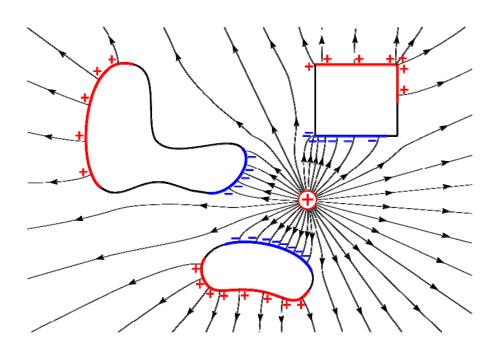


А.С. Чирцов МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПЕРЕОДНОМУ ЭКЗАМЕНУ ПО ФИЗИКЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ КЛАССЕ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО НА БАЗЕ ПРЕЗИДЕНТСКОГО ЛИЦЕЯ (ФМЛ 239)



Санкт-Петербург 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

А.С. Чирцов

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО МЕХАНИКЕ, МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ, ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ и МАГНИТОСТАТИКЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ КЛАССЕ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО НА БАЗЕ ПРЕЗИДЕНТСКОГО ЛИЦЕЯ (ФМЛ 239)

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург

А.С. Чирцов, Материалы для подготовки к экзамену по механике, молекулярной физике, электростатике и магнитостатике в специализированном классе Университета ИТМО на базе Президентского Лицея (ФМЛ 239) – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 78 с.

Учебно-методическое пособие содержит развернутые планы ответов по вопросам промежуточного экзамена в ФМЛ 239 вместе с перечнем требований, предъявляемых к учащимся на Едином Государственном экзамене по физике в рамках каждой из тем. По теме каждого из вопросов приведены примеры задач повышенной сложности, для устных экзаменов. Решения снабжены краткими комментариями, поясняющими основные идеи и приближения, используемые на каждом логическом шаге. Представленные материалы предназначены для самостоятельной работы обучаемых по углубленной программе интенсивного двухгодичного обучения в классе Университета ИТМО, функционирующем на базе Президентского физико-математического Лицея № 239.

Учебно-методическое пособие предназначено для учащихся физико-математического класса Университета ИТМО, функционирующего на базе Президентского физико-математического Лицея № 239 и мотивированных учащихся, готовящихся к поступлению на программу интенсивного довузовского обучения.

Рекомендовано к печати Ученым Советом Естественно-Научного Факультета № 5, 01.11.2016

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

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 научнообразовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2017

© Чирцов А.С., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Раздел – 1. Механика	5
1.1. Примерные планы ответов на экзаменационные вопросы	6
1.2. Примеры решения и оформления задач по механике	19
Раздел – 2. Термодинамика и молекулярная физика	33
2.1. Примерные планы ответов на экзаменационные вопросы	34
2.2. Примеры решения и оформления задач по термодинамике	48
Раздел – 3. Электричество и магнетизм	56
3.1. Примерные планы ответов на экзаменационные вопросы	57
Кафедра физики	72

Дорогой друг!

Если ты держишь в руках это пособие, то это скорее всего значит, что ты выбрал очень нелегкий, но достойный путь, который ведет в мир точных наук. Совершенно не важно, какая область тебе понравится больше и на какой из дисциплин (Computer Science, Биология, Математика, Физика или Химия) ты в конце концов остановишь свой выбор. Главное - это то, что ты имеешь шанс попасть в группу людей, которые видят вокруг гораздо больше, чем обычно принято видеть, понимают больше, чем принято понимать, и способны фантазировать так, как и не снилось большинству писателей-фантастов. Однако двигаться по этому пути не так просто, как кажется многим, смотрящим на это движение со стороны.

Впереди тебя ждет первое, не очень сложное, но пока, я думаю, кажущееся тебе серьезным испытание – твой, возможно первый, настоящий экзамен по физике. Цель этого пособия – помочь подготовиться к нему и минимизировать вероятность порой неприятных неожиданностей. Я надеюсь, ты правильно воспользуешься им.

Экзамен будет состоять из устного вопроса и задачи. Отвечая на устный вопрос, ты должен показать максимальное количество своих знаний по сформулированной теме. Во время подготовки к ответу следует максимально полно изложить свои знания на листе устного ответа. Это поможет преподавателю быстро и правильно оценить твой уровень знаний. Не следует увлекаться написанием текстов. «Словами» разумно записывать определения, основные законы, формулировки теорем. Полезно делать заголовки частей твоего ответа. Для всего остального существует математика и поясняющие формулы рисунки, схемы и чертежи. Будь внимателен — математика очень строгий и емкий язык. Малейшая небрежность в записи формулы — и она перестает быть правильной. Не забудь, что векторные величины должны обозначаться как векторы, скалярные — как скаляры.

В пособии приведены планы ответов на вопросы экзаменационных билетов, примерно соответствующих содержанию электронного варианта учебника Л. А. Аксенович Н. Н. Ракина К. С. Фарино «Физика в средней школе» (http://tepka.ru/fizika/index.html). Совершенно не обязательно точно следовать этим планам, но они должны напомнить тебе то, что ты, вообще говоря, должен уже знать. Звездочками отмечены необязательные пункты, слегка выходящие за рамки школьной программы. Их включение в ответ не обязательно, но весьма желательно. После плана ответа приводится подборка сведений базового курса физики (http://www.pomogala.ru/pomogala_fizika/ege_2016/fizika_kodif_2016.pdf), которые надо помнить всегда; и на предстоящем экзамене, и на ЕГЭ, и во время воскресной прогулки, и ночью во сне ©.

После вопросов приведены примеры экзаменационных задач вместе с решениями, которые оформлены примерно так, как их хотелось бы видеть на твоем экзаменационном листе.

Если тебе захочется изучить дополнительные разделы физики в удаленном on-line режиме, рад пригласить тебя в систему Открытого образования

https://www.lektorium.tv/mooc2/26291

https://www.lektorium.tv/mooc2/26290

https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/PHYOPT/

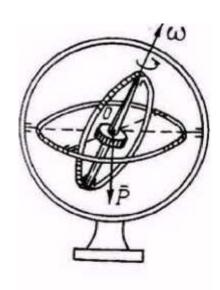
https://www.youtube.com/playlist?list=PLqdhXM8ko4WFNxf3ibl0cKRXeKjKpn77U

Успехов!

РАЗДЕЛ-1

МЕХАНИКА



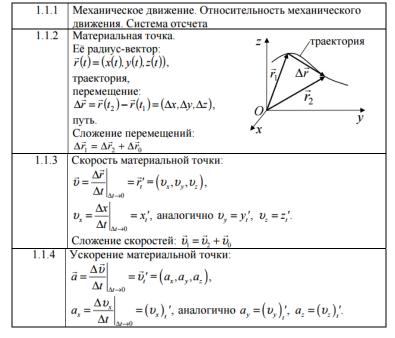


М 1 (Повторение)

Механическое движение и его виды. Система отчета. Основные кинематические характеристики механического движения. Относительность движения.

План ответа

Введение	Общее понятие движения. Механическое движение и его роль в более сложных
	формах движения. Пространство и время. Свойства пространства и времени.
	Измерение отрезков длин и интервалов времени
1	Система координат. Декартова система координат. Система отсчета.
(*)	Сферические и цилиндрические системы координат. Полярные координаты
2	Понятие числа степеней свободы. Материальная точка. Радиус-вектор.
(*)	Описание сложных систем с помощью многокомпонентных векторов в
	многомерных пространствах
3	Траектория материальной точки. Вектор перемещения. Путь и перемещение.
4	Векторы средней и мгновенной скорости. Их связи с радиус-вектором и
	ориентация относительно траектории. Путевая скорость.
5	Среднее и мгновенное ускорение. Их связи с вектором скорости.
(*)	Использование операций дифференцирования и интегрирования для записи
	связей между основными кинематическими характеристиками движения
(*)	«Тряска» (или скорость изменения ускорения.
(*)	Описание движения по окружности с помощью псевдо-векторов угла, угловой
	скорости и углового ускорения. Связь между этими векторами.
6	Относительность механического движения.
7	Классический закон сложения скоростей (для движения материальной точки)
(*)	Классический закон сложения ускорений.
Пример	Классический эффект Доплера и его проявления в природе и технике



М 2 (Повторение)

Кинематика прямолинейного равноускоренного движения

План ответа

Daa======	C
Введение	Способы описания скалярных величин $F(t)$, изменяющихся во времени: табличный, графический, аналитический, анимационный. Средняя ($F(t)$) и мгновенная $F(t)$
	скорости изменения скалярной величины. Графические способы определения
	средней и мгновенной скоростей по известной $F(t)$ и определения изменения $F(t)$
	по известной скорости.
(*)	Использование математических операций дифференцирования и интегрирования
	для записи связи межу зависящей от времени скалярной величиной и скоростью
	ее изменения
1	Определения основных кинематических характеристик движения: радиус-вектора,
	векторов скорости и ускорения и их
2	Сведение векторных равнений для связи радиус-вектора, скорости и ускорения к
	скалярным в случае прямолинейного движения
3	Ускорение, приращение скорости и скорость при равноускоренном движении (с
	использованием графиков).
4	Скорость, перемещение и координата тела при равноускоренном движении (с
	использованием графиков).
(*)	Проверка полученных в п.п. 3 и 4 соотношений непосредственным
	дифференцированием
5	Свойства одномерного равноускоренного движения
6	Равномерное прямолинейное движение как частный случай равноускоренного
(*)	Ускорение, Скорость и координата тела при прямолинейном движении с
	постоянной «тряской»
(*)	Использование полученных соотношений для описания движения тела по
	окружности с постоянным угловым ускорением
Пример	Движение тела, брошенного вертикально вверх (графики зависимости от
	времени координаты, скорости и ускорения; равенство времени подъема и
	падения; равенство величин стартовой и финишной скоростей; высота подъема).
(*)	Разложение равноускоренного движения в пространстве на одномерные
	равноускоренные. Движение тела, упавшего на упругую наклонную плоскость.

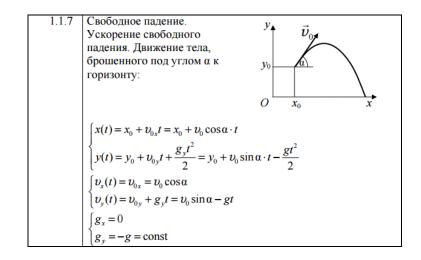
1.1.5	Равномерное прямолинейное движение:
	$x(t) = x_0 + v_{0x}t$
	$v_x(t) = v_{0x} = \text{const}$
1.1.6	Равноускоренное прямолинейное движение:
	$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$
	$v_x(t) = v_{0x} + a_x t$
	$a_x = \text{const}$
	$v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$

М 3 (Повторение)

Равноускоренное криволинейное движение (на примере движения тела, брошенного под углом к горизонт). Нормальное и тангенциальной ускорения

План ответа

Введение	Важность изучения равноускоренного движения: 1) баллистика, 2) возможность
	использования для приближенного описания произвольного движения
1	Общие формулы равноускоренного движения, как обобщение аналогичных
	соотношений для одномерного (прямолинейного) движения (можно без вывода).
2	Выбор системы отсчета для решения задачи
3	Зависимость от времени векторов $\mathbf{a}(t)$, $\mathbf{v}(t)$, $\mathbf{r}(t)$.
(*)	Демонстрация правильности полученных формул равноускоренного движения
	прямым дифференцированием.
4	Расчет максимальной высоты подъема
5	Расчет дальности полета
6	Вывод равнения траектории
(*)	Использование аналогий с полученными формулами для описания движения тела
	по окружности с постоянным угловым ускорением.
7	Нормальное и тангенциальное ускорения тела, брошенного под углом к
	горизонту.
Пример	Основная задача баллистики: настильная и навесная траектории
(*)	Разложение равноускоренного движения в пространстве на одномерные
	равноускоренные. Движение тела, упавшего на упругую наклонную плоскость.



М 4 (Повторение)

Кинематика движения по окружности. Период, частота, угловая скорость

План ответа

Введение	Важность описания движения по окружности: 1) примеры в природе и технике,
	2) возможность аппроксимации участков криволинейной траектории дугами
	окружностей.
1	Основные характеристики движения по окружности: угол, угловая скорость,
	угловое ускорение, частота, угловая (циклическая) частота, период и связь меж
	ними в случае равномерного вращения.
(*)	Возможность задания угла, угловой скорости и углового ускорения с помощью
	псевдо-векторов.
(*)	Зависимость от времени угловой скорости и угла в случае движения по
	окружности с постоянным угловым ускорением.
2	Связь между угловой и линейной скоростью при движении тела по окружности.
3	Центростремительное ускорение тела при равномерном вращении по окружности
	(обоснование трех формул).
(*)	Линейное ускорение тела, движущегося по окружности с постоянным угловым
	ускорением; разложение линейного ускорения на нормальное и тангенциальное.
Пример	Радиус кривизны траектории тела, брошенного под углом к горизонту, в ее
	верхней точке.

1.1.8	Движение точки по окружности.
	Угловая и линейная скорость точки: $\upsilon = \omega R$, $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v$.
	Центростремительное ускорение точки: $a_{ue} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

М 6 (Повторение)

I, II, III законы Ньютона. Сила, масса и их эталоны

План ответа

Введение	Основная задача механики, классическая механика - основа всей классической физики
1	Понятие свободного тела. Проблема «естественного» поведения свободного тела.
2	Понятие взаимодействия тел
3	Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона.
(*)	Недостатки формулировки первого закона как утверждения о равенстве нулю ускорения свободного тела в инерциальной системе отсчета
(*)	Сложность формулировки второго закона.
4	Определение вектора силы как количественной меры взаимодействия тел.
5	Формулировка второго закона Ньютона
6	Введение инертной массу как коэффициента пропорциональности между силой
	и ускорением
7	Свойства инертной массы
8	Третий закон Ньютона
9	Проблема эталона силы, эталон массы
10	Второй закон Ньютона как классическое равнение движения
(*)	Теорема единственности решения основной задачи механики и детерминизм
	Лапласа
11	Основные типы взаимодействий и их краткая характеристика
12	Третий закон Ньютона. Парные силы.
(*)	Приближенный характер I, II и III законов Ньютона.
Пример	Единообразное описание движения тела вблизи поверхности Земли и по крговой
	орбите в рамках законов Ньютона.

1.2.1	Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея
1.2.2	Масса тела. Плотность вещества: $\rho = \frac{m}{V}$
1.2.3	Сила. Принцип суперпозиции сил: $\vec{F}_{\text{равиодейств}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$
1.2.4	Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО $\vec{F}=m\vec{a}$; $\Delta \vec{p}=\vec{F}\Delta t$ при $\vec{F}=const$
1.2.5	Третий закон Ньютона для материальных точек: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ \vec{F}_{12} \vec{F}_{21}

М 7 (Повторение)

Закон всемирного тяготения, законы Кеплера. Гравитационное поле материальной точки и Земли. Сила тяжести.

