

# НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТУДЕНТОВ В ДИДАКТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ

А. Т. Проказа<sup>а</sup>, А. В. Грицких<sup>б</sup>

Украина, г. Луганск, Луганский национальный университет  
имени Тараса Шевченко

<sup>а</sup> prokaza\_r@mail.ru

<sup>б</sup> aleksiig@gmail.com

*Постановка научно-методической проблемы.* Дидактико-методические системы изучения законов механики и электродинамики в общеобразовательной школе уже давно стали классическими. Считается, что в разных учебниках эти системы принципиально не отличаются. Однако тщательный сравнительный анализ текстов учебников позволяет установить, что существующие принципиальные различия все-таки есть. Перед студентами ставится научно-методическая задача выявить и проанализировать эти различия. Заметим, что «массив» знаний и опыта студентов не позволяет им выявить противоречия, видеть проблемы и успешно их разрешать самостоятельно. Студенты прибывают к исследованиям, осознавая проблемы и пути их решения с помощью преподавателя, который становится для таких студентов научным консультантом, а затем и научным руководителем. В связи с этим такую научно-исследовательскую деятельность студентов мы называем *квазисамостоятельной*. В этом случае *мера педагогической помощи* является определяющим фактором тонкой педагогической технологии доверительных отношений и взаимопонимания.

*Цель статьи* – обосновать необходимость и показать возможность приобщения студентов к научно-методическим исследованиям.

*Анализ имеющихся формулировок первого закона Ньютона в учебных текстах.* Сначала процитируем формулировки первого закона Ньютона, а потом сделаем сравнительный анализ.

- «Тело, на которое не действуют другие тела, называется изолированным. В таком случае можно сказать, что изолированное тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения» [1, 88]. «... первый закон Ньютона формулируют несколько иначе: существуют такие системы отсчета, относительно которых изолированные тела или тела, действия на которые других тел компенсируются, движутся прямолинейно и равномерно или находятся в состоянии покоя» [1, 90].

- «Этот фундаментальный вывод Г. Галилея использовал И. Нью-

тон в своем знаменитом труде «Математические начала натуральной философии (1687 г.) и сформулировал его в виде первого закона динамики (закона инерции): Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние» [2, 72].

- «Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела (или действия других тел компенсируются)» [3, 53].

- «Если на данное не действуют другие тела или действия других тел уравновешены, то это тело либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно» [4, 48].

В фундаментальных методических пособиях все формулировки считаются равнозначными по смыслу, но формулировка [3, 53] считается более общей. Это утверждение с научно-методической точки зрения неправомерно, так как нарушается логическая структура и рядоположенность всех законов Ньютона. В самом деле, в ньютоновской формулировке первого закона речь идет о движении свободного тела, а оно является таким «пока и поскольку не понуждается приложенными силами...», т.е. не взаимодействует с другими телами. Конечно, понятие «свободное тело» – это идеальная физическая модель, а реальное тело может быть «свободным» только в определенном приближении. Такой же идеализацией являются и инерциальные системы отсчета (ИСО), относительно которых первый закон Ньютона выполняется. В этом смысле можно считать, что в первом законе Ньютона содержится утверждение о существовании ИСО.

Если же принять так называемую «расширенную» формулировку первого закона Ньютона с добавлением слов: «действие других тел компенсируется» [3, 53] или «действия других сил уравновешены» [4, 48], то этим самым утверждается, что объектом исследования является не свободное тело, а тело, взаимодействующее с другими телами. В этом случае методологически отрицается фундаментальность первого закона Ньютона, так как логически вытекает ложный вывод о том, что первый закон Ньютона является трюизмом, т.е. тривиальным следствием второго закона Ньютона.

В самом деле, если  $\vec{F}_i \neq 0$ , а  $\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$  и  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ , то  $\vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{v} = const.$

Этот логический ход мыслей формально является правильным, но

он не соответствует глубокой физической сущности первого закона Ньютона, который отражает состояние *свободного* тела, а поэтому не может быть установлен прямыми экспериментами. Это *теоретически абстрактный закон*, связанный в определенных приближениях с физическими экспериментами. Действительно «свободное» тело практически не может быть абсолютно «свободным» и «сколь угодно долго...», а любой физический опыт конечен во времени. После таких уточнений первый закон Ньютона становится *теоретически конкретным*.

