

Научно-исследовательская деятельность учащихся

Лучшие работы школьников по физике конкурса «Юниор-2012»

В феврале текущего года прошёл очередной конкурс научных работ школьников «Юниор» (он проводится ежегодно). О его организации в 2012 г., участниках, жюри, отборочном и финальном соревнованиях, победителях, призёрах и общих результатах рассказано в предыдущем номере журнала. Здесь приведены доклады учащихся, работы которых были признаны жюри лучшими по физике, с комментариями членов жюри, что позволяет оценить уровень и тематику конкурсных работ, а также принципы их оценивания.

Нанесение защитных покрытий на алюминий в магнетронном разряде

Цель работы: нанесение различных покрытий на алюминий в стационарном магнетронном разряде для его защиты от коррозии в агрессивных средах и сравнение защитных свойств получаемых покрытий.

В настоящее время алюминий и его сплавы широко используются в промышленности благодаря своим многочисленным достоинствам: лёгкости и простоте в обработке, высокой тепло- и электропроводности и относительно невысокой стоимости. В частности, они широко применяются в электротехнической промышленности (для изготовления обкладок конденсаторов и деталей разных приборов). Однако возможности их использования ограничиваются тем, что алюминий подвержен коррозии в некоторых средах.

Это ограничение можно снять путём создания на поверхности алюминия защитного покрытия, которое должно быть химически инертным и достаточно плотным, чтобы препятствовать проникновению через него агрессивного агента

к алюминию. Это позволит не только расширить область применения изделий из алюминия, но и улучшить некоторые их характеристики, увеличить срок службы.

Мы выяснили, что подходящим материалом для создания защитных покрытий может быть углерод, так как основные углеродные вещества (графит и алмаз) химически инертны при комнатных температурах. Можно рассматривать и такие химически инертные металлы, как титан, медь, хром и др.

Свойства покрытия определяют не только его материалом, но и в значительной мере способом его нанесения. Осаждение веществ в магнетронном разряде – хорошо зарекомендовавший себя метод создания плотных и однородных покрытий с хорошей адгезией. Главными преимуществами магнетронного метода являются высокая скорость нанесения покрытий и низкое давление рабочего газа.

В данной работе нанесение покрытий проводилось на установке МР-1 со стационарным магнетрон-



ным разрядом. Образцы из алюминиевой фольги высокой чистоты, на которые наносились защитные покрытия, располагаются над катодом на подложке, прикреплённой к крышке вакуумной камеры. Осаждение покрытия происходит за счёт распыления ионами аргона, образующимися в плазме магнетронного разряда, мишени из графитовой бумаги, расположенной на катоде. Так было нанесено чисто углеродное покрытие.

Для нанесения титан-углеродной плёнки на мишень помещались небольшие кусочки титана. В одном из экспериментов их было несколько больше, чем в другом. В результате были получены титан-углеродные покрытия с большим и малым содержанием титана.

Далее был проведён анализ полученных образцов. Степень адгезии (сцепления) покрытия с алюминиевой подложкой оценивалась при помощи «скотч-теста». У всех образцов она оказалась высокой.

Защитные свойства плёнок исследовались в 30-процентном водном растворе щёлочи КОН. На разные участки испытуемых образцов фольги наносили по капле раствора щёлочи и оставляли на некоторое время. На всех образцах взаимодействие со щёлочью практически сразу создавало газообразование. После окончания реакций было видно, что целостность покрытия нарушена.

Для установления причин образцы изучались на РЭМ (растровый электронный микроскоп). При многократном увеличении было видно, что в плёнке присутствует большое количество микротрещин, которые не могут удержать ионы гидроксильной группы от проникновения под её поверхность. Ионы ОН свободно проникают сквозь покрытие и реагируют с алюминиевой фольгой. В результате выделяется водород, под давлением которого плёнка разрушается. Следовательно, полученные покрытия не обеспечивают защиту алюминия от агрессивных сред.

