

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство просвещения Российской Федерации
Российская академия образования
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

ФИЗИКА В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФССО – 2019)

Сборник научных трудов XV Международной конференции

Санкт-Петербург, 3 – 6 июня 2019 г.

Том 2



Санкт-Петербург
Издательство РГПУ им. А. И. Герцена
2019

УДК 537.226; 537.311
ББК Ч489.518.551
Ф 48

Печатается по рекомендации оргкомитета
международной конференции «Физика в системе
современного образования» (ФССО-2019)

Редакционная коллегия: Гороховатский Ю.А. (отв. редактор), Ларченкова Л.А. (отв. редактор), Афанасьев В.В., Баранов И.В., Задерновский А.А., Иванов В.К., Королев М.Ю., Ляпцев А.В., Назаров А.И., Одинец В.П., Потапова М.В., Пронин В.П., Пурышева Н.С., Свиридов В.В., Тимофеев Н.А., Ханин С.Д., Чирцов А.С.

Ф 48 Физика в системе современного образования (ФССО-2019): Сборник научных трудов XV Международной конференции / под ред. Гороховатского Ю.А., Ларченковой Л.А. – Санкт-Петербург, 3 – 6 июня 2019 г. Т.2. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2019 – 495 с.

ISBN 978-5-8064-2714-5

© Коллектив авторов, 2019

© Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2019

МОДЕЛЬ ГАЗА ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Ревинская Ольга Геннадьевна

кандидат педагогических наук, зав. лабораторией, ogr@tpu.ru

Кравченко Надежда Степановна

кандидат физико-математических наук, доцент, kravchenkons@tpu.ru

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Российская Федерация, Томск, пр. Ленина, д. 30

Аннотация

Проанализированы трудности, препятствующие экспериментальному изучению поведения реальных газов в лабораторном практикуме курса общей физики. Недостаточное экспериментальное сопровождение этой темы предлагается компенсировать авторской методикой изучения модели газа Ван-дер-Ваальса на компьютере. В основу методики положено использование авторской программы, воспроизводящей модель реального газа в широком диапазоне температур и давлений. Это позволяет детально анализировать (при различных условиях) поведение газа, его физические характеристики такие, например, как молярные теплоемкости, а также получать параметры уравнения Ван-дер-Ваальса, обсуждать границы применимости данной модели. Что по-прежнему является актуальным для курса общей физики.

Ключевые слова

Реальные газы, идеальные газы, газ Ван-дер-Ваальса, теплоемкость газа, компьютерная лабораторная работа, методика обучения.

VAN-DER-WAALS GAS MODEL IN THE COURSE OF GENERAL PHYSICS

Revinskaya Olga G.

Candidate of Pedagogical Sciences, laboratory manager, ogr@tpu.ru

Kravchenko Nadegda S.

candidate of Physical and Mathematical Sciences, docent, kravchenkons@tpu.ru

National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Russian Federation, Tomsk, av. Lenin, 30

Annotation

The difficulties interfering experimental studying of behavior of real gases in a laboratory practical work of a course of the general physics are analysed. Insufficient experimental maintenance of this subject is offered to be compensated by an author's technique of studying of model of gas of Van der Waals on the computer. Use of the author's program reproducing model of real gas in the wide temperature range and pressure is the basis for a technique. It allows to analyze in details (under various conditions) behavior of gas, its physical characteristics such, for example, as molar heat capacities and also to receive parameters of the equation of Van der Waals, to discuss limits of applicability of this model. What still is relevant for a course of the general physics.

Keywords

Real gases, ideal gases, Van der Waals gas, heat capacity of gas, computer laboratory work, teaching methods.

Реальным газам посвящена значительная часть теоретического материала раздела «Термодинамика» в курсе общей физики [1, 4]. Но в лабораторном практикуме работы по изучению реальных газов, как правило, отсутствуют [2, 5]. Это связано с объективными условиями проведения лабораторных занятий по общей физике. Традиционно они проводятся при нормальных условиях, при которых практически все газы ведут себя как идеальные. При высокой температуре и высоком давлении поведение газов начинает отличаться от поведения идеального газа. Чтобы создать такие условия в лаборатории требуется специальное оборудование и меры по обеспечению безопасности. Поэтому большинство вузов не может иметь натурные работы по изучению реальных газов в курсе общей физики.

