ПРОБЛЕМНЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЬНИКОВ «НА СТЫКЕ» ФИЗИКИ, БИОЛОГИИ И ПСИХОЛОГИИ

Рыжиков Сергей Борисович,
доктор педагогических наук, доцент,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра общей физики
sbr@physics.msu.ru

Рыжикова Юлия Владимировна,
кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем
sbr@physics.msu.ru

АННОТАЦИЯ
Действующие ФГОСы для общеобразовательной школы предусматривают обучение школьников не только различным предметам, но и межпредметное обучение. Межпредметное обучение требует согласованности материала из различных областей знания. Чтобы избежать эклектики, авторы предлагают проблемный подход, т.е. строить обучение, исходя из проблемы, находящейся на переднем плане современной науки. В качестве примера рассмотрена проблема зрительного восприятия, в частности, зрительные иллюзии, для исследования которых нужны совместные усилия математиков, физиков, биологов, психологов и др. Авторы обосновывают тезис, что зрение человека обладает удивительными способностями, о которых мы обычно не задумываемся, а иллюзии являются не недостатком зрения, а побочным результатом этих способностей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *межпредметное обучение, проблемное обучение, оптические иллюзии, зрительное восприятие.*

PROBLEM-BASED APPROACH TO TEACHING STUDENTS "AT THE INTERSECTION" OF PHYSICS, BIOLOGY, AND PSYCHOLOGY

Ryzhikov S.B.,
Dr. pedagogical sciences, docent,
Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University

Ryzhikova Yu.V.,
Ph.D., Researcher
Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University

ABSTRACT
The current Federal State Educational Standards provide for schoolchildren to be learning not only in various subjects, but also in interdisciplinary learning. Intersubject learning requires consistency of material from the various knowledge used. To avoid eclecticism, the authors propose a problem approach, i.e. learning, based on the problems that arise in the foreground of modern science. As example, the problems of visual perception, in particular, visual illusions, were considered for research that requires joint efforts of mathematicians, physicists, biologists, psychologists, etc. The authors substantiate the thesis that human vision has amazing abilities, which we usually do not think about, and illusions are not a lack of vision, but an extra effect of these abilities.

KEYWORDS: *interdisciplinary learning, problem-based learning, optical illusions, visual perception.*

Многие современные научные открытия возникают на стыке наук. Поэтому действующие ФГОСы основного и среднего общего образования требуя знакомства школьников с передовым краем современной науки, особое внимание уделяют межпредметному обучению. Здесь возникают следующие сложности:

1) нужно использовать материалы из различных областей знания, при этом требуется согласование фактов, чтобы избежать эклектики;

2) учитель должен владеть материалом из различных областей знания, что затруднительно, поскольку каждый учитель — предметник хорошо знает, прежде всего, свой предмет;
3) материалы должны относиться к современному состоянию науки и быть получены из достоверных источников.

Преодоление этих сложностей авторы видят в том, чтобы строить обучение «от проблемы», т.е. выбирать проблемы, требующие усилия специалистов различных областей знания. Необходимую для учителей информацию можно получать из научно-популярной и учебной литературы. Рассмотрим для примера проблему зрительных иллюзий. Зрительные иллюзии представляют интерес, как для физики, так и для других наук, поэтому им уделялось большое внимание в популярной литературе по физике, например, в хорошо известной «Занимательной физике» Я.И. Перельмана [3], первое издание которой вышло в 1913 году. Зрительным иллюзиям посвящено много книг [1-4; 6], однако, этим книгам присущ существенный недостаток — в них описываются и классифицируются многочисленные иллюзии, но не обсуждаются причины возникновения иллюзий.

Чтобы восполнить этот пробел, авторы написали для школьников и учителей книгу [5], которая доступна для бесплатного скачивания на сайте общества им. А.Г. Столетова stoletov.org (вкладка «библиотека»). Авторы не стремились привести как можно больше иллюзий, основное внимание уделено причинам их возникновения.

Авторы обосновывают тезис, что зрение человека обладает удивительными способностями, которые помогали ему выжить в прошлом, и полезны в настоящем, а зрительные иллюзии являются не недостатком зрения, а побочным результатом этих способностей.

Книга [5] рассчитана на учеников среднего и старшего школьного возраста. Все необходимые знания можно объяснить «на пальцах» на уроке. В книге даны основы строения глаза. Если школьники уже изучали оптику, то им можно рассказать, что изображение в глазе получается перевернутым, а наш мозг умеет переворачивать это изображение. Но, даже не зная оптики, нетрудно сообразить, что

изображение на сетчатке глаза двумерное. Объемное видение мира — удивительная способность зрения человека (и животных), без которой получаемая зрительная информация была бы бесполезной. Чтобы увидеть мир объемным, нашему мозгу приходится выполнять огромную работу. Эта работа происходит на подсознательном уровне и потому обычно не осознается нами, а зрительные иллюзии являются побочным следствием непрерывного стремления нашего мозга видеть мир трехмерным [5]. При этом «обмануть» мозг удается лишь, поставив его в ситуации, далекие от тех, с которыми ему приходится сталкиваться в повседневной жизни.

