

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛМЫЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

Труды V научно-практической конференции
Элиста, Калмыцкий государственный университет
26-28 ноября 2013 г.

**ББК ВЗ(2Рос.Калм)я431+ВЗя431+В1(2Рос.Калм)я431+В1я431
А 437**

«Актуальные проблемы современной физики и математики», V региональная науч.-практ. конф. (2013, Элиста). V региональная науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы современной физики и математики», 26-28 ноября 2013 г. [Текст]: труды / отв. ред. Б. Б. Михалев. – Элиста: Изд-во КалмГУ, 2014. 112 с.

В настоящее издание включены труды V региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной физики и математики», проводившейся на факультете математики, физики и информационных технологий Калмыцкого государственного университета с 26 по 28 ноября 2013 г. В сборник вошли работы, выполненные сотрудниками, аспирантами и студентами Калмыцкого и Московского государственных, Южного федерального университетов, сотрудниками Республиканского института повышения квалификации работников образования и преподавателями общеобразовательных школ Республики Калмыкия. Сборник представляет интерес для ученых, работающих в ряде направлений современной науки, студентов и аспирантов, преподавателей учреждений высшего и среднего профессионального образования, преподавателей и учащихся общеобразовательных школ, интересующихся вопросами современной науки и образования.

Ответственный редактор Б. Б. Михалев

Подписано в печать 10.11.2014. Формат 60×84/8
Печать офсетная. Бумага тип. №1. Усл. печ. л. 13.02
Тираж 100 экз. Заказ 2583

Издательство Калмыцкого университета.
358000, г. Элиста, ул. Пушкина, 11

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
I. ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА	
<i>Басангова Е. О.</i> Нахождение вершинных баз в смешанных графах	6
<i>Бембитов Д. Б., Лиджи-Горяев В. О., Михальев Б. Б.</i> Резонансное возбуждение радиальных колебаний в корональных петлях	11
<i>Бисенгалиев Р. А., Мусцевой В. В., Манджиева Н. О.</i> Об одной модели корональной каверны	15
<i>Бисенгалиев Р. А., Мусцевой В. В., Сбитнев Ю. И.</i> Технология линейного анализа устойчивости, численное решение краевой задачи типа Штурма–Лиувилля на собственные значения частот неустойчивых мод	18
<i>Горяев В. М., Бисенгалиев Р. А.</i> Сверхкритические флюидные технологии в тепловой энергетике	31
<i>Горяев В. М., Горбачев Д. Е.</i> Термоэмиссионный генератор (ТГ) на сверхкритических флюидных технологиях	33
<i>Кочетков В. К., Задорожная О. В.</i> Метод параметров построения решений нелинейного дифференциального уравнения в частном случае	35
<i>Кочетков В. К., Задорожная О. В., Наминова З. С.</i> Дополнение к вопросу о построении общего решения однородного линейного уравнения	37
<i>Кочетков В. К., Задорожная О. В., Наминова З. С., Лиджиева И. У.</i> Дополнение к вопросу об исследовании линейного дифференциального уравнения первого порядка	39
<i>Михальев Б. Б., Веселовский И. С., Бембитов Д. Б.</i> Волновые и конвективные возмущения в солнечных корональных петлях	42
<i>Нихад А. Т., Гольдварг Т. Б.</i> О пульсациях микроволнового излучения в активных областях Солнца	47
<i>Соловьев А. А., Манджиев А. С.</i> Сравнительный анализ моделей мелкого и глубокого солнечного пятна	51
<i>Соловьев А. А., Шибельбейн И. И.</i> Диссипативная эволюция вертикального магнитного жгута с бессиловым полем в резистивной среде	56
II. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ	
<i>Борлыкова З. М.</i> Обыкновенные дроби. Нестандартный подход	63
<i>Ковалик Е. И.</i> Формирование контроля и самоконтроля при обучении математике	66
<i>Куликова Э. П., Муева И. А.</i> Особенности изучения кинематики в курсе физики средней школы	71
<i>Манжаева С. Н.</i> Позитивное мышление – ключ к успеху	76
<i>Нахаева А. Б.</i> Формирование исследовательской компетентности школьников	82
<i>Пастарнакова Ю. В.</i> Домашний эксперимент как вид самостоятельной работы учащихся по физике	86
<i>Санджиева Т. Ю.</i> Проектная методика на уроках математики	89
<i>Сельдинова Г. Н.</i> Из опыта работы с одаренными детьми	93
<i>Тугульчиева К. К.</i> Активизация деятельности учащихся через проблемные ситуации	98
<i>Убушаева М. А.</i> Использование современных медиа-технологий на уроках физики в целях оптимизации учебного процесса	102
<i>Яшкаева В. П.</i> Мыслительная деятельность учащихся на уроках математики. Математическое мышление	104
ПРИЛОЖЕНИЕ	
Правила подготовки статей для сборника трудов конференции	110

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ежегодная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы современной физики и математики» проводится в Калмыцком государственном университете с 2009 года. В ее работе принимают участие сотрудники, аспиранты и студенты Калмыцкого государственного университета, а также других высших учебных заведений из соседних регионов России и соседних государств. В последние годы в конференции активно участвуют преподаватели и учащиеся общеобразовательных школ.

Основными задачами проведения данного научного мероприятия являются активизация научно-исследовательской работы сотрудников факультета математики, физики и информационных технологий КалмГУ, привлечение к исследовательской работе студентов факультета и преподавателей общеобразовательных школ. Следует отметить, что в настоящее время эта работа находит реальную поддержку со стороны руководства университета, по инициативе которого налажено взаимодействие с Российским фондом фундаментальных взаимодействий, среди преподавателей, молодых ученых и студентов проводятся конкурсы на проведение поисковых научно-исследовательских работ. Кроме того, постоянно обновляются образовательные стандарты, появляются новые направления подготовки специалистов. Получают развитие педагогические и методические школы по отдельным группам направлений, что ведет к необходимости обмена мнениями по разработке новых образовательных технологий. Издание сборников, подобных данному, может в определенной степени удовлетворить необходимость обеспечения новых направлений соответствующими методическими и научными материалами. Работа ведется в тесном взаимодействии с Республиканским институтом повышения квалификации работников образования РК.

Как было отмечено в предыдущем издании, по решению Редакционно-издательского совета Калмыцкого государственного университета сборники трудов конференций публикуются в электронном виде на сайте университета. Это дает дополнительные возможности по более широкому освещению научных и методических результатов. Для удобства участников конференции следующих лет в Приложении к сборнику приведены правила подготовки статей.

*Заведующий кафедрой теоретической физики
ФГБОУ ВПО «КалмГУ»,
доктор физико-математических наук,
профессор Михалев Б. Б.*

I. ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

НАХОЖДЕНИЕ ВЕРШИННЫХ БАЗ В СМЕШАННЫХ ГРАФАХ

Е.О. Басангова

Калмыцкий государственный университет, Элиста, Россия

Abstract

The article considers the problem of finding vertex bases mixed graph in conditions of limited accessibility.

При решении многих практических задач с ограниченной достижимостью в качестве модели рассматриваются смешанные графы, т.е. графы, содержащие и ориентированные, и неориентированные ребра. Пусть $G = G(X, \vec{U} \cup \tilde{U})$, где X – множество вершин, \vec{U} – множество дуг (ориентированных ребер), \tilde{U} – множество звеньев (неориентированных ребер) – смешанный (или частично ориентированный) граф. Достижимость вершин в таких графах можно реализовать с помощью смешанных путей, в которых дуги проходятся в направлении ориентации. Например, в смешанном графе G (рис.1) последовательность вершин и ребер $P(x_1, x_9) = (x_1, x_2, x_3, x_8, x_9)$ длины четыре, содержащая три звена и одну дугу, является смешанным путем.

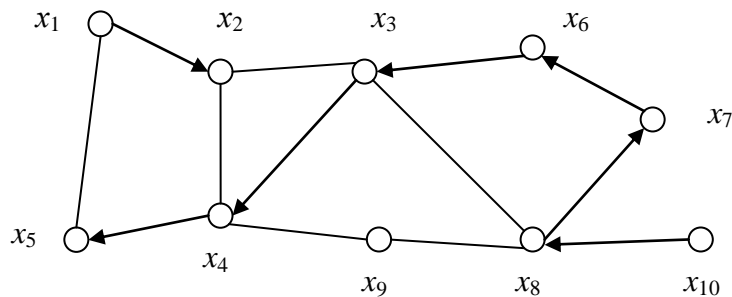


Рис.1. Смешанный граф G

Очевидно, что заменой звеньев парой противоположно направленных дуг можно свести достижимость вершин в смешанном графе к обычной достижимости вершин в полученном ориентированном графе. Сложности возникают при ограничениях на порядок прохождения ребер.

Рассмотрим ограниченную достижимость вершин смешанного графа, которую введем следующим образом: по звеньям нельзя проходить подряд дважды, на прохождение дуг – ограничений нет. Путь, удовлетворяющий этим условиям, будем называть N -смешанным, а достижимость вершин, реализуемую такими путями, N -смешанной достижимостью [2]. В этих условиях рассмотренный выше путь $P(x_1, x_9)$ не является N -смешанным путем. В графе G (рис.1) существует единственный N -смешанный путь из x_1 в x_9 – $P_N(x_1, x_9) = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_9)$. N -смешанный простой путь – это N -смешанный путь, все вершины которого различны. В рассмотренном примере N -смешанный путь $P_N(x_1, x_9)$ является простым.

Введенная N -смешанная достижимость не обладает свойством транзитивности. Так, существование N -смешанных цепей $P_N(x_5, x_3) = (x_5, x_1, x_2, x_3)$ и $P_N(x_3, x_6) = (x_3, x_8, x_7, x_6)$ не влечет существование N -смешанной цепи $P_N(x_5, x_6)$, полученной объединением данных цепей.

Понятия сильной, односторонней и слабой связности с помощью N -смешанных путей вводятся аналогично орграфам.

Граф G называется сильно N -смешанно связным, если любые две его вершины x_i и x_j можно соединить N -смешанной цепью.

Граф G называется односторонне N -смешанно связным, если для любых его двух вершин x_i и x_j существует, по крайней мере, одна N -смешанной цепь: $P_N(x_i, x_j)$ или $P_N(x_j, x_i)$.

Граф G называется слабо N -смешанно связным, если любые две его вершины x_i и x_j можно соединить N -смешанным маршрутом (маршрутом без учета ориентации дуг).

Граф (рис.1) является односторонне N -смешанно связным.

Компонентой сильной N -смешанной связности графа G будем называть максимальный порожденный сильно N -смешанно связный подграф графа G .

Граф G (рис.1) имеет три сильных N -смешанных компоненты:

$$SK_1 = \langle \{ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_9 \} \rangle,$$

$$SK_2 = \langle \{ x_3, x_6, x_7, x_8 \} \rangle,$$

$$SK_3 = \langle \{ x_{10} \} \rangle.$$

Отметим, что компоненты SK_1 и SK_2 имеют общую вершину (x_3) в отличие от сильных компонент орграфа, в котором любая вершина может принадлежать только одной сильной компоненте. Усилим сильную N -смешанную связность условием транзитивности - введем понятие сильной транзитивной N -смешанной связности. Граф G будем называть сильно транзитивно N -смешанно связным, если он сильно N -смешанно связан, и для любых трех его вершин x_i, x_j и x_k существуют N -смешанные цепи $P_N(x_i, x_j)$ и $P_N(x_j, x_k)$, такие что цепь $P_N(x_i, x_k) = P_N(x_i, x_j) \cup P_N(x_j, x_k)$ образует N -смешанную цепь. Максимальный порожденный подграф с таким свойством будем называть компонентой сильной транзитивной N -смешанной связности. Граф G (рис.1) содержит четыре сильные транзитивные N -смешанные компоненты:

$$STK_1 = \langle \{ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \} \rangle, STK_2 = \langle \{ x_3, x_6, x_7, x_8 \} \rangle, STK_3 = \langle \{ x_9 \} \rangle, STK_4 = \langle \{ x_{10} \} \rangle.$$

Как видим, компоненты STK_1 и STK_2 имеют общую вершину x_3 , то есть даже условие сильной транзитивной N -смешанной связности не порождает разбиение множества вершин.

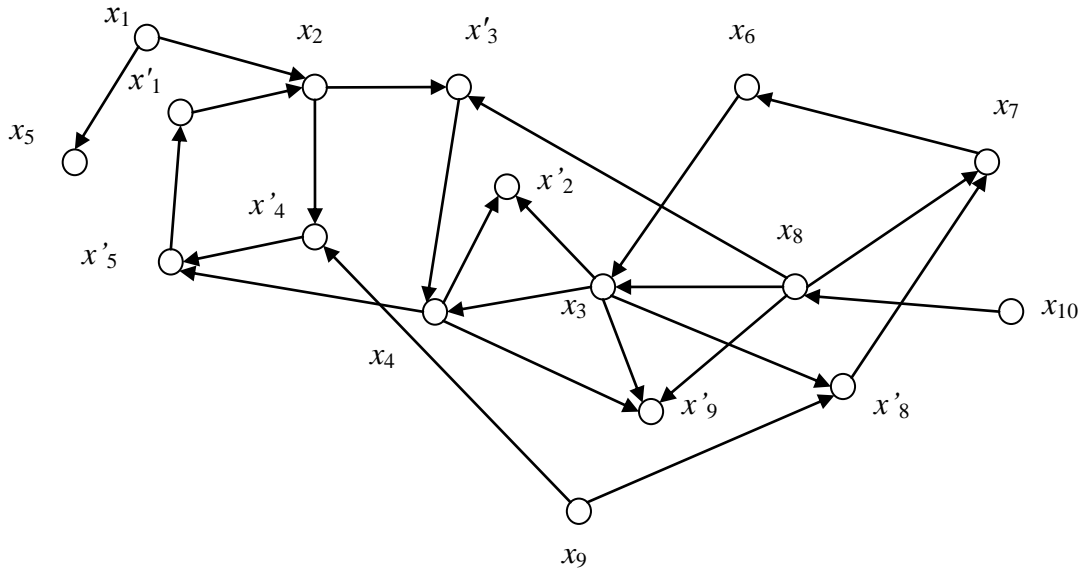
N -смешанную достижимость графа G можно свести к достижимости вершин вспомогательного ориентированного графа $L(G)$, в котором любой ориентированный путь соответствует N -смешанному пути исходного графа, соединяющему соответствующие вершины [2]. Граф $L(G)$ строится следующим образом:

1) к множеству вершин X добавляется множество X' вершин-двойников, соответствующих вершинам $x_i \in X$, которые имеют инцидентные звенья;

2) каждое звено $\{x_i, x_j\}$ заменяется парой дуг вида $(x_i, x'_j), (x_j, x'_i)$;

3) к каждой дуге (x_i, x_j) добавляется дуга (x'_i, x_j) , если была добавлена вершина x'_i .

Так, графу G (рис.1) соответствует вспомогательный орграф $L(G)$ (рис.2). Таким образом, задача N -смешанной достижимости в смешанном графе сводится к достижимости вершин во вспомогательном ориентированном графе.

Рис.2. Вспомогательный граф $L(G)$ графа G

Рассмотрим соответствие путей в графах G (рис.1) и $L(G)$ (рис.2): пути $P_1(x_1, x'_9) = (x_1, x_2, x'_3, x_4, x'_9)$ и $P_2(x'_1, x'_9) = (x'_1, x_2, x'_3, x_4, x'_9)$ орграфа $L(G)$ соответствуют в графе G одному и тому же N -смешанному пути $P_N(x_1, x_9) = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_9)$. Это объясняется тем, что при построении вспомогательного орграфа каждая вершина исходного графа дублируется, и произвольный N -смешанный путь $P_N(x_k, x_l)$ смешанного графа G соответствует одной из двух пар путей в орграфе $L(G)$: $P(x_k, x_l)$, $P(x'_k, x_l)$, или $P(x_k, x_l)$, $P(x_k, x'_l)$. (Достаточно существования одного из каждой пары таких путей в орграфе $L(G)$ для того, чтобы утверждать, что соответствующие вершины x_k и x_l в графе G N -смешанно достижимы [2]). Таким образом, если для вершин x_i, x_j в графе $L(G)$ существует путь $P(x_i, x'_j)$, а для другой пары x_j, x_k - путь вида $P(x_j, x'_k)$, то подграф графа $L(G)$, соответствующий сильной N -смешанной компоненте связности, содержащей эти вершины, не является, вообще говоря, сильно связным. Так, порожденный подграф $L_1 = \langle \{x_1, x'_1, x_2, x'_2, x_3, x'_3, x_4, x'_4, x_5, x'_5, x_9, x'_9\} \rangle$ (рис.2), соответствующий сильной N -смешанной компоненте $SK_1 = \langle \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_9\} \rangle$ (рис.1), не является сильно связным. Орграф $L(G)$ содержит девять сильных компонент связности: $SKL_1 = \langle \{x'_1, x_2, x'_3, x_4, x'_4, x_5\} \rangle$, $SKL_2 = \langle \{x_3, x_6, x_7, x'_8\} \rangle$, $SKL_3 = \langle \{x_9\} \rangle$, $SKL_4 = \langle \{x_{10}\} \rangle$, $SKL_5 = \langle \{x'_2\} \rangle$, $SKL_6 = \langle \{x'_5\} \rangle$, $SKL_7 = \langle \{x_8\} \rangle$, $SKL_8 = \langle \{x_1\} \rangle$, $SKL_9 = \langle \{x'_9\} \rangle$. Первые четыре из них соответствуют сильным транзитивным N -смешанным компонентам связности графа G .

N -смешанная база B смешанного графа - это минимальное множество вершин, из которого N -смешанно достижима любая вершина графа (т.е. никакое его собственное подмножество не обладает таким свойством N -смешанной достижимости).

Если обозначим $R(B)$ - множество вершин, N -смешанно достижимых из вершин множества B , т.е.

$$R(B) = \bigcup_{x_i \in B} R(x_i),$$

то множество B является N -смешанной базой тогда и только тогда, когда

$$R(B) = X \quad \text{и для любого } S \subset B \quad R(S) \neq X$$

Граф G (рис.1) содержит одну одноэлементную базу $B = \{x_{10}\}$.

Известно, что в ориентированных графах базы графа \vec{G} можно строить так: из каждой сильной компоненты орграфа, соответствующей вершине базы B^* конденсации \vec{G}^* нужно взять по одной вершине, то есть если $B^* = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, где m – число вершин-множеств S_j в базе B^* графа \vec{G}^* , то базой B является произвольное множество $\{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_m}\}$, где $x_{i_j} \in S_j [1]$. Воспользуемся вспомогательным орграфом $L(G)$ для нахождения N -смешанных баз исходного графа G . Конденсация $L^*(G)$ графа $L(G)$ представлена рисунком 3.

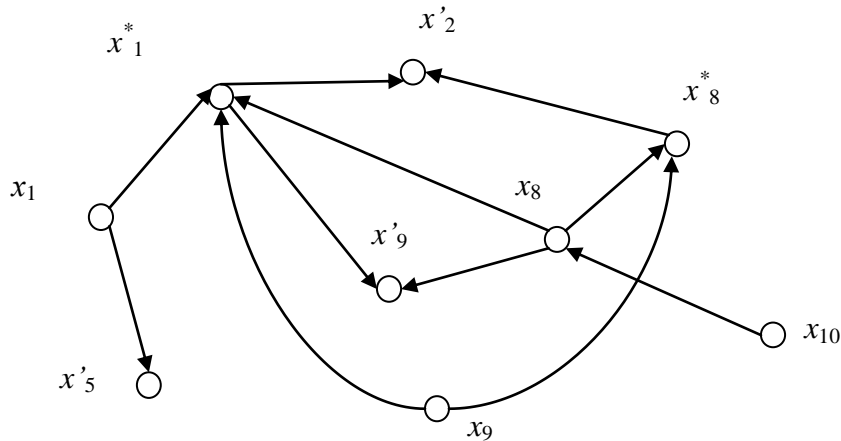


Рис.3. Конденсация L^* графа $L(G)$

Базой B^* конденсации $L^*(G)$ являются вершины $\{x_1, x_9, x_{10}\}$, не имеющие заходящих ребер, однако множество вершин $\{x_1, x_9, x_{10}\}$ не является N -смешанной базой графа G . Причина в том, что в графе $L(G)$ все вершины – и основные, и вершины-двойники являются равноправными, и независимо друг от друга могут быть включены в базу. Так, в графе $L(G)$ рис.2 вершина x'_9 (двойник вершины x_9) достижима из вершины x_{10} , но, тем не менее, вершина x_9 включена в базу.

Таким образом, база конденсации L^* графа $L(G)$ содержит большее число вершин, чем база графа G . Докажем следующее утверждение:

Теорема. Если вершина x_i графа G принадлежит N -смешанной базе B , то вершина x_i принадлежит и базе B^* конденсации L^* графа $L(G)$.

Доказательство.

Пусть B – N -смешанная база смешанного графа G . Пусть вершина $x_i \in B$. Тогда x_i не имеет заходящих дуг, иначе, если (x_k, x_i) – входящая дуга, то x_i достижима из x_k , но тогда $x_i \notin B$.

Если $x_i \in B$ и x_i не имеет заходящих дуг, то в графе $L(G)$ x_i может быть только началом дуги - вида (x_i, x'_j) , либо вида (x_i, x_j) . Значит, x_i не имеет заходящих дуг и в графе $L(G)$, в конденсации L^* , а в базу конденсации, как известно, включаются все вершины с нулевой полустепенью захода.

Теорема доказана. Обратное неверно.

Таким образом, все вершины N -смешанной базы графа G содержатся в базе графа $L(G)$. Рассмотрим смешанный граф G и вспомогательный орграф $L(G)$, представленный рисунком 4. Граф $L(G)$ совпадает с его конденсацией (все его сильные компоненты связности триви-

альны). Базу конденсации $L^* = L(G)$ образуют вершины $\{x_1, x_2, x_3\}$. Очевидно, что в исходном смешанном графе это множество вершин не является N -смешанной базой, так как среди них есть смежные (x_1 и x_2 , x_2 и x_3). А подмножество $\{x_1, x_3\}$ образует базу.

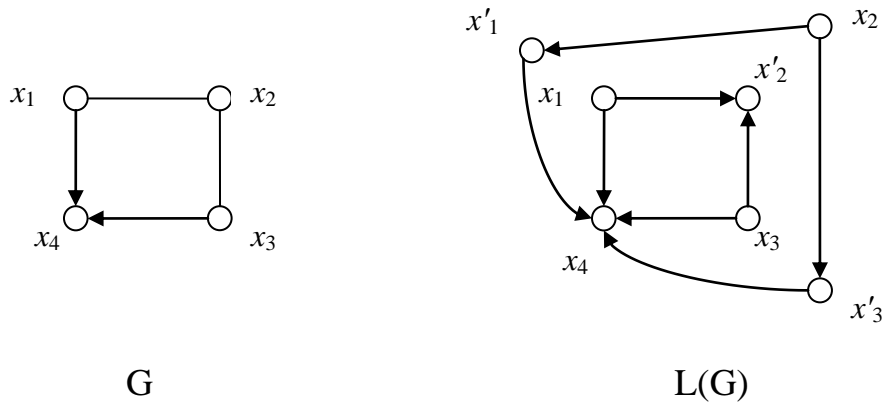


Рис.4. Смешанный граф G и соответствующий ему граф $L(G)$

Заметим, что в отличие от баз ориентированных графов, N -смешанные базы графа могут иметь неодинаковое число вершин. Так, например, граф G (рис.4) содержит базы: $B_1 = \{x_1, x_3\}$ и $B_2 = \{x_2\}$.

Таким образом, первым этапом построения N -смешанной базы смешанного графа G является нахождение базы вспомогательного орграфа $L(G)$. Второй этап - выделение подмножества вершин базы орграфа $L(G)$, которое является независимым в исходном смешанном графе G .

Литература

1. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М., Мир, 1978.
2. Басангова Е.О. Ерусалимский Я.М. Смешанная достижимость на частично-ориентированных графах. Сб. «Вычислительные системы и алгоритмы». Ростов-на Дону, РГУ 1983.
3. Басангова Е.О. Компоненты сильной связности частично-ориентированных графов. Деп. ВИНТИ №1280-85Деп.

РЕЗОНАНСНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ РАДИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В КОРОНАЛЬНЫХ ПЕТЛЯХ

Бембитов Д.Б., Лиджи-Горяев В.О., Михалев Б.Б.
Калмыцкий государственный университет

Abstract

RESONANCE EXCITATION OF SAUSAGE WAVES IN CORONAL LOOPS, by *Bembitov D.B., Lidzhi-Goryaev V.O., and Mikhalyaev B.B.* The sausage mode of flaring loops could cause long-period pulsations observed in microwave and hard X-ray ranges. There are also examples of long-period pulsations of active-region quiet loops in the soft X-ray emission. We suppose that these can be caused also by sausage waves generated by torsional oscillations. This process can be described in a framework of the non-linear three-wave interaction formalism. The periods of interacting torsional waves are close to the periods of torsional oscillations observed in the solar atmosphere. The timescale of the sausage-wave excitation is not much longer than the periods of interacting waves, so that the sausage wave is excited before torsional waves are damped.

Радиальные колебания корональных петель. Пульсации вспышечных корональных петель, наблюдающиеся в радио- и жестком рентгеновском диапазонах длин волн, обычно объясняются радиальными колебаниями корональных магнитных трубок, способными модулировать излучение корональной плазмы (Зайцев и др., 2012; Aschwanden, 2006; Zaitsev et al., 2012). Периоды колебаний мы условно разделяем на короткие (порядка 1-10 с) и длинные (порядка 1-10 мин). Имеются также наблюдения длиннопериодических пульсаций мягкого рентгеновского излучения спокойных корональных петель активных областей, находящие свое объяснение в резонансном поглощении альвеновских волн (McKenzie, Mullan, 1997). Радиальные колебания хорошо изучены в линейном приближении с использованием модели однородной цилиндрической магнитной трубки (Зайцев, Степанов, 1975; Wilson, 1980; Spruit, 1982; Edwin, Roberts, 1983; Cally, 1986). Их характерными свойствами являются высокая дисперсия и отсечка колебаний в области больших значений периода. Последнее обстоятельство вызывает затруднение при описании долгопериодических пульсаций – приходится предполагать, что плотность плазмы в петле на три порядка превосходит плотность в окружающей короне, что выходит за рамки обычных представлений о свойствах корональных петель. Иногда это затруднение пытаются обойти, используя свойство высокой дисперсии радиальных колебаний.

Источником энергии простой петельной вспышки принято считать электрический ток, текущий вдоль петли от одного основания к другому (Alfvén, Carlqvist, 1967; Зайцев, Степанов, 2008). При моделировании таких петель однородная магнитная трубка оказывается непригодной, и необходимо использовать другие модели, в которых магнитное поле имеет азимутальную составляющую. В этом случае линии магнитного поля представляют собой винтовые линии, а сама трубка – скрученный магнитный жгут. Для упрощения расчетов можно ограничиться простейшим случаем, когда электрический ток сосредоточен на поверхности. Подобный подход использован в работах Михалева, Хонгорова (2012), Khongorova et al. (2012), Bembitov et al. (2014), где трубка содержит две коаксиальные цилиндрические поверхности с двумя противоположными по направлению продольными токами. Главной особенностью радиальных колебаний в данном случае является отсутствие отсечки на фундаментальной радиальной моде (рис. 1).

Именно фундаментальная радиальная мода обычно привлекается для объяснения наблюдаемых пульсаций. Отсутствие отсечки позволяет объяснить существование долгопериодических пульсаций, оставаясь в рамках обычных представлений о физических свойствах корональных петель. Фундаментальная радиальная мода является объектом изучения в настоящей работе.

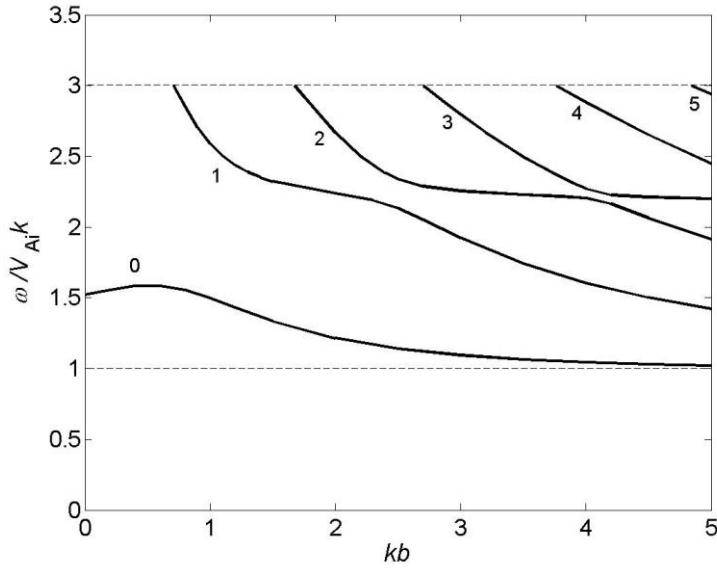


Рис. 1. Вид дисперсионных кривых радиальных колебаний магнитной трубки с двумя продольными электрическими токами (Михаляев, Хонгорова, 2012; Khongorova et al., 2012). Фундаментальная радиальная мода (отмечена цифрой 0) существует при всех значениях волнового числа k , то есть при сколь угодно малых значениях частоты ω . Остальные моды имеют отсечку в области малых значений k .

Возбуждение радиальных колебаний. Принято считать, что радиальные колебания вспыхивающих петель генерируются во время самой вспышки, которая характеризуется взрывным выделением энергии. За пределами подобного сценария остаются упоминавшиеся выше колебания спокойных корональных петель активных областей. Их объясняют эффектом резонансного поглощения, однако, можно попытаться определить некий универсальный механизм генерации радиальных колебаний, подходящий для вспыхивающих и спокойных корональных петель. На наш взгляд, таким механизмом может служить резонансное возбуждение быстрых магнитозвуковых волн в результате нелинейного взаимодействия альвеновских волн. Этот эффект уже рассматривался ранее в солнечной физике безотносительно к корональным структурам (Wentzel, 1974) или в модели корональной петли в виде плоского слоя в плазме (Nakariakov, Oraevsky, 1995). В первом случае изучалась проблема диссипации альвеновских волн в короне посредством их конверсии в магнитозвуковые волны, во втором рассматривалась задача возбуждения быстрых магнитозвуковых мод корональных петель.

Реализация сценария резонансного возбуждения определяется в первую очередь самим существованием альвеновских волн необходимого спектра частот. В настоящее время можно говорить с большой степенью уверенности, что в короне существуют несжимаемые периодические возмущения с периодами порядка 1-10 мин и амплитудой скорости плазмы порядка 1-10 км/с. Из многочисленной литературы на эту тему для примера для примера приводим работу Tian et al. (2012). Мы полагаем, что имеющиеся данные позволяют нам допустить существование в корональных магнитных трубках торсионных колебаний из указанного спектра.

Процесс резонансного возбуждения можно рассматривать в рамках формализма нелинейного трехволнового взаимодействия, который основан на уравнениях МГД с линейными и квадратичными членами. В качестве взаимодействующих волн мы выбираем две торсионные и одну радиальную моды магнитной трубки с двумя продольными электрическими токами (Vembitov et al., 2014). Амплитуды волн, которые обозначаем соответственно как A_1 , A_2 и A_3 , являются функциями времени, медленно меняющимися по сравнению с самими волновыми распределениями. Частоты и волновые векторы, имеющиеся те же индексы, подчинены резонансным условиям (рис. 2)

$$\omega_1 + \omega_2 = \omega_3, \quad k_1 + k_2 = k_3$$

и дисперсионным соотношениям (для радиальной моды – в длинноволновом приближении)

$$\omega_1 = V_{Ai}k_1, \quad \omega_2 = V_{Ai}k_2, \quad \omega_3 = V_3k_3, \quad V_3 \approx V_{Ae} \sqrt{\frac{\ln(a/b)}{2 + \ln(a/b)}},$$

где a и b есть радиусы цилиндрических поверхностей с токами, V_{Ai} - альвеновская скорость во внутренней части трубки, V_{A0} - альвеновская скорость в области между поверхностями с токами. Частоты торсионных мод можно выразить через частоту радиальной моды,

$$\omega_1 = \frac{V_3 + V_{Ai}}{2V_3} \omega_3, \quad \omega_2 = \frac{V_3 - V_{Ai}}{2V_3} \omega_3.$$

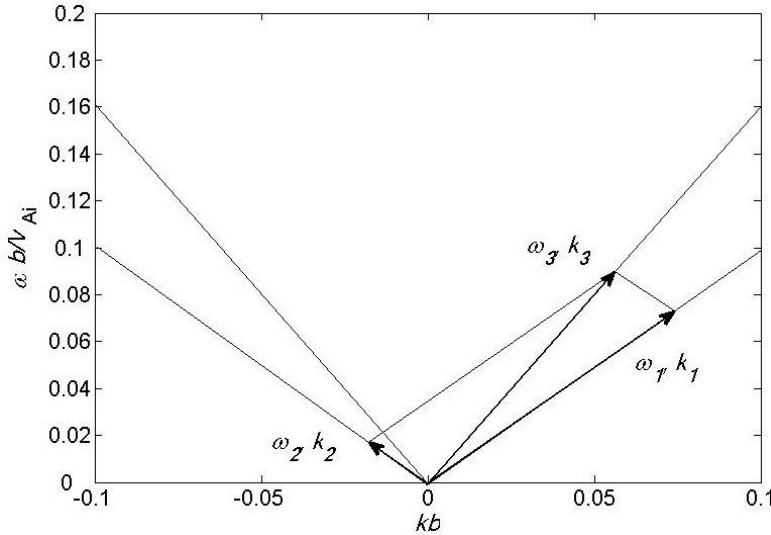


Рис. 2. Схема взаимодействующих мод. Волновые числа торсионных мод k_1 и k_2 имеют противоположные знаки. Это означает, что волны распространяются вдоль магнитной трубки в противоположных направлениях, применительно к корональной петле - торсионные колебания возбуждаются на противоположных основаниях петли.

Амплитуды волн удовлетворяют стандартным уравнениям трехволнового взаимодействия, из которых получается уравнение для амплитуды радиальной моды, имеющее решение в форме эллиптического интеграла первого рода (Bembitov et al., 2014). Характерное время возбуждения радиальной моды оценивается как

$$\tau = \frac{\pi}{2\sqrt{A_1(0)^2|C_2C_3| + A_2(0)^2|C_1C_3| - A_{3m}|C_1C_2|}},$$

где $A_{3m} = \max A_3$. Выбирая длинноволновое приближение для коэффициентов взаимодействия

$$C_1 \approx -\omega_1 k / 2\omega_3, \quad C_2 \approx -\omega_2 k / 2\omega_3, \quad C_3 \approx 6/kb^2,$$

получаем приближенно

$$\tau \approx \frac{\pi b}{2\sqrt{3}v_0},$$

где v_0 есть характерная величина амплитуды торсионных возмущений.

Проведем оценку периодов торсионных возмущений применительно к наблюдающимся явлениям. Длина вспышечных петель варьируется в основном в пределах 30-50 тыс. км. Выбирая характерные значения альвеновских скоростей $V_{Ai}=1000$ км/с, $V_3=1500$ км/с, для колебаний на основной продольной моде получаем периоды $P_3 \approx 39-66$ с, что соответствует наблюдаемым значениям периодов длинноволновых пульсаций. Соответствующие торсионные колебания должны иметь периоды $P_1 \approx 47-80$ с и $P_2 \approx 188-319$ с. Спокойные петли, в которых наблюдались пульсации мягкого рентгеновского излучения, имели длину 67-97 тыс. км, периоды варьировались от 39 до 62 с (McKenzie, Mullan, 1997). В этом случае для альвеновской скорости получаем значения $V_3 \approx 2860-4310$ км/с, вполне допустимые на рассматриваемых высотах. Для взаимодействующих торсионных волн получаем периоды $P_1 \approx 47-73$ с и

$P_2 \approx 235-367$ с. Мы видим, что полученные значения периодов торсионных возмущений укладываются в спектр альвеновских волн, существующих в короне.

Для характерного времени возбуждения получаем $\tau \approx 900-1800$ с, выбирая $b=1$ тыс. км и $v_0=1-2$ км/с. Отсюда следует, что время возбуждения равняется примерно десятку периодов торсионных возмущений, о которых шла речь выше. С одной стороны такое соотношение является достаточно большим для использования приближения медленно меняющейся амплитуды. С другой – время возбуждения не сильно велико, так что можно рассчитывать, что амплитуда радиальной моды вырастет прежде, чем успеют затухнуть торсионные возмущения.

Заключение. Расчеты, основанные на данных наблюдений и общепринятых представлениях о свойствах корональной плазмы, указывают на возможность резонансного возбуждения радиальной моды корональных петель торсионными возмущениями их оснований. Как в случае вспыхивающих петель, так и в случае спокойных петель активных областей спектр торсионных возмущений вполне согласуется с данными наблюдений. Таким образом, резонансное возбуждение можно рассматривать как универсальный механизм генерации радиальных колебаний, являющихся причиной наблюдаемых корональных пульсаций микроволнового и рентгеновского излучения. Вопрос о том, реализуется ли он на самом деле, должен решаться с привлечением дополнительных данных.

Работа поддержана грантом РФФИ 14-02-00676.

Литература

- Зайцев В.В., Степанов А.В. // 1975, Иссл. геомагн. аэрон. физ. Солнца, 37, 3.
 Зайцев В.В., Степанов А.В. // 2008, УФН, 178, №11, 1165.
 Зайцев В.В., Степанов А.В., Накаряков В.М. // 2012, УФН, 182, №9, 999.
 Михалыев Б.Б., Хонгорова О.В. // 2012, ПАЖ, 38, 746.
 Alfvén H., Carlqvist P. // 1967, SP, 1, 220.
 Aschwanden, M. J. 2006, Physics of the Solar Corona: An Introduction with Problems and Solutions. New York: Springer.
 Bembitov D.B., Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // 2014, Annales Geophys. 32, 1189.
 Cally P.S. // 1986, SP, 103, 277.
 Edwin P.M., Roberts B. // 1983, SP, 88, 179.
 Khongorova O.V., Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // 2012, SP, 280, 153.
 McKenzie D.E., Mullan D.J. // 1997, SP, 176, 127.
 Mikhalyaev B.B., Bembitov D.B. // 2014, SP, 289, 4069.
 Nakariakov V.M., Oraevsky V.N. // 1995, SP, 160, 289.
 Spruit H.C. // 1982, SP, 75, 3.
 Stepanov A.V., Zaitsev V.V., Nakariakov V.M. Coronal Seismology, 2012, Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
 Tian H., McIntosh S.W., Wang T., Ofman L., De Pontieu B., Innes D.E., Peter H. // 2012, ApJ, 759, 144.
 Wentzel D.G. // 1974, SP, 39, 129.
 Wilson P.R. // 1980, A&A, 87, 21.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ КОРОНАЛЬНОЙ КАВЕРНЫ

Р. А. Бисенгалиев¹, В. В. Мусцевой², Н. О. Манджиева¹

¹ Калмыцкий государственный университет, Элиста, Россия

² Научно-исследовательский институт физики ЮФУ, Ростов, Россия

Введение. В последние годы корональные полости (каверны) стали одним из объектов повышенного внимания солнечных физиков в силу того, что они обнаруживают тесную связь как со спокойными протуберанцами, так и с корональными выбросами массы.

Корональные полости представляют собою темные крупномасштабные образования овальной или вытянутой формы с пониженной плотностью массы в них и, как правило, вращательными движениями плазмы [1-2]. Каверны могут наблюдаться в широком диапазоне [2-6]. Полости нередко наблюдаются внутри спокойных протуберанцев [7]. Обычно они также являются спокойными долгоживущими структурами, но нередко имеют тенденцию к эрупции, проявляясь как элемент сложного явления коронального выброса масс (КВМ).

