

ОБУЧЕНИЕ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ

УДК 37.04

А. Ю. Пизгарев

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Предлагается методика адаптивного обучения физике школьников старших классов и студентов первых курсов нетехнических направлений, испытывающих объективные устойчивые трудности при изучении данной дисциплины. Причиной объективных трудностей являются слабая мотивация, недостаток рабочей памяти и неразвитое ассоциативное мышление. Поэтому в основе методики лежит принцип наименьшей нагрузки на рабочую память и эвристическая беседа как метод, обеспечивающий понимание материала, интервальные повторения как средство консолидации долговременной памяти и гуманистический подход к оценке достижений учащихся как инструмент позитивной мотивации.

Ключевые слова: *обучение физике, рабочая память, эвристическая беседа, интервальные повторения, мотивация.*

Физика служит фундаментом научного мировоззрения, основой других наук о природе, частью современной культуры. Однако значительный процент учащихся (как старшекласников, так и студентов первого курса нетехнических направлений) испытывают устойчивые трудности в усвоении данной дисциплины. Если, несмотря ни на какие трудности, ставится задача обучить их физике, то возникает необходимость в научно обоснованных методиках адаптивного обучения основам физических знаний.

Учащийся нуждается в адаптивном обучении, если он испытывает трудности в понимании дисциплины или не в состоянии запомнить основные положения. То есть у него не обнаруживается способность запоминать изученный материал с помощью ассоциативных связей с уже имеющимися в долговременной памяти знаниями. Причина может быть либо в отсутствии начальных знаний, либо в неразвитости способности к ассоциативному мышлению. Способность к ассоциативному мышлению – одна из трех составляющих подвижного интеллекта индивидуума наряду с рабочей памятью и скоростью обработки данных – варьируется в широких пределах [1]. Поэтому у некоторых учащихся изученный и даже понятый материал забывается в течение нескольких часов. Это можно обнаружить при непосредственном тестировании или опросе.

На рис. 1 графически представлены закономерности затухания долговременной памяти для бессмысленного, не имеющего ассоциативных связей материала и хорошо осмысленного, ассоциативно связанного материала. Скорость забывания «среднестатистического» учащегося где-то между этими кривыми. И чем ближе к кривой Эббингауза, тем больше потребность в адаптивном обучении.

Проблему понимания физики можно решить на основе принципа наименьшей нагрузки на рабочую память и метода эвристической беседы. Улучшить консолидацию долговременной памяти можно с помощью интервальных повторений [4] при адаптивном обучении физике.

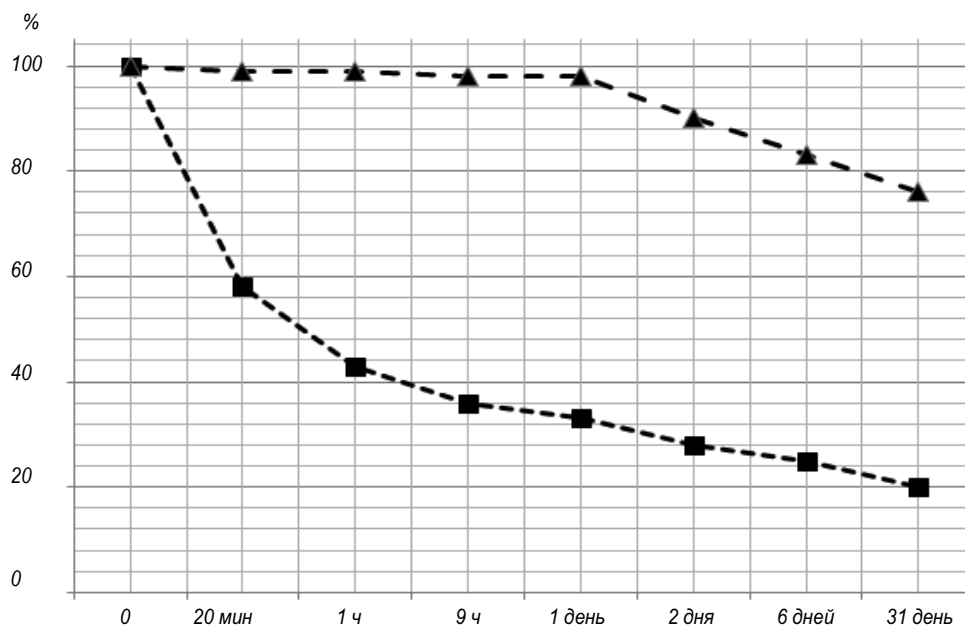


Рис. 1. Закономерности затухания долговременной памяти:
■ — кривая забывания бессмысленного материала, полученная Эббингаузом в 1913 г. [2, с. 268],
▲ — кривая забывания основных положений хорошо осмысленного материала [3, с. 10]

