

Результаты исследования зависимости удельного сопротивления от температуры образца поликристаллического  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  представлены в рис. 2.

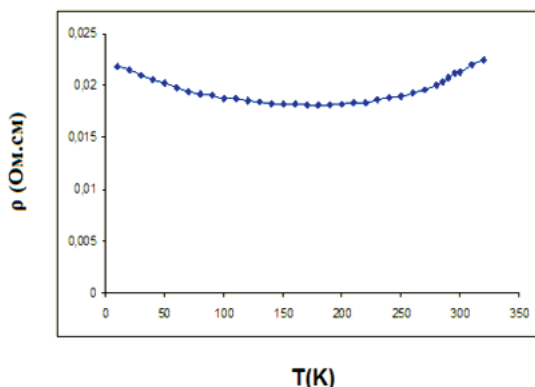


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления образца  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  от температуры в диапазоне 10–320 К

Как видно из рис. 2 в исследованном диапазоне температур можно выделить 2 участка удельной электропроводности. На первом участке в интервале от 10 до 170 К с увеличением температуры удельное сопротивление уменьшается. Такое поведение характерно для примесных полупроводников и связано с активацией примеси. На втором участке, удельное сопротивление увеличивается с повышением температуры, обычно в полупроводниках этот участок соответствует процессу истощения примеси.

Электропроводность в сильно легированных, неупорядоченных и аморфных полупроводниках часто связана с различными механизмами прыжковой проводимости.

Анализ низко температурного участка, электропроводности полупроводника  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  был сделан в предположении преобладания механизма прыжковой проводимости, то есть механизма проводимости, при котором перенос заряда осуществляется путём квантовых туннельных переходов («прыжков») носителей заряда между различными локализованными состояниями [4].

Зависимость удельного сопротивления полупроводника в области прыжковой проводимости описывается формулой:

$$\rho(T) = A_p T^m \exp \left[ \left( \frac{T_{0p}}{T} \right)^{1/p} \right], \quad (1)$$

где  $A_p T_m$  постоянный предэкспоненциальный множитель,  $p$  и  $m$  выбирается в зависимости от типа «прыжков» электрона. Величины  $p = 1, 2, 4$  определяют соответственно прыжковую проводимость через ближайших соседей, прыжковую проводимость с переменной длиной прыжка по Шкловскому-Эфросу, прыжковую проводимость с переменной длиной прыжка по Моту [5, 6].

Для того чтобы определить механизм прыжковой проводимости образца  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  мы линеаризовали зависимость  $\rho(T)$  методом выбора соответственных пар  $p$  и  $m$ . В результате линеаризации, был построен график  $\ln \rho(T^{-m})$  от  $T^{-1/p}$  [6], и было установлено, что проводимость при низких температур подчиняется механизму прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка по Моту, что соответствует  $p = 4$  и  $m = 1/4$ .

Были получены, некоторые характеристические величины, которые представлены в таблице

Параметры механизма прыжковой проводимости в интервале температур от 10 до 170 К

$A_4 (\Omega \text{cmK}^{-1/4})$	$T_v (\text{K})$	$T_m (\text{K})$	$T_{04} (\text{K})$	$W_0 (\text{meV})$
$1,516 \cdot 10^{-3}$	170	40	348,608	17,56

Примечания: где  $T_v$  – наибольшая температура, при которой ещё справедлив механизм прыжковой проводимости по Моту;

$T_m$  – наименьшая температура, при которой ещё справедлив механизм прыжковой проводимости по Моту;

$T_{04}$  – характеристическая температура прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка по Моту;

$W_0$  – параметр, определяющий проводимость установлен по формуле:

$$W_0 = k(T_v^3 T_{04})^{1/4}, \quad (2)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана.

### Заключение

В настоящей работе мы сообщаем о результатах синтеза  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  методом пиролизического разложения стехиометрической смеси хлоридов компонентов и тиомочевины при температуре 400°C. Успешный синтез подтверждён исследованиями фазовой структуры образца хорошо совпадающими с литературными данными. В результате исследования температурной зависимости удельного сопротивления образца  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  от температуры в диапазоне 10 до 320 К было установлено что, при низких температурах, проводимость определяется механизмом прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка по Моту (в области температур от 10 до 170 К).