С другой стороны физиками (особенно теплофизиками) предложено большое количество моделей, описывающих поведение реального газа в тех или иных условиях. Учитывая современные возможности программирования, некоторые из этих моделей можно использовать для организации изучения поведения реальных газов на компьютере. Более того, выбор модели для курса общей физики на первый взгляд кажется очевидным – газ Ван-дер-Ваальса. Эта модель описывает малые отклонения поведения газа от поведения идеального газа, выражается простым физически понятным уравнением $p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$ (где p , T , V – давление, температура и молярный объем газа соответственно) и многократно используется при изложении теоретического материала, чтобы проиллюстрировать принципиальное отличие между реальными и идеальными газами [4]. Уравнение Ван-дер-Ваальса отличается от уравнения идеального газа $p = \frac{RT}{V}$ всего двумя параметрами a и b . Однако эти параметры зависят от температуры газа (T) и от его плотности ($\rho \sim 1/V$). Наличие этих зависимостей всегда констатируется, но ни в учебниках по общей физике, ни в справочниках не приводится, так как это сложные зависимости, разные для различных газов. Поиск этих зависимостей привел к появлению более сложных, чем модель Ван-дер-Ваальса, уравнений реального газа. Им посвящено большое количество научных монографий и статей, а в учебниках по общей физике и физических справочниках приводятся только значения коэффициентов уравнения Ван-дер-Ваальса в критической точке. Эти же значения, как правило, используются и при решении задач в курсе общей физике. В общем, в процессе традиционного изучения курса общей физики утверждение, что коэффициенты уравнения Ван-дер-Ваальса не являются константами, а зависят хотя бы от температуры, так и не находит ни теоретического, ни экспериментального подтверждения. Таким образом, в результате изучения курса общей физики, не смотря на все усилия преподавателей, у студентов формируется ошибочное представление о поведении газа Ван-дер-Ваальса и о границах применимости этой модели.

Изучение физических моделей на компьютере зарекомендовало себя как надежное средство для преодоления подобных дидактических трудностей [3]. Оно позволяет студентам детально исследовать определенную теоретическую модель. Для применения этого средства необходимо не только воспроизвести на компьютере модель реального газа, но и показать, как зная давление p , температуру T и молярный объем V газа можно вычислить параметры уравнения Ван-дер-Ваальса (a и b).

В связи с выявленной невозможностью корректного воспроизведения модели Ван-дер-Ваальса при разных температурах и давлениях, для постановки такого исследования вместо модели Ван-дер-Ваальса приходится воспроизводить другую модель. Анализ научных публикаций показал, что из всех существующих моделей реального газа самый широкий диапазон температур и давлений описывает модель, использующая вириальные коэффициенты $p = \frac{RT}{V} \left(1 + \frac{B_2}{V} + \frac{B_3}{V^2} + \dots \right)$. Зависимости от температуры вириальных коэффициентов B_2 , B_3 , ... для разных газов в этой модели получены и стандартизированы ГОСТом [6–10 и др.]. Эта модель и была использована

нами для воспроизведения поведения реального газа на компьютере в лабораторной работе «Адиабатное расширение газов» (рис. 1). Учитывая дидактическое значение модели Ван-дер-Ваальса в курсе общей физики в этой работе студенты, регистрируя состояния газа, адиабатно расширяющегося разными способами (в пустоту, под поршнем, через дроссель), вычисляют параметры уравнения Ван-дер-Ваальса (a и b) и молярные теплоемкости (C_p и C_V) газа при различных температурах T . Для каждого газа «рабочий» диапазон температур и давлений подобран так, чтобы в этом диапазоне корректно можно было использовать и модель Ван-дер-Ваальса, и модель, содержащую вириальные коэффициенты.

