

СТЕПЕНЬ ДЕТАЛИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЧАЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В ГАЗАХ

Кафедра методики обучения физике.

Научный руководитель - С. В. Бубликов

Во избежание дискуссии о неоднозначности педагогического понимания термина «познавательные возможности» рассмотрим его методический аспект с позиций обучения физике, понимая под этим возможность наиболее полного и адекватного познания учащимися изучаемого объекта.

Целенаправленно совершенствуя возможности адекватного познания учащимися реальных явлений, рассматриваемых на уроках физики, можно добиться перехода субъектных свойств учащихся в новое качество, для которого уместно использовать понятие «методологическая культура». Понятие «методологическая культура» очень

широкое. Поэтому в силу тенденции рассмотрения «образования как учебной модели науки» (А. А. Самарский, А. С. Кондратьев), за основу дальнейшего понимания методологической культуры примем наиболее общие и характерные способы успешного достижения научных результатов физиками-исследователями. Здесь имеется принципиальная сложность, так как исследователи избегают формализации самой ситуации поиска.

Не давая жестких определений, охарактеризуем важнейшие проявления методологической культуры учащихся, достигаемой при изучении физики.

При системно-деятельностном подходе к обучению методологическая культура учащихся характеризуется умениями: анализа любой субъективно новой ситуации реального мира, поставленной в виде проблемы на материале физики; подбора языка описания проблемной ситуации; выявления и формализации фундаментальных количественных характеристик и осмысления качественных аспектов проблемы; разработки, оснащения и использования физических моделей объектов, рассматриваемых в ситуации; доведения уровня понимания физической составляющей проблемной ситуации до возможности теоретического предсказания характера и результатов ее развития во времени; использования результатов анализа разобранной физической проблемной ситуации к анализу сходных проблем.

Добиться осознанного усвоения учащимися объективных и развития субъективных составляющих методологической культуры возможно, если познавательную деятельность учащихся конструировать на систематическом получении и дальнейшем использовании физических моделей с различной степенью детализации свойств, изучаемых объектов. Объективными составляющими являются средства методологии физики - от использования в обучении фундаментальных физических законов и методологических принципов, вплоть до применения конкретных законов физических теорий. Субъективными составляющими выступают характеристики учащихся как субъектов обучения, из которых при систематической разработке и использовании физических моделей с различной степенью детализации свойств, изучаемых объектов сбалансировано проявляются качества творчески и критически мыслящих личностей¹.

И. Ньютон считал, что «при изучении наук примеры полезнее правил». В этой связи рассмотрим возможность различной степени детализации физической модели явления, направленную на более полную реализацию познавательных возможностей уча-

щихся полной средней школы на примере нахождения скорости распространения звука в воздухе.

Учащимся известно, что звук представляет собой механическую продольную волну. Демонстрационный эксперимент по ослаблению звука от электрического звонка под колоколом вакуумной тарелки по мере откачивания воздуха показывает, что процесс распространения звука в газе зависит от давления и плотности газа. На этой основе организуем познавательную деятельность по разработке физической модели явления.

Рассмотрим модель изотермического распространения звука в длинной трубе, открытой с одного конца (рис. 1), пренебрегая эффектами вязкости воздуха и отражения звука от стенок трубы². Плотность воздуха обозначим ρ , давление - p .

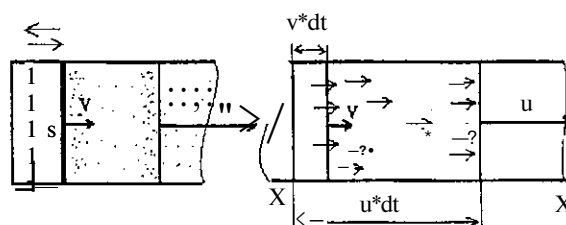


Рис. 1.

Пусть в некоторый момент времени t фронт волны, перемещаясь со скоростью звука u , дошел до точки с координатой x . Справа от фронта частицы газа еще не участвуют в волновом движении (а участвуют только в тепловом). Спустя промежуток времени Δt фронт переместится вправо на расстояние $u\Delta t$. В пределах этого слоя частицы газа приобретают одну и ту же скорость v направленного движения. Спустя промежуток времени Δt частицы газа, находившиеся в момент t на фронте волны, переместятся вдоль трубы на расстояние $v\Delta t$. Распространяющийся со скоростью u , импульс сжатия приводит к увеличению давления на Δp воздуха во фронте волны по сравнению с давлением невозмущенного воздуха в трубе. Масса газа, вовлеченная за время Δt в волновой процесс равна $\Delta m = \rho S u \Delta t$.

