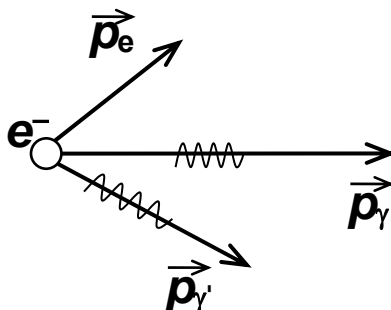


А.Ф. Костко

В.А. Самолетов

ФИЗИКА
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3



Санкт-Петербург
2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

А.Ф. Костко

В.А. Самолетов

ФИЗИКА
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3
Учебно-методическое пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2017

УДК 530

Костко А.Ф., Самолетов В.А. Физика. Контрольная работа № 3: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 30 с.

Приведены 30 вариантов контрольной работы по разделу «Основы квантовой физики» дисциплины «Физика» и предложены 60 задач для ее выполнения. Каждый вариант состоит из шести задач. Приведены методические указания по выполнению контрольной работы и исходные данные к контрольным работам.

Предназначены для студентов направлений бакалавриата: 14.03.01, 15.03.02, 15.03.04, 16.03.03, 18.03.02, 19.03.01, 19.03.02, 19.03.03, 23.03.03 заочной формы обучения.

Рекомендовано к печати Советом естественнонаучного факультета протокол №1 от 24.01.2017 г.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2017

© Костко А.Ф., Самолетов В.А. 2017

КАК ОФОРМИТЬ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

1. Все контрольные работы, от первой до последней, должны выполняться по указанным ниже правилам.

2. Каждая контрольная работа выполняется шариковой ручкой с черной, синей или фиолетовой пастой в отдельной школьной тетради. Для замечаний преподавателя, проверяющего работу, оставляют небольшие поля.

3. На лицевой стороне тетради приводятся сведения по следующему образцу:

Контрольная работа № 3
по дисциплине
«ФИЗИКА»
Студент 2-го курса
направления 16.03.03
группа Х3200
Иванов Н. Н.
номер зачетной книжки (шифр) 12122

4. Каждая задача должна начинаться с новой страницы и содержать:

- полный текст задачи;
- буквенную запись условия в разделах “Дано” и “Найти”;
- аккуратный рисунок, иллюстрирующий условие и поясняющий решение задачи;
- решение задачи до конца в общем виде с получением расчетных формул, где слева стоит искомая величина, а справа – величины, указанные в “Дано”, и физические константы;
- окончательный числовой расчет;
- ответ.

Внимательно прочитайте методические указания «Как оформить решение задачи».

Эти требования должны соблюдаться и при выполнении работы над ошибками с учётом замечаний преподавателя.

5. Решение задач рекомендуется записывать в тетрадь в том порядке, в котором следуют задания в контрольной работе (т.е. в порядке возрастания номеров).

6. Выполненная контрольная работа сдается в деканат.

7. Проверенную контрольную работу студент получает в деканате.

8. В том случае, если контрольная работа не зачтена, студент обязан выполнить работу над ошибками.

Работа над ошибками выполняется в той же тетради после заголовка «Работа над ошибками» и заключается в правильном решении только незначительных задач и ответов на вопросы преподавателя, соблюдая все указанные выше правила.

Исправленная работа сдается в деканат обязательно вместе с незачтенной работой и с рецензией на нее.

9. Во избежание повторения ошибок рекомендуется сдавать на проверку только одну контрольную работу. Следующую работу рекомендуется оформлять после того, как получена рецензия на предыдущую.

10. В случае нарушения указанных выше требований контрольная работа не будет проверяться.

11. С 1 июля по 31 августа контрольные работы на проверку не принимаются.

КАК ОФОРМИТЬ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

1. Каждая задача должна начинаться с новой страницы и содержать:

- полный текст задачи;
- буквенную запись условия в разделах “Дано” и “Найти” в тех единицах, которые указаны в условии задачи, с последующим переводом в единицы системы СИ;
- аккуратный рисунок, иллюстрирующий условие и поясняющий решение задачи;
- решение задачи до конца в общем виде;
- окончательный числовой расчет;
- ответ.

Эти требования должны соблюдаться и при выполнении работы над ошибками.

2. Внимательно прочитайте условие задачи и проанализируйте, какая информация содержится в условии. Следует иметь в виду, что в условии задачи каждое слово несет информацию. Если условие задачи допускает несколько вариантов толкований, то следует выбрать простейший вариант, не противоречащий условию.

3. Решение задач следует проводить исключительно в единицах СИ. Необходимо использовать общепринятые обозначения физических величин. Обозначения физических величин в решении должны совпадать с обозначениями тех же величин в разделах “Дано” и “Найти”. Значения физических постоянных взять из справочных пособий.

4. Во всех случаях, когда это возможно, необходимо сделать аккуратный рисунок, иллюстрирующий условие и поясняющий решение задачи. Рисунок делается с помощью карандаша, циркуля и линейки. На рисунке должны быть изображены все векторные величины (силы, импульсы и т. п.), оси координат, расстояния, углы и т. п. Обозначения физических величин на рисунке должны совпадать с обозначениями тех же величин в разделах “Дано” и “Найти”.

5. Решение задач необходимо сопровождать подробными пояснениями хода рассуждений. Выполнить анализ физических явлений, рассматриваемых в задаче. Определить законы, описывающие эти явления. Записать название законов и уравнения, выражающие законы, в обозначениях, принятых в условии задачи. Пояснить буквенные

обозначения в формулах. Во избежание ошибок необходимо все параметры, относящиеся к одному и тому же состоянию или одному и тому же телу, обозначить одним и тем же индексом, например: m_1 , v_1 , m_2 , v_2 , p_1 , V_1 , T_1 .