Нет сомнения, что корональные полости являются магнитными структурами, но оценки магнитного поля в них остаются неопределенными, в силу того что измерение магнитных полей в горячей корональной плазме представляет собой чрезвычайно сложную проблему [8].

В последнее время все большее распространение получает МГД-модель корональной полости в виде крупномасштабного магнитного жгута, вышедшего в корону и наблюдаемого с торца на той фазе своего развития, когда его подъем прекратился совсем или сделался достаточно медленным [9-11].

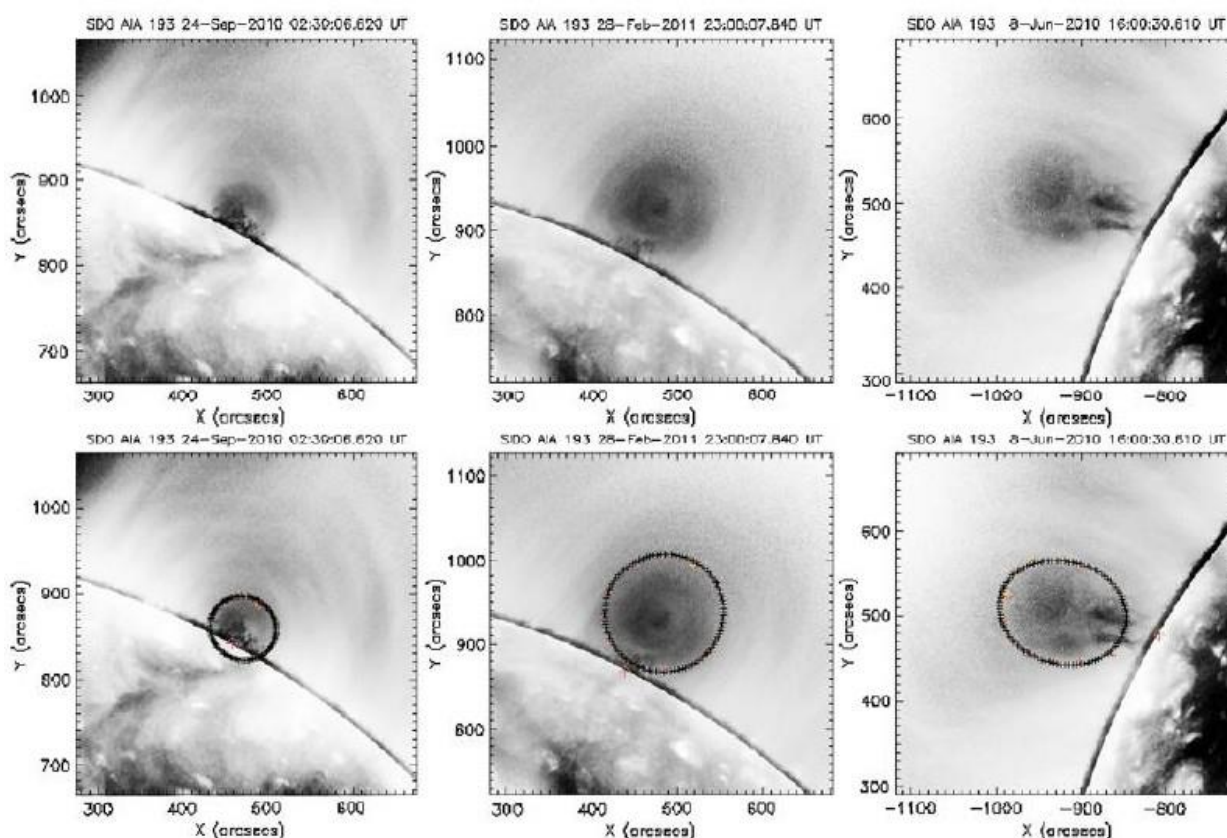


Рис.1. Изображения корональных каверн на Солнце. Рисунок заимствован из статьи [13].

Круговые вращательные движения плазмы наблюдающиеся в корональных полостях со скоростями $5 \div 10$ км/с [12], соответствуют представлениям о том, что скрученность поля в таком магнитном жгуте достаточно велика (см. рис. 4 и 5 в работе [13]). Бергер на основании данных Hinode/SOT and SDO/AIA устанавливает прямую связь между корональными кавернами

и протуберанцами [14]. И то и другое он считает частями единой уединенной магнитной структуры – крупномасштабного магнитного жгута с выраженной винтовой структурой магнитного поля.

Равновесная модель. В качестве модели корональной каверны мы предлагаем использовать вращающийся цилиндр с постоянной угловой скоростью Ω плазмы, расположенный горизонтально над поверхностью верхней хромосферы в короне (рис.2).

Таким образом, начальное равновесное распределение параметров имеет вид:

$$\mathbf{V} = B_{in}(r)\mathbf{e}_\varphi, \quad 0 < r < R$$

$$\mathbf{V} = B_{ex}(r)\mathbf{e}_z, \quad r > R$$

$$\mathbf{V} = V_{in}(r)\mathbf{e}_\varphi, \quad 0 < r < R$$

$$\mathbf{V}_{ex} = 0, \quad r > R$$

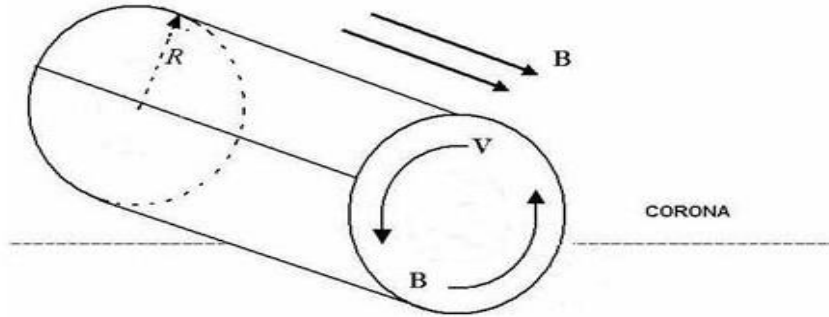


Рис.2. Схема, поясняющая равновесную модель

Равновесные плотности вещества внутри ρ_{in} и снаружи ρ_{ex} считаем постоянными, влияние гравитации не учитываем.

При $r = R$ на тангенциальном разрыве должен выполняться стационарный баланс сил:

$$P_{in}(R) + \frac{B_{in}^2(R)}{8\pi} = P_{ex}(R) + \frac{B_{ex}^2(R)}{8\pi}$$

Стационарность модели обеспечивается условием равенства линейной скорости вращения и альфвеновской скорости, то есть $V_{in} = B_{in} / \sqrt{4\pi\rho_{in}}$.

Отметим также, что в выбранной модели выполняются следующие равенства:

$$\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{V}{r} = \Omega = const$$

$$\frac{\partial B}{\partial r} = \frac{B}{r} = const$$

Литература

1. J.Fuller and S.E.Gibson, *Astrophys. J.* 700,1205 (2009).
2. S.E.Gibson, D.Foster, J.Burkepile, G.de Toma and A.Stanger, *Astrophys. J.* 641,590 (2006).
3. C.Marque, P.Lantos and J.-P. Delaboudinere, *Astron. and Astrophys.* 387, 317 (2002).
4. C.Marque, *Astrophys. J.* 602, 1037 (2004).
5. K.K.Reeves, S.E. Gibson, T.A.Kucera, H.S.Hudson and R.Kano, *Astrophys. J.* 746, 146 (2012).

6. T.E.Berger, W.Liu, and B.C.Low, *Astrophys. J.* 758, 37 (2012)
7. E.Tandberg-Hanssen, *The Nature of Solar Prominences (2nd ed.; Dordrecht: Kluwer) (1995).*
8. H.Lin, J.R.Kuhn and R.Coulter, *Astrophys. J.* 613, L177 (2004).
9. B.C.Low, *PhPI.* 1, 1684 (1994).
10. B.C.Low and J.R.Hundhausen, *Astrophys. J.* 443, 818 (1995).
11. L.A.Rachmeler, S.E.Gibson, J.B.Dove, C.R.DeVore and Y.Fan, *Solar Physics* (2013).
DOI:10.1007/s11207-013-0325-5.
12. D.I.Schmit, S.E.Gibson, S.Tomczyk et al. *Astrophys. J.* 700, L96 (2009).
13. U.Bak-Steslicka, S.E. Gibson, Y.Fan, C.Bethge, B.Forland and L.A. Rachmeler. *Astrophys. J. Letters*, 770:L28 (5pp) (2013), (doi:10.1088/2041-8205/770/2/L28).
14. T.E.Berger, *The Prominences/Coronal Cavity System: A Unified View of Magnetic Structures in the Solar Corona 2nd ATST-EAST Workshop in Solar Physics: Magnetic Fields from the Photosphere to the Corona.* 2012. V. 463. P. 147.
15. P.A.Бисенгалиев, В.В.Мусцовой, А.А.Соловьев. *Астрон.журн.* 91, №4, С.308. (2014).

**ТЕХНОЛОГИЯ ЛИНЕЙНОГО АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ,
ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА ШТУРМА–ЛИУВИЛЛЯ
НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ЧАСТОТ НЕУСТОЙЧИВЫХ МОД
И АЛГОРИТМ “Scanner of Unstable Modes”**

Бисенгалиев Р. А.¹, Мусцевой В. В.², Сбитнев Ю. И.³

¹ *Калмыцкий государственный университет, Элиста, Россия*

² *Научно–исследовательский институт физики ЮФУ, Ростов, Россия*

³ *ОАО “Ювелиры Урала”, Екатеринбург, Россия*

Введение. При исследовании нестационарностей и, в частности, волновых движений в газовых и плазменных подсистемах астрофизических объектов часто приходится применять линейный анализ устойчивости. К сожалению, сжатое, но в то же время внятное, изложение идеологии этого процесса найти в литературе совсем не просто. В связи с этим у многих начинающих исследователей возникают определенные трудности. Кроме того, подавляющее большинство современных задач приходится решать численно, и далеко не все “мэтры” хорошо представляют себе “подводные камни”, ожидающие на этом пути.

Данная работа представляет собой краткое обобщение опыта решения таких задач, накопленного авторами с середины 80–х годов прошлого века. В целом мы придерживаемся изложения работы [1], однако последний пункт представляет собой оригинальную разработку, нигде ранее не опубликованную. Мы сочли полезным повторить некоторые предварительные сведения, чтобы сделать более прозрачными необходимость и суть предлагаемого нами алгоритма.

Работа завершается примером FORTRAN–программы, реализующей алгоритм “Scanner of Unstable Modes”, снабженной подробными комментариями.

Следует отметить, что используемая нами идея сканирования комплексной плоскости значений частоты для поиска неустойчивых мод далеко не нова. Например, А.Г. Морозов применял этот метод с 1969 года, основываясь на многократном интегрировании по контурам малого радиуса, покрывающих всю расчетную область (в частности, полученные при помощи этого метода результаты были опубликованы в работе [2]). Однако тогда этот процесс был весьма трудоемким и долгим. Сейчас же существенно возросшие быстродействие и объем оперативной памяти ЭВМ позволяют без проблем реализовать простой метод перебора, получая на выходе файл со значениями частот всех неустойчивых мод, находящихся в сканируемой области. Это очень актуально для нахождения волноводно–резонансных неустойчивых гармоник, частоты и число которых в сложных системах предсказать заранее просто невозможно.

Мы надеемся, что наша разработка позволит начинающим исследователям существенно продвинуться в их работе.

Технология линейного анализа устойчивости. При решении задач об устойчивости прежде всего определяются равновесные стационарные распределения $f_0(\mathbf{r})$, являющиеся решением системы уравнений гидродинамики или магнитной гидродинамики (МГД), в которых полагается $\partial/\partial t \equiv 0$ (здесь \mathbf{r} — радиус вектор точки рассмотрения, t — время, f_0 — любой из термодинамических параметров, компоненты скорости среды или магнитного поля в МГД–случае).

Далее применяется стандартная процедура линеаризации, для чего все физические величины, характеризующие состояние рассматриваемого объекта, представляются в виде: $f(\mathbf{r}, t) = f_0(\mathbf{r}) + \tilde{f}(\mathbf{r}, t)$, где $|\tilde{f}| \ll f_0$, и производится пренебрежение квадратичными по малым возмущениям слагаемыми (с математической точки зрения это отвечает разложению в ряд Тейлора всех входящих в систему уравнений гидродинамики функций f с последующим

учетом лишь линейных по малым приращениям слагаемых; при этом слагаемые, не содержащие таких приращений, очевидно, взаимно сокращаются в силу уравнений стационарного баланса).

Следующим шагом, как правило, является применение к полученной линейной системе дифференциальных уравнений в частных производных метода нормальных мод с целью сведения ее к системе двух обыкновенных дифференциальных уравнений.

Метод нормальных мод заключается в следующем.

Хорошо известно, что произвольное возмущение термодинамических параметров и компонент скоростей можно разложить в ряд Фурье по гармоникам вида:

$$\tilde{f}(\mathbf{r}, t) = \sum_j \tilde{f}_j(r) \exp\{i(\mathbf{k}_j \mathbf{r} - \omega_j t)\}. \quad (1)$$

При этом ω_j и \mathbf{k}_j связаны законом дисперсии (зависимость частоты от волнового вектора). В случае, если закон дисперсии допускает не дискретный, а непрерывный спектр частот, сумма заменяется интегралом.

Однако если речь идет о неустойчивых возмущениях, то экспоненциально нарастающая во времени гармоника с максимальным инкрементом (инкремент $\gamma = \text{Im}(\omega) > 0$) станет доминирующей для определения структуры течения, и об остальных гармониках можно просто забыть, так как они не дадут существенного вклада в морфологию рассматриваемой системы.

Поэтому при решении задач о линейной устойчивости гидродинамических систем выявляются исключительно гармоники, обладающие максимальным инкрементом при данных значениях параметров системы, а остальные гармоники игнорируются. В связи с этим индекс “ j ” мы далее не используем.

В принципе это напоминает хорошо известный и широко используемый в радиофизике метод комплексных амплитуд, но, естественно, при обсуждении физики неустойчивостей необходимо выбирать действительную часть от комплексной амплитуды возмущений.

Довольно часто симметрия задачи оказывается такой, что коэффициенты линеаризованной системы уравнений гидродинамики в частных производных зависят только от одной пространственной координаты; для определенности полагаем, что от x декартовой системы координат. Тогда, в силу однородности (независимости) коэффициентов системы по координатам y , z и t , решение ищется в виде:

$$\tilde{f}(\mathbf{r}, t) = \hat{f}(x) \exp\{ik_y y + ik_z z - i\omega t\}. \quad (2)$$

Подстановка решения вида (2) позволяет разделить переменные и свести систему уравнений в частных производных к системе двух обыкновенных дифференциальных уравнений на описывающие комплексные амплитуды возмущений функции $\hat{f}_1(x)$ и $\hat{f}_2(x)$. Как правило, в качестве таких функций выбираются амплитуды возмущенного давления \hat{p} и возмущенного лагранжева смещения в x -направлении $\hat{\xi}$ такого, что $d\hat{\xi}/dt = \hat{v}_x$, где \hat{v}_x — амплитуда возмущенной x -компоненты скорости. В наиболее общем случае такая система выглядит следующим образом:

$$\frac{d\hat{\xi}}{dx} = A\hat{\xi} + B\hat{p}, \quad (3)$$

$$\frac{d\hat{p}}{dx} = C\hat{\xi} + D\hat{p} \quad (4)$$

Здесь A , B , C и D — комплексные коэффициенты, зависящие от стационарных (равновесных) распределений термодинамических параметров модели, скорости и магнитного поля, от

компонент волнового вектора k_y, k_z и комплексной частоты ω . Вместе с граничными условиями на собственные функции $\hat{\xi}(x)$ и $\hat{p}(x)$, определяемыми из физических соображений, система (3)–(4) образует краевую задачу типа Штурма–Лиувилля на собственные значения частоты ω .

Численное решение краевой задачи типа Штурма–Лиувилля на собственные значения частот. Как правило, для имеющих практический научный интерес задач аналитические решения получить невозможно — это уже сделали задолго до нас. Чаще всего поставленную краевую задачу приходится решать численно на ЭВМ методом стрельб; однако, тем не менее, в ряде наиболее простых случаев она имеет аналитические решения и сводится к дисперсионному уравнению $F(\omega)=0$ (степенному алгебраическому или трансцендентному). Именно такие простые случаи используются для тестирования разрабатываемых компьютерных программ, о чем пойдет речь позднее.

Поскольку речь идет о вычислениях на компьютере, все входящие в уравнения величины необходимо обезразмерить, т.е. поделить на постоянные для данной задачи величины или комбинации величин, имеющие ту же размерность. При этом вводятся в рассмотрение новые безразмерные переменные. Например:

$$\tilde{x} = \frac{x}{L}, \eta = \frac{\hat{\xi}}{L}, \alpha = \frac{\omega}{k_y c_s}, P = \frac{\hat{p}}{\rho_0 c_s^2}, M = \frac{V_0}{c_s}.$$

Здесь $L=|x_2-x_1|$ — расстояние между границами, c_s — адиабатическая скорость звука в среде, ρ_0 — равновесная плотность среды, V_0 — стационарная скорость среды.

Естественно, при операции обезразмеривания необходимо соблюдать правила математики, чтобы не нарушить тождеств. Например, чтобы обезразмерить левую часть уравнения (3), поступаем следующим образом:

$$\frac{d\hat{\xi}}{dx} = \frac{L}{L} \frac{d\hat{\xi}}{dx} = \frac{d\eta}{d\tilde{x}}.$$

Мы, однако, чтобы не загромождать изложение, сохраним прежние обозначения, подразумевая, что все переменные уже обезразмерены.

Метод стрельб получил свое название из-за хорошо просматривающейся аналогии со стрельбой из артиллерийского орудия: перелет–недолет, отклонения вправо–влево. Задача наводчика найти такие углы возвышения и горизонтальной наводки, при которых снаряд попадет в цель, причем сделать это максимально быстро.

Применительно к обсуждаемой системе уравнений (3)–(4), для использования метода стрельб необходимо проделать операции, описанные ниже.

1. Из физических соображений определить значения функций $\hat{\xi}(x)$ и $\hat{p}(x)$ на границах x_1 и x_2 рассматриваемого пространственного интервала. Причем сделать это нужно, по возможности, точно, так как при использовании асимптотических граничных условий возникают проблемы вычислительного характера, а главное, с обоснованием точности и корректности полученных результатов. Аналогом значений $\hat{\xi}(x_1)$, $\hat{p}(x_1)$, $\hat{\xi}(x_2)$, $\hat{p}(x_2)$ являются местоположения артиллерийского орудия и цели соответственно.

2. Задать наиболее правдоподобное, с Вашей точки зрения, начальное значение комплексной частоты ω , действительная и мнимая части которой будут соответствовать, образно говоря, углам возвышения и горизонтального наведения (чтобы, по крайней мере “стрелять” в сторону цели, а не в противоположную).

3. Произвести “выстрел”, т.е. проинтегрировать систему (3)–(4) от x_1 до x_2 . Для обсуждаемого типа задач это обычно делается с использованием метода Рунге–Кутты четвертого порядка точности (см. ниже). Распределения $\hat{\xi}(x)$ и $\hat{p}(x)$ символизируют при этом траекторию полета снаряда.

4. Продолжать “огонь”, изменяя “прицел”, т.е. значения частоты ω таким образом, чтобы с m -того выстрела “снаряд” попал в цель (выполнились граничные условия при $x=x_2$). В нашем случае роль “наводчика” будет исполнять итерационный метод Ньютона, а m будет номером итерации, при котором с заданной точностью ε выполнены указанные граничные условия.

Идеология и алгоритм метода Рунге–Кутты подробно описаны доступным языком в учебнике Калиткина [3], вполне доступном читателям — имеется электронная версия, которую легко можно скачать через INTERNET. Добавим, что изложение в [3] сопровождается очень наглядными иллюстрациями, позволяющими легко понять суть метода, поэтому на нем мы останавливаться не будем. Заметим лишь, что метод Рунге–Кутты так же корректно работает с комплекснозначными функциями, как и с действительными — нужно лишь описать в программе эти функции и комплексные переменные типом COMPLEX*16 (число обозначает использование двойной точности для работы с переменными).

Иначе обстоит дело с методом Ньютона. Хотя описание этого метода есть во всех учебниках по численным методам, и его алгоритм формально выглядит предельно просто, при работе в комплексной области возникают “подводные камни”, с которыми авторы неоднократно сталкивались. Вот на этом и хотелось бы остановиться поподробнее, чтобы сэкономить Читателям время, силы и нервы.

Формула алгоритма метода Ньютона действительно проста; пусть требуется найти численное решение уравнения $f(z)=0$, тогда:

$$z_{i+1} = z_i - \frac{f(z_i)}{f'(z_i)}, \quad (5)$$

где z_i — приближенное значение искомого корня уравнения (в нашем случае — частоты ω) на i -ой итерации, $f(z_i)$ — значение входящей в левую часть этого уравнения функции для данного приближения (в нашем случае это будет функция невязки — сумма модуля разности возмущенного давления, найденного на данной итерации, и его истинного граничного значения и аналогично найденного модуля разности, вычисленного для возмущенного смещения), $f'(z_i)$ — производная этой функции по переменной z , вычисленная в точке $z=z_i$.

В областях значений параметров задачи, для которых метод работает стабильно, модуль последнего слагаемого в (5) быстро уменьшается, т.е. z_i сходится с заданной точностью к истинному значению корня за 3–5 итераций. Это очень быстрая сходимость по сравнению с другими итерационными методами (дихотомии, простой итерации и т.д.), для которых нормой являются 15–30 итераций. Кроме того, алгоритмы указанных методов принципиально неприменимы для работы с комплекснозначными функциями.

Однако, к сожалению, метод Ньютона не только не обладает абсолютной сходимостью, но, наоборот, очень чувствителен к поведению функции $f(z)$ вблизи истинного корня и к близости “угаданного” начального приближения к этому корню. В определенных ситуациях вместо того, чтобы последовательность z_i стягивалась к истинному решению с ростом i , она уходит от него все дальше и дальше! В таких случаях говорят, что метод расходится. Условие сходимости метода Ньютона можно найти, например, в [3]–[4], однако, поскольку мы работаем с комплексными числами, оно несколько видоизменяется, относительно приведенного в [3], и выглядит так:

$$|ff''| < |(f')^2|. \quad (6)$$

Тем не менее, по указанной выше причине, выбирать не приходится, и можно лишь применять некоторые приемы, максимально возможно повышающие сходимость метода. Такие приемы мы далее и описываем.

1. Используйте вычисления только на двойной точности — накопление погрешности только ухудшит сходимость метода Ньютона.

2. Не задавайте слишком высокую точность в условии прекращения итераций когда можно считать, что корень успешно найден. Вполне достаточно $\varepsilon=10^{-5}$.

3. Поставьте ограничитель — если за тридцать итераций корень не найден, смело выходите из цикла и прерывайте процесс, иначе компьютер “уйдет в себя” и будет бесполезно трудиться, пока не возникнет переполнение.

4. Вычисляйте $f'(z)$ численно — при аналитических вычислениях велик шанс сделать ошибку в математических выкладках, тем более, что в реальных задачах формулы достаточно громоздки. Кроме того, в силу последней причины может возникнуть накопление ошибок, если в аналитическом выражении для производной придется отнимать или складывать большие числа и малые. Тогда, желая повысить точность работы метода Ньютона, Вы наоборот, ее понизите. Вполне достаточно взять производную по двум–трем точкам.

5. При численной аппроксимации производной не повторяйте распространенной ошибки вида:

$$f'(z_i) = \frac{f(z_i) - f(z_{i-1})}{z_i - z_{i-1}}, \quad (7)$$

Это очень сильно ухудшает сходимость метода даже в “здоровом” диапазоне параметров, где при правильном дифференцировании он бы прекрасно работал. Задайте в самом начале программы один шаг дифференцирования Δz и пользуйтесь только им, применяя формулу:

$$f'(z_i) = \frac{f(z_i + \Delta z) - f(z_i)}{\Delta z}. \quad (8)$$

6. Не выбирайте модуль шага слишком маленьким, это также сильно ухудшает сходимость — если поверхности действительной и мнимой частей функции будут достаточно пологими относительно z -плоскости, в числителе выражения (8) будет разность очень близких чисел, которые, не будем забывать, вычисляются с погрешностью. Может случиться ситуация, когда действительно значащие цифры взаимно сократятся и вместо производной мы получим абсолютно случайное число. Вполне достаточно, чтобы выполнялось

$|\Delta z| \approx 10^{-5} \div 10^{-3}$ — конкретный выбор шага зависит от обусловленности задачи. Часто студенты (и не только студенты) спрашивают, в каком направлении в z -плоскости лучше выбирать это приращение Δz — вдоль действительной оси, вдоль мнимой, или под равным углом к обеим? В действительности это совершенно безразлично и не влияет на сходимость метода Ньютона (по–меньшей мере два автора статьи в студенческие годы это тщательно проверяли и потратили на это немало времени).

7. Часто в литературе встречаются утверждения, что если выполняется условие: $|z_{i+1} - z_i| < \varepsilon$, то итерации можно прекращать и выходить из цикла. Это неверно. То, что мы подошли близко к точке корня, еще не означает, что $|f(z_{i+1})| < \varepsilon$, а ведь именно этого требует исходное уравнение. И наоборот. Это легко понять на примере действительной функции одного переменного — поскольку метод Ньютона является методом касательных (за значение z_{i+1} принимается точка пересечения с осью абсцисс касательной к графику функции, проведен-

ной в точке z_i), — то для очень пологих функций, пересекающих ось абсцисс под малым углом, значение модуля функции может быть очень малым, но разброс ее аргументов, вычисленных на последующих итерациях — большим. И наоборот, для крутых функций, графики которых пересекают указанную ось под углом, близким к вертикали, разброс указанных аргументов может быть малым, а значения модулей функции для этих значений аргументов — большими. Читателям предлагается вооружиться бумагой и ручкой и убедиться в этом лично, проитерировав по методу касательных вручную на графике.

Графическое представление работы метода для действительной функции действительной переменной банально. Что касается комплекснозначных функций комплексной переменной, то здесь необходимо включить воображение. Есть две трехмерные искривленные поверхности действительной и мнимой частей функции, пересекающиеся друг с другом и с плоскостью $\text{Im}(z)$ ($\text{Re}(z)$). Результатом пересечения этих поверхностей является трехмерная кривая, пересекающая указанную плоскость в одной точке, являющейся корнем уравнения $f(z) = 0$. Вот к этой кривой метод Ньютона и строит касательные.

Понятно, что непосредственно вблизи корня кривую, образованную пересечением поверхностей действительной и мнимой частей приближенно можно считать лежащей в одной вертикальной плоскости (с точностью до заданной в программе погрешности метода). Но если мы уходим от корня дальше, то нормаль, проведенная от следующего итерационного значения, может уже не попасть на эту кривую, и метод разойдется.

Поэтому мы, основываясь на личном опыте, предлагаем использовать смешанное условие для обсуждаемой нами краевой задачи типа Штурма–Лиувилля, решаемой нами методом стрельбы: если $|\omega_{i+1} - \omega_i| > \varepsilon$ или $|\hat{\xi}(\omega_i) - \hat{\xi}_{an}| + |\hat{p}(\omega_i) - \hat{p}_{an}| > \varepsilon$, то возврат в цикл для продолжения итераций (здесь индексами “an” помечены граничные значения функций, которые по аналитическим соображениям должны иметь место в точке x_2).

Настоятельно рекомендуем Вам предусмотреть в разрабатываемой программе возможность визуализации поведения функций $\hat{\xi}$ и \hat{p} на промежутке от x_1 до x_2 (по крайней мере, действительных частей). С одной стороны, это поможет выяснить причины расходимости метода Ньютона (если она возникнет). С другой стороны, поскольку задача краевая, спектр частот будет дискретным — наряду с основной волновой модой возникнут высшие гармоники, различающиеся числом нулей n функций $\hat{\xi}$ и \hat{p} между x_1 и x_2 (собственные моды волнового слоя — см., например, [5]). Если в процессе вычислений Вы найдете два значения частоты, которым соответствует функция \hat{p} , например, с двумя и с четырьмя нулями, то между этими частотами непременно содержится частота, отвечающая \hat{p} с тремя узлами, и нужно ее искать. Кроме того, в реальных ситуациях появляется не одно, а несколько семейств неустойчивых волноводно–резонансных гармоник, имеющих различную физическую природу (см., например, [6]).

Завершая этот пункт, сделаем еще одно важное замечание. Если Вы написали программы, реализующие алгоритмы методов Рунге–Кутты и Ньютона, не стоит с ними сразу кидаться в штыковую на “боевую” задачу. Сначала эти программы следует оттестировать на сходных задачах, имеющих аналитическое решение и сравнить это решение с полученным Вами численно. Если возникнут расхождения, будет проще понять в каком модуле программы у Вас ошибка и устранить ее. Если Вы затрудняетесь подобрать тестовую задачу самостоятельно — обратитесь к преподавателю.

Алгоритм “Scanner of Unstable Modes”. Наиболее сложной проблемой при решении задач о многомодовых волноводно–резонансных неустойчивостях является определение начальных (“зацепочных”) значений частот различных гармоник при фиксированном значении всех варьируемых параметров задачи. Дело в том, что поверхность модуля функции не-

вязки (отклонения от выполнения физических граничных условий при различных значениях частоты) более всего напоминает произвольно искривленную поверхность мягкой почвы, расстрелянную из вертикально расположенного автомата (с учетом разброса) с одинаковой (до одной горизонтальной плоскости) глубиной проникновения пули, отвечающей модулю невязки, равному нулю.

Поскольку, как уже было сказано, метод Ньютона очень чувствителен к начальному приближению, даже при незначительном отклонении от “истинного” корня, он сойдется к некоторому соседнему корню (т.е. скатится в воронку от соседней пули, особенно если она будет более широкая и с более пологими стенками).

С точки зрения программирования, реализация алгоритма чрезвычайно проста — применяется элементарный метод перебора. При этом выполняются следующие операции:

1. Проводим асимптотическое исследование уравнений и определяем асимптотики для частоты ω_0 .

2. При фиксированных значениях параметров задачи определяем из асимптотик $\min \operatorname{Re} \omega_0$ и $\max \operatorname{Re} \omega_0$. Практика показывает, что действительные части частот неустойчивых мод не слишком отклоняются от этого диапазона. При необходимости и желании его можно несколько расширить. Далее все операции проводятся именно при этих фиксированных значениях параметров.

3. Определяем шаги циклов по частоте: $hr = (\max \operatorname{Re} \omega_0 - \min \operatorname{Re} \omega_0) / 10^3$ или $hr = (\max \operatorname{Re} \omega_0 - \min \operatorname{Re} \omega_0) / 10^4$, как позволят оперативная память и быстрдействие машины, и $hi = 2 \max \operatorname{Re} \omega_0 / 10^3$ (или $hi = 2 \max \operatorname{Re} \omega_0 / 10^4$ соответственно). Такой широкий диапазон для значений $\max \operatorname{Im} \omega_0$ мы вынуждены использовать, поскольку локальные законы дисперсии как правило не дают никаких сведений о возможных значениях инкрементов неустойчивых мод.

4. Задаем начальное значение частоты: $\omega_0 = (\min \operatorname{Re} \omega_0, -\max |\operatorname{Re} \omega_0|)$.

5. Организовываем циклы:

по I от 1 до 1000 (или до 10000 соответственно)

$$\operatorname{Re} \omega_0 = \operatorname{Re} \omega_0 + hr$$

по J от 1 до 1000 (или до 10000 соответственно)

$$\operatorname{Im} \omega_0 = \operatorname{Im} \omega_0 + hi$$

Далее следует запуск основной программы и вычисления собственных значений частоты методом стрельбы.

Если за 20-30 итераций условие выхода из метода Ньютона не выполнено, осуществляем переход к следующему проходу в цикле.

Если метод Ньютона сошелся, производим запись в файл значений $\operatorname{Re} \omega(k)$ и $\operatorname{Im} \omega(k)$, полученных основной программой, формируя массив (здесь k , естественно, не волновое число, а номер элемента массива).

Очень важный момент! Перед записью в файл проверяем каждый новый найденный корень ω_{new} на близость ко всем найденным ранее $\omega(k)$. Если $|\omega_{new} - \omega(k)| < \epsilon$ **новый корень не записываем**. В противном случае мы получим массив данных несуразно большого размера, содержащий многократно повторяющиеся результаты.

Конец цикла по J.

Конец цикла по I.

6. Запускаем программу и идем спать, кушать, посещать (или проводить) занятия.

7. Прорисовка. Используя полученный файл данных, рисуем яркие точки, отвечающие зависимости $\text{Im } \omega(k)$ ($\text{Re } \omega(k)$) (только точки, никаких кривых). В случае, если и $\text{Re } \omega(k) > 0$ и $\text{Im } \omega(k) > 0$, более наглядным будет распределение $\lg \text{Im } \omega(k)$ ($\lg \text{Re } \omega(k)$).

8. Посмотрев, где примерно локализованы неустойчивые гармоники, из файла данных выписываем начальные значения частот и запускаем на счет “боевую” программу.

Однако вся сложность заключается в выполнении первого шага, требующего от исследователя определенного багажа знаний, опыта и физической интуиции. Неустойчивости, которые могут быть обнаружены при решении краевых задач, чаще всего обусловлены фазовым резонансом возмущений, распространяющихся по обе стороны от границ раздела сред. При этом сами возмущения могут (по обе стороны от каждой границы раздела) иметь самую разную физическую природу, допускаемую локальным законом дисперсии (звуковые волны, ММЗВ, БМЗВ, внутренние гравитационные, энтропийные и т.д.). Дело в том, что учет хотя бы малой, но конечной сжимаемости среды приводит к тому, что эти волны утрачивают свой “классический” характер (т.е. перестают быть строго поперечными или строго продольными) и получают возможность взаимодействовать между собой на границах разделов сред при выполнении определенных соотношений на направления углов волновых векторов по обе стороны границы раздела (и, разумеется, одинаковых значениях частоты возмущений).

Так, например, нетрудно убедиться, что при учете малой, но конечной сжимаемости среды внутренние гравитационные волны перестают быть поперечными, становятся эллиптическими, сохраняя при этом, разумеется, тенденцию к “вытянутости” в поперечном к волновому вектору направлении.

Поэтому для определения “разумной” области сканирования по частотам мы и предлагаем вначале получить локальные асимптотические законы дисперсии для каждого слоя рассматриваемой модели, а затем ограничить эту область значениями $\pm \text{Re } \omega$ по каждой из координат (практика показывает, что, как правило, $\max \text{Im } \omega < \max \text{Re } \omega$, хотя, конечно, бывают и исключения).

К сожалению, дать здесь более конкретные рекомендации мы не имеем возможности — на эту тему можно написать не отдельную статью, а монографию.

Для иллюстрации работы алгоритма мы использовали дисперсионное уравнение пятой степени, описывающее динамику волн в однородной замагниченной среде с охлаждением высвечиванием (задача Филда), из нашей работы [7]. На рис. 1 показаны дисперсионные кривые, полученные решением уравнения итерационным методом Ньютона, а на рис. 2 — результат работы программы, реализующей предлагаемый нами алгоритм. Как представляется, его эффективность очевидна.

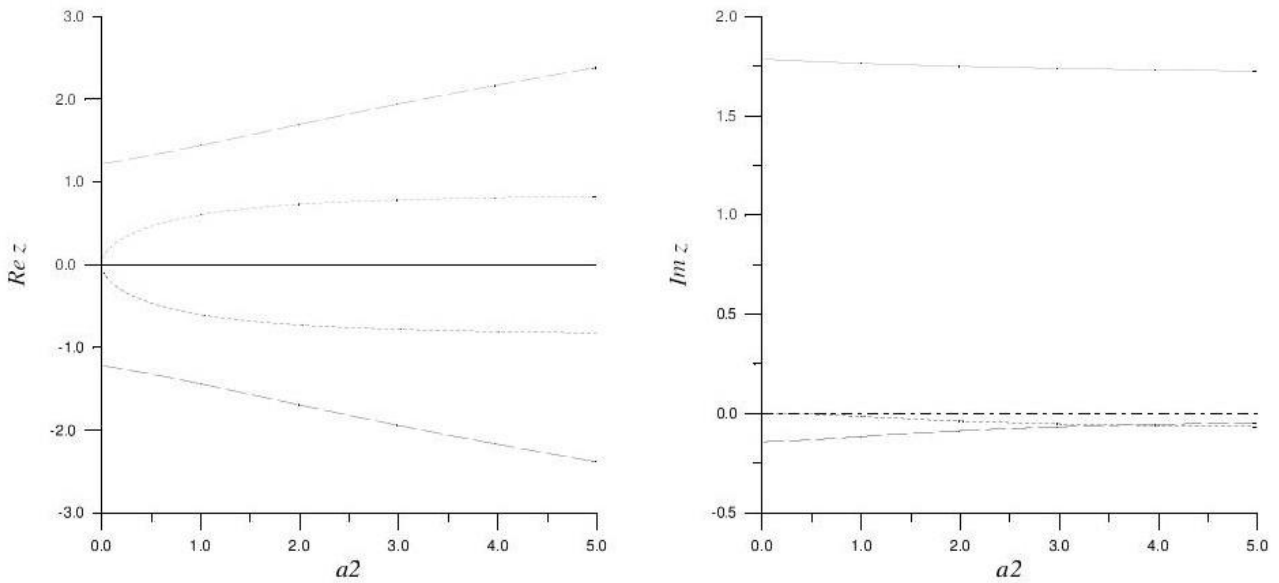


Рис.1. Безразмерные фазовая скорость возмущений $\text{Re}(\omega/kc_s)$ (слева) и их относительная скорость роста $\text{Im}(\omega/kc_s)$ (справа) в зависимости от квадрата магнитного числа Маха $a^2 = U_0^2 / c_s^2$. Характеризующий интенсивность высвечивания параметр $\omega_\Lambda / kc_s = 3$, угол между векторами \mathbf{k} и \mathbf{V}_0 $\alpha = 45^\circ$. Энтропийная мода — сплошные кривые, БМЗВ — длинный штрих, ММЗВ — короткий штрих (кривые мнимых частей как для БМЗВ, так и ММЗВ, распространяющихся в противоположных направлениях совпадают); штрихпунктирной линией обозначено значение $\text{Im} z = 0$. Показатель степени в температурной зависимости $\Lambda = \Lambda(T)$ равен $c = 1/2$.

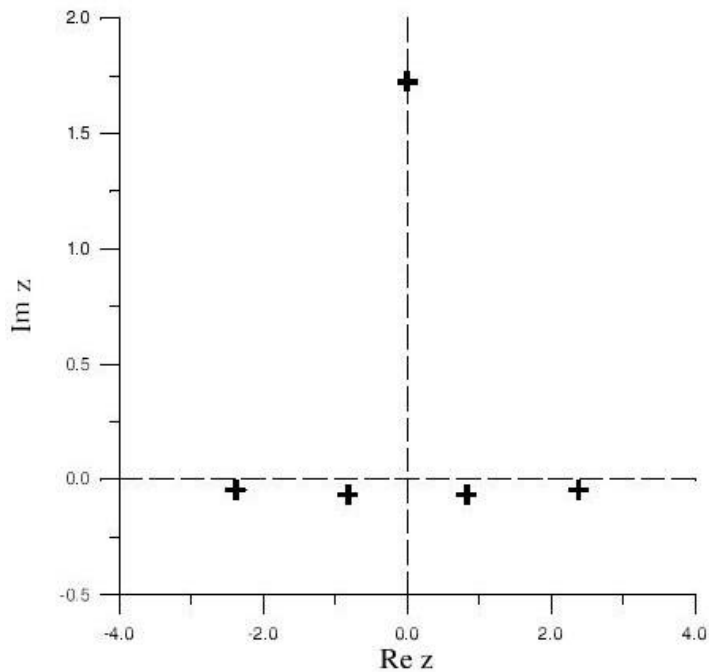


Рис.2. Крестиками показаны точки, найденные программой scanner для дисперсионных кривых, показанных на рис. 1 (задача из нашей работы [7]) при $A^2 = 5$. Штриховыми линиями показаны $\text{Re} z = 0$ и $\text{Im} z = 0$.