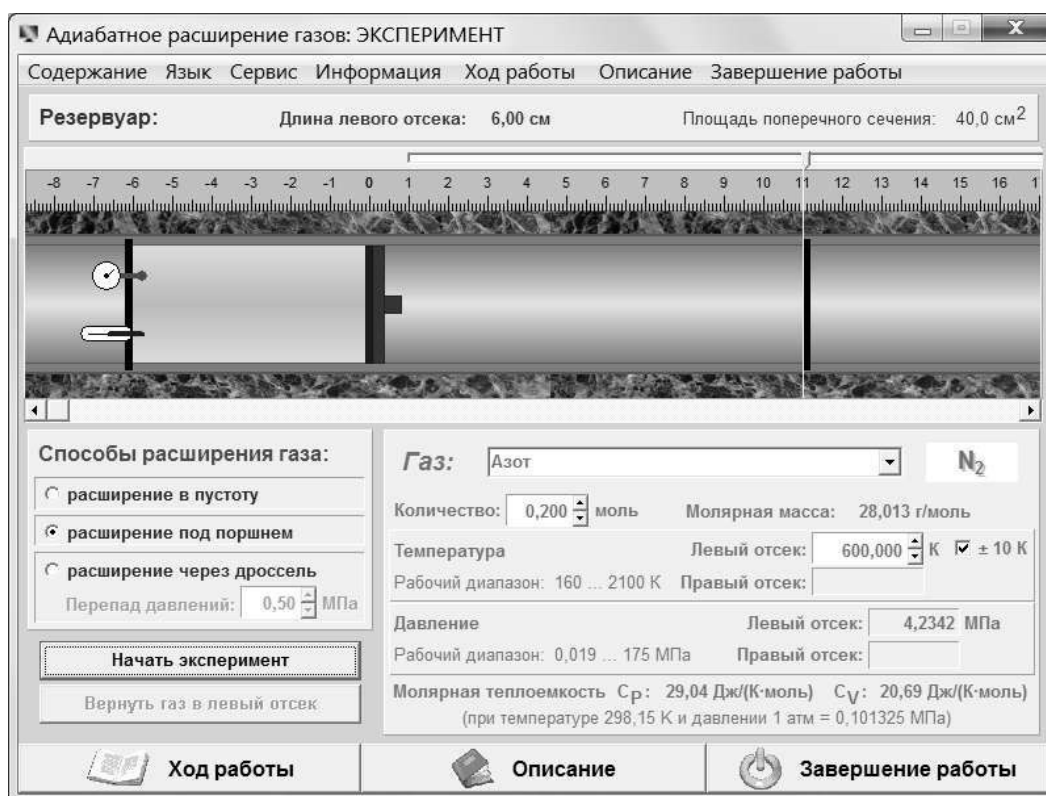


Рисунок 1 — Компьютерная лабораторная работа «Адиабатное расширение газов»

Учитывая, что с изменением температуры параметры уравнения Ван-дер-Ваальса изменяются монотонно и медленно, для выявления искомой зависимости их от температуры необходимо, чтобы «рабочий» диапазон температур был достаточно велик: как правило, 1500–2500 К. Следует отметить, что далеко не для всех газов, для которых построена модель, использующая вириальные коэффициенты, диапазон температур, в котором газ можно считать Ван-дер-Ваальсовским, настолько широк. Поэтому в лабораторной работе «Адиабатное расширение газов» используются только 13 газов, наилучшим образом иллюстрирующих задачи исследования. Кроме того, также учитывая медленное изменение температурной зависимости физических параметров газа, точность регистрации состояний газа должна быть достаточно высокой, чтобы изменения изучаемых параметров оставались очевидными в сравнении с ошибками округления значений изменения давления, температуры и объема газа. Тогда при малых изменениях давления, температуры и молярного объема газа параметры уравнения Ван-дер-Ваальса и молярные теплоемкости можно считать константами. Это позволяет получить достаточно простые формулы для расчета этих величин. Так, например, для получения входящего в уравнение Ван-дер-Ваальса параметра $b = V - R \frac{(T_1 - T_2)}{(p_1 - p_2)}$ достаточно зарегистрировать давления p_1 и p_2 газа при

двух близких температурах T_1 и T_2 , но в одном и том же молярном объеме V . Для вычисления молярных теплоемкостей в работе студенты регистрируют состояния газа до и после адиабатного расширения. Например, молярная теплоемкость $C_V = -R \frac{\ln(V_1-b) - \ln(V_2-b)}{\ln(T_1/T_2)}$ при адиабатном расширении газа под поршнем от молярного объема V_1 , температуры T_1 до молярного объема V_2 , температуры T_2 . Такие вычисления вполне понятны и доступны студентам 1–2 курса, изучающим курс общей физики. Однако они должны понимать, что для корректности этих вычислений соответствующие значения температуры T_1 , T_2 , давления p_1 , p_2 , молярного объема V_1 , V_2 должны не сильно отличаться друг от друга.

В результате, проведя рекомендованные им исследования и расчеты, студенты получают достоверную информацию о том, что молярные теплоемкости реального газа и коэффициенты уравнения Ван-дер-Ваальса действительно зависят от температуры, если для описания состояния газа использовать модель Ван-дер-Ваальса. Работа «Адиабатное расширение газов» дополнила Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических явлений и процессов на компьютере Laboratory Simulations, разрабатываемый нами в Томском политехническом университете с 2002 г.

Список литературы

1. Бондарев Б.В. Курс общей физики. в 3 кн. Кн. 3. Термодинамика. Статистическая физика. Строение вещества: Учеб. пособие / Б.В. Бондарев, Н.П. Калашников, Г.Г. Спирин. – 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2005. – 366 с.
2. Гринкруг М.С., Вакулюк А.А. Лабораторный практикум по физике: Учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2012. – 480 с.
3. Ревинская О.Г., Кравченко Н.С. Концепция развития лабораторного практикума по общей физике на основе дидактической модели научных экспериментальных исследований // Инновации в образовании. – 2014. – № 1. – С. 93-106.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Учеб. пособие: Для вузов в 5 т. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. – 5-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2005. – 544 с.
5. Лабораторный практикум по физике / Под ред. А.С. Ахматова. – М.: Высшая школа, 1980. – 360 с.
6. Теплофизические свойства неона, аргона, криптона и ксенона / В.А. Рабинович, В.И. Недоступ, Л.С. Векслер. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 636 с.
7. Теплофизические свойства технически важных газов при высоких температурах и давлениях: Справочник / В.Н. Зубарев, А.Д. Козлов, В.М. Кузнецов и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 232 с.
8. Термодинамические свойства азота / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов, Г.А. Спиридонов, В.А. Цымарный. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 352 с.
9. Термодинамические свойства воздуха / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов, Г.А. Спиридонов, В.А. Цымарный. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 276 с.
10. Термодинамические свойства кислорода / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов, Г.А. Спиридонов, В.А. Цымарный. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 304 с.