Применим к вовлеченной в волновой процесс массе Δm газа закон сохранения импульса

$$v \cdot \Delta m = v \cdot \rho S v \Delta t = F \Delta t, \quad (1)$$

где $F = \rho S v v$ - сила давления, приводящая к увеличению давления на величину

$$\Delta p = \frac{F}{S} = \rho v v. \quad (2)$$

Для изотермического процесса распространения звука в газе, используем закон Бойля - Мариотта, из которого очевидно, что:

$$p \Delta V + V \Delta p = 0, \quad (3)$$

где $V = S v \Delta t$ - объем газа массой Δm , $\Delta V = -S v \Delta t$ - изменение объема газа при сжатии (рис. 1). Подставляя выражения для V , ΔV , Δp в уравнение (3), получаем:

$$u^2 = \frac{\Delta p}{\rho}. \quad (4)$$

Используя уравнение Клапейрона - Менделеева и понятие плотности

$$\frac{p}{\rho} = \frac{RT}{M}, \quad (5)$$

где M - молярная масса воздуха, результат (4) можно представить в виде

$$u = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}.$$

Подставив числовые значения R - универсальной газовой постоянной, T - температуры и M - молярной массы воздуха, в формулу (6), получим заметное расхождение результата расчетов с табличным значением скорости звука в воздухе при данной температуре. Причина этих расхождений в излишнем упрощении модели. Эта модель может быть использована для получения оценочных результатов.

Уточним модель, иначе говоря, повысим степень детализации модели и тем самым степень ее соответствия реальному объекту, который она описывает.

Рассмотрим адиабатный процесс распространения звука в газе. Изменение со-

стояния газа в звуковой волне происходит настолько быстро, что тепло не успевает передаваться от нагретых сжатых участков к охладившимся разреженным участкам среды. Дифференцируя уравнение Пуассона для адиабатного процесса

$$p V^\gamma = C, \quad C = const,$$

получаем:

$$\gamma p V^{\gamma-1} \Delta V + V^\gamma \Delta p = 0, \quad (7)$$

где $\gamma = C_p/C_v$ - показатель адиабаты. Почленное деление (7) на $V^{\gamma-1}$ приводит к

$$\gamma p \Delta V + V \Delta p = 0. \quad (8)$$

Подставляя в (8) выражения для V , ΔV , Δp (аналогично изложенному выше), после несложных преобразований получаем для скорости звука

$$u = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}. \quad (9)$$

Расчеты скорости звука в газе по формуле (9) совпадают с табличными данными в пределах погрешностей измерения.

При обсуждении полученного результата (9) обращаем внимание учащихся на то, что именно на измерении скорости u звука основан один из наиболее точных методов экспериментального определения показателя адиабаты

$$\gamma = \frac{M}{RT} u^2.$$

Первая физическая модель с меньшей степенью детализации рассматриваемого реального явления может быть использована в школах с базовой программой по физике и дополнена работой учащихся со справочной литературой. Вторая модель более адекватна изучаемому реальному прототипу и может быть рассмотрена учащимися, проявляющими заинтересованность предметом, а также в школах физико-математического профиля.

Таким образом, целенаправленная работа учителя по усвоению учащимися модельного характера научных знаний о природе формирует черты мышления, включающие психологические тупики по-

Степень детализации физической модели явления и развитие познавательных возможностей...

знания при неудаче использования какой-либо конкретной модели при изучении ее реального прототипа. Это выводит рабо-

ту учителя в сферу развития личностных качеств учащихся.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Развитие исследовательских умений учащихся общеобразовательной школы (метаметодический аспект): Материалы круглого стола // Образование и культура Северо-Запада России: Вестник СЗОРАО. Вып. 7. Тенденции в развитии и модернизации современного образования. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2002. С. 329-342.

² Бубликов С. В. Степень детализации физической модели явления // Учебная физика. № 1. 2000. С. 26-29.