Надо заметить, что в учебнике [1] правильная формулировка закона на странице 88 «испорчена» уточнениями и добавлением на странице 90 таких слов: «... действия на которые других тел компенсируются». Таким образом, наиболее приемлемой с научно-методологической (а потому и научно-методической) точки зрения является формулировка первого закона Ньютона в учебнике [2, 72].

Теперь подвергнем сравнительному анализу формулировки второго закона Ньютона в тех же учебниках.

- «Связь между силой и ускорением тела  $\vec{F} = m\vec{a}$  выражает второй закон Ньютона, который формулируется так: сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на его ускорение» [1, с.101].

- «Второй закон Ньютона устанавливает связь между кинематическими и динамическими величинами. Чаще всего он формулируется так: ускорение, которое приобретает тело под действием силы, прямо пропорционально силе, обратно пропорционально массе тела и имеет то же направление, что и сила:  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ ... Если по этому выражению определить

силу  $\vec{F} = m\vec{a}$ , то получим второй закон Ньютона в такой формулировке: сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на ускорение, которое сообщено этой силой» [2, 78].

- «Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение» [3, 63].

- «Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе» [4, 58].

- «Изменение импульса тела равно импульсу силы, которая на него действует» [2, 79].

Сравнительный научно-методический анализ приведенных формулировок второго закона Ньютона позволил сделать следующие выводы:

1. Ньютонская формулировка на основе понятия количества движения (импульса тела), приведенная в физическом энциклопедическом словаре [5, 473], использована только в учебнике [2]. В этом же учебнике имеют место и две другие взаимно дополняющие формулиро-

вки на основе диполей «сила-ускорение», а также «импульс тела – импульс силы».

2. Формулировка второго закона Ньютона в учебнике [3] является формально математической и не вскрывает глубокой физической сущности. Аналогичная ситуация имеет место в учебнике [4], где по сути дела воспроизводится формулировка из учебника [3].

3. В учебнике [1] сначала производится аналогично формально математическая формулировка второго закона, а затем уточняется его физическая сущность.

4. Все это позволяет сделать обобщенный вывод о методической целесообразности изложения этого вопроса аналогично учебному тексту [2], так как в нем наиболее рационально «работают» дидактические принципы, оптимально сочетающиеся с методологией научного познания и его педагогического эквивалента – учебного познания.

5. Заметим, что ни в одном учебнике не делается попытка реализовать проблемно-вопросительный стиль изложения и разработать соответствующую ему логическую структуру содержания учебного материала.

6. Оптимально не используется взаимосвязь семиотики с дидактикой и ее отражение в методике и технологии изучения физики.

Предлагаем разработанный нами (с привлечением студентов) вариант знаково-символической формы представления учебной информации и выражения ее смысла.

*Первый закон Ньютона:*

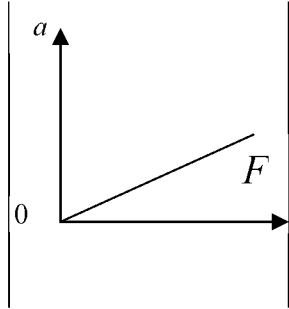
- ИСО:  $\vec{F}_i = 0 (i = 1, 2, \dots, n) \Rightarrow \vec{v} = const$
- $\vec{F}_i = 0 \Rightarrow$  никакие силы на тело не действуют, то есть тело является свободным, что и предусмотрено первым законом.
- $v = const \Rightarrow$  движение тела равномерное.
- $\vec{v} = const \Rightarrow$  движение не только равномерное, но и прямолинейное.
- ИСО – инерциальная система отсчета, как идеализированная модель реальной системы.
- Таким образом, первый закон Ньютона – это теоретически абстрактное знание, порожаемое теоретическим мышлением на основе обобщения многочисленных наблюдений.
- Реальное условие  $\vec{F}_i = 0$  экспериментально не может быть реализовано.
- $const$  – означает, что скорость сохраняется сколь угодно долго, а все физические эксперименты конечны во времени.