Как правило, потребность в адаптивном обучении высоко коррелирует с недостатком рабочей памяти и отсутствием мотивации достижения успеха. Учащийся в лучшем случае имеет мотивацию избегания неудачи, при которой и без того слабая рабочая память не включается «на полную мощность». Поэтому содержание адаптивного курса должно оказывать минимально возможную нагрузку на рабочую память. Снижение нагрузки на рабочую память при изучении физики достигается следующими методами:

1. Использованием интерактивной компьютерной анимации, которая существенно облегчает задачу построения ментальных моделей.

2. Максимальным упрощением рассматриваемых физических систем. Чем сложнее система, тем большая нагрузка на рабочую память и тем меньше вероятность «включения» учащегося в учебный процесс. Подбирать задачи настолько простые, чтобы учащийся мог воспроизвести их решение.

3. Наличием на столе обучающегося («at hand») справочно-иллюстративного материала (например интеллект-карты) по изучаемой теме, поскольку переключение внимания с удаленного объекта на тетрадь, в которой ведутся записи, сопряжено с дополнительной нагрузкой на рабочую память [5].

4. Изображением ментальной модели физической системы с помощью наглядного рисунка или схемы. Это снижает нагрузку на рабочую память и активизирует мышление учащегося.

5. Использованием лично значимых примеров и иллюстраций в ходе объяснения физических закономерностей. Это увеличивает вероятность образования устойчивых ассоциаций.

Решение физических задач есть результат дедуктивного анализа индуктивно построенной ментальной модели физической системы. Анализ и синтез ментальной модели происходит в рабочей памяти человека. Слабая рабочая память не позволяет ученику самостоятельно с первого раза построить адекватную условию задачи модель физической системы.

Помочь ученику со слабой рабочей памятью научиться строить адекватные ментальные модели можно с помощью эвристической беседы.

«Загрузить» ментальную модель физического явления в голову ученика подобно тому, как грузятся файлы в компьютер, невозможно. Ментальную модель строит сам ученик на основе ранее приобретенных знаний, опыта эмпирического познания и прототипов решения аналогичных задач. Поскольку построение модели носит индуктивный характер, то ее первые варианты, как правило, несовершенны [6].

Учитель в процессе диалога, задавая вопросы и анализируя полученные ответы, должен понять ход мыслей ученика, выявить недостатки его ментальной модели. И, выяснив причину непонимания, подвигнуть ученика к поиску альтернатив с помощью наводящих вопросов, искусственно созданных проблемных ситуаций, использующих внутренние противоречия его ментальной модели, несоответствие ее законам физики.

То есть не столько объяснять ученику, как правильно, сколько показать, что у него неправильно. Тем самым запустить индуктивный процесс поиска альтернатив с последующим их дедуктивным анализом. И только так, шаг за шагом, можно добиться понимания физики.

Этот диалог невозможно алгоритмизировать, невозможно создать компьютерную программу, способную понять мышление ученика, подобно опытному учителю [7]. Поэтому и невозможно создать совершенную компьютерную систему обучения физике, которая бы вытеснила учителя из учебного процесса, раз и навсегда решив «проблему двух сигм», как предполагается в работе [8].

Добиться долговременного запоминания изученного материала можно с помощью интервальных повторений. Наиболее эффективно повторять, во-первых, на следующий день после изучения материала. Это заметно улучшает запоминание в течение первой недели. Во-вторых, через одну-две недели после первого изучения материала. Это обеспечивает долговременное запоминание на месяцы [4].

Для реализации методики интервального обучения тему можно разбить на две части, между которыми интервал. То есть каждое занятие состоит из двух частей: 1) повторение предыдущей темы, 2) изучение новой. Если новая тема основана на понимании предыдущей, то изучение нового материала автоматически приводит к повторению ранее изученной темы (при условии ее успешного усвоения).

