

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Алмалиев А.Н., Крыловецкий А.А., Мармо С.И., Овсянников В.Д.

## **ЗАДАЧИ ФИЗИЧЕСКИХ ОЛИМПИАД**

*Учебное пособие по специальностям 010701(010400) – “Физика”,  
010801(013800) – “Радиофизика и электроника”, 010803(014100) –  
“Микроэлектроника и п/п приборы”, 230201(071900) – “Информационные системы и технологии”, 010300(511800) – “Математика. Компьютерные науки”.*

**ВОРОНЕЖ 2005**

*Утверждено научно-методическим советом  
физического факультета 1 июня 2005 г.*

*Учебное пособие подготовлено на кафедре теоретической физики физического факультета ВГУ.*

*Рекомендуется для студентов, изучающих общий курс физики, специальностей 010400 – “Физика”, 013800 – “Радиофизика и электроника”, 014100 – “Микроэлектроника и п/п приборы”, 202100 – “Нанотехнология в электронике”, 071900 – “Информационные системы и технологии”, 511800 – “Математика. Компьютерные науки”, а также абитуриентов и учащихся специализированных классов.*

*Учебное пособие подготовлено при поддержке со стороны программы “Фундаментальные исследования и высшее образование (BRHE)” U.S. CRDF и МинобрНауки, № VZ-010 и Y2-P-10-09.*

Глубокого понимания физики можно добиться, только решая большое количество задач. Особую ценность представляют задачи, для решения которых требуется не столько владение методами высшей математики, сколько глубокое понимание физики рассматриваемых явлений.

В последние годы большое развитие получила система предметных олимпиад для абитуриентов, в том числе регулярно проводятся олимпиады по физике. Подбору и составлению задач для этих олимпиад уделяется много внимания. Абитуриентам предлагаются сложные задачи по физике, для решения которых от них требуются серьезные знания и понимание физики тех явлений и процессов, которые описываются в задачах. Опыт показывает, что полностью с заданием не справляется ни один абитуриент, и только около 10% участников (победители и призеры) выполняют от 20% до 60% задания. Из этих 10% в силу разных причин меньше половины становятся студентами-физиками. В результате весь богатейший материал, содержащийся в заданиях олимпиады, оказывается невостребованным в учебном процессе, несмотря на то, что сложность задач, предлагающихся на олимпиадах, в силу большого разброса в уровне подготовки абитуриентов и конкурсного характера олимпиад, часто превышает сложность задач, предлагающихся студентам при изучении общего курса физики. *Настоящее учебное пособие разработано для того, чтобы восполнить этот пробел и сделать доступным материалы олимпиад для использования в учебном процессе в университете.*

Данное пособие содержит задания Региональных олимпиад по физике, проводившихся в Воронежском государственном университете в 2004-2005 гг. Оно адресовано студентам, изучающим общий курс физики, и может использоваться на практических занятиях по решению задач. Пособие также будет полезно абитуриентам, желающим попробовать свои силы на Региональной олимпиаде. Для абитуриентов приводятся материалы вступительных испытаний за 2003 и 2004 гг. Они будут полезны студентам для повторения школьного курса физики перед изучением соответствующих разделов общей физики.

## **ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ**

Современный экзамен и олимпиада по физике требуют от участников умения решать как тестовые, так и обычные текстовые задачи разного уровня сложности. Большинство тестовых заданий можно разделить на три группы: 1) стандартные расчетные задачи с выбором ответа; 2) качественные задачи; 3) задания, проверяющие знание основных физических законов непосредственно или на простых примерах. Техника выполнения таких заданий требует внимательного анализа условия и предлагаемых ответов, получения собственного ответа с последующим выбором правильного.

Умение решать текстовые задачи среднего и высокого уровня остается по-прежнему определяющим для успеха на экзамене или олимпиаде. Процесс решения может быть разбит на 4 этапа.

**1. Анализ условия задачи и его наглядная интерпретация посредством схемы или чертежа.** На этом этапе следует уяснить физическое содержание задачи, понять, какие процессы и явления включены в ее условие.

Ознакомившись с условием задачи, не следует пытаться сразу найти искомую величину. Необходимо помнить, что ближайшая цель решения состоит в том, чтобы перейти от физической модели задачи к математической, записав ее условие с помощью формул. Для этого нужно четко представить себе физическое явление, о котором говорится в условии задачи, установить, какие законы физики лежат в основе данного явления, вспомнить математическое выражение этих законов.

Чтобы хорошо понять условие задачи, необходимо сделать схематический чертеж, где, хотя бы условно, указать все величины, характеризующие данное явление. Если при этом окажется, что для полного описания явления надо использовать величины, не фигурирующие в условии задачи, их нужно ввести в решение самим, так как в большинстве случаев без них невозможно найти связь между искомыми и заданными величинами.

Сделав чертеж, следует еще раз прочитать условие задачи и отметить, какие из величин, указанных на чертеже, даны и какие требуется найти.

**2. Составление алгебраических уравнений, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление с количественной стороны.** На этом этапе с помощью физических законов и формул следует установить математическую связь между всеми величинами, введенными в решение при символическом описании рассматриваемого явления. В результате получится одно или несколько уравнений, включающих в себя как заданные, так и неизвестные величины, т.е. физическая задача сводится к математической. При этом особое внимание следует обратить на векторный характер ряда величин, входящих в формулы физики. Для полного определения этих величин необходимо учитывать не только их числовое значение, но и направление. При этом нужно помнить, что модуль и направление – это две неотъемлемые характеристики любого вектора. Если происходит изменение векторной величины, то это значит, что меняется или ее числовое значение, или направление, или то и другое вместе. Векторные величины равны только в том случае, если их модули равны и направления одинаковы.

**3. Совместное решение полученных уравнений относительно искомой величины.** Прежде чем решать составленную систему уравнений, полезно убедиться в том, что число неизвестных равно числу уравнений, иначе система не будет иметь определенного решения. В том случае, если число неизвестных превышает число уравнений, приходится искать дополнительные уравнения. Дополнительные уравнения могут выражать следующие условия: следствия, вытекающие из стандартных упрощающих допущений (например, допущение о невесомости нитей и блоков); связи между видами движения, которые указаны в условии задачи; особые свойства отдельных видов сил (упругости, трения, тя-

готения); разного рода геометрические соотношения, указанные в задаче. Решение системы уравнений желательнее начинать с исключения тех физических величин, которые не требуется находить по условию задачи, и следить за тем, чтобы при каждом алгебраическом действии число неизвестных уменьшалось. Третий этап заканчивается повторной проверкой полученной системы уравнений и решением этой системы.

#### 4. Анализ полученного результата и числовой расчет.

Получив ответ в общем виде, следует проверить правильность расчетных формул по размерности.

В большинстве случаев есть возможность проверить правдоподобность полученного результата. Это можно сделать, если из общего выражения определить, как будет вести себя найденная величина при переходе к предельным значениям параметров, характеризующих физическое явление.

*Характерные ошибки, возникающие при решении задач.*

1. При решении динамических задач не учитывается разное воздействие на движение тел сил трения покоя и сил трения скольжения.
2. При общей правильной формулировке законов Ньютона не фиксируется система отсчета, в которой они выполняются, и не отмечается векторный характер этих законов. Смешиваются понятия центростремительной и центробежной сил.
3. Неправильно определяются направления полного ускорения и равнодействующей силы при неравномерном движении тела по окружности.
4. Неправильно учитывается замкнутость систем при использовании законов сохранения энергии и импульса. Не учитывается также, что механическая энергия сохраняется только при отсутствии сил трения. Часто забывается векторный характер закона сохранения импульса.
5. При описании колебательного движения не учитывают зависимость амплитуды и фазы колебаний тела от внешних условий, вызвавших эти колебания.
6. При решении задач из раздела «Статика» забывается второе условие равновесия твердого тела: условие равенства нулю суммарного момента внешних сил. Возникают трудности при нахождении моментов сил из-за неумения правильно найти плечо силы, при записи правила моментов часто бывают ошибки в знаках слагаемых. Иногда моменты сил находятся относительно разных осей.
7. Возникают ошибки при идентификации изопроцессов, адиабатного процесса и при применении первого закона термодинамики для этих процессов.
8. Незнание выражения для теплоемкости одноатомного идеального газа при постоянном объеме и постоянном давлении часто вызывает трудности при решении термодинамических задач.
9. Многие не знают правильного определения таких понятий, как напряженность электростатического поля, забывают о векторном характере напряженности, не могут использовать принцип суперпозиции полей, не

имеют четкого представления о физическом смысле этих характеристик поля. Не пользуются графическим представлением электрического и магнитного полей.

10. Используя закон Кулона, забывают, что он справедлив только для точечных зарядов или тел со сферически симметричным распределением заряда.
11. Недостаточно глубокое понимание физического содержания закона электромагнитной индукции Фарадея вызывает большие трудности при решении задач на его практическое применение.
12. Много ошибок встречается при решении простых задач на применении формулы рассеивающей линзы и при построении изображения в таких линзах.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ, 2004 Г.

### Задания школьного этапа

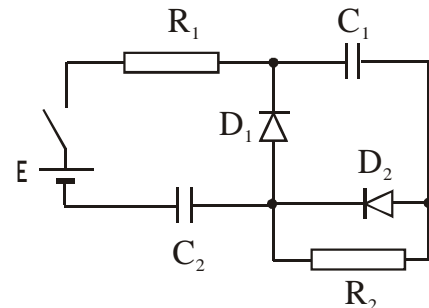
1. Маленькое тело соскальзывает без начальной скорости по внутренней поверхности полусферы с высоты, равной ее радиусу. Одна половина полусферы абсолютно гладкая, а другая – шероховатая, причем на этой половине коэффициент трения между телом и поверхностью  $\mu=0,15$ . Определите ускорение тела  $a$  в тот момент, когда оно только перейдет на шероховатую поверхность.



2. Двое рабочих должны выкопать колодец глубиной  $H=8$  м. До какой глубины  $h$  следует копать первому рабочему, чтобы работа оказалась распределенной поровну? Сечение колодца одинаково по глубине.

3. Вертикально стоящий цилиндр перекрыт поршнем площадью  $S$  и массой  $M$ . Между поршнем и цилиндром есть трение. Поршень начинает опускаться, если на него надавить силой  $F_1$  и подниматься, если его потянуть вверх силой  $F_2$ . Найти давление в цилиндре, если атмосферное давление равно  $p_0$ .

4. В электрической цепи, представленной на рис., диоды  $D_1$  и  $D_2$  идеальные. Считая параметры элементов цепи известными, определите ток через батарею сразу после замыкания ключа и количество теплоты, выделившееся в схеме после замыкания ключа. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



5. Пловец, нырнувший с открытыми глазами, рассматривает из-под воды светящийся предмет, находящийся над его головой на высоте 60 см над поверхностью воды. Какова будет видимая высота предмета над поверхностью воды? Показатель преломления воды  $4/3$ .

6. Солнечная батарея космической станции площадью  $50 \text{ м}^2$  ориентирована перпендикулярно направлению на Солнце. Она отражает половину падающего на

на нее солнечного излучения. Чему равна сила давления излучения на батарею, если мощность излучения, падающего на  $1 \text{ м}^2$  поверхности, равна  $1,4 \text{ кВт}$ .

### Задания вузовского этапа, I тур

#### Вариант № 1

**A1.** Два автомобиля движутся по прямому шоссе: первый - со скоростью  $V^1$ , второй - со скоростью  $4V^1$ . Чему равна скорость первого автомобиля относительно второго?

- 1)  $5V^1$                       2)  $3V^1$                       3)  $-3V^1$                       4)  $-5V^1$

**A2.** На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массы  $1 \text{ кг}$ . Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен  $0,1$ . При действии на тело горизонтальной силы  $0,5 \text{ Н}$  сила трения между телом и поверхностью равна

- 1)  $0,1 \text{ Н}$                       2)  $0,5 \text{ Н}$                       3)  $1 \text{ Н}$                       4)  $1,5 \text{ Н}$

**A3.** Тело массой  $m$  брошено с горизонтальной поверхности со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то модуль изменения импульса тела за время полета равен

- 1)  $0$                       2)  $2mv_0$                       3)  $mv_0 \cdot \cos\alpha$                       4)  $2mv_0 \cdot \sin\alpha$

**A4.** Мяч массой  $400 \text{ г}$  плавает в воде, погружившись в нее наполовину. Какая архимедова сила действует на этот же мяч, плавающий в керосине? (плотность керосина  $800 \text{ кг/м}^3$ ).

- 1)  $2 \text{ Н}$                       2)  $3,2 \text{ Н}$                       3)  $4 \text{ Н}$                       4)  $1,6 \text{ Н}$

**A5.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $30 \text{ м/с}$ . Если принять потенциальную энергию тела в точке бросания равной нулю, то кинетическая энергия тела будет равна половине его потенциальной энергии при подъеме на высоту

- 1)  $50 \text{ м}$                       2)  $20 \text{ м}$                       3)  $30 \text{ м}$                       4)  $15 \text{ м}$

**A6.** Тело массы  $5 \text{ кг}$  совершает гармонические колебания с амплитудой  $10 \text{ см}$ . Если максимальная кинетическая энергия колеблющегося тела равна  $2,5 \text{ Дж}$ , то период колебаний равен

- 1)  $2,12 \text{ с}$                       2)  $0,86 \text{ с}$                       3)  $0,72 \text{ с}$                       4)  $0,63 \text{ с}$

**A7.** Сравните средние квадратичные скорости молекул кислорода и азота воздуха  $v_k$  и  $v_a$  в аудитории.

- 1)  $v_k > v_a$                       2)  $v_k = v_a$                       3)  $v_k < v_a$   
4) ответ зависит от соотношения концентраций газов в воздухе

**A8.** Газу сообщили 100 Дж теплоты, при этом он совершил работу 20 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

- 1) возросла на 100 Дж    2) возросла на 80 Дж    3) возросла на 120 Дж  
4) уменьшилась на 80 Дж

**A9.** Тепловая машина с КПД 60% за цикл работы получает от нагревателя 100 Дж. Какую полезную работу машина совершает за цикл?

- 1) 40 Дж                      2) 60 Дж                      3) 100 Дж                      4) 160 Дж

**A10.** Объем некоторого количества идеального газа увеличился в 2 раза при постоянной температуре. Как изменилось его давление?