Для того чтобы удостовериться в том, что углерод и титан не реагируют с щёлочью, были исследованы их свойства в растворе NaOH. Визуально не наблюдалось никакой реакции, что подтверждает литературные данные о химической устойчивости углерода и титана.

Хотя такие исследования проводятся ещё редко, их актуальность сегодня может считаться доказанной. Ведь успех использования таких покрытий в промышленности, возможно, приведёт к удешевлению некоторых электротехнических приборов. В будущем необходимо улучшать качество покрытий, чтобы добиться лучшей защиты подложки от агрессивного воздействия внешней среды.

Литература

1. *Зибров М.С.* Магнетронное нанесение защитных покрытий на алюминиевые фольги для суперконденсаторов: отчёт о преддипломной практике. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011.
2. *Курнаев В.А.* Плазма – XXI век. – М.: МИФИ, 2008.
3. *Каштанов П.В., Смирнов Б.М., Хиплер Р.* Магнетронная плазма и нанотехнология // Успехи физических наук. Т. 177. – 2007. – №5.

Лозбенёв Николай, Пришвицын Александр
(11 класс, лицей № 1511 при НИЯУ МИФИ, г. Москва).
Научный руководитель: М.С. Зибров (студент НИЯУ МИФИ).

Комментарий жюри. С точки зрения методики выполнения эксперимента по нанесению покрытий работа выполнена вполне удовлетворительно. Важной особенностью работы является её практическая направленность (это всегда приветствуется экспертами). В процессе её выполнения ребята познакомились с современными методами и современным оборудованием, предназначенным для нанесения покрытий на поверхность металла, научились самостоятельно ставить эксперимент и обрабатывать его результаты. Однако ряд вопросов к работе можно поставить. Как зависят защитные свойства покрытия от режимов напыления и какими вообще могут быть эти режимы? Какова толщина

покрытия и можно ли (и нужно ли?) её увеличивать для усиления защитных свойств? Конечно, реальный научный эксперимент сложнее школьной работы, и не на все вопросы ребята могут ответить. Поэтому работа Н. Лозбенёва и А. Пришвицына выглядит несколько незаконченной. Однако то, что такие вопросы у членов жюри возникают, говорит о том, что у неё есть настоящее содержание. Кроме того, авторы достойно представили свою работу, хорошо выступили в предметной олимпиаде по физике, что и определило их победу в конкурсе. На конкурсе Интел Айсеф эта работа также вызвала интерес жюри, но, к сожалению, никаких наград не получила.

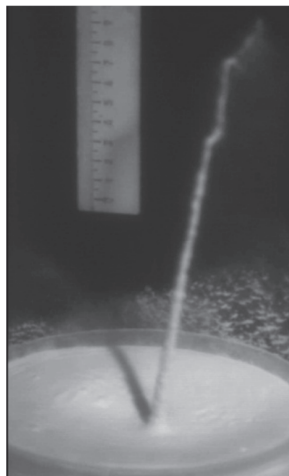
Появление вертикального выброса при падении метеорита на небесное тело

Известно, что на поверхности Луны наблюдаются два вида кратеров ударного (метеоритного) происхождения. Условно будем называть их «кратером с горкой» и «кратером без горки». Целью данной работы было экспериментальное исследование механизма образования горки на «кратере с горкой».

Основное используемое в работе свойство лунного грунта (реголита) – его сыпучесть. Для моделирования образования кратера использовалась пищевая сода, роль падающего метеорита выполнял стальной шарик. Технически сложной частью работы являлось обеспечение повторяемости начальных условий опытов, для чего была изготовлена пусковая установка.

В процессе проведения эксперимента удалось получить диапазоны начальных условий (массы шарика-«метеорита», скорости его падения), при которых образуются оба вида кратеров (без горок и с горками). В

последнем случае падение сопровождалось выбросом тонкой высокой струи вещества, составляющего грунт, в виде джета, который и образовывал горку.



Установлено, что высота джета определяется массой и размером метеорита, скоростью его падения, количеством вовлечённого внутрь пла-



ста «реголита» воздуха (плотностью грунта, атмосферным давлением).

