

Кластеризация межпредметных связей школьных курсов физики и химии на основе их графовой модели

Татьяна Николаевна Гнитецкая,

профессор Дальневосточного федерального университета г. Владивостока, доктор педагогических наук, gnitetskaya.tn@dvfu.ru, lena---iv@mail.ru

Елена Борисовна Иванова,

доцент кафедры общей физики Дальневосточного федерального университета, кандидат педагогических наук, lena---iv@mail.ru

• межпредметные связи • графовая модель • межпредметный содержательный кластер • ёмкость кластера • межпредметные связи физики и химии •

Исследование межпредметных связей имеет длинную историю, начало которой совпадает с первыми попытками предметного обучения. Это совпадение не случайное. Одной из основных проблем системы дифференцированного образования является тот факт, что предметное обучение находится в диалектическом противоречии с необходимостью формирования целостных, интегральных представлений о природе на основе естественно-научного знания.

С начала XVII века такие великие педагоги, как Я.А. Коменский, И. Герbart, А. Дистерверг, В.Г. Белинский, К.Д. Ушинский выдвигали идею целостности системы образования, в условиях которой все учебные дисциплины преподаются в единстве и взаимосвязи. Непродолжительную попытку реализации этой идеи на заре советской власти осуществила Н.К. Крупская, сформировавшая комплексные программы, которые представляли собой межпредметную систему, объединяющую знания из разных основ наук о том или ином объекте действительности в рамках крупных комплексных тем — «Природа», «Общество», «Труд». Во второй половине XX века в советской России качественно описанию межпред-

метных связей, их функций и свойств также уделялось много внимания, но постепенно интерес к этой проблеме угас, а проблема так и не получила разрешения.

Сегодня наука обогатилась новыми теориями — графов, информации, протекания, кластерного анализа, на фоне которых старая проблема межпредметных связей получила второе рождение и возможность количественного описания и решения. Так, в некоторых работах описан количественный подход к проблеме межпредметных связей, в рамках которого дано определение, разработаны графовая и информационная модели межпредметных связей, введены количественные характеристики межпредметных связей, расчёт которых позволяет решить ряд задач отбора, систематизации и оптимизации межпредметного содержания курсов физики, математики и химии¹.

¹ **Афремов Л.Л., Гнитецкая Т.Н.** Теория внутрипредметных и межпредметных связей: Монография. Владивосток: изд-во Дальневост. ун-та, 2005. 176 с.; **Гнитецкая Т.Н.** Информационные модели внутри- и межпредметных связей как основа технологии обучения физике. Дис. ... докт. пед. наук. М., 2006. 321с.; **Гнитецкая Т.Н., Иванова Е.Б.** Межпредметные связи в школьных курсах химии и физики. Четвёртый Международный симпозиум «Химия и химическое образование» // Сборн. науч. трудов. Владивосток: изд-во Дальневост. ун-та, 2007. С. 259–261.

В этой статье приводится описание вопроса кластеризации межпредметных связей, выполненное на основе их графовой модели на примере школьных курсов химии и физики.

Выделение межпредметного содержательного кластера понятий школьных курсов физики и химии на основе графовой модели межпредметных связей

Уровневая группировка множества межпредметных связей есть множество не вложенных подмножеств множества межпредметных связей, называемых кластерами межпредметных связей.

Другими словами, этот способ кластеризации межпредметных связей предполагает выделение группы связей, объединённых по признакам их свойств или функций, в результате чего формируются кластеры межпредметных связей. На рис. 1 изображён фрагмент картины кластеров межпредметных связей, описанной в работе авторов статьи и их коллег² — представлен только содержательный кластер межпредметных связей, который включает межпредметные связи по признаку принадлежности к группам понятий, законов, теорий, моделей, принципов, методов наук, фактов.

Установим данный признак приоритетным, так как перечисленные группы определяют

содержанием объекта связи, который, в свою очередь, входит в структуру связи³.

