XVI КОЛМОГОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

XVI KOLMOGOROV READINGS

ADVANCED EDUCATION AND SCIENCE CENTER

Proceedings of the

XVI International Scientific Conference of students

“Kolmogorov readings”

May 3-7, 2016

RESEARCH AND PROJECT WORK OF STUDENTS AND TEACHERS

Moscow

2016

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
(факультет) – школа-интернат имени А.Н. Колмогорова
Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова

Материалы
XVI Международной научной конференции школьников
“Колмогоровские чтения”
3-7 мая 2016

ТВОРЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ И УЧИТЕЛЕЙ

Москва
2016

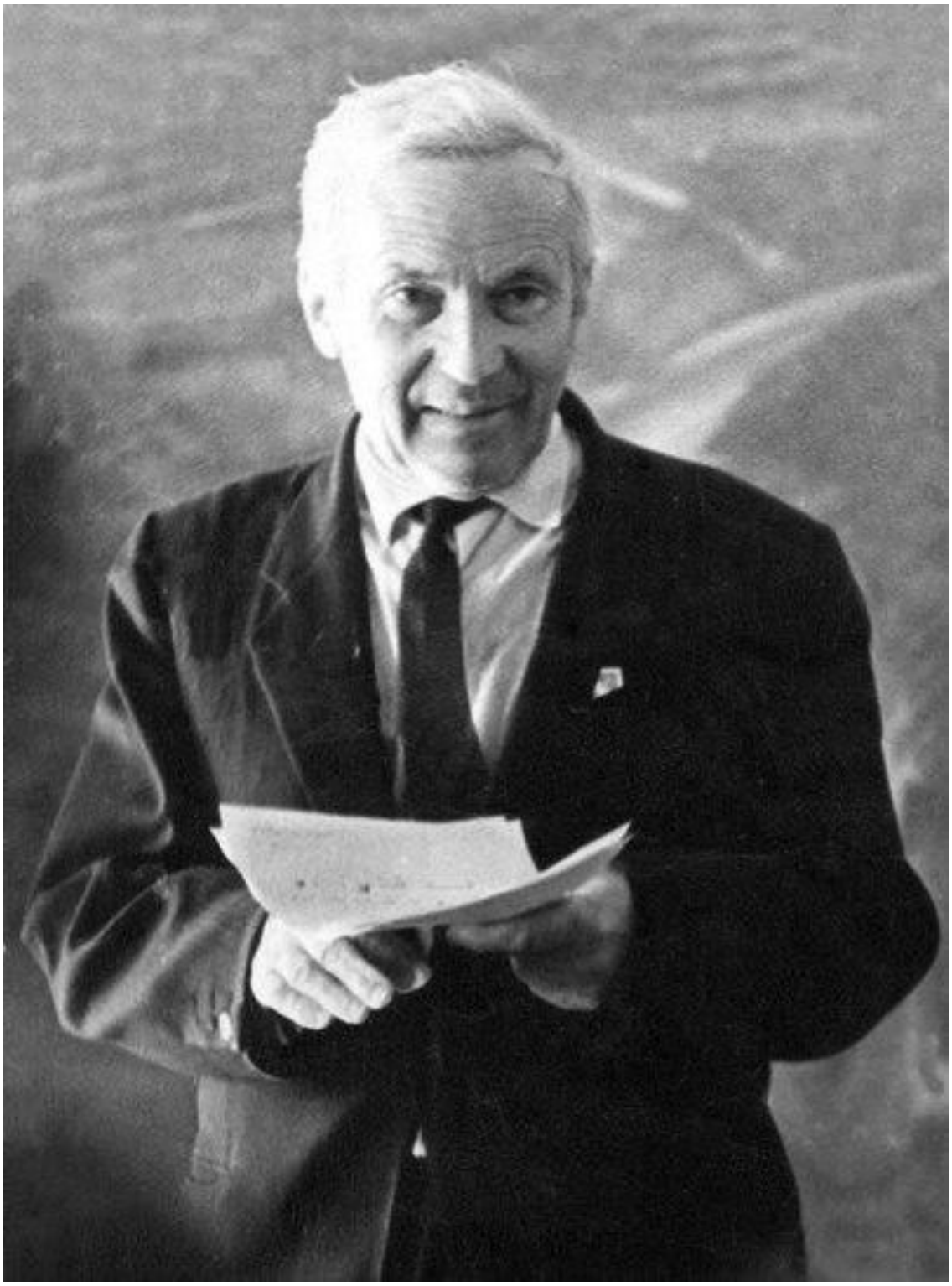
Председатель организационного комитета
XVI Международной научной конференции школьников
“Колмогоровские чтения”:
академик В.А. Садовничий

Редакционный совет сборника тезисов “Творческая деятельность школьников и учителей”:
В.Н. Дубровский (председатель), В.В. Вавилов, Н.И. Морозова

Материалы
XVI Международной научной конференции школьников
“Колмогоровские чтения”

В настоящий сборник вошли тезисы приглашённых докладчиков
XVI Международной научной конференции школьников
“Колмогоровские чтения” по секции
“Творческая деятельность школьников и учителей”.

© Специализированный учебно-научный центр (факультет) –
школа-интернат имени А.Н. Колмогорова
Московского государственного университета имени
М.В. Ломоносова, 2016 г.



Как в спорте не сразу ставят рекорды, так и подготовка к настоящему научному творчеству требует тренировки.