В тестовом примере мы использовали комплексное дисперсионное уравнение пятой степени из нашей работы [7], поэтому априорно было ясно, что корней будет пять. Естественно, тестовая программа их все пять и нашла. В более сложных задачах о нахождении начальных значений частот неустойчивых волноводно–резонансных гармоник последовательность корней для каждого семейства образует (в идеальной постановке проблемы) бесконечную последовательность, сходящуюся к некоторой точке на плоскости $\text{Im } z(\text{Re } z)$ при стремящемся к бесконечности числу узлов n собственных функций (см. выше). Реально, естественно, внутри окружности радиуса $r_c = \varepsilon$ мы эти корни не различим из–за погрешности метода Ньютона и, вообще, численных погрешностей. Безусловно, имеются и ограничения, обусловленные чисто физическими соображениями — чем короче радиальный характерный масштаб возмущений, тем больше такие возмущения подвержены диссипативным эффектам. Особенно это относится к МГД–волнам, для которых будет происходить перезамыкание силовых линий из–за развития тиринг–моды (тиринг–неустойчивости), приводящее к существенной перестройке первоначальной равновесной ситуации. Поэтому, исходя как из физических соображений, так и из закономерностей, присущих вычислительной математике, будет разумно не увлекаться исследованием гармоник с $n \gg 1$.

Мы предлагаем запускать сканнер поэтапно. Вначале с достаточно грубым шагом (как это и было сделано в тестовой программе) сориентировать его на всю интересующую нас расчетную область (определяемую по всевозможным асимптотикам) и выявить места локализации различных семейств гармоник. А затем для каждого такого семейства разумно ограничивать область сканирования, уменьшать параметр ε и определять начальные приближения для наиболее крупномасштабных (с наименьшим числом узлов n собственных функций) гармоник.

Образно говоря, представьте себе, что сильно нетрезвый военнослужащий (неважно, какой именно армии) идет по полю с “калашом” и с полной боеприпасами разгрузкой. Делает несколько шагов (никто не знает, сколько и куда), высаживает себе под ноги полный рожок, опять делает несколько шагов, вставляя новый рожок и т.д., и т.п. Потом несчастные эксперты–криминалисты получают задание выкопать пули, причем все. Сколько у него было магазинов, никто не знает, а он, естественно, не помнит. Будет логично, если эксперты сначала определяют места, где он вообще стрелял, а потом уже будут на этих местах копать. Для простоты предположим, что следствию известно — в патронах были пули со стальными сердечниками. Тогда вооружаем криминалистов обычными миноискателями и отправляем их методично прочесывать поле, огораживая колышками места, где миноискатели “пищат”. Бедолагам придется копать только в этих указанных местах, а не вскапывать все поле.

В приложении мы приводим образец тестовой программы с комментариями, реализующей алгоритм “Scanner of Unstable Modes” для дисперсионного уравнения из работы [7].

Литература

1. Михалев Б.Б., Мусцовой В.В., Кузьмин Н.М. *Компьютерное моделирование в механике сплошных сред* [Текст] / Учебное пособие. Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2012, 83 с.
2. Морозов А.Г., Мусцовой В.В., Просвиров А.Э. *Сложные спиральные узоры галактик как результат суперпозиции гидродинамических мод* // Письма в астрономический журнал. Т. 18. С.46 (1992).
3. Калиткин Н.Н. *Численные методы*. — М.: Наука, 1978.
4. Корн Г., Корн Т. *Справочник по математике (для инженеров и научных работников)*. — М.: Наука, 1974.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц М.Е. *Гидродинамика*. — М.: Наука, 1986.

6. Р.А. Бисенгалиев, В.В. Мусцовой. Резонансно–центробежные эффекты как фактор формирования солнечных магнитных аркад. Учет влияния динамического охлаждения высвечиванием // Астрон. журн. 90, 512 (2013).

7. Р.А. Бисенгалиев, В.В. Мусцовой. Влияние охлаждения высвечиванием на дисперсию волн в однородной среде с магнитным полем // Астрофизический бюллетень. Т. 69. № 2 (2014) (в печати).

Приложение 1. Листинг FORTRAN-программы, реализующей алгоритм “Scanner of Unstable Modes” с использованием метода Ньютона для решения дисперсионного уравнения пятой степени

(Символом «ссс» помечены комментарии, приведенные после оператора или группы операторов к которым они относятся.)

```

      complex*16 dz,z,z2,cn,
* f(2),df,dob,f2,e,z0
      real*8 tosh,zl,g,
* c,h,a2,cosa2
      complex*16 res(1024)
ссс  Это корзинка, куда мы будем складывать корни; их не должно
ссс  быть больше 1024, иначе программа не отработает адекватно.
      integer ires
ссс  Счетчик найденных корней
      logical root
5     format (3x,2(e13.6,3x))

ссс  Задание числовых значений параметров задачи:
      a2 = 5.d0
ссс  — квадрат безразмерной альфвеновской скорости;
      e = (0.d0,1.d0)
ссс  — мнимая единица;
      g = 5.d0/3.d0
ссс  — показатель адиабаты;
      h = 1.d0
ссс  — показатель степени температурной зависимости функции нагрева;
      c = 0.5d0
ссс  — показатель степени температурной зависимости функции охлаждения;
      cosa2 = 0.5d0
ссс  — квадрат косинуса угла между волновым вектором и магнитным полем;
      zl = 3.0d0
ссс  — параметр интенсивности охлаждения;
      tosh = 0.0001d0
ссс  — параметр точности для условия выхода из итераций методом
ссс  Ньютона и для отсутствия необходимости перезаписи
ссс  результата при следующем проходе в цикле сканирования;
      dz = (0.0001d0,0.d0)
ссс  — шаг дифференцирования в методе Ньютона;
      z0 = (-3.d0,-1.d0)
ссс  — задание левого нижнего угла области сканирования;

```

```

z = z0
ссс — задание первого начального приближения.
ires = 0
ссс
ссс START
ссс
do i = 1,999
ссс цикл изменения Re z0 в области сканирования;
do m = 1,999
ссс цикл изменения Im z0 в области сканирования;
z = z0
ссс задание начального приближения и переход к алгоритму метода Ньютона;

do k = 1,30
z = z + 2.d0 * dz
do j = 1,2
z = z - dz
z2 = z * z
cn = (z - e*zl*(h-c+1)/g) / (z - e*zl*(h-c))
f(j) = z2*z2-(cn+a2)*z2+cn*a2*cosa2
end do
df = (f(1) - f(2)) / dz
dob = f(2) / df
z = z - dob

if(.not.(cdabs(dob).gt.tosh.or.cdabs(f(2)).gt.tosh)) then
ссс условие продолжения итераций методом Ньютона;
ссс если условия НЕ выполняются, значит корень найден
ссс и мы заканчиваем итерации
if(ires.eq.0) then
ссс Найден первый корень
ires=1
res(ires)=z
end if
root = .false.
do iii=1,ires
if(cdabs((z-res(iii))/res(iii)).le.tosh) root=.true.
ссс

end do
if(.not. root) then
ссс Близких корней нет, значит добавляем корень в корзину
ires=ires+1
res(ires)=z
end if
exit
end if
end do
z0 = z0 + e * 0.002d0
ссс изменение Im z для следующего прохода сканирования;
end do

```

```
z0 = z0 + 0.006d0
ccc изменение Re z для следующего прохода сканирования;
  end do
ccc Записываем найденные уникальные корни в файл
  if(ires.gt.0) then
    open (1,file = 'scanner.dat')
    do iii=1,ires
      write (1,5) real(res(iii)),aimag(res(iii))
    end do
    close(1)
  end if
  stop
end
```

СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

В. М. Горяев, Р. А. Бисенгалиев
Калмыцкий государственный университет

В литературе описано немало исследований по сверхкритическим флюидным технологиям (СФТ) в энергетике [1, 4, 10], однако они либо ориентированы на работу с газификаторами низкосортного энергетического сырья, либо с процессами по охлаждению атомных реакторов. Кроме того известно множество внедренных в практику проектов на основе СФТ реализуется в области экстракции вещества и не относится к энергетике.

Впервые вещества в сверхкритическом состоянии наблюдал в 1822 г. французский физик Ш. Каньяр де ла Тур. В Советском Союзе в 50-е гг. Щузе предложил методом сверхкритической экстракции получать ланолин из шерсти, а также использовать данный метод при фракционировании сырого масла. Исследования представляли определенный интерес, однако мощным толчком для развития технологий сверхкритической экстракции стали работы Цозеля (Ин-т Макса Планка). Именно они привели к первому профильному симпозиуму в Эссене (Германия) в 1978 г. [9]. В области преобразования энергии особо отличаются работы [1, 4].

подавляющее большинство проектов в области сверхкритики локализуется в рамках экстракции и направлены на осаждение веществ в в посткритических состояниях. Например, выведение кофеина из кофе, определенных экстрактов в парфюмерии, получение технологии добычи нефти на основе сверхкритического H_2O в полостных структурах земли и т.п. До- и сверхкритическая вода — это нетоксичный растворитель, свойствами которого можно управлять, подстраивая их под конкретную каталитическую реакцию. В процессах со сверхкритическим флюидом нет проблем с диффузией на границе газ-жидкость (ведь это не газ и не жидкость), а значит, легче регулировать скорость такой реакции. Есть данные, что и процесс отравления катализатора также протекает гораздо медленнее [8].

Существенным является то, что сейчас достаточно высокий уровень освоенности некоторых аспектов требуемых технологий, поскольку турбинный цикл с паром сверхкритических параметров используется в энергетике на органических видах топлива на протяжении последних 60 лет. За это время изучены вопросы теплофизических свойств воды, отработано теплотехническое оборудование, многие вопросы водохимического режима, выбора материалов, налажено производство турбин и котлов (большинство из которых имеет канальную конструкцию). Таким образом, определённый объем НИОКР может быть заимствован из опыта тепловой энергетики [1].

В России накоплен достаточно большой опыт проектирования и эксплуатации кипящих реакторов большой мощности на тепловом спектре нейтронов, в том числе и уникальный опыт реакторных установок АМБ с ядерным перегревом пара. Для этих реакторов проработаны многие технологические вопросы и вопросы безопасности, в том числе выбора материалов и их работоспособности при умеренных потоках нейтронов, оптимальный состав систем безопасности и прочие. Поэтому представляется целесообразным выполнять проработки реакторов с тепловым спектром нейтронов.

Классическим непосредственным преобразованием тепловой энергии в электрическую является использование эффектов в контакте двух металлов или полупроводников, где действуют сторонние силы, которыми обусловлена диффузия заряженных частиц. В проекте, представленном нами, используется установка, работающая на принципе получения [термоэмиссионной генерации](#) ЭДС на основе изменения состояния «сверхкритического флюида».

Литература

1. В.К. Викулов, В.Е. Гмырко и др. Водографитовый энергетический реактор со сверхкритическим давлением теплоносителя (вгэрс). ФГУП НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала, Москва, 2008.
2. Альмяшева О.В., Корыткова Э.Н., Маслов А.В., Гусаров В.В.// Неорганические материалы. 2005; 41(5): 540-547.
3. Мазалов Ю.А., Витязь П.А., Ильющенко А.Ф., Судник Л.В. Журнал "Доклады Национальной академии наук Беларуси", Минск. 2008; 52(6): 109-115.
4. Мазалов Ю.А. и др. Кавитационные сверхкритические реакторы /Электронный журнал "Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика", Том.5,№1. 2010: 101-103.
5. Хайкин Б. И. К теории процессов горения в гетерогенных конденсированных средах/ Процессы горения в химической технологии и металлургии, Черногловка, 1975; 1: 227-244.
6. Грива В.А., Розенблад И. И. //Проблемы технологического горения. Черногловка, 1981;1: 26-30.
7. Burger M.J. Polymorfism and Phase Transformation/ Fortsher. Miner. 1961; 39:9-24.
8. Галкин А.А., Лунин В.В. „Вода в суб- и сверхкритическом состояниях — универсальная среда для осуществления химических реакций", журнал „Успехи химии", 2005, 74 (1).
9. <http://www.terra-aromatica.ru/sverhkriticheskaya-so2-ekstraktsiya-i-17.html>
10. <http://www.findpatent.ru/patent/244/2442644.html>

ТЕРМОЭМИССИОННЫЙ ГЕНЕРАТОР (ТГ) НА СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В. М. Горяев, Д. Е. Горбачев

Калмыцкий государственный университет, Элиста

В сверхкритическом реакторе (рекуператоре) вода имеет близкую к критической температуру, а давление - намного меньше критического. Топливо, находящееся при комнатной температуре, подается в реактор насосом низкого давления (давление нагнетания - единицы атмосфер). При попадании на горячую стенку реактора топливо начнет вскипать, поскольку температура стенки реактора выше температуры кипения воды. Так как топливо в реакторе находится под давлением, то образующиеся при вскипании и испытывающие действие давления пузырьки начнут схлопываться (классическая задача Рэлея). С учетом начальной (близкой к критической) температуры пузырька и неизбежного разогрева из-за вязкости реальной жидкости можно ожидать, что при схлопывании пузырька могут быть реализованы условия фазового перехода воды в сверхкритическое состояние. Тогда в объеме реактора будет иметь место множественное очаговое - кавитационное - окисление топлива сверхкритической водой. При снятии электрической энергии с ТГ, рабочее вещество возвращается к состоянию близкому к нормальному. Затем процесс повторяется.

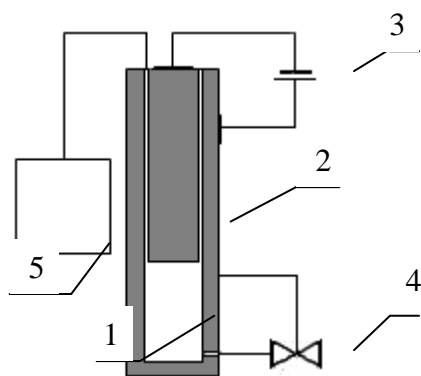


Рис. Схема ТГ на СФТ:

1. зона реакции в цилиндрическом корпусе из хромникелевого или композиционного сплава
2. катод для получения ЭДС
3. гальванический элемент
4. редуцирующее устройство
5. инсинератор

С учетом начальной (близкой к критической) температуры пузырька и неизбежного разогрева из-за вязкости реальной жидкости можно ожидать, что при схлопывании пузырька могут быть реализованы условия фазового перехода воды в сверхкритическое состояние. Тогда в объеме реактора будет иметь место множественное очаговое- кавитационное- окисление топлива сверхкритической водой (СКВО). Давление нагнетания, инициирующее «кавитационное СКВО», существенно ниже значений при традиционном создании СКВО- условий. Это позволяет отказаться от использования насоса высокого давления, предъявления повышенных требований к прочности корпуса реактора и таким образом улучшить экономические показатели ТГ.

Принцип действия состоит в том, что при достижении условно определенной температуры, активная среда переходит из одного состояния в другое, меняя свои физико- химические свойства. Под действием электрохимических процессов, активное вещество генерирует электродвижущую силу (ЭДС), пропорциональную энергии, поглощенной этим веществом.

Отбор энергии возвращает активную среду в исходное состояние. Между отбираемой электрической и подводимой тепловой энергиями возникает баланс, что позволяет процессу рекуперации протекать непрерывно без использования расходных материалов/сред. В виду отсутствия изнашиваемых частей и расходных материалов, ресурс подобного ТГ в теории ограничен лишь внешними факторами. Ожидаемый КПД более 60%.

Существуют сложные моменты в исследовании:

- Проблемы с сильной коррозией рабочей зоны ТГ
- Выбор рабочего вещества для СФТ
- Проблемы связанные с новизной инженерно- конструкторских решений
- Создание непрерывного режима рекуперации
- Получение КПД выше 60%.

Альтернативные пути реализации проекта:

- Использование открытой схемы для рабочего вещества СФТ
- СФТ без кавитационной смеси
- Выполнить Проект с дополнительной очисткой отходов с использованием СКВО.

МЕТОД ПАРАМЕТРОВ ПОСТРОЕНИЯ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНОМ СЛУЧАЕ

В.К. Кочетков, О.В. Задорожная
Калмыцкий государственный университет

Abstract

The idea of constructing solutions of differential equations by introducing parameters is not new. However, a general method for the introduction of parameters does not exist. This article indicates the effectiveness of introducing a parameter in the study of differential equations of the form:

$$\frac{zF'_z}{F'_t} = P_2(z)t^2 + P_1(z)t + P_0(z), \quad -t' = P_2(z)t^2 + P_1(z)t + P_0(z).$$

Идея построения решений дифференциальных уравнений введением параметров не является новой. Однако общего метода введения параметров не существует. В данной статье указывается эффективность введения параметра при исследовании дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{zF'_z}{F'_t} = P_2(z)t^2 + P_1(z)t + P_0(z), \quad -t' = P_2(z)t^2 + P_1(z)t + P_0(z).$$

В случае функции

$$F(z, t) = \frac{a(z)t + b(z)}{c(z) + d(z)} \quad (1)$$

имеем

$$\frac{zF'_z(z, t)}{F'_t(z, t)} = \frac{z}{m} \left[(a'c - ac')t^2 + (a'd - ad' + b'c - bc')t + (b'd - bd') \right]. \quad (2)$$

Пусть

$$\frac{zF'_z}{F'_t} = P_2(z)t^2 + P_1(z)t + P_0(z) \quad (3)$$

есть заданное уравнение.

Укажем выражения функций $a(z), b(z), c(z), d(z)$ в (1), при которых функция $F(z, t)$ удовлетворяет уравнению (3), а выражение $F(z, t) = c = const$ является общим интегралом нелинейного дифференциального уравнения $-t' = P_2(z)t^2 + P_1(z)t + P_0(z)$.

Полагаем $z^{-1}P_2(z) = h_2(z), z^{-1}P_1(z) = h_1(z), z^{-1}P_0(z) = h_0(z)$,

$$ad - bc = m, \quad c = \frac{ad - m}{b}. \quad (4)$$

Составим систему $-\frac{a'm}{b} - \frac{a^2d'}{b} + \frac{am'}{b} + \frac{a^2db'}{b^2} - \frac{amb'}{b^2} = mh_2(z)$,

$$-2ad' + 2ad'\frac{b'}{b} + m' - 2\frac{mb'}{b} = mh_1(z), \quad b'd - bd' = mh_0(z). \quad (5)$$

Вводим параметр $k(z)$ и функцию $v(z) = \exp\left[\int k(z)dz\right]$.

Рассматриваем

$$-\frac{a'}{a} - \frac{b'}{b} + \alpha \frac{m'}{m} = k, \quad \alpha = \alpha(z) = \frac{1}{2}, \quad \text{выражаем } a = \frac{m^{\frac{1}{2}}v^{-1}}{b}, \quad \text{где } \alpha(z) \text{ – второй параметр.}$$

Полагая $\frac{m'}{m} + 2k = \beta(z)$, $\beta(z)$ – параметр, определяем $m(z) = \frac{\gamma(z)}{v^2}$,
 $\gamma(z) = \exp\left[\int \beta(z) dz\right]$, $b(z) = \frac{\rho(z)}{v(z)}$, $\rho(z) = \exp\left[-\int \frac{r}{2} dz\right]$, где $r(z)$ и $\beta(z)$ связаны соотношением

$$\beta(z) = \frac{(P_1(z) - r)^2 - 4h_0(z)h_2(z)}{P_1(z) - r}. \quad (6)$$

Определяем $a(z)$, $b(z)$, $m(z)$, из соотношения (5) находим $d(z)$.

Используя (4), функции $a(z)$, $b(z)$, $m(z)$, определяем $c(z)$ из (4).

Таким образом, введением параметров $k(z)$, $\beta(z)$, $r(z)$ при условии, что параметр $k(z)$ произволен, а параметры $r(z)$ и $\beta(z)$ связаны соотношением (6), удается выразить функции $a(z)$, $b(z)$, $c(z)$, $d(z)$ через известные коэффициенты $P_i(z)$, $i = 0, 2$, заданного дифференциального уравнения (3).

Замечание. В выражении (6) имеем $\beta = \beta(r)$. Если же из (6) выразить $r = r(\beta)$, то получим два значения r_1, r_2 , каждому из которых будут соответствовать значения компонентов, зависящих от r .

Литература

1. Кочетков В.К., Задорожная О.В. Некоторые вопросы аналитической теории дифференциальных уравнений и геометрической теории функций комплексного переменного. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2014. – 160 с.

ДОПОЛНЕНИЕ К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ ОБЩЕГО РЕШЕНИЯ ОДНОРОДНОГО ЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ

В. К. Кочетков, О. В. Задорожная, З. С. Наминова
Калмыцкий государственный университет, Элиста

Abstract

Consider the differential equation of the form and indicated generalization of the known facts concerning the general solution to the above differential equation in the form of statements.

Рассматривается дифференциальное уравнение вида

$$\frac{z \cdot u_z}{u_t} = p(z, t) \quad (1)$$

и указывается обобщение известных фактов относительно общего решения вышеуказанного дифференциального уравнения (1) в форме следующих утверждений.

Утверждение 1. Пусть $u(z, t)$ есть решение уравнения (1). Тогда функция $F(u(z, t))$ также будет решением дифференциального уравнения (1), где F – любая функция, имеющая непрерывные производные по z, t .

Утверждение 2. Пусть $u(z, t)$ есть решение дифференциального уравнения (1). Тогда существуют функции $F_1(u(z, t)), F_2(u(z, t))$ такие, что функция $F(u(z, t)) = F_1(u(z, t)) + F_2(u(z, t))$ также будет решением дифференциального уравнения (1), где функции $F_1(u(z, t)), F_2(u(z, t))$ имеют непрерывные производные по z, t .

Доказательство. При доказательстве утверждения 2 ограничимся приведением функций $F_1(u(z, t)) = \arcsin u$ и $F_2(u(z, t)) = \sqrt{1 - u^2}$, $|u| \neq 1$ для которых в действительности выполняется соотношение (1)

$$\frac{zF'_z(u(z, t))}{F'_t(u(z, t))} = \frac{z[F'_{1z}(u(z, t)) + F'_{2z}(u(z, t))]}{F'_{1t}(u(z, t)) + F'_{2t}(u(z, t))} = p(z, t) \quad (2)$$

Утверждение 3. Пусть функция $u(z, t)$ есть решение дифференциального уравнения (1). Тогда существуют функции $F_1(u(z, t)), F_2(u(z, t)), F_3(u(z, t))$ такие, что функция $F(u(z, t)) = F_1(u(z, t)) + F_2(u(z, t)) + F_3(u(z, t))$ также будет решением дифференциального уравнения (1), где функции $F_i(u(z, t)), i = \overline{1, 3}$ имеют непрерывные производные по z, t .

Доказательство. По аналогии доказательство утверждения 3 проведем приведением функций $F_1(u(z, t)) = \ln(u + \sqrt{1 + u^2})$, $F_2(u(z, t)) = \sqrt{1 + u^2}$, $F_3(u(z, t)) = \operatorname{arcsh} u$.

Утверждение 4(общее). Пусть функция $u(z, t)$ есть решение дифференциального уравнения (1). Тогда могут существовать несколько функций $F_i(u(z, t)), i = \overline{1, k}$ таких, что

$$F(u(z, t)) = F_1(u(z, t)) + \dots + F_k(u(z, t)),$$

также будет решением дифференциального уравнения (1), где функции $F_i(u(z, t)), i = \overline{1, k}$, имеют непрерывные производные по z, t .

Приведем некоторые примеры функций $F_j(u(z, t)), j = 1, 2$, подтверждающих достоверность вышеприведенных утверждений.

$$1. F_1(u) = \operatorname{arcsh} u, F_2(u) = \sqrt{u^2 - 1}, |u| \neq 1.$$

$$2. F_1(u) = \operatorname{arctg} u, F_2(u) = \ln(1 + u^2), |u| = 1, F_3(u) = -\operatorname{arcctg} u.$$

$$3. F_1(u) = \arccos u, F_2(u) = \sqrt{1-u^2}.$$

$$4. F_1(u) = \operatorname{arcsch} u, F_2(u) = \ln(u + \sqrt{1+u^2})$$

$$5. F_1(u) = \ln(u + \sqrt{u^2-1}), F_2(u) = \sqrt{u^2-1}, F_3(u) = \operatorname{arcch} u.$$

Замечание. Заметим, что если для функций $F_1(u(z,t)), F_2(u(z,t))$ выполняется условие

$$\frac{zF'_{iz}(u(z,t))}{F'_{it}(u(z,t))} = p(z,t), \quad i = \overline{1, k},$$

то в общем случае из этого не следует равенство

$$\frac{z \sum_{i=1}^k F'_{iz}(u(z,t))}{\sum_{i=1}^k F'_{it}(u(z,t))} = p(z,t), \quad (3)$$

Достоинство вышеуказанных утверждений состоит в указании факта существования нескольких функций $F_i(u(z,t))$ при которых выполняется равенство (3).

Литература

1. Кочетков В.К., Задорожная О.В. Некоторые вопросы аналитической теории дифференциальных уравнений и геометрической теории функций комплексного переменного. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2014. – 160 с.
2. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений, Изд. «Вышэйшая школа», Минск, 1974.

ДОПОЛНЕНИЕ К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

В. К. Кочетков, О. В. Задорожная, З. С. Наминова, И. У. Лиджиева
Калмыцкий государственный университет

Abstract

Differential equations of the form

$$\omega' = -\frac{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)}{b_1(z)\omega + b_0(z)}, \quad \frac{F'_z}{F'_t} = \frac{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)}{b_1(z)\omega + b_0(z)},$$

for example, which illustrates a method of constructing solutions in particular cases.

Рассматриваются дифференциальные уравнения вида

$$\omega' = -\frac{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)}{b_1(z)\omega + b_0(z)}, \quad \frac{F'_z}{F'_t} = \frac{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)}{b_1(z)\omega + b_0(z)},$$

на примере которых иллюстрируются методы построения решений в частных случаях.

В общем указанные на частных случаях методы по аналогии могут быть распространены на дифференциальные уравнения вида

$$\frac{F'_z}{F'_t} = \frac{a_{k-1}(z)\omega^k + \dots + a_0(z)}{b_{k-1}(z)\omega^k + \dots + b_0(z)}.$$

Утверждение 1. Пусть дано дифференциальное уравнение

$$\omega' = -\frac{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)}{b_1(z)\omega + b_0(z)}. \quad (1)$$

Тогда выражение

$$a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z) + \int \frac{a_0(z)a_1(z) - a_0'(z)b_0(z)}{b_0(z)} dz + C \quad (2)$$

является общим интегралом дифференциального уравнения (1), а функция

$$F(z, \omega) = a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z) + \int \frac{a_0(z)a_1(z) - a_0'(z)b_0(z)}{b_0(z)} dz$$

является решением дифференциального уравнения (1) в частных производных

$$\frac{F'_z}{F'_\omega} = \frac{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)}{b_1(z)\omega + b_0(z)}, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} a_2(z) &= -\frac{2}{\int b_1(z) dz}, \\ a_1(z) &= e^{\int \frac{3a_2(z)}{b_1(z)} dz} \left(c - \int \frac{a_2'(z)b_0(z)}{b_1(z)} e^{-\int \frac{3a_2(z)}{b_1(z)} dz} dz \right), \\ a_0(z) &= \frac{a_1^2(z) - a_1'(z)b_0(z)}{-2a_2(z) + \frac{a_1(z)b_1(z)}{b_0(z)}}. \end{aligned}$$

Доказательство. Записываем выражение в (1) в виде

$$(b_1(z)\omega + b_0(z))\omega' = -a_2(z)\omega^2 - a_1(z)\omega - a_0(z) = \theta(z),$$

где $\theta(z)$ - произвольная функция. Составляем равенства

$$(b_1(z)\omega + b_0(z))\omega' = \theta(z), \quad -a_2(z)\omega^2 - a_1(z)\omega - a_0(z) = \theta(z).$$

Дифференцируя последнее выражение по z и сравнивая полученное выражение с первым, получим системы уравнений для определения $a_2(z), a_1(z), a_0(z)$, которые выражаются через $b_0(z), b_1(z)$.

Утверждение 2. Пусть дано дифференциальное уравнение (1). Тогда выражение

$$b_1(z)\omega + b_0(z) = -\frac{1}{\theta(z)},$$

где

$$b_0(z) = \frac{a_1(z)\theta(z) + \frac{b_1'(z)}{b_1(z)}}{2\theta'(z)},$$

$$b_1(z) = \frac{a_2(z)\theta(z)}{\theta'(z)},$$

$$\theta(z) = e^{\int \frac{a_0(z)b_1(z)}{b_0^2(z)} dz} \left(c + \int \frac{b_0'(z)}{b_0^2(z)} e^{-\int \frac{a_0(z)b_1(z)}{b_0^2(z)} dz} dz \right)$$

является общим интегралом дифференциального уравнения (1), а функция

$$F(z, \omega) = b_1(z)\omega + b_0(z) + \frac{1}{\theta(z)}$$

является решением дифференциального уравнения в частных производных (3).

Доказательство. Записываем выражение в (1) в виде

$$\frac{\omega'}{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)} = -\frac{1}{b_1(z)\omega + b_0(z)} = \theta(z).$$

Составляем равенства

$$\frac{\omega'}{a_2(z)\omega^2 + a_1(z)\omega + a_0(z)} = \theta(z), \quad b_1(z)\omega + b_0(z) = -\frac{1}{\theta(z)}. \quad (4)$$

Дифференцированием по z второго выражения в (4) и сравнением полученного выражения с первым выражением в (4), составим систему для определения $b_0(z), b_1(z), b_2(z)$, которые выразятся через $a_2(z), a_1(z), a_0(z), \theta(z)$, где $\theta(z)$ - произвольная функция.

Заметим, проиллюстрированные на частных случаях два подхода могут быть распространены на дифференциальные уравнения других типов, в частности, на дифференциальные уравнения, правая часть которых является рациональной функцией. Теорема доказана.

Теорема. Пусть функция $p(z)$ регулярна в окрестности точки $z=0$, $h_1(z) = \frac{p(z)}{z^k}$, $h_0(z) = h_1'(z)$. Тогда решением дифференциального уравнения

$$\omega'' + h_1(z)\omega' + h_0(z)\omega = 0$$

является функция

$$\omega = e^{-\int adz} \left(c_1 + c \int e^{\int (a-A)dz} dz \right),$$

где

$$a = \frac{p(z)}{z^k} - \left(e^{-\int \frac{p(z)}{z^k} dz} \left(c_2 + \int e^{\int \frac{p(z)}{z^k} dz} \right) \right)^{-1},$$
$$A = e^{-\int \frac{p(z)}{z^k} dz} \left(c_2 + \int e^{\int \frac{p(z)}{z^k} dz} \right)^{-1}.$$

Литература

1. Кочетков В.К., Задорожная О.В. Некоторые вопросы аналитической теории дифференциальных уравнений и геометрической теории функций комплексного переменного. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2014. – 160 с.

ВОЛНОВЫЕ И КОНВЕКТИВНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В СОЛНЕЧНЫХ КОРОНАЛЬНЫХ ПЕТЛЯХ

Михаляев Б.Б.¹, Веселовский И.С.^{2,3}, Бембитов Д.Б.¹

¹Калмыцкий государственный университет, Элиста,

²Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, МГУ,

³Институт космических исследований РАН, Москва

Abstract

WAVE AND CONVECTIVE PERTURBATIONS IN THE SOLAR CORONAL LOOPS, by *Mikhalyaev B.B., Veselovsky I.S., and Bembitov D.B.* We are interested non-stationary events in the solar corona that can be described in MHD-approximation. During over two decades, many similar features are observed by various ground-based and space instruments, namely oscillations and flows. They play crucial role in a solving of two important problems of the solar physics, the coronal heating and the solar wind acceleration. A significant success of the coronal seismology led to many original works on linear perturbations in coronal plasma. In our opinion, nonlinear approach should allow to get more precise results.

Введение. Разделение возмущений в солнечной короне на волновые и конвективные ветви практически всегда носит несколько условный характер. Оно обычно делается на основе анализа наблюдений и теоретических представлений. Для достаточно малых отклонений от равновесного состояния в однородной и стационарной среде эта задача может быть решена в линейном приближении с использованием известных дисперсионных соотношений до конца и полностью. В этой области существует хорошо устоявшаяся терминология и номенклатура волновых и конвективных возмущений. При слабой нелинейности и в квазилинейном приближении номенклатура расширяется, но остается вполне обозримой.

В неоднородной и нестационарной среде это не так, тем более для нелинейных возмущений, множество и разнообразие которых огромно и не до конца исследовано как в лабораторной, так и в космической плазме. На этой почве иногда возникают терминологические недоразумения, например, при интерпретации «альвеновских» и других возмущений в солнечной короне. Ситуация остается относительно простой лишь в коротковолновом и квазилинейном приближении.

Волновые и конвективные возмущения в корональных петлях. Изучение волновых и конвективных явлений важно в первую очередь в корональных петлях (КП). Использование современных приборов с высоким пространственно-временным разрешением, установленных, в частности, на космических научных станциях Hinode и SDO, позволяет получить новые детальные сведения об их свойствах. Эти сведения должны пролить свет на механизм нагрева корональной плазмы и ускорения солнечного ветра.

Еще недавно существовали два взгляда на внутреннюю структуру КП (Aschwanden, Voerner, 2011). Первый связан с идеей Паркера о множестве заполняющих корону неоднородных и скрученных магнитных трубок, движение оснований которых, вызываемых фотосферными возмущениями, приводит к их перепутыванию и образованию многочисленных нановспышек. В данном случае КП должны состоять из множества трудно различимых нитей (strands, threads) с температурой, варьируемой в широких пределах, так что сами КП являются неизотермическими (multi-thermal) в поперечном сечении (Aschwanden, Nightingale, 2005). Согласно второму, корональные петли являются однородными и изотермическими в поперечном сечении на масштабах около 1 тыс. км и более, если они заполняются веществом, проникающим в корону в результате хромосферного испарения, что может происходить в процессе вспышек или регулярного расширения вещества при его нагреве. Таким образом, определение характера поперечного распределения температуры, наряду с распределением плотности, характерным временным масштабом, существующими течениями и про-

филем интенсивности излучения, служит верификации того или иного сценария коронального нагрева. Наблюдения с высоким пространственно-временным разрешением, выполненные в последнее время, определенно указывают на сложность строения КП и происходящих в них процессов.

Спектроскопические наблюдения показывают, что пространственное распределение температуры является локализованным в пределах нескольких сотен километров, что выходит за рамки пространственного разрешения наблюдательных средств. Например, данные, полученные с помощью High Resolution Coronal Imager, запущенного ракетой 12 июля 2012 г., дают среднее значение пространственного масштаба в 270 км (Brooks et al., 2013). Наблюдения в оптическом диапазоне длин волн также показывают, что поперечная структура корональных петель имеет масштаб менее 1000 км. Предполагается, что наблюдаемая эмиссия производится в тонких нитях. Данные Hinode/EIS и AIA/SDO показывают, что часть КП имеет однородную структуру, однако, наблюдаемую эмиссию большей их части можно объяснить в предположении, что они состоят из отдельных нитей (Brooks et al., 2012; Schmelz et al., 2013). Аналогичный результат показывают данные Hinode/SOT для магнитного поля и скорости движения плазмы в основаниях «теплых» и «горячих» КП (Kano et al., 2014). По величине температуры КП активных областей можно разделить на две группы: «теплые петли» с максимумом температуры около 1-1,4 МК и «горячие петли», температуры которых группируются в основном в интервале 3-4 МК (Kano et al., 2014; Warren et al., 2010; Doschek, 2012). Первые наблюдаются в крайнем ультрафиолетовом диапазоне длин волн, вторые - в мягком рентгеновском диапазоне. Вопрос, почему значения температуры петель группируются около указанных значений, остается не до конца выясненным. Однако понятно, что такое положение дел связано со структурными свойствами корональной плазмы и ее неоднородностью. Горячие петли обычно располагаются в центре активной области так плотно, что трудно различить отдельную петлю. Теплые петли обычно располагаются вокруг горячих и отличаются от последних большими размерами.

Новые данные о внутренней структуре КП могут уточнить условия переноса и диссипации в них волновой энергии. Сценарий волнового нагрева короны в последние годы получил реальные основания, когда были получены свидетельства проникновения в корону волн, обладающих энергией, достаточной для ее нагрева (McIntosh et al., 2011). Альвеновские волны легко проникают в корону, однако слабо подвержены диссипации, поэтому ключевым вопросом является их преобразование в магнитозвуковые волны. Из альтернативных механизмов укажем резонансное поглощение альвеновских волн в неоднородной среде.

Вопросам наблюдения и описания волн в солнечной короне посвящена обширная литература, например (Aschwanden, 2006; Stepanov et al., 2012). За прошедшие пятнадцать лет с момента первых прямых наблюдений МГД-волн в короне было получено множество данных об их типах и свойствах. Наблюдаются практически все типы волн, распространяющихся в различных корональных структурах: корональных петлях, корональных дырах, полярных шапках и т. д. Классификацию наблюдаемых волновых процессов облегчает тот факт, что в корональных условиях альвеновская скорость значительно превышает звуковую. Это обстоятельство крайне важно также и в ином отношении, так как преобладание магнитной энергии над тепловой меняет прежние представления о причинах существования солнечного ветра, основанные на модели Паркера. Тепловые и газодинамические процессы играют хотя и сравнимую, но в целом менее важную роль в короне по сравнению с плазменной кинетикой и магнитной гидродинамикой. Солнечный ветер существует не только и не столько потому, что имеется горячая корона, испытывающая тепловое расширение в пустоту, но в основном благодаря действию сил электромагнитной природы и направленных преимущественно в сторону от Солнца. Характер самой постановки проблемы об ускорении солнечного ветра изменился.

Использование Hinode и SDO позволило получить новую детальную информацию о волновых и конвективных процессах в солнечной атмосфере. В активных областях повсеместно наблюдаются восходящие течения, что, помимо проблемы коронального нагрева, может иметь отношение в проблеме генерации солнечного ветра. В настоящее время ясно, что по существу это единая проблема. Нельзя достаточно полно понять и описать процессы нагрева и ускорения корональной плазмы в отдельности друг от друга. Тем не менее, старые подходы, исторически сложившиеся за многие десятилетия все еще преобладают, что объясняется недостаточным уровнем информации о многих конкретных физических параметрах. Одновременное присутствие волн и течений в основаниях КП может быть инициировано действием фотосферных возмущений плазмы. SDO дает прямое подтверждение проникновения p -моды в корону (Didkovsky et al., 2011).

Hinode/EIS позволяет оценить масштаб распространения медленных магнитозвуковых волн в основаниях КП примерно в 20 тыс. км, что можно объяснить скорее особенностями внутренней структуры КП, чем диссипативными эффектами (Marsh et al., 2011). Данные Hinode/EIS показывают также уменьшение амплитуды медленных магнитозвуковых волн с увеличением температуры плазмы в основаниях КП (Wang et al., 2009). Этот эффект, а также быстрое затухание волн может быть объяснен сложной структурой КП, состоящей из отдельных нитей (Wang et al., 2009; Ofman, 2009). Взаимосвязь между колебаниями и течениями отмечается в данных Hinode/EIS и SDO. Наблюдаются поперечные колебания в КП с продольным течением. Исследуются эффект продольного течения на спектр линейных мод магнитной трубки и линейное возбуждение МГД-неустойчивостей в сдвиговых течениях в короне.