6. Задачи следует решать до конца в общем виде, не делая промежуточных вычислений (исключения составляют особо громоздкие задачи). Получив окончательный буквенный ответ, следует проверить его размерность, подставив единицы входящих физических величин. Если после необходимых преобразований и сокращений единицы в правой и левой частях равенства не совпадают, то нужно искать ошибку в решении.

7. В окончательную формулу подставить числовые значения величин и провести вычисления.

8. В формулах обозначение единицы физической величины следует помещать только после подстановки в формулу числовых значений величин и затем после промежуточных и конечных результатов вычисления. Например:

Правильно:

$$W = mgh = 1,25 \cdot 9,81 \cdot 143 \text{ Дж} = 1,75 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 1,75 \text{ кДж}.$$

Неправильно:

$$W = mgh \text{ Дж} = 1,25 \cdot 9,81 \cdot 143 = 1,75 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 1,75 \text{ кДж},$$

или

$$W = mgh = 1,25 \cdot 9,81 \cdot 143 = 1,75 \cdot 10^3 = 1,75 \text{ кДж},$$

или

$$W = mgh = 1,25 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \cdot 143 \text{ м} = 1,75 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 1,75 \text{ кДж}.$$

9. Каждую формулу следует писать на отдельной строке, по центру. Если формула настолько длинна, что она не умещается в одной строке, то ее частично переносят на другую строку. В первую очередь перенос следует делать на знаках равенства и соотношениях между левой и правой частями формулы ($=$, \approx , $<$, $>$, \leq , \geq и т. д.), во вторую – на знаках сложения и вычитания ($+$, $-$, \pm и т. д.), в тре-

тью – на знаке умножения применением крестика (\times) в конце одной строки и в начале следующей строки. Не допускаются переносы на знаке деления.

При переносе формул не допускается разделение индексов, показателей степени, а также выражений, относящихся к знакам логарифма, интеграла, тригонометрических функций, суммы (Σ) и произведения (Π).

10. Для того, чтобы избежать ошибок, рекомендуется в формулах дроби писать через горизонтальную черту. При этом знак равенства, а также знаки сложения и вычитания дробей писать на средней линии напротив дробной черты.

11. В окончательное буквенное решение следует подставить числовые значения всех входящих в него величин в единицах одной и той же системы и привести окончательный числовой ответ.

Приступая к вычислениям, помните, что числовые значения физических величин являются приближёнными. Поэтому при расчетах руководствуйтесь правилами действий с приближёнными числами. В контрольных работах по физике студенты должны дать ответ, содержащий столько значащих цифр, сколько значащих цифр содержат исходные данные. Для возможности округления результата проводить вычисления с количеством значащих цифр на одну больше, чем в исходных данных. (Если исходные данные содержат три значащие цифры, то вычисления делают с четырьмя значащими цифрами, а ответ округляют до трех значащих цифр.)

12. Выполнить анализ полученного результата. Если результат противоречит условию задачи или законам природы, то задача решена неверно, и необходимо начать все с начала.

13. В конце решения необходимо записать полный ответ.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 3

Вариант контрольной работы выбирается из таблицы по двум последним цифрам номера зачётной книжки (шифра).

Например, номер зачетной книжки 113859. Последние две цифры номера 5 и 9. По ним выбираем в таблице вариант со следующими задачами: 309; 311; 323; 335; 347; 359.

Номер варианта		Номер задачи					
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Последняя цифра номера зачетной книжки						
0, 1, 2, 3	1	301	312	323	334	345	356
	2	302	313	324	335	346	357
	3	303	314	325	336	347	358
	4	304	315	326	337	348	359
	5	305	316	327	338	349	360
	6	306	317	328	339	350	351
	7	307	318	329	340	341	352
	8	308	319	330	331	342	353
	9	309	320	321	332	343	354
	0	310	311	322	333	344	355
4, 5, 6	1	301	313	325	337	349	351
	2	302	314	326	338	350	352
	3	303	315	327	339	341	353
	4	304	316	328	340	342	354
	5	305	317	329	331	343	355
	6	306	318	330	332	344	356
	7	307	319	321	333	345	357
	8	308	320	322	334	346	358
	9	309	311	323	335	347	359
	0	310	312	324	336	348	360
7, 8, 9	1	301	314	327	340	343	356
	2	302	315	328	331	344	357
	3	303	316	329	332	345	358
	4	304	317	330	333	346	359
	5	305	318	321	334	347	360
	6	306	319	322	335	348	351
	7	307	320	323	336	349	352
	8	308	311	324	337	350	353
	9	309	312	325	338	341	354
	0	310	313	326	339	342	355

ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 3

Внешний фотоэффект

301. Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_0 = 293$ нм. Определить максимальную кинетическую энергию $E_{\max}^{\text{кин}}$ фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм.

302. На поверхность калия падает свет с длиной волны $\lambda = 150$ нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов $E_{\max}^{\text{кин}}$ в электрон-вольтах.

303. Фотон с энергией $\varepsilon = 10,0$ эВ падает на серебряную пластину и вызывает фотоэффект. Определить импульс p , полученный пластиной, если принять, что направление движения фотона и электрона лежит на одной прямой, перпендикулярной поверхности пластин.

304. На фотоэлемент с катодом из лития падает свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов U_{\min} , которую надо приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.

305. Какой должна быть длина λ волны γ -излучения, падающего на платиновую пластину, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов v_{\max} была равна $3,00 \cdot 10^6$ м/с?

306. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения ($\lambda = 250$ нм). Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов $U_{\min} = 960$ мВ. Определить работу выхода A электронов из металла в электрон-вольтах.

307. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 100$ нм. Красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 300$ нм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

308. Для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением ультрафиолетовым светом платиновой пластины, надо приложить задерживающую разность потенциалов $U_1 = 3,70$ В. Если платиновую пластину заменить пластиной из другого металла, то задерживающую

разность потенциалов придётся увеличить до $U_2 = 6,00$ В. Определить работу выхода A_2 электронов с поверхности этой пластины.

309. Какая доля энергии фотона, вызывающего фотоэффект, расходуется на работу выхода, если наибольшая скорость электронов, вырванных с поверхности металла, $v_{\max} = 1,00 \cdot 10^6$ м/с? Красная граница фотоэффекта для этого металла соответствует длине волны $\lambda_0 = 290$ нм.

310. Определить максимальную скорость электрона, вылетевшего из цезия при освещении светом с длиной волны $\lambda = 400$ нм.

Эффект Комптона. Давление световых лучей

311. Фотон с длиной волны $\lambda = 5,00$ пм рассеялся на свободном электроне под углом $\theta = 60,0^\circ$. Определить, какую долю первоначальной энергии при этом теряет фотон.

312. Определить энергетическую освещённость I зеркальной поверхности, если давление, производимое излучением, $p = 40,0$ мкПа. Излучение падает нормально к поверхности. Произвести тот же расчёт для абсолютно чёрной поверхности.

313. Фотон с длиной волны $\lambda = 5,00$ пм рассеивается электронами, которые можно считать практически свободными. Определить максимальную длину волны λ_{\max} рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

314. Свет нормально падает на абсолютно чёрную поверхность. Под каким углом должен падать свет на зеркальную поверхность, чтобы давление было таким же?

315. Фотон с энергией $\varepsilon_1 = 1,533$ МэВ в результате рассеяния на свободном электроне потерял $1/3$ своей энергии. Определить импульс p_e и кинетическую энергию $E^{\text{кин}}$ электрона отдачи.

316. Определить коэффициент отражения ρ поверхности, если при энергетической освещённости $I = 120$ Вт/м² давление p света на нее оказалось равным 500 нПа. Свет падает на поверхность нормально.

317. Фотон с энергией $\varepsilon_1 = 0,511$ МэВ при рассеянии на свободном электроне потерял половину своей энергии. Определить угол рассеяния θ .

318. Найти силу светового давления, действующую на солнечную батарею площадью $S = 300 \text{ м}^2$, развёрнутую в околоземном космическом пространстве. Свет падает на поверхность нормально. Солнечная постоянная (энергия излучения, падающая на единицу поверхности, перпендикулярной лучам, в единицу времени) $E_c = 1,35 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

319. В результате эффекта Комптона фотон с энергией $\varepsilon_1 = 1,022 \text{ МэВ}$ рассеян на свободных электронах на угол $\theta = 150^\circ$. Определить энергию ε_2 рассеянного фотона в мегаэлектрон-вольтах.

320. Лазер излучил в импульсе длительностью $\Delta t = 130 \text{ мкс}$ пучок света с энергией $W = 10,0 \text{ Дж}$. Найти среднее давление светового импульса, если его сфокусировать в пятнышко диаметром $d = 10,0 \text{ мкм}$ на поверхность, перпендикулярную пучку, с коэффициентом отражения $\rho = 0,500$.

Тепловое излучение

321. Определить энергетическую светимость R_T^0 и температуру T абсолютно чёрного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны $\lambda_0 = 650 \text{ нм}$.

322. Земля вследствие излучения в среднем ежеминутно теряет с поверхности площадью $S = 1,00 \text{ м}^2$ энергию $W = 5,40 \text{ кДж}$. При какой температуре T абсолютно чёрное тело излучало бы такую же энергию?

323. Найти мощность P , излучаемую абсолютно чёрным шаром радиусом $r = 100 \text{ мм}$, который находится в комнате при температуре $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

324. Во сколько раз увеличатся мощность излучения абсолютно чёрного тела и его температура, если максимум спектральной плотности энергетической светимости переместится от 700 до 600 нм ?

325. Мощность излучения абсолютно чёрного тела $P = 100 \text{ Вт}$. Найти площадь его излучающей поверхности S , если известно, что максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны $\lambda_0 = 2,00 \text{ мкм}$.

326. Оценить температуру поверхности Солнца, если максимум спектральной плотности энергетической светимости его излучения

приходится на зелёную область видимого диапазона спектра с длиной волны $\lambda = 550$ нм. Считать, что Солнце излучает как абсолютно чёрное тело.

327. Оценить температуру поверхности звезды, если максимум спектральной плотности энергетической светимости ее излучения приходится на фиолетовую область видимого диапазона спектра с длиной волны $\lambda = 410$ нм. Считать, что звезда излучает как абсолютно чёрное тело.

328. Температура абсолютно чёрного тела изменилась при нагревании от $t_1 = 1330^\circ\text{C}$ до $t_2 = 1730^\circ\text{C}$. На сколько изменилась при этом длина волны $\Delta\lambda_0$, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости?

329. Определить температуру в печи, если из маленького отверстия в её дверце за время 1 с излучается энергия $Q_e = 27,5$ Дж. Площадь отверстия $S = 1,44$ см². Считать, что печь излучает как абсолютно чёрное тело.

330. При увеличении температуры T абсолютно чёрного тела в $n = 2$ раза длина волны λ_0 , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $(r_{\lambda T}^0)_{\max}$, уменьшилась на $\Delta\lambda_0 = 400$ нм. Определить начальную T_1 и конечную T_2 температуру.