А.Н. Колмогоров

ОГЛАВЛЕНИЕ

Летний профильный лагерь дневного пребывания для учащихся 8–х классов, как начало профессионального самоопределения 7

Творческая работа педагога с современным учебным оборудованием по химии 10

Восприятие изображений и видеофрагментов в презентациях по химии 12

Оценка частоты падения астероидов на Луну и на Землю как задача практикума 18

ЛЕТНИЙ ПРОФИЛЬНЫЙ ЛАГЕРЬ ДНЕВНОГО ПРЕБЫВАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 8–Х КЛАССОВ, КАК НАЧАЛО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ

Волянская Светлана Алексеевна[1], Нехорошева Нина Николаевна[2], Мудревская Диана Игоревна[3]

учителя [1]химии, [2]биологии и [3]физики МБОУ городского округа Тольятти «Школа с углубленным изучением отдельных предметов №94»

Актуальность

Летний профильный лагерь организуется с целью поддержки и сопровождения профильного обучения. Участие школьников в профильном лагере - хороший способ получить практический опыт творческой, исследовательской, проектной деятельности и пополнить свои знания, а также получить представления о различных профессиях, относящихся к вышеуказанной образовательной области.

В 2011-2012 учебном году в МОУ «Школа № 94» начался поиск форм работы, которые позволили бы создать условия, чтоб учащиеся увидели свою индивидуальную траекторию для создания групп профильного обучения. Группы предпрофильного обучения – это 8-9-е классы, в которых дети от 14 до 16 лет могут получить разностороннее, универсальное, комплексное образование повышенного уровня. К 14 – 15 годам у подростков сформирована база учебных, внешкольных и внеурочных интересов. Вместе с этим многие из них теряют мотивацию к учёбе, переживая сложный период переходного возраста в физиологическом и психологическом плане. Чтобы процесс самоопределения подростков не происходил стихийно, под влиянием случайных факторов или тех взрослых, которые могли бы отрицательно повлиять на становление ребёнка как личности, необходимо в школе выбирать такие формы взаимодействия с подростком, которые позволили бы направить траекторию профессионального самоопределения, воспитать интерес к учебным предметам.

Цель, которую мы определили для данного проекта, заключалась в предоставлении возможности учащимся классов предпрофильного обучения углубить свои знания и творческие умения в области биологии, физики, химии, а также определиться в выборе профиля обучения в старших классах; воспитание ответственного отношения к выбору будущей профессии/

Результаты

Разработка и внедрение проекта состоялись в МБУ «Школа № 94» г. Тольятти. Идея программы отталкивалась от опыта организации творческих смен в совместном комплексе МБУ «Школа № 94» и «Лицея искусств».

Фактами, подтверждающими результативность реализации проекта можно считать следующие нижеперечисленные.

- установлены партнёрские отношения в области профессиональной ориентации учащихся: - ЗАО «Тольяттисинтез» (Сибур), ЗАО «ТОАЗ», ОАО «АВТОВАЗ», МБУЗ Городская больница № 5; Аптека № 245, Тольяттинский государственный университет, Тольяттинская гидрометеообсерватория; Институт экологии Волжского бассейна РАН, далее происходит увеличение числа партнеров: кондитерское предприятие «Аристократ», в качестве планируемых предполагаемых партнеров – Жигулёвская ГЭС им. Ленина, Управление Роспотребнадзора по Самарской области г. Тольятти;
- согласно поставленной цели были проведены экскурсии, которые характеризовались высоким уровнем организации, в результате тесного сотрудничества с производствами подростки смогли ознакомиться со специалистами различных областей, расширить представление о профессиях, связанных с химией, физикой и биологией (раньше они связывали с этими предметами только медицину), а также о перспективах работы в Самарской области после обучения;
- полученный опыт обучающиеся научились оформлять в виде дневников, то есть получили развитие умения рефлексивной и аналитической деятельности;
- в ходе мониторинга предпрофильной подготовки и профессиональной ориентации наблюдалась позитивная мотивация учащихся к выбору следующих профессий: фармацевт, химик-технолог, метеоролог, эколог, специалист по техносферной безопасности; специалист по энергосберегающим технологиям в области нефтехимии, то есть выпускники 9-х классов начали рассматривать своё дальнейшее обучение с перспективой работы на наших Тольяттинских предприятиях;
- учащиеся приобрели практические навыки поисковой, экспериментальной деятельности, заручились научно-педагогической поддержкой профессорско-преподавательского состава ТГУ для продолжения научно-исследовательских проектов. На протяжении трёх лет реализации проекта выполнено 10 научно-исследовательских

проектов (один из них был представлен вниманию на Международной научной конференции школьников “XIII Колмогоровские чтения” 5-8 мая 2014 года) и в разработке находятся более 5 проектов учащихся;

- к реализации воспитывающего потенциала летнего профильного отряда на первых этапах были привлечены учитель физической культуры (спортивные мероприятия «Спортландия»); педагог-психолог (Программа развития интеллектуальных, творческих и социальных способностей учащихся средней школы «Инсайт, креатив, общение»): учитель истории и обществознания (экономическая игра и мастер-класс по написанию резюме), на следующем этапе происходит увеличение количества преподавателей и сфер возможной реализации потенциала обучающихся (осуществлялся периодический выпуск газеты «П.Л.Ю.С.» под руководством учителя истории и обществознания);
- школьники, участвовавшие в «Летнем профильном лагере», в дальнейшем стали активными участниками и победителями городских олимпиад, научно-практических конференций, на которых защищают работы на тему химии, биологии, физики (1 и 2 место в городской олимпиаде по химии, 1 место в городской олимпиаде по экологии, призёры в областных олимпиадах. Высокие баллы (ГИА - более 32 баллов у 50% учащихся, так же есть 43 балла по биологии, что составляет 100% правильных ответов) и (ЕГЭ - более 90 баллов у 66% учащихся, а так же есть 100-бальные результаты по химии и биологии);
- увеличился контингент учащихся, нацеленных углубленно изучать химию и биологию и сдавать ЕГЭ (6 учащихся в 2011-12 учебном году,10 учащихся в 2012-13 учебном году 12 учащихся в 2013-14 учебном году); а так же, после сокращения необязательных предметов ГИА в 2014 году, учащиеся пожелали сдавать химию и уверенно сдали экзамен на высокие баллы (32 балла – оценка 5).