References

1. Bondarev B.V. Kurs obschei fiziki. v 3 kn. Kn. 3. Termodinamika. Statisticheskaya fizika. Stroenie veschestva: Ucheb. posobie / B.V. Bondarev, N.P. Kalashnikov, G.G. Spirin. - 2-e izd., ster. - M.: Vyssh. shk., 2005. - 366 s.
2. Grinkrug M.S., Vakulyuk A.A. Laboratornyi praktikum po fizike: Ucheb. posobie. - SPb.: Lan', 2012. - 480 s.
3. Revinskaya O.G., Kravchenko N.S. Kontseptsiya razvitiya laboratornogo praktikuma po obschei fizike na osnove didakticheskoi modeli nauchnykh eksperimental'nykh issledovaniy // Innovatsii v obrazovanii. - 2014. - № 1. - S. 93-106.
4. Sivuhin D.V. Obschii kurs fiziki: Ucheb. posobie: Dlya vuzov v 5 t. T. II. Termodinamika i molekulyarnaya fizika. - 5-e izd., ispr. - M.: Fizmatlit, 2005. - 544 s.
5. Laboratornyi praktikum po fizike / Pod red. A.S. Ahmatova. - M.: Vysshaya shkola, 1980. - 360 s.
6. Teplofizicheskie svoistva neona, argona, kriptonu i ksenona / V.A. Rabinovich, V.I. Nedostup, L.S. Veksler. - M.: Izd-vo standartov, 1976. - 636 s.

7. Teplofizicheskie svoistva tehnikeski vazhnyh gazov pri vysokih temperaturah i davleniyah: Spravochnik / V.N. Zubarev, A.D. Kozlov, V.M. Kuznetsov i dr. - M.: Energoatomizdat, 1989. - 232 s.
8. Termodinamicheskie svoistva azota / V.V. Sychev, A.A. Vasserman, A.D. Kozlov, G.A. Spiridonov, V.A. Tsymarnyi. - M.: Izd-vo standartov, 1977. - 352 s.
9. Termodinamicheskie svoistva vozduha / V.V. Sychev, A.A. Vasserman, A.D. Kozlov, G.A. Spiridonov, V.A. Tsymarnyi. - M.: Izd-vo standartov, 1978. - 276 s.
10. Termodinamicheskie svoistva kisloroda / V.V. Sychev, A.A. Vasserman, A.D. Kozlov, G.A. Spiridonov, V.A. Tsymarnyi. - M.: Izd-vo standartov, 1981. - 304 s.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