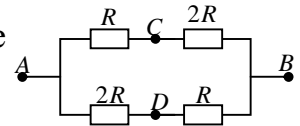
- 1) уменьшилось в 2 раза                      2) увеличилось в 2 раза  
3) увеличилось в 4 раза                      4) не изменилось

**A11.** К незаряженному конденсатору емкостью  $C$  параллельно подключили заряженный до заряда  $q$  конденсатор той же емкости. Энергия системы из двух конденсаторов после их соединения равна

- 1)  $q^2/8C$                       2)  $q^2/4C$                       3)  $q^2/2C$                       4)  $q^2/C$

**A12.** На участок цепи АВ подано напряжение  $U$ . Напряжение между точками С и D равно

- 1)  $3U$                       2)  $U$   
3)  $U/2$                       4)  $U/3$



**A13.** Сопротивление лампочки накаливания в рабочем состоянии 240 Ом. Напряжение в сети 120 В. Сколько ламп включено параллельно в сеть, если мощность, потребляемая всеми лампочками, равна 600 Вт?

- 1) 2                      2) 3                      3) 10                      4) 8

**A14.** Как изменится период обращения заряженной частицы в циклотроне при увеличении ее скорости в 4 раза, если изменением массы частицы можно пренебречь?

- 1) увеличится в 2 раза                      2) увеличится в 4 раза  
3) не изменится                      4) уменьшится в 2 раза

**A15.** Постоянный магнит вдвигают в алюминиевое кольцо южным полюсом. Притягивается кольцо к магниту или отталкивается от него? Какое направление имеет индукционный ток в кольце при наблюдении со стороны магнита?

- 1) притягивается; по часовой стрелке  
2) притягивается; против часовой стрелки  
3) отталкивается; по часовой стрелке  
4) отталкивается; против часовой стрелки



**A16.** Уравнение  $i(t) = 5 \cos 10^5 t$  (А) выражает зависимость силы тока от времени в колебательном контуре. Каково соотношение между энергией электрического поля конденсатора  $W_1$  и магнитного поля  $W_2$  в момент времени, когда  $i = 5$  А?

- 1)  $W_1$  максимальна,  $W_2 = 0$
- 2)  $W_1 = 0$ ,  $W_2$  максимальна
- 3)  $W_1 = W_2$
- 4) соотношение может быть произвольным

**A17.** Среди радиоволн длинного, короткого и ультракороткого диапазонов наибольшую скорость распространения в вакууме имеют волны

- 1) длинного диапазона
- 2) короткого диапазона
- 3) ультракороткого диапазона
- 4) скорости распространения волн всех диапазонов одинаковы

**A18.** Какая линза может дать действительное изображение предмета?

- 1) только собирающая
- 2) только рассеивающая
- 3) и собирающая, и рассеивающая
- 4) линзы не могут давать действительного изображения

**A19.** При освещении катода вакуумного фотоэлемента потоком монохроматического света происходит освобождение фотоэлектронов. Как изменится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при увеличении частоты света в 2 раза?

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) увеличится менее чем в 2 раза
- 3) увеличится более чем в 2 раза
- 4) не изменится

**A20.** Какой порядковый номер в таблице Д.И. Менделеева имеет элемент, который образуется в результате излучения  $g$ -кванта ядром элемента с порядковым номером  $Z$ ?

- 1)  $Z+2$
- 2)  $Z-1$
- 3)  $Z-2$
- 4)  $Z$

**A21.** Проволока выдерживает груз массы  $m = 450$  кг. С каким максимальным ускорением можно поднимать груз массы  $M = 400$  кг, подвешенный на этой проволоке, чтобы она не оборвалась?

- 1)  $2,5 \text{ м/с}^2$
- 2)  $0,5 \text{ м/с}^2$
- 3)  $4 \text{ м/с}^2$
- 4)  $1,25 \text{ м/с}^2$

**A22.** С поверхности Земли произведен выстрел под углом к горизонту. Снаряд разрывается в верхней точке траектории на два осколка равной массы, причем один из них летит назад по первоначальной траектории снаряда. Где упадет второй осколок?

- 1) в точке, где упал бы снаряд
- 2) ближе к месту выстрела, чем точка, где упал бы снаряд
- 3) дальше от места выстрела, чем точка, где упал бы снаряд

4) ближе или дальше точки, где упал бы снаряд в зависимости от начальных условий

**A23.** Как изменится температура идеального газа, если увеличить его объем в 2 раза при осуществлении процесса, в котором  $PV^2 = \text{const}$ ? (  $P$  – давление газа,  $V$  – его объем)

- 1) не изменится  
 2) увеличится в 2 раза  
 3) уменьшится в 2 раза  
 4) увеличится в 4 раза

**A24.** При изобарном расширении идеальный одноатомный газ получил 100 Дж теплоты. При этом он совершил работу, равную

- 1) 80 Дж                      2) 40 Дж                      3) 60 Дж                      4) 50 Дж

**A25.** Чему равна ЭДС самоиндукции катушки индуктивностью 0,5 Гн, если сила тока в ней за 0,1 секунды увеличилась с 3 А до 5 А?

- 1) 2 В                          2) 8 В                          3) 1 В                          4) 10 В

**A26.** Наблюдают два явления: А – радугу на небе, Б – радужное окрашивание мыльных пленок. Эти явления объясняются

- 1) А – дисперсией света, Б – интерференцией света  
 2) А – интерференцией света, Б – дисперсией света  
 3) А и Б – дисперсией света  
 4) А и Б – интерференцией света

**A27.** Как изменится минимальная частота, при которой возникает фотоэффект, если пластинке сообщить положительный заряд?

- 1) не изменится                      2) увеличится                      3) уменьшится  
 4) ответ зависит от рода вещества

**A28.** опыты по наблюдению спектра водорода, находящегося в спектральной трубке, были выполнены дважды. Первый раз в лаборатории на Земле, второй раз — в космическом корабле, движущемся относительно Земли с постоянной скоростью. Какие могли быть различия в наблюдавшихся спектрах?

- 1) спектры были сходными, но все спектральные линии смещены друг относительно друга  
 2) спектры должны быть одинаковы при любых скоростях космического корабля  
 3) спектры могут быть одинаковы только при скоростях корабля много меньших скорости света  
 4) спектры существенно отличались друг от друга

**A29.** Согласно теории Максвелла электромагнитные волны излучаются

- 1) при любом неравномерном движении заряда
- 2) только при гармонических колебаниях заряда
- 3) только при равномерном движении заряда по окружности
- 4) только при равномерном движении электронов по прямой

**A30.** Какого цвета мы видим абсолютно черное тело?

- 1) Черного
- 2) бордово-черного
- 3) любого цвета в зависимости от температуры этого тела
- 4) фиолетово-черного

### Часть 2

**B1.** Из орудия массой 990 кг вылетает горизонтально снаряд массой 10 кг. Какая часть (в процентах) энергии, выделяющейся при взрыве пороховых газов, расходуется на откат орудия?

**B2.** Для повышения относительной влажности на 20% при температуре 20° С в комнате объемом 50 м<sup>3</sup> понадобилось испарить 180 г воды. Найдите плотность (в г/м<sup>3</sup>) насыщенных паров воды при температуре 20° С.

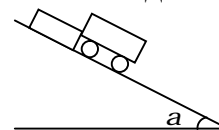
**B3.** Две частицы, имеющие массы 2 и 3 г и заряды 3 и -12 мкКл, удаляются друг от друга. В некоторый момент они находятся на расстоянии 10 м и имеют одинаковые скорости 3 м/с. Найдите наибольшее расстояние между частицами в процессе движения. Гравитационное взаимодействие не учитывать.

**B4.** Мнимое изображение предмета в рассеивающей линзе находится от нее на расстоянии в 2 раза меньшем, чем расстояние от линзы до предмета. Найдите расстояние (в см) от линзы до изображения, если фокусное расстояние линзы 50 см.

**B5.** На дифракционную решетку с периодом 0,2 мм падает перпендикулярно ей свет длины волны 600 нм. Определите, на каком расстоянии (в мм) друг от друга будут располагаться максимумы дифракционной картины нулевого и первого порядка на экране, расположенном на расстоянии 0,5 м от решетки.

### Часть 3

**C1.** На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  удерживаются неподвижно тележка и брусок, расположенные рядом. Их отпускают. На каком расстоянии  $L$  друг от друга окажутся тележка и брусок к моменту, когда брусок пройдет расстояние  $S = 31$  см? Коэффициент трения скольжения между бруском и наклонной плоскостью  $\mu = 0,4$ . Массу колес тележки и трение качения не учитывать.



**C2.** В вертикально расположенном цилиндрическом сосуде находится под поршнем кислород массой  $m = 0,1$  кг. Поршень подвешен на пружине жесткостью  $k = 500$  Н/м. Высота столба кислорода под поршнем при температуре  $t_1 = 0^\circ$  С равна  $h = 60$  см. Пружина при этом не деформирована. До какой температуры нужно нагреть кислород, чтобы поршень поднялся на  $\Delta h = 20$  см?

**С3.** Точечный источник света движется в воде вертикально вниз с постоянной скоростью 1 м/с. Определить скорость движения границы светового пятна на поверхности воды. Показатель преломления воды  $4/3$ .

**С4.** Определите максимальный импульс фотоэлектронов, если задерживающее напряжение для них 3,2 В.

**С5.** Кусочек металлической фольги массой 1 мг освещается лазерным импульсом мощностью 15 Вт и длительностью 0,05 с. Свет падает на плоскость фольги нормально и полностью отражается от нее. Какую скорость приобретет фольга под действием света?

*Вариант № 2*

**A1.** Два катера движутся по озеру со скоростями  $V^1$  и  $(-3V^1)$  соответственно относительно берега. Чему равна скорость первого катера относительно второго?

- 1)  $4V^1$                       2)  $2V^1$                       3)  $-2V^1$                       4)  $-4V^1$

**A2.** На платформе, движущейся по горизонтальной поверхности вправо с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , покоится относительно платформы кирпич массы 6 кг. Коэффициент трения между кирпичом и платформой равен 0,7. Сила трения, действующая на кирпич, равна

- 1) 14 Н и направлена влево                      2) 12 Н и направлена вправо  
3) 12 Н и направлена влево                      4) 14 Н и направлена вправо

**A3.** Тело массой  $m$ , брошенное горизонтально с некоторой высоты с начальной скоростью  $V_0$ , через время  $t$  упало на землю. Чему равен модуль изменения импульса тела за время полета? (сопротивлением воздуха пренебречь).

- 1) 0                      2)  $mV_0$                       3)  $2mV_0$                       4)  $mg t$

**A4.** Как изменится архимедова сила, действующая на корабль, при переходе его из реки в море? (Плотность соленой воды в 1,02 раза выше плотности пресной воды).

- 1) увеличится в 1,02 раза                      2) уменьшится в 1,02 раза  
3) не изменится                      4) увеличится более чем в 1,02 раза

**A5.** Камень брошен под углом  $60^\circ$  к горизонту. Как соотносятся между собой начальная кинетическая энергия  $T_1$  камня с его кинетической энергией  $T_2$  в верхней точке траектории?

- 1)  $T_1 = \frac{3}{4} T_2$                       2)  $T_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} T_2$                       3)  $T_1 = 2T_2$                       4)  $T_1 = 4T_2$

**A6.** Тело массы 50 г совершает колебания на пружине с амплитудой 5 см. Если максимальное значение модуля скорости этого тела равно 5 м/с, то коэффициент жесткости пружины равен

- 1) 1200 Н/м                      2) 500 Н/м                      3) 1000 Н/м                      4) 800 Н/м

**A7.** Средние энергии хаотического движения молекул воды в клетках человека и в кипящей воде соотносятся примерно как

- 1) 0/100                      2) 36/100                      3) 273/373                      4) 309/373

**A8.** Газу сообщили 100 Дж теплоты, при этом он совершил работу 120 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

- 1) увеличилась на 100 Дж                      2) уменьшилась на 120 Дж  
3) уменьшилась на 20 Дж                      4) такой процесс невозможен

**A9.** Тепловая машина за цикл совершает полезную работу 50 Дж и отдает холодильнику 150 Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

- 1) 50%                      2) 25%                      3) 75%                      4) ~33%

**A10.** В термос с водой, имеющей температуру  $0^{\circ}\text{C}$ , опускают кусочек льда той же температуры. В результате этого температура воды

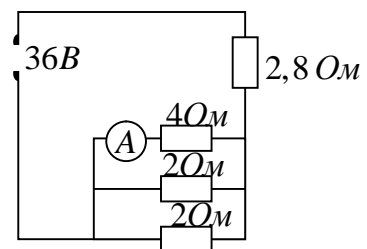
- 1) не изменится, а лед растает                      2) повысится, а лед растает  
3) не изменится, а масса льда возрастет  
4) и масса льда останутся неизменными

**A11.** Плоский воздушный конденсатор электроемкостью  $C$  заряжен зарядом  $q$ . Расстояние между обкладками равно  $d$ . Модуль силы, с которой одна пластина притягивает другую, равен

- 1)  $\frac{q^2}{2dC}$                       2)  $\frac{2q^2}{dC}$                       3)  $\frac{q^2}{4dC}$                       4)  $\frac{4q^2}{dC}$

**A12.** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, показание амперметра равно

- 1) 0,5 А                      2) 1,0 А                      3) 1,5 А  
4) 2,0 А



**A13.** Два резистора с одинаковыми сопротивлениями каждый включаются в сеть постоянного напряжения первый раз параллельно, а второй раз последовательно. Каково соотношение между потребляемыми мощностями в обоих случаях?

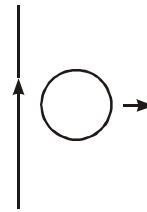
- 1)  $P_1 = P_2$                       2)  $P_1 = 2P_2$                       3)  $P_2 = 2P_1$                       4)  $P_1 = 4P_2$

**A14.** Как изменится период обращения заряженной частицы в циклотроне при уменьшении ее скорости в 2 раза, если изменением массы частицы можно пренебречь?