Было предложено объяснение возникновения струи и несколько выводов по этому поводу. Выяснено экспериментально, что струя состоит из двух ступеней: нижней толстой и верхней тонкой. Нижняя ступень образуется так: шарик, погружаясь в слой соды, «утаскивает» за собой воздух; тот сжимается и, стремясь расшириться, выталкивает вверх расположенный над ним слой вещества. Механизм образования верхней ступени иной: она возникает из-за кумулятивного эффекта и не зависит от количества воздуха, увлечённого внутрь слоя соды. Поэтому при погружении шарика на достаточную глубину верхняя ступень струи будет образовываться даже при очень низком давлении.

Таким образом, основную роль в образовании нижней ступени струи на Земле (и по-видимому, других планетах, обладающих атмосферой) играет воздух (газ атмосферы); верхняя ступень не зависит от давления атмосферы и образуется из-за волновых и кумулятивных эффектов. Это было подтверждено нами следующим образом.

Эксперимент показал, что струя возникает только при «средних» значениях высоты падения шарика. Если он падает с высоты нескольких метров, то реакция соды (её уплотнение) становится настолько большой, что шарик не погружается в неё. Если он падает с высоты до полуметра, то ему не хватает энергии для погружения в слой. В обоих случаях струя не возникает. Если же его падение происходит с высоты от полуметра до метра с половиной, то шарик погружается в слой соды и возникает струя.

В отличие от Земли на Луне нет атмосферы, поэтому там процесс образования кратера с горкой дол-

жен объясняться только вторым механизмом.



Итак, предложен механизм образования разных типов кратеров и проведено экспериментальное исследование этого механизма. Однако полученные значения «активной» высоты слишком приблизительные. Их не удаётся измерить более точно, потому что большую роль играет степень утрамбованности верхнего слоя. Так как сыпучие вещества распределяются неравномерно, уплотняясь с глубиной, без необходимого оборудования более точные опыты произвести невозможно. Опыты ставились в расчёте на среднюю плотность вещества, а пласты были разделены на «слабоутрамбованные», «среднеутрамбованные» и «сильноутрамбованные».

Струя наибольшей высоты получилась при «среднеутрамбованном» слое соды, поскольку в этом случае в него увлекается наибольшее количество воздуха. При слабой утрамбованности весь вовлечённый в слой воздух просачивается наверх и не создаёт «взрывного» давления, а при сильной – шарик не может проникнуть на достаточную глубину, и количество внутри слоя воздуха оказывается меньше, чем необходимо

для выброса струи.

Механизм образования вертикальной струи при падении шарика в сыпучий материал можно и нужно уточнять и развивать. Можно проследить зависимость высоты подъёма струи от изменения плотности пласта, размера и массы шарика, высоты его падения, от атмосферного давления и особых свойств материалов (шарика и грунта).

Дорофеева Алиса (11 класс, СУНЦ МГУ, г. Москва).

Научные руководители: С.Н. Сергеев, К.В. Дмитриев.

Комментарий жюри. Прекрасно выполненная и великолепно представленная работа; по мнению членов жюри, оригинальная, красивая, неожиданная. И вполне выполняемая в школьных условиях. Особенно ценно то, что инициатором работы выступила сама школьница. Тем не менее, нам кажется (и в этом мы согласны с автором – А. Дорофеевой), что работа не закончена. Предложенный автором механизм образования нижней части джета требует, на наш взгляд, большего экспери-

Результаты такого исследования интересны с точки зрения фундаментальной науки – они могут послужить толчком для исследования случаев, когда сыпучее вещество ведёт себя как жидкость. Если будут поняты все аспекты данной задачи, то по массе выброшенного вещества станет возможным определять размеры и массы метеоритов, что важно для исследования их влияния на Землю.

ментального и теоретического обобщения. Необходимо исследование зависимости высоты подъёма джета от плотности сыпучего вещества, степени его утрамбованности, а также плотности шарика. Было бы интересно провести детальное сравнение поведения сыпучего вещества и жидкости, увидеть общие черты и различия между ними.