Оценивание достижений учащихся в рамках адаптивного обучения физике надо рассматривать как инструмент гуманистического подхода к мотивации [9, с. 455]. Положительная оценка может существенно повысить внутреннюю мотивацию ученика, если ее позиционировать как похвалу за проявленные усилия, приводящие к относительному приращению его интеллекта, а не как «награду» за абсолютный результат. То есть если даже относительно слабый ученик открыл при изучении физики для себя что-то новое, то он заслуживает положительной оценки!

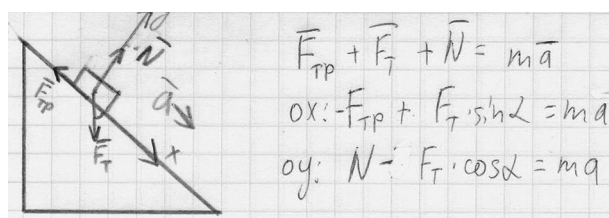
Предлагаемый подход к адаптивному обучению физике может быть реализован, согласно Блуму [10], в формате обычного обучения («conventional»), качественного обучения («master learning») или индивидуального («tutorial»).

При обычном обучении нужно объяснить учащимся всю важность самостоятельной работы и интервальных повторений. На этом традиционный подход заканчивается.

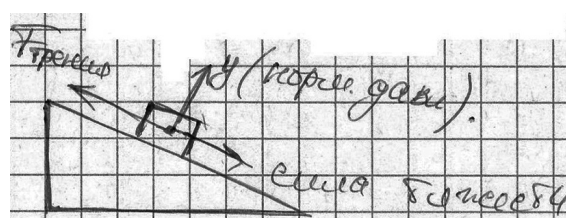
Однако не факт, что они примут данные рекомендации как руководство к действию. Контроль за самостоятельной работой учащихся, своевременная оценка усвоения дидактических единиц и при необходимости коррекция курса – уже технология качественного обучения, реализация которой требует определенных материальных затрат, поэтому она нереальна и нигде не была реализуема, за исключением опытов Блума.

При индивидуальном обучении можно в полной мере использовать метод эвристической беседы для достижения понимания физики конкретным учащимся. А с помощью инфокоммуникационных технологий можно поддерживать постоянный контакт с учащимся, не только контролируя сам факт интервальных повторений при выполнении соответствующих заданий, но и направляя его учебную деятельность, своевременно корректируя возникающие трудности. Поэтому индивидуальное обучение позволяет достичь результатов на две сигмы выше, чем при обычном обучении, и на сигму выше, чем в системе качественного обучения [10]. Остается только вопрос: а готовы ли учителя школ и преподаватели вузов обеспечить индивидуальный подход к каждому нуждающемуся в этом учащемуся?

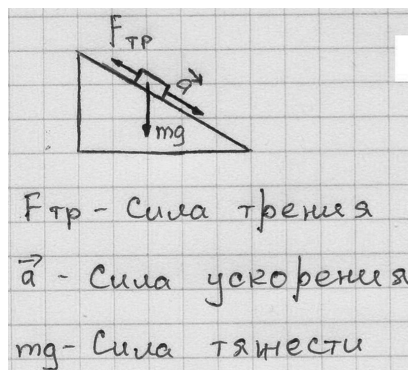
Поясним практическое применение данной методики на примере изучения темы «Движение по наклонной плоскости». Прежде всего необходимо удостовериться в способности учеников построить адекватные ментальные модели физической системы. Для этого в начале урока даем задание: изобразить на рисунке векторы всех сил, действующих на тело, и их проекции на координатные оси. Характерные варианты выполнения задания представлены на рис. 2.



Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3

Рис. 2. Характерные варианты выполнения задания «отобразить на рисунке вектора всех сил, действующих на тело, скатывающееся по наклонной плоскости, и их проекции на координатные оси»

Лишь с учениками, способными представить себе правильную модель явления (вариант 1), можно продолжить решение задачи с вопроса, чему равна проекция ускорения на O_y (см. рисунок).