- 1) увеличится в  $\sqrt{2}$  раз
- 2) не изменится
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) уменьшится в  $\sqrt{2}$  раз

**A15.** Проводящий круговой контур перемещается поступательно с постоянной скоростью в направлении, указанном на рисунке, в поле прямолинейного проводника с током. Об индукционном токе можно сказать, что

- 1) он направлен по часовой стрелке
- 2) он направлен против часовой стрелки
- 3) он возникать не будет
- 4) его направление зависит от модуля индукции магнитного поля



**A16.** Уравнение  $i(t) = 5 \cos 10^5 t$  (A) выражает зависимость силы тока от времени в колебательном контуре. Каково соотношение между энергией электрического поля конденсатора  $W_1$  и магнитного поля  $W_2$  в момент времени, когда  $i = 0$ ?

- 1)  $W_1$  максимальна,  $W_2 = 0$
- 2)  $W_1 = 0$ ,  $W_2$  максимальна
- 3)  $W_1 = W_2$
- 4) правильный ответ не приведен

**A17.** При распространении в вакууме электромагнитной волны

- 1) происходит только перенос энергии
- 2) происходит только перенос импульса
- 3) происходит перенос и энергии и импульса
- 4) не происходит переноса ни энергии, ни импульса

**A18.** На пленке фотоаппарата получено изображение предмета в натуральную величину. На основании этого можно утверждать, что объектив при фотографировании находился от фотопленки на расстоянии,

- 1) равном фокусному
- 2) равном двум фокусным
- 3) больше фокусного, но меньше двух фокусных
- 4) больше двух фокусных

**A19.** Какое из приведенных ниже выражений определяет максимальную энергию фотоэлектронов, освобождаемых фотонами с частотой  $n$  с поверхности тела с работой выхода  $A$ ?

- 1)  $hn$
- 2)  $A - hn$
- 3)  $hn - A$
- 4)  $hn + A$

**A20.** Испускание какого вида излучения не сопровождается изменением ни порядкового номера элемента, ни массового числа атомного ядра?

- 1) альфа-частицы
- 2) бета-частицы
- 3) гамма-кванты
- 4) нет такого излучения

**A21.** К нити подвешен груз. Если поднимать груз с ускорением  $a_1 = 2 \text{ м/с}^2$ , то натяжение нити будет вдвое меньше натяжения, при котором нить разорвется. С каким минимальным ускорением надо поднимать этот груз, чтобы нить разорвалась?

- 1)  $24 \text{ м/с}^2$                       2)  $8 \text{ м/с}^2$                       3)  $12 \text{ м/с}^2$                       4)  $14 \text{ м/с}^2$

**A22.** Снаряд, летящий горизонтально со скоростью  $V$ , разрывается на два осколка одинаковой массы. Один осколок летит вертикально вниз со скоростью  $2V$ . Под каким углом к вертикали летит второй осколок?

- 1)  $0^\circ$                       2)  $30^\circ$                       3)  $45^\circ$                       4)  $60^\circ$

**A23.** Как изменится температура идеального газа, если уменьшить его давление в 2 раза при осуществлении процесса, описываемого соотношением  $P^2V = \text{const}$ ? ( $P$  – давление газа,  $V$  – его объем)

- 1) не изменится                      2) увеличится в 2 раза  
3) уменьшится в два раза                      4) увеличится в 4 раза

**A24.** При изобарном сжатии идеального одноатомного газа над ним совершили работу 80 Дж. На сколько при этом уменьшилась его внутренняя энергия?

- 1) 120 Дж                      2) 80 Дж                      3) 40 Дж                      4) 60 Дж

**A25.** В соленоиде при равномерном изменении силы тока от нуля до 5 А в течение 1 секунды возбуждается ЭДС самоиндукции 10 В. Индуктивность соленоида равна:

- 1) 5 Гн                      2) 2 Гн                      3) 50 Гн                      4) 0,5 Гн

**A26.** Наблюдаются два явления: А – радугу на небе; Б – разложение пучка белого цвета на семь цветов радуги после прохождения призмы. Эти явления объясняются

- 1) А – дисперсией света, Б – интерференцией света  
2) А – интерференцией света, Б – дисперсией света  
3) А и Б – дисперсией света  
4) А и Б – интерференцией света

**A27.** Интенсивность света, падающего на фотокатод, при неизменной частоте, уменьшилась в 10 раз. При этом уменьшилась(-ось):

- 1) скорость фотоэлектронов                      2) энергия фотоэлектронов  
3) число фотоэлектронов в единицу времени  
4) ничего из перечисленного не изменилось

**A28.** Использование понятий или формул специальной теории относительности требуется для

- 1) расчета траекторий полетов космических аппаратов к Луне и Марсу  
2) определения расстояний от Земли до звезд в единицах световых лет  
3) экспериментальной оценке гравитационной постоянной

4) вычисления импульса фотона, энергия которого известна.

**A29.** Согласно теории Максвелла, электромагнитные волны излучаются

- 1) при любом неравномерном движении заряда
- 2) только при гармонических колебаниях заряда
- 3) только при равномерном движении заряда по окружности
- 4) только при равномерном движении электронов по прямой

**A30.** Какого цвета мы видим абсолютно черное тело?

- 1) Черного
- 2) бордово-черного
- 3) любого цвета в зависимости от температуры этого тела
- 4) фиолетово-черного

### Часть 2

**B1.** Человек массой 60 кг стоит на льду рядом с санями массой 40 кг. Человек толкает сани, сообщив им скорость 3 м/с, а сам откатывается в противоположную сторону. Какую работу совершает при этом человек?

**B2.** В комнате при температуре 20 °С относительная влажность воздуха 20 %. Какую массу (в граммах) воды нужно испарить для увеличения влажности до 50 %, если объем комнаты равен 40 м<sup>3</sup> а плотность насыщенного пара воды при температуре 20 °С равна  $17,3 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>?

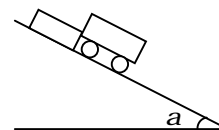
**B3.** Две частицы, имеющие массы 2 г и 3 г и одинаковые заряды 6 мкКл, приближаются друг к другу. В некоторый момент они находятся на расстоянии 30 м и имеют одинаковые скорости 3 м/с. Найдите наименьшее расстояние между частицами в процессе движения. Гравитационное взаимодействие не учитывать.

**B4.** Действительное изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы, находится от нее на расстоянии 8 см. Если собирающую линзу заменить рассеивающей с таким же по величине фокусным расстоянием, мнимое изображение этого предмета будет отстоять от линзы на 2 см. Найдите абсолютную величину фокусного расстояния (в мм) линз.

**B5.** Для определения длины световой волны применена дифракционная решетка, имеющая 150 штрихов на мм. Первый дифракционный максимум на экране находится на расстоянии 10 см от максимума нулевого порядка. Расстояние между экраном и дифракционной решеткой 1,8 м. Определите длину волны света (в нм). Ответ округлите до целых.

### Часть 3

**C1.** На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  удерживается неподвижно тележка и брусок, расположенные рядом. Их отпускают. Какое расстояние  $S$  будет между тележкой и





брусом к моменту, когда тележка пройдет расстояние  $L = 50$  см? Коэффициент трения скольжения между брусом и наклонной плоскостью  $\mu = 0,3$ . Массу колес тележки и трение качения не учитывать.

**С2.** В закрытом откачанном цилиндре, расположенном вертикально, на пружине подвешен скользящий без трения поршень. Положение равновесия поршня находится у дна цилиндра. Под поршень вводится некоторое количество воздуха так, что поршень поднимается на высоту  $h = 10$  см при температуре  $t_1 = 27^\circ \text{C}$ . На какую высоту поднимется поршень, если массу воздуха под ним увеличить в 5 раз, а температуру воздуха поднять до  $t_2 = 37^\circ \text{C}$ ?

**С3.** Бассейн с зеркальным дном глубиной 2 м заполнен водой. На расстоянии 1 м под поверхностью воды находится точечный источник света. Определить радиус светового пятна на поверхности воды. Показатель преломления воды  $4/3$ .

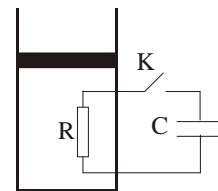
**С4.** Катод фотоэлемента облучается монохроматическим светом с длиной волны 400 нм. Энергия светового потока, падающего за 10 с на катод, равна 0,15 Дж. Определите силу тока насыщения фотоэлемента.

**С5.** С какой скоростью растет толщина покрытия стенки серебром при напылении, если атомы серебра, обладая энергией  $10^{-17}$  Дж, производят давление на стенку 0,1 Па? Атомная масса серебра 108, плотность  $10,5 \text{ г/см}^3$ .

### Задания вузовского этапа, II тур

**1.** Два одинаковых бруска массы  $M$  каждый скреплены невесомой пружиной и лежат на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения между брусками и плоскостью равен  $k$ , а трение пружины о плоскость отсутствует. Плоскость начинают медленно наклонять так, что пружина сохраняет горизонтальное положение. При каком угле наклона плоскости к горизонту  $\alpha$  бруски начнут скользить по ней? Первоначальная сила натяжения пружины  $T_0$ .

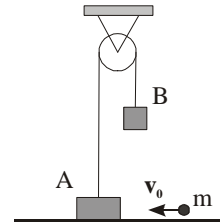
**2.** Вертикально расположенный гладкий теплоизолирующий цилиндр диаметром  $d = 1$  см, закрытый невесомым теплоизолирующим поршнем, заполнен идеальным одноатомным газом. Внутри цилиндра находится резистор  $R$  с большим сопротивлением, который с помощью ключа  $K$  можно соединить с конденсатором емкостью  $C = 1 \text{ мкФ}$ , заряженным до напряжения  $U = 200 \text{ В}$ . Подводящие провода имеют ничтожно малое сопротивление и не нарушают герметичности цилиндра. На какое расстояние  $h$  поднимется поршень после замыкания ключа и установления теплового равновесия? Атмосферное давление  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ .



**3.** В стеклянной банке объемом 1 л, закрытой завинчивающейся крышкой, при температуре  $100^\circ \text{C}$  находятся 0,5 л воды и насыщенный водяной пар. Какой момент силы нужно приложить к крышке, чтобы отвернуть ее после того, как банка с ее содержимым остынет до температуры  $20^\circ \text{C}$ ? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $20^\circ \text{C}$  составляет 2,3 кПа. Атмосферное давле-

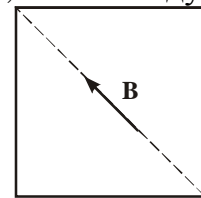
ние  $10^5$  Па. Радиус крышки 4 см, коэффициент трения между плоскостью крышки и верхней частью банки 0,2. Массой крышки и трением в резьбовом соединении крышки с банкой пренебречь.

4. Два бруска А и В массами  $m_1 = 90$  г и  $m_2 = 50$  г соединены нитью, перекинутой через блок, причем брусок А покоится на гладком горизонтальном столе на  $h = 0,6$  м ниже блока, а брусок В висит над столом. В брусок А попадает пуля массой  $m = 10$  г, летевшая со скоростью  $v_0 = 20$  м/с, и застревает в нем. Определить, на какое максимальное расстояние сместится тело А по столу. Размером блока пренебречь.



5. К батарее с ЭДС последовательно подключены три конденсатора с емкостями С, 2С и 3С. Конденсатор 2С отключили, поменяли местами его выводы и подключили обратно. Найдите изменение заряда на конденсаторе емкостью С.

6. На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жесткая тонкая квадратная рамка из однородного куска проволоки со стороной  $a$ . Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, линии индукции которого параллельны одной из диагоналей рамки. Масса рамки  $M$ , величина индукции  $B$ . Какой силы ток нужно пропустить по рамке, чтобы она начала приподниматься относительно одной из вершин квадрата?



7. Тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием  $F = 15$  см прикреплена к стенке аквариума, заполненного водой (показатель преломления воды  $n = 4/3$ ). На линзу под углом  $\alpha$  к главной оптической оси падает параллельный пучок света. Известно, что луч, прошедший сквозь линзу на расстоянии  $h$  от ее оптического центра, не изменяет своего направления. Найдите  $h$ , если  $\operatorname{tg} \alpha = 0,08$ . Стенки аквариума являются тонкими плоскопараллельными пластинами.

### Задания заключительного (межвузовского) этапа

1. Начальный участок трассы скоростного спуска, расположенный вниз по склону горы с углом наклона  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту, горнолыжник прошел, не отталкиваясь палками. Какую максимальную скорость мог развить спортсмен на этом участке, если его масса  $m = 70$  кг? Коэффициент трения лыж о снег  $\mu = 0,1$ , сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости:  $F = \beta v^2$ , где постоянный коэффициент  $\beta = 0,9$  кг/м.

2. Модель тележки на гусеничном ходу поставили на наклонную плоскость с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  и отпустили. Найти ускорение модели. Длина модели  $L = 50$  см, высота  $h = 2$  см. Гусеницы сделаны из резины, их масса составляет 80% от массы всей модели. Гусеницы по поверхности не скользят. Трение в механизмах модели пренебрежимо мало.

3. На гладкой горизонтальной плоскости лежат три одинаковые маленькие заряженные шайбы, связанные между собой отрезками тонкой нерастяжимой ни-

ти так, что шайбы находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $b$ . Масса шайбы равна  $m$ , а заряд  $q$ . Одну из нитей пережигают, и шайбы начинают двигаться. Найти максимальную скорость центральной шайбы.

4. На плоскую поверхность тонкой плосковыпуклой линзы нанесено абсолютно отражающее покрытие. На выпуклую поверхность этой линзы падает узкий пучок импульсного лазерного излучения с энергией  $E = 4$  Дж и длительность импульса  $\tau = 10^{-4}$  с. Падающий пучок распространяется параллельно главной оптической оси линзы на расстоянии  $h = F / 2\sqrt{3}$  от оси, где  $F$  = фокусное расстояние линзы. Найдите величину средней силы, действующей на линзу со стороны света, если половина лазерного излучения поглощается в линзе. Отражением от поверхности линзы без покрытия пренебречь.

5. Жидкость и ее насыщенный пар находятся в цилиндре под поршнем при некоторой температуре. При медленном изобарическом нагреве температура системы повысилась до  $100^\circ\text{C}$ , а объем увеличился на 54 %. На сколько градусов нагрели содержимое цилиндра, если масса пара вначале составляла  $2/3$  от полной массы смеси? Начальным объемом жидкости по сравнению с объемом системы пренебречь.