Нелинейное взаимодействие возмущений. Конверсия альвеновских волн в магнитозвуковые может рассматриваться как пример их не прямой диссипации. Этот процесс может происходить в результате нелинейного резонансного взаимодействия волн различными способами: распад альвеновской волны на другую альвеновскую и медленную магнитозвуковую волны, возбуждение быстрой магнитозвуковой волны в результате взаимодействия двух альвеновских. Эти процессы изучались ранее при корональных условиях в плоской геометрии (Wentzel, 1974; Nakariakov, Oraevsky, 1995). Аналогичная задача решена для корональных условий в цилиндрической геометрии применительно к корональным магнитным трубкам (Mikhalyaev, Vembitov, 2014). Рассмотрена задача возбуждения быстрой радиальной моды, способной модулировать микроволновое и мягкое рентгеновское излучение корональной плазмы. Показано, что это может происходить в результате резонансного взаимодействия двух торсионных мод из наблюдаемого спектра.

Нелинейное поведение волн в солнечной атмосфере чаще изучается численными методами. В двумерном приближении исследовалось нелинейное взаимодействие альвеновских и быстрых магнитозвуковых волн (Nakariakov et al., 1997). Показано, что неоднородность среды усиливает эффект взаимодействия. Численный подход широко используется в последнее десятилетие в задачах генерации и распространения волн в неоднородной атмосфере. Возмущения оснований магнитных трубок, вызываемых фотосферными возмущениями, приводят к генерации медленных и быстрых магнитозвуковых волн, которые трансформируются в ударные волны (Khomenko et al., 2008; Fedun et al., 2011; Vigeesh et al., 2012), способные проникать в корону (Ofman et al., 2012).

Результаты 3D-моделирования показывают возможность нелинейного взаимодействия волновых и конвективных возмущений. При наличии продольного по полю стационарного течения в скрученных корональных магнитных трубках торсионные колебания вызывают нелинейную модуляцию плотности и скорости течения (Ofman, 2009). При этом сами колебания затухают быстрее, чем аналогичные колебания в нескрученной трубке. Стационарные и нестационарные дозвуковые течения плазмы в основаниях КП приводят к нелинейному возбуждению сжимаемых продольных и поперечных волн в корональном магнитном поле

(Ofman et al., 2012; Wang et al., 2013). Это показывает, что наблюдаемые колебания в основаниях КП могут генерироваться не только p -модами, проникающими в корону, но и мелко-масштабными рекуррентными явлениями энерговыделения, такими как нановспышки и генерируемые ими джеты. Течения могут достигать высот в 20 тыс. км, что подтверждается наблюдениями (Marsh et al., 2011), быстро замедляясь из-за действия эффектов гравитации и градиента газового давления.

Нелинейные альвеновские волны генерируют медленные и быстрые магнитозвуковые волны, которые диссипируют вследствие образования ударных волн (Hollweg et al., 1982; Hollweg, 1992). Часть энергии этих волн может проникать в корону, приводя к ее нагреву. Альвеновские волны генерируют также повторяющиеся импульсные джеты, похожие на спикюлы. Иными словами, нагрев верхней атмосферы может происходить в импульсном режиме посредством импульсных потоков волновой энергии и повторяющихся кратковременных, но высокоскоростных, течений. Область между фотосферой и переходной зоной служит резонатором альвеновских волн, возбуждаемых фотосферной конвекцией (Matsumoto, Shibata, 2010). По данным спектра фотосферных возмущений получена оценка потока энергии альвеновских волн, достаточного для нагрева спокойной короны.

Получены прямые наблюдательные свидетельства взаимодействия поперечных и продольных волн в мелко-масштабных магнитных трубках в нижней атмосфере (Stangalini et al., 2013), подтверждающие предположение, что фотосферные конвективные возмущения могут приводить к генерации продольных волн.

Нелинейное взаимодействие альвеновских волн может приводить к турбулентному нагреву хромосферы и короны (Asgari-Targhi et al., 2012; Sokolov et al., 2013). В теории турбулентного нагрева важным параметром является продольное вдоль КП распределение альвеновской скорости, которое можно получить, используя данные наблюдений и модели энергетического баланса петли (Asgari-Targhi et al., 2012). Волны частично отражаются в области скачка альвеновской скорости и захватываются в области ее максимума, то есть в верхней части петли. Вопросам МГД-турбулентности в солнечной атмосфере посвящена довольно обширная литература, и цитируемые здесь статьи следует рассматривать как примеры последних работ по теме. На самых мелких масштабах и при самых быстрых процессах в солнечной короне более важными становятся кинетические явления, описываемые за пределами магнитной гидродинамики в рамках плазменной кинетики и электродинамики.

Настоящая работа частично поддержана грантами РФФИ 13-02-00461, 14-02-00676 и Программами РАН П 22 и П 26.

Литература

- Aschwanden M.J., Nightingale R.W. // 2005, *ApJ*, 633, 499.
 Aschwanden, M. J. 2006, *Physics of the Solar Corona: An Introduction with Problems and Solutions*. New York: Springer.
 Aschwanden M.J., Boerner P. // 2011, *ApJ*, 732, 81.
 Asgari-Targhi M., van Ballegooijen A.A. // 2012, *ApJ*, 746, 81.
 Brooks D.H., Warren H.P., Ugarte-Urra I., Winebarger A.R. 2013, *ApJ*, 772, L19.
 Brooks D.H., Warren H.P., Ugarte-Urra I. // 2012, *ApJ*, 755, L33.
 Didkovsky L., Judge D., Kosovichev A.G., Wieman S., Woods T. // 2011, *ApJ*, 738, L7.
 Doschek G.A. // 2012, *ApJ*, 754, 153.
 Fedun V., Shelyag S., Erdelyi R. // 2011, *ApJ*, 727, 17.
 Hollweg J.V., Jackson S., Galloway D. // 1982, *SP*, 75, 35.
 Hollweg J.V. // 1992, *ApJ*, 389, 731.
 Kano R., Ueda K., Tsuneta S. // 2014, *ApJ*, 782, L32.
 Khomenko E., Collados M., Felipe T. // 2008, *SP*, 251, 589.

- Marsh M.S., De Moortel I., Walsh R.W. // 2011, ApJ, 734, 81.
- Matsumoto T., Shibata K. // 2010, ApJ, 710, 1857.
- McIntosh S.W., De Pontieu B., Carlsson M., Hansteen V., Boerner P., Goossens M. // 2011, Nature, 475, 477.
- Mikhalyaev B.B., Bembitov D.B. // 2014, SP, 289, 4069.
- Nakariakov V.M., Oraevsky V.N. // 1995, SP, 160, 289.
- Nakariakov V.M., Roberts B., Murawski K. // 1997, SP, 175, 93.
- Ofman L. // 2009, ApJ, 694, 502.
- Ofman L., Wang T.J., Davila J.M. // 2012, ApJ, 754, 111.
- Schmelz J.T., Pathak S., Jenkins B.S., Worley B.T. // 2013, ApJ, 764, 53.
- Sokolov I.V., van der Holst B., Oran R., Downs C., Roussev I.I., Jin M., Manchester W.B., Evans R.M., Gombosi T.I. // 2013, ApJ, 764, 23.
- Stangalini M., Solanki S.K., Cameron R., Martínez Pillet V. // 2013, A&A, 554, A115.
- Stepanov A.V., Zaitsev V.V., Nakariakov V.M. Coronal Seismology, 2012, Wiley-VCH Verlag & Co.KGaA, Weinheim, Germany.
- Vigeesh G., Fedun V., Hasan S.S., Erdelyi R. // 2012, ApJ, 755, 18.
- Wang T.J., Ofman L., Davila J.M. // 2009, ApJ, 696, 1448.
- Wang T.J., Ofman L., Davila J.M. // 2013, ApJ, 755, L23.
- Warren H.P., Winebarger A.R., Brooks D.H. // 2010, ApJ, 711, 228.
- Wentzel D.G. // 1974, SP, 39, 129.

О ПУЛЬСАЦИЯХ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ СОЛНЦА

Т. А. Нихад, Т. Б. Гольдварг

Калмыцкий государственный университет, Элиста

Аннотация

В данной работе проводится вейвлет-анализ микроволнового излучения Солнца в избранной активной области по наблюдениям на РТ-22 и выявляются периодические компоненты, характерные для активной области, как целого. Затем, сравниваются полученные периоды с результатами обработки колебаний локального радиисточника, который наблюдался на радиогелиографе Нобеяма.

Введение. Около полувека назад стали исследоваться квазипериодические колебания (КПК) в активных областях (АО) Солнца. Сначала изучались глобальные 5-и минутные колебания и колебания в пятнах с периодом 3 минуты по результатам наблюдений в оптическом диапазоне. Сейчас активно изучаются колебания на Солнце, как с меньшими, так и с большими периодами во всех волновых диапазонах, так как исследование периодических процессов в солнечной атмосфере, помогает построить модели многих солнечных явлений.

Один из самых загадочных вопросов гелиофизики: аномальный нагрев короны, в настоящее время считается, что этот нагрев обусловлен короткопериодическими МГД-волнами, которые возбуждаются в виде коротких цугов. Поэтому возникает необходимость детального исследования излучения, полученного с высоким временным разрешением (менее 1 с). Наблюдения на современных комических аппаратах в высокочастотной области спектра, таких как SOHO и TRACE, хотя и имеют высокое пространственное разрешение, но время накопления сигнала составляет десятки секунд. Кроме этого радиоизлучение в АО чувствительно к изменению магнитного поля, что делает их наблюдение в радиодиапазоне особенно ценным. Такие наблюдения всей АО с высоким временным разрешением проводятся, например, на РТ-22 (КРАО). С меньшим временным разрешением (около 10 с), зато с высоким пространственным разрешением можно наблюдать локальные источники радиоизлучения в АО Солнца на японском радиогелиографе Нобеяма.

Учитывая, принципиальную нестационарность процессов солнечной активности, традиционные методы (такие как, Фурье-анализ) не позволяют выявить все особенности КПК. В настоящее время активно используется вейвлет-анализ, который позволяет не только определить периодические составляющие сигнала, но проследить за их изменением во времени.

Данные наблюдений и их обработка. На основе наблюдений НИИ КРАО на РТ-22, которые проводились с 22 по 24 сентября 2001 года на двух длинах волн 2 и 3,5 см с временным разрешением 1 с, данная активная область NOAA №9628 отличается своей сложностью и неоднородностью (рис.1). Так, были получены временные ряды изменения интенсивности излучения длительностью около 8 часов [Гельфрейх и др., 2004]. Эти данные были обработаны с помощью вейвлет-анализа в математическом пакете MatLab.

Ниже на рисунке 2 представлен типичный пример динамического спектра микроволновых пульсаций данной АО, полученный для квазипериодических осцилляций с периодом меньше 10 мин, глубина модуляции которых, как правило, не превышала 3%. На верхнем рисунке дан исходный сигнал, а на нижнем его вейвлет-спектр, при этом по горизонтальной оси отложено время, по вертикальной масштаб, который в данном случае выполняет роль периода, а оттенками серого выделены значения вейвлет-коэффициентов. Чередование светлых и темных областей на каком-либо уровне масштабов, покажет характерные периоды.

Здесь видно, что наибольшими амплитудами обладают колебания с хорошо известными периодами около 300с. Выделяются также гармоники 3-х минутных осцилляций с $P = 60-100$ с и короткопериодические колебания с $P = 10-40$ с. Согласно [Кислякову и др., 1992], характерные частоты вибраций телескопа РТ-22 НИИ КРАО приходятся на частоты 0.25–5Гц, что свидетельствует в пользу солнечного происхождения найденных периодов.

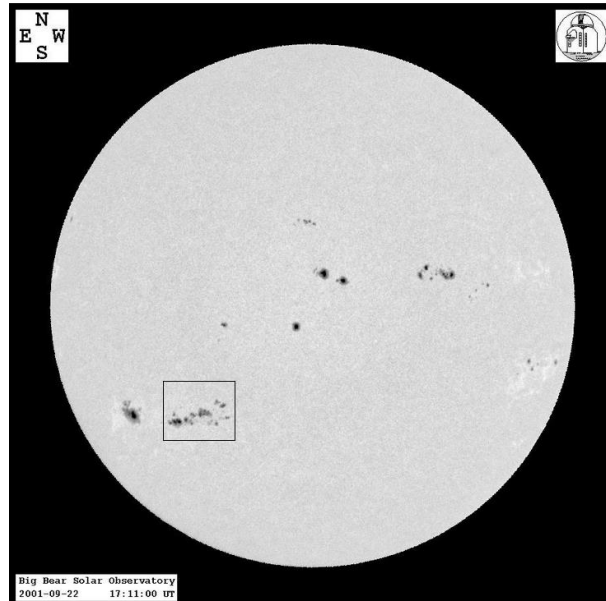


Рис.1. Изображение диска Солнца в линии $H\alpha$ за 22 сентября 2001г. по данным BBSO (<http://www.bbso.njit.edu/Research/FDHA/>).

Детальный анализ всех рядов наблюдений АО NOAA №9628 показал, что в среднем

добротность осцилляций $Q = \frac{\pi t_e}{P} \leq 10$, где t_e – характерное время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в e раз. Т.о. квазипериодические МГД–возмущения в атмосфере Солнца возбуждаются в виде коротких цугов, отражающих особенности, как генерации, так и распространения волн.

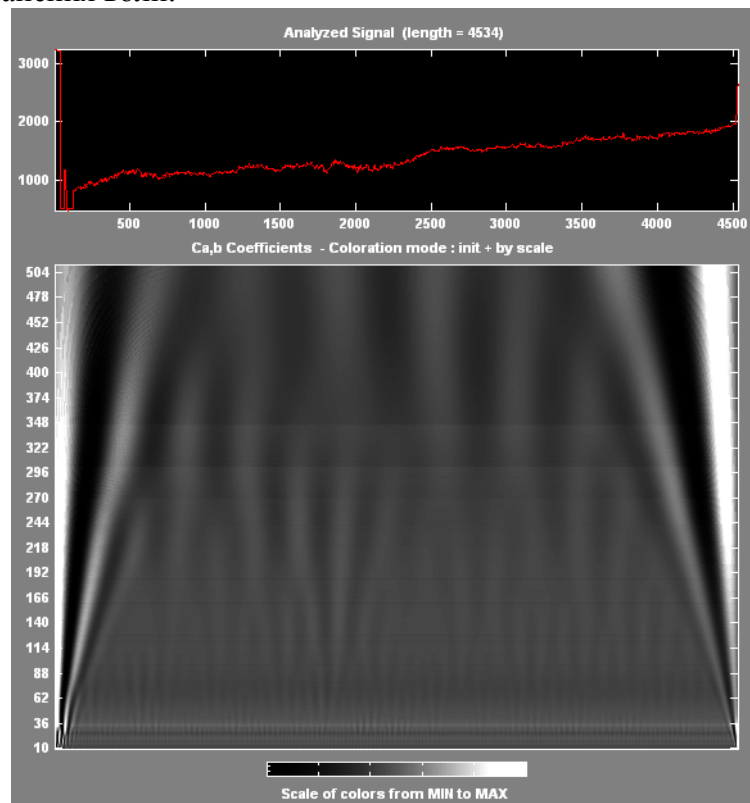


Рис.2. Вейвлет-спектр микроволновых пульсаций для АО №9628

Для сравнения колебательных режимов всей активной области и отдельного пятна были выбраны наблюдения радиогелиографа NoRH для радиоисточника на волне $\lambda = 1.76$ см, составляющие около часа с временным разрешением 10 с [Гельфрейх и др., 2003]. Пространственное разрешение радиокарт – около 10-15 угловых секунд по обеим координатам. Магнитное поле данного источника – около 2000 Гс. Ниже (рис.3) приводится график радиointенсивности и его вейвлет-спектр.

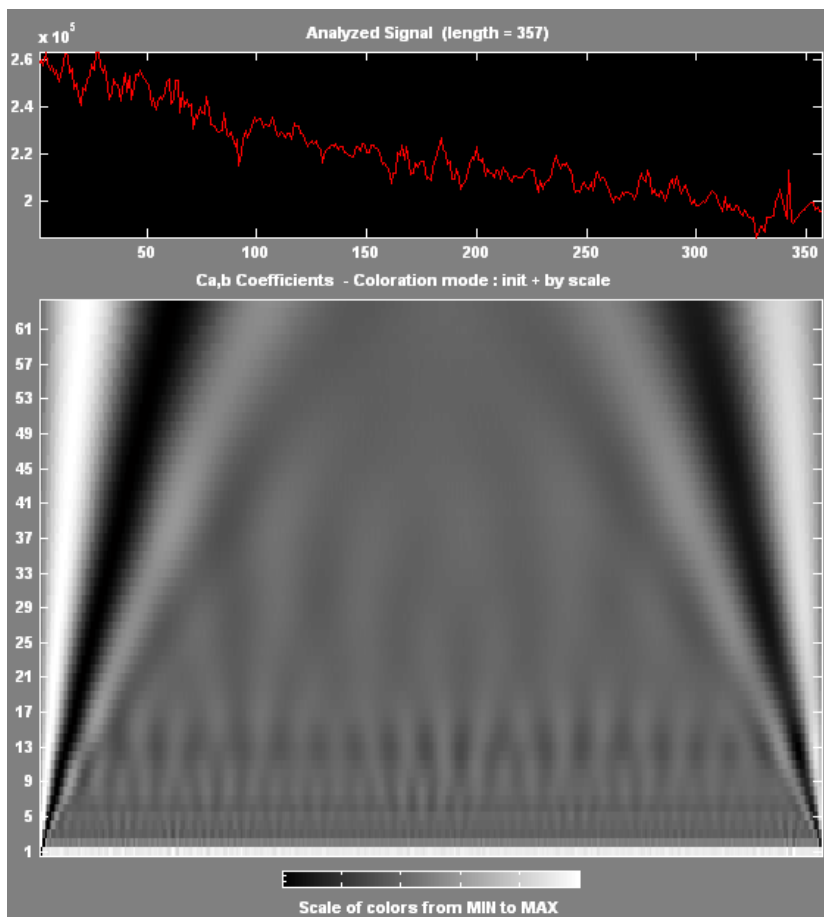


Рис.3.4. Вейвлет-спектр радиоизлучения локального источника, наблюдавшегося на радиогелиографе Нобеля в июле 1998 г.

Здесь в отличие от предыдущего спектра (рис.2) более четко видны составляющие сигнала, что скорее всего, это связано с высоким значением магнитного поля в пятне под радиоисточником.

По вертикальной оси отложен масштаб в секундах, как и на рисунке 3.2., но здесь, он не играет роль периода, поскольку примерно в 10 раз меньше. Теперь если умножить масштаб на 10, то увидим, что четко прослеживаются 3-х и 5-ти минутные периодические составляющие, а также их более высокие моды.

Данный результат подтверждает выводы о том, что колебания в АО области и отдельного пятна имеют различные периоды.

Влияние альвеновских волн на модуляцию микроволнового излучения. Возбуждение альвеновских волн с $P > 10$ с в верхней хромосфере Солнца представляется проблематичным. В самом деле, следует ожидать, что генерация данных мод некоторым источником, имеющим характерные размеры H , будет эффективной лишь в том случае, если длина излучаемой волны $\lambda = V_A P \leq H$. Тогда, для $V_A = 3 \cdot 10^7$ см/с и $P = 20$ с, получим $H \geq 6 \cdot 10^8$ см, что существенно превышает толщину верхней хромосферы.

Характерная длина диссипации альвеновских волн [Heyvaerts, Priest, 1983] составляет $5 \cdot 10^9$ см., что сравнимо с длиной петли и свидетельствует о возможности эффективной передачи энергии волн корональной плазме.

Таким образом, можно полагать, что за обнаруженные колебания с периодом $P = 10-50$ секунд ответственны альвеновские возмущения, которые могут определять высокую температуру корональной плазмы. Действительно, если оценить поток энергии альвеновских волн в нижней короне с параметрами $\rho \approx 10^{-15}$ г/см³; $V_A = 10^8$ см/с; $\delta V = 10^7$ см/с, то получим:

$F = \frac{\rho \delta V^2}{2} V_A \approx 10^7$ эрг/см²/с, этой энергии вполне достаточно как для спокойных, так и для

активных областей. Кроме этого можно посчитать добротность резонансных колебаний, как

$Q = \left(\frac{3\pi l^2}{2\eta P} \right) \approx 8$, здесь $l = 3 \cdot 10^8$ см – характерный масштаб изменения альвеновской скорости,

$\eta = 4 \cdot 10^{13}$ см²/с – коэффициент кинематической вязкости. Это значение для добротности как раз и соответствует динамическим спектрам, пример которого приведен на рис.3.2.

Данный результат хорошо согласуется с наблюдениями коронографа на Sacramento Peak в линии FeXIV [Adjabshirizadeh, Mahmoudzadeh., 2003], благодаря которым удалось выявить квазипериодические колебания доплеровских скоростей с периодом около 30 с. Поскольку в интенсивности они так и не были обнаружены, то это является прямым указанием на их возможную связь альвеновскими волнами.

Заключение. В представленной работе на основе наблюдательных данных, полученных на РТ-22 НИИ КрАО в сентябре 2001 года, проведен анализ пульсаций микроволнового излучения АО NOAA №9628. С помощью математического пакета MatLab были построены динамические вейвлет-спектры и выявлены периодические компоненты на уровне $P=3-5$ мин. и $P=10-40$ с, которые имеют вид низкодобротных цугов. Найденные короткопериодические ($P = 10-40$ с) колебания могут быть вызваны альвеновскими волнами, нагрев солнечной короны.

Для сравнения был построен вейвлет-спектр интенсивности локального пятенного радиоисточника, который наблюдался радиогелиографом Нобеяма в июле 1998 г. Для этого источника максимальную амплитуду имели 3-х минутные колебания.

Литература

1. Кисляков А.Г., Носов В.И., Поздняков М.М., Цветков Л.И., Шевченко Г.И. *Исследование вибрационных мод конструкции радиотелескопа РТ-22 КрАО и их влияния на флуктуационные ошибки наведения* // Изв. КрАО. 1992. Т.86. С.167-172
2. Гельфрейх Г.Б., Цап Ю.Т., Копылова Ю.Г., Гольдварг Т.Б., Наговицын Ю.А., Цветков Л.И. *О вариациях микроволнового излучения активных областей солнечной атмосферы* // Письма в Астрон. журн. 2004. Т. 30. №7. С.540-547
3. Гельфрейх Г.Б., Наговицын Ю.А., Наговицына Е. Ю., Гольдварг Т.Б., Рябов Б.И. *Квазипериодические колебательные процессы над солнечными пятнами по данным радиогелиографа Нобеяма.* //Труды международной конференции ГАО РАН, Пулковое, Санкт-Петербург, 2003, с.111–116
4. Heyvaerts J., Priest E.R. *Coronal heating by phase-mixed shear Alfvén waves* // Astron. & Astrophys. 1983. V. 117. P. 220–234.
5. Adjabshirizadeh A., Mahmoudzadeh. A. *Study of short period coronal waves* // Proc. ISCS 2003 Symposium "Solar Variability as an Input to the Earth's Environment" / Ed.: Wilson A. ESA SP-535 Noordwijk. 2003. P. 763-766

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ МЕЛКОГО И ГЛУБОКОГО СОЛНЕЧНОГО ПЯТНА

А. А. Соловьев¹, А. С. Манжиков²

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, СПб,

²Калмыцкий государственный университет, Элиста

Аннотация

Сопоставляются две качественно различных модели солнечного пятна: модель мелкого пятна, ограниченного снизу уровнем 4Мм, и модель глубокого пятна, магнитное поле, которого, монотонно нарастает с глубиной и достигает у дна конвективной зоны напряженности 150 кГс. Показано, что модель глубокого пятна, используемая в последнее время рядом авторов для интерпретации некоторых данных локальной гелиосейсмологии, противоречит базовым представлениям солнечной физики и не может рассматриваться в качестве альтернативы модели мелкого пятна.

Введение. Согласно модели мелкого пятна, солнечное пятно, как область, занятая относительно холодной плазмой и сильным магнитным полем, проникает в конвективную зону Солнца на небольшую глубину, около 4 Мм (Kosovichev, 2000; 2006; 2009; 2012). Ниже этого уровня под пятном располагается обширная зона перегретой (по сравнению с окружающей средой) плазмы, магнитное поле силовой трубки пятна здесь резко ослабевает и запутывается конвективными движениями плазмы. Уровень 4Мм можно рассматривать как нижнюю границу солнечного пятна (НПП). Модель мелкого пятна позволяет дать достаточно простые и ясные ответы на ряд фундаментальных вопросов относительно физической природы солнечных пятен (Solov'ev and Kirichek 2009; 2014).

Однако наряду с моделью мелкого солнечного пятна в последнее время рядом авторов при анализе локальной гелиосейсмологии (ЛГС) используется альтернативная ей модель глубокого пятна, согласно которой магнитное поле солнечного пятна сохраняет свою самоподобную структуру (решение Schlüter and Temesvary, 1958) вплоть до дна конвективной зоны, до глубин около 200 Мм, где его напряженность превышает 10^5 Гс (Moradi, Cally 2008; Moradi, Hanasoge, Cally 2009; Moradi, Baldner, Birch et al. 2010).

В данной работе сравниваются две указанных выше модели солнечного пятна. Показано, что модель глубокого пятна противоречит ряду сложившихся в солнечной физике базовых представлений и не может рассматриваться в качестве серьезной альтернативы модели мелкого пятна. Последняя основана не только на данных локальной гелиосейсмологии, которые в некоторых аспектах могут быть подвергнуты сомнению, но и на ряде серьезных физических аргументов.

Сопоставление моделей. Рассмотрим аргументы в пользу той или иной модели пятна.

1. В основе критического отношения к модели мелкого пятна лежит утверждение о том, что различные методы ЛГС дают несовпадающие результаты. Заметим, во-первых, что это далеко не всегда так. В работах (Basu, Antia, Bogart, 2004; Bogart, Basu, Rabello-Soares, Antia, 2008) показано, что результаты, полученные методом колец (ring-analyzes), согласуются с данными группы Косовичева, полученными методом "time-distance". И в том, и в другом случае на глубине несколько Мм под активными областями обнаруживаются обширные зоны с повышенной температурой плазмы. Правда, применение метода колец дает для глубины НПП значение 7Мм (что, возможно, обусловлено тем, что метод колец обладает низким пространственным разрешением). Однако, по данным, полученным методом фильтрации фазовых скоростей (Gizon, Schunker, Baldner et al., 2008) перегретая зона под пятном начинается уже на глубине 3Мм. Таким образом, основные методы ЛГС дают в целом совпадающие результаты относительно эффективной глубины солнечных пятен. В тех случаях, когда различные методы ЛГС согласовать не удастся, этот факт, на наш взгляд, следует рассматри-

вать как внутреннюю проблему ЛГС, не имеющую прямого отношения к физической природе солнечного пятна.

2. Имеется важное физическое соображение относительно глубины колонны холодного газа в пятне, которое необходимо в первую очередь принимать во внимание при рассмотрении этого вопроса. Охлаждение газа в пятне, как это в настоящее время общепризнано, вызвано эффективным подавлением конвективного переноса сильным вертикальным полем. В пятне остается, в основном, лишь лучистый перенос энергии, в результате чего поток тепла, поступающий снизу в верхнюю часть трубки пятна, уменьшается в несколько раз, и плазма пятна, нагреваемая раньше, главным образом, за счет конвекции, охлаждается за счет лучистого высвечивания. Можно рассчитать время тепловой релаксации слоя заданной толщины к новому состоянию теплового баланса при наличии только лучистого переноса тепла. Такая задача была в свое время решена Грининым (Grinin, 1972). Он получил, что за характерное время порядка 5 дней солнечное пятно охлаждается (высвечивается) только до глубин около 5 Мм. Для высвечивания слоя глубиной в 40 Мм потребуется уже несколько десятков лет, что на порядки превышает время жизни пятна. Как видим, теоретическая оценка характерной глубины лучистого охлаждения пятна – несколько Мм, полученная задолго до появления методов ЛГС, численно совпадает с современными представлениями о мелком солнечном пятне.

3. Модель глубокого пятна предполагает, что магнитная силовая трубка пятна пронизывает конвективную зону Солнца на всем ее протяжении, сохраняя свою внутреннюю самоподобную структуру и не подвергаясь конвективному запутыванию (Рис.1 слева). Это означает, что магнитное поле в трубке пятна на всех уровнях заведомо превышает поле равнораспределения B_{eq} (величина B_{eq} определяется из условия равенства магнитного давления

динамическому давлению турбулентной среды: $\frac{B_{eq}^2}{8\pi} = \frac{\rho V_{turb}^2}{2}$, где ρ плотность плазмы и V_{turb}^2

- квадрат скорости турбулентных пульсаций. Плотность газа в основании конвективной зоны составляет около 0.2 г/см^3 . Если принять, что скорость конвективного перемешивания на этом уровне близка к тому значению, которое наблюдается в фотосфере ($V=1 \text{ км/с}$), то B_{eq} у основания конвективной зоны поле должно быть больше 150 кГс. Наличие в конвективной зоне магнитных силовых трубок с такой высокой напряженностью магнитного поля резко противоречит концепции среднего магнитного поля, лежащей в основе современной теории динамо.

Кроме того, тороидальные магнитные трубки, при всплывании которых формируются солнечные пятна, обладали бы при таком поле чрезвычайно высокой магнитной плавучестью и очень быстро были бы вынесены на поверхность на временах, много меньших времени развития солнечного цикла (Parker 1979a; 1979b). Необходимо также учесть, что из условий гидростатического равновесия вертикальной магнитной силовой трубки следует (Solov'ev, Kirichek 2009), что если в такой трубке магнитное поле монотонно нарастает с глубиной, как это имеет место в модели глубокого пятна, то в ней на всех уровнях плотность газа окажется меньше, чем плотность газа в окружающей среде на той же глубине. Это означает, что магнитная плавучесть в соответствии с законом Архимеда будет действовать не только на горизонтальные части магнитной трубки, но и на вертикальную ее часть, так что равновесие такой системы в целом в конвективной зоне Солнца будет заведомо невозможно.

4. При обсуждении модели глубокого пятна остро встает проблема диссипации столь протяженной по радиусу Солнца магнитной структуры, не подверженной конвективному перемешиванию. Если в мелкой модели для оценки средней по глубине пятна электропроводности плазмы, от величины которой напрямую зависит скорость его омической диссипации через тонкий граничный слой (Solov'ev 1991), можно взять величину лишь в несколько раз превышающую ее значение в поверхностных слоях пятна (около $\sigma \approx 10^{10} \text{ с}^{-1}$, Обридко 1985),

то для оценки времени диссипации очень глубокой магнитной структуры указанное значение газокинетической проводимости следует увеличить уже на несколько порядков. Тогда время омической диссипации глубинной магнитной структуры такого типа составит около тысячи лет. Получается, что конвективная зона в течение сотен или даже тысяч лет должна быть пронизана множеством (десятками тысяч) таких жестких магнитных трубок – остатков глубоких пятен от предыдущих циклов. Понятно, что в такой среде никакое магнитное динамо работать бы не могло, и цикличное развитие солнечной активности оказалось бы совершенно невозможным.

5. Сторонники глубокой модели, ссылаясь на работы Rempel (2012) по численному моделированию процесса образования солнечных пятен, отмечают, что при этих расчетах не выявляется нижняя граница пятна, на которой бы его магнитное поле резко расширялось с глубиной и ослаблялось до значений B_{eq} . Дело, однако, в том, что при численных расчетах в модели Rempel (2012) изначально принималось (из соображений чисто математического удобства), что на нижней границе расчетного домена, выбираемой на глубине 6 Мм, магнитное поле искусственно фиксируется и поддерживается неизменным в течение всего расчетного времени. Понятно, что при такой специфической постановке численной задачи вопрос о динамике магнитного поля на нижней границе пятна в принципе решен быть не может. В этой связи особый интерес представляет работа (Kichatinov, Mazur 2000, рис.1, справа), выполненная еще в начале "гелиосейсмологической эры". Здесь авторы попытались перекинуть мостик между концепцией среднего магнитного поля, лежащей в основе динамо-теории, и моделями таких крупномасштабных образований, имеющих регулярную магнитную структуру, как солнечные пятна. Численно рассчитывая эффект концентрации магнитного поля в результате развития неустойчивости, обусловленной подавлением конвективного перемешивания вертикальным магнитным полем, они, в качестве предварительного результата (линейный анализ), получили устойчивую конфигурацию поля пятна в виде локальной перетяжки вблизи уровня фотосферы, что хорошо соответствует именно модели мелкого пятна.

6. Модель мелкого солнечного пятна обладает тем важным преимуществом перед глубокой моделью, что она наиболее простым и естественным образом объясняет появление перегретой зоны под пятном, а также характерную геометрию крупномасштабных течений в его окрестности, как следствие того, что солнечное пятно, как область холодной плазмы и сильного магнитного поля, действует подобно крышке: оно блокирует выход в наблюдаемые слои того потока тепла, которое переносится конвекцией в подпятенных слоях. Этот заблокированный поток тепла, накапливаясь под пятном на глубинах более 4Мм, и создает обширную перегретую зону с восходящими и растекающимися из нее в стороны потоками плазмы.

7. О наличии под солнечным пятном на глубине в несколько тысяч километров перегретой зоны указывалось еще в работах Ponomarenko (1972) и Parker (1974) задолго до появления методов ЛГС, а в монографии Обридко (1985) эта идея вынесена даже во Введение к книге и описана как одно из основных свойств солнечного пятна.

Заключение. Основываясь на изложенных выше аргументах, мы заключаем, что модель глубокого солнечного пятна, используемая в последнее время рядом авторов для интерпретации некоторых данных ЛГС, противоречит комплексу сложившихся в солнечной физике базовых представлений и не может рассматриваться в качестве серьезной альтернативы модели мелкого пятна.

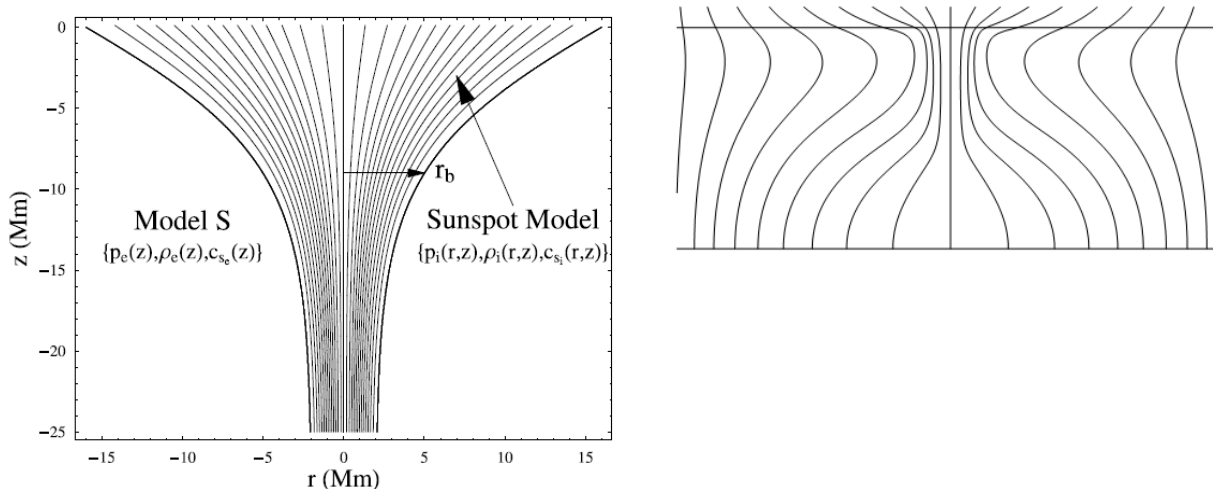


Рис.1. Слева: модель глубокого пятна, рисунок взят из работы (Moradi, Cally, 2008). Справа: схематический разрез вертикальный магнитной конфигурации в подфотосферных слоях, полученный в результате численных расчетов в работе Kichatinov and Mazur (2000).

Литература

- Обридко В.Н.* Солнечные пятна и комплексы активности.- М.:Наука,1985.-255с.
- Basu S., Antia H.M., Bogart R.S.* Ring-diagram analysis of the structure of solar active region //Astrophys.J.2004. .V.610. P.1157-1168.
- Bogart R.S., Basu S., Rabello-Soares M.S., Antia H.M.* Probing the Subsurface Structure of Active Regions with Ring-Diagram Analysis // Solar Phys.2008.V.251.P.439-451.
- Gizon L., Schunker H., Baldner C.S. et al.*(15 co-authors) Helioseismology of Sunspots: A Case Study of NOAA Region 9787 //Space Science Reviews, 2008.V.144, Nos 1–4, P.249–273. DOI:10.1007/s11214-008-9466-5.
- Grinin V.P.*Theory of radiative heat exchange in polytropic atmosphere. Astrofizika.// 1972. V.8. №1. P. 53-70.
- Kichatinov L. L., Mazur M. V.* Stability and equilibrium of emerged magnetic flux // Solar Phys. 2000. V.191.P. 325–340.
- Kosovichev A.G., Duvall T.L._Jr., Scherrer P.H.* Time-Distance Inversion Methods and Results//Solar Phys. 2000. V.192. P. 159-176.
- Kosovichev A.G.* Subsurface characteristics of sunspots//Advances in Space Research. 2006. V.38. P. 876-885.
- Kosovichev A.G.* Photospheric and Subphotospheric Dynamics of Emerging Magnetic Flux//Space Science Rev. 2009.V.144.P. 175-195.
- Kosovichev A.G.* Local Helioseismology of Sunspots: Current Status and Perspectives. //Solar Phys. 2012.V.279. P. 323-348.
- Moradi H., Baldner C., Birch A.C. et al* (22 co-authors) Modeling the subsurface structure of sunspot.//Solar Phys. 2010. V. 267. P. 1-62.
- Moradi H., Cally P.S.* Time – Distance Modeling in a Simulated Sunspot Atmosphere//Solar Phys.2008.V. 251. P. 309-327.
- Moradi H., Hanasoge S.M., Cally P.S.* Numerical models of travel-time inhomogeneities in sunspots//Astrophys. J. 2009. V. 690.P. L72-L75.
- Parker E.N.* The Nature of the Sunspot Phenomenon.I: Solutions of the Heat Transport Equation// Solar Phys. 1974.V.36. P. 249-274.
- Ponomarenko Yu.B.* Mechanism for the Formation of Sunspots // Soviet Astronomy. 1972. V. 16. P. 116-120.
- Parker E.N.* Sunspots and the physics of magnetic flux tubes. Astrophys. J. 1979a. V. 230. P. 905-923.

Parker E.N. Cosmical magnetic fields. Part. I. Clarendon Press. Oxford. 1979b. -608.

Rempel M. Numerical Sunspot Models: Robustness of Photospheric Velocity and Magnetic Field Structure. *Astrophys. J.* 2012.V. 750.P. 62 (21 pp.).

Schlüter A., Temesváry S. The internal constitution of sunspots // In: Lehnert B.(ed.) *Electromagnetic Phenomena in Cosmical Physics, IAU Sympos. V.6.* Cambridge University Press. 1958. P. 263-285.

Solov'ev A.A. Problem of sunspot dissipation. *Soviet Astron.* 1991.V.35.№1.P.83-87.

Solov'ev A.A., Kirichek E.A. Sunspot as an isolated magnetic structure: Stability and oscillations//*Astrophys. Bulletin.* 2008. V. 63.P. 169-180.

Solov'ev A.A., Kirichek E.A. Basic properties of sunspots. *Astrophysics and Space Science.* (Accepted) 2014.

ДИССИПАТИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ЖГУТА С БЕССИЛОВОМ ПОЛЕМ В РЕЗИСТИВНОЙ СРЕДЕ

А. А. Соловьев¹, И. И. Шибельбейн²

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, СПб,

²Калмыцкий государственный университет, Элиста

Аннотация

Получено новое точное решение, описывающее диссипативную эволюцию вертикального магнитного жгута с бессиловой внутренней структурой (статическое решение Шацмана), находящегося в пассивной среде конечной проводимости. На границе магнитного жгута, где радиальное поле обращается в нуль, баланс полного давления (газовое + магнитное) поддерживается за счет давления внешней среды, в которой магнитное поле отсутствует (или имеет потенциальный характер). Диссипативные процессы внутри жгута (джоулево энерговыделение) приводят к уменьшению магнитного давления в жгуте, и внешняя среда, восстанавливая баланс давлений, сжимает жгут как в радиальном, так и вертикальном направлениях. Отмечается возможность применения полученного решения для описания горячих рентгеновских точек на Солнце.