U

Ubelis A. 97

A

Апушкинский Е.Г. 5

Арзамазов Н.А. 305

Атаманская М.С. 98, 102

Афанасьев В.В. 473

Б

Бабаев В.С. 106

Бабаева М.А. 308, 313, 407

Баранов А.М. 226

Белянин В.А. 111

Бенгардт А.А. 19

Бехтерев А.Н. 116, 317

Боккин А.С. 120

Боков П.Ю. 125, 289

Бордовский Г.А. 9, 14

Бордонская Л.А. 128

Борисова Е.В. 133

Бочкарева О.Н. 19

Бражников М.А. 139

Бугаков П.Ю. 389

Буценко Р.Р. 322

Бушина Т.А. 145

В

Валишева А.Г. 150

Варнашев К.Б. 476

Варфаламеева С.А. 154

Власов А.П. 305

Вяххи Е.Н. 380

Г

Генденштейн Л.Э. 376

Георгица Д.Ю. 327

Гиголо А.И. 24

Глазов С.Ю. 332

Голубева О.Н. 411, 416

Гольдфарб М.В. 421

Грачев А.В. 125, 159, 289

Грачева М.А. 159, 289

Д

Дедюха Л.А. 337

Денисевич А.А. 162

Добродий Т.С. 165

Дьякова Е.А. 169

Е

Егорова А.Ю. 77

Ермаков Л.К. 426

З

Задерновский А.А. 27

Зеленев В.М. 434

И

Иванов В.К. 261

Иванов В.Ю. 342

Иванова И.Б. 342

Иванова О.С. 289

К

Калашников Н.П. 346

Карулина Е.А. 30

Карулина О.А. 30

Классен Н.С. 174

Клеветова Т.В. 179

Клячин Н.А. 356

Ковалева Т.А. 332

Коврижных Д.В. 34, 39

Комаров Б.А. 182, 186, 190

Коннова И.А. 443

Коржук К.С. 194

Королев М.Ю. 44, 48, 430

Котов Ю.Б. 52

Кочукова М.В. 454

Кравченко В.В. 204

Кравченко Н.С. 371

Красин М.С. 199

Крицына Е.А. 154

Крушельницкий А.Н. 57

Кустов А.И. 62, 434

Л

Ларченкова Л.А.	194, 204
Лебедева Т.Н.	293
Левинская Е.К.	209
Леднов А.Ю.	317
Леонова Н.А.	215
Лещева О.Н.	411
Лисаченко Д.А.	215
Лихтер А.М.	150, 255
Логинов Б.А.	67
Лоскутов А.Ф.	72
Лужков А.А.	351
Лукашева Е.В.	289
Ляпцев А.В.	220, 275

М

Мазетов О.Ю.	346
Маркова С.Н.	440
Марченко А.В.	9, 14, 77
Матрончик А.Ю.	356
Мигель И.А.	62, 434
Микушев В.М.	399
Минасян Л.А.	411, 416
Мубаракшин И.Р.	226
Муравьев-Смирнов С.С.	346

Н

Назаров А.И.	360, 365
Никольский Д.Ю.	322, 399

О

Одинцова Н.И.	443
Осипова А.В.	57

П

Панина М.В.	19
Парфенов К.В.	145
Петрова Е.Б.	82
Пилоян М.Г.	416
Платонов А.А.	365
Погожев В.А.	125, 159, 289
Полищук В.А.	447
Полякова В.А.	133
Попов Б.П.	5
Порядина О.В.	421

Проклова В.Ю.	230
Прохорова Е.И.	365
Прудкий А.С.	234
Пурышева Н.С.	139
Пшеницын В.И.	447

Р

Радченко В.В.	133, 450
Ракин Г.В.	240
Раснюк А.Н.	9, 77
Ревинская О.Г.	371
Ремизов П.Д.	450
Рзаев Р.А.	255
Росляков В.А.	27
Рыжиков С.Б.	245
Рыжикова Ю.В.	245

С

Савинова Н.А.	317
Салецкий А.М.	125
Самарченко Д.А.	346
Сафонова В.А.	421
Свиридов В.В.	421, 454, 460
Свиридова Е.И.	454, 460
Семенов И.М.	250
Семенов М.Б.	250
Семенова Е.В.	250
Семенова Т.А.	52
Серебрякова С.С.	128
Серегин П.П.	9, 14, 77
Сидоров С.В.	416
Симакина Н.В.	250
Симановский В.А.	186
Скворцов А.И.	376
Скворцов Д.А.	57
Смирнов В.В.	240, 255
Соколова И.И.	465
Степанова Т.Р.	380
Стефанова Г.П.	240
Субботина С.З.	150, 255
Сыродоев Г.А.	332

Т

Таюрский Д.А.	376
Темнов Д.Э.	258

Тимофеева Л.Н.	480
Тихомиров Ю.В.	384
Тихонов П.С.	159
Томази-Вшивцева П.А.	145
Тюшев А.Н.	389

Ф

Федорова Е.В.	261
Федосова И.В.	86, 265
Филиппова Т.Г.	128
Фисенко М.А.	271
Фишман А.И.	376
Фомичева Е.Е.	258

Х

Хаджикова В.В.	460
Хамов Г.Г.	480
Хангулян Е.В.	356
Хачатурова К.Р.	90
Хрулёва Е.С.	275
Худякова А.В.	394

Ч

Чагдурова Э.Ц.	280
Червова А.А.	284
Чирцов А.С.	305, 322, 399
Чистякова Н.И.	289
Чистякова О.В.	30
Чулкова Г.М.	82

