

И. Б. Палымский^{1, 2✉}

Метод опорных сигналов в преподавании

¹ Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: palymsky@yandex.ru

Аннотация. Описан метод опорных сигналов применительно к преподаванию физики в учебных заведениях высшей школы. Подчеркивается, что его реализация приводит к более высокой усвояемости основ предмета, но с некоторым сокращением изучаемого материала. Подобная методика может быть использована при изучении и других точных и естественных наук.

Ключевые слова: метод опорных сигналов, планирование учебного процесса, рабочая программа

I. B. Palymskiy^{1, 2✉}

Reference signal method in teaching

¹ Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: palymsky@yandex.ru

Abstract. The method of reference signals is described in relation to the teaching of physics in higher education institutions. It is emphasized that its implementation leads to a higher assimilation of the fundamentals of the subject, but with some reduction in the material being studied. A similar technique can be used in the study of other exact and natural sciences.

Key words: reference signal method, educational process planning, work program

Введение

В настоящее время стало совершенно очевидно, что без качественного образования невозможно дальнейшее научно-техническое развитие нашей страны, в частности, решение поставленных задач по импорту замещению в авиации, микроэлектронике, автомобилях, бытовой технике и т.п. При этом современный инженер должен обладать познаниями в целом ряде инженерных и технических дисциплин, основой для изучения которых служат точные и естественные науки. Между тем, основные проблемы в образовании возникают именно при изучении точных и естественных наук.

Причин такого положения вещей можно назвать несколько: (а) плохая подготовка в школе, (б) перегруженность вузовских программ, (в) недостаточно четкая структуризация учебного материала, (г) плохое планирование учебного процесса.

Эти проблемы обостряются, если обучающиеся не имеют достаточно времени для самостоятельной работы – в первую очередь это курсанты военных, летных и мореходных училищ, учебных заведений МВД РФ и прочее.

Между тем, в школьном образовании при изучении математики давно известен подход, который развивался донецким педагогом-новатором В. Ф. Шаталовым. Данная методика получила название метода опорных сигналов. Данный подход получил развитие в шестидесяти написанных В. Ф. Шаталовым монографиях [1–3].

Конечно, вузовское образование существенно отличается от школьного, поэтому буквальное использование в вузовском образовании методики В. Ф. Шаталова не может быть эффективным. Поэтому, при ее описании будем следовать основным принципам, общим для школьного и вузовского образования.

К таким основным принципам относится: уменьшение объема изучаемого материала до уровня его усвоения основной массой обучающихся и связанное с этим планирование учебного процесса, в частности, на практических занятиях не следует пытаться рассмотреть более двух учебных вопросов. В учебном материале выделяются главные моменты (опорные сигналы), которые многократно повторяются и служат базисом для дальнейшего изучения [2]. Выделение опорных сигналов в учебном материале невозможно без его четкой структуризации и систематизации. Поэтому, все изучаемые темы по математике и физике представляются в виде кратких конспектов [3].

Безусловно, такой подход имеет свои недостатки. Они связаны с тем, что при таком подходе основное внимание уделяется изучению основных моментов и при этом происходит некоторое сокращение изучаемого материала. Другими словами, студент без заминок находит близкие к табличным производные и интегралы или выписывает решение дифференциальных уравнений, подобных приведенному ниже:

$$y' = y. \tag{1}$$

Теперь возникает вопрос, много это или мало? Тем, для кого ответ на данный вопрос не представляется очевидным, автор данной работы предлагает пройти в любую учебную группу университета четвертого или пятого курса и спросить обучающихся, чему равен интеграл от x по dx или попросить выписать решение уравнение (1). Многолетний преподавательский опыт автора данной работы подсказывает, что на данные вопросы в основной массе студентов ответ не будет получен. А между тем, уравнение (1) закладывает основы понимания методов решения дифференциальных уравнений и, кроме того, описывает множество физических процессов, таких как радиоактивный распад, взрыв, размножение бактерий, медленное движение объекта в воде или воздухе и т.п.

Методика исследования

В первую очередь критически анализируются перечисленные выше причины появления проблем в образовании, при этом вопросы школьного образования из-за его специфичности здесь не рассматриваются.