Исходя из этого, первый закон Ньютона с методологической точки

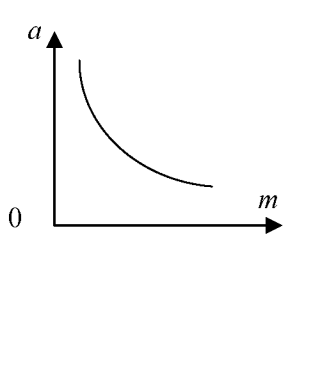
зрения по сути своей является постулатом.

*Второй закон Ньютона:*

Опыты $\Rightarrow$ $m = const$	$F_1 \dots \dots \dots a_1$
	$F_2 = 2F_1 \dots \dots \dots a_2 = 2a_1$
	$F_3 = 0,5F_1 \dots \dots \dots a_3 = 0,5a_1$
	.....
	.....
	.....
	.....
	↓
	$a \sim F, \vec{a} \uparrow \uparrow \vec{F}$



Опыты $\Rightarrow$ $\vec{F} = const$	$m_1 \dots \dots \dots a_1$
	$m_2 = 2m_1 \dots \dots \dots a_2 = 0,5a_1$
	$m_3 = 0,5m_1 \dots \dots \dots a_3 = 2a_1$
	.....
	.....
	.....
	.....
	↓
	$a \sim \frac{1}{m}$



Заметим, что на основе одного, двух, трех опытов не следует делать обобщающие выводы! Поэтому в знаково-символической системе вертикальные линии точек означают: «Сколько бы мы таких опытов ни проводили»... это относится к методологической подготовке студентов (и учащихся) средствами физики. Важной задачей является не только формирование научных знаний, но и формирование представлений о процессе научного познания.

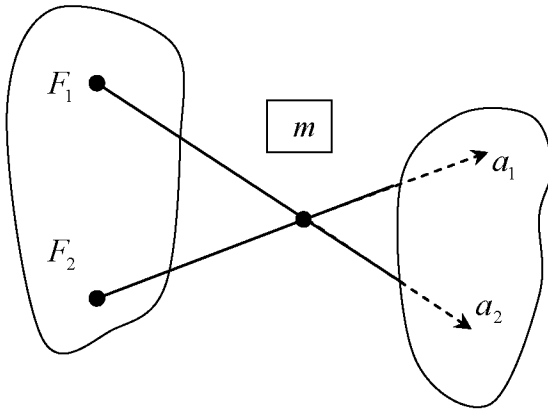
Обобщение множества опытов позволяет установить второй закон Ньютона и представить его в форме дидактической семиотической системы: ИСО  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \vec{a} \uparrow \uparrow \vec{F}$ .

Формально математически этот закон можно записать и использовать в удобном виде:  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

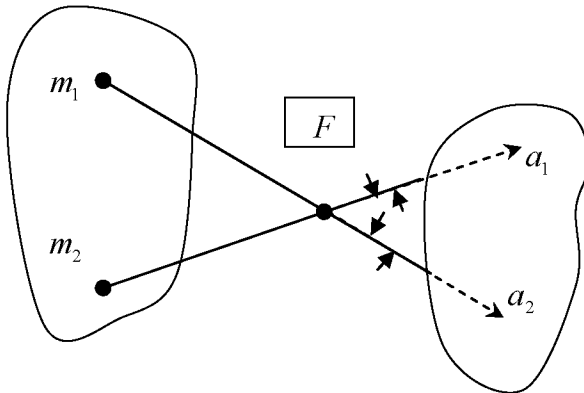
Великий Максвелл утверждал, что научную информацию целесообразно представлять в разнообразных формах. При этом переход от одной формы представления информации к другой способствует глубоко-

му проникновению в физическую сущность.