План ответа

Введение	Первое в истории человечества «Великое объединение» двух казавшихся
	несвязанными друг с другом наук: баллистики и небесной механики
1	Развитие взглядов человечества на строение Ближнего Космоса.
(*)	Т.Браге – переход от умозрительных теорий к эксперимент
2	Небесная механика Кеплера
3	Теория Ньютона – закон всемирного тяготения.
(*)	Гравитационная масса, ее пропорциональность инертной массе, единицы ее измерения, гравитационная постоянная.
4	Принцип суперпозиции и вычисление гравитационных взаимодействий протяженных тел.
5	Гравитационное поле полой однородной сферы.
6	Гравитационное поле однородного шара.
7	Обоснование законов Кеплера в частном случае движения спутника по круговой орбите.
(*)	Условия выполнения законов Кеплера и возможность описания случаев их нарушения в рамках теории Ньютона.
8	Первая космическая скорость
(*)	Понятие о второй, третьей и т.д. космических скоростях
9	Сила тяжести.
10	Вес тела
(*)	Ограниченность области применимости небесной механики Ньютона
Пример	Спутник на геостационарной орбите

1.2.6	Закон всемирного тяготения: силы притяжения между
	точечными массами равны $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$.
	Сила тяжести. Зависимость силы тяжести от высоты h над
	поверхностью планеты радиусом R ₀ :
	$mg = \frac{GMm}{\left(R_0 + h\right)^2}$
1.2.7	Движение небесных тел и их искусственных спутников.
	Первая космическая скорость: $v_{1\kappa} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}$

М 8 (Повторение)

Сила упругости. Закон Гука. Вес. Невесомость.

План ответа

Введение	Фундаментальные взаимодействия и доминирующая роль электромагнитных взаимодействий в макромире
1	Механизм возникновения сил упругости.
2	Зависимость величины сил упругости от деформации тела.
3	Область упругих деформаций. Закон Гука и его приближенный характер.
(*)	Качественное описание движения закрепленного на пружине тела, выведенного из положения равновесия.
4	Сила реакции опоры и сила натяжения нити.
5	Идеальные нерастяжимые нити в задачах с блоками.
6	Вес тела
7	Влияние на вес тела ускорения системы и наличия окружающей среды.
8	Свободное падение тел. Ускорение свободного падения.
9	Инертная и гравитационная массы. Их пропорциональность друг другу.
10	Невесомость. Примеры систем, находящихся в состоянии невесомости.
(*)	Локальный характер явления невесомости
(*)	Принцип эквивалентности Эйнштейна. Трудность экспериментальной регистрации
	гравитационных сил.
(*)	Приливные силы
Пример	Различие веса тела на экваторе и на полюсе.
(*)	«Дважды Кеплерово движение»

1.2.8	Сила упругости. Закон Гука: $F_x = -kx$

М 9 (Повторение)

Сила сухого трения, закон Кулона-Амонтона. Движение твердых тел в вязкой жидкости или газе

План ответа

Введение	Фундаментальные взаимодействия и доминирующая роль электромагнитных взаимодействий в макромире.
1.	Механизм возникновения сил сухого трения.
2.	Сила трения покоя и сила трения скольжения.
3.	Направление действия силы трения. Примеры торможения и разгона тел,
	испытывающих действие сил трения.
4.	Заклинивание
5.	Сила вязкого трения и ее зависимость от скорости.
6.	Движение тела, испытывающего действие лишь одной силы вязкого трения
	(описание движения на качественном ровне: графики зависимостей от времени и
	ускорения, скорости и координаты).
(*)	Аналитическое решение задачи о движении под действием сил вязкого трения.
7	Падение тел в вязкой среде (описание движения на качественном ровне: графики
	зависимостей от времении ускорения, скорости и координаты).
(*)	Аналитическое решение задачи о падении тел в вязкой среде
Пример	Движение устойчивого автомобиля, поворачивающего на треке.

1.2.9	Сила трения. Сухое трение. Сила трения скольжения: $F_{\rm rn} = \mu N$
	Сила трения покоя: $F_{\rm tp} \le \mu N$
	Коэффициент трения

М 10 (Повторение)

Импульс тела и импульс силы. II закон Ньютона в импульсной формулировке. Закон сохранения импульса системы тел. Реактивное движение.

План ответа

Введение	Законы сохранения в классической механике и их роль с точки зрения решения основной задачи механики.
1	Импульс материальной точки
2	Скорость изменения импульса материальной точки. Импульсная формулировка второго закона Ньютона.
3	Закон сохранения импульса материальной точки.
(*)	Движение тела с переменной массой
4	Импульс системы материальных точек и скорость его изменения.
5	Внешние и внутренние силы. Замкнутые системы. Закон сохранения импульса в замкнутых системах.
6	Реактивное движение.
(*)	Формула Циолковского
7	Центр масс системы материальных точек и закон его движения
(*)	Связь закона сохранения импульса с глобальными симметриями
Пример	Использование закона сохранения импульса для анализа столкновений

1.4.1	Импульс материальной точки: $\vec{p} = m\vec{v}$
1.4.2	Импульс системы тел: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 +$
1.4.3	Закон изменения и сохранения импульса:
	в ИСО $\Delta \vec{p} \equiv \Delta (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 +) = \vec{F}_{1 \text{внешн}} \Delta t + \vec{F}_{2 \text{внешн}} \Delta t +;$
	в ИСО $\Delta \vec{p} \equiv \Delta (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 +) = 0$, если $\vec{F}_{1 \text{висши}} + \vec{F}_{2 \text{высши}} + = 0$

М 11 (Повторение)

Центр масс. Теорема о движении центра масс и ее следствия.

План ответа

Введение	Сложность детального описания движения систем материальных точек
1	Импульс материальной точки и скорость его изменения.
2	Две формулировки второго закона Ньютона для движения материальной точки
3	Импульс системы материальных точек и скорость его изменения.
4	Центр масс системы материальных точек
5	Примеры вычисления положения центра масс.
6	Скорость движения центра масс системы материальных точек и ее связь с
	полным импульсом системы.
7	Ускорение центра масс системы материальных точек.
8	Системы отсчета, связанные с центром масс.
9	Равенство нулю суммарного импульса двух частиц в системе отсчета, связанной с
	их центром масс.
(*)	Движение компонент двойной звезды
Пример	Столкновение двух частиц в системе отсчета, связанной с их центром масс.

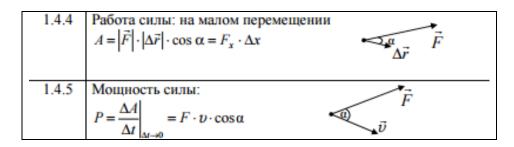
1.4.1	Импульс материальной точки: $\vec{p} = m\vec{v}$
1.4.2	Импульс системы тел: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 +$
1.4.3	Закон изменения и сохранения импульса:
	в ИСО $\Delta \vec{p} \equiv \Delta (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 +) = \vec{F}_{1 \text{виеши}} \Delta t + \vec{F}_{2 \text{виеши}} \Delta t +;$
	в ИСО $\Delta \vec{p} \equiv \Delta (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 +) = 0$, если $\vec{F}_{1 \text{висши}} + \vec{F}_{2 \text{васши}} + = 0$

М 12 (Повторение)

Механическая работа и ее свойства. Мощность. КПД.

План ответа

Введение	Механическая работа определяется как скалярная количественная мера действия
	сил на тело. Именно с этой величины начинается путь к одному из важнейших
	законов физики – закону сохранения энергии. Мощность - скорость изменения
	энергии - величина, важная в технике
1.	Определение работ на элементарном отрезке траектории.
2.	Полная работа на участке траектории.
3	Теорема 1 о работе сил: работа суммы сил равна сумме работ
4	Теорема 2 о работе сил: работа силы на участке траектории равна сумме работ
	на частичных участках.
5	Пример вычисления работы в слчае движения под действием различных сил.
4	Потенциальные и непотенциальные силы (определение)
6	Доказательство свойства потенциальных сил: работа по лбом замкнутому пути
	равна нулю.
7	Доказательство обратной теоремы: сила, работа которой по любому замкнутому
	пути равна нулю – потенциальна.
8	Единицы измерения работы.
9	Мощность (определение). Единицы мощности.
10	Вычисление мощности по известным силе и скорости.
11	Определение КПД как отношения полезной работы к полной произведенной
	работе
Пример	Расчет КПД наклонной плоскости в случае наличия и отсутствия силы трения.



М 13 (Повторение)

Кинетическая энергия. Теорема о кинетической энергии системы тел. Закон сохранения полной механической энергии.

План ответа

Введение	Законы сохранения в классической механике и их роль с точки зрения решения
	основной задачи механики. Теорема о кинетической энергии – исходный этап для
	обоснования закона сохранения механической энергии и мощный механизм
	решения задач механики
1	Кинетическая энергия материальной точки и системы материальных точек
2	Скорость изменения кинетической энергии материальной точки. Случаи сохранения
	кинетической энергии со временем.
3	Скорость изменения кинетической энергии системы тел.
(*)	Кинетическая энергия системы как целого и скорость ее изменения.
4	Потенциальные и непотенциальные силы.
5	Потенциальная энергия материальной токи.
6	Полная механическая энергия материальной точки
7	Теорема об изменении полной механической энергии материальной точки.
8	Закон сохранения механической энергии материальной точки.
9	Закон сохранения механической энергии системы материальных точек.
(*)	Разделение энергии механической системы на «внешнюю» и «внутреннюю
(*)	Закон сохранения энергии при движении в гравитационном поле.
Пример	Космические скорости.

1.4.6	Кинетическая энергия материальной точки:
	$E_{\text{KHH}} = \frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{p^2}{2m}.$
	Закон изменения кинетической энергии системы
	материальных точек: в ИСО $\Delta E_{\text{ким}} = A_1 + A_2 +$
1.4.7	Потенциальная энергия:
	для потенциальных сил $A_{12} = E_{1 \mathrm{norehu}} - E_{2 \mathrm{norehu}} = -\Delta E_{\mathrm{norehu}}$.
	Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести:
	$E_{\text{потенц}} = mgh$.
	Потенциальная энергия упруго деформированного тела:
	$E_{\text{потенц}} = \frac{kx^2}{2}$
1.4.8	Закон изменения и сохранения механической энергии:
	$E_{\text{MCX}} = E_{\kappa \mu \mu} + E_{nomen\mu},$
	в ИСО $\Delta E_{Mex} = A_{\text{всех непотенц. сил}}$,
	в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = 0$, если $A_{\text{всех невотенц, сил}} = 0$

М 14 (Повторение)

Работа силы тяжести, силы упругости. Потенциальная энергия. Консервативные силы. Работа сил трения. Неконсервативные силы.

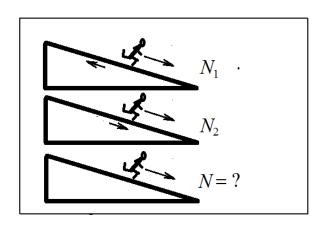
План ответа

Введение	Законы сохранения в классической механике и их роль с точки зрения решения основной задачи механики. Теорема о механической энергии – исходный этап для
	обоснования закона сохранения механической энергии и мощный механизм
	решения задач механики
1.	Работа силы тяжести.
2.	Работа сил упругости
3	Потенциальная энергия материальной точки.
(*)	Потенциальная энергия систем материальных точек.
4	Работа силы трения.
5.	Непотенциальные силы.
6	Полная механическая энергия материальной точки и ее закон сохранение.
7	Примеры потенциальных систем.
8	Примеры непотенциальных систем.
9	Доказательство потенциального характера центральных сил.
(*)	Механизм возникновения непотенциальных сил в мире господствующих
	потенциальных электромагнитных взаимодействий.
(*)	Потенциальная энергия точечного тела в гравитационном поле точечного
	гравитирующего центра или сферической планеты.
Пример	Движение спутника в верхних слоях атмосферы.

1.4.7	Потенциальная энергия:
	для потенциальных сил $A_{12} = E_{1 {\rm norehu}} - E_{2 {\rm norehu}} = -\Delta E_{{\rm norehu}}$.
	Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести:
	$E_{\text{потенц}} = mgh$.
	Потенциальная энергия упруго деформированного тела:
	$E_{\text{потенц}} = \frac{kx^2}{2}$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАЧ ПО МЕХАНИКЕ

1. Задача на кинематику равномерного движения и сложение скоростей



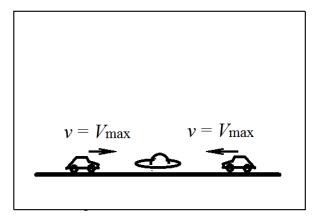
Бегущий вниз по идущему наверх эскалатору метро насчитывает N_1 ступенек, а бегущий с той же скоростью вниз — N_2 Сколько ступенек будет насчитано на неподвижном эскалаторе?

Решение:

	ерх (v – рость
$t_2 = \frac{L}{v-u}; N_2 = \frac{t_2}{\tau} = \frac{L}{\tau} \frac{1}{v+u}$ эскалатору, идущему вни эскалатору, идущему вве	ерх, и иенек (L – иемя
$t_2 = \frac{L}{v-u};$ $N_2 = \frac{t_2}{\tau} = \frac{L}{\tau} \frac{1}{v+u}$ Время движения вниз по эскалатору, идущему вве	
	ерх, и
$t = \frac{L}{v}; N = \frac{t}{\tau} = \frac{L}{\tau} \frac{1}{v}$ Время движения вниз по неподвижному эскалатору сосчитанных ступенек	
	аторе
$N = 2\frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}$ $N.N.$	

Ответ: не неподвижном эскалаторе будет насчитано $N = 2 \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}$ ступенек

2. Задача на кинематику равноускоренного прямолинейного движения



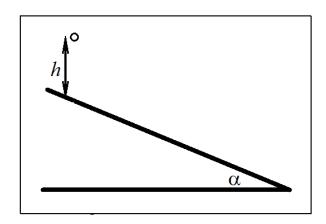
К месту посадки НЛО одновременно из двух равноудаленных от происшествия отделения полиции начали двигаться две полицейские машины, способные развивать одинаковую скорость. Первая машина треть времени двигалась равноускоренно достигла И максимальной скорости, вторую треть времени она двигалась равномерно с этой скоростью, последнюю треть - равномерно замедлялась до полной остановки. машина избрала иную тактику и двигалась равномерно равноускоренно, равнозамедленно на одинаковых отрезках путей. Рассчитайте средние скорости автомобилей и укажите, какой из них быстрее прибудет к месту посадки НЛО

Решение:

1	V_{max} $\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	График скорости движения первого автомобиля
2	$S_2 = V_{\text{max}} \cdot T/3; S_1 = S_3 = \frac{1}{2} (V_{\text{max}} \cdot T/3) = \frac{1}{6} V_{\text{max}} T$	Пути, пройденные автомобилем на каждом из трех участков пути, найденные как площади под графиками $v(t)$
3	$\left\langle v_1 \right\rangle = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{T} = \frac{2}{3} V_{\text{max}}$	Средняя скорость первого автомобиля
4	V V_{max} $S/3$ $S/3$ $S/3$ $S/3$ T T T T T T	График скорости движения второго автомобиля
5	$ \tau_2 = \frac{S}{3V_{\text{max}}}; \tau_1 = \tau_3 = 2\tau_2 = \frac{2S}{3V_{\text{max}}} $	Определение времен движения из условия равенства путей
6	$\langle v_2 \rangle = \frac{S}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3} = \frac{3}{5} V_{\text{max}} < \langle v_1 \rangle$	Средняя скорость второго автомобиля

Ответ: средняя скорость первого автомобиля $\left\langle v_{1}\right\rangle =\frac{2}{3}V_{\max}$, второго $\left\langle v_{2}\right\rangle =\frac{3}{5}V_{\max}$; первый автомобиль приедет раньше