Строение атома по теории Бора

331. Во сколько раз увеличится радиус орбиты электрона у атома водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его фотоном энергией $\varepsilon = 12,09$ эВ?

332. Вычислить по теории Бора номер n орбиты, на которой скорость электрона v атома водорода равна 734 км/с.

333. Вычислить по теории Бора период T вращения электрона в атоме водорода, находящегося в возбуждённом состоянии, определяемом главным квантовым числом $n = 2$.

334. Переход электрона в атоме водорода с n -й на k -ю орбиту ($k = 1$) сопровождается излучением фотона с длиной волны $\lambda = 102,6$ нм. Найти радиус r_n n -й орбиты.

335. Вычислить длину волн всех видимых спектральных линий серии Бальмера.

336. Найти наибольшую λ_{\max} и наименьшую λ_{\min} длину волн в ультрафиолетовой серии водорода (серии Лаймана).

337. Атом водорода переведён из нормального состояния в возбуждённое, характеризующееся главным квантовым числом $n = 2$. Найти энергию ε , необходимую для перевода атома водорода в указанное возбуждённое состояние. Ответ выразить в электрон-вольтах.

338. В однозарядном ионе гелия электрон перешёл с третьего энергетического уровня ($n_2 = 3$) на первый ($n_1 = 1$). Определить длину волны λ излучения, испущенного ионом гелия.

339. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне ($n = 3$). Определить кинетическую $E_3^{\text{кин}}$, потенциальную $E_3^{\text{пот}}$ и полную E_3 энергию электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.

340. Фотон выбивает из атома водорода, находящегося в основном состоянии, электрон с кинетической энергией $E^{\text{кин}} = 10,0$ эВ. Определить энергию ε фотона. Ответ выразить в электрон-вольтах.

Гипотеза де Бройля

341. Вычислить длину волны де Бройля электрона, имеющего кинетическую энергию 100 эВ.

342. Вычислить длину волны де Бройля протона, имеющего кинетическую энергию 100 эВ.

343. Вычислить длину волны де Бройля атома урана ${}_{92}^{238}\text{U}$, имеющего кинетическую энергию 100 эВ.

344. Вычислить длину волны де Бройля молекулы водорода, соответствующую среднеквадратической скорости при температуре 20 °С.

345. Вычислить длину волны де Бройля молекулы кислорода, соответствующую среднеквадратической скорости при температуре 20 °С.

346. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его длина волны де Бройля уменьшилась от $\lambda_1 = 100$ до $\lambda_2 = 50,0$ пм? Ответ дать в электрон-вольтах.

347. При каком значении кинетической энергии (в мегаэлектрон-вольтах) дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны?

348. В электронном микроскопе электроны ускоряются разностью потенциалов 90,0 кВ. Какова дебройлевская длина волны таких электронов?

349. В электронно-лучевом цветном телевизоре электроны ускоряются разностью потенциалов 25,0 кВ. Какова дебройлевская длина волны таких электронов?

350. Кинетическая энергия электрона равна его энергии покоя. Какова дебройлевская длина волны такого электрона?

Физика атомного ядра

351. Какой изотоп свинца образуется из α -активного ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ в результате пяти α -распадов и четырех β -распадов?

352. Сколько α - и β -распадов испытывает уран ${}^{238}_{92}\text{U}$, превращаясь в конечном счёте в стабильный изотоп свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$?

353. Какая доля ω радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 суток, распадется за 30 суток?

354. Сколько β -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа натрия ${}^{24}_{11}\text{Na}$, период полураспада которого равен 15 часам?

355. Активность некоторого препарата уменьшилась в 2,5 раза за 7,0 суток. Найти период его полураспада.

356. Вычислить (в атомных единицах массы) массу m атома лития ${}^7_3\text{Li}$, энергия связи ядер которого $E_{\text{св}} = 39,3$ МэВ.

357. Вычислить (в атомных единицах массы) массу m ядра углерода ${}^{12}_6\text{C}$, у которого энергия связи $E_{\text{св}}$ на один нуклон равна 6,04 МэВ.

358. Считая, что в одном акте деления ядра урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ освобождается энергия $E = 200$ МэВ, определить, какое количество урана расходуется в сутки на атомной электростанции мощностью 1,00 МВт.

359. Считая, что в одном акте деления ядра урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ освобождается энергия $E = 200$ МэВ, определить, какое количество энергии в киловатт-часах можно получить от деления 1,00 г урана ${}^{235}_{92}\text{U}$.

360. Какое количество теплоты выделяется при образовании одного грамма ${}^4_2\text{He}$ из дейтерия ${}^2_1\text{H}$, если масса их ядер равна соответственно 4,00260 и 2,01410 а.е.м.?

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ДЕСЯТИЧНЫЕ КРАТНЫЕ И ДОЛЬНЫЕ ПРИСТАВКИ И МНОЖИТЕЛИ

Таблица 1

Десятичные кратные приставки и множители

Приставка			Множитель	Пример
Наименование	Обозначение			
	русское	международное		
экса	Э	E	10^{18}	1 Эм = 10^{18} м
пета	П	P	10^{15}	1 Пм = 10^{15} м
тера	Т	T	10^{12}	1 Тм = 10^{12} м
гига	Г	G	10^9	1 Гм = 10^9 м
мега	М	M	10^6	1 Мм = 10^6 м
кило	к	k	10^3	1 км = 10^3 м
гекто	г	h	10^2	1 гм = 10^2 м
дека	да	da	10^1	1 дам = 10^1 м

Таблица 2

Десятичные дольные приставки и множители

Приставка			Множитель	Пример
Наименование	Обозначение			
	русское	международное		
деци	д	d	10^{-1}	1 дм = 10^{-1} м
сантиметры	с	c	10^{-2}	1 см = 10^{-2} м
милли	м	m	10^{-3}	1 мм = 10^{-3} м
микро	мк	μ	10^{-6}	1 мкм = 10^{-6} м
нано	н	n	10^{-9}	1 нм = 10^{-9} м
пико	п	p	10^{-12}	1 пм = 10^{-12} м
фемто	ф	f	10^{-15}	1 фм = 10^{-15} м

Правила образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц СИ

1. Приставку или её обозначение следует писать слитно с наименованием единицы, к которой она присоединяется, или с её обозначением.