Дополнительными являются признаки по всем возможным способам взаимодействия связеобразующих элементов и по направлениям действия. Все элементы знаний курсов физики и химии рассортируем («похож» — «не похож») по приоритетному признаку на названные выше группы. Зная механизм установления межпредметных связей в группах элементов знаний, можно построить межпредметное гиперпространство, упорядочение которого приводит к установлению иерархии элементов знаний внутри подмножеств кластера межпредметных связей.

В силу различия целей классификации выделяются и различные её способы. Например, выделять кластер межпредметных связей по отдельной группе зачастую целесообразней, чем по всем группам элементов знаний. При таком подходе упрощаются расчёты, позволяющие установить иерархическую последовательность объектов связи и, следовательно, самих межпредметных связей. Такой кластер мы назвали межпредметным содержательным кластером⁴.

Формирование межпредметного содержательного кластера проведём по группе понятий школьных курсов физики и химии, для чего построим межпредметное гиперпространство рассматриваемых курсов. Гиперпространство создаётся в результате наложения двух межпредметных пространств, которые отличаются направлением межпредметной связи. В одном связь направлена от физики к химии (рис. 2) в другом — от химии к физике (рис. 3). Оба пространства формируются на основе графовой модели межпредметных связей (рис. 2) и принцип их построения один. Построим первое межпредметное пространство с направлением связи от физики к химии.

За элементы структуры курса химии примем главы курса химии для 8–9-х классов О.С. Габриеляна⁵. Они создадут множество элементов структуры. Выделим все объекты связи по группе понятий, через которые реализуется межпредметная связь этого курса с физикой, то есть физические поня-

² Гнитецкая Т.Н., Гнитецкий П.В., Иванова Е.Б., Соппа И.В. Кластерный подход к вопросам обучения физике // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 1 (32). С. 70–73.

³ Межпредметная связь есть конструкция элементов педагогической системы, которая связывает элементы структуры межпредметного содержания образования и состоит из: объекта связи — любого элемента знаний, умений и навыков, принадлежащего базовому предмету и используемого в связанном (по крайней мере, в двух элементах его структуры); канала связи — одного или нескольких элементов образовательной технологии, адекватной предметам, между которыми устанавливается связь. Направление МПС задается выбором базового предмета — от базового предмета к связанному. Одна и та же связь не может одновременно иметь прямое и обратное направление.

⁴ Гнитецкая Т.Н., Гнитецкий П.В., Иванова Е.Б., Соппа И.В. Кластерный подход к вопросам обучения физике // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 1 (32). С. 70–73.

⁵ Габриелян О.С. Курс химии. 8–9 классы: Учебник для общеобразовательных учебных учреждений. 7-е изд. Стереотип. М.: Дрофа, 2004.