К сожалению, из-за бюрократических препон А. Дорофеева не смогла вовремя оформить визу в США и поехать на конкурс Интел Айсеф.

Исследование спектра излучения искусственных источников света

На протяжении многих веков эволюции человек адаптировался к солнечному свету. Большое разнообразие искусственных источников электромагнитных волн видимого диапазона излучения приводит к необходимости исследования их спектрального состава и последующего его сравнения с излучением Солнца. Результаты такого исследования могут быть использованы при выборе источников освещения или при конструировании новых ламп.

Для анализа спектра излучения были выбраны следующие источники света, которые выпускаются промышленно и применяются для освещения: обычная лампа накали-

вания мощностью 100 Вт, галогеновые лампы мощностью 20 и 70 Вт, энергосберегающая люминесцентная лампа Camelion мощностью 20 Вт, светодиодная лампа Uniel мощностью 2,5 Вт, ксеноновая лампа, устанавливаемая в фаре автомобиля.

Исследование спектров излучения проводилось на установке (рис. 1), состоящей из монохроматора универсального малогабаритного (МУМ) 1, приёмника излучения и усилителя принятого сигнала 2, блока питания усилителя 3 и цифрового вольтметра 4, регистрирующего выходное напряжение с усилителя, пропорциональное освещённости.

Обработка экспериментальных



данных (построение графиков спектра излучения) проводилось в табличном процессоре Excel. Получен-

ные графики приведены на рис. 2 – рис. 5 в сравнении с солнечным спектром.

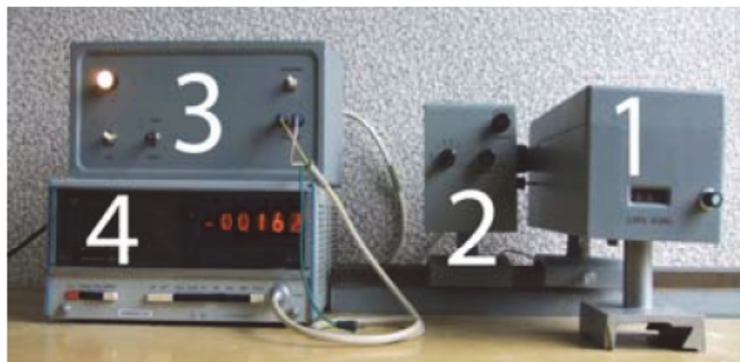


Рис. 1

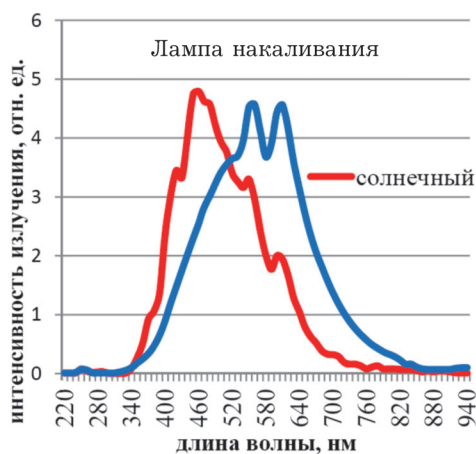


Рис. 2

В ходе работы были получены следующие выводы: спектр Солнца близок к тепловому излучению; спектр ламп накаливания (в том числе и галогеновых) является тепловым, но максимум излучения смещён в область длинных волн; люминесцентные лампы имеют ярко выраженные спектральные линии, принадлежащие различным атомам, входящим в люминофор и «атмосферу» лампы; свечение светодиодных ламп, выполненных по технологии RGB, далеко от теплового и со-