В рамках социального партнёрства ЗАО «Тольяттисинтез» поддержал идею профильного лагеря, вручил гранты двум лучшим школьникам для дальнейшего развития их интереса к нефтехимическим специальностям, а так же материально поддержал учителя химии, для усовершенствования материально-технической базы кабинета химии холдингом «СИБУР» вручён сертификат на 150 000 рублей. Так же холдинг организовал серию открытых уроков посвящённый профессиям на своём производстве.

Цели и задачи проекта организации профильного отряда на базе летнего лагеря дневного пребывания успешно реализуются. Появилась возможность на основе получения научно-профессиональной поддержки наших социальных

партнёров написания проектных и исследовательских работ учащимися. Повысился уровень информированности обучающихся в области химического производства Самарской области, мотивирование на выбор профессии в химической промышленности.

Проект получил положительные отзывы учеников и их родителей.

ТВОРЧЕСКАЯ РАБОТА ПЕДАГОГА С СОВРЕМЕННЫМ УЧЕБНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ПО ХИМИИ

Колясников Олег Владимирович
ассистент кафедры химии СУНЦ МГУ им. М.В. Ломоносова

Традиционное обучение по химии в средней школе, в том виде, как оно сложилось с времен конца XIX в., в первую очередь включает в себя качественный эксперимент – ознакомление с физическими свойствами веществ, качественными реакциями, простейшими синтезами. В то же время в высшей школе качественный эксперимент за последние десятилетия уступил место количественному. Эта тенденция проявляется и в средней школе.

В настоящее время в школы начало поступать современное оборудование по химии. Примером может служить проводимый Департаментом образования г. Москвы Курчатовский проект [1]. К вариантам оборудования, становящегося доступным на уровне среднего образования, относятся как образцы научного оборудования (оборудование для измерения спектров поглощения, для ионометрии, для нагрева), так и специально разработанное учебное оборудование. Из последнего следует выделить цифровые лаборатории, доступные на рынке во многих вариантах как российского, так и зарубежного производства.

Под цифровыми лабораториями подразумеваются датчиковые системы, обращение с которыми производится через компьютерный интерфейс. С помощью этих систем можно измерять разные физические, химические, биологические параметры, в том числе во времени, сравнивать их между собой, строить зависимости. Как правило, производители цифровых лабораторий обеспечивают начальную методическую поддержку, что упрощает вхождение преподавателя в эту область [2].

Преимущества использования цифровых лабораторий: относительная дешевизна, компактность при хранении, возможность организации самостоятельной работы обучающихся. Цифровые лаборатории сокращают время выполнения экспериментальных процедур в разы. Например, на процедуру титрования уходит вместо 15-20 минут около 5 минут с получением результатов в электронном виде, что позволяет проводить его как

в демонстрационном режиме, так и в качестве лабораторной работы, существенно дополняя возможности урочной деятельности. В проектно-исследовательской деятельности обучающихся в любых ее проявлениях, включая внеурочную деятельность и летние образовательные школы, например, по опыту хорошо мне знакомой Летней школы ЛАНАТ, цифровые лаборатории также служат зачастую незаменимым подспорьем [3].

В силу относительно недавнего распространения цифровых лабораторий на уровне средней школы введение количественного эксперимента в практику требует творческой работы педагога по освоению нового оборудования и его эффективного применения в обучении естественным наукам вообще, и в частности, химии.

Список литературы:

1. Курчатовский проект. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://profil.mos.ru/kur.html# (дата обращения: 05.04.2016).
2. Жилин Д. М., Поваляев О. А., Хоменко С. В. Цифровая лаборатория по химии. Методическое руководство по работе с комплектом – М.: ООО «Типография МАКССПЕЙС». – 2013. – 96 с.
3. Малашихина А. А., Колясников О. В. Преподавание химии в условиях выездной летней школы // Сборник тезисов открытой Нанотехнологической Школы-конференции для школьников, студентов и преподавателей, Москва, 6-7 февраля 2016 г. — Москва, 2016. — С. 5–8.

ВОСПРИЯТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕОФРАГМЕНТОВ В ПРЕЗЕНТАЦИЯХ ПО ХИМИИ

Загорский Вячеслав Викторович
проф. кафедры химии СУНЦ МГУ им. М.В.Ломоносова, г.Москва

В настоящее время учитель химии может использовать на уроке (лекции) цифровые средства отображения фотографий и видеофрагментов – проекторы, электронные доски. «Бытовые» электронные устройства (фотоаппараты, мобильные телефоны) позволяют самим создавать цифровые фотографии и видеозаписи достаточно высокого качества. А если дополнить эти возможности огромным выбором фотографий и видеозаписей из Интернета, то получается, что любой преподаватель имеет возможность создавать яркие презентации, насыщенные мультимедийными иллюстрациями, для своих лекций. В результате учащиеся получают реальный образ химии, а не только опосредованный формулами и уравнениями реакций.

Сразу следует уточнить – автор категорически против замены доступных и безопасных «живых» экспериментов их видеозаписями. Однако далеко не все эксперименты доступны и безопасны. Кроме того, очень полезно дополнять лекционные эксперименты их видеозаписями, где детали эксперимента сняты крупным планом. Для демонстрации на большой экран можно использовать веб-камеру, однако при этом качество видео в подавляющем большинстве случаев будет хуже по сравнению с видеороликом, снятым заранее при хорошей освещенности и оптимальном расположении камеры.