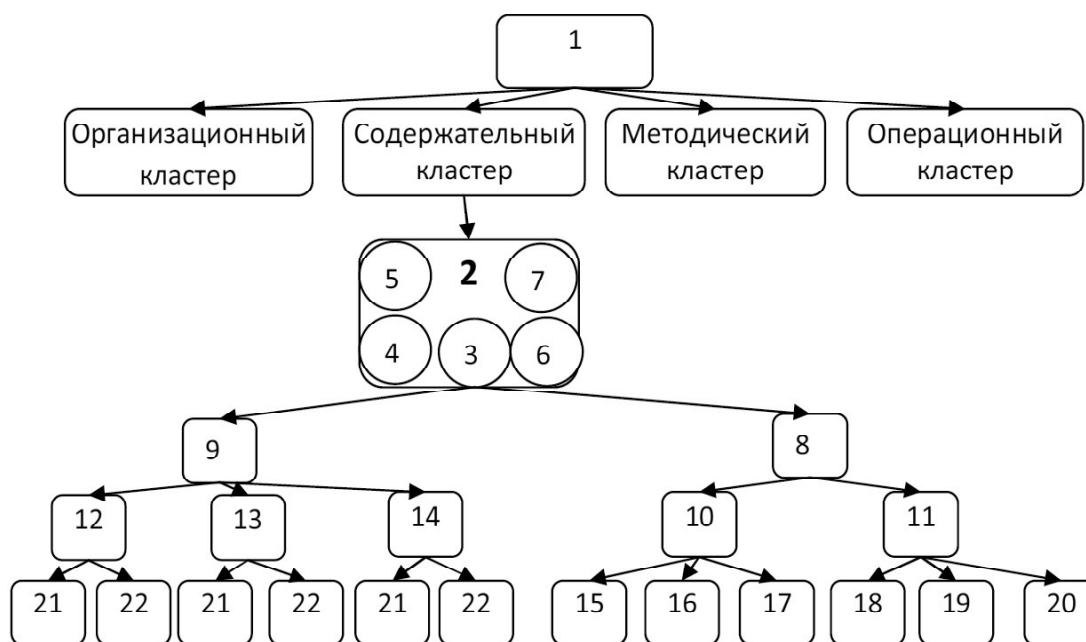


Рис. 1. Содержательный кластер межпредметных связей.

1 – межпредметная связь (МПС); 2 – содержательные МПС; 3 – МПС по понятиям; 4 – МПС по законам; 5 – МПС по теориям; 6 – МПС по методам наук; 7 – МПС по фактам; 8 – МПС по способу взаимодействия связеобразующих элементов; 9 – МПС по направлению действия; 10 – хронологические МПС; 11 – хронометрические МПС; 12 – односторонние МПС; 13 – двусторонние МПС; 14 – N – сторонние МПС; 15 – предшествующие МПС; 16 – сопутствующие МПС; 17 – перспективные МПС; 18 – локальные МПС; 19 – среднедействующие МПС; 20 – длительно действующие МПС; 21 – прямые МПС; 22 – обратные МПС.

Элементы знаний курса физики	Структура курса химии										Отн. макс. длина L	Отн. сила связи С
	Атомы химических элементов	Соединения химических элементов	Скорость хим. реакций. Химическое равновесие.	Растворение. Растворы. Реакции ионного обмена и ОВР.	Введение. Общая хар-ка хим. элементов	Металлы	Неметаллы VI - VII A подгрупп	Неметаллы IV - V A подгрупп	Органические вещества			
Группа понятий	8 класс					9 класс						
1 Температура	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	0,86
2 Молекула	◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆	1,00	0,83
3 Теплота (кол-во теплоты)		◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆	1,00	0,83
4 Атом	◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	0,77
5 Электрон	◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	0,77
:	○											
:	●											
:	●											
:	●											
:	●											
:	●											
:	●											
:	●											
65 Заряд	◆	◆									0,22	0,22
66 Колебания		◆									0,22	0,22
:												
105 Электромагнитные волны	◆										0,11	0,11

Рис. 2. Фрагмент межпредметного пространства школьных курсов физики и химии с направлением связи – от физики к курсу химии для 8–9 классов О.С. Габриеляна

Структура курса физики		Первоначальные сведения о строении вещества				Взаимодействий тел			Давление твердых тел, жидкостей и газов		Работа и мощность, энергия	Тепловые явления, изменение агрегатных состояний вещества	Электрические и электромагнитные явления	Световые явления	Законы взаимодействия и движения тел	Механические колебания и волны. Звук		Электромагнитное поле	Строение атома и Строение атомного ядра. Использование энергии атомных ядер	Отн. макс. длина L	Отн. сила связи С	
		7 класс				8 класс			9 класс													
Элементы знаний курса химии		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11										
Группа понятий																						
1	Вещество	◆	◆	◆		◆	◆	◆												1,00	0,73	
2	Металл	◆				◆	◆													0,81	0,24	
3	Таблица химических элементов Д.И. Менделеева																					
4	Химическая реакция																			0,72	0,12	
5	Ион																			0,63	0,22	
:	:																			:	:	
23	Щелочь																			0,09	0,09	

Рис. 3. Фрагмент межпредметного пространства школьных курсов физики и химии с направлением связи – от химии к курсу физики для 7–9-х классов А.В. Перышкина

тия, используемые в учебных задачах рассматриваемого курса химии. На рис. 2 показано, что их общее количество составляет сто пять (105) единиц. Пересечение объектов связи группы физических понятий с множеством элементов структуры курса химии образует множество узлов (ячейки таблицы). Из этого множества выделяется подмножество помеченных узлов, каждый из которых помечается лишь в том случае, если физическое понятие используется в элементе структуры химии. На рис. 2 и 3 такие подмножества выделены «ромбиками». Так как приобретение и применение учащимися межпредметных знаний, умений и навыков осуществляются в процессе обучения, то межпредметные связи и соответствующие им узлы формируются во времени. Поэтому подмножество помеченных узлов (ромбиков) дополнится подмножеством узлов, помечаемых в том случае, если физическое понятие формируется впервые в любом из взаимосвязанных предметов

(первый помеченный узел — ячейка закрашенная или с ромбиком).