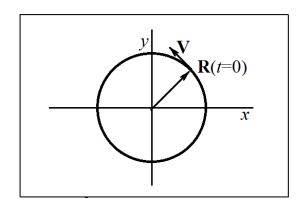
3. Задача на кинематику равноускоренного криволинейного движения



Небольшой шарик, находящийся на высоте h над наклонной плоскостью, составляющей угол α с горизонтом, начинает падать без начальной скорости. Все отскоки шарика от плоскости - абсолютно упругие. Определить расстояние между первым и третьим ударами шарика о плоскость

1	y a g	Задачу удобно решать в СО, связанной с наклонной плоскостью
2	$\mathbf{r}(t) = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0 t + \mathbf{a}t^2 / 2$ $\mathbf{v}(t) = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t$	Общие формул равноускоренного движения
3	$\begin{cases} r_{0x} = 0 \\ r_{0y} = h \cos \alpha \end{cases}, \begin{cases} v_{0x} = 0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}, \begin{cases} a_x = g \sin \alpha \\ a_y = -g \cos \alpha \end{cases}$	Проекции начальных условий на оси координат и легко доказываемый известный факт равенства времен подъема и падения при равноускоренном движении
4	$r_{y}(\tau) = r_{0y} + a_{y}\tau^{2}/2 = h\cos\alpha - g\cos\alpha\tau^{2}/2 = 0 \implies$ $\tau = \sqrt{2h/g} = \tau_{\downarrow} = \tau_{\uparrow}$	Время первого падения на плоскость
5	$\delta s_1 : \delta s_2 : \delta s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$	Известное соотношение между отрезками путей, проходимых за равные интервалы времен при равноускоренном движении в случае нулевой начальной скорости.
6	$r_{x1} = h \sin \alpha$ $r_{x2} = r_{x1} + 3r_{x1} + 5r_{x1}$ $r_{x3} = r_{x1} + 3r_{x1} + 5r_{x1} + 7r_{x1} + 9r_{x1}$	Координаты точек первого, второго и третьего у дара о плоскость
7	$r_{x3} - r_{x1} = 3r_{x1} + 5r_{x1} + 7r_{x1} + 9r_{x1} = 24r_{x1} = 24h\sin\alpha$	Искомое расстояние между первым и третьим ударами.
Отве	ет: расстояние между точками первого и третьего уд	$(apob r_{x3} - r_{x1} = 24h\sin\alpha)$

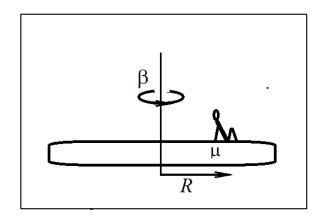
4. Задача на кинематику движения по окружности



Материальная точка равномерно вращается по лежащей плоскости х0у окружности В радиусом R, двигаясь против часовой стрелки с постоянной по величине линейной скоростью v. В начальный момент времени (t=0) радиусвектор материальной точки лежал биссектрисе угла межу осями Ох и Оу. Записать вид зависимости от времени х и у координат материальной точки, проекций ее линейного ускорения, а так же – зависимости от времени величин угловых скорости и ускорения.

1	$y \mid \mathcal{N}$ $x_0 = R \cos \varphi_0$	Начальные значения
	$y_0 = R\sin\varphi_0$	
	$\varphi_0 \mid x \qquad \varphi_0 = \pi / 4$	
2	$\omega = V / R$	Угловая скорость вращения и
	$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega t = \varphi_0 + Vt / R$	зависимость угла от времени
3	$\begin{cases} x(t) = R\cos\varphi(t) = R\cos(Vt/R + \pi/4) \\ y(t) = R\sin\varphi(t) = R\sin(Vt/R + \pi/4) \end{cases}$	Зависимость от времени и
	$y(t) = R \sin \varphi(t) = R \sin(Vt / R + \pi / 4)$	координат материальной точки
4	$\mathbf{a} = -\omega^2 \mathbf{R} \implies$	Зависимость от времени
	$\begin{cases} a_x(t) = -\omega^2 R \cos \varphi(t) = -(V^2/R) \cos(Vt/R + \pi/4) \\ a_y(t) = -\omega^2 R \sin \varphi(t) = -(V^2/R) \sin(Vt/R + \pi/4) \end{cases}$	составляющих вектора линейного ускорения материальной точки
5*	$\int v_x(t) = V \cos(\varphi(t) + \pi/2) = -V \sin(Vt/R + \pi/4)$	Поскольку вектор линейной
	$\begin{cases} v_x(t) = V \cos(\varphi(t) + \pi/2) = -V \sin(Vt/R + \pi/4) \\ v_y(t) = V \sin(\varphi(t) + \pi/2) = V \cos(Vt/R + \pi/4) \end{cases}$	скорости перпендикулярен \mathbf{R} , гол между \mathbf{V} и осью ох всегда
		превосходит $\varphi(t)$ на $\pi/2$.
6*	$\int v_x(t) = \frac{dr_x}{dt} = \frac{d}{dt}R\cos(\varphi(t)) = -V\sin(Vt/R + \pi/4)$	Выражения для компонент скорости у ускорения можно получить непосредственным
	$v_y(t) = \frac{dr_y}{dt} = \frac{d}{dt}R\sin(\varphi(t)) = V\cos(Vt/R + \pi/4)$	дифференцированием
Отво	$\int x(t) = R \cos(Vt/R + \pi/4) \left(a_x(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(R)\right)$	$Vt/R + \pi/4$
Отво	ET: $\begin{cases} x(t) = R\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_x(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ y(t) = R\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\sin(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), \\ a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/R + \pi/4), & \left\{a_y(t) = -\left(V^2/R\right)\cos(Vt/$	$V_t/R + \pi/4$

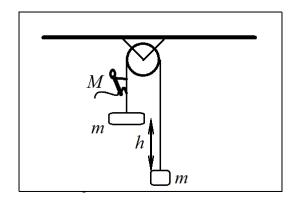
5. Задача на динамику движения по окружности



Каскадер сидит на горизонтальной поверхности первоначально покоящегося абсолютно твердого диска, который начинает раскручиваться c постоянным ускорением β. Через какой интервал времени после начала вращения диска каскадер начнет проскальзывать по его поверхности, если коэффициент трения его одежды поверхность «колеса» (диска) равен µ, а свое начальное положение каскадер выбрал на расстоянии R от оси вращения?

1	$ \begin{array}{cccc} & & & & & & & & & & & & & & & & & & &$	Второй закон Ньютона для случая раскручивающейся платформы. Наличие у ускорения тангенциальной и нормальной составляющих обусловливает возникновение соответствующих составляющих силы трения, обеспечивающих движение
		каскадера вместе с диском.
2	$\begin{cases} ma_x = -ma_n = -mF_n \\ ma_y = ma_\tau = mF_\tau \\ 0 = N - mg \end{cases}$	Проектирование на оси координат
3	$\begin{cases} a_{\tau} = \beta R \\ a_{n} = \omega^{2} R \end{cases} \Rightarrow F = \sqrt{F_{n}^{2} + F_{\tau}^{2}} = mR\sqrt{\beta^{2} + \omega^{4}}$	Величина силы трения, удерживающей каскадера на поверхности ускоряющегося диска.
4	$\omega(t) = \beta t$	Угловая скорость при движение с постоянным угловым ускорением
5	$\mu N = \mu mg \ge F = mR\sqrt{\beta^2 + \beta^4 t^4} = mR\beta\sqrt{1 + \beta^2 t^4}$	Условие нахождения на колесе без проскальзывания
6	$\mu g \ge R\beta \sqrt{1 + \beta^2 t^4} \Rightarrow 1t \le \frac{1}{\sqrt{\beta}} \sqrt[4]{\left(\frac{\mu g}{R\beta}\right)^2 - 1}$	Момент начала проскальзывания.
Отво	ет: проскальзывание начнется спустя $t = \frac{1}{\sqrt{\beta}} \sqrt[4]{\left(\frac{\mu g}{R\beta}\right)}$	$\left(\frac{1}{2}\right)^{2}-1$ после начала вращения. В
	случае $\mu g < R \beta$ проскальзывание начнется сразу.	

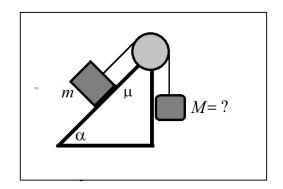
6. Задача на динамику движения системы из нескольких тел



Через невесомый блок без трения в оси перекинута невесомая нерастяжимая веревка, к концам которой привязаны грузы с одинаковыми массами *m*, расположенные на отсчитываемом вдоль вертикали расстоянии h друг от друга. Система покоилась до тех пор, пока на веревку не посадили дрессированную обезьяну, которая сразу схватила веревку и начала перебирать лапами так, чтобы всегда оставаться на месте. Через какое время грузы после начала движения грузы окажутся на одной высоте?

1	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Уравнения движения для двух (вторые законы Ньютона) для двух грузов и обезьяны. Проекции векторных равенств на направления движения участков нити.
2	$a_1 = a_2 \equiv a$	Условие нерастяжимости нити
3	$T_1 = T_2 + N = T_2 + Mg$	Условие невесомости блока и его вращения без трения.
4	$ \begin{cases} ma_1 = T_1 - mg \\ ma_2 = mg - T_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ma = T_2 + Mg - mg \\ ma = mg - T_2 \end{cases} \Rightarrow 2ma = Mg $	Расчет ускорения грузов
5	$\frac{h}{2} = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\frac{M}{2m}gt^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2mh}{Mg}$	Расчет времени прохождения грузом половины пути до встречи.
6	$t = \sqrt{\frac{2mh}{Mg}}$	Время до встречи грузов
Отво	ет: грузы окажутся на одной высоте через $t = \sqrt{\frac{2m}{M_{\xi}}}$	$\frac{bh}{h}$ после начала движения.

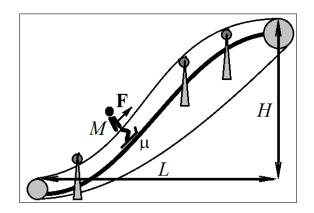
7. Задача на статику при наличии сил трения



углом Ha неподвижном клине при основании α размещены два груза, соединенные невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный невесомый блок. Коэффициент трения груза массой т о поверхность клина равен µ. При каких значениях массы M система будет неподвижна?

2	$\begin{cases} M\mathbf{a}_1 = M\mathbf{g} + \mathbf{T}_1 \\ m\mathbf{a}_2 = m\mathbf{g} + \mathbf{N} + \mathbf{T}_2 \\ a_1 = a_2, T_1 = T_2 \end{cases}$ $\begin{cases} M\mathbf{a} = M\mathbf{g} + \mathbf{T}_1 \\ m\mathbf{a}_2 = m\mathbf{g} + \mathbf{N} + \mathbf{T}_2 \\ a_1 = a_2, T_1 = T_2 \end{cases}$	Дополнительная задача для определения направления движения системы в отсутствии сил трения: уравнения движения для грузов. Ускорение системы в отсутствии
	$\begin{cases} ma = T - mg\sin\alpha \implies a = g\frac{M - m\sin\alpha}{M + m} \\ 0 = N - mg\cos\alpha \end{cases}$	трения. Знак полученного выражения определяет направление сил трения.
3	$M > m \sin \alpha$ $\sum_{j} \mathbf{F}_{\Sigma j} = 0 \Rightarrow$ $\begin{cases} 0 = M\mathbf{g} + \mathbf{T}_{1} \\ 0 = m\mathbf{g} + \mathbf{N} + \mathbf{T}_{2} + \mathbf{F} \end{cases}$	Условие неподвижности каждого их тел в системе при «стремлении» ее движения в направлении опускания груза M .
4	$\begin{cases} 0 = Mg - T \\ 0 = T - mg \sin \alpha - F \Rightarrow \\ F \le \mu N = \mu mg \cos \alpha \end{cases} \xrightarrow{Mg = mg \sin \alpha + F \le} \le mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \Rightarrow$ $m \sin \alpha < M \le m(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$	Условие неподвижности системы в случае $M > m \sin \alpha$
5	$M < m \sin \alpha$ $0 = Mg - T$ $0 = T - mg \sin \alpha - F \implies$ $F \le \mu N = \mu mg \cos \alpha$ $m(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \le M < m \sin \alpha$	Условие неподвижности системы в случае $M > m \sin \alpha$ рассматривается аналогично (4).
Отве	ет: система может находиться в покое при $\mathit{m}(\sin lpha$ -	$-\mu\cos\alpha) \le M \le m(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

8. Задача на расчет работы и мощности

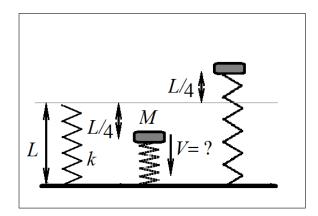


Буксировочный горнолыжный подъемник устроен так, что буксировочный трос всегда направлен параллельно поверхности склона высотой H=100 м и длиной основания L = 300 м. Какова мощность, развиваемая мотором подъемника, если одного горнолыжника массой в M = 75 кг он поднимает на вершину за t = 3 минуты?

Коэффициент трения лыж о снег μ =0.1, а КПД систем удержания и натяжения буксировочного троса η = 75%.

1	$m\mathbf{a} = 0 = \mathbf{F} + M\mathbf{g} + \mathbf{N} + \mathbf{F}_{mp}$ $\mathbf{N} \mathbf{F}_{np} \begin{cases} 0 = N - Mg\cos\alpha \\ 0 = F - F_{mp} \end{cases}$ $F_{mp} = \mu N = \mu Mg\cos\alpha$	Второй закон Ньютона и определение величин сил трения
2	$A^{(mg)} = -MgH$ $A^{(N)} = 0$	Работы силы тяжести и силы реакции опоры
3	$\delta A^{(T_p)} = \mu Mg \cos \alpha \cdot \delta l \cdot \cos \pi = -\mu Mg \cdot \delta L$	Работа сил трения на элементарном отрезке пути δ <i>l,</i> выраженная через длину элемента основания склона δ <i>L</i>
4	$A^{(T_p)} = \sum_{j} \delta A_j^{(T_p)} = -\mu Mg \cdot \sum_{j} \delta L_j = -\mu MgL$	Полная работа силы трения
5	$0 = \delta K = A^{(Mg)} + A^{(N)} + A^{(Tp)} + A^{(F)} \Rightarrow$ $A^{(F)} = MgH + \mu MgL$	Работа силы тяги, действующей на лыжника со стороны троса определяется из теоремы об изменении кинетической энергии.
6	$A^{(Momopa)} = A^{(F)} / \eta = (MgH + \mu MgL) / \eta$ $N^{(Momopa)} = A^{(Momopa)} / t = Mg(H + \mu L) / (\eta t)$	Работа, совершаемая мотором подъемника и его мощность.
5*	$N^{(momopa)} = A^{(momopa)} / t = Mg(H + \mu L) / (\eta t) =$ $= \frac{75 \cdot 10 \cdot (100 + 300 \cdot 0.1)}{0.75 \cdot (3 \cdot 60)} = 722 (Bm)$	Подстановка численных значений.
Отве	ет: развиваемая мотором мощность равна $N^{({\scriptscriptstyle Momopa})}$:	$= Mg(H + \mu L)/(\eta t) = 722 (Bm)$

9. Задача на использование закона сохранения энергии при прямолинейном движении



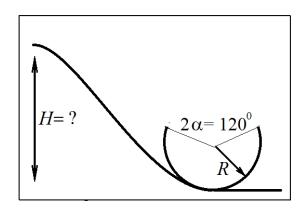
После того, как на прикрепленную к полу идеальную пружину длиной L поставили и закрепили груз, ее длина уменьшилась на четвертую часть от начальной длины. Какую направленную вниз начальную скорость надо сообщить пружине для того, чтобы она смогла поднять груз на максимальную высоту 1.25L от уровня пола? Какова будет скорость груза в момент его, когда пружина будет недеформированной?