Часть результатов приведенных в настоящей работе была получена в рамках выполнения Государственного задания 2.3309.2011.

### Список литературы

1. Bouaziz M., Amlouk M., Belgacem S. Structural and optical properties of  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  sprayed thin films // Thin Solid Films. – 2009. – № 517. – С. 2530.
2. Захвалинский В.С., Пилюк Е.А. Методические указания к лабораторной работе «Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников» по физическим основам электроники и физике твёрдого тела для специальностей «Физика» и «Медицинская физика». – М., 2012. – 19 с.
3. Janos Madarasz, Petra Bombicz, Masayuki Okuya, Shoji Kaneko. Thermal decomposition of thiourea complexes of Cu(I), Zn(II), and Sn(II) chlorides as precursors for the spray pyrolysis deposition of sulphide thin films // Solid State Ionics. – 2001. – № 141. – С. 445.
4. Прохоров А.М. Физическая энциклопедия. В 5-ти т. – М.: Советская энциклопедия. – Режим доступа: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/2175/прыжковая](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2175/прыжковая).
5. Transport properties of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  / M. Guc, K.G. Lisunov, A. Nateprov, S. Levchenko, V. Tezlevan, and E. Arushanov // Institute of Applied Physics, Academy of Sciences of Moldova, Academiei str. 5, Chisinau, MD-2028 Republic of Moldova. – 2011. – С. 143.
6. Variable – range hopping conductivity in  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Mn}_{1-y}\text{Fe}_y\text{O}_3$ : evidence of a complex gap in density of states near the Fermi level / R. Laiho, K.G. Lisunov, E.L. Ahderanta, P.A. Petrenko, J. Salminen, M.A. Shakhov, M.O. Safontchik, V.S. Stomov, M.V. Shubnikov, V.S. Zakhvalinskii // Journal of physics: condensed matter. – 2002. – С. 8043.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ПО АСТРОФИЗИКЕ

Лысенко В.Е., Иванов А.Л.

Кубанский государственный университет, Краснодар,  
e-mail: kostinanl@mail.ru

Целью учебно-методического инфокоммуникационного комплекса по астрофизике является обеспечение учебного процесса общеобразовательных учреждений

возможностью выполнения практических работ по разделам программы по физике, связанным с астрофизикой. Комплекс участвует в учебном процессе учреждений региона, реализующих программы среднего (полного) общего образования, дополнительного образования.

Данный учебно-методический комплекс выполняет следующие функции:

Функциональная схема учебно-методического инфокоммуникационного комплекса по астрофизике

Режимы работы	Основные		Дополнительные	
	Автоматический	Интерактивные		
	Интернет-ресурс	Очные занятия	Тематические наблюдения	Удаленный доступ
Цель и форма	Выполнение лабораторных работ	Лекция с выполнением лабораторной работы и демонстрациями	Проектная деятельность учащихся	Демонстрация явлений
Реализован с помощью	Сайт [1]	Преподаватель	Астрофизическое оборудование	Астрофизическое оборудование
Форма взаимодействия	Использование сайта [1]	Непосредственное общение в помещении обсерватории	Удаленный доступ	Удаленный доступ

В состав данного комплекса входят следующие компоненты: web-сайт, методические описания лабораторных работ и материалы к ним, а также специфическое оборудование (автоматизированный телескоп MEADE диам. 300 мм, ПЗС-камера SBIG ST-8XME, управляющий компьютер с доступом в Интернет, специализированное программное обеспечение).

Режимы работы астрофизического комплекса следующие. Во-первых, комплекс работает как Интернет-ресурс. Остальные режимы интерактивные: наблюдения по представленной программе пользователя и визуальные наблюдения в реальном времени, транслируемые по Интернет (удаленный доступ).

На данный момент разработаны четыре лабораторные работы для школьников и учащихся центров дополнительного образования. В лабораторных работах используются инфокоммуникационные технологии, и не требуется работать ни с каким оборудованием кроме школьного или домашнего компьютера. Реализация лабораторных работ с помощью инфокоммуникационных технологий создает условия для формирования специфических компетенций работы с информацией, и сводит к минимуму отвлекающие факторы (методически сложные наблюдения), так как цель этих работ – изучение собственно космического объекта или астрофизических закономерностей.