Введение. Скрученные магнитные силовые трубки (магнитные жгуты) представляют собою один из наиболее важных элементов солнечной активности в целом. Обычно в солнечной атмосфере магнитный жгут окружен квазипотенциальным магнитным полем, которое обеспечивает равновесие жгута в поперечном сечении. В резистивной среде такая система подвержена диссипативной эволюции в силу того, что снаружи в потенциальном поле диссипация отсутствует, а внутри жгута, где плотность токов отлична от нуля, часть магнитной энергии постоянно конвертируется в тепловую, понижая тем самым внутреннее магнитное давление, противостоящее давлению внешней среды. Это приводит к радиальному сжатию магнитного жгута со скоростью, определяемой проводимостью плазмы и характерным пространственным масштабом изменения магнитного поля в жгуте. В работе [1] были получены решения, описывающие самоподобное равномерное сжатие магнитного жгута с линейным бессиловым внутренним полем ($\alpha = const$). Формально радиус жгута a уменьшается до нуля за конечное время. Это время для жгута с радиусом в несколько сотен км оказывается относительно небольшим (несколько часов), если спиральность магнитного поля в жгуте достаточно велика: $\alpha a \gg 1$. В настоящей работе рассматривается тот же процесс диссипативной эволюции применительно к вертикально расположенному магнитному жгуту, бессиловое поле которого падает с высотой по экспоненте (исходная конфигурация – магнитостатическое решение Шацмана [2]). Закон радиального и продольного сжатия имеет тот же вид, что и для цилиндрического магнитного жгута с двумя компонентами поля [1].

Релаксация магнитного поля в жгуте к линейному бессиловому состоянию. В подфотосферных слоях Солнца плазменный параметр $\beta = 8\pi P B^{-2}$ много больше единицы, и поведение магнитного поля определяется там, главным образом, течениями плазмы (обычно не только $\beta \gg 1$, но и $\rho V^2 / 2 \gg B^2 / 8\pi$, т.е. $V^2 \gg V_A^2$, где V – макроскопическая скорость течений, а $V_A = B(4\pi\rho)^{-1/2}$ – альвеновская скорость). Ситуация резко меняется, когда достаточно сильное магнитное поле (с напряженностью в несколько сотен гаусс и выше) выходит в фотосферу и в более высокие слои атмосферы Солнца. Здесь в МГД-уравнении движения элемента плазмы

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V}\nabla)\mathbf{V} \right) = (4\pi)^{-1} [\text{rot}\mathbf{B} \times \mathbf{B}] - \nabla P + \rho \mathbf{g} \quad (1)$$

обе немагнитные силы в правой части становятся пренебрежимо малыми и тогда магнитная система, минимизируя свою энергию, начинает со скоростью порядка альвеновской дви-

гаться к такому равновесию, в котором бы и магнитная сила оказалась близка к нулю: $[\text{rot}\mathbf{B} \times \mathbf{B}] = 0$. Это и есть релаксация системы к бессиловому состоянию, которое описывается уравнениями:

$$\text{rot}\mathbf{B} = \alpha\mathbf{B}, \quad (\nabla\alpha \cdot \mathbf{B}) = 0. \quad (2)$$

В формуле (2) α – некоторая псевдоскалярная функция координат. Если $\alpha = \text{const}$, то такое магнитное поле называют линейным бессиловым полем. Его замечательное свойство состоит в том, что если в заданном объеме плазмы сохраняется величина спиральности магнитного поля, задающая степень взаимной сцепленности магнитных силовых линий

$$K = \int_V \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} dV, \quad (3)$$

то распределение (2) при $\alpha = \text{const}$ соответствует минимуму магнитной энергии системы [3]. (В последней формуле \mathbf{A} – векторный потенциал магнитного поля). Это означает, что магнитное поле, будучи предоставлено «самому себе» в зоне с малым β , должно релаксировать к линейному бессиловому распределению. Но такая релаксация неизбежно будет связана с изменением топологических характеристик системы, т.е. с пересоединениями магнитных силовых линий на множественных мелкомасштабных токовых слоях [4]. Процесс носит диссипативный характер, понижающий полную магнитную энергию системы, но спиральность поля (3) изменяется при этом значительно медленнее, чем энергия, поэтому можно считать, что спиральность магнитного поля является его топологическим инвариантом [3]: $K \approx \text{const}$.

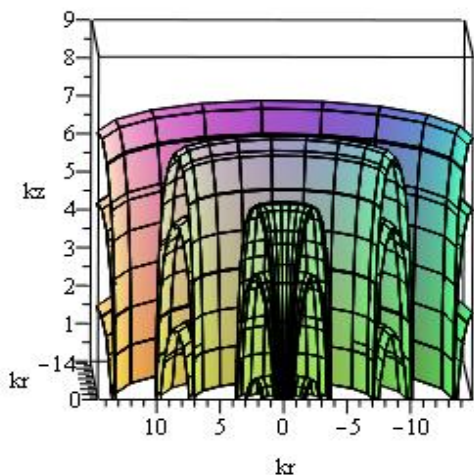


Рис.1. Форма магнитных поверхностей аксиальносимметричной бессиловой магнитной структуры (5) с экспоненциально спадающим по высоте полем. Принято $l = 0.5k$. Видно, как сгущается к оси продольное поле. Азимутальное поле $B_\phi(r, z)$, магнитные силовые линии которого кольцеобразно охватывают ось симметрии жгута Oz , здесь не показано. Любая поверхность, на которой радиальное поле обращается в нуль, может быть выбрана в качестве граничной.

Решение вариационной задачи на условный экстремум энергии при заданном инварианте K приводит к линейному бессиловому полю: $\text{rot}\mathbf{B} = \text{const}\mathbf{B}$ [4]. Для цилиндрически симметричного жгута с двумя компонентами поля $\mathbf{B}\{0, B_\phi(r), B_z(r)\}$ это распределение имеет вид [5]:

$$B_z(r) = B_0 J_0(\alpha r), \quad B_\phi(r) = B_0 J_1(\alpha r). \quad (4)$$

Здесь $J_0(\alpha r)$, $J_1(\alpha r)$ – функции Бесселя 1-го рода нулевого и первого порядка соответственно, α – константа, имеющая размерность обратной длины. Произведение αa есть безразмерная координата боковой поверхности магнитного жгута. Ее численная величина определяет

ся начальным запасом спиральности магнитного поля \mathbf{K} (т.е. интегральной сцепленностью, заузленностью потоков продольного $B_z(r)$ и азимутального $B_\phi(r)$ полей) в релаксирующей части магнитной силовой трубки.

Для осесимметричного магнитного жгута с тремя компонентами поля, магнитное поле которого падает с высотой, линейное бессиловое распределение имеет вид [2, 6] (рис. 1):

$$B_z(r, z) = B_0 \exp(-lz) J_0(kr), \quad B_\phi(r, z) = B_0 \sqrt{1 - \frac{l^2}{k^2}} \exp(-lz) J_1(kr), \quad (5)$$

$$B_r(r, z) = B_0 \frac{l}{k} \exp(-lz) J_1(kr).$$

Здесь k и l обратный масштаб длины по горизонтали и вертикали соответственно, причем $l \leq k$. Бессиловой параметр равен: $\alpha^2 = k^2 - l^2$. (Простой случай $l = k$, когда $B_\phi = 0$, соответствует потенциальному полю). На границе магнитного жгута с внешней средой радиальное поле должно обращаться в нуль, поэтому в качестве координаты граничной поверхности магнитного жгута ka следует выбрать один из нулей функции $J_1(x_n) = 0$, т.е. $(ka)_n = x_n$, где x_n – один из членов бесконечной последовательности

$$x_n = 3.8317; 7.0166; 10.1735; 13.3237; 16.4706; 19.6158; 22.7601; 25.9037... \quad (6)$$

На этой границе должен выполняться баланс давлений:

$$B_z^2(ka, z) + B_\phi^2(ka, z) = B_{z,ex}^2(z) + 8\pi(P_{ex}(z) - P_{in}(z)). \quad (7)$$

Резистивная эволюция бессилового магнитного жгута. Рассмотрим магнитный жгут, который после релаксации в надфотосферных слоях к состоянию (5) оказался в равновесии с окружающей его внешней средой (7). Рассмотрим задачу о резистивной эволюции этого бессилового поля. Система уравнений МГД имеет следующий вид: уравнение движения среды в бессиловом приближении

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \nabla) \mathbf{V} \right) = (4\pi)^{-1} [\text{rot} \mathbf{B} \times \mathbf{B}], \quad (8)$$

уравнение индукции

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\text{rot}(v_m \text{rot} \mathbf{B}) + \text{rot}[\mathbf{V} \times \mathbf{B}], \quad (9)$$

где $v_m = c^2(4\pi\sigma)^{-1}$ – магнитная вязкость среды, σ – проводимость, и уравнение непрерывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{V}) = 0. \quad (10)$$

Решение для поля скоростей будем искать в виде $\mathbf{V} = \{V_r(r, t), 0, V_z(z, t)\}$, где

$$V_r(r, t) = -\gamma(t)r, \quad V_z(r, t) = -\gamma(t)z. \quad (11)$$

и функция $\gamma(t)$, имеющая размерность обратного времени, подлежит определению. Подставляя (11) в уравнение (8), мы убеждаемся, что инерционный член в (8) обращается в нуль и, соответственно, $[\text{rot} \mathbf{B} \times \mathbf{B}] = 0$, т.е. бессиловое распределение поля в жгуте сохраняется со временем (с переменными $B_0(t)$ и $k(t), l(t)$), если $\gamma(t)$ подчиняется условию:

$$\frac{\partial \gamma}{\partial t} = \gamma^2. \quad (12)$$

Это уравнение имеет простое решение:

$$\gamma(t) = \frac{\gamma_0}{1 - \gamma_0 t}, \quad (13)$$

где $\gamma_0 = \gamma(0) = const$ – неизвестная пока константа. Видно, что за конечное время, при $t \rightarrow t_0 = \gamma_0^{-1}$, величина $\gamma(t)$ достигает бесконечно большого значения. Уравнение индукции (9) в покомпонентной записи примет вид:

$$\frac{\partial B_r}{\partial t} = -v_m \alpha^2 B_r + \frac{\partial}{\partial z} (V_r B_z - V_z B_r), \quad (14)$$

$$\frac{\partial B_\varphi}{\partial t} = -v_m \alpha^2 B_\varphi - \frac{\partial}{\partial r} (V_r B_\varphi) - \frac{\partial}{\partial z} (V_z B_\varphi), \quad (15)$$

$$\frac{\partial B_z}{\partial t} = -v_m \alpha^2 B_z - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r V_r B_z) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r V_z B_r). \quad (16)$$

Подставляя сюда распределение (5) с зависящими от времени $B_0(t)$ и $l(t)$, $k(t)$, а также скорости плазмы в виде (11), мы получим, как из уравнения (14), так и из уравнений (15) или (16), два следующих обыкновенных дифференциальных уравнения:

$$\gamma = \frac{\partial \ln l}{\partial t} = \frac{\partial \ln k}{\partial t}, \quad (17)$$

$$\frac{\partial \ln B_0(t)}{\partial t} = -\frac{c^2}{4\pi\sigma} (k^2 - l^2) + 2\gamma, \quad (18)$$

которые определяют зависимости $l(t)$, $k(t)$ и $B_0(t)$. Из (13) и (17) следует

$$l(t) = \frac{l_0}{1 - \gamma_0 t}, \quad k(t) = \frac{k_0}{1 - \gamma_0 t}. \quad (19)$$

Поскольку граница жгута задана соотношением $(ka)_n = x_n = const$, то, очевидно, $a(t) = a_0(1 - \gamma_0 t)$ и $V_r(a) = -\gamma(t)a(t) = -\gamma_0 a_0 = const$, т.е. поперечное сжатие жгута происходит равномерно, с постоянной скоростью на границе. Из (17) следует, что $l(t)$ и $k(t)$ изменяются со временем синхронно, отличаясь лишь на постоянный множитель. Пусть $l(t) = bk(t)$, где b – положительная константа меньшая 1, показывающая во сколько раз вертикальный масштаб системы превышает ее поперечный размер.

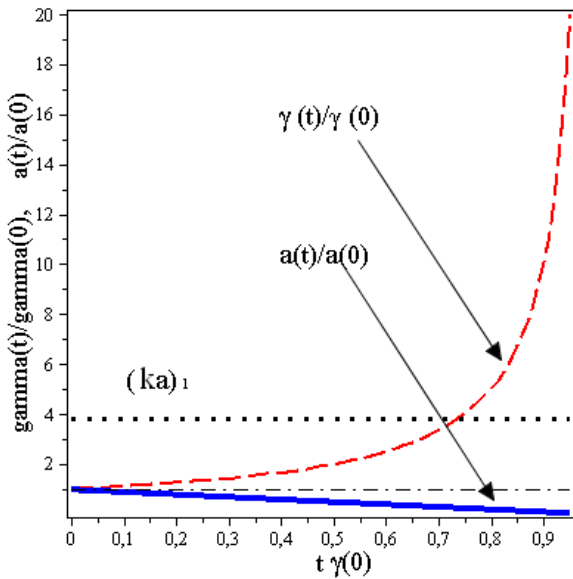


Рис.2. Функции $\gamma(t)$, $a(t)$ представлены в безразмерном виде. Безразмерный поперечный радиус жгута показан точечной линией для случая $(ka)_1 = const = 3.8317$. На горизонтальной оси время выражено в единицах $\tau_c \equiv \gamma_0^{-1}$, и изменяется в пределах от 0 до 0.95. Когда $t\gamma_0 \rightarrow 1$, функция $\gamma(t)/\gamma(0)$ стремится к бесконечности, и $a(t) \rightarrow 0$.

Уравнение непрерывности (10) имеет вид $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\rho}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rV_r) + \rho \frac{\partial}{\partial z} V_z = 0$ и при подстановке (11)

даст решение для плотности внутри жгута $\frac{\partial \ln \rho(t)}{\partial t} = 3\gamma$, откуда получаем:

$$\rho(t) = \frac{\rho_0}{(1-t/t_0)^3}. \quad (20)$$

Снаружи от жгута, в соответствии с требованием непрерывности нормальной составляющей скорости на границе, будем полагать, что: $V_r(r, t) = -\gamma(t)a^2/r$, $V_z(r, t) = 0$. Тогда из уравнений индукции и непрерывности

$$\frac{\partial B_{z,ex}}{\partial t} = -\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rV_r B_{z,ex}), \quad \frac{\partial \rho_{ex}}{\partial t} + \frac{\rho_{ex}}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rV_r) = 0. \quad (21)$$

следует простое внешнее решение: $B_{z,ex} = const$, $\rho_{ex} = const$.

На подвижной границе жгута ($ka = x_n$) должно выполняться условие непрерывности полного давления

$$B_{z,ex}^2 = B_0^2(t)J_0^2(x_{1,n}) + 8\pi(P(a) - P_{ex}). \quad (22)$$

Если пренебречь вкладом газовых давлений и принять, что внешнее поле не меняется со временем (приближение пассивной среды) $\frac{\partial B_{z,ex}}{\partial t} = 0$, то получаем, что и поле в центре оста-

ется со временем неизменным: $\frac{\partial B_0}{\partial t} = 0$. Тогда из (18) следует:

$$\frac{c^2(1-b^2)}{4\pi\sigma} k^2 = 2\gamma. \quad (23)$$

Это условие удовлетворяется с учетом (19), если положить, что проводимость плазмы в коллапсирующем жгуте по мере её сжатия и нагрева растет по закону:

$$\sigma(t) = \sigma_0 \frac{k(t)}{k_0}. \quad (24)$$

Для времени коллапса t_0 в этом случае из (23) имеем оценку:

$$t_0 = \gamma_0^{-1} = \frac{8\pi\sigma_0 a_0^2}{c^2(1-b^2)x_{1,n}^2}. \quad (25)$$

Если не прибегать к гипотезе (24) и полагать, что проводимость плазмы остается неизменной во времени, то соотношение (18) следует использовать для расчета зависимости $B_0(t)$ и далее рассчитывать из баланса (22) поведение разности давлений $8\pi(P(a(t)) - P_{ex})$. Однако нам представляется, что зависимость (24), когда рост проводимости компенсируется уменьшением радиуса и соответствующим нагревом плазмы, лучше отражает специфику процесса.

Произведем численную оценку времени сжатия t_0 . Характерный масштаб a_0 (радиус сечения жгута после релаксации его к линейному бессиловому полю) положим равным 300 км (3×10^7 см), проводимость солнечной плазмы в области температурного минимума и в переходном слое составляет несколько единиц на $10^{11} c^{-1}$ [6, 7]. Примем для определенности $\sigma_0 = 3 \times 10^{11} c^{-1}$ будем также считать, что $b^2 \ll 1$. Тогда

$$t_0 = \gamma_0^{-1} = \frac{25 \times 3 \cdot 10^{11} 10^{15}}{10^{21} x_n^2} = \frac{7.5 \times 10^6}{x_n^2} c. \quad (26)$$

Как видим, на численную оценку t_0 сильно влияет выбор нуля функции $J_1(ka)$ из приведенной выше последовательности (6). Значение этого корня определяется, как говорилось в разделе 2, величиной спиральности поля K , захваченной в жгуте. Эта величина нам в принципе неизвестна. Если принять, что она достаточно велика, то и значение x_n^2 может быть $\gg 1$. Так, если положить, что $x_n = 16.472$ (это пятый член последовательности (6)), то получим, что $t_0 = 2.8 \times 10^4 c$, т.е. менее 8 часов. И это несмотря на то, что мы предполагали, согласно (4), возможность резкого роста проводимости плазмы со временем!

Скорость радиального сжатия $-V_r(a) = \gamma_0 a_0 = \frac{c^2 x_{1,n}^2}{8\pi\sigma_0 a_0} = \frac{a_0}{t_0}$ составит

$3 \times 10^7 / 3 \times 10^4 \approx 10^3 \text{ см/с}$, что много меньше альвеновской скорости, которая в надфотосферных слоях (при напряженности поля в 300 Гс и концентрации плазмы $\approx 10^{12} \text{ частиц/см}^3$) равна примерно 10^8 см/с .

Обсуждение. Полученная модель ограниченного по высоте коллапсирующего магнитного жгута с его относительно длительным энерговыделением и нисходящими потоками газа может быть с успехом использована для описания таких активных элементов, как горячие рентгеновские точки, постоянно наблюдаемые на уровне фотосферы Солнца [6].

Литература

1. А.А. Соловьёв. Диссипативный коллапс магнитных жгутов с бессильным внутренним полем//Астрономический Журнал. Т. **88**, №11, 1111-1123 (2011)
2. E. Schatzman. IAU Symp. 22, 337 (1965)
3. L.Woltjer. Proc.Nat.Acad.Sci.**44**. 489-491 (1958)
4. J.B. Taylor. Phys.Rev.Letters. **33**, no.19.1139-1141. (1974)
5. S. Lundquist Ark. fur fisik. **2**, 361-370. (1951)
6. E.R. Priest Solar Magnetohydrodynamics. D.Reidel Publ. Company. Dordrecht, Holland.1982.
7. В.Н. Обридо. Солнечные пятна и комплексы активности. М.: Наука.1985.-255.

II. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

ОБЫКНОВЕННЫЕ ДРОБИ. НЕСТАНДАРТНЫЙ ПОДХОД

Р. М. Борлыкова

МКОУ «Нарын – Худукская СОШ», Черноземельский район РК

Одним из основных понятий математики является число. Давайте попробуем ответить на очень простой вопрос: «А что такое число?». Этот вопрос я задавала детям. Ответы были самые разнообразные, но сути этого понятия не раскрыл никто, несмотря на то, что учащиеся 5 класса уже знакомы с натуральными числами и умеют выполнять над ними арифметические действия. В лучшем случае было сказано, что число – это то, что можно складывать, вычитать, умножать и делить.

Как показывает история становления основных математических понятий, в частности понятия числа, настоящая необходимость возникла при счете предметов, а в дробях – при измерении величин с помощью избранной единицы. Измерение разных величин с помощью выбранных мер показывало людям, что выражение его результата целыми числами чаще всего носит приближенный характер. Для уточнения результатов измерений необходимо было выбирать другие, меньшие единицы, которые имели определенное отношение к прежним. Таким образом, практика привела человека к необходимости использования разных единиц, а из отношений единиц этих конкретных мер возникло абстрактное понятие дроби. Наиболее продуктивен способ введения понятия о дробных числах на основе их реального источника – измерения величин. При этом обеспечивается связь понятия с процессом его происхождения, с его первоначальным материальным содержанием, создаются благоприятные условия для дальнейшего формирования у учащихся абстрактного понятия дроби. При проведении уроков по теме «Обыкновенные дроби» понятие дроби вводится на основе измерения величин, использованы научные идеи теории содержательного обобщения (В.В. Давыдов), теории учебной деятельности (Д.Б. Эльконин, В.В. Давыдов), деятельностный подход к формированию математических понятий (Л.К. Максимов).

Тема «Доли. Обыкновенные дроби». 4 урок. Практическая работа.

Цель урока: отработать способ измерения и построения величин с помощью введения промежуточных мерок.

На каждой парте – общий лист бумаги для совместной работы, полоска бумаги длиной 48см и полоска произвольной, но большей, чем 20см, длиной, квадрат со стороной 9см и прямоугольник 9×4 см (обе фигуры расчерчены на квадраты со стороной 1 см). У учителя полоска бумаги, равная по длине $\frac{3}{8}$ мерки Е1.

Задание 1. Требуется отрезать от полоски кусок, равный по длине полоске учителя. Как это можно сделать? Что нужно для этого знать? (Нельзя использовать линейку с делениями). Учитель сообщает, что он измерил свою полоску, результат получился следующий: $D = 3E_2$, $E_2 = E_1 : 8$. Решение задачи фиксируется на общем рабочем листе.

Цель: построить D .

Условие: E_1 , $D = 3E_2$, $E_2 = E_1 : 8$.

Способ: 1) изменить E_1 и построить $E_2 = E_1 : 8$

2) построить $D = 3E_2$.

Результат: полоска бумаги длины D , результат измерения – дробное число.

В процессе решения обсуждается техническая сторона выполнения работы: как делить на 8 частей, как получить новую мерку и т.д.

Задание 2. Работа с прямоугольником и квадратом.

Задача. На праздник был куплен торт – квадрат. В первый день съели вот такую часть торта – прямоугольник. Надо выяснить, сколько торта съели.

В ходе обсуждения устанавливается, что ответ на вопрос, сколько торта съели, означает измерение съеденной части меркой, равной целому тарту.

В итоге задача формируется на математическом языке: измерить величину Π (площадь прямоугольника) меркой $E1$ (площадь квадрата).

Цель: $\Pi = ?E1$.

Условие: $\Pi, E1$.

Способ: 1) изменить $E1$, выбрать $E2 = E1 : x$;

2) измерить Π меркой $E2$, $\Pi = E2 \times y$.

Результат: $\Pi = E2 \times y$, $E2 = E1 : x$.

Далее обсуждается выбор $E2$, желательно работу сделать побыстрее, поэтому мерку надо взять побольше. Работая самостоятельно в парах, учащиеся могут выбрать в качестве мерки $E2$ 1 клетку ($E1 : 81$), 9 клеток ($E1:9$) или другую. Мерка вырезается. Производится измерение прямоугольника Π меркой $E2$. Решение оформляется на общем рабочем листе.

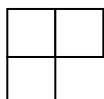
Записывается ответ на вопрос задания – $4/9$. Съели 4 из 9 равных частей, на которые торт можно разделить.

Задание 3. Измерить величину M меркой $E1$, где

M – прямоугольник 6×8 см, $E1$ – прямоугольник 2×3 см (обе фигуры расчерчены на квадраты со стороной 1 см).

Задание 4. Построить величину A меркой $E1$, где

$A = 5 E2$, $E2 = 3E1$, $E1$.



Тема «Сравнение дробей».

Урок 3. Изображение дробных чисел на координатной прямой.

Цель: изучить способ изображения дробных чисел на числовой прямой.

Изображение чисел на луче является решением задачи на построение величины по мерке и результату измерения. При построении дробных чисел в качестве мерки выбирается единичный отрезок.

Задание 1.

Изобразите на числовом луче числа (единичный отрезок 12 клеток):

$2/3; 1/6; 4/6; 3/6; 1/2; 8/12; 3/4$.

Задание 2.

Начертите отрезок, длина которого в дециметрах равна:

а) $3/10$; б) $4/5$; в) $6/12$; г) $2,5$.

Возникли затруднения при построении отрезка длиной $6/12$ дм. Проанализируем дробь $6/12$. Дециметр разделили на 12 частей и взяли 6 из них, то есть ровно половину. Значит, возможен вариант построения отрезка длиной $6/12$ дм как $1/2$ дм, то есть 5 см.

Задание 3.

Вася измерил свою талию в сантиметрах и получил число 50. Измерь его талию сначала в аршинах, а затем в дюймах, если известно, что 1 аршин = 71 см, 1 дюйм = 25 мм. В каком случае талия Васи больше?

Цель: измерить величину A в аршинах и дюймах.

Условие: $A = 50$ см, 1 аршин = 71 см, 1 дюйм = 25 мм.

Способ: в аршинах

1) $E2 = E1 : 71 = 1 \text{ аршин} : 71 = 1 \text{ см};$

2) $A = 50 E2 = 50/71 E1 = 50/71 \text{ аршин.}$

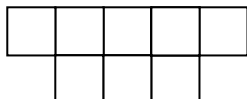
в дюймах

1) $E2 = E1 \times 4 = 1 \text{ дюйм} \times 4 = 1 \text{ см};$

$$2) A = 50E2 = 50 \times 4E1 = 200E1 = 200 \text{ дюймов.}$$

Задание 4.

Измерьте площадь заданной фигуры меркой: а) 1 кв. дм, б) 1 кв. см.



Тема «Введение понятия неправильной дроби».

Цель: Формировать понятие неправильной дроби как результата измерения, выяснить место неправильных дробей на координатной прямой.

Задание 1.

Изобразите числа на числовой прямой: $2/9$; $3/18$; $6/3$; $5/6$; $3/2$.

Поместятся ли эти числа на луче в промежутке между числами 0 и 1?

Можно ли числа $6/3$ и $3/2$ отнести к дробным числам? Что общего у этих чисел с дробными числами? Есть ли между ними различия? Обсуждение должно закончиться выводом: запись $6/3$ и $3/2$ по внешнему виду относится к дробным числам, но по своей сути не соответствует нашему определению дробного числа, их называют неправильными дробями. Дробь является результатом измерения величин, больших или равных мерке.

Задание 2.

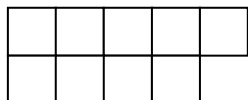
Постройте величины, результат измерения которых равен:

а) $5/4$; б) $4/4$; в) $8/4$; г) $4/1$; д) $1/4$.

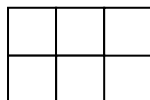
Какие из данных чисел являются дробными?

Задание 3.

Представьте результат измерения площади К меркой Е1 в виде дроби и в виде смешанного числа.



К



Е1

Образовательная деятельность современного учителя все больше отходит от наставнического морализаторства в сторону понимающего и сопереживающего соучастия, оказания педагогической поддержки вместо «научения правильному знанию». Происходит изменение требований к работе учителя: от умения транслировать и формировать программный объем знаний – к умениям решать творческие задачи, формировать самостоятельность, развивать способности к самореализации.

Литература

1. Математика. 5–11 классы: уроки учительского мастерства / авт.-сост. Е. В. Алтухова и др. – Волгоград: Учитель, 2009. – 299 с.: ил.
2. О предметных источниках понятия дроби / В. В. Давыдов. – М: Просвещение, 1999г.
3. Формирование у младших школьников обобщенных способов и вычислений в условиях деятельностного подхода к обучению / Максимов Л. К. – Екатеринбург: Мегион, 2004.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНТРОЛЯ И САМОКОНТРОЛЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

Е. И. Ковалик

МКОУ Виноградненская СОШ, Городовиковский район РК

«Если учитель будет систематически, всесторонне использовать различные формы контроля знаний и умений, то будет повышаться заинтересованность учащихся в изучении предмета, а, следовательно, будет повышаться и качество обучения».

Контроль знаний учащихся является составной частью процесса обучения. По определению контроль - это соотношение достигнутых результатов с запланированными целями обучения. Некоторые учителя традиционно подходят к организации контроля, используют его в основном ради показателей достигнутого. Проверка знаний учащихся должна давать информацию не только о правильности или неправильности конечного результата выполненной деятельности, но и о ней самой: соответствует ли форма действий данному этапу усвоения. Правильно поставленный контроль учебной деятельности учащихся позволяет учителю оценивать получаемые ими знания, умения, навыки, вовремя оказать необходимую помощь и добиваться поставленных целей обучения. Все это в совокупности создает благоприятные условия для развития познавательных способностей учащихся и активизации их самостоятельной работы на уроках математики.

Хорошо поставленный контроль позволяет учителю не только правильно оценить уровень усвоения учащимися изучаемого материала, но и увидеть свои успехи и недостатки. Составные компоненты контроля – проверка знаний, оценивание и выставление отметки.

Цель контроля – определение качества усвоения учениками учебного материала, уровня овладения ими знаниями, умениями и навыками, предусмотренные учебной программой.

Задача контроля состоит в определении меры ответственности каждого ученика за результаты своего учения, уровня умений добывать знания самостоятельно.

Первый значимый шаг в формировании контроля у учащихся – проверка домашнего задания. Роль домашних заданий практически обесценивается, если не налажена их проверка. Разрешив все проблемы по разбору домашнего задания, можно далее изучать материал. В своей практике применяю разнообразные приёмы проверки домашнего задания:

- Пройти просмотреть тетради у учащихся, например, по теме «Построение графика квадратичной функции» (9 класс, алгебра), «Построение сечений» (геометрия 10 класс), «Параллельный перенос. Поворот» (геометрия 9 класс).

- Взять на проверку несколько тетрадей. Один из учащихся читает вслух решение домашнего задания. Остальные учащиеся вместе с учителем проверяют решение. Если пример выполнен верно, то ставят рядом знак «+» простым карандашом, в противном случае - зачёркивают неверный ответ и над ним или рядом (если есть место) записывают верный ответ.

- Решение написано на доске заранее. Учащиеся проверяют также как и в предыдущем случае.

- Учитель использует мультимедиа.

- Если есть задание или задания, которые вызвали у учащихся трудности, то их нужно решить. Если есть учащиеся, которые решили и умеют объяснить его решение, то целесообразно предложить ему показать решение на доске. Если такого ученика нет, то можно вызвать ученика посильнее и «подтолкнуть» его при решении задания, указав приём или метод.

- Существуют уроки - проверки домашнего задания. Например, в 10 классе по теме «Решение логарифмических уравнений», когда на дом заданы задания повышенного уровня, они помечены в учебнике символом «*». Когда ученик поймет свою ошибку и метод решения, он лучше запомнит.

В век компьютеризации с появлением интернета возникли некоторые проблемы с выполнением домашней работы учениками. Мизерная часть учеников воспользуется готовым решением для подсказки, основная часть просто переписывает, а результат – нулевой. Не усвоены алгоритмы решения заданий.

Главный вопрос в обучении математике - как научить находить ошибки в решении?

Можно предложить готовое решение (образец), можно предложить работу в парах, при этом использовать взаимопроверку или работу в группах. Если ученик работает у доски, то при неверном решении задания даём время на самостоятельное нахождение ошибки. Если ученик затрудняется, то указываем не ошибку как таковую, а правило, которое неверно применил. Это вызывает большие затруднения учащихся, так как запас математических терминов скуден. Им часто легче сказать ответ, чем провести объяснение.

Одним из способов найти ошибку является проверка, только проводить её нужно не формально, особенно в старших классах. Умение проверять ответ необходимо на итоговой аттестации и при проведении ЕГЭ.

Задание «Найти ошибку» заключается в следующем: например, на доске записано решение уравнения первой степени с ошибкой. Задача ученика – найти ошибку, назвать правило, и исправить ошибку. Данное задание формирует потребность в контроле каждого логического шага решения, проверяет умения и навыки учащихся по данной теме.

Каким приёмом можно формировать внимательность ученика на уроке? Некоторые школьники не вникают в объяснение учителем нового материала. Для формирования контроля действий других людей я использую следующий приём. При объяснении нового материала заведомо неверно выполняю определённый шаг (например, сложение чисел с разными знаками) и продолжаю далее объяснение материала. Ученики, которые контролируют шаги, вдруг робко начинают предполагать, что неверно решение. Но они не могут определиться: учитель решил неверно или ошибся? Чтобы их успокоить, я говорю, что они молодцы – внимательны на уроке и что ошибку я сделала преднамеренно. Бывает, что никто не нашёл ошибку, тогда решение провожу до конца и объявляю, что оно неверно и придётся всё заново решить. В следующий раз они уже более внимательны на уроке при объяснении нового материала.

Часто после самостоятельных или контрольных работ целесообразно учителю поучительные ошибки показать всем ученикам класса.

На хорошем уроке всегда есть своя сверхзадача, которая сводится к формированию этих навыков и меняется в зависимости от темы урока. В одном случае она состоит в обучении приемам анализа, умению видеть закономерности, ставить вопросы, делать выводы. В другом случае - в формировании критического отношения учащихся к результатам своей работы, требовательности к себе. Постоянного внимания учителя требует и проблема воспитания у учащихся веры в свои способности.

Известно, что многие ученики боятся приступать к решению задач, алгоритм решения которых им неизвестен. Иногда проявляется страх перед трудностями, неумение преодолеть их самостоятельно. Выход здесь только один – прививать учащимся умения и навыки самоконтроля. Это важно с воспитательной, психолого-педагогической точки зрения. Ведь при этом ученики фактически участвуют в управлении своей собственной учебной деятельностью. Это порождает у них удовлетворенность своими занятиями, своей работой, позволяет им поверить в себя, в свои познавательные способности, открывает простор для творческой инициативы и самостоятельности.

Выделяются следующие этапы формирования самоконтроля:

1-ый этап: Обучающийся должен научиться принимать и понимать контроль учителя.

Для этого учитель должен:

а) показать, что любое обучение – органическое единство двух процессов: передача обучаемому в той или иной форме учебного материала и выявление степени усвоения этого материала, то есть контроль результатов обучения;

б) ознакомить обучающихся с нормами и критериями оценки знаний, умений, навыков;

в) сообщать обучающимся после каких доз учебного материала необходим контроль и цель проведения того или иного контроля;

г) выставляя ту или иную оценку, объяснять её, исходя из критериев оценки;

д) просить обучающего самостоятельно оценить свою деятельность и объяснить полученную им оценку;

е) просить обучающего оценить деятельность товарища, опираясь на указание учителем критерии;

ж) научить обучающегося пользоваться разными видами проверки.

2-ой этап. Обучающийся должен научиться наблюдать и анализировать учебную деятельность своих товарищей.

Для этого учителю следует практиковать взаимопроверку обучающихся самостоятельных упражнений, домашних работ. В процессе взаимопроверки учащиеся сверяют ответы, ищут ошибки, объясняют их друг другу.

Взаимопроверка служит хорошей школой воспитания самоконтроля - ведь обнаружить ошибки в работе товарища гораздо легче, чем в собственной, а полученные навыки контроля ученик переносит на свою деятельность.

3-й этап. Обучающийся должен научиться осуществлять наблюдение за своей учебной деятельностью, её самоанализ, самооценку и самокоррекцию.

От способности ученика к самоанализу и самооценке зависит успешность его обучения, требовательность к своей учебной деятельности и адекватная реакция на оценку его деятельности учителем.

Для формирования навыка осуществлять самонаблюдение, самоанализ и самокоррекцию своей деятельности учитель должен:

1) Приучать обучающихся при выполнении домашней работы проверять степень усвоения материала путем составления плана прочитанного и пересказа главных мыслей, отвечать на контрольные вопросы учебника, сопоставлять новую информацию с ранее изученной;

2) Выбатывать у обучающихся привычку анализировать полученные результаты;

3) Не торопиться с выставлением оценки, если обучающийся дал неверный ответ, решение с ошибкой, а по возможности дать ему найти свою ошибку. Если ошибка найдена, то оценку можно не снижать;

4) Формировать у обучающихся умение контролировать свою деятельность непосредственно в ходе занятия, выполнения упражнения. Для этого необходимо предлагать учащимся специальные задания, в которых надо найти допущенные ошибки и неточности; предлагать задания разной сложности. Обучающиеся должны оценить свои возможности, сознательно выбирать свой уровень. При формировании у обучающегося навыков самоконтроля и самоанализа сравнительно важно руководствоваться принципом посильности и доступности.

Формированию самоконтроля способствует дидактическая игра «Собери картинку». Целесообразно на картинке изображать геометрические фигуры, на другой стороне – задания. На втором листе такого же формата, как и картинка - ответы к заданиям. Картинку разрезать зигзагообразно, чтобы ученик не сразу смог догадаться, что изображено. Решение заданий оформлять в тетради. При верном решении - при наложении получится картинка. Преимущество игры – ученик после выполнения видит итог работы. Решил правильно – кар-

тинка получилась, значит, он заработал хорошую отметку. Хотя при этой игре можно использовать и дифференцированный подход. Ведь можно и контрольную работу, и тест оформить таким способом. Учителю понадобится много времени на приготовление заданий, рисунка, ответов если использовать данную игру для каждого ученика.

Формы контроля применяю разнообразные. Фронтальный контроль при устном счёте можно осуществлять при помощи сигнальных карточек. Доказательство теоремы слушают все ученики класса, задаём вопросы, обсуждаем ответы, оцениваем ответы учеников.

Индивидуальный контроль применяю на уроках практикумах, повторения и обобщения материала. На доске записываю все номера заданий по теме, которые предстоит ученикам решить в течение урока. Учащиеся после решения каждого задания подносят учителю на проверку свою работу. За каждое верное решение задания ставлю «+» пастой красного цвета. Если ученик ошибся, то ошибку вначале не исправляю, а даю возможность её исправить. Если и во второй раз она не исправлена, то указываю на ошибку, ученик исправляет её, записывает решение и ещё раз подносит задание на проверку. За решение этого задания ставлю «+V» - оно решено с ошибкой. В процессе решения заданий сложно учителю вести проверку заданий и работать с каждым учеником индивидуально. Поэтому здесь важна культура поведения учеников на уроке. Так как класс обычно разнообразен по способностям, то учителю надо хорошо ориентироваться в решении заданий, т.к. кто-то только вначале работы, кто-то в золотой середине, а кто-то близок к завершению. В конце урока все учащиеся получают отметки, учитель старается прокомментировать их: учитывается и сложность решённых заданий, и их объём, и старание ученика на этом уроке. Ученики на уроке проявляют активность, даже появляется дух соревнования. Во время проведения таких уроков ученики решают большое количество заданий. Но такие уроки можно проводить по тем темам, когда ученику понятны задания, которые он будет выполнять.

Как провести контроль знаний: по ответу (как предлагает Пюрвя Мучкаевич Эрдниев) или по операциям процесса (по Эльконину и Давыдову)? Наверное, определиться с одним мнением сложно. В своей практике применяю оба способа. Если задание решено верно, то учитываем и решение и ответ. Если ответ верный, а решение неверное, то ведь не оцениваем его хорошей отметкой. Если решение верное в целом, но на последнем шаге допущена небольшая ошибка, то ведь это не показатель того, что ученик не владеет алгоритмом решения и не знает определённые правила. Вычислительная культура учеников стала заметно ниже из-за калькуляторов и сотовых телефонов. Так как эти средства под рукой, то от соблазна ими воспользоваться ученик не может.