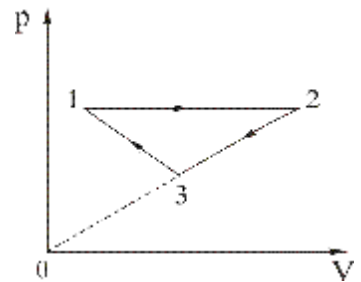
## РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ, 2005 Г.

### Задания школьного этапа

1. Летящий вертикально вверх снаряд взорвался на максимальной высоте. Осколки снаряда выпадают на землю в течение промежутка времени  $\tau$ . Найдите скорость осколков в момент взрыва, считая её одинаковой для всех осколков.

2. После первого удара молотком по гвоздю длиной  $L$  тот входит в доску на глубину  $L/k$ , где  $k > 1$ . Сколько ударов необходимо сделать, чтобы забить гвоздь полностью? Считать, что сила взаимодействия гвоздя с материалом доски пропорциональна глубине погружения гвоздя.

3. На рисунке для  $\nu$  молей гелия показан цикл, состоящий из двух участков линейной зависимости давления газа от его объема и изобары. При изобарическом процессе газ совершил работу  $A$ , и его температура увеличилась в 4 раза. Температуры в состояниях 1 и 3 равны. Точки 2 и 3 лежат на прямой, проходящей через начало координат. Определите температуру газа в состоянии 1 и работу газа за весь цикл.



4. Свинцовая проволочка диаметром  $d_1 = 0,3$  мм плавится при пропускании через нее тока  $I_1 = 1,8$  А, а проволочка диаметром  $d_2 = 0,6$  мм – при токе  $I_2 = 5$  А. При каком токе разорвет цепь предохранитель, составленный из двадцати тонких проволочек и одной толстой, соединенных параллельно? Длины всех проволочек считать одинаковыми.

5. Какую максимальную механическую мощность может развить электромотор при подключении его к сети постоянного тока с напряжением  $U$ , если омическое сопротивление между клеммами мотора равно  $R$ , а статор мотора изготовлен из постоянного магнита?

6. К источнику с ЭДС подключили последовательно соединенные конденсатор, катушку индуктивности и полупроводниковый диод, имеющий в проводящем направлении бесконечно малое, а в обратном направлении – бесконечно большое сопротивление. Пренебрегая сопротивлением источника и проводов, найти установившееся напряжение на конденсаторе.

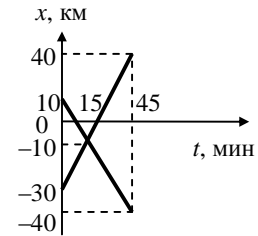
7. Точечный источник света находится на главной оптической оси на расстоянии  $d = 60$  см от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 15$  см. Линзу сместили вверх на расстояние  $L = 2$  см в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси. На сколько и куда надо сместить источник света, чтобы его изображение вернулось в старое положение?

### Задания вузовского этапа, I тур

#### Вариант № 1

A1. На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени. Модуль их относительной скорости равен...

- 1) 140 км/ч      2) 150 км/ч  
3) 160 км/ч      4) 170 км/ч



A2. Вертикальная стенка, к которой приложен брусок, движется с ускорением  $a$  в горизонтальном направлении. С каким ускорением движется брусок вниз относительно стенки, если коэффициент трения скольжения бруска о стенку равен  $\mu$ .

- 1)  $\frac{g}{m} - a$       2)  $\frac{g}{m} + a$       3)  $g + at$       4)  $g - at$

A3. Тело, брошенное под углом к горизонту, в верхней точке траектории имеет полное ускорение  $12 \text{ м/с}^2$ . Если масса тела 1 кг, то сила сопротивления среды в этой точке равна...

- 1) 2,0 Н      2) 22,0 Н      3) 15,6 Н      4) 6,6 Н

A4. На столе лежит однородный стержень массой 6 кг так, что две трети его длины находятся за краем стола. Какую минимальную вертикально направленную силу надо приложить к концу стержня, чтобы удержать его на столе в горизонтальном положении.

- 1) 40 Н      2) 30 Н      3) 15 Н      4) 45 Н

**A5.** Тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту. Каково отношение потенциальной энергии к кинетической энергии в высшей точке траектории?

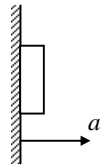
- 1) 1,73                      2) 0,866                      3) 0,577                      4) 3

**A6.** Груз массой 400 г, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см и циклической частотой 4 рад/с.

Максимальная потенциальная энергия колебаний груза составляет...

- 1) 5,0 мДж                      2) 7,5 мДж                      3) 10,0 мДж                      4) 12,5

мДж



**A7.** Два пластилиновых шарика массами  $m_1 = 0,1$  кг и  $m_2 = 0,2$  кг летят навстречу друг другу со скоростями  $v_1 = 20$  м/с и  $v_2 = 10$  м/с. Столкнувшись, они слипаются. На сколько изменилась внутренняя энергия шариков при столкновении?

- 1) 19 Дж                      2) 20 Дж                      3) 30 Дж                      4) 40 Дж

**A8.** Сравните средние квадратичные скорости молекул кислорода и азота воздуха  $v_k$  и  $v_a$  в аудитории.

- 1)  $v_k > v_a$                       2)  $v_k = v_a$                       3)  $v_k < v_a$

4) ответ зависит от соотношения концентраций газов в воздухе

**A9.** Удельная теплоемкость свинца равна 130 Дж/(кг·К). Какое количество теплоты необходимо для нагревания свинца массой 100 г на 20 К?

- 1) 390 Дж                      2) 26 кДж                      3) 260 Дж                      4) 39 кДж

**A10.** Объем идеального газа уменьшается на одну и ту же величину в различных процессах: изобарном (1), изотермическом (2) и адиабатном (3). Выберите верное соотношение между величинами работ внешних сил в этих процессах.

- 1)  $A_2 > A_3 > A_1$                       2)  $A_3 > A_2 > A_1$   
3)  $A_3 > A_1 > A_2$                       4)  $A_1 > A_2 > A_3$

**A11.** В процессе конденсации:

- 1) возрастает кинетическая энергия частиц вещества  
2) возрастает потенциальная энергия взаимодействия частиц вещества  
3) уменьшается кинетическая энергия частиц вещества  
4) уменьшается потенциальная энергия взаимодействия частиц вещества

**A12.** Газу сообщили 200 Дж теплоты, при этом он совершил работу 120 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

- 1) возросла на 100 Дж    2) возросла на 80 Дж    3) возросла на 120 Дж  
4) уменьшилась на 80 Дж

**A13.** Определите относительную влажность воздуха при температуре  $18^\circ\text{C}$ , если точка росы равна  $9^\circ\text{C}$ . Давление насыщенных паров воды при температуре  $18^\circ\text{C}$  равно 2066 Па, при температуре  $9^\circ\text{C}$  равно 1147 Па.

- 1)  $\approx 100\%$                       2)  $\approx 80\%$                       3)  $\approx 56\%$                       4)  $\approx 50\%$

**A14.** Два заряженных одинаковых шарика массой  $m$  подвешены на нитях длиной  $l$  в одной точке и разошлись так, что угол между ними стал прямым. Чему равен заряд каждого из шариков?

- 1)  $l\sqrt{8pe_0mg}$                       2)  $l\sqrt{4pe_0mg}$                       3)  $l\sqrt{2pe_0mg}$                       4)  $l\sqrt{pe_0mg}$

**A15.** Электрон движется по направлению силовых линий однородного электрического поля с напряженностью  $E$ , имея в некоторой точке скорость  $V$ . На каком расстоянии от этой точки его скорость станет равной нулю? ( $e$  и  $m$  – заряд и масса электрона)

- 1)  $mV/(2eE)$                       2)  $mV^2/(2eE)$                       3)  $2eE/(mV)$                       4)  $2eE/(mV^2)$

**A16.** Амперметр сопротивлением  $5$  Ом при включении в цепь с сопротивлением  $200$  Ом показал ток  $40$  А. Тогда, если отключить амперметр, сила тока в цепи составит:

- 1)  $38$  А                      2)  $39$  А                      3)  $43$  А                      4)  $41$  А

**A17.** Специальную проволоку использовали в качестве нагревательного элемента, подключая ее к электрической сети. Далее проволоку разрезали пополам. Полученные куски соединили параллельно и подключили к той же сети. Как изменилась при этом мощность?

- 1) не изменилась                      2) увеличилась в 4 раза  
3) уменьшилась в 2 раза                      4) уменьшилась в 4 раза

**A18.** Два электрона движутся в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля, по окружностям радиусов  $R_1$  и  $R_2$ . Определите отношение их кинетических энергий ( $E_1/E_2$ ).

- 1)  $(R_2/R_1)^2$                       2)  $R_2/R_1$                       3)  $(R_1/R_2)^2$                       4)  $R_1/R_2$

**A19.** Катящийся по горизонтальной дороге металлический обруч радиусом  $50$  см падает на Землю. Какой заряд пройдет по обручу, если сопротивление единицы длины обруча  $1$  Ом/м, а вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли  $5 \cdot 10^{-8}$  Тл?

- 1)  $1,25 \cdot 10^{-8}$  Кл                      2)  $0,25 \cdot 10^{-8}$  Кл                      3)  $0,5 \cdot 10^{-8}$  Кл                      4)  $10^{-8}$  Кл

**A20.** Через катушку индуктивности с коэффициентом самоиндукции  $L$  течет переменный ток, частота которого  $\nu$ . Какой будет частота изменения энергии магнитного поля катушки индуктивности, если индуктивность катушки увеличить в 3 раза и частоту тока также увеличить втрое?

- 1)  $\nu$                       2)  $3\nu$                       3)  $9\nu$                       4)  $6\nu$

**A21.** На поверхность тонкой прозрачной пленки нормально падает пучок белого света. В отраженном свете пленка окрашена в зеленый цвет. При плавном увеличении толщины пленки ее окраска будет

- 1) оставаться прежней
- 2) смещаться к красной области спектра
- 3) смещаться к синей области спектра
- 4) темнеть до черного цвета

**A22.** Человек переводит взгляд с неба на раскрытую книгу. Как изменится оптическая сила хрусталика нормального глаза?

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится
- 4) может увеличиться или уменьшится

**A23.** Частота красного света в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Импульс фотона красного света по отношению к импульсу фотона фиолетового

- 1) больше в 4 раза
- 2) меньше в 4 раза
- 3) больше в 2 раза
- 4) меньше в 2 раза

**A24.** Работа выхода фотоэлектронов для натрия равна 2,3 эВ. С какой максимальной кинетической энергией вылетают фотоэлектроны из натриевого фотокатода, освещенного светом частотой  $7,5 \cdot 10^{14}$  Гц?

- 1) 3,09 эВ
- 2) 2,3 эВ
- 3) 0,79 эВ
- 4) 0

**A25.** Как инфракрасное излучение воздействует на живой организм?

- 1) вызывает фотоэффект
- 2) охлаждает облучаемую поверхность
- 3) нагревает облучаемую поверхность
- 4) способствует загару

**A26.** На горизонтальной поверхности платформы, движущейся вправо с ускорением  $a$ , покоится кирпич массы  $m$ . Коэффициент трения кирпича о поверхность платформы  $\mu$ . Чему равна и как направлена сила трения, действующая на кирпич?

- 1)  $\mu mg$ , влево
- 2) равна нулю
- 3)  $ma$ , вправо
- 4)  $\mu mg$ , вправо

**A27.** Протон сталкивается с неподвижным ядром изотопа водорода  ${}^2_1\text{H}$  - дейтерия. После столкновения скорость ядра дейтерия  $v$ , скорость протона  $2v$ , угол между векторами скоростей протона и ядра дейтерия равен  $90^\circ$ . Каким был модуль скорости протона перед столкновением? Масса ядра дейтерия в 2 раза больше массы протона.

- 1)  $v$
- 2)  $2v$
- 3)  $v\sqrt{5}$
- 4)  $2v\sqrt{2}$

**A28.** Оцените максимальный возможный радиус полости, образующейся при подводном взрыве на глубине 100 м заряда взрывчатого вещества массой 300

кг. Энергия, выделяющаяся при взрыве 1 кг взрывчатого вещества, равна 15 МДж.

- 1) 1 м                                      2) 10 м                                      3) 100 м                                      4) 1000 м

**A29.** Полная энергия ракеты, летящей с близкой к световой скоростью, в 2 раза больше ее энергии покоя. Чему равна скорость ракеты? ( $c$  – скорость света)

- 1)  $\sqrt{2}c$                                       2)  $c$                                       3)  $\frac{\sqrt{3}}{2}c$                                       4)  $\frac{3}{4}c$

**A30.** Какой объект может двигаться со скоростью, большей скорости света?

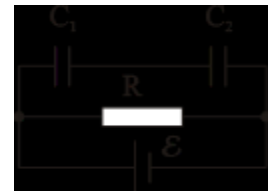
- 1) солнечный зайчик на отдаленной стене относительно стены  
2) протон в ускорителе относительно Земли  
3) электромагнитная волна относительно движущегося источника света  
4) ни один из объектов, так как это принципиально невозможно

### Часть 2

**B1.** Определите максимальную долю энергии (в процентах), которую может передать движущийся нерелятивистский протон неподвижному электрону при упругом столкновении.

**B2.** В двух теплоизолированных сосудах, соединенных тонкой трубкой с краном, находится гелий в количествах 2 моль и 3 моль при температурах 300 К и 400 К соответственно. Какой станет температура после открывания крана и установления теплового равновесия?

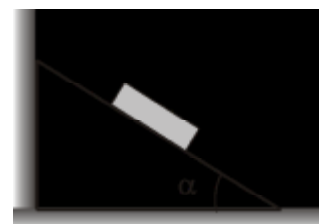
**B3.** Найдите разность потенциалов на конденсаторе  $C_1$ , если известно, что при замыкании сопротивления накоротко ток через батарею возрастает в три раза. ЭДС батареи  $\varepsilon = 12$  В,  $C_1 = 6$  мкФ,  $C_2 = 4$  мкФ.