Ш

Шахович К.Б.	14
Шефер О.Р.	293
Широков Е.В.	133, 450
Ширяева А.А.	190

Я

Яблошевская Ю.С.	430
Якута А.А.	297
Ярцев А.В.	48

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 4 «ФИЗИКА В СИСТЕМЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Практика студентов как составная часть образования по направлению физика	5
Апушкинский Е.Г., Попов Б.П.	
Лабораторный практикум «Сравнительный анализ данных РФА, полученных при использовании различных методов возбуждения характеристических рентгеновских спектров»	9
Бордовский Г.А., Марченко А.В., Серегин П.П., Раснюк А.Н.	
Лабораторный практикум «Исследование радиоактивного равновесия изотопов $^{119m}\text{Te}/^{119}\text{Sb}$ методом мессбауэровской спектроскопии»	14
Бордовский Г.А., Марченко А.В., Серегин П.П., Шахович К.Б.	
Формирование исследовательских умений в условиях естественнонаучной смены («Лесная школа»)	19
Бочкарева О.Н., Панина М.В., Бенгардт А.А.	
Организационно-методическое обеспечение согласованности работы региональной предметной комиссии по проверке заданий с развернутым ответом ЕГЭ по физике	24
Гиголо А.И.	
Физика вокруг нас: колонии пчёл и шмелей	27
Задерновский А.А., Росляков В.А.	
Интеграция физики и биологии в формировании целостного восприятия научной картины мира с целью повышения качества естественнонаучного образования и уровня фундаментальной подготовки студентов факультета биоэкологии Академии ветеринарной медицины	30
Карулина Е.А., Чистякова О.В., Карулина О.А.	
Обучение иностранных студентов-медиков физике с применением языка-посредника – анализ входного тестирования	34
Коврижных Д.В.	
Результаты обучения иностранных студентов ВОЛГГМУ физике на языке-посреднике – лингвометодический анализ	39
Коврижных Д.В.	
Концепция магистерской программы «Астрокосмическое образование»	44
Королев М.Ю.	
Роль и задачи дисциплины «Основы космонавтики» в системе подготовки магистров по программе «Астрокосмическое образование»	48
Королев М.Ю., Ярцев А.В.	
Методы обработки данных в студенческих лабораториях	52
Котов Ю.Б., Семенова Т.А.	

Формирование понятия «Энтропия» у обучающихся на факультете биоэкологии Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины	57
Крушельницкий А.Н., Осипова А.В., Скворцов Д.А.	
Базовые физические представления и их комплексное освоение в рамках современного образовательного процесса	62
Кустов А.И., Мигель И.А.	
Четыре уровня проектной деятельности на примере курса по сканирующей зондовой микроскопии	67
Логинов Б.А.	
Обучение физике детей, находящихся на длительном лечении в стационаре медицинского учреждения	72
Лоскутов А.Ф.	
Лабораторный практикум «Электронный обмен между примесными центрами железа в стеклообразных пленках селенида мышьяка	77
Марченко А.В., Серегин П.П., Егорова А.Ю., Раснюк А.Н.	
Актуальная проблема – преподавание вопросов современной физики..	82
Петрова Е.Б., Чулкова Г.М.	
Технологии реализации системы ориентации школьников на профессии инженерно-технического профиля в системе непрерывного естественнонаучного образования	86
Федосова И.В.	
Физическая компонента естественнонаучного образования современной школы	90
Хачатурова К.Р.	

СЕКЦИЯ 5 «ФИЗИКА В СИСТЕМЕ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО И СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Physics and disruptive innovation	97
Ubelis A.	
Опыт раннего обучения физике: свободный класс	98
Атаманская М.С.	
Смысловое чтение как модель совместной деятельности	102
Атаманская М.С.	
Нестандартные физические задачи с избыточными данными	106
Бабаев В.С.	
Маятник Фуко для вуза и школы: мифы и реальность	111
Белянин В.А.	
К вопросу о преподавании астрономии в курсе средней общеобразовательной школы по новому ФГОС	116
Бехтерев А.Н.	
Использование современных образовательных технологий на уроках физики	120
Боккин А.С.	

Расширение контента в учебниках физики основной и старшей школы в соответствии с требованиями ФГОС (на примере УМК авт. А.В. Грачев, В.А. Погожев и др.)	125
Боков П.Ю., Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М.	
Физические методы в гуманитарных исследованиях как компонент содержания учебного курса физики	128
Бордонская Л.А., Серебрякова С.С., Филиппова Т.Г.	
Повышение мотивации школьников к изучению физики: новые подходы в дополнительном образовании	133
Борисова Е.В., Полякова В.А., Радченко В.В., Широков Е.В.	
Становление обучения физике в России. Учебник физики как модель методической системы обучения	139
Бражников М.А., Пурышева Н.С.	
Пролонгированное конкурсное испытание как возможность организации учебного процесса	145
Бушина Т.А., Парфенов К.В., Томази-Вшивцева П.А.	
Методика организации деятельности школьников по овладению экспериментальными навыками в инженерном классе при Астраханском государственном университете	150
Валишева А.Г., Лихтер А.М., Субботина С.З.	
Познавательные затруднения при изучении закона сохранения импульса и преодоление формализма знаний учащихся	154
Варфаламеева С.А., Крицына Е.А.	
Развитие навыков проведения нестандартного эксперимента в старшей школе (на примере заданий тетради для лабораторных работ к УМК авт. А.В. Грачев, В.А. Погожев и др.)	159
Грачев А.В., Погожев В.А., Тихонов П.С., Грачева М.А.	
Создание и использование компьютерных моделей учителем при обучении астрономии	162
Денисевич А.А.	
Типовые затруднения при изучении физики в средней школе	165
Добродий Т.С.	
Технологическая составляющая процесса обучения физике в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами	169
Дьякова Е.А.	
Методика эстетического развития учащихся при обучении физике	174
Классен Н.С.	
Проектирование урока открытия нового знания по физике в соответствии с ФГОС	179
Клеветова Т.В.	
От методологического компонента школьного физического образования к методологическому инварианту в современной школе ..	182
Комаров Б.А.	