При выставлении оценок за работу некоторые ученики согласны с отметкой, другие не согласны, а третьи относятся к этому без энтузиазма. Я задалась вопросом: могут ли ученики себя оценить? Как их научить этому? С пятого класса я провожу диктанты, которые ученики сами оценивают. Оценку они ставят простым карандашом. После проведения диктанта я им предлагаю шкалу оценивания. Первый раз они не могли справиться с этим заданием сразу, отказывались, предлагая учителю. Некоторые ученики поставили отметку правильно, кто-то нет. Все оценки я выставила в журнал. Иногда я неставляю оценки сразу, а после моей проверки. Конечно, ученику трудно себя оценить, но это стоит делать.

В старших классах предложила ученикам образовать три группы (как они сидели в ряду), при этом каждая группа села за свой стол в круг. В каждой группе был назначен «лидер». Его задача состояла в том, чтобы он проконтролировал решение задания всеми учениками группы и если кто-то не знал, как решить - помог ему. При этом ему была выдана карта учёта выполненных заданий. Объём работы был большой для ученика, поэтому учитель помогал каждому «лидеру». В конце урока было самым сложным «лидеру» выставить отметки слабоуспевающим ученикам, в то же время слабоуспевающие ученики не хотели соглашаться с «плохими» отметками.

После проведения таких уроков я пришла к мысли, что надо использовать дифференцированный подход. При проведении уроков обобщения и систематизации знаний предложила ученикам создать три группы по уровню сложности. В 1 группе – ученики, которые имеют удовлетворительные оценки, во второй группе – хорошие и в третьей – отличные. Задания каждая группа получила тоже по уровню сложности.

Во второй и третьей группах также учителем назначены «лидеры», в первой группе – роль лидера выполнял сам учитель. Так как ученики одной группы были примерно равны по знаниям, то им легче было общаться. «Лидер» в данном случае», вёл бланк учёта заданий и выяснял все ли задания выполнены верно, в группе разрешалась взаимопроверка с соседями. Если ответ был разный, то вместе всей группой обсуждали решение. Для третьей группы учителем были даны задания опережающего обучения. Если никто не мог «догадаться» как решить данное задание, то учитель показывал приём решения. В процессе урока ученики учились работать в группе, при этом контролировать себя, используя взаимопроверку. Во время такого урока учениками второй и третьей группы решено было большее количество заданий, чем на обычном.

Литература

1. Груденов Я. И. Психолого-педагогические методики обучения математике. М.: Педагогика, 1987. – 160 с.
2. Утеева Р. А. Дифференцированные формы учебной деятельности учащихся // Математика в школе. 1995. №5. С.32-36.
3. Скобелев Г. Н. Контроль на уроках математики: Пособие для учителя. Мн.: Нар. Расвета, 1986. -104 с.
4. Рыжик В. И. 30000 уроков математики: Кн. для учителя. М.: Просвещение, 2003. – 288 с.
5. Ксензова Г. Ю. Оценочная деятельность учителя. Учебно-методическое пособие. М.: Педагогическое общество России, 2000.

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ КИНЕМАТИКИ В КУРСЕ ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Э. П. Куликова, И. А. Муева

Калмыцкий республиканский институт повышения квалификации работников образования, Элиста

Особую сложность в изучении физики в средней школе, особенно в 7-9 классах представляет выработка у учащихся понимания, что физика есть «математическое описание природы» (Ньютон). Поэтому с первых уроков необходимо показывать учащимся образование физических понятий и развивать понимание их смысла. Основные кинематические понятия формируют начальные представления не только о физике, но и о научном методе. Методически схема изучения каждого понятия подразумевает следующие этапы:

1. формулирование, определение содержания понятия на выбранных примерах;
2. формулирование определения понятия;
3. выполнение упражнений на распознавание;
4. применение понятия.

В данной работе сделана попытка обобщить опыт изучения, в частности кинематики, в средней школе. Так как материал этого раздела общеизвестен, мы попытались выделить те моменты обучения, на которых не акцентируется внимание учителя, и показать их возможную проработку.

Первое понятие механики - «механическое движение». Оно вводится в 7 классе, затем повторяется в 9 и 10 классах. В известных учебниках физики даются следующие определения:

	Перышкин А. В. 7 класс [7]	Генденштейн Л. Э. 7 класс [1]	Касьянов В. А. 10 класс [3]	Мякишев Г. Я 10 класс [5]
Понятие «механическое движение»	<i>Изменение с течением времени положения тела относительно других тел называется механическим движением.</i>	<i>Механическое движение – это изменение со временем положения тел в пространстве относительно других тел. Механическое движение относительно.</i>	<i>Механическое движение – изменение пространственного положения тела относительно других тел с течением времени.</i>	<i>Изменение положения тела или частей тела в пространстве относительно других тел с течением времени называется механическим движением.</i>

При анализе этих определений следует, что смысловые понятия, необходимые для понимания определяются следующими выражениями:

1. «...изменение положения тел»;
2. «...относительно других тел»;
3. «...с течением времени».

Эти три понятия следует отрабатывать с детьми на этом уроке. Желательно это сделать в 7 классе, чтобы в 9 и 10 повторить.

«...с течением времени» В физике все процессы рассматриваются во времени, но в 7 и 9 классах понятие времени не определяется, а пользуются ньютоновым предположением, что это некоторая «...равномерно текущая данность». Считаем это понятие интуитивно известным.

«...изменение положения тел». Положение тел определяется с помощью математического понятия координаты.

Изучаемая в школе система координат – декартова. В общем случае она включает три взаимно перпендикулярные оси координат. Изучение координат в школе начинается с одномерной системы координат. В 7 и 9 классах следует напомнить учащимся, что ось координат имеет 4 элемента: прямая, начало координат (выделенная точка), направление оси (стрелка), масштаб. Также следует напомнить, что все точки от нуля в сторону стрелки имеют положительные значения, а в другую – отрицательные. Положение тела на оси определяется значением координаты (одним числом). В двумерной системе (на плоскости) положение точки определяется двумя числами. Соответствующие упражнения можно найти в любом задачнике [4,10].

В быту человек пользуется естественной системой координат, в которой осью координат является траектория (тропинка, дорожка, шоссе и т. д.).

Умения, которыми должен владеть ребенок в 9 классе:

1. Вводить одномерную систему координат (рисовать оси, выделять ноль, вводить масштаб);
2. Определять координату точки;
3. Сравнить координаты точек.

Пример 1. Наблюдатель находится в начале координат. Одно тело имеет координату 10, а другое -7.

- Какое тело находится ближе к наблюдателю?
- На сколько одно тело ближе к наблюдателю, чем другое?
- Какое между ними расстояние?
- Что будет происходить с расстоянием между телами, если тела начнут двигаться в одну сторону? В разные стороны? Навстречу?
- Как изменяются координаты тел в каждом из случаев?

Методически полезно сделать фигурки подвижными (скрепки, магниты). С помощью такой модели можно фиксировать положение тел и рассматривать изменения координат.

Понятие «...изменение положения тел» – математически означает изменение его координаты. Можно подробно рассмотреть случай, когда координаты тел увеличиваются и сопоставить с направлением движения тела. Далее рассмотреть, как будут меняться координаты при движении тела в противоположном направлении.

- Как должно двигаться тело на плоскости, чтобы одна его координата оставалась неизменной, а другая увеличивалась? Уменьшалась?
- Укажите, каково должно быть направление движения (в системе ХОУ), чтобы обе координаты увеличивались? Уменьшались? Х увеличивалось, Y уменьшалось?

«...относительно других тел». В быту, говоря о движении какого-либо тела, мы бессознательно рассматриваем землю, как неподвижную систему отсчета. В физике положение тела можно определить относительно любого другого тела, которое называют телом отсчета. Телом отсчета может быть любое выбранное тело.

Как должны двигаться тела, чтобы положение тела не менялось?

Пример 2. Люди едут в автобусе. Относительно каких тел можно говорить о движении автобуса? Пассажиров?

Пример 3. Два человека едут в лодке, один гребет. Назовите тела, относительно которых можно рассматривать движение лодки? Гребца? Второго человека?

Пример 4. Плот плывет по реке. Человек проходит плот поперек движения. Назовите, какие тела движутся относительно воды? Относительно берега? Относительно плота?

Следующим понятием, вводимым в механике, является **«система отсчета»**. Изучение понятия начинается в 9 классе, а далее только повторяется.

В учебниках дается следующее определение:

	Перышкин А. В. 9 класс [9]	Генденштейн Л. Э. 9 класс [2]	Мякишев Г. Я. 10 класс [5]	Касьянов В. А. 10 класс [3]
Понятие «система отсчета»	<i>Система координат, тело отсчета, с которой она связана, и прибор для измерения времени образуют систему отсчета, относительно которой рассматривается движение тела</i>	<i>Тело, по отношению к которому рассматривают движение тел в данной задаче, называют телом отсчета. Тело отсчета, связанные с ним система координат и часы образуют систему отсчета</i>	<i>Совокупность тела отсчета, связанной с ним системы координат и часов называют системой отсчета.</i>	<i>Система отсчета – совокупность системы координат и часов, связанных с телом отсчета.</i>

В этих и других учебниках «сухой остаток» в том, что в понятие «система отсчета» включены три элемента: система отсчета (с. о.), тело отсчета (т. о.), система координат (с. к.), «часы» - устройство для отсчета времени.

Для запоминания учащимися удобно использовать краткую запись:

$$\text{с.о.} = \text{с. к.} + \text{т.о.} + \text{«часы»}$$

«материальная точка (точечная масса)»

Понятие «материальная точка (точечная масса)» подробно вводится в 9 классе. Это понятие вводится в механике для упрощения математического описания движения. Точка – простейший математический объект, а материальная точка – это простейший физический объект, имеющий массу. Материальная точка - это математическая точка, имеющая массу.

Часто учащиеся не осознают смысл ведения понятия материальной точки, потому необходимо обратить их внимание на то, что математические выражения движения точки всегда имеют более простой вид, чем для тела, которое представляет собой совокупность точек. Следует обращать внимание учащихся на то, что материальная точка есть понятие абстрактное, не реализуемое в действительности, так как точка имеет нулевой объем, что означает бесконечную плотность при любой массе.

Обычно учащимся остается неясным вопрос можно ли принять упоминаемое в задаче тело за материальную точку. Так как двигаться может тело любой формы и размеров, важно выяснить, в каких случаях тело можно заменить материальной точкой?

В известных учебниках обычно указывается, что за материальную точку можно принять любое тело, «... размерами которого можно пренебречь в данной задаче».

В стандартных задачах условия формулируются так, что тело заведомо считается материальной точкой. Трудности возникают в нестандартных задачах, где тело нельзя заменить материальной точкой. Желательно сформулировать условия, при которых тело можно принять за точку:

1. если в условиях задачи говорится о «теле», а не о конкретном предмете;

Пример 5. Тело падает....., тело движется...

2. если размеры тела много меньше перемещения;

Пример 6. Самолет (поезд, машина) движутся между городами...

3. если тело движется поступательно.

«поступательное движение»

Существует два определения поступательного движения:

Поступательное движение – это движение, при котором все точки тела движутся одинаково.

Поступательное движение – это движение, при котором любая прямая, проведенная в теле, остается параллельной самой себе.

Пример 7. В каком из этих случаев движение тел нельзя считать поступательным?

- 1) Машина едет по горизонтальному прямому шоссе;
- 2) Машина поднимается в гору;
- 3) Машина поворачивает;
- 4) Машина переворачивается.

Умения, которыми должен владеть учащийся:

1. Определить является ли данное движение поступательным;
2. Приводить примеры поступательного движения;
3. Среди приведенных примеров выделить поступательное движение.

Пример 8. Машина поехала в другой город, машина въезжает в гараж, машина паркуется, машина перевозится на пароме.

«траектория»

Ключевым словом в определении понятия «траектория» является слово «линия».

Очевидно, траектория бывает прямолинейной и криволинейной.

- Ученик вызван к доске, укажите его траекторию?
- Пролетел реактивный самолет, покажите его траекторию?
- Автобус едет из Элисты в Волгоград, покажите его траекторию?
- Приведите примеры траектории?
- По какой траектории ученик идет в школу?
- По какой траектории машина едет из одного города в другой?
- Какова траектория пловца, самолета, ракеты?

«путь»

Понятие «путь» дети уже встречают до 7 класса, и потому они с ним уже знакомы. Надо сказать, что слово «путь» часто используется в быту, как «траектория». Это понятие требует от учащихся умения различать понятия «путь» и «траектория». В физике путь - длина траектории, т. е. это всегда некоторое число.

С понятием путь учащиеся работают в 7 классе, а в 9 и далее используют новые понятия «перемещение», «радиус-вектор».

«перемещение»

«Перемещение» вводится в девятом классе, в десятом повторяется. Ключевое слово в определении перемещения – «вектор».

Это понятие следует повторять с учащимися в каждом классе. Необходимо отметить, что вектор, в отличие от числа, имеет 2 характеристики – модуль и направление.

Вектор \vec{a} · $\begin{cases} \text{направление} - \text{указывается} \cdot \text{стрелкой} \\ \text{модуль} \cdot |\vec{a}| = a - \text{числовое} \cdot \text{значение} \cdot \text{длины} \cdot \text{вектора} \end{cases}$

Вектор перемещения \vec{S} · $\begin{cases} \text{направление} \cdot \text{от} \cdot \text{начального} \cdot \text{положения} \\ \text{точки} \cdot \text{к} \cdot \text{последующему} \\ \text{модуль} \cdot |\vec{S}| = S - \text{есть} \cdot \text{длина} \cdot \text{вектора} \cdot \text{перемещения} \end{cases}$

Умения, которым должен научиться ученик:

1. Проводить вектор перемещения;
 2. Показывать его длину, и определять его модуль;
 3. Различать путь и перемещение, сравнивать их по модулю;
 4. Определять модуль перемещения по координатам начальной и последней точки.
- И таких задач в учебнике много.

Литература

1. Генденштейн Л. Э. Физика 7 класс. В 2 ч. Ч. 1. Учебник. Генденштейн Л. Э., Кайдалов А.Б. 3-е изд., испр. — М.: Мнемозина, 2012.
2. Генденштейн Л. Э. Физика 9 класс. В 2 ч. Ч. 1. Учебник. Генденштейн Л. Э., Кайдалов А.Б. 3-е изд., испр. — М.: Мнемозина, 2012.
3. Касьянов В. А. Физика. 10 кл. Базовый уровень: учебник / В. А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2013. -288 с.
4. Лукашик В. И. Сборник задач 7-9 класс, М.: Просвещение, 15 изд., 2002.
5. Мякишев Г. Я. Физика: учеб для 10 кл. общеобразоват. учрежд. / Мякишев Г. Я., Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – 15 изд. – М.: Просвещение, 2006. – 366 с.
6. Мякишев Г.Я. Физика : учеб. для 11 кл. общеобразоват. учрежд. / Мякишев Г.Я., Буховцев Б. Б. - 14-е изд. - М.: Просвещение, 2005. - 382 с.
7. Перышкин, А. В. Физика. 7 класс : учеб. для общеобразоват. учрежд. / А. В. Перышкин. - 11-е изд. - М.: Дрофа, 2007. - 192 с.
8. Перышкин, А. В. Физика. 8 класс: учеб. Для общеобразоват. учрежд. -11-е изд., дораб.- М.: Дрофа, 2008. -192 с.
9. Перышкин, А. В. Физика. 9 класс : учеб. для общеобразоват. учрежд. / А. В. Перышкин. - 12-е изд. - М.: Дрофа, 2007. - 255 с.
10. Рымкевич А. П. Физика: 10-11 кл. / Задачник. - М.: Дрофа, 2010.

ПОЗИТИВНОЕ МЫШЛЕНИЕ – КЛЮЧ К УСПЕХУ

С. Н. Манжаева

МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №21», Элиста

Гора ведет к вершине и к берегу – вода,
А помыслы высокие – сквозь многие года.
Д. Н. Кугультинов

Вы замечали, что попадая в одну и ту же ситуацию, люди по разному относятся к ней? Дело в том, что наше восприятие – вещь сугубо субъективная. То, как мы воспринимаем мир, определяет наше дальнейшее поведение. Биография нашего ученого – математика, Эрдниева Пюрви Мучкаевича, перешагнувшего девяностолетний рубеж потрясает своей высокой мотивацией и концентрацией жизненной энергии, реализацией своей мечты вопреки жизненным обстоятельствам. Детство ученого пришлось на период последствий гражданской войны, юность встретил в Великую Отечественную войну, получил ранение, ампутировали ногу, ссылка в Сибирь, создание семьи, рождение пятерых детей и в то же время, концентрация внимания на действительно важные для него события: учеба в институте, дальнейшее обучение в аспирантуре города Москвы, любимая работа. На самом деле, мы сами выбираем, что нам чувствовать и что видеть. Можно сконцентрироваться на фрагменте или увидеть целое. Воспринимать реальность – это видеть целое, в котором есть и позитивное и негативное.

Концентрация внимания очень значима в достижении целей. На чем вы фокусируетесь, то и реализуется в вашей жизни. На что вы обращаете внимание, то и получается в конечном итоге. Все в нашей жизни создается дважды – сначала в уме, затем в реальности.

Во время Великой Отечественной войны, когда калмыки воевали в рядах Советской Армии и отстаивали честь и независимость Родины в борьбе против немецко - фашистских захватчиков, их семьи с родителями и детьми были депортированы в суровые климатические зоны Сибири.

28 декабря 1943 года был издан указ ПВС СССР «О ликвидации Калмыцкой АССР и образовании Астраханской области в составе РСФСР», вышло постановление СНК о выселении калмыков в Алтайский и Красноярский края, в Омскую и Новосибирскую области (Сборник документов «Сталинские депортации 1928-1953» г. Москва, 2005, с.410). Согласно директиве народного комиссара внутренних дел союза СССР за 1945г. №140 от 22августа 1945г. в г. Москва «О порядке направления на жительство демобилизуемых из Красной Армии военнослужащих сержантского и рядового состава по национальности: карачаевцев, калмыков, чеченцев, ингушей, балкарцев, крымских татар, крымских болгар, греков и армян». Запретить направление на жительство в следующие местности:

- калмыков - на территорию бывшей Калмыцкой АССР, Ростовской и Сталинградской областей. Военнослужащих упомянутых национальностей, после демобилизации из Красной Армии, направлять к месту расселения их семей или родственников, за исключением тех местностей, которые перечислены в пункте 1-м этой директивы, куда им въезд воспрещен.

При отсутствии сведений о местонахождении семей демобилизуемых направлять: калмыков в г. Новосибирск (Сборник документов, 1999, ч.1 с.185-186 ч.3. Этнические депортации периода Великой Отечественной войны). После знакомства с документом, поражаешься силе духа, стойкости и оптимизму ученого-математика Эрдниева П. М. В боях под городом Гольдап (Польша) получив тяжелое ранение в ногу, он встретил победу в госпитале города Иваново, где ему ампутировали ногу. За ратный подвиг отмечен двумя орденами Отечественной войны 1-й и 2-й степени, медалями. После войны разыскал свою семью среди

земляков, высланных в Алтайский край. Здесь он поступил на физико-математический факультет Барнаульского пединститута, женился на однокласснице Буле Бадмаевне и воспитывал своих детей, параллельно работал учителем, затем завучем в школе. Из Постановления СНК СССР №35 «О правовом положении спецпереселенцев» от 8 января 1945 г. читаю: совет народных комиссаров союза ССР постановляет: спецпереселенцы не имеют права без разрешения коменданта спецкомендатуры НКВД отлучаться за пределы района расселения, обслуживаемого данной спецкомендатурой. Самовольная отлучка за пределы расселения обслуживаемой спецкомендатурой рассматривается как побег и влечет за собой ответственность в уголовном порядке. Спецпереселенцы обязаны строго соблюдать установленный для них режим и общественный порядок в местах расселения и подчиняться всем распоряжениям спецкомендатур НКВД. За нарушение режима и общественного порядка в местах расселения спец. переселенцы подвергаются административному взысканию в виде штрафа до 100 рублей или ареста до 5 суток. Зам («Сталинские депортации 1928-1953» Документы.Россия 20 век, г.Москва, 2005, с.563).

Сам факт получения высшего образования со статусом «спецпереселенца» и имея «на руках» пятерых детей, поступить и завершить обучение в аспирантуре Академии педагогических наук СССР в г. Москве, будучи высланным в Алтайский край, говорит о потрясающей настойчивости в получении образования и стойкости характера для реализации своей мечты, позитивном мышлении, формирующим вектор направления для будущих достижений в своей работе. Высокая мотивация – научить детей всей страны решать задачи и попутно развиваясь дали положительный эффект во всей дальнейшей жизни. Из интервью с академиком Эрдниевым П. М., полученным в канун 91-дня рождения, получили заряд бодрости и оптимизма, веры в светлое, хорошее впечатление о прожитых годах, людях, его окружавших и светлую радость, излучающуюся из его веселых и искрящихся глаз. Совершенно молодой и задорный дух ученого удивляет и радуется, что жизнь продолжается и его интерес к этой жизни с годами не иссякает.

Пюрвя Мучкаевич Эрдниев работая в сельской школе на Алтае учителем математики, а затем завучем школы, много думает о путях успешного овладения математикой, о научной организации труда учителя и учащихся, о проблеме ускоренного обучения при осознанности знаний. Будучи практиком, проверяя и пробуя на собственных уроках, он постепенно подошел к идее создания новой эффективной системы математического образования методом укрупнения дидактических единиц. Началом научной деятельности можно считать статью в журнале «Математика в школе» в 1953 году «Проверка решения как необходимый элемент обучения математике». Многие люди не смогли выдержать напряжения от морального, психического и физического труда, презрительного отношения чиновников к переселенцам, а Пюрвя Мучкаевич работает сначала рядовым учителем, а затем заведующим учебной частью Несунаевской семилетней школы Алтайского края, несмотря на запрет для ссыльных - работать по специальности, позитивное мышление помогает ученому преодолевать трудности, концентрируя внимание на любимой работе. С 1955 по 1957 год Эрдниев П.М. – аспирант Академии педагогических наук СССР, по окончании которой работает ассистентом, старшим преподавателем, доцентом Ставропольского пединститута. К тому времени в марте 1956 года, после 20-го съезда коммунистической партии Советского Союза, калмыкам разрешили вернуться на Родину, спустя 13 лет высылки. Какие бы жизненные невзгоды не встречались на пути многодетной семьи Эрдниевых, Пюрвя Мучкаевич ни на минуту не оставлял свою работу, не свернул со своего пути, позитивное мышление нашего земляка дало свой результат. Итогом сорокалетней напряженной работы исследований проблемы УДЕ (1953-1996гг.) стало вооружение науки об обучении новым обобщением, а именно: «Укрупнение дидактических единиц - это методическая система самовозрастания знаний учащихся благодаря активизации подсознательных механизмов ускоренной переработки информации посредством

достижения взаимодействия во времени и пространстве, а также доказательной логике и положительным эмоциям». В 1998 году Пюрвя Мучкаевич был удостоен премии Президента Российской Федерации за разработку «Новаторской и высокоэффективной технологии математического образования укрупнением дидактических единиц «Технология УДЕ является самобытным, конкурентоспособным открытием, являющимся приложением закономерностей условного рефлекса (И.П. Павлов) и обратной связи (П.К. Анохин) к практике массовой школы. Помимо разработки этой новаторской идеи, П.М. Эрдниев воплотил свои идеи в учебниках по математике с 1 по 9 класс, организовал, подготовил и провел 8 всесоюзных и международных научно-практических конференций по проблемам укрупнения дидактических единиц.

Социальному успеху в профессиональной деятельности посвящены работы Корниенко Ольги Юрьевны, кандидата социологических наук, г. Ростов -на – Дону, а также работы Ридецкой Ольги Григорьевны, кандидата психологических наук, г. Москва. Ридецкая Ольга Григорьевна в статье «Успех как принцип равновесия в умении» пишет, что каждый человек обладает уникальными достижениями в своей жизни. Любая профессия предполагает наличие определённых профессионально важных качеств, определённых способностей и развитые чувства понимания. Создание «личной технологии успеха» позволяет выстроить личностную концепцию ценностей успеха в деятельности, быстрого продвижения в профессии (карьерный рост) или по дороге жизни (всё успеть), или достичь внимания общества (быть известным) и другое. Процесс обучения и развития и является стержневым в формировании человека. Поиск новых подходов для создания пространства, дающего возможность развивать и реализовывать способности в жизни и деятельности, разнообразные типы социальных отношений и эффективности воспитания, формирование положительного отношения к себе, уверенность в своих способностях и реализация себя во взрослой жизни и профессии.

Ситуации успеха стимулируют на активную самостоятельную деятельность с определённой целенаправленностью и системой позитивных качеств личности, взглядов и убеждений. В совместной деятельности у человека происходит развитие, раскрытие внутренних способностей через взаимодействие с людьми в работе.

«Технологии успеха» - это особые, конкретные для каждого человека способы действия, которые помогают формировать и укреплять, удерживать ощущения и впечатления своей индивидуальности, и своей миссии в профессиональной деятельности. Сравнительная форма позволяет оценивать свои результаты и движения к поставленной цели и соотнести их с достижениями других. В достижении успеха и значимой цели наиболее эффективным является принцип равновесия. Далее я сравнила принцип равновесия (по Ридецкой) и принцип укрупнения дидактических единиц (по Эрдниеву), вот что получилось:

Принцип равновесия (по Ридецкой) который состоит в умении:	Принцип укрупнения дидактических единиц (по Эрдниеву) состоит в умении:
-выбрать эффективные -формулировать собственную цель, которая достижима в тех условиях деятельности;	-структурировать материал внутри учебного предмета;
-анализировать ситуации и выделять условия, способствующие и препятствующие достижению цели;	-а) изучать одновременно взаимно обратные действия; -б) сравнивать противоположные понятия; -в) сопоставлять родственные и аналогичные понятия; -г) сопоставлять этапы работы.

-выбрать эффективные условия, которые помогут сократить время и возможность сберечь силы;	-выделять в целом элементы и их взаимоотношения; -формировать на базе усвоенных элементов и их взаимоотношений более совершенного и точного целостного образа.
-выделить условия, которые преобладают над «можно - нельзя». Изменить что-то;	Основной элемент - «математическое упражнение» как соединяющее деятельность ученика и учителя, как элементарную деятельность двуединого процесса «учение-обучение».
Изменить преобладающие условия, препятствующие достижению цели, то надо действовать;	Не повторение, отложенное на следующие уроки, а преобразование выполненного задания, через несколько секунд или минут после исходного, чтобы познавать объект в его развитии, противопоставить исходную форму знания видоизмененной.

При внимательном рассмотрении принципа равновесия в психологии и принципа укрупнения дидактических единиц в математике мы можем заметить, что каждодневная работа с применением УДЕ способствует выработке необходимых качеств для улучшения своей профессиональной работы и в достижении человеком значимой цели, выработке умения в преодолении препятствий по достижению поставленной цели.

Подтверждением высказанной гипотезы может служить пример из жизни: в 80-е годы прошлого столетия, а именно: 1986-1989 годы, в период изменения парадигмы образования, когда в обществе назрела необходимость перехода от командно-административной школы к демократической, появился творческий союз, который сыграл роль координатора в создании нового типа школы. Это был орган общественного самоуправления - педагогический клуб «Эврика». Руководителем Московского клуба был А. Адамский, а руководителем Элистинского клуба – Б. Эрдниев. Членами этого клуба были элистинские педагоги, в том числе Мамутова Л.Д., учитель математики средней школы №17 г. Элисты и учитель химии средней школы №12, Васильева П.Д. Эти учителя работали по внедрению технологии УДЕ в массовую школу как на территории нашей Республики, так и за ее пределами, выезжали в Казахстан, Куйбышев, Самару и другие города России. В личном архиве Л.Д. Мамутовой мы нашли письмо - отзыв Алма-Атинского областного института усовершенствования учителей от 18.04.1988 года о работе учителей Л.Д. Мамутовой, П.Д. Васильевой, Н.Б. Чилгировой перед учителями математики и химии Алма-Атинской области.

Творческое погружение в предмет и методику УДЕ дало толчок в раскрытии внутренних способностей учителей. Так Васильева Полина Дмитриевна, после нескольких лет работы по внедрению принципа УДЕ в массовую школу и передачу опыта в городах России и Казахстана, поступила и в 1992 году окончила очную аспирантуру, защитила кандидатскую диссертацию в Российском государственном педагогическом университете имени А.И. Герцена. В 2004 году защитила докторскую диссертацию по теме: «Профессионально - методическая подготовка учителя химии в вузе как самоорганизующая система». Место защиты: г. Санкт-Петербург. С 1993года и по настоящее время Полина Дмитриевна успешно работает на кафедре химии Калмыцкого государственного университета.

Мамутова Людмила Дениевна не прекращая преподавательскую деятельность в учебных заведениях, становится методистом ГОРОНО, затем заведующей городским методическим Центром, затем возглавляет в 1992 году Центр развития образования Республики, в 1993 году возглавляет филиал Таганрогского государственного радиотехнического универ-

ситета, параллельно заканчивает Поволжскую академию государственной службы. В Новгородском государственном университете имени Ярослава Мудрого успешно защищает ученую степень кандидата педагогических наук по теме: «Проектирование инновационной деятельности педагога как предмет повышения его квалификации». В настоящее время Людмила Дениевна работает в Калмыцком технологическом колледже и 20 лет возглавляет филиал Южного Федерального университета.

Творческий поиск в работе, авторское видение технологии УДЕ было замечено педагогической общественностью страны и было награждение значком «Учитель – новатор» автора уникальной технологии - Эрдниева П. М. и его талантливую последовательницу - Мамутову Л. Д.

Краткая справка: учитель-новатор осуществляет поиск и использование отдельных оригинальных или целостных оригинальных педагогических систем. Проявляет творчество («открытие для других»), ориентируется на психическое развитие учащихся как главный результат труда, показывает эффективность в поиске нового.

Успех - это всегда следствие внутренних, а не внешних причин. К внутренним признакам, отличающим успешного человека от неуспешного, относятся три фактора: самооценка, общительность, энергичность. Самооценка помогает найти свое место среди окружающих людей. Чем ниже самооценка, тем хуже считает человек по сравнению с окружающими людьми. Люди не могут объективно воспринимать мир и принимать правильное решение. Человек может быть умным и образованным, но если человек не умеет общаться с людьми, то все знания и умения останутся нереализованными по той же причине, что у него не будет единомышленников. Выстроить свое дело и достичь в нем успеха у такого человека – вещь непосильная. Энергичность человека. Под энергичностью нужно понимать способность человека упорно направлять свои силы на достижение выбранной цели.

Позитивное мышление помогает формировать ту реальность, в которой вы хотели бы жить. Поэтому любимая работа нашего земляка – ученого Эрдниева Пюрви Мучкаевича способствовала тому, что оба его сына - математики, один из внуков пошел по стопам деда, правнуки подрастают, учатся. А дело всей жизни ученого – технология укрупнения дидактических единиц, перешагнула границы и востребована новым поколением. Все, кто соприкасается с этой гениальной идеей, сопричастны к открытиям, откровениям, которые «дарят» применение этой технологии в работе, в учебе и, несомненно, помогает в овладении искусством позитивного мышления, изменяя вашу жизнь. Так, за одну человеческую жизнь, наш земляк проходит путь от сельского парня из калмыцкой глубинки до академика Российской Академии образования.

Выпускницы Калмыцкого государственного университета стали последователями технологии укрупнения дидактических единиц – учитель математики Мамутова Людмила Дениевна и учитель химии Васильева Полина Дмитриевна, которые наряду с передовыми технологиями обучения, применяя в своей практической деятельности идеи Пюрви Мучкаевича, также изменили траекторию своей судьбы. Людмила Дениевна, совмещая работу в средней общеобразовательной школе и заботу о семье, проходит путь от учителя математики до директора филиала Южного Федерального университета, воспитав при этом двух сыновей и имея пятерых внуков.

Васильева Полина Дмитриевна, будучи учителем химии, также наряду с передовыми технологиями обучения применяя идеи Эрниева Пюрви Мучкаевича, проходит путь от учителя общеобразовательной школы до профессора Калмыцкого государственного университета.

Всех этих людей, моих земляков, объединяет позитивное мышление, высокая мотивация в работе, целеустремленность, настойчивость, последовательность в достижении цели.

Литература

1. *Учительская газета*. 27 января 1987.
2. *Учительская газета*. 29 сентября 1987.
3. *Эрдниева П.М.* Укрупнение дидактических единиц (Материалы IV научно-практической конференции. Элиста, 1987).
4. *Эрдниева П.М., Эрдниева Б.П.* Укрупнение дидактических единиц в обучении математики. М.: Просвещение, 1986.
5. *Ридецкая О.Г.* Статья «Принцип равновесия». Москва, 2012.

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ

А. Б. Нахаева

МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №23», Элиста

Перед современным учителем стоит проблема, как заинтересованность ученика своим предметом, как донести важность и нужность своего предмета. XXI век породил взрыв новой информации. Сегодня ценностью является не знание как таковое, а умение получить и использовать эти знания. В настоящее время в обществе сложилось понимание формирования готовности к саморазвитию, к поиску информации, способности применять знания и умения на практике. Если раньше для школьника учитель был источником информации, то сейчас учитель становится организатором получения информации. Исследовательская деятельность позволяет учителю быть организатором в получении информации, а ученику самостоятельно ориентироваться в информационном пространстве, развивая познавательные навыки, получать новые знания.

Исследование позволяет более глубоко понять суть темы или проблемы и самое главное, запомнить полученные знания на длительное время, позволяя применять их в дальнейшем.

Подготовка школьника к исследовательской деятельности также важно, как и само исследование. Главная цель исследовательского обучения – формирование способности самостоятельно, творчески осваивать и перестраивать новые способы деятельности в любой сфере человеческой культуры.

Обучение началам исследовательской деятельности возможно и вполне осуществимо на уроке, в условиях дополнительного образования, внеклассной работы. Исследовательская деятельность позволяет раскрыть индивидуальные особенности учащихся и дает им возможность приложить свои знания, принести пользу и показать публично достигнутый результат.

Важной характеристикой являются исследовательские качества самого учителя. Прежде всего, это исследовательская эрудиция – запас современных знаний, которые учитель гибко применяет при решении исследовательских задач. В ходе анализа проблемной ситуации развертывается и исследовательское мышление учителя как процесс выявления им внешне не заданных, скрытых свойств педагогической действительности, осуществляемый в ходе сравнительного анализа и классификации ситуаций, обнаружения в них причинно-следственных связей. В этом случае от учителя требуется высокий уровень развития абстрактно-теоретического мышления, интуиции, наличие профессиональных качеств, основанных на умении оперировать такими категориями, как цель, задача, проблема, идея, замысел, гипотеза, инструментарий исследования. (Гильмеева Р. Х., 2006)

Если обратиться к словарю, то компетентность – мера соответствия знаний, умений и опыта лиц определенного социально-профессионального статуса реальному уровню сложности выполняемых ими задач и решаемых проблем. Включает помимо сугубо профессиональных знаний и умений, такие качества как инициатива, сотрудничество, способность работать в группе, коммуникативные способности, умение учиться, оценивать, логически мыслить, отбирать и использовать информацию.

Для формирования у школьников исследовательской компетентности можно использовать следующие методики: развитие умение видеть проблемы, развитие умение выдвигать гипотезы, развитие умение задавать вопросы, развитие умений и навыков экспериментирования.

Компетентностный подход определяется как подход, концентрирующий внимание на результате образования, причем в качестве результата образования рассматривается не сумма усвоенной информации, способность человека действовать в различных ситуациях, в том числе в ситуациях неопределенности. (Гончарова М. А., 2012)

Исследование в обыденном употреблении понимается преимущественно как процесс выработки новых знаний, один из видов познавательной активности человека.

В структуре исследовательской компетентности учащихся можно определить мотивационный, ценностно-смысловой, когнитивный, деятельностный, эмоционально-волевой компоненты, которые выполняют побудительную, ценностно-ориентированную, когнитивную, результативную, регулятивную функции. В структуре исследовательской компетентности учащихся когнитивный и деятельностный компоненты рассматриваются как базовые составляющие, определяющие процесс развития исследовательской компетентности учащихся в целом, так как знания - необходимая предпосылка и инструмент всякой практической деятельности, основа умений и навыков.

В содержании исследовательской компетентности выделяются следующие компетенции:

- ставить цель и организовывать ее достижение, уметь пояснить свою цель (целеполагание);

- организовывать планирование, анализ, рефлексия, самооценку своей исследовательской деятельности;

- задавать вопросы к фактам, отыскивать причины явлений;

- владеть навыками работы с различными источниками информации, самостоятельно искать, извлекать, систематизировать, анализировать и отбирать необходимую для решения исследовательских задач информацию, ориентироваться в информационных потоках, уметь выделять в них главное;

- ставить познавательные задачи выдвигать гипотезы; выбирать условия проведения наблюдения или опыта; выбирать необходимые приборы и оборудование, владеть измерительными навыками, работать с инструкциями; использовать элементы вероятностных и статистических методов познания; описывать результаты, формулировать выводы;

- выступать устно и письменно о результатах своего исследования с использованием компьютерных средств и технологий (текстовые и графические редакторы, презентации). (Ушаков А.А., 2008)

Настоящий исследователь должен быть человеком с ясной, холодной головой, его главная задача – максимально объективно изучать действительность, а не поддаваться эмоциям.

Важно пройти все этапы при написании исследовательской работы.

1 этап: актуализация проблемы или развитие умения видеть проблемы. Данный этап можно разделить на три уровня: учитель ставит проблему и направляет при решении, учитель ставит проблему – ученик решает, ученик сам определяет выбор проблемы и пути ее решения. Важно отметить, что на данном этапе формируется умение видеть проблемы, которые позволяют высказывать свою собственную точку зрения, смотреть на объект исследования с разных сторон.

2 этап: выбор темы, постановка цели, определение задач по данной теме и сферы исследования. Данный этап важный и является одним из сложных. При этом формируется у школьника умение задавать вопросы, ставить цели, определять границы исследования. Ключевым моментом является правильный выбор темы.

3 этап: выполнение работы учащимся. Ученик вырабатывает способность выдвигать гипотезы, которые позволяют увидеть проблему в ином свете, посмотреть на ситуацию с другой стороны. На данном этапе можно еще корректировать цели и задачи, их способы решения. Для определения методов решения ученик изучает специальную литературу, использует ресурсы интернета, развивает коммуникативные навыки. Происходит сбор и обработка информации, т.е. необходимо зафиксировать полученные знания, проанализировать и обработать полученные данные. Здесь важно учителю контролировать процесс выполнения рабо-

ты, а учащимся стараться выполнить ее творчески. Происходит формирование навыков самостоятельной работы.

4 этап: подготовка к защите. Нужно подготовить сообщение или отчет о проделанной работе или по результатам исследования. Также грамотно и умело оформить свою работу. Посмотреть на работу критическим взглядом и устранить недочеты. Детям необходимо научиться управлять процессом усвоенных знаний и особенно важному умению, необходимое каждому учащемуся – умение выделить главную мысль.

5 этап: защита работы.

Остановимся на ключевом звене исследовательской деятельности учащихся – защите исследовательских работ. Эту форму мониторинга исследовательской деятельности не могут заменить никакие парадные мероприятия вроде семинаров, конференций, фестивалей, конкурсов и т.п. После завершения учебного исследования сообщить об усвоенном важно не столько тому, кому адресовано сообщение, сколько тому, кто рассказывает. Поэтому без этапа защиты выполненной исследовательской работы или творческого проекта исследование не может считаться завершенным.