**B4.** Два удаленных друг от друга проводящих шара имеют радиусы 3 см и 7 см и потенциалы 20 В и 30 В соответственно. Каким станет потенциал шаров после соединения их тонким проводом?

### Часть 3

**C1.** Определите силу, действующую на вертикальную стенку со стороны клина, если на него положили груз массы  $m$ . Угол при основании клина  $\alpha$ . Коэффициент трения между грузом и поверхностью клина  $\mu$ . Трением между полом и клином пренебречь. ( $\text{tg}\alpha > \mu$ ).



**C2.** Два баллона соединены тонкой трубкой с закрытым краном. Объем каждого баллона равен 1 л. В первом баллоне находится сухой воздух при давлении 750 мм рт.ст., а в другой после откачки до глубокого вакуума помещена капелька воды массой 0,1 г. Какое давление установится в



баллонах после открытия крана, если температура поддерживается равной  $22^{\circ}\text{C}$ , а давление насыщенных паров воды при этой температуре  $20\text{ мм рт. ст.}$ ?

**С3.** Конденсатор емкостью  $C$ , заряженный до напряжения  $4E$ , подключен к источнику с ЭДС  $E$  одноименными полюсами. Какое количество теплоты выделится на соединительных проводах в процессе перезарядки? Внутренним сопротивлением источника ЭДС пренебречь.

**С4.** На боковую грань стеклянного куба, стоящего на столе, села муха. При каком показателе преломления стекла муха не видна через верхнюю грань куба?

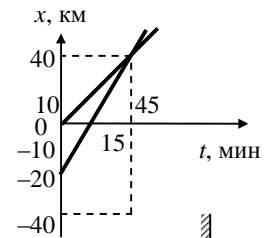
**С5.** Солнечная батарея космической станции площадью  $50\text{ м}^2$  ориентирована перпендикулярно направлению на Солнце. Она отражает половину падающего на нее излучения. Чему равна сила давления излучения на батарею, если мощность излучения, падающего на  $1\text{ м}^2$  поверхности, равна  $1,4\text{ кВт}$ ?

**С6.** В камере ускорителя по орбите радиуса  $R$  движется очень тонкий пучок протонов. Величина тока протонов в начальный момент  $I_0$ , полное число частиц в камере  $N$ . Магнитный поток через не изменяющуюся орбиту протонного пучка меняется с постоянной скоростью  $\Phi$  так, что протоны ускоряются. Какой станет величина тока протонов в камере ускорителя после того, как частицы сделают один оборот? Скорость частиц остается много меньше скорости света. Заряд протона -  $e$ , его масса -  $m$ .

### Вариант №2

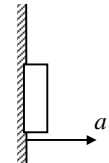
**A1.** На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени. Модуль их относительной скорости равен:

- 1)  $97\text{ км/ч}$                       2)  $107\text{ км/ч}$   
3)  $117\text{ км/ч}$                       4)  $27\text{ км/ч}$



**A2.** При каком минимальном ускорении стенки  $a$  брусок массой  $1\text{ кг}$  будет находиться в покое относительно нее? Коэффициент трения бруска о стенку  $0,4$ .

- 1)  $25\text{ м/с}^2$                       2)  $4\text{ м/с}^2$                       3)  $17\text{ м/с}^2$                       4)  $6\text{ м/с}^2$



**A3.** На подставке лежит груз массой  $0,5\text{ кг}$ , прикрепленный легкой пружиной к потолку. В начальный момент пружина не растянута, а подставку начинают опускать с ускорением  $0,5g$ . Через какое время груз оторвется от подставки, если коэффициент жесткости пружины  $0,5\text{ Н/м}$ ?

- 1)  $0,5\text{ с}$                       2)  $1\text{ с}$                       3)  $\sqrt{2}\text{ с}$                       4)  $1,5\text{ с}$

**A4.** На столе лежит однородный стержень массой  $6\text{ кг}$  так, что две трети его длины находятся за краем стола. Какую максимальную вертикально направленную силу можно приложить к концу стержня, чтобы удержать его на столе в горизонтальном положении.

- 1)  $40\text{ Н}$                       2)  $30\text{ Н}$                       3)  $15\text{ Н}$                       4)  $45\text{ Н}$

**A5.** Груз массы 1 кг медленно втаскивают по наклонной плоскости на высоту 4 м, затратив на это работу 48 Дж. На этой высоте груз срывается и скользит обратно. Какую скорость он будет иметь у основания наклонной плоскости?

- 1) 9 м/с                      2) 12 м/с                      3) 4 м/с                      4) 8 м/с

**A6.** Математический маятник длиной 90 см колеблется с амплитудой 3 см. За какое время он пройдет путь, равный 1,5 см, если в начальный момент времени маятник проходит положение равновесия?

- 1)  $0,6\pi$  с                      2)  $0,3\pi$  с                      3)  $0,1\pi$  с                      4)  $0,05\pi$  с

**A7.** Летящий снаряд разорвался на два осколка с одинаковыми массами. Модули их скоростей 300 м/с и 400 м/с, а угол между векторами  $90^\circ$ . Найти скорость снаряда до разрыва.

- 1) 500 м/с                      2) 250 м/с                      3) 300 м/с                      4) 350 м/с

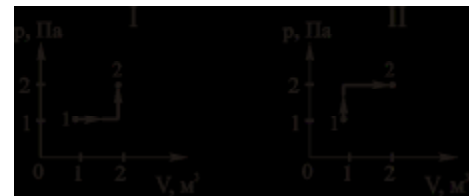
**A8.** Средние энергии хаотического движения молекул воды в клетках человека и в кипящей воде соотносятся примерно как

- 1) 0/100                      2) 36/100                      3) 273/373                      4) 309/373

**A9.** Вода, термос и стакан охлаждены до температуры холодильника. Воду налили в термос и стакан, закрыли оба сосуда и поместили в теплую комнату. Как изменится температура воды в термосе и стакане через 15 мин?

- 1) в термосе не изменится, в стакане повысится  
2) в обоих случаях повысится  
3) в термосе повысится, в стакане не изменится  
4) в обоих сосудах не изменится

**A10.** Состояние идеального газа изменилось в соответствии с графиками на  $P$ – $V$  диаграмме (см. рис.). В каком случае изменение внутренней энергии больше?



- 1) в первом                      2) во втором                      3) одинаково                      4) ответ неоднозначен

**A11.** Какое из приведенных ниже суждений справедливо?

- 1) аморфное тело может со временем превратиться в кристаллическое;  
2) кристаллическое тело может превратиться в аморфное;  
3) аморфное тело никогда не может превратиться в кристаллическое;  
4) между аморфными и кристаллическими телами нет принципиальной разницы.

**A12.** Газу сообщили 100 Дж теплоты, при этом он совершил работу 120 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

- 1) увеличилась на 100 Дж                      2) уменьшилась на 120 Дж

3) уменьшилась на 20 Дж

4) такой процесс невозможен

**A13.** Определите относительную влажность воздуха при температуре  $16^{\circ}\text{C}$ , если точка росы равна  $8^{\circ}\text{C}$ . Давление насыщенных паров воды при температуре  $16^{\circ}\text{C}$  равно 1813 Па, при температуре  $8^{\circ}\text{C}$  равно 1067 Па.

1)  $\approx 100\%$

2)  $\approx 70\%$

3)  $\approx 59\%$

4)  $\approx 50\%$

**A14.** Два точечных заряда  $q_1$  и  $q_2$  находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Если расстояние между ними уменьшить на 50 см, то сила взаимодействия увеличится в 2 раза. Найдите расстояние  $r$ .

1) 0,71 м

2) 1,17 м

3) 1,71 м

4) 1,87 м

**A15.** Три заряженных шара радиусами  $R_1 = 1$  см,  $R_2 = 2$  см,  $R_3 = 3$  см соединили длинной тонкой проволокой. На третьем шаре часть общего заряда  $q$  всех шариков будет равна...

1)  $q/2$

2)  $q/5$

3)  $q/4$

4)  $q/3$

**A16.** Два куска железной проволоки длинами  $L_1$  и  $L_2 = 2L_1$  имеют одинаковые массы. Тогда отношение сопротивления первого проводника ко второму составит:

1) 2

2) 1/4

3) 1/2

4) 4

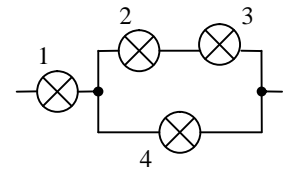
**A17.** Какая из четырех одинаковых лампочек, включенных в приведенной схеме, будут гореть наиболее ярко

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4



**A18.** Заряженная частица движется со скоростью  $v$  в вакууме в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$ . Чему будет равен радиус окружности при скорости частицы  $2v$  и индукции поля  $2B$ ?

1)  $R$

2)  $2R$

3)  $R/2$

4)  $4R$

**A19.** Медное кольцо диаметром 1 м находится в перпендикулярном к плоскости кольца магнитном поле с индукцией 1 Тл. Не разрывая кольца, его растянули в линию за 2 секунды. Какой заряд протечет по кольцу, если его сопротивление равно 0,5 Ом.

1) 1,57 Кл

2) 0,78 Кл

3) 3,14 Кл

4) 6,28 Кл

**A20.** Конденсатор емкости 20 мкФ подключен к генератору переменного напряжения, меняющегося с частотой  $\nu$ . Какой станет частота изменения энергии электрического поля в конденсаторе, если его емкость уменьшить до 5 мкФ, а частоту генератора переменного напряжения увеличить в 4 раза?

1)  $4\nu$

2)  $2\nu$

3)  $8\nu$

4)  $16\nu$

**A21.** На поверхность тонкой прозрачной пленки нормально падает пучок белого света. В отраженном свете пленка окрашена в зеленый цвет. При плавном уменьшении толщины пленки ее окраска будет

- 1) оставаться прежней
- 2) смещаться к красной области спектра
- 3) смещаться к синей области спектра
- 4) темнеть до черного цвета

**A22.** Собирающая линза, используемая в качестве лупы, дает:

- 1) действительное увеличенное изображение
- 2) действительное уменьшенное изображение
- 3) мнимое увеличенное изображение
- 2) мнимое уменьшенное изображение

**A23.** При увеличении угла падения  $\alpha$  на плоский фотокатод монохроматического излучения с неизменной длиной волны  $\lambda$  максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 1) возрастает
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) возрастает при  $\lambda > 500$  нм и уменьшается при  $\lambda < 500$  нм

**A24.** Если скорость фотоэлектронов, выбиваемых светом с поверхности катода, при увеличении частоты света увеличивается в 3 раза, то задерживающая разность потенциалов в установке по изучению фотоэффекта должна

- 1) увеличиться в 9 раз
- 2) уменьшиться в 9 раз
- 3) увеличиться в 3 раза
- 4) уменьшиться в 3 раза

**A25.** Какое природное явление не может служить примером излучения электромагнитных волн?

- 1) гром
- 2) молния
- 3) излучение звезд
- 4) полярное сияние

**A26.** Тело массой  $m$  покоится на наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом. Чему равна величина силы трения, действующая со стороны плоскости на тело? (коэффициент трения  $\mu$ ).

- 1)  $\mu mg \cos \alpha$
- 2)  $mg \sin \alpha$
- 3)  $mg \cos \alpha$
- 4)  $\mu mg \sin \alpha$

**A27.** Протон сталкивается с неподвижным ядром атома гелия. После столкновения скорость ядра гелия  $v$ , скорость протона  $3v$ , угол между векторами скоростей протона и ядра гелия равен  $90^\circ$ . Каким был модуль скорости протона перед столкновением? Масса ядра гелия в 4 раза больше массы протона.

- 1)  $v$
- 2)  $v \cdot \sqrt{13}$
- 3)  $5v$
- 4)  $7v$

**A28.** Оцените максимальный возможный радиус полости, образующейся при подводном атомном взрыве на глубине 1 км. Энергия, выделяющаяся при взрыве, равна  $4 \cdot 10^{13}$  Дж.

- 1) 1 м                      2) 10 м                      3) 100 м                      4) 1000 м

**A29.** При какой скорости кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя?

- 1)  $\frac{c}{2}$                       2)  $\sqrt{2}c$                       3)  $\frac{\sqrt{3}}{2}c$                       4)  $c$

**A30.** В ускорителе на встречных пучках протоны движутся со скоростью  $v=0,8 \cdot c$  относительно установки. Какова скорость одного протона относительно встречного?

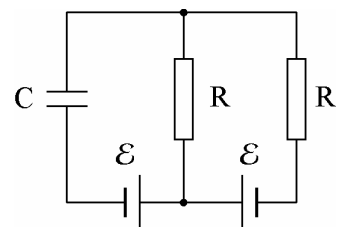
- 1)  $1,6 \cdot c$                       2)  $0,8 \cdot c$                       3)  $0,98 \cdot c$                       4)  $c$

### Часть 2

**B1.** Какую максимальную долю энергии (в процентах), может передать движущийся атом азота неподвижной молекуле азота при упругом столкновении?

**B2.** В двух теплоизолированных сосудах с объемами 2 л и 5 л, соединенных тонкой трубкой с краном, находится гелий под давлениями 30 кПа и 16 кПа соответственно, но при разных температурах. Каким будет давление после открытия крана и установления теплового равновесия?

**B3.** Определить разность потенциалов на конденсаторе в схеме, содержащей два одинаковых сопротивления  $R$  и два одинаковых источника с ЭДС  $\varepsilon = 12$  В. Внутренним сопротивлением источников тока пренебречь.



**B4.** Возле поверхности шара радиусом 60 см, равномерно заряженного зарядом 4 нКл, находится частица массой 3 мг с зарядом 2 нКл. Частицу освобождают. Найдите скорость частицы в тот момент, когда она удалится от поверхности шара на расстояние, равное его радиусу.

### Часть 3

**C1.** Мальчик вращает камень в вертикальной плоскости на нити длиной  $L = 1,2$  м. После отрыва нити камень летит вертикально вверх. На какую максимальную высоту от точки отрыва поднимется камень, если в момент отрыва полное ускорение камня было направлено под углом  $45^\circ$  к вертикали?

**C2.** Насыщенный водяной пар находится в цилиндре под поршнем при температуре  $t=100^\circ\text{C}$  в объеме  $V=15$  л. Пар изотермически сжимают, совершая над ним работу  $A=200$  Дж. Сколько тепла должно быть при этом отведено, если удельная теплота парообразования воды при данной температуре  $r=2,26$  кДж/г?