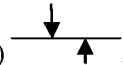
Вот еще одна форма представления физической сущности второго закона Ньютона на основе математического определения понятия функции как однозначного соответствия между двумя множествами.



Каждому элементу из множества  $\{F\}$  соответствует не более одного элемента из множества  $\{a\}$ , т.е. между  $\{F\}$  и  $\{a\}$  имеет место функциональное соответствие (прямая зависимость).



Каждому элементу из множества  $\{m\}$  соответствует не более одного элемента из множества  $\{a\}$ , т.е. между  $\{m\}$  и  $\{a\}$  имеет место своеобразное функциональное соответствие (обратная зависимость)



*Другой пример приобщения студентов к научно-методическим исследованиям.* Проблема изучения классической электродинамики с точки зрения современной физики еще полностью не решена педагогической наукой. Последние публикации новых учебников физики свидетельствуют о том, что изложение содержания учебного материала по электродинамике не лишено существенных недостатков. Это, прежде всего, касается формирования таких фундаментальных понятий как электрический заряд и электрическое поле.

Обратимся к учебным текстам некоторых учебников и подвергнем их научно-методическому анализу.

«Явления, в результате которых тела приобретают свойства притягивать другие тела, называются электризацией тел, сами тела называются»

ся наэлектризованными или же имеющими электрический заряд» [6, 72]. Так происходит первоначальное ознакомление учащихся с понятием заряда. В старшей школе эти же авторы продолжают формирование этого понятия: «...свойство, которое приобретают тела при электризации, называют электрическим зарядом» [7, 98].

- «Электрический заряд – это свойство тела, проявляющееся во взаимодействии с электрическим полем».

- «Электрический заряд – это мера свойства тела, имеющего электрический заряд» [7, 108].

- «Натертая шерстью палочка из пластмассы, стекла, эбонита или резины притягивает кусочки бумаги, пушинки, другие легкие тела. О телах, которые после натирания притягивают к себе другие тела, говорят, что они наэлектризованы, или что им сообщили электрический заряд» [8, 18].

- «Электрический заряд – свойство частиц материи или тел, характеризующее их взаимосвязь с собственным электромагнитным полем и их взаимодействие с внешним электромагнитным полем;... количественно определяется по силовому взаимодействию тел, обладающих электрическими зарядами» [9, 14].

Что же такое электрический заряд? Акцентируем внимание на том, что понятие заряда необходимо формировать совместно с понятием электрического поля (электромагнитного поля) *в процессе изучения всего содержания учебного материала электродинамики*. Понятием «Электрический заряд» необходимо овладевать постепенно и длительное время («привыкать» к этому понятию, а не постигать «кавалерийским наскоком»). Сущность этого понятия раскрывается при изучении всех законов электродинамики. Заметим, что ни один из учебников не ориентирует и не нацеливает на этот длительный процесс.

На основе выполненного научно-методического анализа (с привлечением студентов) предлагаем пунктуально отметить основные характерные особенности заряда: *проявляемость, дискретность, сохраняемость, инвариантность, аддитивность*.

*Проявляемость*: особое взаимодействие (электростатическое, если заряженные частицы (тела) неподвижны; электромагнитное – в движении); взаимодействие зависит от выбора системы отсчета.

*Дискретность*: существует «атом» электричества, т.е. *минимальная порция заряда*.

Опыты Миллиkena

Опыты Иоффе

Законы электролиза

Исследования элементарных частиц

⇒ Дискретность заряда!

*Сохраняемость*: алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе тел остается неизменной во времени.

Доказательство ЗСЗ: 1) одновременное появление положительных и отрицательных, равных по модулю зарядов при контактной электризации тел; 2) появление электронно-позитронных пар из  $\gamma$ -квантов электромагнитного поля и наоборот; 3) любые процессы электризации тел (через влияние, химическая электризация в гальваническом элементе, фотоионизация, термоионизация) сводятся к разделению равных по модулю положительных и отрицательных зарядов; 4) соотношение между силами токов в узлах разветвленной электрической цепи.