Рассмотрим для примера иллюзию отрезков (рис. 1, слева).

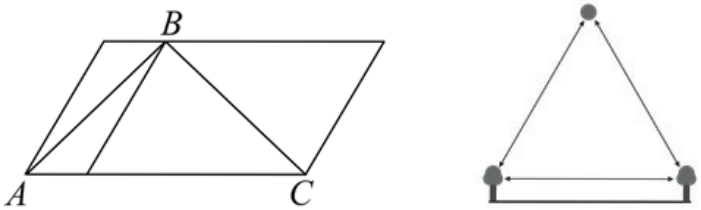

Рис. 1. *Иллюзия отрезков*

Нам кажется, что отрезок BC больше, чем AB, хотя, приложив линейку, можно убедиться, что они одинаковой длины. Почему мы ошиблись? Наш мозг пытается увидеть рисунок объёмным. Если бы перед нами был не параллелограмм, а прямоугольная площадка, на которую мы смотрим немного сбоку, то в реальном объёмном мире, то дорожка BC на самом деле была бы длиннее дорожки AB.

Поэтому нужно спросить не «Почему наш мозг ошибся?», а «Ошибся ли он»?

Если, например, на картине нарисованы два дерева и Луна (рис. 1, справа), то как ответить на вопрос: «Одинаковы ли расстояния от дерева до Луны и между деревьями?» Приложив линейку, мы увидим, что длины между деревьями и деревом и Луной равны. Но значит ли это, что правильный ответ на вопрос: «Да. Расстояние между дере-

вьями и расстояние до Луны одинаковы»? Мы прекрасно знаем, что Луна дальше, хотя, нам очень трудно представить насколько дальше. Конечно, параллелограмм и геометрические отрезки — это не реальный мир, но наш мозг приспособлен ориентироваться в объёмном мире, и не может каждый раз перестраиваться, когда нам нужно решить геометрическую задачу на плоскости.

Посмотрите на рис. 2. Одинаковы ли длины AB и AC? С первого взгляда кажется, что AC длиннее AB. Приложив линейку, мы убедимся, что длины одинаковы. Но рисунок — этот не геометрическая фигура. Художник потратил усилия, чтобы мы видели рисунок объёмным. А в реальном мире, дорожка AC была бы действительно длиннее дорожки AB. Поэтому для правильного ответа нужен правильный вопрос: «Одинаковы ли длины отрезков AB и AC на листе

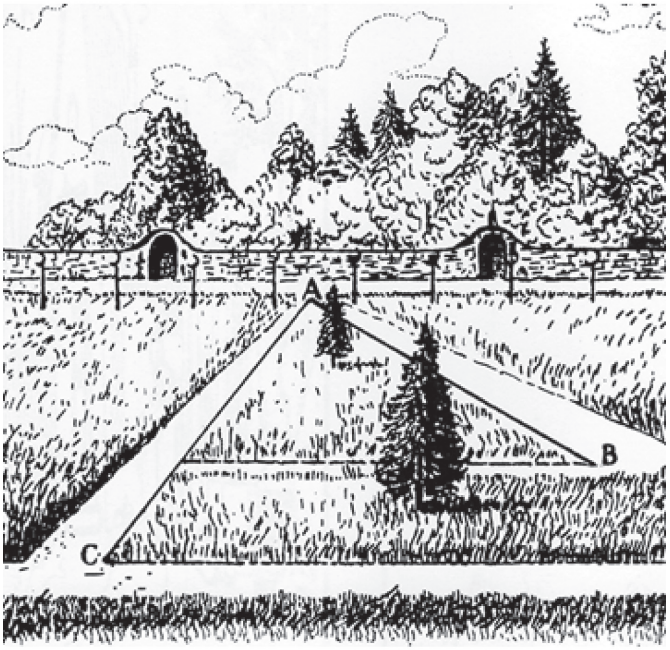

Рис. 2. *Иллюзия дорожек*

бумаги?», или Одинаковы ли длины изображенных на рисунке дорожек АВ и АС? В первом случае правильный ответ: «Одинаковы», во втором случае: «Художник изобразил дорожку АС длиннее дорожки АВ.