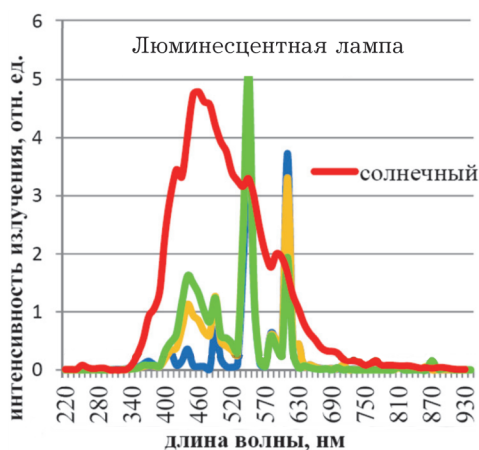


Рис. 3

держит три максимума, соответствующие красному, зелёному и синему цветам. Наиболее близким к солнечному свету оказалось излучение ксеноновой лампы, однако в спектре наблюдаются провалы на длинах волн 470, 530 и 590 нм. Применение ксеноновых ламп для освещения помещений не распространено в связи с тем, что пускорегулирующая аппаратура для них довольно дорога и требует выполнения некоторых условий по отношению к электрической сети.



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

В связи с этим было предложено сконструировать источник излучения из светодиодов различного цвета свечения. Было взято 6 раз-

личных светодиодов, яркость свечения которых регулировалась при помощи реостатов. Полученный излучатель давал спектр, приведённый на рис. 6. Из графика видно, что при наличии светодиодов, излучающих на длинах волн 435, 490, 545 и 590 нм, можно сконструировать лампу, дающую спектр, близкий солнечному. Таким образом, развитие современной полупроводниковой индустрии может дать эффективные энергосберегающие источники освещения, спектр которых будет близким солнечному. Такие лампы можно будет применять не только в быту для освещения помещений, но и в тепличном хозяйстве для выращивания растений в условиях недостаточной солнечной освещённости.

Беликов Илья (10 класс, Муниципальное общеобразовательное учреждение ДОД «Стратегия», г. Липецк).

Научный руководитель: М.Ю. Смирнов (доцент Липецкого государственного педагогического университета).

Комментарий жюри. Простая, но интересная работа, которая выполняется с помощью оборудования, имеющегося сейчас в очень многих школах. Практическая значимость этой работы определяется тем, что в настоящее время в разных помеще-

ниях (даже в детских садах) устанавливают светодиодные лампы (они по многим параметрам — расходу электроэнергии, долговечности и стоимости — выгоднее ламп накаливания). Однако никаких исследований влияния таких ламп на зрение,



насколько мы знаем, сделано не было. Рецензируемая работа представляет собой физическую часть такого исследования. А предложенная автором «светодиодная сборка», моделирующая солнечный свет, – прекрасное изобретение, которого не

постыдились бы такие замечательные изобретатели прошлого, как Т. Эдисон, Н. Тесла или М.О. Доливо-Добровольский. Нам кажется, что предложенная автором сборка вполне могла бы стать основой успешного коммерческого проекта.

Определение скорости расширения Крабовидной туманности в интервале с 1951 по 1991 год

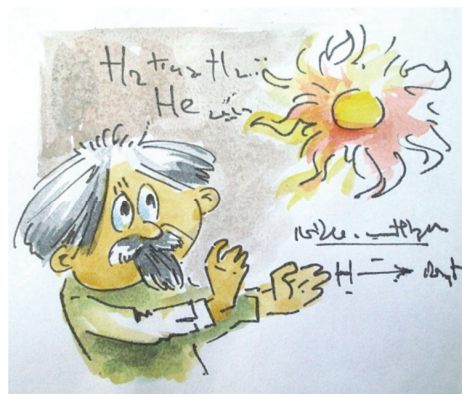
Целью данной работы является нахождение скорости расширения Крабовидной туманности в заданном промежутке времени. Для повышения точности результата был рассмотрен большой временной интервал (с 1951 по 1991 г.).

Идея исследования заключается в том, чтобы с помощью компьютера сложить в разных слоях два разделённых временем изображения и проследить динамику явления. В основу работы были положены два высококачественных снимка туманности, полученных в 1951 г. на обсерватории Маунт Паломар в ходе обзора неба Deep Sky Survey (DSS1) и в конце 1991 г. на Европейской Южной Обсерватории ESO.