Решение:

1		1
1	Mg = kL/4	Условие равновесия груза в
		начальный момент
2		Закон сохранения энергии для
		расчета максимальной высоты
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	·
	$M_{\alpha}L + k(-L)^2 + MV^2 + M_{\alpha}L + k(-L)^2$	подъема груза. За 0
	$-Mg\frac{L}{4} + \frac{k}{2}\left(-\frac{L}{4}\right)^{2} + \frac{MV^{2}}{2} = +Mg\frac{L}{4} + \frac{k}{2}\left(+\frac{L}{4}\right)^{2}$	потенциальной энергии выбрана
		точка на высоте L от пола.
3	MV^2 , L	Решение равнения (2) для
	$\frac{MV^2}{2} = Mg\frac{L}{2} \implies V = \sqrt{gL}$	начальной скорости груза
	<u> </u>	
4	Mu^2 , $L k (L)^2 MV^2$	Закон сохранения механической
	$\frac{Mu^2}{2} + 0 = -Mg\frac{L}{4} + \frac{k}{2}\left(-\frac{L}{4}\right)^2 + \frac{MV^2}{2}$	энергии для расчета скорости
	2 4 2 (4) 2	груза на высоте <i>L</i> .
5	Mu^2 L kL L L L 3	Упрощение (4) с учетом (1).
	$\frac{Mu^2}{2} = -Mg\frac{L}{4} + \frac{kL}{4}\frac{L}{8} + Mg\frac{L}{2} = Mg\frac{L}{4} + Mg\frac{L}{8} = \frac{3}{8}MgL$	
	2 4 4 8 2 4 8 8	
6	$\sqrt{3gl}$	Скорость груза на высоте <i>L</i> .
	$u^2 = \frac{3}{4}gL \implies u = \frac{\sqrt{3gl}}{2}$	
г*	<u> </u>	Проворующие удеружения для также
5*	$\frac{3}{8}MgL = \frac{k}{2}(\delta L)^2 - Mg\delta L = 2\frac{Mg}{I}(\delta L)^2 - Mg\delta L \implies$	Проверка: не ударится ли груз о
	$\begin{bmatrix} 8 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	пол. Проверка необходима,
	$SI = I / A = I^2 / I C = 2 I^2 / I C = 2 I / A = I$	поскольку про упругость пола в
	$\delta L = L/4 + \sqrt{L^2/16 + 3L^2/16} = 3L/4 < L$	условии ничего не сказано

Ответ: начальная скорость груза $V=\sqrt{gL}$, скорость в момент отсутствия деформации пружины $u=\sqrt{3gl}\ /\ 2$

10. Задача на использование закона сохранения механической энергии



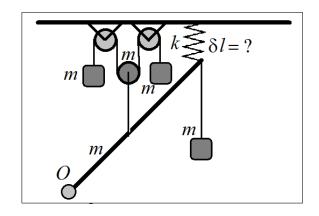
В аттракционе «мертвая петля» удалили часть дуги желоба в верхней части петли радиуса R так, что стягиваемый удаленной частью дуги угол составил 120^{0} . С какой начальной высоты следует запустить безмоторную тележку для того, чтобы она благополучно приземлилась на противоположном краю разрыва желоба? Какую перегрузку испытают пассажиры в нижней части траектории? Трения нет.

Решение:

1	$\begin{cases} \mathbf{r}(t) = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0 t + \mathbf{a}t^2 / 2 \\ \mathbf{v}(t) = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t \end{cases} \Rightarrow \dots \Rightarrow L = \frac{v_0^2}{g} \sin \theta$	Известный вывод известной (2α) формулы для дальности полета
	$ \mathbf{v}(t) = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t$	тела, впущенного под углом к
		горизонту.
2	$L = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\alpha) = 2\frac{v_0^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha = 2R \sin \alpha$	~ 1
	$v_0^2 = \frac{Rg}{\cos \alpha}$	
3		Высота точки старта
	$mgH = \frac{mv_0^2}{2} + mg(R + R\cos\alpha) = mgR\frac{Rg}{\cos\alpha}$	\Rightarrow
	$H = R \left(1 + \cos \alpha + \frac{1}{\cos \alpha} \right) = \frac{5}{2}R$	
4	$mg\frac{5}{2}R = \frac{mv_{\downarrow}^2}{2} \implies v_{\downarrow}^2 = 5gR$	Использование закона сохранения энергии для вычисления скорости в нижней точке траектории
5	$m\mathbf{a} = m\mathbf{g} + \mathbf{N} \implies$	Использование второго закона Ньютона для расчета веса тела в
	$\frac{\mathbf{a} \mathbf{N}}{R} = -mg + N \Rightarrow$	нижней точке мертвой петли и перегрузки.
	$m\mathbf{g}$ $N = mg + 5ng = 6mg \Rightarrow$	
	$Z = \frac{N}{mg} = 6$	
	6	VI 25D ×

Ответ: тележку следует запустить с высоты H = 2.5R, в нижней точке возникнет 6-кратная перегрузка.

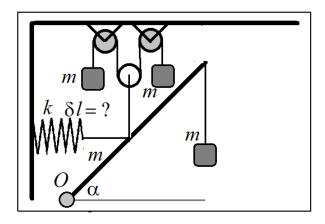
11. Задача на равновесие твердого тела



Жесткий стержень массой m шарнирно закреплен в точке О и неподвижен. К центру стержня прикреплена невесомая нить, связанная с системой блоков (масса подвижного блока m), на которой неподвижно висит два одинаковых груза массой m. К концу стрежня подвешен еще один груз массой m. Дополнительно вся система удерживается пружиной с жесткостью k. Чему равна деформация пружины?

1	$\sum_{m} \mathbf{M}_{j} = 0$ $0 = M_{mg}^{(1)} - M_{T} + M_{mg}^{(2)} - M_{F}$	Условие равновесия твердого тела с закрепленной осью вращения.
2	$0 = mg\frac{L}{2}\sin\alpha - T\frac{L}{2}\sin\alpha + mgL\sin\alpha - FL\sin\alpha \Rightarrow$ $0 = mg - T + 2mg - 2F$	Расшифровка (1): L – длина стержня, α – угол его наклона (не существенны).
3	$T' \longrightarrow T' \qquad \sum_{j} \mathbf{F}_{\Sigma j} = 0 \Rightarrow$ $m\mathbf{g} \longrightarrow m\mathbf{g} \qquad T'' \longrightarrow m\mathbf{g} \qquad \begin{cases} 0 = mg - T' \\ 0 = mg - 2T' + T'' \Rightarrow T = mg \\ 0 = T'' - T \end{cases}$	Условие неподвижности каждого их тел в системе блоков и грузов (положительное направление оси координат - вдоль g)
4	F = mg	Следствие уравнения (2) и результата (3)
5	$F = k \cdot \delta l \Rightarrow \delta l = mg / k$	Работа силы тяги, действующей на лыжника со стороны троса определяется из теоремы об изменении кинетической энергии.
Ответ: для того, чтоб система находилась в равновесии необходимо, чтоб пружина была растянута на $\delta l = mg/k$		

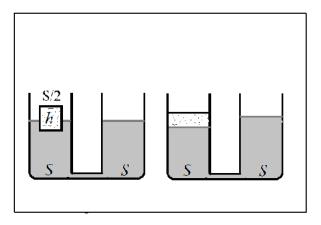
12. Задача на статику



Жесткий стержень массой т шарнирно закреплен в точке О и неподвижен. К центру стержня прикреплена невесомая нить, связанная с системой блоков (подвижный блок имеет пренебрежимо малую массу), которой неподвижно висит два одинаковых груза массой *т*. К концу стрежня подвешен еще один груз массой *т*. Дополнительно вся удерживается горизонтально расположенной пружиной с жесткостью к. Чему равна деформация пружины?

_		
1	$\sum_{j} \mathbf{M}_{j} = 0$ $0 = M_{mg}^{(1)} - M_{T} + M_{mg}^{(2)} - M_{F}$	Условие равновесия твердого тела с закрепленной осью вращения.
2	$0 = mg\frac{L}{2}\sin\alpha - T\frac{L}{2}\sin\alpha - F\frac{L}{2}\cos\alpha + mgL\sin\alpha \Rightarrow$ $0 = (mg - T + 2mg)\sin\alpha - F\cos\alpha$	Расшифровка (1): L – длина стержня, α – угол его наклона (не существенны).
3	$ \begin{array}{ccc} \mathbf{T}' & \mathbf{T}' & \sum_{j} \mathbf{F}_{\Sigma j} = 0 & \Rightarrow \\ \mathbf{T}' & \mathbf{T}'' & m\mathbf{g} & \begin{cases} 0 = mg - T' \\ 0 = -2T' + T'' & \Rightarrow T = 2mg \\ 0 = T'' - T \end{array} $	Условие неподвижности каждого их тел в системе блоков и грузов (положительное направление оси координат - вдоль g)
4	$F = mg \cdot tg\alpha$	Следствие уравнения (2) и результата (3)
5	$F = k \cdot \delta l \Rightarrow \delta l = mg \cdot tg\alpha / k$	Работа силы тяги, действующей на лыжника со стороны троса определяется из теоремы об изменении кинетической энергии.
Ответ: для того, чтоб система находилась в равновесии необходимо, чтоб пружина была растянута на $\delta l = \delta l = m g \cdot t g lpha / k$		

13. Задача на гидростатику



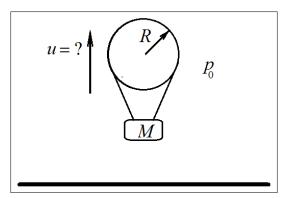
В один из одинаковых сообщающихся сосудов цилиндрической формы, заполненных очень плотной жидкостью («ртутью») с плотностью ρ₁, поместили льдинку в виде высотой h и с в 2 раза меньшей площадью ρ_2 . основания, плотность которой Через некоторое время льдинка растаяла, образовавшаяся вода (по сравнению плотностью ртути ее плотность можно считать такой же, как и у льда) равномерно растеклась по поверхности ртути. На сколько при этом изменился уровень ртути в сосуде, содержащем посторонних тел и веществ?

Решение:

1	$\rho_1 \delta V_{Hg} g = \rho_2 (hS/2)g$	Условие плавания тел: вес жидкости,
		вытесненной погруженной в нее частью
		объема тела δV равен весу тела
2	ρ_2 ρ_2 ρ_3 ρ_4	Подъем уровня ртути в обоих сосудах на
	$\rho_1(2 \cdot \delta H_1)S = \rho_2(hS/2) \implies \delta H = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{h}{4}$	одинаковую высоту (давления ртути на
	$\rho_{\!\scriptscriptstyle 1}$ 4	уровне дна должны быть равными) из-за
		вытеснения жидкости плавающим телом
3	$\int \int \int \int \partial_{x}gH'_{1} + \rho_{2}gh' = \rho_{2}gH'_{2} \Rightarrow$	Условие неподвижности жидкости в
	H 5007	соединении межу сосудами и
	$ \begin{array}{c c} h' \\ H'_1 \end{array} \qquad \qquad$	соответствующая этому условию разность
	n_1 n_2 n_1 n_2	уровней ртути
4	$h'S = hS/2 \implies h' = h/2$	Закон сохранения массы воды (при
-	nS - nS / Z	учете примерного равенства плотностей
		вод и льда) и соответствующая ему
		высота слоя растаявшей воды
		•
5	$\rho_{211} = 1_{(11111111111111111111111111111111111$	Подъем уровня ртути в свободном от
	$\delta H' = \frac{1}{2} (H'_2 - H'_1) = \frac{\rho_2}{\rho_1} h' = \frac{\rho_2}{\rho_2} \frac{h}{2}$	вод сосуде из-за наличия в соседнем
	P_1 P_1 P_2	ρ_{2} ,
		слоя воды $\frac{ ho_2}{h'}$ h'
		$ ho_{ m l}$
6	$\delta H' - \delta H = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{h}{2} - \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{h}{4} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{h}{4}$	Изменение уровня воды в свободном
	$OH - OH = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}$	сосуде в результате таяния льда в
	ρ_{l} 2 ρ_{l} 4 ρ_{l} 4	соседнем.
	ет. в везмитате тадина игиа в одном из сооб	HISIOHHAYCA COCVIIOD VOODEHL DIVITA D

Ответ: в результате таяния льда в одном из сообщающихся сосудов уровень ртути в другом повысится на $\delta H' - \delta H = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{h}{4}$

14. Задача на движение тела в жидкости или газе



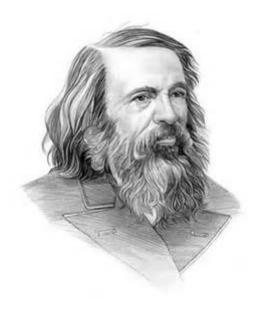
какой постоянной скоростью будет подниматься воздушный шар радиусом R, если он наполнен гелием, находящимся под давлением в полтора раза превосходящим атмосферное p_0 . Температура шара равна температуре окружающего воздуха Т. Суммарная масса оболочки шара и корзин с экипажем – М. Считать, что действующая на шар сила вязкого трения зависит от скорости шара **v** по линейному закону:

$$\mathbf{F} = -\eta \mathbf{v}$$

1	$(M+m)g$ F_u M	$(M + m_{He})\mathbf{a} =$ $= 0 = \mathbf{F}_a + (M + m_{He})\mathbf{g} + \mathbf{F}_u$ $\eta u = F_a - (M + m_{He})g =$ $= (F_a - m_{He}g) - Mg$	Второй закон Ньютона. m_{He} - масса гелия в шаре.	
2	$p_{He}V = \frac{m_{He}}{\mu_{He}}RT \Rightarrow m_{He} =$	$= \frac{\mu_{He} p V}{RT} = \frac{4}{3} \pi R^3 \frac{1.5 \mu_{He} p_0}{RT}$	Масса гелия в шаре.	
3	$m_{\scriptscriptstyle g} = \frac{4}{3} \pi R^3 \frac{\mu_{\scriptscriptstyle g} p_0}{RT}$		Масса втесненного шаром воздуха	
4	$F_{\uparrow} = F_a - F_e = \frac{4}{3}\pi R^3 \frac{\mu_e p_0}{RT}$ $= \frac{4}{3}\pi R^3 \frac{(21 \cdot \mu_H) p_0}{RT} g$ $= \frac{4}{3}\pi R^3 \frac{(21 \cdot \mu_H) p_0}{RT} g$	$g - \frac{4}{3}\pi R^3 \frac{1.5\mu_{\backslash He}p_0}{RT}g = $	Расчет подъемной силы несущей части воздухоплавательного аппарата (разности сил Архимеда и си тяжести, действующей на гелий)	
5	$u = \frac{1}{\eta}(F_{\uparrow} - Mg) = \frac{g}{\eta} \left[\frac{4}{3} \pi R \right]$	$\frac{3}{RT}\frac{(23\cdot\mu_H)p_0}{RT}-M$	Скорость подъема шара (µн — молекулярная масса атомарного водорода).	
Отве	Ответ: постоянная скорость подъема шара $u=\frac{1}{\eta}(F_{\uparrow}-Mg)=\frac{g}{\eta}\bigg[\frac{4}{3}\pi R^3\frac{(23\cdot\mu_H)p_0}{RT}-M\bigg]$ при			
	условии [] > 0.			