Ученики, выполнившие задание по варианту 2 или 3, не имеют представления о природе сил и требуют адаптивного подхода к обучению физике. А если таких в классе большинство? Учитель обязан обеспечить поступательное интеллектуальное развитие всех учеников в классе! Для этого необходимо отложить изучение движения тела по наклонной плоскости до следующего урока и сосредоточиться на следующем:

1. Повторить понятие «сила», сосредоточив внимание на определении силы как меры взаимодействия двух тел. Используя метод эвристической беседы, добиться понимания, что сила тяжести как мера взаимодействия Земли и тела на ее поверхности всегда направлена по линии, соединяющей их центры, «силы ускорения» нет и т. п.

2. Повторить и отработать умение раскладывать вектор на составляющие проекции в заданиях типа 1, а затем типа 2 на рис. 3. Умение, доведенное до автоматизма, не оказывает заметной нагрузки на рабочую память и позволяет высвободить ее ресурсы для решения основной задачи [8]. Поэтому так важно добиться уверенного безошибочного решения задач на разложение векторов на проекции.

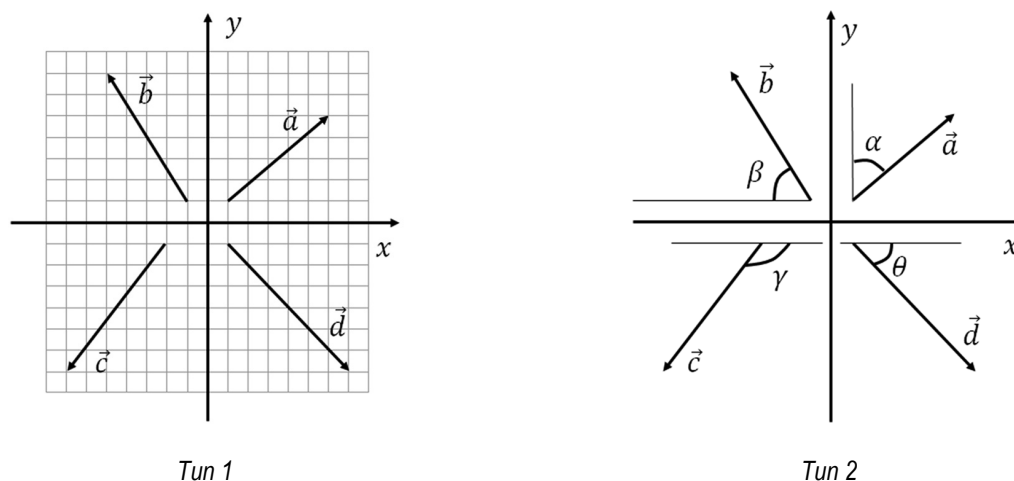


Рис. 3. Задачи на развитие умения раскладывать вектора на проекции

На следующем занятии повторить понятие физической силы, с помощью теста проверить умение раскладывать вектор на проекции и при условии успешного усвоения базовых понятий и умений перейти к решению задачи на движение тела по наклонной плоскости.

Если начала векторной алгебры остались не поняты большинством учеников, то лучше ограничиться рассмотрением движения тела по горизонтальной плоскости под действием горизонтальной силы.

Аналогичный подход при изучении тем «Изопроцессы», «Вынужденные колебания», «Рамка с током в магнитном поле» и других, предметом которых является относительно сложная для понимания учащихся система.

Предлагаемая методика не есть жесткий алгоритм с четко расписанным порядком действий. Творческое сочетание принципа наименьшей нагрузки на рабочую память и эвристической беседы, интервальных повторений и гуманистического подхода к оценке достижений учеников позволяет хотя бы на минимальном уровне сформировать физическую картину мира у абсолютного большинства учащихся.

Список литературы

1. Kaufman S. B., DeYoung C. G., Gray J. R., Brown J., Mackintosh N. Associative learning predicts intelligence above and beyond working memory and processing speed // *Intelligence*. 2009. 37. Pp. 374–382.
2. Баддли А., Айзенк М., Андерсон М. Память / пер. с англ.; под ред. Т. Н. Резниковой. СПб.: Питер, 2011. 560 с.
3. Каплянский А. Е. Методика преподавания теоретических основ электротехники: учеб.-метод. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1975. 143 с.