В течение ряда лет автор изучал восприятие мультимедийных элементов презентаций (фотографий и видео) студентами и школьниками. Оказалось, что мнение автора презентации, как правило, профессионала-химика, о вставляемых в нее мультимедийных образах, далеко не всегда совпадает с их восприятием аудиторией, впервые изучающей данную тему. В нашем исследовании под восприятием понимается воспроизведение учащимися понятия, закона или схемы химической реакции, о которых шла речь при демонстрации мультимедийного фрагмента на лекции, при повторном воспроизведении образа без сопроводительных надписей во время контрольной работы или анкетирования.

Анкетирования учащихся регулярно проводятся, начиная с 2008 года. В частности, в течение двух последних учебных лет (2014/15 и 2015/16) проводилось еженедельное анкетирование студентов 1 курса факультета биоинженерии и биоинформатики, студентов 1 курса факультета психологии и

школьников 11-х классов СУНЦ. Мультимедийные контрольные работы были составлены по материалам предыдущей лекции. Таким образом, время между моментами получения информации и воспроизведения составляло неделю. На каждой лекционной контрольной обучаемым демонстрировали 5 мультимедиа-фрагментов по материалам предыдущей лекции, при этом требовалось воспроизвести понятие, закон или химическую реакцию, о которых шла речь при демонстрации данного фрагмента на лекции. Каждый фрагмент демонстрировался около 30 секунд. Оценивали усвоение не мультимедиа-фрагмента в целом, а именно его учебной (химической) составляющей, точности воспроизведения того или иного понятия, явления или закона, который объясняли на лекции во время показа данного фрагмента мультимедиа. Средние баллы по каждому мультимедиа-фрагменту, переведенные в проценты, считали показателем усвоения студентами конкретного мультимедиа-фрагмента.

При опросах студентов 5 курса Химического факультета МГУ и слушателей факультета педагогического образования опрашиваемые оценивали те же фрагменты презентаций, что и первокурсники-нехимики. Однако критерием для размещения в рейтинге было не воспроизведение химического содержания фрагмента через определенное время, а общее впечатление от данного слайда презентации – «наиболее впечатляющий» (5 курс), «наиболее интересный» (ФПО).

По результатам анкетирования был составлен рейтинг фрагментов мультимедиа из учебных презентаций по курсу общей и неорганической химии. Как правило, у 20% аудитории визуальное восприятие не является доминирующей модальностью, в связи с чем эти обучаемые имеют низкий уровень визуального восприятия. Хорошей запоминаемостью мультимедиа-фрагмента мы считали показатель усвоения выше 70%. Низкой запоминаемостью считалось значение показателя усвоения ниже 40%.

Высокие результаты наблюдаются, когда учащийся видит на слайде хорошо знакомые ему объекты. Например, в случае с перегретой жидкостью показывают видеоролик, в котором проводят опыт в бытовой обстановке. В микроволновой печи греют воду до температуры, превышающую температуру кипения, и затем при добавлении растворимого кофе происходит резкое вскипание жидкости.

Хорошо воспринимаются в презентациях фрагменты из художественных и документальных фильмов. Традиционно высокие результаты усвоения для разных категорий обучаемых дают фрагмент фильма «На западном фронте без перемен», показывающий действие боевых отравляющих веществ (тема

«Галогены»), и кадры документальной съемки исследователя Кусто, снятые на Амазонке при добыче золота с использованием амальгамы (демонстрируемые в теме «Золото»).

Таблица 1

Результаты опроса студентов 1 курса ФББ в 2009/10 уч. году (25 человек)

и в 2010/11 уч. году (30 человек), а также учащихся 11-х физ-мат классов СУНЦ МГУв 2009/10 уч.году (43 человека)

Цифры во второй, третьей и четвертой колонках означают места в рейтинге восприятия

Список фрагментов опроса	ФББ 2009 (25чел)	ФББ 2010 (30чел)	СУНЦ 2009 (43 чел)
Синтез белка (анимация)	**1**	**6**	**-**
Перегретая вода (видео)	**2**	**10**	**1**
Пластическая сера (видео лекции 2009 г.)	**3**	**2**	**4**
Гальваническая пара золото-цинк (видео)	**4**	**1**	**-**
Добыча золота на Амазонке с амальгамой (фрагм.докум.фильма)	**5**	**4**	**-**
Обугливание сахара конц. серной кислотой (видео)	**6**	**7**	**7**
Отравление хлором (фрагм. из к/ф «На западном фронте без перемен»)	**7**	**5**	**3**
Сера (кристаллич. и пластическая) (картинка структур)	**8**	**14**	**12**
Диссоциация поваренной соли (анимация)	**9**	**11**	**-**
Солнечная батарея в походе (фото)	**10**	**19**	**6**
Схема лазерного принтера (картинка)	**11**	**>25**	**10**
Горение фосфора в кислороде (фото с лекции 2009 г.)	**12**	**>25**	**-**

Таблица 2

Результаты опроса студентов 5 курса (132 чел.) химфака в 2016 г (впечатление), слушателей ФПО (17 чел.) в 2010 г (интересно)