РАЗДЕЛ – 2

ТЕРМОДИНАМИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА





Т1 (Б10_1.1)

Основные положения молекулярно-кинетической теории, их опытное обоснование. Масса, размеры и скорости молекул. Взаимодействия молекул.

План ответа

Введение	Методы описания макроскопических ансамблей. МКТ – как основа	
	статистического описания вещества	
1.	Первое положение МКТ. Успехи химии и атомно-молекулярной физики как	
	свидетельство в пользе идеи о существовании молекул. Возможность	
	регистрации положения отдельных молекул.	
2.	Оценки масс отдельных молекул	
3.	Движение молекул. Броуновское движение. Зависимость эффективности	
	броуновского движения от размеров броуновской частицы.	
4.	Случайные блуждания. Диффузия.	
5.	Опыт Штерна по определению скоростей молекул. Характерные скорости.	
6.	Взаимодействия молекул. Природа межмолекулярных сил. Силы Ван-дер-Ваальса.	
7.	Агрегатные состояния вещества	
8.	Оценка размеров молекул	
(*)	Механизм возникновения сил упругости	
(*)	График потенциальной энергии межмолекулярных взаимодействий.	
(*)	Расширение конденсированных тел при нагревании.	
Пример Оценка количества молекул в 1 г воды.		

2.1.1 M		Модели строения газов, жидкостей и твердых тел
П	2.1.2	Тепловое движение атомов и молекул вещества
	2.1.3	Взаимодействие частиц вещества
П	2.1.4	Диффузия. Броуновское движение

Т 2 (Б10_6.1)

Изопроцессы в газах. Уравнение Менделеева-Клапейрона состояния идеального газа.

План ответа

Введение	Понятие идеального газа.
1	Изотермический процесс
2	Изобарический процесс
3	Абсолютная шкала температур
4	Объединенная формула законов Бойля-Мариотта и Гей-Люссака.
5	Закон Шарля.
6	Законы Авагадро и Дальтона
7	Уравнение Менделеева - Клапейрона как обобщение эмпирических законов
	идеального газа.
8	Циклические процессы.
9	Возможность получения свойств изопроцессов из МКТ и уравнения состояния
	идеального газа.
Пример	Насосы

2.1.12	Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц N (с постоянным количеством вещества v): изотерма (T = const): pV = $const$,	
	изохора ($V = \text{const}$): $\frac{p}{T} = \text{const}$,	
	изобара ($p = \text{const}$): $\frac{V}{T} = const$.	
	Графическое представление изопроцессов на pV-, pT- и VT- лиаграммах	

Т 3 (Б. 10_2.1)

МКТ идеального газа. Давление идеального газа. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа

План ответа

Введение Использование в рамках МКТ модели идеального газа позволяет пол		
	между важнейшими микроскопическими и макроскопическими	
	(термодинамическими) характеристиками газов: средней кинетической энергией	
	молекул с одной стороны и давлением и температурой – с другой.	
1	Модель идеального газа	
2	Понятие давления	
3	Давление на стенку сосуда потока одинаковых частиц, летящих с одинаковой	
	скоростью и упруго отражающихся от стенки.	
4	Обобщение результата (3) на случай хаотического движения молекул в	
	изотропном объеме.	
5	Понятие среднего	
6	Связь давления со средним квадратом скорости молекул и средней кинетической	
	энергией молекул.	
7*	Температура и ее измерение. Закон Гей-Люссака. Абсолютная школа температур.	
8*	Закон Бойля-Мариотта. Объединенная формула законов Бойля-Мариотта и Гей-	
	Люссака. Равнение состояния идеального газа.	
9*	Связь температуры со средней кинетической энергией молекул	
10*	Различные подходы к формулировке понятия температуры	
Пример	Изменение давления при изохорическом нагревании	

2.1.5	Модель идеального газа в МКТ: частицы газа движутся			
	хаотически и не взаимодействуют друг с другом			
2.1.6	Связь между давлением и средней кинетической энергией			
	поступательного теплового движения молекул идеального			
	газа (основное уравнение МКТ):			
	$p = \frac{1}{3}m_0n\overline{v^2} = \frac{2}{3}n \cdot \overline{\left(\frac{m_0v^2}{2}\right)} = \frac{2}{3}n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{morr}}}$			
2.1.9	Уравнение $p = nkT$			

Т 4 (Билет 10_3.1)

Модель идеального газа. Опыты Штерна по измерению скоростей молекул. Исследования статистического распределения молекул по скоростям. Распределение Максвелла

План ответа

Введение	Межмолекулярные взаимодействия. Идеальный газ.		
1	Модель идеального газа.		
2	Опыт Штерна		
3	Зависимость получаемой в опыте Штерна картины от параметров установки.		
4	Понятие вероятности ля дискретной и непрерывной случайной величины.		
	Функция распределения.		
5	Упрощающие предположения, сделанные при выводе распределения Максвелла		
6	Распределение Максвелла молекул по х-проекциям скоростей.		
7	Функция распределения молекул по модулю скорости		
(*)	Распределение Больцмана		
(*)	Атмосферы планет		
(*)	Распределение Гиббса		
(*)	Распределение Паллета. Живые и неживые системы		
Пример	Барометрическое распределение		

2.1.8	Связь температуры газа со средней кинетической энергией		
	поступательного теплового движения его частиц:		
	$\overline{\varepsilon_{\text{nocr}}} = \left(\frac{m_0 v^2}{2}\right) = \frac{3}{2} kT$		
2.1.9	Уравнение $p = nkT$		

Т 5 (Билет 10_4.1)

Температура и способы ее измерения. Молекулярно-кинетическое и термодинамическое толкование температуры. Абсолютная шкала температур. Ввод уравнения состояния идеального газа на основе МКТ

План ответа

Введение	Различные способы построения молекулярной физики и соответствующее			
	определение температуры.			
1.	Определение температуры через способ ее измерения.			
2.	Основные типы термометров.			
2.	Градуировка термометров. Шкала температур Цельсия, Фаренгейта.			
3.	Абсолютная шкала температур.			
4.	Определение температуры и постоянной Больцмана из МКТ			
6	Постулаты термодинамики			
7.	Нулевое начало термодинамики.			
8.	Определение температуры как универсальной характеристики термодинамически			
	равновесного состояния. (http://tepka.ru/fizika/6.12.html)			
9.	«Мысленный опыт» с тремя газами.			
10	Возникновение постоянной Больцмана при термодинамическом подходе.			
(*)	Возможность определения температуры через цикл Корно или через			
	распределение Больцмана			
Пример	Закон Гей-Люссака для температурных шкал Цельсия и Кельвина.			

2.2.3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии		
	без совершения работы. Конвекция, теплопроводность,		
	излучение		
2.2.4	Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества с:		
	$Q = cm \Delta T$		
2.2.11	Уравнение теплового баланса: 0 Q1 + Q2 + Q3 + = .		
2.1.9	Уравнение p = nkT		

Т 6 (Билет 10_5.1)

Термодинамическая система и ее параметры. Постулаты термодинамики. Внутренняя энергия. Распределение энергии по степеням свободы. Количество теплоты. Работа в термодинамике. Первое начало термодинамики

План ответа

Введение	Термодинамический и статистический подход к описанию макроскопических систем		
1.	Понятие термодинамической системы		
2.	Постулаты термодинамики		
3.	Внутренняя энергия. Внутренняя энергия идеального газа		
4.	Количество теплоты, теплопередача		
6	Работа, совершаемая при расширении вещества		
7	Тепловые машины		
8	Первый закон термодинамики		
9	Теплоемкость идеального газа при постоянном давлении и постоянном объеме.		
10	Молярная теплоемкость идеального газа при постоянном объеме.		
11	Внутренняя энергия газа из многоатомных молекул.		
12	Теорема о равнораспределении		
(*)	Понятие о квантовании энергии. Зависимость теплоемкости от температуры		
Пример	Тепловой подъемник и его КПД		

2.2.1	Тепловое равновесие и температура			
2.2.2	Внутренняя энергия			
2.2.3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение			
2.2.4	Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества c : $Q = cm\Delta T$.			
2.2.5	Удельная теплота парообразования $r: Q = rm$.			
	Удельная теплота плавления λ : $Q = \lambda m$.			
	Удельная теплота сгорания топлива $q: Q = qm$			
2.2.6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$.			
	Вычисление работы по графику процесса на рV-диаграмме			
2.2.7	Первый закон термодинамики:			
	$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$			

Т 7 (Билет 10_13.1)

Применение первого начала термодинамики к различным изопроцессам. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона

План ответа

Введение	Первое начало термодинамики			
1.	Теплоемкость			
2.	Уравнение политропы			
3.	Изотермический процесс как процесс с бесконечно-большой теплоемкостью.			
	Работа при изотермическом расширении.			
4.	Изобарический процесс (С = Ср). Работа при изобарическом расширении.			
6	Изохорический процесс (C=Cv)			
7.	Адиабатный процесс (качественное описание)			
8.	Уравнение Пуассона.			
9.	Работа при адиабатическом расширении.			
Пример	Цикл Карно.			

	2.2.6	Элементарная	работа	В	термодинамике:	$A = p\Delta V$.
		Вычисление работы по графику процесса на pV-диаграмме				
-	2.2.7	Первый закон термодинамики:				
		$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$				

Т 8 (билет 10_11.1)

Теплоемкость. Теплоемкость идеального газа. Теплоемкость многоатомных газов. Работа при адиабатном процессе.

План ответа

Введение	Теплопередача. Теория теплорода.	
1	Определение теплоемкости тела, удельной и молярной теплоемкостей.	
2	Теплоемкость идеального газа при постоянных риV	
3	Разность молярных теплоемкостей газов при постоянных давлении и температуре. Физический смысл универсальной газовой постоянной.	
4	Теплоемкость и внутренняя энергия идеального газа многоатомных молекул.	
(*)	Адиабатный процесс как политропный процесс с нулевой теплоемкостью	
5	Работа при адиабатном процессе.	
(*)	Зависимость теплоемкости от температуры.	
Пример	Работа и КПД цикла Карно	

2.2.1	Тепловое равновесие и температура			
2.2.2	Внутренняя энергия			
2.2.3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение			
2.2.4	Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества c : $Q = cm\Delta T$.			
2.2.5	Удельная теплота парообразования $r: Q = rm$.			
	Удельная теплота плавления λ : $Q = \lambda m$.			
	Удельная теплота сгорания топлива $q: Q = qm$			
2.2.6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$.			
	Вычисление работы по графику процесса на рУ-диаграмме			
2.2.7	Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$			

Т 9 (билет 10_12.1)

Необратимость процессов в природе. Тепловые машины и принцип их действия. Цикл Карно. КПД тепловой машины. КПД идеальной машины. Второе начало термодинамики.

План ответа

Введение	Проблема необратимости макропроцессов, являющихся совокупностью обратимых
	микропроцессов
1	Примеры необратимых процессов в природе. Первая формулировка ВТОРОГО
	начала термодинамики.
2	Идеализированная тепловая машина и ее КПД
3	Карбюраторный и дизельный двигатели.
4	Теоремы Карно (формулировка)
(*)	Доказательство теорем Карно
5	Вечный двигатель второго рода и вторая формулировка ВТОРОГО начала
	термодинамики.
6	«Школьная» формулировка второго начала термодинамики
7	Цикл Карно и КПД идеальной машины
(*)	Термодинамическое понятие энтропии.
(*)	Статистическое определение энтропии
(*)	Использование понятия энтропии для формулировки второго начала
	термодинамики. термодинамики
(*)	Тепловая смерть Вселенной
8	Механизм возникновения необратимости в макроскопических процессах и
	вероятностный характер второго начала
(*)	Демон Максвелла
9	Открытые системы. Второе начало и самоорганизующиеся системы.
Пример	«Храповик и собачка»

2.2.8	Второй закон термодинамики, необратимость
2.2.9	Принципы действия тепловых машин. КПД:
	$\eta = \frac{A_{\text{3a цикл}}}{Q_{\text{Harp}}} = \frac{Q_{\text{Harp}} - Q_{\text{xon}} }{Q_{\text{Harp}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{xon}} }{Q_{\text{Harp}}}$
2.2.10	Максимальное значение КПД. Цикл Карно
	$max \eta = \eta_{\text{Kapno}} = \frac{T_{\text{narp}} - T_{\text{xon}}}{T_{\text{narp}}} = 1 - \frac{T_{\text{xon}}}{T_{\text{narp}}}$

Т 10 (Билет 10_9.1)

Реальные газы, пар. Понятие фазы. Испарение жидкости и конденсация. Насыщенный пар и его свойства. Метастабильные состояния. Изотерма Эндрюса. Диаграмма состояния вещества координатах p(V). Критическая температура.

План ответа

Введение	Межмолекулярные взаимодействия: идеальный и «реальный» газы. Потенциал
	Леннарда-Джонса
1	Изотерма Эндрюса
2	Понятие фазы. Пар и жидкость (http://tepka.ru/fizika/7.30.html)
3	Испарение жидкости и конденсация.
4	Фазовые переходы первого и второго рода. Удельная теплота фазового перехода.
5	Насыщенный пар и зависимость его давления от объема и температуры.
(*)	Уравнение изотермы Ван-дер-Ваальса
6	Диаграмма состояния вещества в координатах p(V).
7	Критическая температура.
8	Метастабильные состояния вещества.
(*)	Фазовая диаграмма р(Т).
(*)	Серх критический флюид (http://gigabaza.ru/doc/29964-p4.html)
(*)	Уранение Клапейрона- Клаузиуса
	(https://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнение_Клапейрона_—_Клаузиуса)
Пример	Зависимость давления насыщенного пара от температуры
	(http://gigabaza.ru/doc/29964-p4.html)

2.1.13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная
	зависимость плотности и давления насыщенного пара от
	температуры, их независимость от объёма насыщенного
	пара
2.1.15	Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и
	конденсация, кипение жидкости
2.2.5	Удельная теплота парообразования $r: Q = rm$.
	Удельная теплота плавления λ : $Q = \lambda m$.
	Удельная теплота сгорания топлива $q: Q = qm$
2.1.17	Преобразование энергии в фазовых переходах

Т 11 (Билет 10_10.1)

Критическое состояние. Диаграмма состояний вещества в координатах p(T). Критическая температура. Критическая точка. Фазовые превращения второго рода. Кипение жидкости. Зависимость температуры кипения от давления.