**С3.** Источник постоянного тока с ЭДС  $E = 10$  В и внутренним сопротивлением  $r = 10$  Ом замыкают через резистор сопротивлением  $R = 90$  Ом на незаряженный конденсатор емкостью  $C = 2$  мкФ. Какое количество теплоты выделится на резисторе к моменту полной зарядки конденсатора?

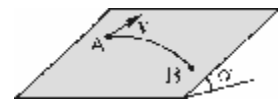
**С4.** Квадрат со стороной  $a=0,5$  см расположен перед линзой с фокусным расстоянием  $F=10$  см так, что одна пара его сторон перпендикулярна, а другая – параллельна главной оптической оси линзы, причем эта ось проходит через центр квадрата. Расстояние от ближайшей стороны квадрата до линзы равно  $b=30$  см. Найти площадь изображения квадрата.

**С5.** Луч лазера мощностью 50 Вт падает нормально на пластинку, которая отражает 50% и пропускает 30% падающей энергии. Оставшуюся часть энергии пластинка поглощает. Определить силу светового давления на пластинку.

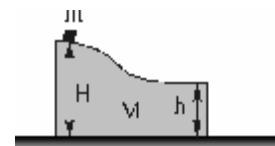
**С6.** При какой разности потенциалов между электродами зажигается неоновая лампочка, если энергия ионизации неона  $I = 21,5$  эВ, а среднее расстояние между двумя последовательными столкновениями электрона с атомами газа равно  $l = 0,4$  мм? Electroды имеют вид больших плоских пластин, расположенных на расстоянии  $d = 3$  мм друг от друга. Столкновение электрона с атомом неона считать неупругим.

### Задания вузовского этапа, II тур

**1.** Широкая доска наклонена под углом  $\alpha$  к горизонту. Небольшой шайбе сообщили в точке А доски скорость  $v$ , направленную вдоль нее. Через некоторое время шайба оказалась в точке В, сместившись по вертикали вниз на  $H$  и имея скорость  $2v$ . Какой путь прошла шайба между точками А и В? Коэффициент трения скольжения шайбы о доску  $m$

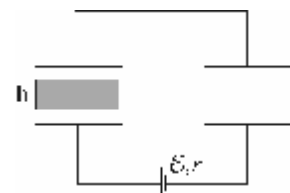


**2.** Горка массой  $M$ , расположенная на гладкой горизонтальной плоскости, в конце имеет горизонтальный участок. На горку положили небольшое тело массой  $m$  и отпустили с высоты  $H$ . Каким будет расстояние от тела до горки в тот момент, когда оно упадет на плоскость? Высота, с которой падает тело, соскользнув с горки,  $h$ . Трение отсутствует.



**3.** Определить массу воды, которую теряет человек за  $\tau=1$  час в процессе дыхания, исходя из следующих данных: относительная влажность вдыхаемого воздуха  $\phi_1=60$  %, относительная влажность выдыхаемого воздуха  $\phi_2=100$  %. Человек делает в среднем  $n=15$  вдохов в минуту, вдыхая каждый раз  $V=2,5$  л воздуха. Температуру вдыхаемого и выдыхаемого воздуха считать равной  $t=36$  °С, давление насыщенного водяного пара при этой температуре  $p_n = 5,9$  кПа.

**4.** Два одинаковых плоских конденсатора с расстоянием между обкладками  $d$  подключены к батарее с постоянной ЭДС и внутренним сопротивлением  $r$ . В левом конденсаторе расположена диэлектрическая пластина толщиной  $h$  ( $h < d$ ) с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . После установ-

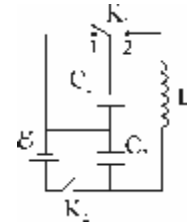


ления стационарного состояния пластину быстро выдвигают из конденсатора так, что заряды на обкладках этого конденсатора не успевают измениться. Определить величину и направление тока через батарею сразу после удаления пластины.

**5.** Один конец провода трамвайной линии находится под постоянным напряжением  $U$  относительно земли. На каком расстоянии от этого конца линии находится трамвай, снабженный двумя одинаковыми двигателями, и с какой скоростью он движется, если при последовательном включении двигателей ток в линии равен  $I_1$ , при параллельном –  $I_2$ , и скорость трамвая при таком переключении не меняется? Сила трения, приложенная к колесам трамвая, равна  $F$ , сопротивление единицы длины провода  $\rho$ , омическое сопротивление обмотки каждого из двигателей  $R$ .

**6.** Точечный источник света расположен на расстоянии  $a=30$  см от тонкой собирающей линзы, оптическая сила которой 5 дптр. На какое расстояние сместится изображение источника, если между линзой и источником поместить стеклянную пластинку толщиной  $L=15$  см с показателем преломления  $n=1,5$ ?

**7.** В схеме, приведенной на рисунке, ключ  $K_1$  первоначально находился в положении 1, а ключ  $K_2$  был замкнут. Затем ключ  $K_2$  разомкнули, а ключ  $K_1$  перевели в положение 2. Пренебрегая сопротивлением всех проводников, найдите максимальную силу тока через катушку индуктивности. Параметры элементов схемы указаны на рисунке.



### Задания заключительного (межвузовского) этапа

**1.** На горизонтальном столе лежит небольшая шайба. После первого удара шайба остановилась, пройдя путь  $s_1=36$  см. Затем по шайбе был нанесен второй удар, после которого шайба переместилась на расстояние  $s_2=49$  см. На какое расстояние переместилась бы шайба, если по ней были бы одновременно нанесены оба удара так, что угол между направлениями ударов был бы равен  $\alpha=60^\circ$ ?

**2.** В сосуде находится смесь равных масс гелия и азота. Во сколько раз чаще ударяются о стенки сосуда атомы гелия? Молярная масса азота 28 г/моль, гелия – 4 г/моль.

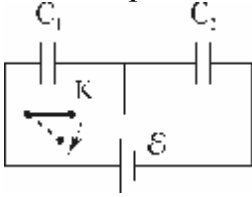
**3.** Пробирка массой  $m$  содержит один моль идеального газа массой  $M$  при температуре  $T$ . Пробирку открывают, вынимая из нее пробку пренебрежимо малой массы. Оцените скорость пробирки после того, как весь газ выйдет из нее наружу. Считать, что пробирка находится в вакууме.

**4.** В однородном электрическом поле подвешена на невесомой и нерастяжимой нити бусинка массой  $m=100$  мг, несущая заряд  $q=2$  мкКл. Напряженность поля равна 500 В/м, силовые линии направлены вертикально вниз. Нить отклонили на угол  $\alpha=90^\circ$  от вертикали и отпустили. Найти силу натяжения нити в момент прохождения ею вертикального положения. Принять  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

5. Три плоские металлические пластины образуют сложный конденсатор. На пластине 1 находится заряд  $Q$ , а незаряженные пластины 2 и 3 закорочены проводником. Определите силу, действующую на пластину 2. Площадь каждой пластины  $S$ .



6. На дифракционную решетку с периодом  $d=64$  мкм нормально падает параллельный пучок света, энергия фотона которого равна  $W=4 \cdot 10^{-19}$  Дж. За решеткой, параллельно ее плоскости, расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F=5$  см, а за ней в фокальной плоскости находится экран. Найти расстояние между главными максимумами первого порядка на экране. Постоянная Планка  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.



7. В схеме, изображенной на рисунке, ключ  $K$  первоначально замкнут, ЭДС источника равна  $\mathcal{E}$ . Какие заряды установятся на конденсаторах после размыкания ключа? Емкости конденсаторов одинаковы:  $C_1=C_2=C$ .

### Вступительные задания на факультет компьютерных наук, 2003 г.

#### Вариант № 1

1. Находящемуся на горизонтальной поверхности стола бруску сообщили скорость  $4$  м/с. Под действием сил трения брусок движется с ускорением  $1$  м/с<sup>2</sup>. Чему равен путь, пройденный бруском за  $5$  с?

- А)  $5$  м                      Б)  $7,5$  м                      В)  $8$  м                      Г)  $20$  м

2. Человек массой  $50$  кг, сидя на озере в лодке массой  $200$  кг, подтягивает к себе с помощью веревки вторую лодку массой  $200$  кг. Какое расстояние пройдет первая лодка за  $10$  с? Сила натяжения веревки  $100$  Н. Сопротивлением воды пренебречь

- А)  $20$  м                      Б)  $25$  м                      В)  $40$  м                      Г)  $50$  м.

3. Как изменится период обращения заряженной частицы в циклотроне при увеличении ее скорости в  $2$  раза, если изменением массы частицы можно пренебречь?

- А) не изменится                      Б) уменьшится в  $2$  раза  
В) увеличится в  $2$  раза                      Г) уменьшится в  $4$  раза

4. Частица с зарядом  $-q$  и массой  $m$  движется вдоль линии напряженности однородного электрического поля ( $E$ ), имея в некоторой точке скорость  $V$ . На каком расстоянии от этой точки скорость частицы станет равной нулю?

- А)  $mV/(2qE)$                       Б)  $mV^2/(2qE)$                       В)  $2qE/(mV)$                       Г)  $2qE/(mV^2)$

5. Заряд на пластинах конденсатора изменяется с течением времени по закону  $q = 10^{-4} \sin(10^5 \pi t)$  (в системе СИ). Чему равна амплитуда силы тока?





6. С крыши падают одна за другой две капли. Через время  $t_2 = 2$  с после начала падения второй капли расстояние между каплями стало равным  $S = 25$  м. На сколько раньше первая капля оторвалась от крыши?
7. Между полюсами магнита подвешен горизонтально на двух невесомых нитях прямой проводник длины  $L = 0,2$  м и массы  $m = 10$  г. Индукция однородного магнитного поля  $B = 49$  мТл и перпендикулярна к проводнику. На какой угол  $\alpha$  от вертикали отклонятся нити, поддерживающие проводник, если по нему пропустить ток  $I = 2$  А?
8. Лестница длиной  $L = 3$  м стоит, упираясь верхним закругленным концом в гладкую стену, а нижним – в пол. Угол наклона лестницы к горизонту  $\alpha = 60^\circ$ , ее масса  $m = 15$  кг. На лестнице на расстоянии  $a = 1$  м от ее верхнего конца стоит человек массы  $M = 60$  кг. С какой силой давит на пол нижний конец лестницы?
9. Одноатомный идеальный газ участвует в процессе, для которого внутренняя энергия газа пропорциональна  $P^2$  ( $P$  – давление газа). Найдите количество теплоты, полученное газом в этом процессе, если известно, что газ совершил при этом работу  $A = 80$  Дж.

**Вступительное задание на физический факультет  
(очно-заочное отделение), 2003 г.**

*Вариант № 1*

1. Груз массой  $m = 1$  кг подвешен на пружинных весах в движущемся вверх с ускорением  $a = 1,2$  м/с<sup>2</sup> лифте. Найти показание весов?  
 А) 5,5 Н                      Б) 16,5 Н                      В) 11 Н  
 Г) среди ответов А-В правильного нет
2. Объем газа, находящегося под давлением  $10^5$  Па, изобарно возрос от 2 до 5 м<sup>3</sup>. Определите работу, совершенную газом при расширении.  
 А)  $3\dot{z}10^5$  Дж                      Б)  $5\dot{z}10^5$  Дж                      В)  $2\dot{z}10^5$  Дж                      Г) 0
3. Между двумя точечными зарядами  $+ 4$  нКл и  $- 5$  нКл расстояние равно 0,6 м. Найдите напряженность электрического поля в средней точке между зарядами.  
 А) 100 В/м                      Б) 900 В/м                      В) 0 В/м  
 Г) среди ответов А-В правильного нет
4. За 2 секунды магнитный поток, пронизывающий контур, равномерно уменьшился с 8 до 2 Вб. Чему при этом было равно значение ЭДС индукции в контуре?  
 А) 5 В                              Б) 20 В                              В) 3 В                              Г) 12 В

5. Как изменится масса системы из одного свободного протона и одного нейтрона после соединения их в атомное ядро?

- А) не изменится      Б) увеличится      В) уменьшится  
Г) среди ответов А-В правильного нет

6. Дальность полёта тела, брошенного в горизонтальном направлении, равна половине высоты, с которой оно брошено. Чему равен тангенс угла, который образует с горизонтом скорость тела при его падении на землю?

7. Электрическая плита включена в сеть с напряжением 60 В с помощью проводов, имеющих некоторое сопротивление. При этом напряжение на плите 40 В. Чему будет равно напряжение на плите, если к ней подключить параллельно такую же плитку?

8. Во сколько раз уменьшится радиус тонкого резинового шарика, заполненного воздухом, если его опустить в воду на глубину 65,2 м? Давление у поверхности воды 100 кПа. Температура воды у поверхности 27 °С, на глубине – 9 °С.  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

9. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m = 5 \text{ мА}$ , а амплитуда колебаний заряда конденсатора  $q_m = 2,5 \text{ нКл}$ . В некоторый момент времени  $t$  сила тока в катушке  $I = 3 \text{ мА}$ . Найдите заряд конденсатора в этот момент.

### Вступительные задания на факультет компьютерных наук, 2004 г.

#### Вариант № 1

1. Проплывая под мостом против течения, гребец потерял соломенную шляпу. Обнаружив пропажу через 10 минут, он повернул назад и, гребя по течению реки с тем же темпом, подобрал шляпу на расстоянии  $S = 900 \text{ м}$  ниже моста. Скорость течения реки равна:

- А) 0,25 м      Б) 0,5 м/с      В) 0,75 м/с      Г) 1 м/с

2. Протон сталкивается с неподвижным ядром атома гелия. После столкновения скорость ядра гелия  $v$ , скорость протона  $3v$ , угол между векторами скоростей протона и ядра гелия равен  $90^\circ$ . Каким был модуль скорости протона перед столкновением? Масса ядра гелия в 4 раза больше массы протона.