Подчеркнем, что о выполненной работе надо не просто рассказать. Ее, как и всякое настоящее исследование, надо защитить. Естественно, что защита работы должна быть публичной, с привлечением как авторов других работ, так и зрителей: одноклассников, учащихся других классов, а также учителя, родителей и гостей школы. В ходе защиты школьник осваивает важные элементы самопрезентации: учится излагать добытую информацию, сталкивается с другими взглядами на проблему, убеждает, доказывая свою точку зрения. (Савенков А. И., 2012)

Роль учителя во всем данном процессе состоит в том, чтобы определить объем и степень трудности, научить учащихся правильно выполнять задания, сориентировать на творческую самостоятельную работу, создать условия для проявления внутренних побуждений к учению. (Булдыгина С.В., 2012)

Учащийся, занимающийся исследовательской работой, способен переносить исследовательский подход на разные сферы деятельности и применять в различных ситуациях. Многомерность исследовательской компетентности подтверждается применением учащимся в исследовательской деятельности аналитических, критических, коммуникативных и других умений, а также личностных качеств. Данная компетентность мобильна, подвижна, вариативна в любой ситуации и на любом предметном материале.

Таким образом, исследовательская компетентность является основанием для развития других более конкретных и предметно-ориентированных компетентностей, поскольку помогает ученику обучаться, позволяет стать ему более гибким, конкурентноспособным, помогает быть более успешным в дальнейшей жизни, что и определяет значимость её формирования. (Глазунова Л.А.)

Литература

1. Булдыгина С.В. Самостоятельная работа учащихся в контексте исследовательской и проектной деятельности. // Педагогика. 2012. №9. С. 124.
2. Гильмеева Р.Х. Роль исследовательской деятельности учителя начальных классов в реализации идей развивающего обучения. // Начальная школа плюс До и После. 2006. №4. С. 60.
3. Гончарова М.А. и др. Метод проектов в контексте компетентностного обучения. // Школьные технологии. Научно-практический журнал. 2012. №4. С. 120.
4. Савенков А.И. Проектная деятельность. // Начальная школа. 2012. №9. С. 59.
5. Ушаков А.А. Развитие исследовательской компетентности учащихся общеобразовательной школы в условиях профильного обучения: Автореферат, Майкоп, 2008
6. Рапацевич Е.С. Золотая книга педагога. -М.: «Интерпрессервис», 2010 г., 720 с.

7. Глазунова Л.А.. Педагогические условия формирования исследовательской компетентности учащихся. [Текст] Фестиваль педагогических идей «Открытый урок». - Режим доступа: <http://festival.1september.ru/articles/610554/>

ДОМАШНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК ВИД САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПО ФИЗИКЕ

Ю. В. Пастарнакова

МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 8 имени Номто Очирова», Элиста

Что такое самостоятельность? Это всегда воплощение индивидуальности, это форма самореализации личности; это возможность выразить своё особое, неповторимое отношение к миру. Однако потребность в самостоятельности и творчестве, заложенная в самой природе человека, обычно реализуется в течение жизни далеко не полностью. Ребенок, как и взрослый человек, стремится выразить своё «я». Часто взрослые полагают, что каждый ребенок рождается с творческими способностями и, если ему не мешать, то рано или поздно они обязательно проявятся. Но, как показывает практика, такого невмешательства мало: не все дети могут открыть дорогу к созиданию. И не все могут сохранить надолго творческие способности. Именно в школьные годы наступает критический момент детских творческих способностей. Следовательно, именно в школьный период как никогда нужна помощь педагога, чтобы преодолеть этот кризис, обрести, а не потерять возможность для самореализации. Преодолению этого кризисного состояния могут послужить как отдельные педагогические приемы, применяемые учителем в ходе обычных уроков, так и виды внеурочной деятельности. Условия максимального проявления творческих способностей учащихся предполагают активизацию не только эмоциональной, волевой, интеллектуальной сферы, но и сферы воображения, интуиции, образного мышления. В физике как науке сочетается как теоретическая часть, так и практическая. И очень важно показать учащимся связь между этими двумя составляющими частями. Когда они почувствуют эту связь, они смогут дать объяснение многим происходящим вокруг них в быту процессам. Изучение физики без эксперимента приводит к формализму и механическому заучиванию. Ученик не только должен видеть опыт, но и уметь проделывать его самостоятельно. Важным приемом творческой практической деятельности является чувство удивления, новизны, а также готовность принять нестандартное решение. Эксперимент можно тоже начать с чего-то необычного для учащихся, например, с предложения ответить на вопрос: «Что можно сделать необычного с обыкновенным воздушным шариком или пластиковой бутылкой?». Варианты ответов будут разнообразными. Здесь важно уловить момент и подсказать направление поиска ответов на вопрос, основываясь на знании изученных явлений.

Какие формы обучения практического характера можно предложить в дополнение к рассказу преподавателя? В первую очередь, конечно, это наблюдение учениками за демонстрацией опытов, проводимых учителем в классе при объяснении нового материала или при повторении пройденного, так же можно предложить опыты, проводимые самими учащимися в классе во время уроков в процессе фронтальной лабораторной работы под непосредственным наблюдением учителя. Еще можно предложить опыты, проводимые самими учащимися в классе во время физического практикума, опыты-демонстрации, проводимые учащимися при ответах, опыты, проводимые учащимися вне школы по домашним заданиям учителя, наблюдения кратковременных и длительных явлений природы, техники и быта, проводимые учащимися на дому по особым заданиям учителя

Домашний эксперимент - простейший самостоятельный эксперимент, который выполняется учащимися дома, вне школы, без непосредственного контроля со стороны учителя за ходом работы. Что необходимо ребенку, чтобы провести опыт дома? В первую очередь, наверное, это достаточно подробное описание опыта, с указанием необходимых предметов, где в доступной для ребенка форме сказано, что надо делать, на что обратить внимание. Кроме того, учитель обязан провести подробный инструктаж. Так как опыт проводится уче-

ником дома самостоятельно, без непосредственного контроля учителя, то в опыте не должно быть никаких химических веществ и предметов, имеющих угрозу для здоровья ребенка и его домашнего окружения. Опыт не должен требовать от ученика каких-либо существенных материальных затрат. При его проведении должны использоваться предметы и вещества, которые есть практически в каждом доме: посуда, банки, бутылки, вода, соль и так далее. Эксперимент должен быть простым по выполнению и оборудованию, но, в то же время, являться ценным в деле изучения и понимания физики в детском возрасте, быть интересным по содержанию. Так как учитель не имеет возможности непосредственно контролировать выполняемый учащимися дома опыт, то результаты опыта должны быть соответствующим образом оформлены. Результаты опыта, следует обязательно обсудить и проанализировать на уроке. Работы учащихся не должны быть слепым подражанием установившимся шаблонам, они должны заключать в себе широчайшее проявление собственной инициативы, творчества, исканий нового. Ученики увидят собственными глазами и убедятся в справедливости изученного теоретически закона или явления. При этом полученные теоретически и проверенные на практике знания достаточно прочно отложатся в их сознании. Даже если школьники не смогут объяснить увиденное дома на опыте явление сами, то они будут с интересом слушать рассказ преподавателя.

Общую структуру эксперимента можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1.

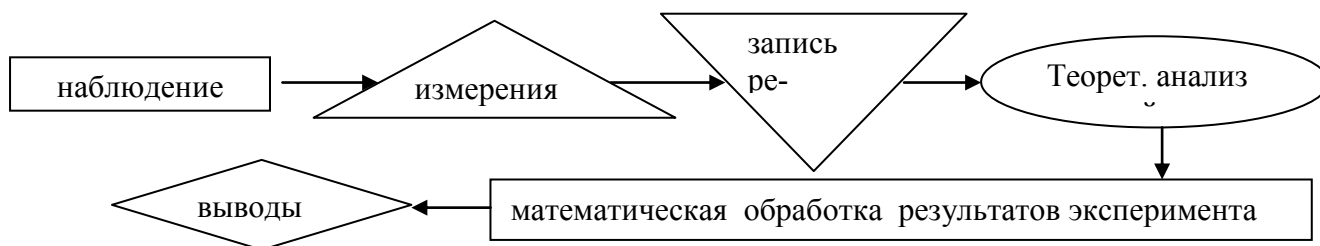


Рис. 1

Впервые домашние опыты и наблюдения по физике стали проводиться в 1934-1935 учебном году Покровским С.Ф. в школе № 85 г. Москвы. Уже достаточно давно рекомендовано учащимся иметь домашнюю лабораторию. В нее включались в первую очередь линейки, мензурка, воронка, весы, разновесы, динамометр, трибометр, магнит, часы с секундной стрелкой, железные опилки, трубки, провода, батарейка, лампочка. Однако, несмотря на то, что в набор включены весьма простые приборы, это предложение не получило распространения. Для исследования мотивации учащихся им были предложены следующие вопросы и получены результаты: 1) Что вам кажется наиболее интересным при изучении физике? Решение задач -18%, демонстрация опытов -14%, чтение учебника дома -3%, рассказ учителем нового материала -20%, самостоятельное выполнение опытов -40%, ответ у доски -5%. 2) Какое домашнее задание вам выполнять наиболее интересно? Чтение учебника -18%, решение задач из учебника или задачника -20%, наблюдение физических явлений -40%, составление задач -10%, изготовление простых устройств, моделей -8%; е) решение трудных задач -4%. 3) На каком уроке вам интересно? На контрольной работе -5%, на лабораторной работе -50%, на уроке решения задач -15%, на уроке изучения нового материала -25%, не знаю -5%. Анализ ответов показал, что четко фиксируется интерес учащихся к эксперименту. И это неудивительно, так как особенностью физики является ее экспериментальный характер. Поэтому наряду с обычными домашними заданиями - изучением текста учебника, выучиванием правил, законов, решением задач и упражнений - необходимо, чтобы учащиеся выполняли задания практического характера: наблюдение явлений в природе, выполнение качественных опытов, измерений.

Практические задания по физике можно давать учащимся и на летний период, чтобы использовать богатейшую лабораторию - природу и разнообразные объекты техники, которых нет под рукой во время обучения на уроках в школе. Учителю, дающему летнее задание, не следует гнушаться его простотой и несложностью. Задания, даваемые учащимся на каникулы, должны быть краткими и простыми. Если учащийся, проводит каникулы в деревне, подойдя за водой к деревенскому колодцу, обратит внимание (по заданию учителя) на устройство ворота или на устройство колодезного журавля да еще сравнит диаметр вала с диаметром колеса или “длины плеч” журавля, то выполнение уже этого простенького задания принесет пользу. Этот учащийся при проработке или при повторении темы “Простые механизмы” будет воспринимать материал гораздо сознательнее, чем тот учащийся, который никогда не видел или не обращал внимания на подобные механизмы. Особенно разнообразные задания можно предложить тем ученикам, которые летом поедут на море или будут кататься на лодке в другом водоеме. По-новому будут смотреть они на зеркальную поверхность пруда или озера, в которой отражаются противоположный берег и облака, видя в этих явлениях действие законов отражения и преломления. А как просты и разнообразны опыты по образованию и распространению волн от брошенного в воду камня! Сколько раз учащийся может повторить эти опыты, находясь на мостках пруда. Еще можно предложить ученикам понаблюдать за плаванием тел, за “потерей в весе” по закону Архимеда, за понижением температуры собственного тела при выходе из воды наружу при ветре (теплота парообразования и интенсивность испарения). При плавании на лодке следует обратить внимание учащихся на проявление инерции, когда быстро плывущая лодка с разгона врезается в берег и на проявление третьего закона Ньютона при прыжках с лодки на берег или просто в воду. Кажется, маленький факт. Однако и здесь можно обратить их внимание на сложение движений и указать на правило параллелограмма. Если учитель задал ученикам на дом провести эксперимент или наблюдение, то совершенно не обязательно, что все учащиеся (как и при любом домашнем задании) выполняют это задание. При любом домашнем задании есть ученики, выполнившие домашнюю работу и не сделавшие ее по какой-либо причине. Однако, следует ожидать, что учеников, желающих провести дома самостоятельно опыт, будет больше чем желающих читать учебник. Арабская пословица гласит: “Один опыт стоит тысячи слов”. Значение домашних опытов состоит в том, что это средство для более глубокого усвоения изучаемого материала, и развития познавательного интереса.

Литература

1. Гальпернштейн Л. Здравствуй, физика! -М.: Детская литература, 1967.
2. Ковтунович М.Г. Домашний эксперимент по физике. 7-11 классы. -М.: Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 2007.
3. Покровский С.Ф. Опыты и наблюдения в домашних заданиях по физике. -М.: Просвещение, 1963.
4. Рабиза Ф.В. Опыты без приборов. -М.: Детская литература, 1988.

ПРОЕКТНАЯ МЕТОДИКА НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Т. Ю. Санджиева

МБОУ «Приютненская СОШ №2», Приютненский район РК

«У детей своя собственная манера видеть, думать и чувствовать, и нет ничего безрассудней, как желание заменить её нашей»

Ж. Ж. Руссо

Думаю, каждый учитель не раз задавал себе вопрос: почему снижается учебная мотивация школьников по мере их пребывания в школе? Почему процесс обучения превращается в трудную, малопривлекательную работу?

Сейчас каждый учитель должен помнить, что обучение, в соответствии с ФГОС, должно быть построено как процесс «открытия» каждым школьником конкретного знания. Ученик не принимает его в готовом виде, а деятельность на уроке должна быть организована так, чтобы требовать от него усилия, размышления, поиска.

Итак, ученик должен быть хозяином своей деятельности: ставить цели, решать задачи, отвечать за результаты.

Роль учителя на уроке – «дирижер», осуществляющий скрытое управление процессом обучения, вдохновитель учащихся.

Таким образом, противоречие между высокими требованиями к качеству знаний учащихся со стороны родителей, социальных заказчиков, с одной стороны, и, снижение интереса к учебе, в том числе и на уроках математики, с другой, предопределило использование проектного обучения на уроках. Проанализировав ситуацию в классах, где веду математику, пришла к выводу: Математика начинается вовсе не со счета, что кажется очевидным, а с...загадки, проблемы. Чтобы у учащегося развивалось творческое мышление, необходимо, чтобы он почувствовал удивление и любопытство, повторил путь человечества в познании. Только через преодоление трудностей, решение проблем, ребенок может войти в мир творчества.

МБОУ «Приютненская средняя общеобразовательная школа №2», где я работаю – одна из многих сельских учебных заведений России, в котором наш педагогический коллектив объединён поиском, как дать нашим детям качественное образование, построив индивидуализированное образовательное пространство. Наиболее эффективным нам представляется метод проектов – организация обучения, при которой учащиеся приобретают знания в процессе планирования и выполнения практических заданий. Это вносит изменения в позиции как ученика, так и учителя. Ученик становится активным участником собственного образовательного процесса, а учитель его помощником. Исследовательская работа, которая является основой проектной деятельности, формирует и развивает личные качества учителя и ученика.

Для чего нужен метод проектов?

-Научить учащихся самостоятельному, критическому мышлению.

-Размышлять, опираясь на знание фактов, закономерностей науки, делать обоснованные выводы.

-Принимать самостоятельные аргументированные решения.

-Научить работать в команде, выполняя разные социальные роли.

Если ученик сумеет справиться с работой над учебным проектом, можно надеяться, что в настоящей взрослой жизни он окажется более приспособленным: сумеет планировать собственную деятельность, ориентироваться в разнообразных ситуациях, совместно работать с различными людьми, т.е. адаптироваться к меняющимся условиям.

В своей работе применяю уроки- проекты. Это исследовательские работы в группах:

«Исследование взаимосвязи показательной и логарифмической функций с помощью графиков», «Графическое исследование свойств тригонометрических функций»; уроки геометрии «Правильные многоугольники в природе», «Практическое применение подобия треугольников» и др. Учащиеся ориентированы на сопоставление и сравнение свойств функций, умение анализировать и делать выводы, проводить презентацию и защищать свой проект.

Эти небольшие проекты на несколько уроков, где проводится совместная работа над подготовкой проекта - прекрасная возможность дать каждому участнику шанс проявить свою творческую индивидуальность.

Вот как, например, проходила защита групповых проектов по теме: «Анализ методов решения иррациональных уравнений». Учащимся предлагаю разделить на группы по 3-4 человека. Каждая группа получает домашнее задание: решить уравнение одним из доступных методов: возведение обеих частей уравнения в одну и ту же степень двумя способами – с помощью словесного описания и равносильных преобразований; метод введения новых переменных; функционально- графический. Оформить решение в виде презентации (это может быть компьютерная, стендовая, альбомная и др.) и подготовить защиту своего метода, указав его преимущества и недостатки.

Каждая группа выдвигает своего представителя и консультанта, которые делают презентацию своей работы на уроке. Другие группы принимают активное участие в обсуждении и решении, делая записи в тетрадях, задавая дополнительные вопросы.

Также предлагаю учащимся творческие мини- проекты для домашнего задания. Планируемыми результатами и формами их представления могут быть: кроссворд, чайнворд, ребусы, газета, журнал и др.

Эти проекты предполагают активизацию учащихся, т. к. они должны знакомиться с учебной литературой, справочниками, подбирать рисунки и рисовать. Учащиеся с разным уровнем подготовки могут участвовать в проектной работе в соответствии со своими возможностями. Ведь составить и красочно оформить кроссворд, ребус может ученик, у которого трудности с математикой, но отличные способности к рисованию. А возникший интерес и чувство радости от выполненного задания у школьника – и есть критерий успешной работы.

Однако, в последнее время, учащиеся заинтересованы использовать компьютерные технологии, так как они позволяют сделать процесс создания проекта более увлекательным.

Я использую следующую классификацию проектов.

По продолжительности подготовки:

- краткосрочный
- средней продолжительности
- долгосрочный

Примеры краткосрочных проектов (в рамках изучения программного материала):

- Координаты точки и координаты вектора;
- Правильная пирамида.

Примеры среднесрочных проектов:

- Как Архимед измерял объем шара?
- Непрерывность функции.

Примеры долгосрочных проектов (по материалам научно-практических исследований).

- Теорема Пифагора вне школьной программы.

По количеству участников:

- индивидуальный
- работа в парах
- групповой (4-6 человек)

По методу:

- творческий

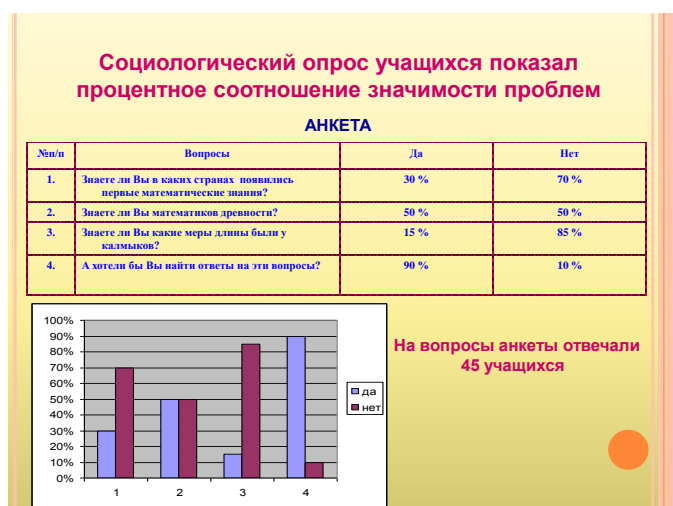
- исследовательский
- информационный (ознакомительно-ориентированный).

Также проектирование открывает возможность для интеграции различных предметов. Например, в курсе математики трудно выделить место для исторического материала, который позволил расширить знания детей об этой древнейшей науке, повысив тем самым их познавательные интересы. А на уроках истории и литературы, естественно не уделить внимание математике. Но вот проект позволяет дополнить образовательное поле историческими фактами, которые в сочетании с другими предметами и помогут сформировать у школьников целостную картину мира.

Приведу в качестве примера межпредметный (*математика, история, калмыцкий язык*) проект «Развитие математических наук в древности».

Под девизом: **поиск, инициатива, творчество и перспектива.**

Идея проекта возникла на одном из уроков математики в 6 классе. Один из учеников меня спросил, а какие меры длины существуют у калмыков. Сразу ответить на вопрос я им не смогла. И спросила у них: «А интересно ли вам узнать об этом?» И предложила учащимся 8-го класса помочь реализовать данную тему проекта, заглянуть в прошлое и узнать не только меры длины, но и окунуться в историю математики, узнать, когда и где зародились математические знания.



В начале среди учащихся 5-8 классов был проведён социологический опрос. В нём приняло участие 45 учащихся, в котором учащимся были заданы четыре вопроса:

- 1. Знаете ли Вы, в каких странах появились первые математические знания?**
- 2. Знаете ли Вы математиков древности?**
- 3. Знаете ли Вы, какие меры длины были у калмыков?**
- 4. А хотели бы Вы найти ответы на эти вопросы?**

Социальный опрос показал, что не все ученики имеют представление о том, где появились первые математические знания и только 10 % из числа опрошенных имели представление о том, какие меры длины были у калмыков. Но на вопрос хотели бы вы об этом узнать как можно больше ответили - ДА 90 % учеников. Поэтому ребята решили, что эта тема является актуальной и это подтверждается диаграммой.

Над проектом работали учащиеся 8 класса, учителя математики, истории, калмыцкого языка и библиотекарь.

Цели проекта:

Использование личностно-ориентированных методов и форм обучения (*овладение собственной стратегией познавательной деятельности с опорой на индивидуальный опыт*);

Формирование информационной компетентности (*недостающая информация, самостоятельный поиск, анализ и синтез на основе собственных учебных исследований, формы представления результатов*);

Формирование компетентности в решении учебных исследовательских проблем (*постановка и способы решения учебных задач: цель, основополагающий и проблемные вопросы, алгоритм действий и временные затраты, критерии успешности, применение в учёбе, жизни*);

Коммуникативная компетентность (*формирование навыков общения в малых группах в процессе поисково-исследовательской учебной деятельности, воспитание инициативы, активной жизненной позиции и толерантности*)

Работа над проектом проходила в несколько этапов.

На первом, организационном, учащиеся разрабатывали собственный вариант решения проблемы:

- актуальность и важность данной проблемы;
- анализ разнообразной информации;
- программа действий;

Учащиеся совместно с педагогами выбирали страны для изучения (Египет, Греция, Рим, Восток), конструировали и внедряли рациональный режим проведения проекта. Определили дату проведения – декабрь, в рамках проведения недели математики.

На втором, подготовительном, этапе школьники изучали литературу, посвящённую математикам древнего мира, ознакомились с общим представлением о выбранных странах, осмыслили и сформировали цели исследования. Планировали свою деятельность, формировали задачи.

На третьем, практическом, этапе учащиеся разбились на группы и каждый выбрал свой вид деятельности. Одни готовили рефераты или устные доклады, вторые собирали и оформляли интересные задачи, так или иначе связанные с историей Древнего мира, третьи ознакомились с биографией учёных, четвёртые изучали калмыцкие меры длины.

Чему учились? В ходе проекта переработан большой объём информации по истории. Так, например, группа выбравшая Древний Египет, столкнулась с тем, что при моделировании необходимы знания о пирамиде (опережающее обучение), а при подготовке рефератов понадобился материал о возникновении римских цифр (повторение). Использовались понятия меры длины, повторялись старинные задачи, найденные в литературе. Приобретались навыки реферирования, составления сценариев постановок, развивались артистические способности, умения работать в сотрудничестве.

Были представлены:

- рефераты по Греции (Архимед, Пифагор, Евклид, Аристотель, Фалес Милетский);
- по Древнему Риму (римские цифры, Клавдий Птолемей);
- прошёл парад математиков древности;
- составлен сборник задач, содержащий в себе информацию как из математики, так из истории;
- составлены буклеты по старинным калмыцким мерам длины;
- представление результатов своей деятельности в виде выставки выполненных моделей, рефератов, спектаклей.

Метод проектов в значительной мере способствует тому, что знания учащихся максимально приближены к научному познанию мира.

ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ С ОДАРЕННЫМИ ДЕТЬМИ

Г. Н. Сельдинова

МБОУ «Кетченеровская многопрофильная гимназия имени Хонина Косиева», Кетченеровский район РК

«В душе каждого ребенка есть невидимые струны.
Если тронуть их умелой рукой, они красиво зазвучат.»

В.А.Сухомлинский

В наше время яркие детские таланты встречаются довольно редко. В сельских общеобразовательных школах в основном учатся дети, при благоприятных условиях обучения способные достичь хороших результатов в видах деятельности, соответствующих их склонностям и интересам. Но бывают и счастливые исключения, когда в классах встречаются ученики с высокими по сравнению с большинством интеллектуальными возможностями, с активной познавательной потребностью, с восприимчивостью к учению.

Что же понимается под термином «одаренность»?

В обыденной жизни одаренность - синоним талантливости. В психологии же под ней понимают системное качество личности, которое выражается в исключительной успешности освоения и выполнения одного или нескольких видов деятельности, сочетающиеся с интересом к ним. Вырастет ли из ребенка с признаками одаренности талантливая, гениальная личность, зависит от многих обстоятельств.

В мировой психолого-педагогической науке существуют различные концептуальные модели одаренности. Одной из наиболее популярных теоретических моделей одаренности является концепция, разработанная американским исследователем Дж. Рензулли. Он считает, что одаренность есть сочетание трех основных характеристик:

- интеллектуальных способностей (превышающих средний уровень);
- креативности;
- настойчивости (мотивация, ориентированная на задачу).

Фактически, он предлагает относить к категории одаренных тех детей, которые проявили высокие показатели хотя бы по одной из этих характеристик. В своих работах автор заменяет термин «одаренность» на «потенциал».

Одаренных детей отличает исключительная успешность обучения. Эта черта связана с высокой скоростью переработки и усвоения информации. Но одновременно с этим такие дети могут быстро утрачивать интерес к ежедневным кропотливым занятиям. Им важны принципиальные вещи, широкий охват материала. Работать с такими детьми интересно и трудно; в классе, на уроке они требуют особого подхода, особой системы обучения.

Часто про одаренных людей говорят, что в них есть «Искра Божья», но чтобы из этой искры разгорелось пламя, а применительно к науке это пламя таланта, нужно приложить немалые усилия.

Прежде всего, одаренных детей надо уметь выявить. Они имеют ряд особенностей: любознательны, настойчивы в поиске ответов, часто задают глубокие вопросы, склонны к размышлениям, отличаются хорошей памятью. Определив таких ребят, школа должна научить их думать, предпринимать все возможное для развития их способностей. Первым помощником в этом деле является интерес учащихся к предмету.

Каждый ребёнок – индивидуальность, требующая особого подхода. А дети, которые проявляют особый интерес к математике, более приспособленные в эмоциональном и социальном плане, они легко учатся и лучше усваивают материал. Период концентрации внимания у них больше, словарный запас шире, они легче решают задачи и более способны к абстрактному мышлению. Они сопротивляются строгой дисциплине и зубрёжке, отличаются высокими социальными идеалами, более целены, любознательны, изобретательны, упорны,

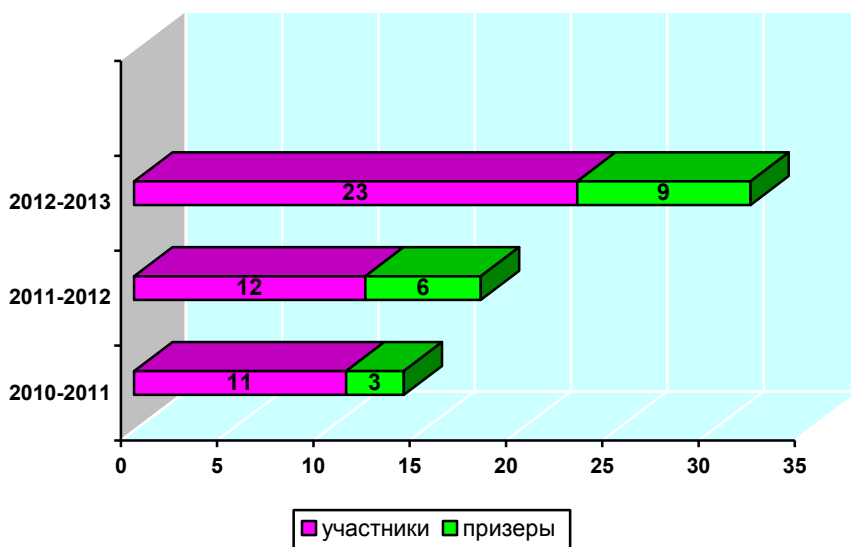
более расположены к творчеству и чутки к настроениям окружающих, обладают повышенным чувством юмора и острее реагируют на несправедливость.

В связи с этим я создаю на уроке благоприятную эмоциональную атмосферу, дифференцированно подхожу к обучению таких учеников, использую диалогические формы обучения. На уроках таким учащимся даю задания, требующих исследовательской творческой активности, а за счёт количества однотипных упражнений считаю, что интереса к математике не появится, кроме того, вызовет упрямство и нежелание у ребёнка.

Основная работа с такими детьми – внеурочная индивидуальная деятельность. Чтобы пробудить у учащихся интерес к математике, необходимо помочь им выйти за рамки школьных учебников. Задания для учащихся формулирую в разной форме: в виде цикла вопросов, отдельных задач разной трудности, а иногда и в форме известных классических теорем. Такое построение заданий позволяет учащимся отвечать на сформулированные вопросы и решить поставленные задачи, опираясь на эти теоремы даже в том случае, когда учащиеся не умеют доказывать их. Предполагается, что ученик самостоятельно или с помощью учителя изучит соответствующую литературу, решит сформулированные задачи или, что особенно важно, предложит собственную тему со своими задачами и своими методами исследования.

Важнейшей формой работы с одаренными учащимися в практике моей работы являются олимпиады. Они способствуют выявлению наиболее способных и одаренных детей, становлению и развитию образовательных потребностей личности, подготовки учащихся к получению высшего образования.

Положительная динамика участников и призеров олимпиад



Этапы	2009/2010	2010/2011	2012/2013
Муниципальный	1-е место Батаева Г.	1-е место Кокарев А.	1-е место Кокарев А. 1-е место Джапов А. 1-е место Батаева Г. 1-е место Пюрвеева Т.

Муниципальный (УДЕ)	1-е место Кокарев А. 2-место Батаева Г.	1-е место Кокарев А. 2-е место Тикеев А. 3-е место Землянская О.	1-е место Кокарев А. 1-е место Батаева Г. 2-е место Пюрвеева Г. 2-е место Манджиева Г.
Региональный		1-е место Кокарев А.	
Региональный (УДЕ)		2-е место Кокарев А.	1-е место Кокарев А.
Итого:	3	6	9

Научно-исследовательская деятельность учащихся — одна из прогрессивных форм обучения в современной школе. Она позволяет наиболее полно выявлять и развивать как интеллектуальные, так и потенциальные творческие способности детей. Проведение самостоятельных исследований стимулирует мыслительный процесс, направленный на поиск и решение проблемы, требует привлечения для этих целей знаний из разных областей. Исследовательская работа может проводиться как индивидуально, так и коллективно. Выбор формы проведения исследований определяется склонностью учащихся, а также самой задачей, требующей терпения. Руководитель исследования должен всегда помнить - работа должна быть посильна для учащихся, и при ее выборе необходимо учитывать возможности именно школы. Успех исследовательской работы школьников в большой степени зависит от научного руководителя.

Чаще всего исследовательская деятельность учащихся начинается не на уроке, а на элективном курсе, где собираются заинтересованные в углубленном изучении математики учащиеся. Темы исследовательских работ могут рождаться уже на первом занятии, предполагающем выбор форм исследования и формирование исследовательских групп, а могут появиться при изучении отдельной темы.

Рекомендации по организации исследовательской деятельности учащихся:

1. **Тема работы** должна быть актуальной и вызывать у детей интерес.
2. Определяется **цель работы**, которая в общих чертах соответствует формулировке темы исследования и может уточнять ее.
3. **Задачи исследования** конкретизируют цель работы, «раскладывая» ее на составляющие; могут определять спектр действий исследователя при движении к поставленной цели.
4. **Гипотеза** есть научно обоснованное предположение о возможных результатах исследовательской работы.
5. Обязательна работа школьников с **литературными источниками**, в библиотеках, музеях, **организация наблюдений и исследований**.
6. **Методика проведения исследования** представляет собой подробное описание всех действий, связанных с получением результатов.

В школьной исследовательской деятельности роль научного руководителя должна представлять собой именно руководство: выбор темы, формулировка цели и задач исследования, выбор объекта и методов исследования, наблюдение за ходом работы, оказание помощи в случае возникновения каких-либо затруднений, рекомендация первоисточников, об-

суждение полученных результатов, формулировка выводов. Причем практически все перечисленное необходимо проводить совместно с учащимися.

Уверена, что организация исследовательской деятельности – перспективный путь развития детей и если включить исследовательскую деятельность в образовательный процесс, то обучение станет научным, качественным и творческим.

Динамика результативности участия обучающихся в научно - практической конференции «Первые шаги в науку»

ЭТАПЫ	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Гимназический	1-место Манджиева Т.	1-место Землянская О.	1-место Кокарев А., Пюрвеева Т. 1-место Землянская О.
Муниципальный	3-место Манджиева Т.	1-место Землянская О.	1-место Кокарев А., Пюрвеева Т. 1-место Землянская О.
Региональный	-	2-место Землянская О.	1-место Землянская О. 2-место Пюрвеева Т., Кокарев А.
Итого:	2	3	5

Обучение – это существенная сторона развития человека, неразрывно связанная с воспитанием. Обучение и воспитание – два процесса взаимосвязаны, и она не мыслит один без другого.

Так проект «Родному поселку – чистоту», выполненный учащимися 10-х классов гимназии, под моим руководством, занял **1 место** в муниципальном этапе конкурса социальных проектов «**Я – гражданин**» и **3 место** в региональном этапе данного конкурса. В ходе этой акции ученики приобрели опыт общения с официальными органами власти, службами поселка, с населением в плане решения общей проблемы экологического и санитарного состояния поселка, его чистоты.

За работу, проведенную в ходе данного проекта, учащиеся были поощрены Администрацией Кетченеровского РМО поездкой в г. Волгоград. Несомненно, приобретение детьми в школе социального опыта поможет им во взрослой жизни как в профессиональном становлении, так и в личностном росте.

Важным для меня являются личностный рост учащихся во время занятий научно - исследовательской деятельностью, мотивация повышения интереса к предмету и устойчивые знания. Об этом говорят результаты участия ребят в различных олимпиадах, конкурсах. Кокарев Артем-**победитель регионального этапа** всероссийской олимпиады школьников 2012 года, **призер третьего этапа** республиканской олимпиады школьников по технологии УДЕ академика РАО П.М.Эрдниева 2012 года, **победитель третьего этапа** республиканской олимпиады школьников по технологии УДЕ академика РАО П.М.Эрдниева 2013 года. Кокарев Артем и Пюрвеева Таня - **призеры 2012-2013 года** (2 место) Республиканской научно-практической конференции «Первые шаги в науку».

Землянская Ольга - **призер** 2011-2012 года (2 место), **победитель** 2012-2013 года Республиканской научно-практической конференции **«Первые шаги в науку»**.

Ехаева Тамара - **3 место** в республиканской конференции **«Юные исследователи окружающей среды»**.

Батаева Гиляна – **2 место** в XII республиканской конференции туристско-краеведческого движения **«Бички Торскм»**.

Кокарев Артем 9 - место; Сельдинова Эркена 7 - место в общероссийской предметной олимпиаде **«ОЛИМПУС»**, 2 место в конкурсе электронных презентаций **«Ученые 20-21 веков»**.

Невозможно привить интерес к дисциплине ребятам, если сам учитель своим предметом не увлечен. Поэтому я постоянно учусь, совершенствую свои знания через курсы повышения квалификации, методические объединения школы и района, региональные научно-практические конференции. Стараюсь не отставать от своих учащихся.

В 2012 году признана **победителем** муниципального конкурса **«Лучший учитель - 2012»** в номинации **«Лучший учитель естественно — математического цикла»**.

На протяжении 7 - лет возглавляю районное методическое объединение учителей математики, направляю работу объединения, внедряю всё новое, что можно внести в работу учителей математики через семинары, практикумы и оказываю методическую и консультативную помощь учителям района.

Сознание ребенка находится в стадии становления, и именно поэтому я слежу за тем, чтобы творческий потенциал не был растрачен впустую, а лишь приумножался. Для того чтобы работать с талантливой молодежью, необходимо много работать над собой, то есть постоянно самосовершенствоваться.

Литература

1. Бахмутский А.Е. Школьная система мониторинга качества образования. Псков: АНО «Центр социального проектирования «Возрождение», 2004. – 96 с.
2. Интернет-материалы.
3. Федотова Н. К. Из опыта работы с одаренными детьми / Н. К. Федотова // Вестник НГУ. Серия: Педагогика / Новосиб гос ун-т. 2008. Т. 9, вып. 1. С. 53-56.

АКТИВИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ЧЕРЕЗ ПРОБЛЕМНЫЕ СИТУАЦИИ

К. К. Тугульчиева

МБОУ «Комсомольская средняя общеобразовательная школа №1», Черноземельский район РК

«Математические сведения могут применяться умело и с пользой только в том случае, если они усвоены творчески...»

А. Колмогоров

Согласно словарю русского языка С.И. Ожегова ПРОБЛЕМА – сложный вопрос, задача, требующая разрешения, исследования.

О проблемном обучении, или, по крайней мере, его основной идее известно давно. Истоки такого обучения можно найти в далеком прошлом. Так, можно сослаться на высказывание Квинтилиана (ок. 35-95г.) в его философско – педагогическом труде «Наставление в ораторском искусстве»: «Ребенок должен бороться за то, чтобы достичь успеха в учении, но следует делать так, чтобы он очень хотел его достичь».

Сегодня, в связи с новыми задачами школы, в педагогике и психологии усилилось внимание к теоретическим основам проблемного обучения и к практическому его применению в школе. Этот значительный интерес вызван тем, что проблемное обучение создает условия для **формирования положительной мотивации учения и глубокого усвоения знаний**.

Что же для этого необходимо? Хорошим ответом на поставленный вопрос являются слова С.Л. Рубинштейна: «Для того чтобы учащийся по-настоящему включился в работу, нужно, чтобы задачи, которые перед ним ставятся в ходе учебной деятельности, были не только **понятны**, но и внутренне **приняты**, т.е. чтобы они приобрели **значимость** для учащегося и нашли, таким образом, отклик в его переживаниях».

Дело в том, что среди многих потребностей, присущих человеку, имеется очень важная «потребность в эмоциональном насыщении». Человек нуждается в переживании эмоций, если такого насыщения эмоциями не происходит, то наступает эмоциональный голод. Он переживается в форме скуки и тоски. Одним из существующих средств и путей эмоционального насыщения человека является интерес. Интерес - потребность в определенных эмоциональных переживаниях является важным мотивом деятельности, недаром многие педагоги согласны со словами Л.С. Выготского о том, что «искусство обучения есть искусство возбуждения и удовлетворения интересов»

Одним из методов обучения (его трактуют и как принцип обучения, и как новый тип учебного процесса, и как новую дидактическую систему), направленным в первую очередь на **«возбуждение интереса»** является метод проблемного обучения. Обучение заключается в создании проблемной ситуации, в осознании и разрешении этих ситуаций в ходе совместной деятельности обучающихся и учителя, при **оптимальной самостоятельности** учеников и под общим направляющим руководством учителя. Принцип проблемности сближает между собой процесс обучения с процессами исследования, творчества.



Рис. 1

Проблемная организация учебного процесса может быть разной, в зависимости от той роли, которую берет на себя учитель, в зависимости от характера выдвинутой проблемы. **Но необходимо выделить три основных аспекта в организации проблемного урока.** (Рис.1)

Возбуждение интереса

Содержательную основу проблемного урока составляет **проблемный вопрос** (вопросы). Главным признаком проблемного вопроса является **«возбуждение интереса»!**

Проблемный вопрос может охватывать понятия в рамках одного предметного направления или проблемный вопрос может носить междисциплинарный характер.

В качестве проблемной ситуации может выступить сюжетная задача, в основе которой лежит «сюжетная линия». В рамках таких уроков необходимо, как правило, преодолеть препятствие (или препятствия) - разрешить непростые проблемные задачи.

