункту 1 этого плана.

Итак, мы выделяем четыре стороны измерительной операции: а) методологическую, б) физическую, в) процедурную (именно на нее традиционно обращалось наибольшее внимание в методике обучения физике), г) творческую (связанную с изготовлением, подбором приборов и методов измерения, составлением плана измерений вообще и в конкретной ситуации).

Результатом данной методологии рассмотрения физических измерений должна быть соответствующая методика, в которой изучению процедуры обработки данных измерений уделяться важное место, однако это место отнюдь не является определяющим.

### Литература

1. Мултановский В. В., Сауров Ю. А. Рассмотрение в школьном курсе роли физических взаимодействий при измерении // Физика в школе. 1980. – № 1. – С.30-33.
2. Атепалихин М. С., Сауров Ю. А. Вопросы методологии физических измерений при обучении физике. – Киров: Изд-во Кировского ИПК и ПРО, 2005. – 106 с.
3. Сауров Ю. А. Программа формирования методологической культуры субъектов образования // Образование и саморазвитие. – 2009. – № 1. – С. 3-11.