2. Присоединение двух и более приставок подряд не допускается.

Правильно:

мегапаскаль

МПа

микрометр

мкм

нанофарад

нФ

Неправильно:

килокилопаскаль

ккПа

миллимиллиметр

ммм

миллимикрофарад

ммкФ

3. Если единица образована как произведение или отношение единиц, приставку или ее обозначение присоединяют к наименованию или обозначению первой единицы, входящей в произведение или в отношение.

Правильно:

килопаскаль-секунда на метр

$\frac{\text{кПа} \cdot \text{с}}{\text{м}}$

м

килоньютон на метр

$\frac{\text{кН}}{\text{м}}$

м

Неправильно:

паскаль-килосекунда на метр

$\frac{\text{Па} \cdot \text{кс}}{\text{м}}$

м

ньютон на миллиметр

$\frac{\text{Н}}{\text{мм}}$

мм

Присоединять приставку ко второму множителю произведения или к знаменателю допускается лишь в обоснованных случаях, когда такие единицы широко распространены и переход к единицам, образованным по правилу, связан с трудностями, например: тонна-километр (т·км), вольт на сантиметр (В/см), ампер на квадратный миллиметр (А/мм²).

Рекомендации по выбору десятичных кратных и дольных единиц СИ

Выбор десятичной кратной или дольной единицы СИ определяется удобством ее применения.

Кратные и дольные единицы выбирают таким образом, чтобы числовые значения величины находились в диапазоне от 0,1 до 1000.

Для уменьшения вероятности ошибок при расчётах десятичные кратные и дольные единицы рекомендуется подставлять только в конечный результат, а в процессе вычислений все величины выражать в единицах СИ, заменяя приставки степенями числа 10, т. е. множителями 10^n .

В десятичных единицах СИ нет множителей 10^{-4} , 10^4 , 10^{-5} , 10^5 , 10^{-7} , 10^7 и т. п. Поэтому следует применять только те множители, которые приведены в табл. 1, 2.

В десятичных единицах СИ множители 10^{-2} , 10^{-1} , 10^1 , 10^2 используются очень редко, только в виде исключения, поэтому не следует их применять.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Таблица 3

Основные физические постоянные (округленные значения)

Величина	Обозначение	Значение величины
Скорость света в вакууме	c	$3,00 \cdot 10^8$ м/с
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Гравитационная постоянная	γ	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м ² /кг ²
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
	\hbar	$1,055 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Элементарный электрический заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Комптоновская длина волны электрона	Λ_k	$2,43 \cdot 10^{-12}$ м
Постоянная Ридберга	R	$1,097 \cdot 10^7$ м ⁻¹
Число Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Постоянная Стефана–Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
Боровский радиус	a_0	$0,529 \cdot 10^{-10}$ м
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18}$ Дж
		13,6 эВ

Таблица 4

Работа выхода электронов из металла

Металл	A , эВ	A , 10^{-19} Дж	Металл	A , эВ	A , 10^{-19} Дж
Калий	2,22	3,55	Серебро	4,30	6,88
Литий	2,38	3,81	Платина	5,32	8,51
Цинк	4,24	6,78	Цезий	1,81	2,90

Таблица 5

Масса и энергия покоя некоторых частиц

Частица	m_0		E_0	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,000549	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,673 \cdot 10^{-27}$	1,007276	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938,3
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,008665	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939,6
α -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00150	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733

СОДЕРЖАНИЕ

КАК ОФОРМИТЬ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ	3
КАК ОФОРМИТЬ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ	5
ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 3	8
ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 3	9
Внешний фотоэффект	9
Эффект Комптона. Давление световых лучей	10
Тепловое излучение	11
Строение атома по теории Бора	12
Гипотеза де Бройля	13
Физика атомного ядра	14
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	16
Десятичные кратные и дольные приставки и множители	16
Физические постоянные	19

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА ФИЗИКИ

Кафедра Физики как общеобразовательная кафедра университета обеспечивает преподавание курса общей физики по двум (стандартной и расширенной) учебным программам в количестве 324 и 500 аудиторных часов для всех дневных факультетов, а также заочного и вечернего отделений. Лекции, практические и лабораторные занятия проводятся в течение 1-4 семестров на 1 и 2 курсах и заканчиваются сдачей зачетов и экзаменов в конце каждого семестра. Также на кафедре физики разработаны и реализуются специализированные дисциплины для студентов старших курсов – физика низких температур, биофизика, специальные и дополнительные главы физики.

Кафедра оснащена учебно-лабораторным оборудованием по всем разделам физики и имеет, помимо традиционных, специализированные компьютеризированные учебные лаборатории по электромагнетизму, колебательным процессам, волновой и квантовой оптике, физике низких температур.