Оба снимка были приведены к одному масштабу по далёким и неподвижным звёздам фона, что позволило воочию увидеть расширение Крабовидной туманности. По результатам исследования получается, что перемещение отдельных фрагментов составило $5,28\% \pm 1,5\%$. Что вновь свидетельствует о разлёте вещества туманности с ускорением, поскольку при таких величинах в случае её равномерного расширения, взрыв сверхновой должен был произойти не ранее $1238 \pm 11,1$ г. А он произошёл в 1054 г. Скорость расширения туманности на исследованном промежутке времени составила $0,203$ угловой секунды $\pm 1,5\%$, или, переведя в метрические единицы, 1919 ± 501 км/с. Высокая погрешность при переводе объясняет

необходимостью при вычислениях использования расстояния до Крабовидной туманности, которое известно с крайне низкой точностью и составляет $6,5 \pm 1,6$ тыс. световых лет.

На втором этапе исследования было найдено значение ускорения расширения туманности (оно составило $1,428 \cdot 10^{-5}$ м/с²) и выдвинуто несколько гипотез о его происхождении. Доказательство того, что оно есть и оно положительно, и явилось важнейшим научным результатом, достигнутым в этой работе.



В заключение проведён анализ полученных результатов и выдвинуты предложения для дальнейших исследований динамики разлёта Крабовидной туманности. Кроме того, заложены основы для решения других задач: подтверждения значения обнаруженного ускорения для иных астрономических объектов и определения таким образом, постоянно ли оно для них.

Источники информации

1. Атласов Д.В. Определение современной скорости расширения Крабовидной туманности в интервале с 1951 по 1991 год / Соревнование молодых исследователей Сибирского и Дальневосточного федеральных округов «Шаг в будущее-2011».

2. Международная школьная обсерватория: <http://www.schoolsobservatory.org.uk/>.

3. Ливерпульский телескоп университета им. Джона Мура (Liverpool Telescope – LJMU): <http://telescope.livjm.ac.uk/>.

4. Архивный интернет-каталог военно-морской обсерватории США (Flagstaff): <http://www.nofs.navy.mil/data/fchpix/>.

5. Матвеев Л.И. Физика космоса <http://www.astronet.ru/db/msg/1188365>.

6. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики. – М.: Наука, 1979.

Атласов Денис (11 класс, Центр дополнительного образования детей «Перспектива», лицей №174, г. Зеленогорск, Красноярский край).

Научный руководитель: С.Е. Гурьянов (методист ЦДОД «Перспектива», г. Зеленогорск, Красноярский край).

Комментарий жюри. Тема работы представляется весьма интересной – использование астрономических снимков, сделанных с большой разницей во времени, для анализа тех или иных изменений космических объектов (один из исторических примеров такого рода – первая оценка О. Рёмером скорости света по изменению видимых периодов обращения спутников Юпитера). Прекрасно, что школьник «на письменном столе» увидел разлёт Крабовидной туманности, являющейся остатком сверхновой звезды, вспыхнувшей в 1054 г., смог измерить скорость разлёта и оценить погреш-

ность своей оценки. Интересен также вывод о положительном ускорении разлёта туманности, хотя он безвнятного механизма этого ускорения представляется достаточно спорным, ведь плотность туманности невелика, и трудно допустить существования каких-либо сил отталкивания внутри неё. Скорее, гравитационное взаимодействие этих частей должно было бы заставить туманность разлетаться замедленно. Однако, если вывод Д. Атласова о положительном ускорении расширения Крабовидной туманности подтвердится, то это поставит перед теорией сверхновых звёзд ряд новых вопросов.

Материал для публикации подготовили С.Е. Муравьёв, В.И. Скрытный (Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»).

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Российские учёные установили, что дипломная работа на 90% состоит из воды.

Учёные долго думали, в чём измерять частоту? Так и не придумали. Вот и пишут – Hz.