- А)  $v$       Б)  $v \cdot \sqrt{13}$       В)  $5v$       Г)  $7v$

3. В двух теплоизолированных сосудах находятся 2 моля кислорода и 3 моля азота. Температуры газов соответственно равны  $T_1 = T_0$  и  $T_2 = 1,5T_0$ ,  $T_0 = 273 \text{ К}$ . Сосуды соединяют, и смесь газов переходит в равновесное состояние. Температура смеси газов равна:

- А)  $1,3T_0$       Б)  $1,4T_0$       В)  $0,8T_0$       Г)  $1,2T_0$

4. Через катушку индуктивности с коэффициентом самоиндукции  $L$  течет переменный ток, частота которого  $\nu$ . Какой будет частота изменения энергии магнитного поля катушки индуктивности, если индуктивность катушки увеличить в 3 раза и частоту тока также увеличить втрое?

- А)  $\nu$                                       Б)  $3\nu$                                       В)  $9\nu$                                       Г)  $6\nu$

5. Луч света падает перпендикулярно плоскости основания стеклянной призмы, сечение которой представляет собой правильный треугольник (см. рисунок). Коэффициент преломления стекла  $n > 2/\sqrt{3}$ . Угол между падающим лучом и лучом, вышедшим из призмы в вакуум, равен:

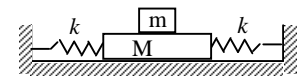


- А)  $30^\circ$                                       Б)  $45^\circ$                                       В)  $60^\circ$                                       Г)  $90^\circ$

6. Два металлических шарика радиусов  $r_1 = 1$  см и  $r_2 = 2$  см, находящиеся на расстоянии  $R = 200$  см друг от друга, присоединены к батарее с ЭДС  $E = 3000$  В. Найти силу взаимодействия шариков. Взаимодействием соединительных проводников пренебречь.

7. Через блок перекинута веревка таким образом, что ее висящие концы одинаковы и веревка находится в равновесии. При небольшом смещении она начинает соскальзывать с блока. Чему равна скорость веревки в тот момент, когда она полностью соскользнет с блока? Длина веревки  $L$  много больше радиуса блока. Трением пренебречь.

8. К бруску массы  $M = 200$  г крепятся две одинаковые натянутые пружины жесткостью  $k = 100$  Н/м. На брусок сверху кладут шайбу массы  $m = 50$  г. Коэффициент трения шайбы



о брусок равен  $\mu = 0,1$ . На какое максимальное расстояние  $\Delta x$  можно сместить брусок по горизонтали от положения равновесия, чтобы в процессе колебаний шайба оставалась неподвижной относительно бруска? Трением бруска о горизонтальную поверхность пренебречь.

9. Идеальный одноатомный газ совершает циклический процесс, состоящий из изохорного охлаждения, при котором давление газа уменьшается в 4 раза, затем изобарного сжатия и, наконец, возвращается в исходное состояние в процессе, в котором давление изменяется прямо пропорционально объему. Найдите КПД цикла.

### Вариант № 2

1. Две яхты принимают участие в гонках. Первая яхта проходит всю дистанцию со скоростью  $v = 20$  км/ч. Вторая яхта проходит первую половину пути со скоростью  $v_1 = 18$  км/ч. Для того чтобы догнать на финише соперника, скорость яхты  $v_2$  должна быть не менее:

- А) 21 км/ч                                      Б) 21,5 км/ч                                      В) 22 км/ч                                      Г) 22,5 км/ч

2. Протон сталкивается с неподвижным ядром изотопа водорода  ${}^2_1\text{H}$  - дейтерия. После столкновения скорость ядра дейтерия  $v$ , скорость протона  $2v$ , угол между векторами скоростей протона и ядра дейтерия равен  $90^\circ$ . Каким был модуль скорости протона перед столкновением? Масса ядра дейтерия в 2 раза больше массы протона.

- А)  $v$                       Б)  $2v$                       В)  $v\sqrt{5}$                       Г)  $2v\sqrt{2}$

3. Молекулы водорода ( $M_1 = 2$  г/моль) при температуре  $15^\circ\text{C}$  имеют такую же среднеквадратичную скорость, как и молекулы гелия ( $M_2 = 4$  г/моль) при температуре равной:

- А) 281К                      Б) 576 К                      В) 436 К                      Г) 303 К

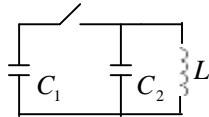
4. Конденсатор емкости 20 мкФ подключен к генератору переменного напряжения, меняющегося с частотой  $\nu$ . Какой станет частота изменения энергии электрического поля в конденсаторе, если его емкость уменьшить до 5 мкФ, а частоту генератора переменного напряжения увеличить в 4 раза?

- А)  $4\nu$                       Б)  $2\nu$                       В)  $8\nu$                       Г)  $16\nu$

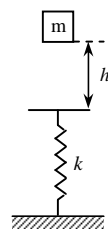
5. Луч света падает из воздуха под углом  $\alpha = \pi/3$  к плоской границе раздела воздух-жидкость. Отраженный и преломленный лучи перпендикулярны друг другу. Показатель преломления жидкости равен:

- А) 1,41                      Б) 1,5                      В) 1,73                      Г) 4/3

6. В цепи  $C_1 = C_2 = C$ . До замыкания ключа напряжение на  $C_1$  равно  $U$ , а второй конденсатор не заряжен. Найдите максимальное значение силы тока через катушку с индуктивностью  $L$  после замыкания ключа. Сопротивлением катушки пренебречь.



7. Какую энергию надо сообщить телу массы  $m$ , подвешенному на нити длиной  $L$ , чтобы оно вращалось в горизонтальной плоскости? Нить составляет угол  $\alpha$  с вертикалью.



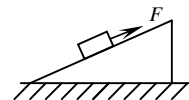
8. Тело массы  $m$  упало с высоты  $h$  на чашу пружинных весов (см. рисунок). Масса чаши и пружины пренебрежимо малы, жесткость пружины  $k$ . Прилипнув к чаше, тело начинает совершать гармонические колебания в вертикальном направлении. Найдите амплитуду колебаний и их полную энергию.

9. В горизонтальном неподвижном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем массы  $m$ , находится один моль идеального одноатомного газа. Газ нагревают. Поршень, двигаясь равноускоренно, приобретает скорость  $v$ . Найти количество теплоты, сообщённой газу. Теплоёмкостью сосуда и поршня, а также внешним давлением пренебречь.

**Вступительное задание на физический факультет  
(очно-заочное отделение), 2004 г.**

*Вариант № 1*

1. Два катера движутся по озеру со скоростями  $\overset{1}{V}$  и  $(-3\overset{1}{V})$  соответственно относительно берега. Чему равна скорость первого катера относительно второго?  
 А)  $4\overset{1}{V}$                       Б)  $2\overset{1}{V}$                       В)  $-2\overset{1}{V}$                       Г)  $-4\overset{1}{V}$
2. Как изменится температура идеального газа, если увеличить его объем в 2 раза при осуществлении процесса, в котором  $PV^2 = \text{const}$ ? ( P – давление газа, V – его объем)  
 А) не изменится                      Б) увеличится в 2 раза  
 В) уменьшится в 2 раза                      Г) увеличится в 4 раза
3. Если сечение проводника уменьшить в два раза, оставив неизменными его длину и разность потенциалов на его концах, то мощность, выделяющаяся в проводнике,  
 А) уменьшится в 4 раза                      Б) останется неизменной  
 В) увеличится в 4 раза                      Г) уменьшится в 2 раза
4. Энергия магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток 1 Вб, равна:  
 А) 5 Дж                      Б) 10 Дж                      В) 20 Дж                      Г) 25 Дж
5.  $\alpha$ -частица и протон движутся в однородном постоянном магнитном поле по окружностям. Отношение угловых скоростей вращения  $\alpha$ -частицы и протона равно:  
 А) 4                      Б)  $\frac{1}{2}$                       В) 2                      Г)  $\frac{1}{4}$
6. Под каким углом к горизонту нужно бросить с поверхности Земли тело, чтобы его максимальная высота подъема была вдвое больше дальности полета? Сопротивлением воздуха пренебречь.
7. Заряженный конденсатор емкостью 4 мкФ подключен к катушке с индуктивностью 90 мГн. Через какое минимальное время от момента подключения заряд конденсатора уменьшится в 2 раза?
8. Тело массы  $m$  удерживается на гладкой наклонной плоскости силой  $F$ . С каким ускорением  $a$  будет двигаться тело по плоскости, если сила станет в два раза меньше?
9. До какого максимального заряда  $Q$  можно зарядить покрытый селеном шар радиуса  $R = 10$  см, облучая его светом с длиной волны  $\lambda = 110$  нм, если работа выхода из селена  $A = 9 \cdot 10^{-19}$  Дж?



## ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

### Региональная олимпиада по физике, 2004 г.

#### Задания школьного этапа

1. Полное ускорение тела  $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$ , где  $a_n$  – нормальное и  $a_t$  – тангенциальное ускорения. Скорость тела в нижней точке найдем из закона сохранения энергии:

$$mgR = m \frac{v^2}{2} \quad \text{Ю} \quad v = \sqrt{2gR}.$$

По определению  $a_n = \frac{v^2}{R} = 2g$ . Для нахождения тангенциального ускорения запишем второй закон Ньютона для тела в проекции на горизонтальную:  $F_{\text{тр}} = ma_t$  и вертикальную оси:  $N - mg = ma_n$ . Окончательно получаем  $a = g\sqrt{4 + 9m^2} = 20,5 \text{ м/с}^2$ .

2. Минимальная необходимая работа для выкапывания колодца равна изменению потенциальной энергии грунта. Тогда,

$$rS \frac{h^2}{2} = rS(H - h)\left(H - \frac{H - h}{2}\right).$$

Отсюда  $h = H / \sqrt{2} = 5,66 \text{ м}$ .

3. Очевидно, что в обоих случаях сумма сил, действующих на поршень равна нулю:

$$F_{\text{тр}} + pS = Mg + p_0S + F_1,$$

$$F_2 + pS = Mg + p_0S + F_{\text{тр}}.$$

Решая полученную систему уравнений, находим:

$$p = p_0 + \frac{Mg}{S} + \frac{F_1 - F_2}{2S}.$$

4. После замыкания ключа диод  $D_1$  оказывается включенным в обратном направлении, а диод  $D_2$  – в прямом. Таким образом, предложенная схема оказывается эквивалентной следующей схеме: конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  и резистор  $R$  соединены последовательно и подключены к источнику. Поэтому ток сразу после замыкания ключа  $I = E/R$ , а выделившаяся теплота находится по закону сохранения энергии как разность работы источника тока и энергии конденсаторов:

$$Q = Eq - W = \frac{qE}{2}, \quad Q = \frac{C_1 C_2 E^2}{2(C_1 + C_2)},$$

где  $q$  – установившийся заряд каждого конденсатора.

5. 80 см

6. Сила давления светового потока мощностью  $W$ , падающего нормально на поверхность, равна  $F = \frac{2W}{c}$  при его полном отражении, и  $F = \frac{W}{c}$  при полном поглощении. В нашем случае

$$F = F_1 + F_2 = \frac{2(IS/2)}{c} + \frac{IS/2}{c} = \frac{3IS}{2c} = 350 \text{ мкН.}$$

### Задания вузовского этапа, I тур

#### Вариант 1

#### Ответы на задания части А

№ вопроса	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
№ ответа	1									+					
	2		+					+	+		+				
	3	+			+	+		+					+	+	+
	4			+			+					+			

№ вопроса	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30
№ ответа	1			+							+			+	
	2	+							+			+	+		
	3				+		+	+							+
	4		+			+	+			+					

#### Ответы на задания части В

**V1 1 V2 18 V3 30 V4 25 V5 1,5**

#### Решение задач части С

**C1.** Ускорение тележки  $g \sin a$ , ускорение бруска  $g(\sin a - m \cos a) > 0$ , т.е. брусок движется. За время  $t$  тележка и брусок пройдут расстояния

$$S_1 = \frac{g \sin a t^2}{2}; \quad S = \frac{g(\sin a - m \cos a) t^2}{2}. \text{ Исключая из этих уравнений } t, \text{ на-}$$

ходим:

$$L = S_1 - S = \frac{Sm}{\operatorname{tg} a - m}.$$

**C2.** Обозначим  $P_1, T_1$  и  $P_2, T_2$  температуры и давления газа до и после нагревания. Тогда

$$P_2 = P_1 + kDh/S; \quad P_1Sh = \frac{m}{M}RT_1; \quad \frac{P_1h}{T_1} = \frac{(P_1 + kDh/S)(h + Dh)}{T_2}.$$



Из этих уравнений

$$T_2 = \frac{T_1(h + Dh)}{h} + \frac{kDh(h + Dh)M}{mR}.$$

**С3.** Граница светового пятна формируется лучом, падающим на границу раздел «вода – воздух» под предельным углом полного отражения  $\alpha_0$  ( $\sin \alpha_0 = 1/n$ ).

Так как источник движется равномерно, его скорость  $v = \frac{Dh}{Dt}$ , скорость дви-

жения границы светового пятна  $u = \frac{DS}{Dt}$ , при этом  $\frac{DS}{Dh} = \operatorname{tga}$ . Из этих соот-

ношений получим:  $u = \frac{v}{\sqrt{n^2 - 1}} = 1,13 \text{ м/с}$ .

**С4.**  $\frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m} = eU$ , отсюда  $p = \sqrt{2meU} = 9,65 \cdot 10^{-25} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .

**С5.** Закон сохранения импульса для системы фольга-излучение имеет вид:  $\dot{p}_1 = \dot{p}_\phi + \dot{p}_2$ . Здесь  $\dot{p}_1$  и  $\dot{p}_2$  импульсы падающего и отраженного излу-

чения. Так как свет полностью отражается, то  $p_1 = p_2 = \frac{Wt}{c}$ ;  $W$  – мощность па-

дающего излучения. По закону сохранения импульса  $mv_\phi = \frac{2Wt}{c}$ . оконча-

тельно  $v_\phi = \frac{2Wt}{cm}$ .