Преимуществом является также то, что в лабораторных работах используются электронные таблицы, входящие в состав офисных программных пакетов, потому что при использовании электронных таблиц (легкодоступного и мощного вычислительного средства, обладающего кроме того широким спектром возможностей графического представления данных) нарабатываются навыки обработки числовой информации.

Все лабораторные работы по методике выполнения можно условно разделить на две группы: расчетные и статистические. Расчетные работы подразумевают организацию вычислений как одной из задач и анализ их результатов. Примерами таких работ служат «Определение радиусов орбит и периодов обращения спутников планет-гигантов» и «Изучение спектра Солнца», в которых необходимо определить требуемые параметры. Статистические работы требуют правильно подставить необходимые массивы данных в заготовленную форму, в которой будет произведе-

1) обеспечивает доступ к лабораторным работам и проверку;

2) обеспечивает возможность проектной деятельности школьников и студентов.

Функциональная схема учебно-методического инфокоммуникационного комплекса по астрофизике дана в таблице.

дена их визуализация в режиме достаточно сложной диаграммы, и по виду диаграммы сделать выводы по цели работы. В данный раздел входят работы «Изучение собственных движений звезд» и «Изучение строения Галактики».

Тематически лабораторные работы охватывают следующие темы «Строение Солнечной системы», «Солнце – ближайшая к нам звезда» и «Современные представления о происхождении и эволюции Солнца, звезд, галактик» из авторской программы по физике для 10–11 классов общеобразовательных учреждений В.С. Данюшенкова и О.В. Коршуновой [2].

Первая лабораторная работа «Определение радиусов орбит и периодов обращения спутников планет». Ее цель проверить III закон Кеплера. Выполняющему работу следует решить следующие задачи: получить расстояния спутников от центра планеты в разные моменты времени по фотоснимкам; определить радиусы орбит спутников и периоды их обращения, считая орбиты круговыми для математической простоты. Расстояние центра спутника от центра диска планеты определяется в графическом редакторе. Работа развивает навыки работы с электронными таблицами и с графическими программами.

Для работы предназначены три точно датированных снимка системы спутников Юпитера, полученных с небольшим временным промежутком. Выполняющему работу следует определить расстояние спутников от центра планеты, для чего необходимо создать расчетную таблицу, используя математическую модель, данную в описании работы. Полученные результаты следует подставить в формулу III закона Кеплера и сделать вывод о движении рассматриваемых тел.

Данная работа знакомит учащихся с законами движения тел под действием силы тяготения, способствует формированию образа Солнечной системы, формирует навыки расчетов в среде электронных таблиц.

Вторая лабораторная работа «Изучение спектра Солнца» имеет цель определить температуру внешних оболочек Солнца. Для достижения цели следует решить следующие задачи: идентифицировать на диаграмме солнечного спектра спектральные линии водорода, сделать вывод о химическом составе Солнца; по ширине спектральных линий определить температуру хромосферы; по максимуму интенсивности

спектра Солнца на основании закона Вина определить температуру фотосферы. Для работы используется интернет-сайт Парижской обсерватории, содержащий инфокоммуникационную версию атласа солнечного спектра [3]. Для расчетов рекомендуется создать несложную таблицу. Для определения температуры по интерактивной диаграмме спектра определяется ширина линий, расчет температуры по формуле Доплера производится в электронной таблице.

Познавательная цель этой лабораторной работы – познакомиться учащихся со строением внешних областей Солнца, методами получения информации из спектра источника излучения. Работа помогает формированию исследовательской компетенции.

Третья лабораторная работа «Изучение собственных движений звезд» принадлежит к группе статистических. Цель работы: изучить звездные сообщества по их характерным собственным движениям. Задачи, которые должны быть выполнены, следующие: в среде электронных таблиц в режиме диаграммы визуализировать собственные движения звезд в заданных областях неба; по полученным изображениям выделить звезды со сходными параметрами движения (направление и величина); сделать вывод о принадлежности найденных звезд скоплению или ассоциации, а также об условиях их образования и эволюции. В данной работе в качестве исходных данных используются фрагменты каталогов UCAC2 и UCAC3. В качестве инструмента используется документ электронных таблиц с настроенной диаграммой. Осями диаграммы являются экваториальные координаты прямое восхождение и склонение. Особенностью работы с диаграммой является самостоятельная установка свойств координатных осей в зависимости от размеров изучаемого объекта.