Автор некоторое время работал на кафедре физики СИБГУТИ, что обусловило выбор приводимых ниже примеров. Заметим также, что проблемы, возникающие при изучении физики и математики и способы их решения, в контексте данной работы не отличаются.

Исходя из многолетнего преподавательского опыта автора настоящей работы, можно представить следующую качественную зависимость уровня обученности студентов от затрат труда преподавателя (рис. 1).

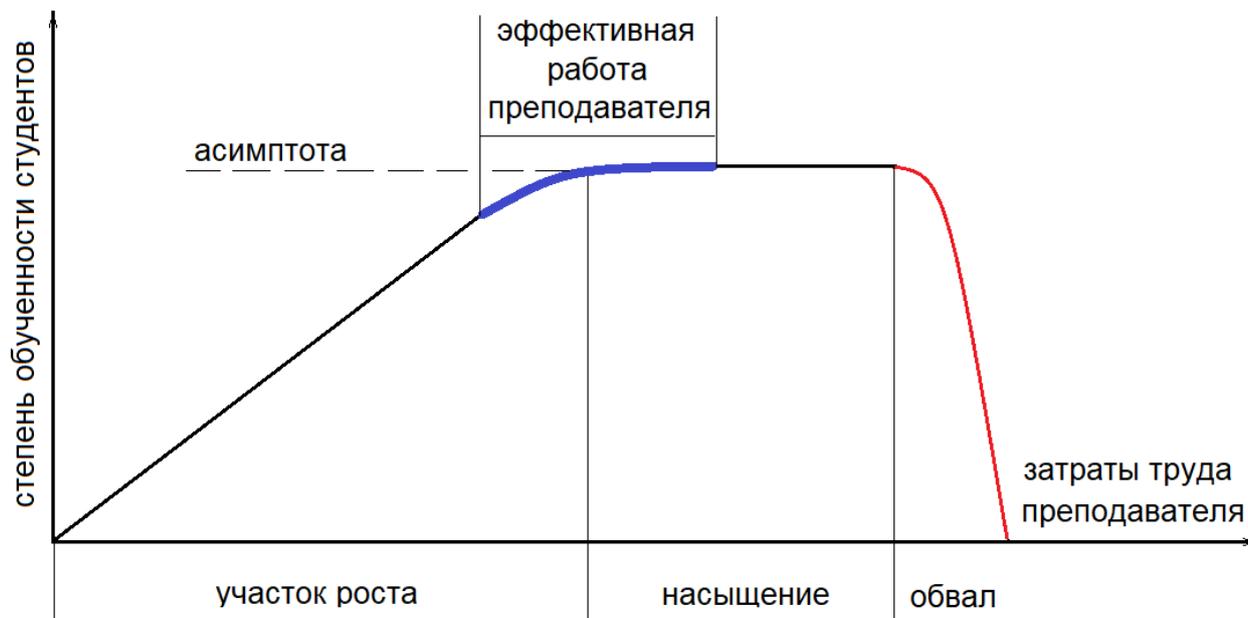


Рис. 1. Зависимость величины знаний студентов от интенсивности работы преподавателя

На рис. 1 участок роста характеризуется положительным откликом на увеличение усилий преподавателя, таким образом, увеличение затрат труда преподавателя здесь приводит к увеличению знаний студентов. Следующий за ним интервал насыщения отражает тот факт, что студенты уже освоили все, что возможно в данных условиях и увеличение трудозатрат преподавателя уже не приводит к увеличению знаний студентов. Но самый опасный с точки зрения преподавания участок – обвал показан на рис. 1 красным цветом. Он характеризуется “кашей” в головах студентов и полным отсутствием каких-либо познаний. Реализуется этот участок тогда, когда преподаватель проявляет несоразмерную ситуацию активность, которая может выражаться в чрезмерном объеме информации, излишней требовательности, что зачастую отягощается плохим планированием работы.

Для определенности рассмотрим рабочую программу по физике для направления подготовки 09.03.01 по специальности «Информатика и вычислительная техника», со специализацией «Электронно-вычислительные машины, комплексы, системы и сети» [4].

На изучение состоящего из 10 тем двух семестрового курса физики (от основ классической механики до квантовой механики и физики конденсированного состояния вещества) отводится 17 лекций (8+9), 17 лабораторных (8+9) и 16 (8+8) практических занятий, всего 100 часов учебных занятий. В этом контексте отметим, что в школе для изучения курса физики отведено 360 часов. Причем, за одну лекцию планируется изучить (в табл. 1 приведена выдержка из рабочей программы по теме 5).