4. Pashler H., Rohrer D., Cepeda N. J., Carpenter S. K. Enhancing learning and retarding forgetting: Choices and consequences // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2007. 14 (2). Pp. 187–193.
5. Alloway T.P. How does working memory work in the classroom? // *Educational Research and Reviews*. 2006. Vol. 1 (4). Pp. 134–139.
6. Johnson-Laird Philip N. *How We Reason*. Oxford University Press, 2008. 573 p.
7. Пигарев А. Ю. Роль учителя физики в условиях широкого внедрения ИКТ в учебный процесс // *Физика в школе*. 2013. № 2. С. 40–43.
8. Kaufman S. B. *Ungifted: Intelligence Redefined*. New York: Basic Books, 2013. 400 p.
9. Лефрансуа Г. *Прикладная педагогическая психология*. СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2007. 576 с.
10. Bloom B. S. The 2 sigma problem: the search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring // *Educational Researcher*. 1984. 13. Pp. 4–16.

Пигарев А. Ю., кандидат педагогических наук, доцент.

Новосибирский государственный университет экономики и управления.

Ул. Каменская, 56, Новосибирск, Россия, 630099.

E-mail: physflash@yandex.ru

Материал поступил в редакцию 12.02.2015.

A. Yu. Pigarev

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ADAPTIVE PHYSICS TEACHING

Methods of adaptive teaching high school students and first-year students of non-technical areas to physics that experience steady objective difficulties in the learning of this discipline are offered. The reasons for the objective difficulties are lack of motivation, lack of working memory and undeveloped associative thinking. Accordingly, the methodology is founded on the principle of minimum load on working memory and heuristic conversation as method to provide the understanding of the material, spaced repetitions as a means of consolidation of long-term memory and humanistic approach to the assessment of student achievement as a tool for positive motivation. The “2 Sigma Problem” urgency is emphasized, because it is only for individual learning that the method of heuristic conversation to achieve the understanding of physics and the control of spaced repetition can be realized to the full extent.

Key words: *teaching physics, working memory, heuristic conversation, spaced repetition, motivation.*

References

1. Kaufman S. B., DeYoung C. G., Gray J. R., Brown J., Mackintosh N. Associative learning predicts intelligence above and beyond working memory and processing speed. *Intelligence*, 2009, 37, pp. 374–382.
2. Baddeley A., Eysenck M. W., Anderson M. C. *Memory*. New York, Psychology Press Publ., 2009 (Russ. ed.: Baddli A., Ayzenk M., Anderson M. *Память*: пер. с англ. Т. Н. Резникова. Saint-Petersberg, Piter Publ., 2011. 560 p.).
3. Kaplyanskiy A. E. *Metodika prepodavaniya teoreticheskikh osnov elektrotehniki* [Methodology of teaching the theoretical foundations of electrical engineering]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1975. 143 p. (in Russian).
4. Pashler H., Rohrer D., Cepeda N. J., Carpenter S. K. Enhancing learning and retarding forgetting: choices and consequences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2007, 14 (2), pp. 187–193.
5. Alloway T.P. How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 2006, vol. 1 (4), pp. 134–139.
6. Johnson-Laird Philip N. *How We Reason*. Oxford University Press, 2008. 573 p.
7. Pigarev A. Yu. Rol' uchitelya fiziki v usloviyakh shirokogo vnedreniya IKT v uchebnyy protsess [The role of the teacher of physics in the context of widespread adoption of ICT in the educational process]. *Fizika v shkole – Physics at School*, 2013, no. 2, pp. 40–43 (in Russian).

8. Kaufman S. B. *Ungifted: Intelligence Redefined*. New York, Basic Books, 2013. 400 p.
9. Lefrancois G. *Psychology for Teaching*. Belmont, CA: Wordsworth, 1999 (Russ. ed.: Lefransua G. *Prikladnaya pedagogicheskaya psikhologiya*. Saint-Petersberg, Praym-EVROZNAK Publ., 2007. 576 p.).
10. Bloom B. S. The 2 Sigma Problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, 1984, 13, pp. 4–16.

Novosibirsk State University of Economics and Management.

Ul. Kamenskaya, 56, Novosibirsk, Russia, 630099.

E-mail: physflash@yandex.ru