В 2011 г. в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18.08.2011 г. № 2209 произошло объединение Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО) и Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ). После реорганизации в структуре Университета ИТМО с 01.01.2012 г. по 31.08.2015 г. функционировали две кафедры физики: 1) физики-1, заведующий д.т.н., профессор Стафеев Сергей Константинович; 2) физики-2, заведующий д.т.н., профессор Баранов Игорь Владимирович. С 01.09.2015 г. с целью оптимизации образовательного процесса вышеуказанные кафедры объединены в единую кафедру Физики.

Учитывая богатую и плодотворную историю педагогической и научной работы кафедр физики Университета ИТМО и СПбГУНиПТ, ниже представлена краткая историческая справка об их развитии образовательной и научной деятельности.

Кафедра физики Университета ИТМО (1930-2011 гг.).

Преподавание физики как учебной дисциплины велось в Ремесленном училище цесаревича Николая всегда с момента его создания. Механико-оптическое и часовое отделение, а затем — Техникум точной механики и оптики имели в своем составе Физический кабинет. Преподаванию дисциплины Физика для учащихся всегда уделялось большое внимание. В 1930 году при организации вуза — Ленинградского института точной механики и оптики — была организована кафедра Физики как одна из общеобразовательных кафедр.

Организатором и первым заведующим кафедрой Физики явился профессор А.П. Ющенко. Затем в довоенные годы кафедру возглавляли: профессора В.Ф. Трояновский, Л.С. Полак. С 1935 года кафедру возглавил известный специалист в области рентгенометрии профессор И.В. Поройков.

В эвакуации в г. Черепаново Новосибирской области кафедру Физики возглавил известный ученый, сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии (ВНИИМ), занимавшийся дозиметрией и метрологией рентгеновских лучей, профессор К.К. Аглинцев.

С 1945 года кафедру Физики возглавил крупный специалист в области рентгенографии и физики твердого тела профессор Д.Б. Гогоберидзе. В 1946 году профессор Д.Б. Гогоберидзе стал первым деканом нового Инженерно-физического факультета.

Во второй половине 1940-ых годов на кафедре работал выдающийся советский физик-теоретик, член-корреспондент Академии наук СССР Я.И. Френкель. Впоследствии кафедру Физики возглавляли: основоположник теплофизической школы ЛИТМО профессор Г.М. Кондратьев, профессор Н.А. Толстой, доцент С.В. Андреев, доцент А.Ф. Бегункова, профессор А.Я. Вятскин и профессор Н.А. Ярышев.

В течение 16 лет с 1957 по 1973 г. под руководством доктора физико-математических наук, профессора А.Я. Вяткина на кафедре было сформулировано научное направление по исследованию физики взаимодействия электронных пучков с веществом.

С 1973 года на кафедре под руководством профессора Н.А. Ярышева получили развитие научные исследования в области теплофизики, в частности, изучение нестационарной теплопроводности и теплотметрии.

В 1987 году сотрудником кафедры стал С.А. Козлов (ныне декан факультета фотоники и оптоинформатики), Лауреат премии Ленинского комсомола по науке и технике, в 1998 году им была открыта лаборатория волновых процессов.

С конца XX века на кафедре проводится комплексная работа по совершенствованию всего учебного процесса, включая создание фронтальных компьютеризированных учебных лабораторий, банков контроля и проверки усвоения знаний, подготовку программно-методического обеспечения по дистанционному обучению студентов через компьютерные сети RUNNET и INTERNET. В этих учебно- и научно-методических направлениях деятельности кафедры принимали активное участие ведущие сотрудники кафедры доценты С.К. Стафеев (ныне профессор, декан естественнонаучного факультета), Ю.Л. Колесников (ныне профессор, проректор по учебно-организационной и административной деятельности), А.В. Смирнов, А.А. Королев, Г.Л. Башнина, ст.преподаватель С.А. Курашова.

С 2000 по 2015 годы кафедрой заведовал профессор, декан естественнонаучного факультета С.К. Стафеев. Под его руководством было сформировано научное направление, связанное с оптическими методами неразрушающего контроля, сотрудники кафедры А.А. Зинчик, Я.А. Музыченко подготовили и защитили кандидатские диссертации. С.К.Стафеев является организатором и научным руководителем первой в России интерактивной образовательной экспозиция "Музей оптики", созданной в рамках инновационной образовательной программы Национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Расположена экспозиция на стрелке Васильевского острова, на первом этаже бывшего дома купца Елисеева. Знакомит с широким кругом применений оптических и оптико-информационных технологий, стимулирует дальнейшее изучение оптики. Главная цель Музея оптики — не только произвести впечатление, но и помочь в обучении школьникам и студентам профильных вузов. Для этого действуют залы практикумов и демонстраций.

Также С.К. Стафеев является куратором выставки Magic of light (Магия света) проходящей с России в рамках в рамках международного Года света, проводимого в 2015 г. в соответствии с решением Генеральной Ассамблеи ООН.

Кафедра физики СПбГУНиПТ (1931-2011 гг.).

В составе Университета низкотемпературных и пищевых технологий кафедра физики существовала с момента его основания в 1931 г. и обеспе-

чивала фундаментальную общенаучную подготовку инженеров по всем специальностям.

Кафедрой руководили известные в СССР и России ученые, авторы многочисленных научных работ, монографий, учебников и учебных пособий по физике: доцент А.Н. Святозаров (1931 – 1942 гг.), профессор Л.М. Розенфельд (1942-1949 гг.), доцент Е.А. Штрауф (1949-1959 гг.), доцент К.В. Струве (1960-1968 гг.), профессор Н.В. Солнцев (1969-1975 гг.), заслуженный деятель науки РФ профессор Е.С. Платунов (1975-2002 гг.), профессор С.Е. Буравой (2002-2010 гг.), профессор И.В. Баранов (2010-2011 гг.).