Познавательная цель третьей лабораторной работы – знакомство учащихся с типами звездных сообществ, формирование понятия общности происхождения звезд и эволюции звездных сообществ. Работа также дает первичное представление о структуре Галактики.

Четвертая лабораторная работа называется «Изучение строения Галактики» и имеет цель познакомить учащихся со структурой Галактики в целом. Задачи, реализуемые в работе таковы: в среде электронных таблиц в режиме диаграммы визуализировать шаровые и рассеянные звездные скопления, планетарные и светлые туманности в галактических координатах, сделать вывод о составе галактических подсистем. Данная работа также относится к группе статистических. Учащиеся должны увидеть плоскую и сферическую подсистемы галактики, познакомиться с типами звездного населения. При выполнении работы развиваются навыки работы в среде электронных таблиц.

Апробация учебно-методического инфокоммуникационного комплекса по астрофизике в отдельных школах и центре дополнительного образования показала, что качество образования в области физики и информатики, а также интерес к этим предметам повышается. Разработанный учебно-методический инфокоммуникационный комплекс рекомендуется к использованию во всех учреждениях, реализующих программу среднего (полного) общего образования, при изучении курса физики.

Список литературы

1. Кубанский государственный университет. Среда модульно-го динамического обучения. Ресурсы для школьников и абитуриентов. Лабораторные работы по разделу физики 11 класса «Строение и эволюция Вселенной». – URL: <http://moodle.kubsu.ru/course/view.php?id=390> [8 февраля 2013].
2. Программы общеобразовательных учреждений. Физика. 10–11 классы. – М.: Просвещение. 2009. – С. 59–65.
3. BASS 2000. Solar Survey Archive. –URL: [http://bass2000.obspm.fr/solar\\_spect.php](http://bass2000.obspm.fr/solar_spect.php) [8 February 2013].

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ**

Мыльников М.М., Куликова О.В.

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, e-mail: [max-usurt@rambler.ru](mailto:max-usurt@rambler.ru)

Корреляционный и регрессионный анализ – это методы математической статистики, позволяющие выявлять связь между двумя величинами, значения которых получают в результате статистических наблюдений. Основная задача корреляционного анализа – оценивание тесноты связи между величинами, а регрессионного – установление ее вида [1]. Применение корреляционного и регрессионного анализа для исследования взаимосвязи количественных показателей, характеризующих результаты обучения, становится возможным, если при оценке выполнения учебных заданий используется измерительная шкала с большим размахом и в аттестации участвует большое количество обучаемых. Получающее широкое распространение в настоящее время в средней и в высшей школе компьютерное тестирование предоставляет условия по формированию таких статистических данных.

Обучение в школе завершается прохождением единого государственного экзамена (ЕГЭ), а обучение в вузе начинается с диагностического тестирования (ДТ) по школьным предметам. Системы заданий, которые входят в предметную работу ЕГЭ [2] и ДТ [3] аналогичны и одинаково оцениваются по 100-балльной шкале, следовательно, можно сравнивать результаты их решения. Отмеченные особенности позволяют предположить, что между показателями выполнения учебных заданий ЕГЭ и ДТ существует прямо пропорциональная взаимосвязь.

Экспериментальная проверка выдвинутого предположения в нашем исследовании осуществляется на основе выборочной совокупности, в которую вошли результаты студентов первого курса, обучающихся в Уральском государственном университете путей сообщения на одной из технических специальностей. Сравнивается сумма баллов, набранная абитуриентами при сдаче ЕГЭ по математике, физике и русскому языку в июне 2012 г., с суммой процентов по этим же предметам, полученной на ДТ в сентябре 2012 г. Объем выборки составляет 37 пар значений случайных величин, характеризующих выполнение обучающимися учебных заданий по трем предметам.

Оценка степени линейной взаимосвязи результатов ЕГЭ и ДТ определяется с помощью коэффициента корреляции  $r$  [1], который вычисляется по формуле

$$r = \frac{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right) \right]}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}, \quad (1)$$