Что ждет образование	186
Комаров Б.А., Симановский В.А.	
Анализ использования экспериментальных задач при изучении физики в современной школе	190
Комаров Б.А., Ширяева А.А.	
Накопление опыта творческой деятельности при изучении физики в школе	194
Коржук К.С., Ларченкова Л.А.	
Адаптация, систематизация и унификация методологических знаний для школьников: причины, способы, варианты	199
Красин М.С.	
Организация информационного взаимодействия учащихся, учителя и родителей при обучении физике	204
Ларченкова Л.А., Кравченко В.В.	
Формирование метапредметных компетенций учащихся средней школы на уроках физики	209
Левинская Е.К.	
Особенности региональной работы с одарёнными детьми на примере физики в центре «Интеллект» ленинградской области	215
Леонова Н.А., Лисаченко Д.А.	
Компьютерные модели при обучении физике как мостик от абстрактного к реальному	220
Ляпцев А.В.	
Об изложении основ специальной теории относительности	226
Мубаракшин И.Р., Баранов А.М.	
Подготовка школьников к выполнению задания по разделу физики «Элементы астрофизики» в рамках единого государственного экзамена	230
Проклова В.Ю.	
Межпредметная экскурсия в картинную галерею	234
Прудкий А.С.	
Исследование возможности формирования у школьников системы знаний о физических основах работы современных устройств передачи и обработки информации в процессе изучения физики	240
Ракин Г.В., Смирнов В.В., Стефанова Г.П.	
Межпредметное обучение школьников на примере феномена зрения ...	245
Рыжиков С.Б., Рыжикова Ю.В.	
Использование опорных материалов при решении задач по физике в классах коррекционно – развивающего обучения	250
Семенова Е.В., Симакина Н.В., Семенов И.М., Семенов М.Б.	
Опыт формирования у учащихся экспериментальных навыков через систему физико-технических практикумов в астраханском государственном университете	255
Смирнов В.В., Лихтер А.М., Рзаев Р.А., Субботина С.З.	

Использование электронных конструкторов «Знаток» на дополнительных занятиях по физике в 8 классе	258
Темнов Д.Э., Фомичева Е.Е.	
Проекты по физике в элективном курсе информатики	261
Федорова Е.В., Иванов В.К.	
Концептуальная модель методической системы ориентации школьников на инженерно-технические профессии в системе непрерывного физического образования	265
Федосова И.В.	
Зависимость мотивации учения от содержания и организации познавательной деятельности учащихся на уроках физики	271
Фисенко М.А.	
Ознакомление с принципами действия современных приборов в процессе обучения физике в школе	275
Хрулёва Е.С, Лящев А.В.	
Активные методы обучения физике	280
Чагдурова Э.Ц.	
Квантовомеханическое описание движения электронов в кристалле ...	284
Червова А.А.	
Опыт использования рабочих тетрадей при подготовке учащихся старшей школы к успешной сдаче ЕГЭ, вступительным испытаниям и олимпиадам (на примере УМК авт. А.В. Грачев, В.А. Погожев и др.)	289
Чистякова Н.И., Грачев А.В., Боков П.Ю., Погожев В.А., Лукашева Е.В., Иванова О.С., Грачева М.А.	
Аспекты эффективности учебного занятия по физике	293
Шефер О.Р., Лебедева Т.Н.	
Новые методические подходы к созданию системы автономной дистанционной подготовки по физике	297
Якута А.А.	

СЕКЦИЯ 6 «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ФИЗИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ»

Разработка интеллектуальной системы тестирования для поддержки самостоятельной работы обучаемых при самоподготовке к аттестациям	305
Арзамазов Н.А., Власов А.П., Чирцов А.С.	
Анализ результатов итогового тестирования в МООК «концепции современного естествознания» на национальной платформе открытого образования	308
Бабаева М.А.	
Особенности функционирования тестового модуля в МООК «Концепции Современного естествознания» на национальной платформе открытого образования	313
Бабаева М.А.	