В 1976-1985 гг. по инициативе заведующего кафедрой Е.С. Платунова коллективом кафедры была осуществлена коренная реконструкция учебно-лабораторной базы. Была переосмыслена логика проведения лабораторных и практических занятий и их связь с лекционной теоретической частью курса. В основу реорганизации была положена идея системного объединения всех видов занятий в логически обоснованную схему фронтального обучения «лекция – практическое занятие – лабораторная работа». Было создано 5 оригинальных учебных лабораторий стендового типа, охватывающих основные разделы курса: 1) Лаборатория физической механики (авторы - профессор Е.С. Платунов, доценты В.В. Курепин, З.В. Сигалова, старший преподаватель Л.В. Соколова); 2) Лаборатория термодинамики и молекулярной физики (Е.С. Платунов, В.В. Курепин, З.В. Сигалова); 3) Лаборатория электромагнетизма (доценты Д.Ю. Иванов, Э.Л. Китанина, А.Ф. Костко, С.М. Бунин); 4) Лаборатория оптики и атомной физики (доценты Л.С. Крайнова, С.Е. Буравой, В.А. Самолетов, преподаватели В.А. Павлов, В.А. Рыков); 5) Лаборатория физики твердого тела (доцент В.И. Соловьев, профессор Н.В. Солнцев, доцент В.М. Козин).

Каждая лаборатория имеет в своем составе 15 стендов, рассчитанных на проведение от 10 до 20 различных лабораторных работ по всем основным темам соответствующего раздела курса. Многие лабораторные работы отличаются оригинальным содержанием и не имеют аналогов в других учебных заведениях. Стенды оснащены современными приборами (цифровыми вольтметрами, лазерами, монохроматорами и т. п.).

Преподавателями кафедры был выполнен большой объем методической работы: составлено и издано около 100 новых оригинальных методических указаний по выполнению лабораторных работ, В.В. Курепиным, И.В. Барановым и В.Е. Куцаковой разработано пособие по оценке погрешностей в лабораторных работах, выдержавшее более 5 изданий.

В 1995-2005 г.г. профессором Е.С. Платуновым подготовлено и дважды издано учебное пособие по курсу общей физики в четырех томах общим объемом около 80 печ. листов.

В 2002 – 2006 гг. для студентов, обучающихся по специальности «Техника и физика низких температур», и магистров всех специальностей создана не имеющая аналогов учебно-исследовательская лаборатория «Физика низких температур» (авторы проф. Е.С. Платунов, проф. И.В. Баранов, проф. В.В. Курепин, доценты В.М. Козин, С.С. Прошкин). Авторским коллективом (Е.С. Платунов, И.В. Баранов, Е.В. Тамбулатова, А.Е. Платунов) издано учебное пособие для этой лаборатории с аналогичным названием. Лаборатория оснащена 15 автоматизированными стендами каждый из которых позволяет выполнить 13 лабораторных работ по изучению физических свойств веществ в области температур от минус 196 °С до 100 °С.

В 2002 – 2004 гг. преподавателями кафедры С.С. Прошкиным, Н.В. Нименским, В.А. Самолетовым подготовлено и издано учебное пособие «Сборник задач» с методическими указаниями и примерами решения. Сборник содержит около 1700 задач в трех книгах по разделам «Молекулярная физика и термодинамика», «Электродинамика и электромагнитные волны», «Квантовая физика».

Сотрудниками кафедры (проф. Е.С. Платунов, проф. В.А. Самолетов, проф. С.Е. Буравой) подготовлен и дважды издан словарь-справочник «Физика», объемом 40 печ. листов. Доцентом С.С. Прошкиным подготовлено и издано в 2009 году учебное пособие «Физика. История и развитие» объемом около 40 печатных листов для студентов, обучающихся по специальности «Экономика и менеджмент», а также аспирантов и магистров всех специальностей.

На кафедре физики под руководством профессора Е.С. Платунова к началу 80-х годов прошлого столетия сложилась оригинальная самостоятельная научная школа теплофизиков-прибористов, получившая мировое признание и известность.

В 1977 г. при кафедре была открыта Отраслевая научная лаборатория динамических методов теплофизических измерений и приборов. Лаборатория стала базой для научного роста аспирантов и инженеров, формирования нового поколения преподавателей кафедры.

Совместно с ГСКБ теплофизического приборостроения (ГСКБ ТФП) за 15 лет функционирования лаборатории было создано более двадцати различных образцов приборов для изучения теплофизических свойств веществ, охватывающих в совокупности диапазон температур от 4,2 до 1200 К. Некоторые из них были приняты к промышленному производству

и выпускались серийно на опытном производстве ГСКБ ТФП и на одном из заводов Казахстана вплоть до распада СССР в 1991 году. По своей методической сути эти разработки значительно превышали уровень таких известных фирм, как «Dynatech» (США), «Feuotron» (ФРГ), «Setaram» (Франция). Созданные приборы обладали большой производительностью, позволяя за один эксперимент изучать температурную зависимость измеряемых параметров (теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность). В Советском Союзе основной объем информации о теплофизических свойствах твердых веществ в области от 200 до 700 К был получен на приборах, разработанных научной школой профессора Е.С. Платунова. Во многих научных и учебных лабораториях стран СНГ эти приборы успешно функционируют и в настоящее время.

По данной научной тематике к 1992 году было опубликовано свыше 150 статей, получено 40 авторских свидетельств на изобретения. Разработаны оригинальные методы исследования теплофизических свойств в области криогенных температур (от 4,2 до 300 К). Созданы средства измерения, не требовавшие специальных криостатирующих устройств, экспрессные по своей сути, что означало значительный прорыв в области техники низкотемпературного теплофизического эксперимента.