План ответа

Введение	Агрегатные состояния вещества.
1	Существование критической температуры как следствие общего вида зависимости
	от температуры плотности жидкости и соответствующего насыщенного пара
	(http://tepka.ru/fizika/7.15.html)
2	Диаграмма состояний вещества координатах р(Т)
3	Критическое состояние вещества
	(http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/100126/Критическое)
	(http://www.studfiles.ru/preview/4574654/page:11/)
4	Критическая точка – точка на фазой диаграмме, соответствующая критическому
	состоянию вещества
	(https://ru.wikipedia.org/wiki/Критическая_точка_(термодинамика))
5	Фазовые переходы первого и второго рода. Удельная теплота фазового перехода.
6	Фазовый переход первого рода в критической точке
	(http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2206/ФАЗОВЫЙ)
(*)	Критическая температура – «температура абсолютного кипения жидкости»
	(Менделеев)
7	Кипение жидкости (http://tepka.ru/fizika/7.30.html)
7	Зависимость температуры кипения от давления
Пример	Зависимость давления насыщенного пара от температуры
	(http://gigabaza.ru/doc/29964-p4.html)

2.1.13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная
	зависимость плотности и давления насыщенного пара от
	температуры, их независимость от объёма насыщенного
	пара
2.1.15	Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и
	конденсация, кипение жидкости
2.2.5	Удельная теплота парообразования $r: Q = rm$.
	Удельная теплота плавления λ : $Q = \lambda m$.
	Удельная теплота сгорания топлива $q: Q = qm$
2.1.17	Преобразование энергии в фазовых переходах

Т 12 (Билет 10_14.1)

Закон Дальтона. Влажность атмосферного воздуха. Измерение влажности.

План ответа

Введение	Влажность воздуха - параметр, весьма важный для прогнозов погоды
1	Закон Дальтона. Парциальное давление
2	Связь закона Дальтона с МКТ
3	Насыщенный пар. Связь давления насыщенного пара с температурой
4	Абсолютная влажность воздуха и парциальное давление водяных паров.
5	Относительная влажность воздуха
5	Точка росы
6	Измерение влажности воздуха (http://biofile.ru/geo/7490.html).
	Гигрометр и психрометр (http://tepka.ru/fizika/7.31.html)
Пример	Абсолютные влажности при температурах 20°C и 100°C при нормальной
	давлении 760 мм Hg

2.1.14	Влажность воздуха.
	Относительная влажность: $\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыц, пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыц, пара}}(T)}$

Т 13 (Билет 10_8.1)

Поверхностные свойства жидкостей. Поверхностная энергия жидкости, поверхностное натяжение. Смачивание и несмачивание. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Капиллярные явления.

План ответа

Введение	Силы, действующие на молекулы.
1	Поверхностная энергия
2	Эксперименты, демонстрирующие тенденцию к минимизации поверхностной
	энергии.
3	Силы поверхностного натяжения.
4	Давление под искривленной сферической поверхностью.
(*)	Давление под искривленной цилиндрической поверхностью.
5	Смачивание и несмачивание. Краевой угол.
5	Капиллярные явления.
Пример	Сколько воды можно хранить в сите?

2.1.13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная
	зависимость плотности и давления насыщенного пара от
	температуры, их независимость от объёма насыщенного
	пара

Т 14 (Билет 10_7.1)

Кристаллы. Анизотропия. Аморфные тела. Упругие свойства твердых тел. Виды деформаций. Обобщенный закон Гука. Модуль Юнга. Запас прочности. Диаграмма напряжений. Тепловое расширение твердых тел.

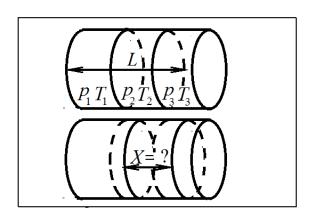
План ответа

Введение	Межмолекулярные силы и агрегатные состояния вещества
1	Кристаллы. Монокристаллы. Кристаллическая решетка.
2	Анизотропия. Дальний порядок.
(*)	Понятие о тензорных характеристиках кристаллов
3	Полиморфизм. Поликристаллы
	Дефекты кристаллических решеток (http://tepka.ru/fizika/7.24.html)
4	Аморфные среды. Ближний порядок.
(*)	Жидкие кристаллы
5	Упругие свойства твердых тел (http://www.studfiles.ru/preview/4298740/)
	Упругие и пластические деформации.
6	Виды деформаций
7	Обобщенный закон Гука. Напряжение. Модуль Юнга. Связь с «классическим»
	законом Гука.
(*)	Энергия деформированного образца (http://www.studfiles.ru/preview/4298740/)
(*)	Понятие деформация анизотропных сред. Тензоры напряжений и деформаций.
	(http://stu.scask.ru/book_tc.php?id=37)
8	Диаграмма напряжений (http://www.studfiles.ru/preview/4298740/),
	(http://stu.sernam.ru/book_sopr.php?id=12)
9	Запас прочности (предел прочности, коэффициент безопасности).
	(http://tepka.ru/fizika/7.27.html)
Пример	Расчет центрифуги с семикратным запасом прочности.

2.2.5	Удельная теплота парообразования $r: Q = rm$.
	Удельная теплота плавления $λ$: $Q = λm$.
	Удельная теплота сгорания топлива $q: Q = qm$
2.1.17	Преобразование энергии в фазовых переходах
1.2.8	Сила упругости. Закон Гука: $F_x = -kx$

<u>ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЙ И ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И</u> МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

1. Задача на законы идеального газа

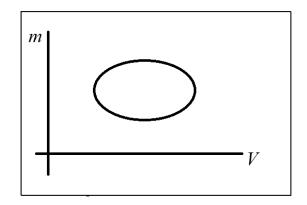


Горизонтально расположенный цилиндрический сосуд длиной L разбит на три одинаковые секции невесомыми проводящими тепло поршнями, закрепленными в начальный момент времени. Между поршнями находятся газы, давления и температуры которых соответственно равны: P_1 , T_1 , p_2 , T_2 , p_3 , T_3 . Поршни отпускают. На каком расстоянии друг от друга окажутся поршни после того, как весь сосуд придет в состояние термодинамического равновесия?

Решение:

1	$p_1' = p_2' = p_3' \equiv p'$	Условие термодинамического
	$T_1' = T_2' = T_3' \equiv T'$	равновесия в сосуде. После
	$I_1 - I_2 - I_3 = I$	достижения равновесия поршни
		можно убрать – давление и
		температура газа не изменятся
2	$p' = p_1'' = p_2'' = p_3'' \equiv p''$	Установившееся давление можно
		найти по закону Дальтона как
		сумму парциальных давлений
		каждого из трех газов во всем
		объеме, лишенном перегородок
3	$p_1^{\prime\prime}V$, p_1V_1 , p_1	Парциальное давление первого
	$\frac{p_1^{"}V}{T'}p_1'' = \frac{p_1V_1}{T_1} \implies p_1'' = \frac{p_1}{3T_1}T'$	газа во всем сосуде, для двух
	1 1 ₁ 31 ₁	остальных – аналогично.
4	$T'(p_1, p_2, p_3)$	Установившееся давление
	$p' = \frac{T'}{3} \left(\frac{p_1}{T_1} + \frac{p_2}{T_2} + \frac{p_3}{T_3} \right)$	
	$3 \begin{pmatrix} I_1 & I_2 & I_3 \end{pmatrix}$	
5	$p_2 L_{\alpha} p'_{\alpha} p_{\alpha} L' T'$	Расчет времени прохождения
	$\frac{p_2}{T_2} \frac{L}{3} S = \frac{p'}{T'} XS \Rightarrow X = \frac{p_2}{T_2} \frac{L}{3} \frac{T'}{p'} =$	грузом половины пути до встречи.
	p_2/T_2	
	$=L\frac{p_2/T_2}{p_1/T_1+p_2/T_2+p_3/T_3}$	
Отве	Ответ: между поршнями установится расстояние $X = \frac{p_2}{T_2} \frac{L}{3} \frac{T'}{p'} = L \frac{p_2/T_2}{p_1/T_1 + p_2/T_2 + p_3/T_3}$	
	T_2	$3 p' p_1/T_1 + p_2/T_2 + p_3/T_3$

2. Задача на циклические процессы



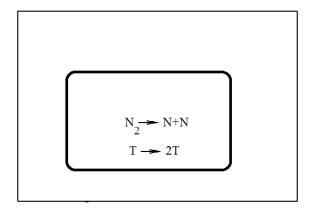
В координатах m(V) изображен циклический изобарический процесс, в ходе которого молекулярная масса газа оставалась постоянной. Укажите на графике точки, соответствующие максимальной и минимальной температуре.

Решение:

1	T_0	$pV = \frac{m}{\mu}RT \implies$ $m = \frac{p\mu}{R} \cdot \frac{1}{T}V = \frac{Const}{T}V$	Из уравнения состояния идеального газа следует, что прямые вида $m = kV$ являются геометрическим местом точек, изображающих состояния с одинаковой температурой.
2	To To V	$T_1 < T_0$	Уменьшение <i>Т</i> приводит к увеличению углового коэффициента (тангенса угла наклона) графика
3	T_1 T_2 T_2 T_2 T_2	$T_2 > T_0$	Увеличение <i>Т</i> приводит к уменьшению углового коэффициента (тангенса угла наклона) графика
4	T_{\min} T_{\min} T_{\max} T_{\max} T_{\max}		Точки, соответствующие пересечениям касательных с графиком. ©
	T _{min} T _{max}	v	Точки экстремумов.

Ответ: Точки максимальной и минимальной температуры лежат на касательных к графику, проведенных из начала координат

3. Задача на уравнение состояния идеального газа

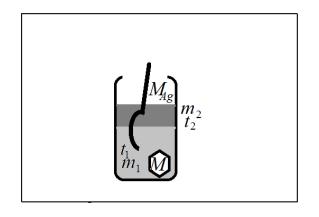


В замкнутом сосуде с неизменным объемом находится молекулярный азот. После того, как абсолютную температуру газа в сосуде увеличили в 2 раза, половина молекул азота диссоциировала на атомы. Во сколько раз изменилось давление газа в сосуде?

Решение:

1	$p_1 V = \frac{m_{N2}}{\mu_{N2}} R T_1$	Уравнение состояния идеального газа (молекулярного азота) до нагревания
2	$p_2'V = \frac{m_{N2}'}{\mu_{N2}}RT_2$	Уравнение состояния идеального газа (молекулярного азота) после нагревания
3	$p_2''V = \frac{m_N}{\mu_N} RT_2$	Уравнение состояния идеального газа (атомарного азота) после нагревания
4	$p_2 = p_2' + p_2''$	Закон Дальтона для смеси молекулярного и атомарного азота после нагревания
5	$p_2V = p_2'V + p_2''V = \left(\frac{m_{N2}'}{\mu_{N2}} + \frac{m_N}{\mu_N}\right)RT_2$	Давление газа после нагревания .
6	$\frac{p_2 V - p_2 V + p_2 V - \left(\frac{1}{\mu_{N2}} + \frac{1}{\mu_N}\right) R T_2}{\frac{m_{N2}}{p_1 V}} = \frac{\left(\frac{m'_{N2}}{\mu_{N2}} + \frac{m_N}{\mu_N}\right) R T_2}{\frac{m_{N2}}{\mu_{N2}} R T_1} = \frac{\frac{m_{N2}}{2} \left(\frac{1}{\mu_{N2}} + \frac{2}{\mu_{N2}}\right) \cdot 2 T_1}{\frac{m_{N2}}{\mu_{N2}} T_1} = 3$	Результат деления (5) на (1) с учетом $\mu_N = \mu_{N2}/2$ и $m'_{N2} = m_N = m_{N2}/2$
Отве	ет: В результате нагревания давление газа возрастет	в 3 раза

4. Задача на тепловой баланс

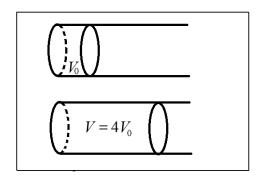


В калориметре находилось $m_1 = 100$ г воды и серебряная ложечка массой $M_{\rm Ag} = 50~\Gamma$ при температуре $t_1 = 20^{0}{\rm C.}$ В калориметр долили еще $m_2 = 50$ г воды при температуре $t_2 = 60^{\circ}$ С, бросили туда $M_{\rm I}$ = 20 г льда при температуре θ = $0^{\bar{0}}$ С и настолько старательно размешали получившуюся смесь, что она начала кипеть. работа была Какая соверена размешивании воды, если удельная теплоемкость серебра $c_{Ag} = 250~\text{Дж кг}^{\text{-1}}~\text{K}^{\text{-1}}$, а удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 340$ кДж/кг? Какая температура бы перемешивание установилась производилось?

Решение:

1	2 2	
1	$\delta Q_{nnas} = \lambda M = 340 \cdot 10^3 \cdot 0.020 = 6.800 \cdot 10^3 (\text{Дж})$	Теплота, необходимая для
		плавления льда
2	c=4.2·10 ³ Дж кг ⁻¹ K ⁻¹	Удельная теплоемкость воды
L;	$\delta Q_{\alpha x_{1}} = c m_{1} t_{1} + c m_{2} t_{2} + c_{A\sigma} M_{A\sigma} t_{1}$	Максимальное количество
3		теплоты, которое может отдать
	$\delta Q_{ox_1} = 4.2 \cdot 10^3 \cdot 0.100 \cdot 20 + 4.2 \cdot 10^3 \cdot 0.050 \cdot 60 +$	система при остывании до 0°C
	$+0.25 \cdot 10^3 \cdot 0.050 \cdot 60 = 21.75 \cdot 10^3 \; (\mathcal{J}\mathcal{H})$	
4	$\delta Q_{nnas} < \delta Q_{oxn}$	Весь лед растает
5	$\delta Q_0 = \delta Q_{oxn} - \delta Q_{nnae} = \delta Q_{oxn} =$	Количество теплоты, которое
	$= cm_1t_1 + cm_2t_2 + c_{Ae}M_{Ae}t_1 - \lambda M$	следует отобрать от начального
	$-cm_1\iota_1+cm_2\iota_2+c_{Ag}m_{Ag}\iota_1-\lambda u$	количества воды с ложкой для их
	$\delta Q_0 = 21.75 \cdot 10^3 - 6.80 \cdot 10^3 = 14.95 \cdot 10^3 (\text{Дж})$	охлаждения до 0^0 C после
	20	топления всего льда
5	$C_{\Sigma} = cm_1 + cm_2 + c_{Ag}M_{Ag} + cM = c(m_1 + m_2 + M) + c_{Ag}M_{Ag}$	Теплоемкость системы, возникшей
	$C_{\Sigma} = 4.2 \cdot 10^3 \cdot (0.100 + 0.05 + 0.020) + 0.25 \cdot 10^3 \cdot 0.050 = 726.5 (\text{Джc/K})$	после таяния льда.
	- , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
6	$\delta O_0 = 14.95 \cdot 10^3$	Установившаяся равновесная
	$\delta Q_0 = C_{\Sigma} t_{\Sigma} \implies t_{\Sigma} = \frac{\delta Q_0}{C_{\Sigma}} = \frac{14.95 \cdot 10^3}{726.5} = 20.6^{\circ} C$	температура.
7	$\delta A = \delta Q_{00 \text{ kunenus}} = C_{\Sigma}(t_{\text{kum}} - t_{\Sigma}) = 726.5 \cdot (100 - 20.6) = 57.7 \cdot 10^{3} (\text{Дж})$	Дополнительная механическая
'	$OA - OZ_{OO}$ кипения $-C_{\Sigma}(t_{\text{кип}} - t_{\Sigma}) - 120.3 \cdot (100 - 20.0) - 31.7 \cdot 10 (Дж)$	работа, необходимая для
	20.400	доведения воды до кипения.
Отве	1 11	акипания нудно совершить работу
	57.7 кДж.	