Таблица 1

Выдержка из РП по теме 5 “Волны”

5. ФИЗИКА ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ	Количество часов
5.1. Упругие волны. Описание плоских упругих волн. Механизм образования волн в упругой среде. Одномерное волновое уравнение. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны, фронт волны. Характеристики волны: скорость распространения, частота (период), длина волны, волновое число. Волновой вектор. Энергия упругих волн. Перенос энергии волной. Вектор Умова. Группа волн (волновой пакет). Групповая скорость. Звуковые волны. 5.2. Электромагнитные волны. Природа электромагнитных волн. Получение волнового уравнения и уравнения волны из <u>общей теории Максвелла</u> . Уравнения для векторов напряженностей электрического и магнитного полей волны. Свойства электромагнитных волн. Перенос энергии электромагнитной волной. Вектор Пойнтинга. Свет как электромагнитная волна. Монохроматические волны.	2

Даже с учетом того факта, что этот материал дополнительно будет изучаться на одном практическом занятии, рабочая программа кажется перегруженной и нереальной для освоения. В частности, в ней планируется вывод волнового уравнения и уравнения волны из общей теории Максвелла (системы дифференциальных уравнений в частных производных) и это для студентов 1-го курса!!!.

В табл. 2 приведен типичный для кафедры физики СибГУТИ план проведения практических занятий во втором семестре (16 часов лекций и практических занятий).

С учетом того, что каждая строка таблицы соответствует одному практическому занятию, выполнение представленного плана работы кажется совершенно нереальным. Например, в четвертом занятии по квантовой оптике, один из пяти учебных вопросов – тепловое излучение, куда входит формула М. Планка и три закона излучения и это есть один из 5-и учебных вопросов практического занятия!

Здесь надо учитывать тот факт, что такие планы выдаются лекторами потоков ведущим практические занятия преподавателям и поэтому лектор ожидает буквального исполнения планируемой им работы.

Типичный план проведения практических занятий

№	Название темы	Учебные вопросы
1	Интерференция света	1. Опыт Юнга. 2. Интерференция света в тонких пленках 3. Кольца Ньютона 4. Интерференция на клине
2	Дифракция света.	1. Принцип Гюйгенса – Френеля. Зоны Френеля. Радиусы зон Френеля для точечного источника 2. Дифракция Френеля на диске и круглом отверстии 3. Дифракция Фраунгофера на щели и дифракционной решетке 4. Дифракционная решетка как спектральный прибор
3	Поляризация света	1. Закон Малюса 2. Поляризация света при отражении от диэлектрика. Закон Брюстера, выдача РГР
4	Квантовая оптика	1. Фотоны и их характеристики 2. Тепловое излучение 3. Внешний фотоэффект 4. Давление света 5. Эффект Комптона
5	Элементы квантовой механики, волновые свойства вещества	1. Волны де Бройля 2. Соотношения неопределенностей 3. Уравнение Шредингера 4. Частица в потенциальной яме 5. Туннельный эффект
6	Основы физики атома	1. Постулаты Бора. 2. Энергетический спектр атома водорода 3. Правило частот. Формула Бальмера. 4. Уравнение Шредингера для атома водорода. Квантовые числа, их роль. 5. Спектр излучения и спектр поглощения атома 6. Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Тормозное излучение.
7	Физика твердого тела	1. Собственная и примесная проводимость полупроводников 2. Р-п переход 3. Контакт двух металлов 4. ТермоЭДС 5. Фотопроводимость. 6. Фотовольтаический эффект
8		ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ

Отметим также, что расписания чтения лекций и проведения практических и лабораторных занятий никак не согласуются, зачастую практика или лабораторная по теме уже проводится, а лекция по ней еще не читалась.

Все эти методические и организационно-методические недоработки приводят к проблемам, которые решаются методами известного литературного персонажа Н.В. Гоголя - Держиморды.

По нашему мнению, на практическом занятии не должно рассматриваться более двух учебных вопросов, тогда как в приводимом в таблице 2 плане практических занятий их количество доходит до шести. Такой выбор количества учебных вопросов обусловлен тем, что реально на практическом занятии можно решить 4–6 учебных задач.