Сотрудниками кафедры проведены оригинальные исследования в области создания методов и средств неразрушающего контроля тепловых свойств материалов и изделий. Эти разработки стали основой кандидатских диссертаций Е.А. Белова и Г.Я. Соколова.

В 1976 г. на кафедре развивалась научное направление, связанное с поиском методов построения уравнений состояния и расчетом свойств индивидуальных веществ идеальных газов, имеющих широкое применение в холодильной и криогенной технике. По результатам этих исследований были защищены 4 кандидатских и 2 докторские диссертации, опубликовано более 70 научных статей в отечественных и зарубежных журналах.

С 1992 года ведется поиск новых методов определения тепловых и влажностных характеристик разнообразных групп дисперсных влагосодержащих материалов в условиях их промерзания и размораживания. В настоящее время создан комплекс автоматизированных приборов, позволяющих изучать кинетику изменения энтальпии, дифференциальной теплоты плавления, теплопроводности и влагосодержания пищевых материалов животного и растительного происхождения в области температур от минус 30 °С до 40 °С, в условиях замораживания и размораживания продуктов, разработаны приборы, предназначенных для измерения интенсивности внутренних тепловых источников, непрерывно действующих в пищевых продуктах в условиях их производства и хранения.

При кафедре под руководством профессоров Е.С. Платунова и И.В. Баранова с 2008 г. функционирует научная лаборатория «Теплофизические измерения и приборы». В лаборатории создан комплекс методов автоматизированных приборов для изучения теплопроводности, теплоемкости, теплоты структурных и фазовых переходов в различных веществах, в том числе в процессах замораживания, оттайки, исследуются свойства пищевых продуктов и конструкционных материалов холодильной и криогенной техники.

Коллективом преподавателей кафедры по этому направлению подготовлена к изданию фундаментальная монография «Теплофизические измерения», обобщающая исследования авторов за последние 30 лет.

С конца 60-х годов на кафедре проводятся экспериментальные и теоретические исследования фазовых переходов и критических явлений. Начало этим работам было положено исследованием гравитационного эффекта вблизи критической точки парообразования, проведенным доцентом Д.Ю. Ивановым. В 80-ые годы группой сотрудников кафедры были проведены работы по корреляционной спектроскопии многократно рассеянного света. По результатам этих исследований опубликована серия научных статей, сделано более 10 докладов на конференциях и защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. В 90-х годах совместно с одним из ведущих университетов Франции проводились исследования процессов нуклеации наночастиц в растворах. Совокупные результаты исследований критических явлений легли в основу докторской диссертации доцента Д.Ю. Ивановым (2001 г.) и его монографии «Критическое поведение неидеализированных систем».

Научные исследования в области фазовых переходов, предпереходных явлений и рассеяния света в сложных жидких системах успешно развивает доцент, кандидат физико-математических наук А.Ф. Костко. Во время многолетней стажировки в ведущих университетах США А.Ф. Костко совместно с американскими коллегами методами рассеяния света проводил исследования растворов полимеров, водных растворов электролитов, биогелей и лиотропных хромонических жидких кристаллов в широком диапазоне температур и давлений. Результаты этих исследований, проведенных А.Ф. Костко после 2000 года, опубликованы в 13 статьях в ведущих международных научных журналах по физике и химии, а также доложены на 15 международных конференциях.

На сегодня кафедра Физики – одна из крупнейших в университете – представляет собой динамично развивающийся творческий коллектив, способный решать масштабные задачи развития и подготовки инженерных и научно-педагогических кадров. В связи с реорганизацией и объединени-

ем кафедр с 1 сентября 2015 года кафедра Физики находится под руководством доктора технических наук, профессора Игоря Владимировича Баранова.

С 2010 г. Игорь Владимирович является членом докторского диссертационного Совета Д 212.234.01. Им опубликовано 57 научных и 7 учебно-методических работ. За последние 3 года издано: 21 научная работа и 2 учебно-методических работы, в том числе в соавторстве Барановым И.В. в 2010 г. издано учебное пособие “Теплофизические измерения” с грифом УМО по политехническому образованию. Баранов И.В. выступал с докладами на 25 международных и всероссийских научных конференциях. Баранов И.В. является с 2008 г. академиком Международной академии холода. Исполняет обязанности заместителя главного редактора научно-технического журнала “Вестник МАХ”.

В настоящее время коллектив кафедры включает в себя 30 преподавателей и 10 учебно-вспомогательного персонала.

Под руководством профессора кафедры физики ИТМО Чирцова А.С. и доцента Демидова В.И. из Университета Западной Вирджинии работает Международная лаборатория «Нелокальная плазма в нанотехнологиях и медицине, которая ведет исследования по следующим направлениям:

- Исследование параметров нелокальной плазмы модифицированного короткого газового разряда постоянного тока с накаливаемым катодом
- Плазмохимическое моделирование разрядов в газах SF₆ и O₂
- Изучение особенностей дрейфа микрочастиц в плазме, обусловленных спецификой функции распределения электронов по энергиям в нелокальной плазме
- Моделирование разряда с использованием аналитических методов

Силами профессора А.С.Чирцова и старшего преподавателя С.А.Курашовой создаются on-line курсы по физике, которые размещены в Lectorium на сайте Университета ИТМО.

Под руководством С.К.Стафеева на кафедре Физики в 2016 году открыта программа подготовки магистров по уникальному в России направлению Science communications.

Костко Андрей Федорович
Самолетов Владимир Александрович

ФИЗИКА
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49**