*Инвариативность*: независимость зарядов от скорости движения, а, следовательно, от выбора системы отсчета.

Аргументы: 1) Заряды ядра атома и электронной оболочки всегда равны (если атом электрически нейтрален), однако скорости положительных и отрицательных зарядов часто различны. 2) При химических превращениях скорости движения электронов изменяются, что можно наблюдать в оптических спектрах. Однако,  $|q_+|=|q_-|$ . 3) При изменении температуры тел на них не появляется нескомпенсированный заряд, однако скорость электронов возрастает. 4) Оценочный расчет: два кусочка металла по  $1 \text{ см}^3$ ,  $n=10^{23} \text{ см}^{-3}$  (концентрация «свободных» электронов). Предположим, что при нагревании заряд электрона изменился на  $0,001$

$e$ . Тогда  $\Delta q=10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{23}=16$  (Кл).  $F=k \frac{(\Delta q)^2}{r^2} \approx 2,5 \cdot 10^{12}$  (Н)!?. Ку-

ски металла под действием такой огромной силы «взорвались» бы! Однако это не происходит! 5) Практика работы ускорителей, где заряды считаются не зависящими от скорости, также свидетельствуют об инвариантности зарядов.

*Аддитивность*: заряды подчиняются алгебраическому сложению.

Все это должно найти отражение не только в длительном процессе обучения, но и в «концентрированном» виде на включенных в дидактико-методическую систему на уроках обобщения и систематизации знаний.

Обобщающие выводы относительно электромагнитного поля сводятся к следующему:

1. Электрические (и магнитные поля) – это частные проявления единого электромагнитного поля, которое в разных физических условиях по-разному «дает о себе знать».

2. Электромагнитное поле – особый вид материи, действующей на неподвижные и движущиеся заряженные объекты (частицы и тела).

3. Основные законы электродинамики связаны с фундаментальными физическими опытами: Кулона, Эрстеда, Ампера, Ома, Фарадея,



Герца, Милликена-Иоффе, Толмена-Стюарта, Мандельштама-Папалески, Резерфорда.

4. На уровне обобщения и систематизации знаний фундаментальные опыты, модели и аналогии, физические теории превращаются в средства формирования фундаментальных физических понятий и углубленного понимания содержания учебного материала.

Дальнейшие широкие исследования видятся нам в решении проблемы «дидактической обработки» современных научных достижений с целью их оптимального использования на уровне среднего образования. Требуются системные и аспектные научно-методические исследования и творческие разработки тонких инновационных педагогических технологий.

#### Литература

1. Гончаренко С. У. Физика : пробный учебник для 9 класса сред. общеобр. шк., гимназий и классов гуманитарного профиля / Гончаренко С. У. – К. : Освита, 1998. – 442 с.

2. Коршак Є. В. Фізика, 9 кл. : підручник для серед. загальноосвіт. шк. / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К. ; Ірпінь : Перун, 2001. – 232 с.

3. Кикоин И. К. Физика : учеб. для 9 кл. сред. шк. / Кикоин И. К., Кикоин А. К. – М. : Просвещение, 1992. – 191 с.

4. Саенко П. Г. Физика : учеб. для 9 кл. сред. шк. / Саенко П. Г. – М. : Просвещение, 1992. – 175 с.

5. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров ; ред. кол. Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов и др. – М. : Сов. энциклопедия, 1984. – 944 с.

6. Коршак Є. В. Фізика, 8 кл. : підручник для серед. загальноосвіт. шк. / С. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К. ; Ірпінь : Перун, 1999. – 200 с.

7. Коршак Є. В. Фізика, 10 кл. : підручник для серед. загальноосвіт. шк. / С. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К. ; Ірпінь : Перун, 2004. – 312 с.

8. Гончаренко С. У. Фізика : пробн. посібн. для ліцеїв та класів природничо-наукового профілю / Гончаренко С. У. – К. : Освіта, 1996. – 445 с.

9. Терминология теоретической электротехники : сб. рекомен. терминов КТТ АН СССР. – Вып. 46. – М., 1958.