Цифры во второй и третьей колонках означают места в рейтинге восприятия

Список фрагментов опроса	5 курс	ФПО
Добыча золота на Амазонке с амальгамой (фрагм.докум.фильма)	**1**	**1**
Отравление хлором (фрагм. из к/ф «На западном фронте без перемен»)	**2**	**4**
Горение под водой смеси на основе магния (фрагм. из к/ф «Человек-амфибия»)	**3**	**2**
Горение магния в четыреххлористом углероде (видео)	**4**	**3**
Перегретая вода (видео)	**5**	**6**
Переохлажденная вода (видео)	**6**	**9**
Натрий с водой (видео взрыва 3 г натрия)	**7**	**8**
Обугливание сахара конц. серной кислотой (видео)	**8**	**5**
Горение магния на воздухе (видео)	**9**	**10**
Горение магния в углекислом газе (видео)	**10**	**11**
Храм Христа Спасителя – покрытие TiN (фото)	**11**	**12**
Амальгама натрия (видео)	**12**	**7**

Из таблиц 1 и 2 видно, что у всех категорий опрошенных лидируют фрагменты художественных и документальных фильмов, а также сюжеты, приближенные к бытовым (перегретая и переохлажденная вода).

Неожиданно низким оказалось восприятие наиболее ярких и эффектных видеороликов, где в ходе эксперимента происходят вспышки и взрывы. Специальные анкетирования, проведенные среди учителей химии и старшекурсников-химиков, показали, что данная аудитория высоко оценивает видеоролики с горением магния в углекислом газе и четыреххлористом углероде, в то время как у первокурсников нехимических специальностей данные видеоролики оказываются в рейтинге одними из последних (табл.3). Один из первокурсников подсказал нам в своей анкете причину такого низкого восприятия комментарием: «сплошной Голливуд». Это означает, что до начала нашего курса химии старшеклассники и студенты уже видели множество огненно-взрывчатых спецэффектов в приключенческих фильмах, и очередное видео со взрывом практически не дает им новой информации.

Таблица 3

Результаты опроса студентов 1 курса ФББ в 2009/10 уч.году (25 человек)

и учителей химии в 2009/10 уч.году (25 человек)

Цифры во второй и третьей колонках означают места в рейтинге восприятия

Название	ФББ (из 33-х)	Учителя химии (из 4-х)
Горение под водой смеси на основе магния («Человек-амфибия»)	**19**	**1**
Горение магния на воздухе	**31**	**4**
Горение магния в углекислом газе	**32**	**3**
Горение магния в четыреххлористом углероде	**33**	**2**

Наиболее вероятная причина подобных случаев низкого восприятия заключается в том, что во время просмотра мультимедиа на лекции происходит формирование гештальтов – целостных и завершенных структур восприятия. Обучаемые не смотрят критически на показываемое им новое видео, а сразу связывают его с показанным ранее, имеющимся в памяти. Гештальт может быть сформирован и при возникновении ассоциации с другими знаниями, находящимися в памяти не только в виде зрительных образов. В результате при просмотре видеоролика про горение порошка магния, залитого четыреххлористым углеродом, студенты-нехимики видят лишь очередной огненно-дымный спецэффект, а химиков впечатляет, что горение поддерживает жидкость, которую ранее использовали для наполнения огнетушителей.

Среди видеороликов по химии, снятых нами специально для лекций, у разных категорий обучаемых на одном из первых мест находится видеозапись взаимодействия сахара с концентрированной серной кислотой (из стакана поднимается с шипением черный столб). По-видимому, здесь на восприятие влияет нетрадиционный для химических процессов видимый результат эксперимента.

Все категории обучаемых хорошо воспринимали эксперимент, результат которого можно было подержать в руках сразу после демонстрации, – получение пластической серы.

Наиболее значимые выводы по результатам исследования восприятия мультимедиа-элементов в презентациях:

- На восприятие и запоминание элементов мультимедиа существенно влияют комментарии лектора.

- Лучше запоминаются фрагменты из художественных и документальных фильмов, а также сюжеты, приближенные к бытовым.
- Химические эксперименты с «ожидаемыми» эффектами (вспышки и взрывы) запоминаются хуже, чем проведенные неожиданным образом (сахар, дегидратированный серной кислотой).
- Оптимально для запоминания в учебных целях сочетание мультимедиа и «живого» эксперимента с возможностью соучастия в нем (получение пластической серы).

При создании учебных презентаций полезно учесть богатый опыт, накопленный разработчиками экранной рекламы, размещаемой в Интернете [1]:

- Естественной для большинства людей (исключение составляют жители стран, где читают справа налево) является последовательность чтения «слева – направо – вниз», так называемая «диагональ чтения». Взгляд движется легко и свободно слева-направо-вниз и с трудом – против направления диагонали чтения. Если иллюстрация к тексту находится справа внизу, то текст, находящийся выше и левее, не будет восприниматься. Неэффективным является заключение текста между иллюстрациями, поскольку внимание рассеивается между иллюстрациями, а текст не воспринимается.
- Оптимальным является расположение иллюстрации сверху в «оптическом центре» слайда, а текста – снизу. Такая конструкция облегчает восприятие, несмотря на то, что может казаться слишком жесткой, часто используемой, характерной для рекламных объявлений.
- Одно крупное изображение привлекает больше внимания, чем серия мелких. Серии иллюстраций целесообразно использовать лишь в случаях, когда надо проиллюстрировать многостадийный химический или производственный процесс.

Автор благодарит за сотрудничество при выполнении исследований А.И.Сердечную, Е.А.Тимофееву, А.Н.Корешкову, А.С.Ширяеву.

Список литературы:

1. Назайкин А. Иллюстрирование рекламы. // М.: «Эксмо». 2005. 224 С.

ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ПАДЕНИЯ АСТЕРОИДОВ НА ЛУНУ И НА ЗЕМЛЮ КАК ЗАДАЧА ПРАКТИКУМА

Кузнецова Ирина Витальевна
СУНЦ МГУ, ассистент, канд. физ.-мат наук

Оценка частоты падения астероидов на Землю по кратерам на Луне представляется хорошей основой для практической работы старшеклассника или студента, изучающего естественные науки.

Столкновение Земли с астероидами или кометами представляет реальную опасность, что подтверждается Тунгусским и Челябинским событиями, связанными с падением объектов диаметром в несколько десятков метров. Кратеры, образовавшиеся в результате падения гораздо более крупных тел, видны на поверхности Земли и Луны, при этом на Луне они сохраняются практически «вечно».

Работа состоит из двух частей: теоретической и практической. Теоретическая часть предлагает проделать задачи-оценки. Такие задачи, содержащие довольно грубые прикидки, полезно использовать в практикуме с методической точки зрения: в них используются простые и понятные физические модели, для их решения необходимо привлекать различные данные из независимых научных источников, а произведенные оценки сравнимы с измерениями, представленными в соответствующей литературе [1]. В работе рассматривалось несколько различных аспектов:

1. Оценивался радиус тела, которому воздух может оказать значительное сопротивление и устанавливалась связь между размером кратера и диаметром упавшего тела в зависимости от различных механизмов образования кратеров – испарения вещества и выбрасывания его из кратера в виде вала.

Согласно проведенным вычислениям, оказывается, что радиус метеорита, которому воздух оказывает сопротивление всего около 3 м, а метеориты большего размера при взаимодействии с воздухом теряют скорость менее эффективно, тем представляя большую опасность.

При образовании кратера испарением вещества (льда) энергией выделившейся при остановке метеорита при столкновении с Землей (первый механизм) получалась простая формула:

$$r_{кр} = 6\, r_{мет} \qquad (1)$$

Считалось, что метеорит подлетает к Земле со скоростью V= 15 000 км/с (средняя скорость для метеоритов, Челябинский метеорит имел скорость 18 000 км/с) а вся кинетическая энергия выделилась в теплоту, выплавив в

Земле лунку в половину сферы с радиусом кратера, $\rho_{мет}$ – плотность метеорита 2500 кг/м^3, $\rho_{гр}$ – плотность грунта 1000 кг/м^3

Во втором случае, когда грунт (лед) выбрасывался из воронки, и высота его поднятия равнялась радиусу воронки (второй механизм), зависимость имела вид:

$$r_{кр} = \sqrt[4]{\frac{r_{мет}^3 V^2}{g}\frac{\rho_{мет}}{\rho_{гр}}} \qquad (2)$$

При подстановке данных в формулу (2), получалось

$$r_{кр} = 86{,}5\sqrt[4]{r_{мет}^3} \qquad (3)$$

Согласно этой формуле, при радиусе метеорита $r_{мет}$ = 3 м, кратер будет иметь размер 196 м. При радиусе $r_{мет}$ = 10 м, воронка будет составлять около 1000 м в диаметре, при $r_{мет}$ = 100 м, кратер будет иметь радиус 2735 м. При радиусе метеорита 10 км, диаметр кратера будет около 174 км. Что соответствует независимым оценкам [1].

В реальности механизмы образования кратеров сочетаются, в зависимости от объективных параметров, может превалировать тот или другой.

2. Далее делалась приблизительная оценка влияния гравитации на падение тел на Землю и на Луну.

Эту задачу рассмотрим подробнее. Свяжем систему отсчета с планетой. Скорость тел, движущихся навстречу планете далеко от нее, обозначим v_∞.

Вдалеке скорость имеет только одну составляющую, но при приближении к планете силы притяжения планеты отклоняют летящее мимо тело, на гиперболической траектории скорость имеет уже две составляющие.

Для системы планета – тело справедлив закон сохранения момента импульса:

$$mv_\infty b = mvR\sin\alpha = mV\,r \qquad (4)$$

m – масса тела, v_∞ – скорость до момента отклонения, b – прицельный параметр, т.е. максимальное расстояние от оси, проходящей через центр планеты до точки, в которой изменилась траектория, v – скорость тела на расстоянии R от планеты, а α – угол между направлением скорости и радиус-вектора из центра планеты в этот момент. На минимальном расстоянии r от планеты скорость приобретает наибольшее значение V. В этот момент направление скорости перпендикулярно радиусу, откуда получаем последнее выражение в формуле (4). Из (3) следует

$$V = \frac{v_\infty}{R}\,b \qquad (5)$$

Помимо импульса для системы тело – планета сохраняется полная энергия:

$$E = \frac{1}{2}mv_{\infty}^2 = \frac{1}{2}m\,v^2 - \frac{GMm}{R} \qquad (6)$$

$-\frac{GMm}{R}$ – потенциальная энергия тела в гравитационном поле планеты.

Если при максимальном сближении тело оказывается от центра планеты на расстоянии r меньшем ее радиуса $R_{пл}$, т. е. $r < R_{пл}$, то происходит столкновение. Из (6) находим скорость столкновения тела и планеты $v_{ст}$:

$$v_{ст}^2 = v_{\infty}^2 + \frac{2GM}{R_{пл}}. \qquad (7)$$

Из (5) и (7) следует $v_{\infty}^2 + \frac{2GM}{R_{пл}} = \frac{v_{\infty}^2}{R^2}\,b^2$. Заметим, что второй член в левой части этого равенства – квадрат второй космической скорости для планеты: $v_2^2 = \frac{2GM}{R_{пл}}$. Делим обе части на v_{∞}^2, получаем $b^2 = R_{пл}^2\left(1 + \frac{v_2^2}{v_{\infty}^2}\right)$, и далее

$$b = R_{пл}\sqrt{1 + \frac{v_2^2}{v_{\infty}^2}}. \qquad (8)$$

Посчитаем прицельный параметр для Земли, принимая v_{∞} = 15 000 м/с, а v_2 = 11 200 м/с. Согласно (8) $b_{max} = 1{,}67R_{Земли}$.