Спецкурс по расчету оптических характеристик сильнопоглощающих конденсированных сред: прямые и обратные задачи	317
Бехтерев А.Н., Леднов А.Ю., Савинова Н.А.	
Использование численного моделирования для изучения особенностей движения заряженных частиц в электромагнитных полях в рамках классического и релятивистского подхода	322
Буценко Р.Р., Никольский Д.Ю., Чирцов А.С.	
Эффективность электронных средств обучения	327
Георгица Д.Ю.	
Применение современных информационных технологий в преподавании физики и электрорадиотехники в высшей школе	332
Глазов С.Ю., Ковалева Т.А., Сыродоев Г.А.	
Использование измерительного комплекса Casio в школьном физическом практикуме при изучении изопротессов	337
Дедюха Л.А.	
Решение классических задач механики: дистанционное обучение	342
Иванов В.Ю., Иванова И.Б.	
Новые цифровые технологии в курсе общей физики инженерно-технических специальностей вузов	346
Калашников Н.П., Мазетов О.Ю., Муравьев-Смирнов С.С., Самарченко Д.А.	
Дисциплина «Компьютерный практикум по решению физических задач»	351
Лужков А.А.	
Мобильное обучение в лекционных демонстрациях и лабораторном практикуме кафедры общей физики НИЯУ МИФИ	356
Матрончик А.Ю., Клячин Н.А., Хангулян Е.В.	
Использование цифровых технологий для достижения межпредметных и метапредметных результатов обучения	360
Назаров А.И.	
Цифровые технологии в преподавании физики на иностранном языке	365
Прохорова Е.И., Платонов А.А., Назаров А.И.	
Модель газа Ван-дер-Ваальса в курсе общей физики	371
Ревинская О.Г., Кравченко Н.С.	
Ученик-компьютер: эффективные формы общения при изучении курса физики в школе и вузе	376
Скворцов А.И., Фишман А.И., Таюрский Д.А., Генденштейн Л.Э.	
Доступность информационных ресурсов	380
Степанова Т.Р., Вяхи Е.Н.	
Особенности структуры и содержания цифрового учебника по курсу физики	384
Тихомиров Ю.В.	
Компьютерная учебная программа «Пушка»	389
Тюшев А.Н., Бугаков П.Ю.	

Инструменты и сервисы цифровой образовательной среды в работе учителя физики	394
Худякова А.В.	
Javascript-генератор интерактивных компьютерных моделей для удаленных курсов (МООК) по физике	399
Чирцов А.С., Никольский Д.Ю., Микушев В.М.	

СЕКЦИЯ 7 «ФИЗИКА КАК ОСНОВА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА»

Практикум по естествознанию для студентов-гуманитариев технического университета в условиях смешанного обучения	407
Бабаева М.А.	
Современная физическая картина мира: шаги за горизонт	411
Голубева О.Н., Лещева О.Н., Минасян Л.А.	
Эстетика нелинейности в современной картине мира	416
Голубева О.Н., Минасян Л.А., Пилоян М.Г., Сидоров С.В.	
Разработка педагогических измерительных материалов по интегрированным естественнонаучным курсам для ФГОС третьего поколения	421
Гольдфарб М.В., Порядина О.В., Сафонова В.А., Свиридов В.В.	
Как кулинары и физиков и лириков побили	426
Ермаков Л.К.	
Активизация познавательной деятельности студентов при изучении дисциплины «Естественнонаучная картина мира»	430
Королев М.Ю., Яблошевская Ю.С.	
Формирование современной естественнонаучной картины мира на основе современных физических закономерностей и информационных представлений	434
Кустов А.И., Зеленев В.М., Мигель И.А.	
Сюжетно-ролевые игры на уроках естествознания в разделе астрономии в гуманитарных классах	440
Маркова С.Н.	
Содержательная база для формирования вероятностно-статистических представлений в школьном курсе естествознания	443
Одинцова Н.И., Коннова И.А.	
Роль физики в формировании физической картины мира у студентов технических вузов	447
Пшеницын В.И., Полищук В.А.	
Установка «Космический душ» для знакомства школьников с естественным радиационным фоном	450
Радченко В.В., Ремизов П.Д., Широков Е.В.	
Ферми-статистика результатов тестирования	454
Свиридов В.В., Свиридова Е.И., Кочукова М.В.	

Активизация познавательной деятельности обучающихся в рамках проекта «Плутония»	460
Свиридов В.В., Свиридова Е.И., Хаджикова В.В.	
Астрономия в курсах «Естествознание»	465
Соколова И.И.	
 КРУГЛЫЙ СТОЛ «ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В СИСТЕМЕ ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ»	
Вероятностная интерпретация треугольника Лейбница	473
Афанасьев В.В.	
Метод ренормализационной группы и критическая термодинамика антиферромагнитных фазовых переходов в кристаллах TbAu₂, DyC₂, K₂IrCl₆, TbD₂ и в Nd	476
Варнашев К.Б.	
О проверке степени освоения студентами теоретического материала по математическим дисциплинам	480
Хамов Г.Г., Тимофеева Л.Н.	
 АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	 484
СОДЕРЖАНИЕ	487

ФИЗИКА В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ
(ФССО-2019)

Сборник научных трудов XV Международной конференции
Санкт-Петербург, 3 – 6 июня 2019 г.

Том 2

Печатается с оригинал-макета, предоставленного авторами

Подписано в печать 20.05.2019. Формат бумаги 60x84 $\frac{1}{16}$.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем 31 усл. печ. л.

Тираж 200 экз. Заказ №277к

Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена

191186, С.-Петербург, наб. р. Мойки, 48

Типография РГПУ им. А. И. Герцена, наб. р. Мойки, д. 48