⁶ Перышкин А.В. Курс физики. 7–9 классы: Учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Дрофа, 2003.

Если формирование физического понятия осуществляется в физике, то считается, что оно и используется впервые в момент, совпадающий с изучением соответствующего элемента структуры химии (закрашенная ячейка). Этот момент может совпасть с моментом использования данного понятия в химии, тогда в закрашенной ячейке появляется ромбик. Связь устанавливается через физическое понятие между всем курсом физики (Физика для 7–9-х классов А.В. Перышкина⁶) и элементом структуры химии, где данное понятие используется.

Методические подходы и приёмы, используемые преподавателями физики и химии в пределах времени, отведённого учебным планом, существенно отличаются, что определяет неэквивалентность каналов связи и, в конечном счёте, самих связей. Количественные характеристики связей рассчитываются с учётом пропускной способности межпредметных связей, характеризующей неэквивалентность передачи учебной информации в физике и химии. Связь представляется древовидным ориентированным графом, начало которого совпадает с поме-

ченным узлом формирования понятия (первая ячейка с ромбиком или окрашенная), а конец — с элементом структуры химии, где данное понятие используется.

Через каждое понятие реализуется столько связей, сколько помеченных узлов на пересечении данного понятия с элементами структуры. Набор графов межпредметных связей, установленных через данное понятие, называется *лесом*. Например, через физическое понятие электрона от физики к структурным элементам курса химии для 8–9-х классов О.С. Габриеляна устанавливается 8 связей в следующих структурных элементах химии:

- 1) атомы химических элементов;
- 2) соединения химических элементов;
- 3) растворение, растворы, реакции ионного обмена и окислительно-восстановительные реакции;
- 4) введение, общая характеристика химических элементов;
- 5) металлы;
- 6) неметаллы VI–VIIA подгрупп;
- 7) неметаллы V–IVA подгрупп;
- 8) органические вещества. Они составляют лес, содержащий 8 оргграфов (см. рис. 3).

Расчёт количественных характеристик графовой модели межпредметной связи (относительных длин L и сил C межпредметных связей) позволяет выстроить физические понятия в иерархическую последовательность, где фундаментальное межпредметное ядро физики и химии будут составлять физические понятия, значения длин межпредметных связей которых $L = 1$, а значения сил принадлежат интервалу $1,00 \leq F \leq 0,86$. Из таблицы на рис.2 видно, что в раздел фундаментальных вошли понятия температуры, молекулы, теплоты, атома, электрона.

Таким же образом строится межпредметное пространство с обратным направлением межпредметной связи — от химии к структурным элементам курса физики для 7–9-х классов А.В. Перышкина (рис. 3).

Вместо физических приводится группа химических понятий, содержащая двадцать три (23) единицы, а структура курса химии заменится на структуру курса физики для 7–9-х классов А.В. Перышкина. Конеч-

но, изменятся и графы межпредметных связей, и их количественные характеристики. Наложение второго пространства на первое даст межпредметное гиперпространство курса химии О.С. Габриеляна и курса физики А.В. Перышкина, а межпредметный содержательный кластер по группе понятий для этих двух курсов будет содержать иерархические последовательности двадцати трёх (23) химических и ста пяти (105) физических понятий, что и составит ёмкость межпредметного содержательного кластера по группе понятий для курсов химии для 8–9-х классов и физики для 7–9-х классов.

Таким образом, использование графовой модели межпредметных связей и её количественного описания в вопросе кластеризации межпредметных связей даёт возможность выделения межпредметного содержательного кластера с иерархической структурой и его количественной оценки. □