Если бы тяготение планеты не оказывало влияние на тела, то они продолжали бы двигаться по прямым линиям, и с планетой сталкивались бы только те тела, у которых $b \le R_{пл}$ (лобовые столкновения).

За счет влияния тяготения Земли область захвата – т. е. площадь того круга, через который пролетают падающие на Землю тела увеличивается в $(1{,}67)^2$ раз, что соответствует фактору 2,79.

Поскольку Земля и Луна расположены практически в одном и том же месте Солнечной системы и имеют потенциальную возможность столкнуться с одними и теми же малыми небесными телами, интересно оценить по той же схеме фактор гравитации для Луны. Для нее можно считать v_{∞} = 15 000 м/с, как и для Земли, а вторая космическая скорость v_2 = 2 380 м/с - намного меньше. Поэтому $b_{max} = 1{,}0125R_{Луны}$, а частота столкновений возрастает, соответственно, в $(1{,}0125)^2$ = 1,025 раз.

Таким образом, мы видим, что фактор гравитации увеличивает частоту столкновений тел с Землей по сравнению с Луной примерно в 3 раза.

Помимо этого более сильное тяготение Земли увеличивает скорость падения тела, т.е. столкновение одинаковых астероидов с Луной и Землей приводит на последней к образованию более крупных кратеров. С другой

стороны, влияние атмосферы Земли тормозит падающее тело и уменьшает размеры кратера.

В практической части предлагается измерить размеры кратеров и подсчитать их число на участке поверхности Луны по ее фотографии, а затем оценить частоту событий, связанных с импактным образованием кратеров. Кадры брались из открытого архива фотографий космических аппаратов Lunar-Orbiter [2]. В этом архиве на каждом кадре обведены несколько наиболее крупных кратеров, диаметры которых известны (но не указаны на рисунке). Эти данные позволяют определить масштаб для измерения остальных кратеров и площади поверхности Луны, попавшей в кадр. Кадр, использованный в этой работе, показан на рисунке 1.

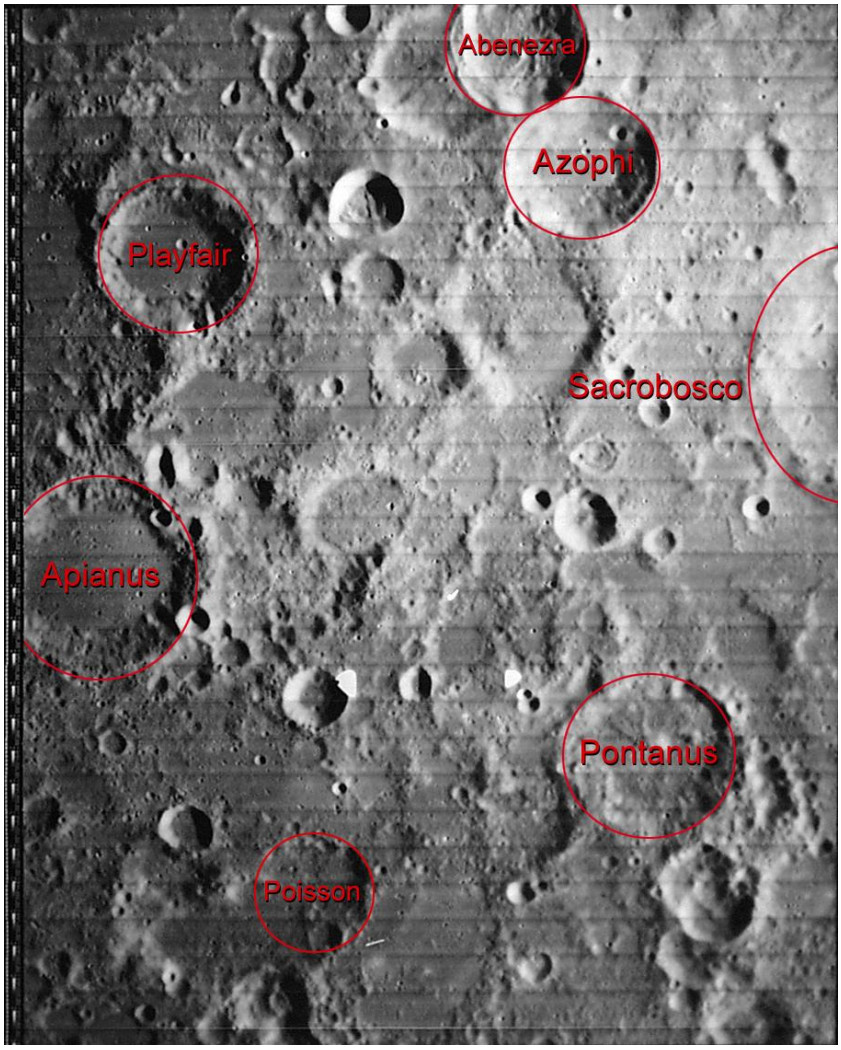


Рисунок 1 – Кадр поверхности Луны из архива Lunar-Orbiter

Для справки: исследования Луны с помощью фотографии в астрономических наблюдениях, применялось, начиная с середины 19 века.

Такие фотографии были сделаны, в частности, Уорреном де ла Рю (1852.) и Льисом Резерфордом (1865.)