Например: «Ребята, сегодня мы все вместе совершим заочное путешествие. Куда?» Прорешав по цепочке примеры, мы открываем буквы и получаем слова «Маньч-Гудило».

На сегодняшний день стоит очень остро проблема исчезновения редких пород птиц, растений, животных. Многие из них занесены в «Красную книгу» Калмыкии.

У нас в Калмыкии есть такое уголье «Маньч-Гудило», которое является местом обитания 26 редких видов птиц и 3 видов млекопитающих. На уроке мы с вами познакомимся с некоторыми из них, и узнаем их вес, рост, длину тела, скорость бега. (Рис.2)



Рис. 2

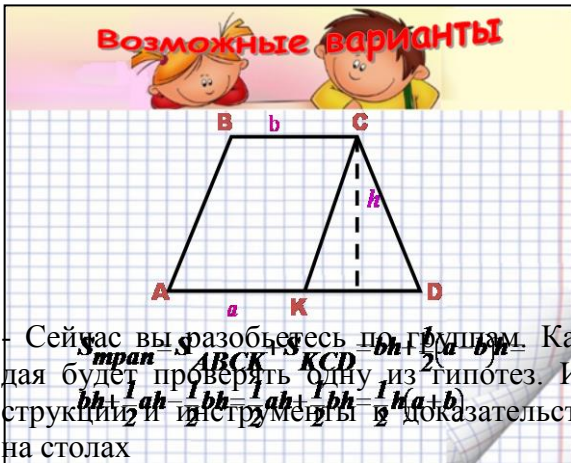
Такое же заочное путешествие мы совершили в заповедник «Черные земли», где узнали с сайгаках – самых древних обитателей нашей степи. Мы узнали об исчезновении этих животных, на сегодняшний день их осталось меньше 20 тысяч. На этих уроках я хотела привить любовь к малой Родине, воспитать бережное отношение к природе, расширить знания о растениях и животных нашего края.

Так много правильных гипотез!

Итак, проблема сформулирована. Каков дальнейший путь деятельности на проблемном уроке? Можно «искать наугад» и, перебирая возможные явления, выяснять, влияют ли они – и если да, то насколько. Однако такой путь малопродуктивен. Как правило, предположительно определяется наиболее вероятный – с точки зрения имеющейся информации, теории – ответ на поставленный вопрос представляет собой гипотезу. Основным требованием к гипотезе является требование ее обоснованности, доказательности, проверяемости. Вполне вероятно, что у исследователей может возникнуть несколько гипотез; тогда их все необходимо обосновать. Таким образом, проблемный вопрос предполагает **выдвижение гипотезы** для его разрешения или нескольких гипотез, а также процесса **обоснования, доказательности**. Вашему вниманию я предлагаю фрагмент урока по теме «Площадь трапеции»:

Учитель	Ученик
	Формулируют учебную проблему: «Как вычислить площадь трапеции, используя формулы площадей уже изученных фигур?»

- Итак, какие есть идеи? (побуждение к гипотезам)



Сейчас вы разобьетесь по группам. Каждая будет проверять одну из гипотез. Инструкции и инструменты в доказательстве на столах

Рис.3

- Провести прямую, параллельную боковой стороне трапеции и найти площадь трапеции как сумму площадей параллелограмма и треугольника (решающая гипотеза 1, Рис.3);

- Провести из вершин большего основания трапеции две параллельные боковым сторонам и найти площадь трапеции как сумму площадей прямоугольника и двух прямоугольных треугольников (решающая гипотеза 2, Рис.4)

- Провести из вершин меньшего основания прямые параллельные боковым сторонам и найти площадь трапеции как сумму площадей трех треугольников (решающая гипотеза 3, Рис.5)

Разбиваются по группам, каждая проверяет одну гипотезу и докладывает о результатах классу.

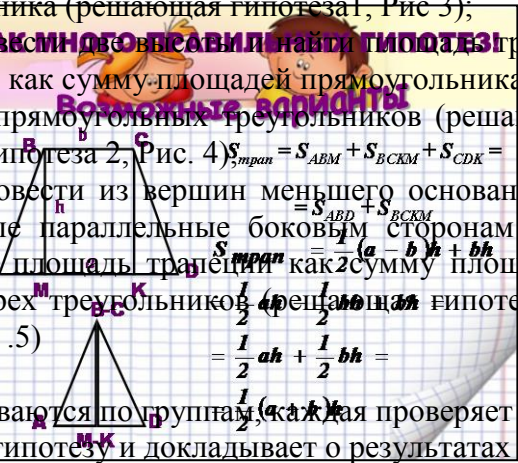
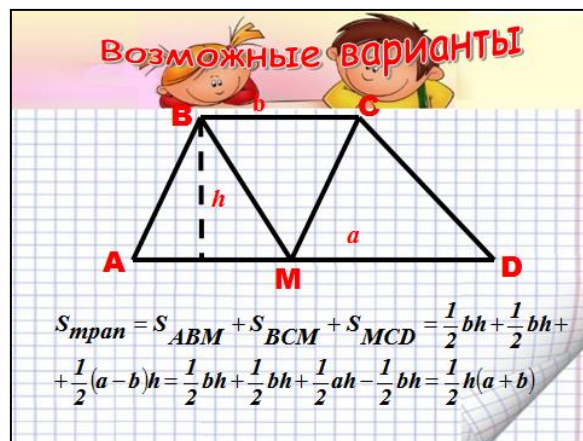


Рис. 4



$$S_{трап} = S_{ABM} + S_{BCM} + S_{MCD} = \frac{1}{2}bh + \frac{1}{2}bh + \frac{1}{2}(a-b)h = \frac{1}{2}bh + \frac{1}{2}bh + \frac{1}{2}ah - \frac{1}{2}bh = \frac{1}{2}h(a+b)$$

Рис. 5

Подводим к открытию знаний

На примере практического занятия по теме «Построение различными способами центра круга без использования геометрических инструментов» я хочу рассказать о третьем аспекте проблемного обучения. В качестве организационного принципа проблемного урока чаще всего выступает *принцип совместной деятельности*, в основе которого лежит групповой метод обучения с элементами дискуссии, обсуждения, игры. В числе ос новных

факторов, побуждающих учащихся к активности, можно назвать: познавательный интерес; продуктивный, творческий характер деятельности; состязательность; игровой характер.

Мощным стимулом к познанию является **творческий характер деятельности**. реализация принципов проблемно-исследовательского характера деятельности позволяет пробудить у обучаемых творческий интерес, а это, в свою очередь, побуждает их к активному самостоятельному и групповому поиску новых знаний, способов решения.

Игровой характер учебно-познавательной деятельности выступает как эффективный механизм мыслительной активности обучаемых, фактор их саморазвития. Данное практическое занятие я проводила во второй половине дня. (Рис.6)

В качестве раздаточного материала каждому ученику были предложены шаблоны кругов, прямоугольника и пятиконечной звезды. В течение занятия учащиеся являлись сотрудниками научно-исследовательского института и поработали в различных лабораториях: теоретиков, исследователей, практиков. Им предлагалось найти различные способы определения положения центра для данного круга без использования геометрических инструментов: с помощью двух сгибаний листа бумаги, с помощью трех, четырех сгибаний, с использованием листа прямоугольной формы и линейки без делений, с помощью прямоугольного треугольника, с помощью дополнительных построений. Вопрос учителя: Как вы думаете можно ли так сложить лист бумаги, чтобы одним прямолинейным разрезом вырезать из этого листа пятиконечную звезду? Решение данного задания было продемонстрировано в конце занятия. Ребята были очень активны.

Проблемный урок обеспечивает творческое усвоение знаний. Ученик проходит четыре звена научного творчества: постановку проблемы и поиск решения на этапе введения знаний; выражение решения и реализацию продукта на этапе воспроизведения знаний.

Технология проблемного диалога на уроках математики решает следующие УУД:

- Регулятивные – умение решать проблемы;
- Коммуникативные – вести диалог;
- Познавательные – извлекать информацию, делать логические выводы;
- Личностные – в случае, если ставилась проблема нравственной оценки ситуации.

Проблемный тип обучения не решает всех образовательных и воспитательных задач, поэтому он не может заменить собой всей системы обучения, включающей разные типы, способы, организации учебно-воспитательного процесса. Но также система обучения не может быть подлинно развивающей без проблемного обучения.

Литература

1. Ларина Л. Активность через решение проблем, «Математика» №11, 2011
2. Мельникова Е.Л. Проблемный урок, или Как открывать знания с учениками: Пособие для учителя. М., 2002. 168 с.
3. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. Изд-во "Азъ", 1992.

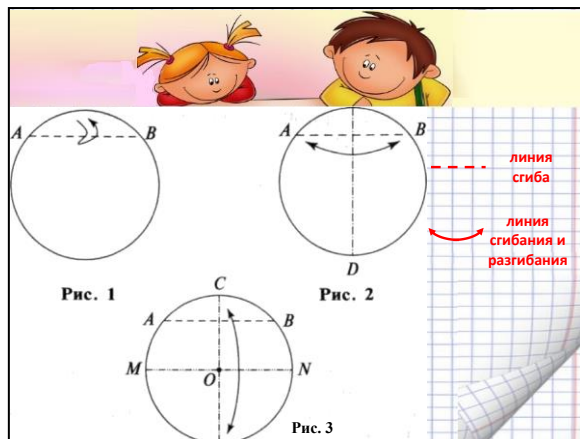


Рис. 6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИА-ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

М. А. Убушаева

МБОУ «Элистинская многопрофильная гимназия», Элиста

Современные медиа - технологии, использование электронно - образовательных ресурсов раскрывают перед участниками образовательного процесса практически неограниченные возможности. Сформировать собственную базу медиа - материалов для применения ее на уроках физики учителю может помочь домашний эксперимент, записанный как фрагмент видео-урока. Никто из физиков, увлеченных своим делом, не станет отрицать важность эксперимента. Физика и эксперимент неразделимы. Подтверждением этого является высказывание немецкого педагога XIX века А. Диствервега: "Ученик должен воспринимать истину не как готовый результат, а должен ее открыть. Учитель руководит этой экспедицией открытий".

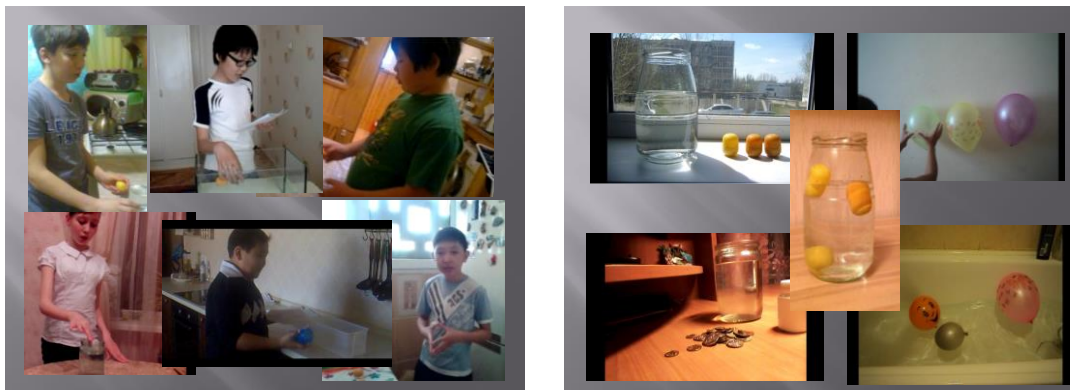
Особое значение опыты и наблюдения имеют для развития познавательного интереса и творческих и исследовательских способностей школьников, для формирования у них экспериментальных умений и навыков. Эксперимент помогает ученикам осознать связь теории с практикой. А домашний эксперимент, кроме радости открытия, ещё и поможет сплотить семью.

Выполнение домашних опытов и наблюдений играет особенно важную роль в подростковом возрасте, так как в этот период перестраивается характер учебной деятельности ученика. Подростка не всегда удовлетворяет то, что ответ на его вопрос есть в учебнике. У него появляется потребность получить этот ответ из жизненного опыта, наблюдений за окружающей действительностью, из результатов собственных экспериментов.

Особенно это заметно у детей, начинающих изучать физику, у учащихся 7-8 классов. Они с удовольствием делают маленькие "открытия". Самостоятельный эксперимент позволяет развивать не только познавательный интерес и исследовательские способности, но и формирует метапредметные навыки. Например, при проведении домашних экспериментов развивается самоорганизация труда на всех этапах, включая организацию опыта, его проведение, получение и осмысление результатов, а также оформление отчета.

Поэтому домашний физический эксперимент очень важен для воспитания исследователя. С помощью простейших приборов в домашних условиях можно провести много исследований. Важна роль родителей, это в первую очередь, или других членов семьи. Без их поддержки организовать эту работу будет трудно. Ребенку всегда рядом нужен добрый наставник, советчик, единомышленник, который подскажет, поможет в трудных ситуациях. А дома - это родители, которые заинтересованы в творческом развитии своего ребенка. Ну и очень важны советы наставника-педагога, который проконсультирует по многим вопросам проводимых домашних исследовательских опытов. Очень важно поддержать и направить фантазию и творческие способности ребенка в правильное русло.

В последнее время появилась возможность к письменному отчету добавить видеоотчет. В этом случае эксперимент готовится с особой тщательностью. Дети участвуют еще и в качестве режиссеров, операторов и главных героев небольших видеороликов. Это учит их держаться перед камерой, перед аудиторией, развивает речевые (риторические) навыки и уверенность в себе.



Конечно, ребенка нужно информировать о необходимости соблюдения правил техники безопасности.

Наблюдения, опыты и лабораторные работы, указанные в учебнике и проводимые самостоятельно во внеурочное время с использованием предметов домашнего обихода, подручных материалов, приборов и комплектов, выпускаемых промышленностью, приводят к тому, что учащиеся готовы к модификации опытов, их углублению и расширению, моделированию самодельных приборов.

Значение домашнего физического эксперимента очень важно:

- учащиеся овладевают экспериментальным методом познания в физике, с ролью эксперимента в физических исследованиях не только на уроках под руководством учителя, но и в процессе самостоятельного экспериментального исследования;

- появляется возможность самостоятельно наблюдать явления, выдвигать гипотезы, планировать эксперимент, анализировать результаты, устанавливать аналитические и графические зависимости между величинами, оценивать погрешности измерений и вычислений, делать выводы и т.п.;

- домашний физический эксперимент, являясь самостоятельным и наглядным, способствует организации восприятия учащимися учебного материала, его пониманию и запоминанию

Физический эксперимент в качестве домашнего задания не только повышает мотивацию к предмету, способствуют формированию навыков постановки эксперимента и позволяет учителю накопить видеоматериалы к урокам. Он дает возможность усилить взаимодействия семьи и школы. Приятно видеть сияющие глаза ребят, сообщающих радостно, что им помогли родители или что они удивили своих младших членов семьи, прикрепив воздушные шары к стене без гвоздей. Физика из науки превращается в волшебство!

МЫСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

В. П. Яшкаева

МБОУ «Элистинский технический лицей», Элиста

Математическое мышление является составной частью общей культуры мышления, воспитание которого является важнейшей задачей всего образования. Математический стиль мышления в наиболее яркой форме выражает научно-теоретический стиль мышления, в котором доминируют логические схемы рассуждения. Социальный заказ современного общества – это создание условий, содействующих развитию логико-математических способностей; – это интеллектуальное совершенствование человека.

Из Концепции развития математического образования следует, что математика является элементом национальной культуры, национальной идеи, предметом гордости и конкурентным преимуществом России. Таким образом, преподавание предмета «математика» становится самым важным вопросом во всей системе школьного образования. Развитие мыслительной деятельности на уроках математики происходит в процессе решения проблемно-поисковых задач. Решая эти задачи, ученик учится рассуждать, искать подобное, сравнивать, применять аналогию, устанавливать связи между объектами и т.д.

Как это происходит непосредственно на уроках геометрии и алгебры? На нескольких примерах постараюсь показать это.

Пример 1. Тема «Правильные многоугольники». 9 класс, геометрия.

Изучение нового материала начинаю с закрытой доской, где указана тема. На столах у учащихся лежат наборы геометрических фигур и на слайде показаны эти же фигуры.

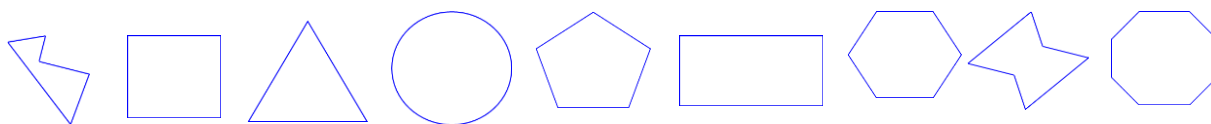


Рис. 1. Многоугольники

Задание для учащихся:

Внимательно посмотрите, подержите в руках данные фигуры и исключите те, которых, по вашему мнению, в этом наборе не должно быть. Ученики работают и индивидуально, и в парах, дают следующие ответы: – исключаем первую и восьмую, потому что это невыпуклые фигуры.

Учитель: Хорошо.

Ученики: Исключаем четвертую фигуру, так как это не многоугольник.

Учитель: Хорошо.

Ученики: Оставим вторую, третью, пятую, седьмую и девятую фигуры.

Учитель: Почему? Чем эти фигуры отличаются от остальных фигур?

Ученики: У них стороны равны.

Учитель: Ясно, а что еще общее?

Ученики: Наверное, углы тоже равны.

Учитель: Давайте проверим.

Ученики берут в руки транспортиры, измеряют углы и делают вывод.

Ученики: Точно, у них углы тоже равны.

Учитель: А как бы вы назвали эти фигуры?

Ученики: – хорошие, – красивые, – изящные, – правильные, – совершенные

Учитель: Молодцы, ребята! Вот сколько прилагательных вы назвали. Однако ученые-математики выбрали слово «правильный». (Открываю доску, где записана тема) Итак, попытайтесь сформулировать определение: какие многоугольники называются правильными.

Обычно ученики дают верное определение, но забывают указать, что многоугольник должен быть выпуклым. За короткий промежуток времени ученики осмыслили вопрос, обнаружили общие свойства объектов, опытным путем проверили одно из них и дали словесную формулировку определения. Обычно в этой работе ярко проявляют себя слабые ученики, они забывают о своей стеснительности, молчаливости, выкрикивают ответы и стараются свою активность сохранить до конца урока. Конечно, бывают ошибки, погрешности в суждениях. Но кто же учится без них, без ошибок?

Пример 2. Тема «Средняя линия трапеции». Геометрия, 9 класс.

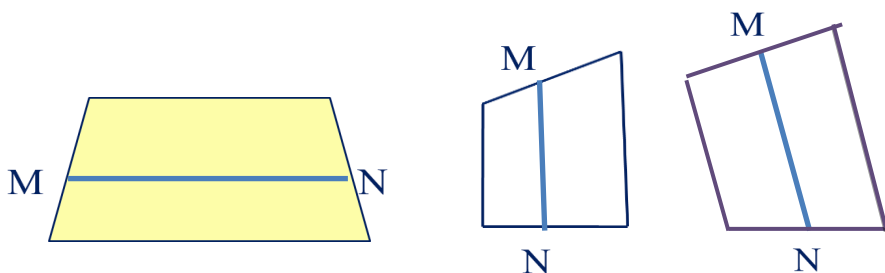


Рис. 2. Средняя линия трапеции

Задание для учащихся:

На этом рисунке отрезок MN – средняя линия трапеции. Внимательно изучите этот рисунок и попытайтесь сформулировать определение: что называется средней линией трапеции. Ученики очень быстро формулируют верное определение. Однако в классах со слабой математической подготовкой можно услышать такие ответы:

а) – это прямая, которая соединяет две стороны трапеции, б) – это отрезок, который соединяет непараллельные стороны, в) – это отрезок, который соединяет боковые стороны.

Ко всем этим «определениям» тут же на доске показываю контрольные примеры.

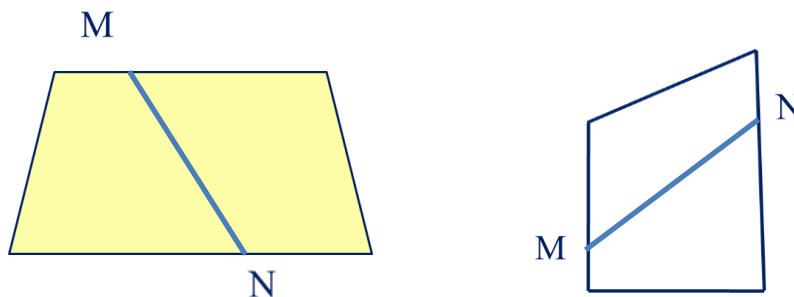


Рис. 3. Неверная средняя линия трапеции

Задание учащимся:

Какова связь между средней линией и основаниями трапеции?

Находится ученик, который точно формулирует необходимое свойство.

Учитель: Как ты догадался, почему $MN \parallel BC$ и $MN = \frac{1}{2}(BC + AD)$

Ученик (Света): Мы изучали похожее свойство средней линии треугольника.

Учитель: Молодец! Давайте проверим равенство: $MN = \frac{1}{2}(BC + AD)$.

Ученики строят 3 вида трапеции и проверяют практическим путем гипотезу своего одноклассника.

Учитель: Итак, 3 ряда проверили гипотезу Светы: I ряд – для разносторонней трапеции, II ряд – для равнобедренной трапеции и III ряд – для прямоугольной трапеции. Мы изучаем геометрию, которая требует строгое доказательство. Докажем гипотезу Светы. Далее с помощью активизации прошлых знаний, коллективно доказывается теорема.

Таким образом, можно наблюдать, что сильные ученики сразу же проводят аналогию с ранее изученным знакомым понятием, слабые ученики свое суждение проверяют опытным путем, и только после этого приходят к нужному умозаключению.

Пример 3. Тема «Арсинус», Алгебра и начала анализа.

Предлагаю учащимся разделить тетрадь на два столбца и решить простейшие уравнения. Ученики быстро записывают ответы в уравнениях 1, 2 слева.

Уравнение 1 справа решаем с помощью единичной окружности.

Задание для учащихся:

$$\left. \begin{array}{l} 1) x^2 = 4 \quad 2) x^2 = 5 \\ x_1 = 2x_1 = ? \quad \sqrt{5x_1} = \frac{\pi}{6} x_1 = ? \\ x_2 = 2x_2 = ? \quad -\sqrt{5x_2} = \frac{5\pi}{6} x_2 = ? \end{array} \right| \begin{array}{l} 1) \sin x = \frac{1}{2} \quad 2) \sin x = \frac{2}{3} \end{array}$$

Как записать ответ в уравнении 2 справа? Если вы не знаете как это сделать, то попробуйте «изобразить» решение на единичной окружности.

Урок только начался, а у ребят проблемная ситуация. Ученики живо обсуждают ситуацию друг с другом.

Учитель: Посмотрите на запись ответа в уравнении 2 слева. Когда среди рациональных чисел не оказалось числа, квадрат которого равен 2, ввели новое понятие. Так появился знак $\sqrt{\quad}$. Видимо и в данной ситуации, должно появиться что-то «новое». Итак, что мы ищем?

Ученики: Мы ищем угол, синус которого равен $\frac{2}{3}$.

Учитель: Верно. Он существует, его можно «увидеть» на окружности.

По вызову учителя ученик показывает эти углы на единичной окружности, работая у доски.

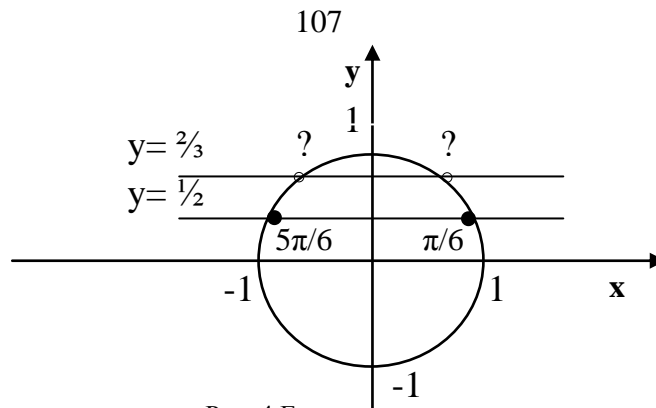


Рис. 4. Единичная окружность.

Учитель: Итак, сегодняшних знаний чтобы записать ответ в уравнении 2 справа нам не хватает. Вот в математике и придумано понятие: тот угол, синус которого равен $\frac{2}{3}$ называть арксинусом числа $\frac{2}{3}$.

Далее уже более точно, обоснованно дается определение \arcsin числа a . Акцентирую внимание учащихся на то, что «новое» появляется в науке как практическая необходимость, названия терминов несут определенную смысловую нагрузку, и возможно, в будущем, вы будете сопричастны к рождению новых математических понятий.

Пример 4. Изучение стереометрии в 10 -11 классах.

В отличие от реальных предметов геометрические тела являются также и воображаемыми объектами. Самое главное в стереометрии – это выбор такого изображения пространственной фигуры, чтобы оно было удобным для исследования свойства, запоминания свойства, решения задачи.

Геометрия, 10 класс. Теорема: «Через прямую, и не лежащую на ней точку проходит плоскость, и притом только одна»

Задания для учащихся:

Задача №18 (а), п.6, Геометрия, 10 класс. Тема: «Параллельные прямые в пространстве»

Точка C лежит на отрезке AB . Через точку A проведена плоскость, а через точки B и C – параллельные прямые, пересекающие эту плоскость соответственно в точках B_1 и C_1 .

Найти длину отрезка CC_1 , если C – середина AB и $BB_1=7$ см.

Прочитайте два-три раза условие задачи. (К доске еще никто не вызван.)

О каких фигурах идет речь?

Каково взаимное расположение?

Попытайтесь выполнить такой чертеж к задаче, который бы помог вам при ее решении. Разрешаю сделать несколько попыток, посмотреть чертеж у одноклассника.

Ученики: А можно ввести обозначения?

Учитель: Конечно, даже нужно, а не можно.

Ученики: Можно плоскость изобразить «облаком»?

Учитель: Да.

Ученики: А как будут располагаться точки B_1 и C_1 : на одной прямой?

Учитель: А как расположены точки B и C ?

Ученики? На одной прямой.

Учитель: Ребята, запомните: «Если точки лежат на одной прямой, то и их проекции тоже будут лежать на одной прямой».

Далее выбираю наилучший вариант как образец и показываю, в чем «не качественность» чертежа типа а)

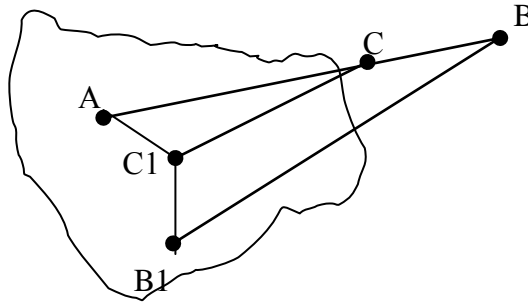


Рис.5. Чертеж типа а)

Ученики обычно сами подсказывают друг другу, что нужно перевернуть чертеж.

Как только верное изображение условия появляется на доске, так сразу даже слабые ученики выкрикивают ответ.

Учитель: Несколько секунд назад, вы читали условие, почему сразу не нашли ответ?

Ученики: Мы не видели чертежа.

Учитель: Значит, чертеж играет очень важную роль при решении геометрических задач.

Ученики: Да, оказывается задача устного характера.

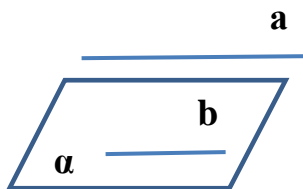


Рис.6. Признак параллельности прямой и плоскости.

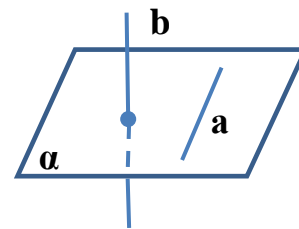


Рис.7. Признак скрещивающихся прямых

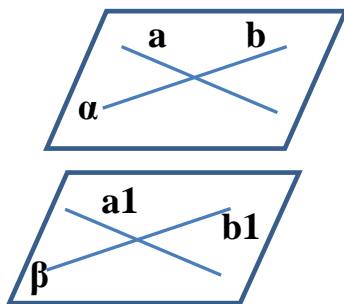


Рис.8. Признак параллельности плоскостей

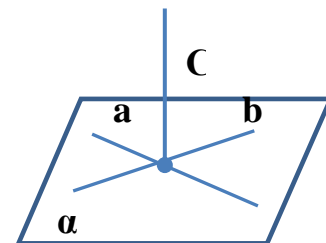


Рис.9. Признак перпендикулярности прямой и плоскости

Итак, учащиеся мыслительно переносят словесную информацию в рисуночную, выбирают оптимальный вариант изображения из нескольких.

Интересно проходит урок повторения по геометрии в 10 классе.

Один ученик с обратной стороны доски выполняет чертежи к указанным теоремам. Другой отвечает на вопрос – какое определение или признак закодировал рисунком первый ученик, причем формулировки, приводит четкие и точные.

Например: Рис. 5. Чертеж типа а)

Еще при первоначальном изучении этих признаков, учащиеся пытались самостоятельно построить чертежи. Какова же была их радость, когда открыв учебник, они видели аналогичный чертеж. Поэтому процесс запоминания формулировки и доказательства теоремы, выполненного с помощью кадров – рисунков у учащихся не вызывает больших затруднений. На следующий урок основная масса учащихся готова к ответу у доски. Рисунок, чертеж в данном случае – это сигнал мыслительной деятельности, это возврат в состояние поиска проблемы, это своего рода – подсказка и шпаргалка. Психологами замечено, что переход от наглядного мышления к абстрактному это новый виток в развитии мыслительной деятельности человека. Поэтому именно на уроках геометрии стереометрии формируется критический склад ума: интеллектуальная чёткость, целеустремлённость и настойчивость, развитие внимания способность сосредоточиться, точность и сжатость в выражении своих мыслей. Все эти качества воспитываются постепенно, в ходе целостного процесса обучения математике.

«Дороги не те знания, которые откладываются в мозгу, как жир, дороги те знания, которые превращаются в умственные мышцы» (Герберт Спенсер, англ. философ)

Литература

1. Атанасян Л.С. и др., Геометрия 7-9 классы. - М.: Просвещение, 2009, С. 384.
2. Атанасян Л.С. и др., Геометрия 7-9 классы. - М.: Просвещение, 2010, С. 255.
3. Мордкович А.Г., Алгебра и начала математического анализа 10-11 классы, Ч.2, 10-е издание, стар. - М.: Мнемозина, 2009, С.399.
4. Ефремов А.В., Феномен академика Эрдниева, - Казань: Магариф, 1999, С.143.
5. Концепция развития математического образования. Ключевые идеи, Вепсия., 2013.
6. Краткий психологический словарь, Составил: Карпенко Л.Я., Под ред.: Петровского А.В., Ярошевского М.Г., -М.: ПЛМТИЗДАТ, 1985.

ПРИЛОЖЕНИЕ
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ: ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ СТАТЬИ

Михаляев Б. Б.¹, Мусцевой В. В.²

¹ *Калмыцкий государственный университет, Элиста*

² *Волгоградский государственный университет, Волгоград*

(пустая строка)

Abstract

FAST SAUSAGE WAVES IN CURRENT-CARRYING CORONAL LOOPS, *by Khongorova O.V., Mikhalyaev B.B., and M.S. Ruderman.* Fast sausage waves in a model coronal loop that consists of a cylindrical core with axial magnetic field and coaxial annulus with purely azimuthal magnetic field are considered. ...

(пустая строка)

Оформление статьи. Настоящий текст представляет собой правила по оформлению статей в сборнике трудов научно-практической конференции “Актуальные проблемы современной физики и математики”. Иными словами, статья должна выглядеть примерно так, как эта страница. Объем статьи не ограничен.

Материалы должны быть подготовлены средствами Word. Размер всех шрифтов, кроме мест работы авторов и подписей к рисункам – 12 пунктов. Размер шрифта мест работы авторов и подписей к рисункам – 10 пунктов. Шрифт – Times New Roman. Заголовок, слово “**Abstract**”, наименования разделов статьи и заголовок “**Литература**” выделяются жирным шрифтом. Заголовок, список авторов, места их работы и заголовок “**Литература**” форматированы от центра. Наименования мест работы авторов выделяются курсивом (см. выше). Переносы включаются автоматически.

Размер полей справа и слева – 20 мм, сверху и снизу – 25 мм. Статья не должна содержать нумерации страниц, номера страниц будут размещаться при верстке всего сборника в целом.

Статья должна быть снабжена **Abstract**-ом на английском языке, размером не более 200 слов, включая предлоги, помещенным перед основной частью статьи. Это требование является не критичным: переведите аннотацию на английский, если хотите, чтобы англоязычный читатель смог ознакомиться с вашей работой.

Наименование раздела статьи указывается в начале первого абзаца и выделяется жирным шрифтом раздела (см. **Оформление статьи.**). Нумерация разделов не производится. Между разделами устанавливается интервал в 6 пунктов. Принято использовать **Введение** с изложением сути рассматриваемой проблемы, кратким обзором ее современного состояния и литературы по теме исследования, а также **Заключение** с формулировкой результатов проведенного исследования и обсуждением перспектив его продолжения.

Все формулы, выделенные в отдельную строку, должны быть пронумерованы (следующие формулы размещены на странице с помощью таблицы с четырьмя строками и двумя столбцами, один из которых отведен для нумерации; ее границы выбраны невидимыми):

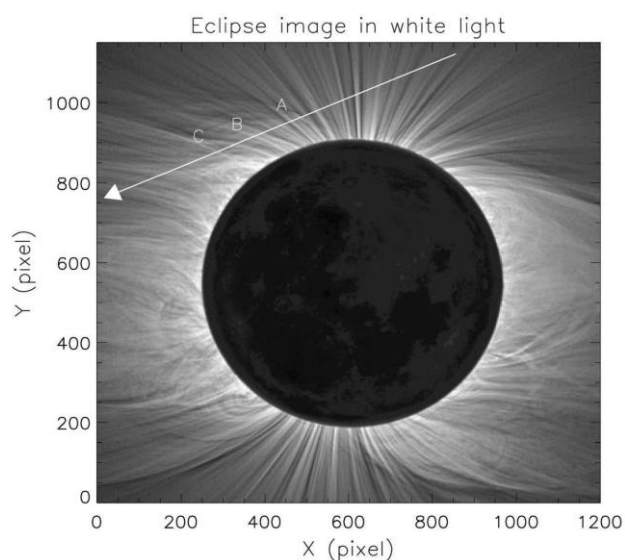
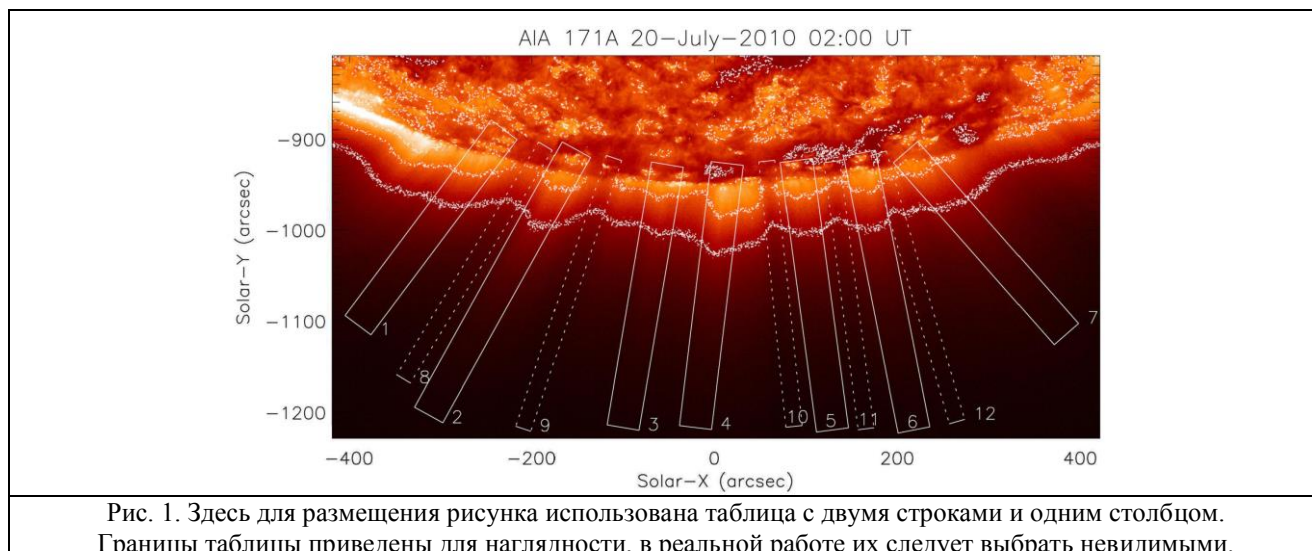
$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\nabla p + \frac{1}{4\pi} \operatorname{rot} \mathbf{B} \times \mathbf{B}, \quad (1)$$

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{d\mathbf{B}}{dt} = \operatorname{rot}(\mathbf{v} \times \mathbf{B}), \quad (3)$$

$$\frac{dp}{dt} - \frac{\eta p}{\rho} \frac{d\rho}{dt} = -(\gamma - 1)\rho L, \quad (4)$$

Должны быть пронумерованы и подписаны все рисунки. Подписи располагаются снизу или сбоку от рисунка (рис. 1-2). Обратите внимание на соответствие масштабов рисунков размеру шрифта. Формат рисунка не оговаривается, поскольку уже предполагается, что он читается в Word.



Список литературы и ссылки на нее. Список литературы приводится в алфавитном порядке, сначала на русском языке, затем – на английском. Цитируемая работа дается в виде фамилий авторов (указываются все авторы), названия работы, года опубликования работы с добавлением буквы при ссылках на несколько публикаций данного автора в том же году, названия издания (приводится полностью), номера тома, номера выпуска и первой страницы работы. Подробные сведения о работах необходимы потому, что издание не является специализированным и имеет разнородную читательскую аудиторию.

Ссылка в тексте на цитируемую литературу дается в виде фамилии автора и года опубликования работы (Паркер, 1972). При двух авторах указываются обе фамилии через запятую (Дворяковский, Файнштейн, 1981), при трех и более соавторах указывается лишь первая фамилия с добавлением “и др.” или “et al.” (De Moortel et al., 2002a). Подобный тип

ссылки мы считаем более приемлемым по сравнению с использованием нумерованных ссылок, поскольку не придется при чтении каждой ссылки “прокручивать” статью в ее конец.

Представление и публикация статьи. Конференция проводится ежегодно в конце ноября. Статью следует до конца первого квартала следующего календарного года представить в электронном виде на кафедру теоретической физики КалмГУ или послать по адресу fmif@kalsu.ru.

Публикация статей является свободной, то есть статьи не рецензируются. Публикация статей в электронном сборнике является бесплатной для авторов.

Литература

- Дворяковский В.П., Файнштейн С.М. *О параметрической неустойчивости магнитозвуковых волн в плоском плазменном волноводе* // 1981, Известия ВУЗов. Радиофизика, 24, №5, 533.
- Паркер Е., 1972, *Космические магнитные поля*. Т. 1. -М.: Мир, с. 416.
- De Moortel I., Ireland J., Walsh R.W., Hood A.W. *Longitudinal intensity oscillations in coronal loops observed with TRACE. I. Overview of measured parameters* // 2002a, Solar Physics, 209, 61.
- De Moortel I., Hood A.W., Ireland J., Walsh R.W. *Longitudinal intensity oscillations in coronal loops observed with trace. II. Discussion of measured parameters* // 2002b, Solar Physics, 209, 89.
- Foullon C., Fletcher L., Hannah I. G., Verwichte E., Cecconi B., Nakariakov V.M., Phillips K.J. H., Tan B.L. *From large-scale loops to the sites of dense flaring loops: preferential conditions for long-period pulsations in solar flares* // 2010, Astrophysical Journal, 719, 151.