Приведем также для сравнения используемый автором данной работы план проведения практических занятий.

Таблица 3

Предлагаемый план проведения практических занятий

№	Название темы и учебные вопросы
1	Физика волновых процессов. 1. Скорость распространения, частота, длина волны, волновое число. 2. Интерференция волн от двух когерентных источников, условия максимумов и минимумов.
2	Геометрическая оптика. 1. Законы геометрической оптики. 2. Явление полного внутреннего отражения.
3	Интерференция и дифракция света. 1. Интерференция на тонких пленках. 2. Дифракция света на круглом отверстии, щели и дифракционной решетке.
4	Квантовая природа излучения. 1. Законы Кирхгофа и Стефана – Больцмана. 2. Законы Вина.
5	Внешний фотоэффект. 1. Фотоэффект, уравнение Эйнштейна. 2. Фотон, его свойства и характеристики.
6	Волновая природа вещества. 1. Волны де Бройля. 2. Соотношение неопределенности.
7	Элементы квантовой механики. 1. Спектр энергии частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме.
8	Элементы квантовой механики. 1. Туннельный эффект и его вероятность.

Можно видеть из табл. 3, что на каждом практическом занятии предлагается рассматривать не более двух учебных вопросов и, таким образом, при изучении каждого из них решить по несколько задач.

Помимо ограничения информации, подача учебной информации студентам должна сочетаться с ее четкой и ясной структуризацией, когда весь учебный материал представляется в виде краткого конспекта - дерева с жесткими связями, элементы которого называются опорными сигналами.

В качестве примера приведем краткий конспект лекции по теме тепловое излучение [5]. Данные материалы предложены заведующим кафедрой физики СибГУТИ к.ф.-м.н. А.Г. Черевко и используются им для обучения студентов.

Тепловое излучение – термодинамически равновесное излучение, интенсивность которого определяется температурой тела.

Распределение энергии излучения в спектре абсолютно черного тела (спектральная плотность) описывается формулой М. Планка

$$r_{\lambda,T} = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}, \quad h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}, \quad k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$$

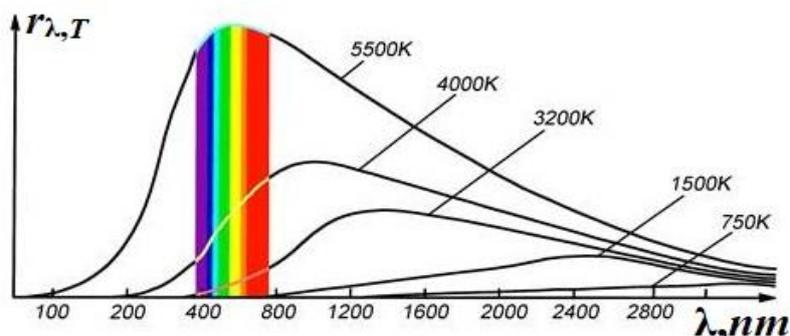


Рис. 2. Спектральная плотность энергии излучения абсолютно черного тела по длинам волн

Как асимптотики, из формулы М. Планка выводятся распределения Рэлей-Джинса ($\lambda \gg 1$) и Вина ($\lambda \ll 1$). Соответствующие формулы предлагается вывести самостоятельно в качестве упражнения.

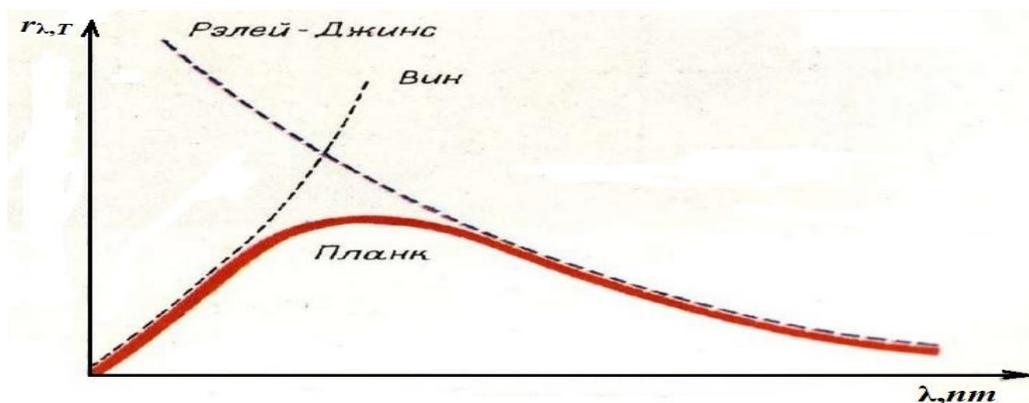


Рис. 3. Асимптотики формулы М. Планка

Закон Стефана-Больцмана:

Интегральная мощность излучения единицы поверхности нагретого тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры T (здесь ε – степень черноты)

$$R(T) = \varepsilon \sigma T^4, \quad \sigma = 5.671 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К}^4), \quad R(T) = \int_0^{\infty} r_{\lambda,T} \cdot d\lambda$$

Закон смещения Вина:

Длина волны, соответствующая максимуму энергии излучения тела, обратно пропорциональна его абсолютной температуре

$$\lambda_{\max} = b / T, \quad b = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$$

Закон излучения Вина:

Максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости тела прямо пропорционально пятой степени его абсолютной температуры

$$r_{\lambda, T}^{\max} = \varepsilon C T^5, \quad C = 1.29 \cdot 10^{-5} \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{К}^5)$$

Задача 1. Задавая необходимые геометрические параметры, оценить мощность излучения человеческого тела. Сколько человек заменят обогреватель мощностью 1 кВт?

Задача 2. Может ли лампа накаливания с вольфрамовой спиралью быть эффективной при освещении помещений? Для справки, длина волны красного цвета равна 760 нм, а температура плавления вольфрама – 3695 К.

Такой краткий конспект лекции (темы) содержит в себе всего четыре основных вопроса (опорных сигнала):

1. Формула М. Планка для спектральной плотности энергии излучения абсолютно черного тела;
2. Три закона излучения.

Теперь вопрос риторический. Можно ли эти четыре вопроса (опорных сигнала) изучить за четыре учебных часа занятий (лекцию и практику)? Такие краткие конспекты подготовлены А.Г. Черевко по всему курсу физики второго семестра. Общий объем их составляет всего 19 страниц, что изучить вполне реально даже для студентов среднего уровня подготовки и мотивации.

Подчеркнем также, что некоторое сокращение изучаемой информации обеспечивает возможность многократного повторения основных опорных моментов курса.

Результаты

В результате реализации описанной методики обучения, студенты лучше понимают основные моменты изучаемой дисциплины. Это достигается, во-первых, необходимым сокращением изучаемого интервала, а во-вторых, многократным повторением основных моментов курса и в-третьих, ясной и понятной структуризацией изучаемой информации.

Отрицательным моментом, при этом, является некоторое сужение круга рассматриваемых вопросов.

Заключение

В заключение кратко формулируем основные принципы метода опорных сигналов в преподавании:

1. Приведение в соответствие объема изучаемой информации, круга изучаемых вопросов, с одной стороны и уровня подготовки студентов и

образовательной ситуации - с другой, чтобы обеспечить понимание материала и вовлеченность в процесс обучения основной массы студентов.

2. Четкое и ясное структурирование изучаемой информации, с выделением основных опорных моментов.

3. Многократное повторение основных моментов дисциплины, для их усвоения основной массой обучаемых в группе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаталов В.Ф. Куда и как исчезли тройки. – М.: Педагогика, 1980. – 133 с.

2. Шаталов В.Ф. Точка опоры. – М.: Педагогика, 1987. – 159 с.

3. Шаталов В.Ф. Примеры контуров для опорных конспектов по методике В.Ф. Шаталова [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.shatalovschools.ru> (дата обращения 11.03.2024).

4. Рабочая программа по физике для направления подготовки 09.03.01 по специальности «Информатика и вычислительная техника», со специализацией «Электронно-вычислительные машины, комплексы, системы и сети» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.eios.sibsutis.ru> (дата обращения 11.03.2024).

5. Краткий конспект лекций по физике А.Г. Черевко [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.eios.sibsutis.ru> (дата обращения 11.03.2024).

© И. Б. Палымский, 2024