Еще в 1924 году новозеландский учёный Джиффорд впервые дал качественное описание удара о поверхность планеты метеорита, двигающегося с космической скоростью. Получалось, что при таком ударе большая часть метеорита испаряется вместе с породой на месте удара, и форма кратера не зависит от угла падения. Также в пользу метеоритной гипотезы говорит то, что совпадает зависимость количества лунных кратеров от их диаметра и зависимость количества метеорных тел от их размера.

Подсчет кратеров на фото показал, что в кадре содержатся 5610 кратеров размерами от 1 км до 63 км (кратер Apianus). На рисунке 2 показано распределение кратеров по размерам.

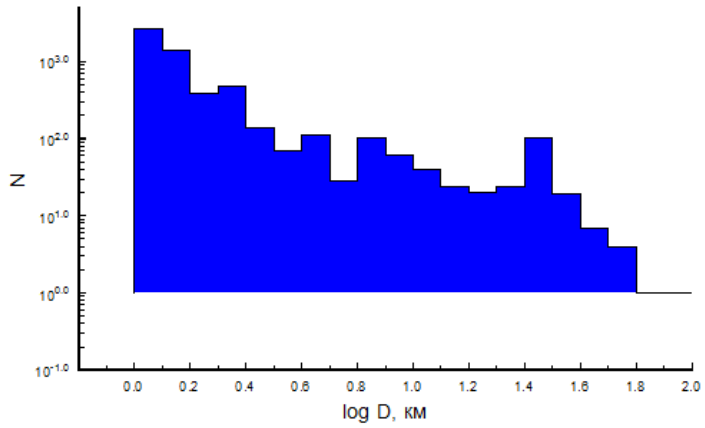


Рисунок 2 – Распределение кратеров по размерам (в км) в кадре на рисунке 1

Согласно многочисленным подсчетам кратеров их распределение по размерам имеет степенной вид [1]. Такую зависимость мы видим на рисунке 2 в интервале диаметров кратеров от 1 до 8 км. В этот интервал попадает 5325 кратеров (95% всех кратеров в кадре). Для остальных (более крупных) крупных кратеров распределение имеет более плоский вид, вероятно, это связано с их малой статистикой.

Размер кадра на рисунке 1 составляет 260,6×318,2 км, а площадь – 79,7 тыс. км^2. Поскольку на поверхности Луны в кадре не видны проявления вулканизма, то возраст самых старых кратеров совпадает с возрастом самой Луны (и Земли) и составляет около 4,5 млрд. лет. Тогда средняя частота падения на Луну тел, образующих кратеры диаметром D = 1…63 км составляет $1{,}56\cdot10^{-11}$ год$^{-1}$км$^{-2}$, а кратеров диаметром D = 1…8 км, соответственно, $1{,}48\cdot10^{-11}$ год$^{-1}$км$^{-2}$.

Как показано выше, частота падения метеорных тел на единицу поверхности Земли примерно в 2,72 (= 2.79/1,025) раза выше, чем на Луне и составляет $4{,}26\cdot10^{-11}$ год$^{-1}$км$^{-2}$ для кратеров с D = 1…63 км и $4{,}03\cdot10^{-11}$ год$^{-}$

$^{1}км^{-2}$ для кратеров с D = 1…8 км. Пересчет на всю поверхность Земли (включая океаны) говорит, что тела, образующие такие кратеры, падают на Землю один раз в 126 лет и в 132 года, соответственно. Отметим, что полученные значения – средняя частота падения объектов за все время существования Земли (4,5 млрд. лет).

Указанные частоты падений кажутся несколько завышенными, сегодня считается, что с такой частотой падают объекты класса Челябинского или Тунгусского метеоритов, которые при падении могли бы создать кратеры размером в 100–200 м [3].

В отличие от Луны на Земле можно обнаружить либо самые молодые кратеры, еще не уничтоженные эрозией, либо наиболее крупные. Сегодня на Земле известно около 200 кратеров с доказанным ударным происхождением [1]. Из них только 40 пригодны для статистического анализа: т.е. имеют диаметр более 3 км и возраст менее 250 млн. лет, и были датированы с точностью, лучшей, чем 10 млн. лет. Средний возраст этих кратеров составляет примерно 50 млн. лет [4], что примерно в 50–100 раз меньше, чем на Луне.

Анализ ударных кратеров на Земле говорит, падение тел, создающих кратеры диаметром D > 1 км, происходит примерно один раз в 1000 лет [5]. (Следует заметить, что из-за малого числа обнаруженных кратеров и из-за эффектов эрозии эта оценка не очень точна.) Это примерно в 8 раз реже, чем дают оценки по кратерам на Луне. Различие оценок, вероятно, объясняется существенно более высокой частотой метеорной бомбардировки Луны и Земли в ранние периоды формирования Солнечной системы.

Список литературы:

1. Астероидно-кометная опасность. Вчера, сегодня, завтра // М.: Физматлит, 2010. 396 с.

2. Ссылка на архив фотографий Луны с аппаратов Lunar-Orbiter // http://www.lpi.usra.edu/resources/lunarorbiter/

3. Дудоров А.Е., Еретнова О.В. Частота падения метеоритов // Вестник Челябинского государственного университета. Физика. Вып. 19. № 1 (330). С. 58-67. 2014.

4. Napier W.M. Evidence for cometary bombardment episodes // Mon. Not. Royal Astron. Soc. V. 366. P. 977–982. 2006.

5. Медведев Ю.Д. и др. Астероидно-кометная опасность / под ред. А.Г Сокольского
// С.-Пб.: ИТА РАН. 1996. 244 с.

Отпечатано 21 апреля 2016 года.

Издательский центр СУНЦ МГУ,

г. Москва, ул. Кременчугская, д.11, 107-Б.