5. Задача на работу, совершаемую расширяющимся газом



Путем изобарного процесса гелий массой 8 г перевели в состояние, в котором объем газа в четыре раза больше первоначального. Определите работу, которую совершил гелий при своем расширении, изменение его внутренней энергии и количество теплоты, сообщенное газу, если его начальная температура 0°С.

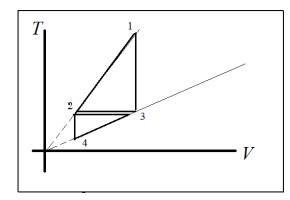
Решение:

1	p $\delta Q = \delta A + \delta U$	График процесса в $p(V)$ и первое
	$V_0 = 4V_0 = V$	начало термодинамики
2	$\delta A = p \delta V = p \left(4V_0 - V_0 \right) = 3 p V_0$	Работа при расширении газа.
3	$pV_0 = \frac{m}{\mu}RT_0 = \frac{m}{\mu}RT_0$	Уравнение состояния идеального газа.
4	$\delta A = 3 p V_0 = 3 \frac{m}{\mu} R T_0$	Работа, совершенная газом при его расширении.
	$\delta A = 3\frac{8}{4}8.31 \cdot (0 + 273) = 13,610 \cdot 10^3 \ (\text{Дж})$	
5	$\frac{pV_0}{T_0} = \frac{pV_1}{T_1} \Longrightarrow T_1 = T_0 \frac{V_1}{V_0} = 4T_0$	Расчет конечной температуры из обобщенной формулы Бойля- Мариотта и Гей-Люссака.
6	$U = \frac{i}{2} vRT \Rightarrow \delta U = \frac{i}{2} vR \delta T = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R(4-1)T_0$	Изменение внутренней энергии газа.
	$\delta U = \frac{38}{24} \cdot 8.31 \cdot 3 \cdot 273 = 20,417 \cdot 10^{3} (\text{Дж})$	
7	$\delta Q = \delta A + \delta U = \left(\frac{i}{2} + 1\right) \frac{m}{\mu} R \cdot 3T_0$	В соответствии с первым началом термодинамики
	$\delta Q = \frac{5}{2} \frac{8}{4} 8.31 \cdot 3 \cdot 273 = 34,029 \cdot 10^{3} (\text{Дж})$	

Ответ: газ совершит работу $\delta A = 3 \frac{m}{\mu} R T_0$ = 13.6 кДж , изменил внутреннюю энергия на .

$$\delta U=rac{i}{2}3rac{m}{\mu}RT_0$$
= 20.4 кДж, получив $\delta Q=\delta A+\delta U$ =34 кДж

6. Задача на работу газа, изменяющего свое состояние по замкнутому циклу

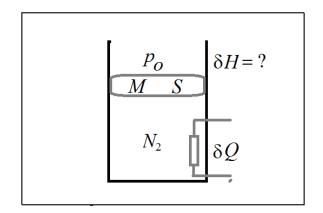


Постройте графики циклических процессов 1-2-3-1 и 2-4-3-2 в координатах p(V) и определите, на каком из процессов газ совершает большую работу за один цикл. Масса и химический состав газа в обоих процессах не изменяются.

Решение:

1	$pV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow \frac{pV}{T} = const$	Уравнение состояния идеального газа и связь между давлением, объемом и температурой в случае постоянных <i>m</i> и µ.
2	$(1-2) \begin{cases} T = const \cdot V \\ V \downarrow \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p = const \\ V \downarrow \end{cases}$	Изобарический процесс
3	$(2-3) \begin{cases} T = const \\ V \uparrow \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} pV = const \\ V \uparrow, p \downarrow \end{cases}$	Изотермический процесс
4	$(3-1) \begin{cases} V = const \\ T \uparrow \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = const \\ p \uparrow \end{cases}$ $(2-4) \begin{cases} V = const \\ T \downarrow \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = const \\ p \downarrow \end{cases}$	Изохорический процесс
5	$ (2-4) \begin{cases} V = const \\ T \downarrow \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = const \\ p \downarrow \end{cases} $	Изохорический процесс .
6	$(4-3) \begin{cases} T = const \cdot V \\ V \uparrow \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p = const \\ V \uparrow \end{cases}$	Изобарический процесс
7	$(3-2) \begin{cases} T = const \\ V \downarrow \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} pV = const \\ V \downarrow, p \uparrow \end{cases}$	Изотермический процесс
8	$ A_{ij} = S_{ij} \implies A_{1234} > A_{2432} $ $A_{1234} < 0 \implies A_{1234} < A_{2432}$	При решении задачи важно направление процесса: работа газа по 1234 отрицательна.
Отве	et: $A_{1234} < A_{2432}$	

7. Задача на первое начало термодинамики

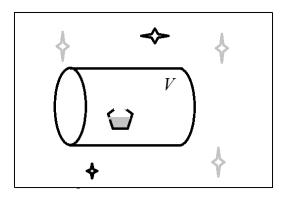


Сосуд, заполненный молекулярным азотом, накрыт сверху способным перемещаться без трения поршнем массой M с площадью поперечного сечения S. Газ B сосуде нагревается с помощью электрической цепи, по которой системе передано δQ теплоты. На какую высоту поднимется поршень, если атмосферное давление равно p_0 ?

Решение:

1	$ \begin{array}{c c} & \mathbf{F}_{p_0} \\ & S \\ & \mathbf{F}_{p} \end{array} $ $ \begin{array}{c} & 0 = M\mathbf{g} + \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_{p_0} \Rightarrow \\ & p = Mg/S + p_0 \end{array} $ $ \begin{array}{c} & N_2 \\ & p \end{array} $	Условие равновесия поршня
2	$\delta Q = p \delta V + \delta U$	Первое начало термодинамики
3	$p \delta V = (Mg / S + p_0) S \cdot \delta H = (Mg + p_0 S) \cdot \delta H$	Работа по расширению газа
4	$\delta U = \frac{i}{2} \nu R \cdot \delta T$	Изменение внутренней энергии газа при нагревании
5	$pV = vRT \implies p\delta V = vR\delta T$	Следствие из уравнения состояния идеального газа
6	$\delta U = \frac{i}{2} \nu R \delta T = \frac{i}{2} p \delta V$	Следствие (4) и (5)
7	$\delta Q = p \delta V + \frac{i}{2} p \delta V = \frac{i+2}{2} \left(Mg + p_0 S \right) \cdot \delta H \Rightarrow$	Высота подъема поршня
	$\delta H = \frac{2\delta Q}{(i+2)(Mg+p_0S)}$	
Отв	ет: поршень поднимется на $\delta H = \frac{2\delta Q}{(i+2)(Mg+p_0S)}$	

8. Задача на влажность воздуха



На космической станции вышел из строя модуль климатического контроля. В результате температура в жилом модуле станции объемом 35 м^3 поднялась до отметки 30^{0} С, а относительная влажность воздуха составила $\eta_1 = 10\%$. Сколько литров воды следует выплеснуть в атмосферу станции космонавтам для обеспечения более комфортных условий работы путем создания воздушной среды с относительной влажностью η₂ = 90%? Сколько влаги в виде конденсата выделится на станции в случае падения температуры воздуха станции до 10°C. Объем станции герметичен, экипаж работает в изолирующих Давления скафандрах. насыщенных паров воды при $30^{0}\mathrm{C}$ и при $10^{0}\mathrm{C}$ равны соответственно $p_{30} = 4.24$ кПа и $p_{10} = 1.23$

Решение:

1	$p_1' = \eta_1 p_{30}$	Парциальное давление паров воды на станции до выпаривания
2	$p_1'V = \frac{m_1'}{\mu}RT_1 \Rightarrow m_1' = \frac{\mu\eta_1 p_{30}V}{RT_1}$ $p_1''V = \frac{m_1'}{\mu}RT_1 \Rightarrow m_1'' = \frac{\mu\eta_2 p_{30}V}{RT_1}$	Масса воды в парообразном состоянии до испарения воды.
3	$p_1''V = \frac{m_1'}{\mu}RT_1 \Rightarrow m_1'' = \frac{\mu\eta_2 p_{30}V}{RT_1}$	Масса воды в парообразном состоянии после испарения воды.
4	$\delta m = m_1'' - m_1' = \frac{\mu \eta_2 p_{30} V}{R T_1} - \frac{\mu \eta_1 p_{30} V}{R T_1} = \frac{\mu p_{30} V}{R T_1} (\eta_2 - \eta_1)$	Масса выпаренной воды.
	$\delta m = \frac{18 \cdot 4.24 \cdot 10^3 \cdot 35}{8300 \cdot (273 + 30)} (0.9 - 0.1) = 0.850 (\kappa \epsilon)$	
5	$p_{10}V = \frac{m_2^{\text{max}}}{\mu}RT_2 \Rightarrow m_2^{\text{max}} = \frac{\mu p_{10}V}{RT_2}$	Максимальная масса воды в насыщенных парах после понижения температуры.
6	$\delta m_2 = m_1'' - m_2^{\text{max}} = \frac{\mu \eta_2 p_{30} V}{R T_1} - \frac{\mu p_{10} V}{R T_2} = \frac{\mu V}{R} \left(\frac{\eta_2 p_{30}}{T_1} - \frac{p_{10}}{T_2} \right)$	Масса конденсата
	$\delta m_2 = \frac{18 \cdot 35}{8300} \left(\frac{0.9 \cdot 4.24 \cdot 10^3}{303} - \frac{1.23 \cdot 10^3}{283} \right) = 0,626 (\kappa \varepsilon)$	

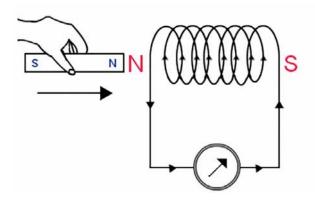
Ответ: необходимо испарить $\delta m = \frac{\mu p_{30} V}{RT_1} (\eta_2 - \eta_1) = 850 (г)$ воды масса выпадающего после

похолодания конденсата составит
$$\delta m_2 = \frac{\mu V}{R} \left(\frac{\eta_2 p_{30}}{T_1} - \frac{p_{10}}{T_2} \right) = 626 \, (\varepsilon)$$

РАЗДЕЛ – 3

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ





Э 1 (Билет 10_2.2)

Электрический заряд, закон сохранения заряда, взаимодействия заряженных тел. Закон Кулона. Элементарный заряд. Опыты Иоффе-Милликена.

План ответа

Введение	Понятие электромагнитных взаимодействий и электростатических
	взаимодействий. Доминирующая роль электромагнитных взаимодействий в
	макро- и ближнем микромире.
1.	Понятие электрического заряда на микро-уровне.
2.	Два типа электрических зарядов.
3.	Закон сохранения электрических зарядов.
4.	Дискретность электрических зарядов.
5.	Принцип суперпозиции.
6.	Закон Кулона.
(*)	Приближенный характер закона Кулона.
7.	Опыты Иоффе- Милликена
Пример	Планетарная модель атома Резерфорда

3.1.1	Электризация тел и её проявления. Электрический заряд. Два вида заряда. Элементарный электрический заряд. Закон
	сохранения электрического заряда
3.1.2	Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона:
	$F = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{ q_1 \cdot q_2 }{r^2}$

Э 2 (Билет 10_11.2)

Электрическое поле. Напряженность электрического поля, линии напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Теорема Гаусса и ее применения.

План ответа

Введение	Концепции дальнодействия и близкодействия.
1.	Электрическое поле как переносчик электрических взаимодействий.
2.	Вектор напряженности электрического поля.
(*)	Способы изображения пространственных распределений электростатических
	полей.
3.	Линии напряженности электрического поля.
4.	Принцип суперпозиции электрических полей.
5.	Понятие потока и циркуляции векторного поля.
6.	Теорема Гаусса для вектора напряженности электрического поля.
(*)	Интегральная и дифференциальная формы записи уравнений электростатики
	вакуума
7.	Электрическое поле сферически симметричных распределений заряда. Картины
	силовых линий и графики $E_x(x)$.
8.	Электрическое поле равномерно заряженной плоскости и плоского
	конденсатора Картины силовых линий и графики Е _х (х).
9	Электрическое поле плоского конденсатора. Картины силовых линий и графики
	$E_{x}(x).$
(*)	Напряженность электрического поля систем с цилиндрической симметрией
	Картины силовых линий и графики E _x (x).
10.	Симметрия между уравнениями электростатики и классической теории
	тяготения
Пример	Модель атома Томсона и мезоатом.

3.1.3	Электрическое поле. Его действие на электрические заряды
3.1.4	Напряжённость электрического поля: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пробный}}}$.
	Поле точечного заряда: $E_r = k \frac{q}{r^2}$, однородное поле: $\vec{E} = \mathrm{const}$.
	Картины линий этих полей
3.1.6	Принцип суперпозиции электрических полей:
	$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots, \phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots$

Э 3 (Билет 10_7.2)

Работа однородном и центральном электрическом поле. Потенциальная энергия и потенциал. Разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и разностью потенциалов.

План ответа

Введение	Возможность упрощения расчетов напряженности электростатического поля за
	счет учета его центральности.
1.	Потенциальная энергия заряда электростатическом поле.
2.	Электрический (скалярный) потенциал.
3.	Принцип суперпозиции для скалярного потенциала, создаваемого системой
	зарядов.
4.	Разность потенциалов и ее связь с напряженностью электростатического поля.
	Напряжение.
(*)	Восстановление напряженности электрического поля по известному потенциалу.
(*)	Уравнение Пуассона для скалярного потенциала
5.	Эквипотенциальные поверхности. Картины эквипотенциальных поверхностей для
	однородного поля и сферически симметричных распределений заряда.
6.	Частный случай однородного электрического поля.
Пример	Использование плоских конденсаторов для управления пуками заряженных
	частиц в ЭЛТ.

3.1.5	Потенциальность электростатического поля.
	Разность потенциалов и напряжение.
	$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU$
	Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле:
	$W = q \varphi$.
	Потенциал электростатического поля: $\phi = \frac{W}{q}$.
	Связь напряжённости поля и разности потенциалов для
	однородного электростатического поля: $U = Ed$.
3.1.6	Принцип суперпозиции электрических полей:
	$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots, \phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots$

Э 4 (Билет 10_4.2)

Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Виды диэлектриков. Напряженность поля близи поверхности проводника. Электростатическая защита.

План ответа

Введение	Вещество с токи зрения электромагнетизма. Индуцированные заряды.
1.	Проводники и и их электростатические свойства.
2.	Электростатическая защита.
3.	Точеный заряд близи плоской поверхности проводника.
4.	Метод изображений.
(*)	Примеры использования метода изображений для расчета электростатических полей при наличии проводников.
5.	Электрический диполь и его поведение во внешнем электрическом поле.
6.	Механизмы поляризации диэлектриков.
(*)	Описание электростатических полей в диэлектриках с помощью векторов E , P и D . Диэлектрическая проницаемость.
(*)	Теорема Гаусса для вектора D и ее использование для расчета электростатических полей в диэлектриках.
(*)	Связь задач электростатики диэлектриков и электростатики проводников.
(*)	«Экзотические» диэлектрики
Пример	Примеры конфигураций электростатических полей при наличии проводников и
	диэлектриков в простейших случаях.

3.1.7	Проводники в электростатическом поле. Условие
	равновесия зарядов: внутри проводника $\vec{E} = 0$, внутри и на
	поверхности проводника ϕ = const.
3.1.8	Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая
	проницаемость вещества ε

Э 5 (Билет 10_5.2)

Электроемкость, электроемкость уединенного проводника, конденсатор. Вывод формулы емкости плоского конденсатора.. Последовательное и параллельное соединение конденсаторов. Энергия системы зарядов. Энергия электростатического поля. Энергия заряженного конденсатора. Плотность энергии электрического поля.