Для превращения плоского изображения на сетчатке в объемное, мозгу приходится использовать представления перспективы, сравнения размеров объектов, их освещенности воссоздания прямых линий, и пр. «невозможных фигур» (Л. Неккер, Р. Пенроуз, Ч. Кокран, О. Рутерсвард, М. Эшер и др.), неправильного восприятия форм и размеров (М. Понцо, Э. Эймс, Дж. Ястров, В. Вундт, И. Цёлльнер, К. Геринг и др.), Наши знания о геометрических проекциях и вычислительные способности современных компьютеров позволяют создавать на 3D принтерах самые затейливые «невозможные» фигуры.

Еще одна удивительная способность нашего зрения — это превращение набора изображений в непрерывное движение. Без этой способности нашего зрения были бы невозможны мультипликация, кино, компьютерные видеоролики. Еще в 1950-ые годы советский ученый А.Л. Ярбус показал, что взгляд человека, в отличие от видеокамеры, не сканирует пространство слева — направо, сверху — вниз, а перемещается вдоль объекта, внимательно рассматривая наиболее значимые участки, не останавливаясь на второстепенных [5]. Причем непонятно как подсознание отличает важные участки объекта от второстепенных. При рассматривании объектов происходит чередование быстрых скачков (саккад) продолжительностью 0,01 — 0,1 с и относительно долгих (0,2 — 0,6 с) интервалов фиксации взгляда.

В книге [5] приведены также малоизвестные данные о движении глаз. Саккадами движения глаз не ограничивается. Зрачки постоянно испытывают мелкое дрожание, о существовании которого стало известно только в конце XX века. Дрожат зрачки очень быстро — от 20 до 150 раз в секунду, гораздо быстрее, чем происходят саккады, но при этом амплитуда дрожания очень мала — менее одной десятой

градуса. Эти мелкие дрожания называют тремор (от лат. tremor — дрожание). Заметить эти дрожания сложно даже с помощью видеокамеры, поэтому об их существовании недавно времени даже не подозревали. При этом правый и левый зрачки дрожат независимо друг от друга. Значение тремора зрачков также еще не выяснено.

В конце книги [5] приведены малоизвестные данные о том, что наше зрение корректирует положение предметов, и мы видим быстродвижущийся предмет не там, где он попал в поле зрения глаза, а там, где он будет примерно через десятую долю секунды, т.е. когда мозг завершит распознавание образа, и мы будем уже сознательно реагировать на событие [7].

Это свойство мозга можно продемонстрировать на простом эксперименте Р. Ниджхаванва из университета в Сассексе (Великобритания).

По плоскому столу катится шарик (рис. 3). Когда он проезжает мимо лампочки на столе, она вспыхивает. Если бы мы видели именно то, что происходит на самом деле, то в момент вспышки мы бы увидели шарик рядом с лампой, как показано на рис. 3, слева. Но зрители видят, что, когда лампа вспыхивает, шарик уже проезжает мимо неё (рис. 3, справа).

Таким образом, рассматривая зрение человека с позиций геометрии, оптики, физиологии, психологии, школьники узнают об удивительных возможностях нашей зрительной системы, которая постоянно, ежеминутно, ежесекундно (на самом деле много раз в секунду) собирает информацию об окружающем мире, мгновенно распознаёт знакомые образы, представляет их в цвете и объёме, соединяет изображения, видимые правым и левым глазами, улав-

Рис. 3. *Эксперимент Р. Ниджхавана. Истинное (слева) и кажущееся (справа) положение шарика [7]*

ливает движение предметов и даже успевает рассчитать их положение через десятую долю секунды. Важно подчеркнуть, что всё это происходит на подсознательном уровне, ведь мы даже не замечаем, какую огромную работу ежесекундно проделывает наш мозг. На примере исследования зрительных процессов школьники увидят необходимость соединения усилий математиков, физиков, биологов, психологов и др. специалистов. ■

При выполнении данной работы часть вопросов, относящихся к математическому моделированию изучаемых процессов и объектов, решалась при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-01-00723 а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Грегори Р.* Разумный глаз. М.: УРСС, 2003. 240 с.
2. *Демидов В.Е.* Как мы видим то, что видим. М.: Знание, 1979. 208 с.
3. *Перельман Я.И.* Занимательная физика. Книга 2. М.: АСТ, 2002. 310 с.
4. *Раков Д.Л., Печейкина Ю.А.* Парадоксальный мир невозможных фигур и оптических иллюзий. М.: ЛЕНАНД, 2017. 200 с.
5. *Рыжиков С.Б., Рыжикова Ю.В.* Загадочные и удивительные способности зрения: учебное пособие. М.: Делу время, 2018. 174 с.
6. *Толанский С.* Оптические иллюзии. М.: Мир, 1967. 128 с.
7. *Чангизи М.* Революция в зрении. М.: АСТ, 2014. 304 с.