План ответа

Введение	Система заряженных частиц обладает энергией опрос в том, где эта энергия
	располагается.
1.	Емкость уединенного проводника.
(*)	Емкость металлического шарика. Единицы емкости
2.	Взаимная емкость двух проводников. Емкость плоского конденсатора.
3.	Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.
4.	Потенциальная энергия системы точечных неподвижных зарядов.
(*)	Потенциальная энергия непрерывно распределенного заряда. Энергия
	заряженного проводника.
5.	Энергия заряженного конденсатора.
6.	Объемная плотность энергии электрического поля.
(*)	Проблема существования точеного заряда.
Пример	Сферический или цилиндрический конденсатор.

3.1.9	Конденсатор. Электроёмкость конденсатора: $C = \frac{q}{U}$.
	Электроёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} = \varepsilon C_0$
3.1.10	Параллельное соединение конденсаторов:
	$q = q_1 + q_2 + \dots$, $U_1 = U_2 = \dots$, $C_{napan} = C_1 + C_2 + \dots$
	Последовательное соединение конденсаторов:
	$U = U_1 + U_2 + \dots, q_1 = q_2 = \dots, \frac{1}{C_{macr}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$
3.1.11	Энергия заряженного конденсатора: $W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$

Э 6 (Билет 10_6.2)

Классическая теория электропроводности металлов. Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление.

План ответа

Введение	Трудности формулировки закона Ома.
1.	Описание направленного движения зарядов. Сила тока и плотность тока.
(*)	Математическая запись закона сохранения заряда.
2.	Классическая модель проводника. Электронный газ.
3.	Дифференциальная и интегральная формы записи закона Ома для пассивного
	участка цепи.
4.	Электрическое сопротивление и его зависимость от геометрических параметров
	проводника
5.	Удельное сопротивление и его зависимость от температуры.
6.	Трудности классической теории электропроводности металлов.
(*)	Понятие о современных представлениях о механизме электропроводности.
Пример	Использование дифференциальной формы закона Ома для расчетов цепей с
	распределенными параметрами.

3.2.1	Сила тока: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}\Big _{\Delta t \to 0}$. Постоянный ток: $I = const$.
	Для постоянного тока $q = It$
3.2.2	Условия существования электрического тока.
	Напряжение U и ЭДС ε
3.2.3	Закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$
3.2.4	Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления
	однородного проводника от его длины и сечения. Удельное
	сопротивление вещества. $R = \rho \frac{I}{S}$
3.2.10	Свободные носители электрических зарядов в проводниках.
	Механизмы проводимости твёрдых металлов, растворов и
	расплавов электролитов, газов. Полупроводники.
	Полупроводниковый диод

Э 7 (Билет 10_8.2)

ЭДС источника тока. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Короткое замыкание.

План ответа

Введение	Недостаточность электростатических сил для обеспечения протекания тока по
	электрической цепи.
1.	Классическая теория протекания тока по активному (неоднородному) участку
	цепи
2.	ЭДС
3.	Закон Ома для активного (неоднородного) участка цепи.
4.	Закон Ома для замкнутой цепи.
5.	Короткое замыкание
(*)	Механизмы создания ЭДС.
Пример	Параллельное и последовательное соединения источников ЭДС.

3.2.5	Источники тока. ЭДС и внутреннее сопротивление
	источника тока. $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}$
3.2.6	Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи: $\mathcal{E} = IR + Ir$, откуда ε , r R $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$

Э 8 (Билет 10_3.2)

Последовательное и параллельное соединение проводников. Правила Кирхгофа. Шунт к амперметру и добавочное сопротивление к вольтметру. Мостик Уинстона. Потенциометр.

План ответа

Введение	Практическая важность развития методов расчетов цепей постоянного тока (методы обобщаются на переменный ток)
1.	Последовательное соединение проводников.
2.	Параллельное соединение проводников.
3.	Правила Кирхгофа.
4.	Шунт.
5.	Добавочное сопротивление
6.	Идеальные вольтметр и амперметр.
7.	Мостик Уитстона.
8.	Реостат и потенциометр. Регулировка токов и напряжений
(*)	Эквивалентные схемы
9.	Бесконечные «лестницы» и «сетки»
Пример	«Коронная» задача электротехники.

3.2.7	Параллельное соединение проводников: $I = I_1 + I_2 + \dots, U_1 = U_2 = \dots, \frac{1}{R_{\text{manager}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
	Последовательное соединение проводников: $U=U_1+U_2+\dots$, $I_1=I_2=\dots$, $R_{\rm nocn}=R_1+R_2+\dots$

Э 9 (Билет 10_1.2)

Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца. КПД цепей постоянного тока

План ответа

Введение	Современная энергетика и техника преимущественно используют электричество,
	как наиболее универсальный и удобный для производства, транспортировки
	потребления экологически чистый вид энергоносителей.
1.	Определение силы тока.
2.	Определение понятий разности потенциалов и напряжения.
3.	Работа электрического тока по перемещению заряда по участку цепи.
4.	Мощность электрического тока.
5.	Закон Джоуля-Ленца.
6.	КПД электрических цепей постоянного тока.
7.*	Активное и реактивное сопротивления
8.*	КПД электрических цепей переменного тока.
Пример	Простейшая электрическая схема (источник питания-резистор) с максимально
	возможным КПД

3.2.8	Работа электрического тока: $A = IUt$
	Закон Джоуля—Ленца: $Q = I^2 Rt$
3.2.9	Мощность электрического тока: $P = \frac{\Delta A}{\Delta t}\Big _{\Delta t \to 0} = IU$.
	Тепловая мощность, выделяемая на резисторе:
	$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$
	Мощность источника тока: $P_{\mathcal{E}} = \frac{\Delta A_{\text{ст.сил}}}{\Delta t}\Big _{\Delta t \to 0} = \mathcal{E}I$

Э 10 (Билет 10_10.2)

Магнитные взаимодействия. Магнитное поле электрического тока. Вектор индукции магнитного поля, линии магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямого и кругового тока.

План ответа

Введение	Отличия между взаимодействиями покоящихся и движущихся зарядов.
1.	Основные эксперименты, демонстрирующие различные типы магнитных взаимодействий.
	**
2.	Понятие магнитного поля.
3.	Вектор магнитной индукции как характеристика магнитного поля.
4.	Линии магнитной индукции.
5.	Магнитное поле равномерно движущегося заряда.
6.	Магнитное поле системы равномерно движущихся зарядов и его связь с
	электрическим полем подобной системы
7.	Магнитное поле заданного распределения токов.
8.	Закон Био-Савара-Лапласа
9.	Магнитное поле витка с током.
10.	Магнитное поле прямого провода с током
Пример	Различные способы вычисления магнитного поля прямого бесконечного провода
	с током.

3.3.1	Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots$. Линии магнитного поля. Картина линий поля полосового и подковообразного постоянных магнитов
3.3.2	Опыт Эрстеда. Магнитное поле проводника с током. Картина линий поля длинного прямого проводника и замкнутого кольцевого проводника, катушки с током.

Э 11 (Билет 10_9.2)

Сила Ампера. Взаимодействие параллельных токов. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.

План ответа

Введение	Электростатика и магнитостатика
1.	Понятие магнитного поля.
2.	Способы определения вектора В.
3.	Сила Лоренца
4.	Сила Ампера
(*)	Рамка с током в магнитном поле.
5.	Движение заряженных частиц в магнитном поле.
(*)	Фокусировка магнитным полем
(*)	Масс-спектроскопия.
(*)	Движение заряженных частиц постоянных электрическом и магнитном полях
(*)	Невозможность корректного описания магнитных взаимодействий на языке
	классической физики. Релятивистская природа магнитных заимодействий.
Пример	Ускорители заряженных частиц.

3.3.3	Сила Ампера, её направление и величина:
	$F_{\rm A} = IBI \sin \alpha$, где α – угол между направлением
	проводника и вектором \vec{B}
3.3.4	Сила Лоренца, её направление и величина:
	$F_{Aap} = q vB\sin\alpha$, где α — угол между векторами \vec{v} и \vec{B}
	Движение заряженной частицы в однородном магнитном
	поле

Э 12 (Билет 10_14.2)

Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Магнитное поле соленоида и тора. Магнитный поток.

План ответа

Введение	Интегральные характеристике векторных полей. Потенциальные и
	соленоидальные поля.
1.	Вектор магнитной индукции и линии вектора В.
(*)	Поле В, создаваемое равномерно движущимся зарядом и системой равномерно
	движущихся с одинаковой скоростью зарядов.
2.	Поток вектора В через замкнутую поверхность.
(*)	Проблема магнитного монополя.
(*)	Понятие о векторном потенциале.
(*)	Уравнение Пуассона для векторного потенциала. Связь задач электростатики и
	магнитостатики.
3.	Теорема о циркуляции вектора B .
4.	Взаимодействие двух прямых бесконечных проводов с током.
5.	Определение единицы силы тока и единицы заряда в системе СИ
6.	Магнитное поле соленоида.
7.	Магнитное поле тороидальной катушки.
(*)	Магнитное поле магнитного диполя
Пример	Магнитное поле постоянных магнитов

3.4.1	Поток вектора магнитной индукции: $\Phi = B_n S = BS \cos \alpha$
3.4.2	Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции
3.4.3	Закон электромагнитной индукции Фарадея:
	$\mathcal{E}_{i} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \bigg _{\Delta t \to 0} = -\Phi',$
3.4.4	ЭДС индукции в прямом проводнике длиной <i>I</i> , движущемся
	со скоростью \vec{v} в однородном магнитном
	поле \vec{B} :
	$ \mathcal{E}_i = Blv\sin\alpha$, где α – угол между векторами \bar{l}
	\vec{l} и \vec{v} ; если $\vec{l} \perp \vec{B}$ и $\vec{v} \perp \vec{B}$, то $ \mathcal{E}_i = Blv$
3.4.5	Правило Ленца

Э 13 (Билет 10_12.2)

Электромагнитная индукция. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. Первый закон Максвелла.

План ответа

Введение	Фарадей и Максвелл показали, то между электрическими и магнитными
	полями существует тесная связь.
1.	ЭДС деформируемом контуре
2.	Индукционный ток.
3.	Правило Ленца
4.	Вихревое электрическое поле
(*)	Асимметрия закона Фарадея в классической физике
5.	Сила Лоренца как сторонняя сила в источнике ЭДС
6.	Производство электроэнергии
7.	Диамагнетизм
(*)	Торможение индукционными токами.
Пример	Бетатрон

Нужно знать каждому, собирающемуся на ЕГЭ Нужно знать каждому, собирающемуся на ЕГЭ

3.4.1	Поток вектора магнитной индукции: $\Phi = B_n S = BS \cos \alpha$
3.4.2	Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции
3.4.3	Закон электромагнитной индукции Фарадея:
	$\mathcal{E}_{i} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \bigg _{\Delta t \to 0} = -\Phi'_{t}$
3.4.4	ЭДС индукции в прямом проводнике длиной I, движущемся
	со скоростью \vec{v} в однородном магнитном
	поле \vec{B} :
	$ \mathcal{E}_{l} = Blv\sin\alpha$, где α – угол между векторами $l\uparrow$
	\vec{l} и \vec{v} ; если $\vec{l} \perp \vec{B}$ и $\vec{v} \perp \vec{B}$, то $ \mathcal{E}_i = Blv$
2.4.5	П
3.4.5	Правило Ленца

Э 14 (Билет 13.2)

Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Магнитные свойства вещества.

План ответа

Введение	Аналогии между электрическими и магнитными взаимодействиями
1.	Взаимная индукция.
2.	Трансформатор
3.	Самоиндукция. Индуктивность
4.	Пример: индуктивность соленоида.
(*)	Индуктивность тороидальной катушки
5.	Электрическая цепь с резистором и индуктивностью
6.	Энергия, запасенная в катушке с током.
7.	Энергия и объемная плотность энергии магнитного поля.
(*)	Описание магнитных полей в веществе с помощью векторов В, М и Н
8.	Основные типы магнетиков: сверхпроводники, диамагнетики, парамагнетики,
	ферромагнетики.
(*)	Проблемы классического описания магнитных свойств вещества.
Пример	Левитация в магнитном поле. Магнитный подвес.

3.4.2	Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции
3.4.3	Закон электромагнитной индукции Фарадея:
	$\mathcal{E}_{i} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \bigg _{\Delta t \to 0} = -\Phi'_{t}$
3.4.5	Правило Ленца
3.4.6	Индуктивность: $L = \frac{\Phi}{I}$, или $\Phi = LI$.
	Самоиндукция. ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Big _{\Delta t \to 0} = -LI'_t$
3.4.7	Энергия магнитного поля катушки с током: $W_L = \frac{LI^2}{2}$

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 Министра 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 <u>А.П. Ющенко</u>. Затем в довоенные годы кафедру возглавляли: профессора В.Ф. Трояновский, <u>Л.С. Полак</u>. 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, профессорК.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 <u>Инженернофизического</u> факультета.

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

В течение 16 лет с 1957 по 1973 г. под руководством доктора физикоматематических наук, профессора А.Я. Вятскина 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 теплометрии.

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 проверки усвоения знаний, подготовку программнометодического обеспечения по дистанционному обучению студентов через компьютерные сети RUNNET и INTERNET. В этих учебно- и научнометодических направлениях деятельности кафедры принимали активное участие ведущие сотрудники кафедры доценты С.К. Стафеев 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", инновационной образовательной созданной В рамках программы университета информационных Национального исследовательского технологий, механики и оптики. Расположена экспозиция на Васильевского острова, на первом этаже бывшего дома купца Елисеева. применений оптических Знакомит широким кругом оптикоинформационных 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 Magicoflight (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 обеспечивала 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 учебнолабораторной 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 низких температур» (авторы проф. Е.С. Платунов, 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 каждый из которых позволяет выполнить 13 лабораторных работ по изучению физических свойств веществ в области температур от минус 196 °C 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 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, эксперимент изучать температурную позволяя один (теплопроводность, параметров теплоемкость, измеряемых 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. настоящее время создан комплекс автоматизированных приборов, позволяющих изучать кинетику изменения энтальпии, дифференциальной теплопроводности и плавления, влагосодержании материалов животного и растительного происхождения в области температур от минус 30 °C до 40 °C, в условиях замораживания и размораживания разработаны приборы, предназначенных ДЛЯ 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, теплот 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, проведённым доцентом Д.Ю. Ивановым. В 80-ые годы группой сотрудников кафедры были проведены работы корреляционной спектроскопии многократно ПО 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 температур давлений. Результаты исследований, диапазоне И ЭТИХ

проведённых 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 объединением 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 политехническому образованию. Баранов И.В. выступал с УМО по 25 международных всероссийских докладами на И 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 кафедрывключает в себя 30 преподавателей и 10 учебно-вспомагательного 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
- <u>Плазмохимическое моделирование разрядов в газах SF6 и O2</u>
- 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 Sciencecommunications.

Чирцов Александр Сергеевич

Материалы для подготовки к экзамену по механике, молекулярной физике, электростатике и магнитостатике в специализированном классе Университета ИТМО на базе Президентского Лицея (ФМЛ 239)

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