## Вариант 2

### Ответы на задания части А

№ вопроса	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
№ ответа	1	+									+				+
	2		+			+			+					+	
	3				+			+							
	4			+		+		+		+		+	+		

№ вопро-са	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30
№ ответа	1	+							+					+	
	2			+				+		+					
	3		+		+	+		+			+	+			+
	4						+						+		

### Ответы на задания части В

**B1** 300 **B2** 207,6 **B3** 10 **B4** 32 **B5** 370

Ответы к задачам части С

**С1.**  $S = Lm\tau g a = 0,26 м.$

**С2.**  $h_2 = h_1 \sqrt{5 \frac{T_2}{T_1}} = 0,227 м.$

**С3.**  $r = \frac{3H}{2\sqrt{n^2 - 1}} = 3,4 м.$

**С4.**  $I = \frac{W l e}{hcDt} \gg 5 \cdot 10^{-3} А.$  ( $W$  – энергия светового потока,  $h$  – постоянная

Планка,  $c$  – скорость света в вакууме,  $\lambda$  – длина волны света,  $e$  – заряд электрона.)

**С5.**  $\frac{Dd}{Dt} = \frac{P}{r} \sqrt{\frac{A}{2EN_A}} = 9 \cdot 10^{-8} см/с.$

**Задания вузовского этапа, II тур**

**1.** Условие равновесия бруска на наклонной плоскости имеет вид:

$T_0^2 + (Mg \sin a)^2 = F_t^2.$  Скольжение начнется, когда сила трения  $F_t$  достигнет

значения  $kMg \cos a$ , тогда  $\sin a = \sqrt{\frac{k^2 - (T_0/Mg)^2}{1 + k^2}}.$

**2.** Тепло, выделившееся при разрядке конденсатора,  $Q = \frac{CU^2}{2}$ ; В соответствии с первым началом термодинамики

$Q = \frac{5}{2} nRT = \frac{5}{2} p_0 DV = \frac{5}{2} p_0 h \frac{pd^2}{4}; \quad Q = \frac{5}{8} p_0 h p d^2.$  Отсюда

$h = \frac{4}{5} \frac{CU^2}{p_0 p d^2} \gg 1 мм.$

**3.** Сила, с которой крышка прижата к банке  $N = S(p_0 - p_n)$ ;  $S = pR^2$  – площадь крышки.  $F_{mp} = mN$ ;  $M = F_{mp}R$ .  $M = pR^3 m(p_0 - p_n) \gg 3,8 Н \cdot м.$

**4.** По закону сохранения импульса:  $mv_0 = (m_1 + m)u$ ; закон сохранения энергии:  $\frac{(m_1 + m)u^2}{2} = m_2 g (\sqrt{h^2 + s^2} - h).$  Из этих уравнений находим:

$s = \sqrt{\frac{m^2 v_0^2}{2m_2(m_1 + m)g} + 2h} = 0,8 м.$

**5.** До того, как конденсатор  $2C$  вырвали из схемы, заряд на всех конденсаторах был равен:  $q = C_0 E = \frac{6}{11} C E.$  Обозначим  $q_1, q_2, q_3$  – заряды конденсаторов  $C,$

$2C$  и  $3C$  соответственно. Тогда  $\frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{2C} + \frac{q_3}{3C} = E$ ; при этом  $q_1 = q_3$ . По зако-

ну сохранения заряда  $q_1 - q_2 = 2q = -\frac{12}{11}CE$ . Отсюда

$$q_1 = \frac{102}{121}CE; \quad Dq = q_1 - q = \frac{36}{121}CE.$$

6. Сила Ампера, действующая на каждую из сторон квадрата:  $F_A = BIa \frac{1}{\sqrt{2}}$ .

Из равенства нулю алгебраической суммы моментов всех сил Ампера и силы тяжести получаем:  $\frac{Mg}{\sqrt{2}} = BIa$ . Отсюда  $I = \frac{Mg}{\sqrt{2}Ba}$ .

7.  $h = F(n - 1)lga = 0,4m$ .

### Задания заключительного (межвузовского) этапа

1. Скорость спортсмена будет максимальна тогда, когда сумма всех сил, действующих на него, будет равна нулю. Отсюда  $mg \sin a - mg \cos a = bV_{\max}^2$ .

$$\text{Тогда } V_{\max} = \sqrt{\frac{mg(\sin a - \cos a)}{b}}.$$

2. При таком угле наклона резиновые гусеницы движутся по плоскости без проскальзывания. Учтем, что длина гусениц много больше высоты модели, и будем считать, что при движении модели со скоростью  $v$  нижняя половина гусениц неподвижна, а верхняя – имеет скорость  $2v$ . Тогда кинетическая энергия моде-

ли -  $E_k = 0,4m \frac{(2v)^2}{2} + 0,2m \frac{v^2}{2} = 0,9mv^2$ . ( $m$  – масса всей модели,  $0,4m$  – масса половины гусениц,  $0,2m$  – масса модели без гусениц). За малый промежуток времени  $Dt$  модель опустится на  $Dh = vDt \sin a$  и ее кинетическая энергия увеличится на величину  $DE_k = mgvDt \sin a$ . Если за это время скорость модели увеличилась на  $Dv$ , то

$DE_k = 0,9m(v + Dv)^2 - 0,9mv^2 \gg 1,8m v Dv$ . Из этих соотношений находим

$$\text{ускорение модели } a = \frac{Dv}{Dt} = \frac{g \sin a}{1,8} \gg 2,7m/c^2.$$

3. Скорость центральной шайбы будет максимальной в тот момент, когда все три шайбы будут находиться на одной прямой. Поскольку на шайбы действуют только внутренние силы, скорость центра масс системы будет оставаться равной нулю:  $mV - 2mv = 0$ , или  $V = 2v$ . Здесь  $V$  – скорость центральной шайбы. Закон сохранения полной энергии для момента времени, когда все три шайбы находятся на одной прямой, принимает вид:  $k \frac{3q^2}{b} = 3mv^2 + k \frac{5q^2}{2b}$ ;

( $k=1/4\pi\epsilon_0$ ). Отсюда максимальная скорость центральной шайбы  $V = q\sqrt{\frac{2k}{3mb}}$ .

4. Параллельный главной оптической оси пучок света проходит линзу, затем отражается от зеркального покрытия и снова проходит линзу. С помощью фор-

мулы линзы и закона отражения легко показать, что выходящий из линзы пучок пересекает главную оптическую ось линзы на расстоянии  $F/2$  от линзы, образуя с осью угол  $\alpha = 30^\circ$ . Абсолютная величина суммарного импульса фотонов, падающих на линзу, равна  $p_1 = E/c$ , а импульс пучка на выходе из линзы равен  $p_2 = E/(2c)$ . Изменение импульса фотонов  $Dp = p_2 - p_1$ . Модуль изменения импульса фотонов  $Dp = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_2 \cos \alpha} = \frac{E}{2c} \sqrt{5 + 2\sqrt{3}}$ . Средняя сила, которая действовала на фотоны, равна

$F_p = \frac{Dp}{t} = \frac{E \sqrt{5 + 2\sqrt{3}}}{2tc} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$ . Сила, равная ей по величине, но направленная противоположно, действует на линзу со стороны фотонов.

**5.** Пусть масса пара и жидкости вначале были  $m_n$  и  $m_{ж}$ , а температура в сосуде  $T_n$ . При изобарическом нагреве смеси ее температура не меняется, пока жидкость испаряется. По условию, температура повысилась до  $T_k = 373 \text{ К}$ , значит, вся жидкость испарилась и пар массой  $m_n + m_{ж}$  при том же давлении нагрелся на  $DT = T_k - T_n$ . Уравнения состояния для начального и конечного состояний системы:

$$pV_n = \frac{m_n}{M_n} RT_n, \quad pV_k = \frac{m_n + m_{ж}}{M_n} RT_k, \text{ где } M_n - \text{молярная масса пара. По ус-}$$

ловию  $V_k = bV_n = 1,54V_n$  и  $\frac{m_n}{m_n + m_{ж}} = ba$ , и окончательно

$$DT = T_k - T_n = \frac{ba - 1}{ba} \gg 10 \text{ К}.$$

## Региональная олимпиада по физике, 2005 г.

### Задания школьного этапа

**1.** Скорость запущенного вверх снаряда в верхней точке равна нулю. Поскольку скорости всех осколков равны, максимальное различие времен падения – оно как раз и есть время выпадения осколков на землю  $\tau$  – будет для осколков, летящих по вертикали. Осколок, летящий после взрыва вверх со скоростью  $v$ , через время  $2v/g$  окажется в точке взрыва, и его скорость будет равна  $v$  и направлена вниз. Значит, разность времен как раз равна  $2v/g = \tau$ , откуда  $v = g\tau/2$ .

**2.** По условию задачи сила сопротивления  $F_c = bx$ , ( $b = \text{const}$ ). Работа, совер-

шенная за один удар, равна  $A_1 = \frac{bL^2}{2k^2}$ . Очевидно, что для забивания всего гвоз-

дя необходимо совершить работу  $A = nA_1$  ( $n$  – число ударов). Отсюда  $n = k^2$ .

**3.** Обозначим температуру гелия в состоянии 1 через  $T_1$ . Тогда температура в состоянии 2 будет равна  $4T_1$ . Пусть давление на изобаре 1—2 равно  $p_1$ , тогда

работа, которую совершил газ при изобарическом процессе, равна  $A = p_1(V_2 - V_1)$ , где  $V_1$  и  $V_2$  - объемы гелия в состояниях 1 и 2. Поскольку  $p_1V_1 = nRT_1$  и  $p_1V_2 = 4nRT_1$ , то  $A = 3nRT_1$ . Отсюда  $T_1 = \frac{A}{3nR}$ . Работу газа

найдем как площадь цикла:  $A_c = \frac{1}{2}(p_1 - p_3)(V_2 - V_1)$ . После подстановки

значений  $V_1$  и  $V_2$  получим  $A_c = \frac{A}{2} \frac{p_3}{p_1} - \frac{p_3}{p_1} \frac{V_3}{V_2}$ . По условию задачи  $\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_2}$ , то-

гда  $\frac{p_3}{p_2} = \frac{1}{2}$ , и окончательно  $A_c = \frac{A}{4}$ .

4. Очевидно, что при пропускании тока через такой предохранитель, первой расплавится толстая проволочка, и ток распределится поровну между двадцатью тонкими проволочками. Предохранитель разорвет цепь при токе  $I = 20 I_1 = 36 \text{ A}$ .

5. Мощность, потребляемая мотором,  $W = IU$ ;  $U = E_i + IR$ , где  $E_i$  - ЭДС индукции, возникающая в якоре мотора. Следовательно,  $W = IE_i + I^2R$ . Здесь  $I^2R$  - джоулево тепло, выделяемое в обмотках, а  $IE_i$  - работа, совершаемая против ЭДС индукции в единицу времени. Она равна механической мощности  $W_1$ , развиваемой мотором. Эта мощность  $W_1 = \frac{UE_i - E_i^2}{R}$ . Это выражение име-

ет максимум при  $E_i = \frac{U}{2}$ . Следовательно, максимальная мощность равна

$$W_{\max} = \frac{U^2}{4R}.$$

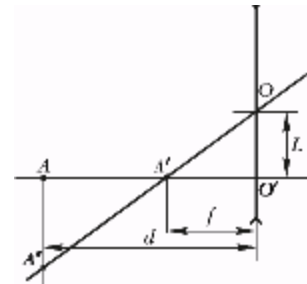
6. В отсутствие диода в контуре возникнут колебания тока. Напряжение на конденсаторе будет изменяться по гармоническому закону. Равновесное значение напряжения  $U_0 = \dots$ . Амплитуда колебаний (начальное отклонение) также  $\dots$ . Дiode «обрежет» разрядку. Следовательно, напряжение на конденсаторе будет равно  $2 \dots$ .

7. Поскольку линзу смещают в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси линзы, а изображение источника ( $A'$ ) должно остаться в прежнем положении, расстояние от источника ( $A$ ) до плоскости линзы также должно сохраниться. Все это будет выполнено, если оптический центр линзы ( $O$ ), изображение источника ( $A$ ) и новый источник ( $A''$ ) будут лежать на одной прямой. На рисунке это прямая  $OA''$ . Следовательно, источник надо сместить вниз на расстояние  $AA''$ .

По формуле линзы найдем расстояние  $f$  от изображения источника до линзы:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}, \text{ и } f = \frac{dF}{d+F}. \text{ Из подобия треугольников}$$

$AA'A''$  и  $A'O'O'$  можно записать  $\frac{AA''}{L} = \frac{d-f}{f}$ . Отсюда на-



ходим искомое расстояние:  $AA'' = L \frac{jd}{if} - 1 \frac{H}{H} = \frac{Ld}{F} = 8 \text{ см.}$

### Задания вузовского этапа, I тур

#### Вариант 1

#### Ответы на задания части А

№ вопроса	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
№ ответа	1					+								+	
	2									+		+			+
	3	+			+			+	+	+			+		
	4		+	+		+					+				

№ вопроса	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30
№ ответа	1			+			+								+
	2		+				+						+		
	3			+					+	+	+			+	
	4	+				+			+			+			

#### Ответы на задания части В

**V1** 0,2 **V2** 360 **V3** 3,2 **V4** 27

#### Решения задач части С

**C1.** Поскольку  $tg a > m$  груз будет соскальзывать с клина. Искомая сила может быть получена из условия равновесия клина:

$$F = mg \cos a \sin a - mmg \cos a \cos a, \text{ или } F = mg \cos a (\sin a - m \cos a).$$

**C2.** Масса пара, необходимая для насыщения объема  $2V$  при температуре  $T$

равна:  $m_n = \frac{2V p_n m}{RT}$ ; 0,04 г, (здесь  $p_n$  - давление насыщенного пара при данной

температуре,  $m$  - молярная масса пара), т.е. меньше чем масса воды, находящейся в сосуде. Таким образом, пар будет насыщенным и суммарное давление пара и сухого воздуха после открывания крана будет равно  $p_n + \frac{p}{2}$  ( $p$  - давление сухого воздуха).

**C3.** Энергия конденсатора до подключения  $W_1 = 8C E^2$ ; после перезарядки его энергия  $W_2 = CE^2/2$ . При этом над источником была совершена работа  $A = DqE$ :

$$Dq = 4CE - CE = 3CE. \text{ Тогда из закона сохранения энергии } Q = \frac{9}{2} C E^2.$$

**C4.**  $n = \sqrt{2}.$

**C5.** Так как половина излучения отражается,  $F = \frac{3N}{2c} S = 35 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$

**С6.** Изменение кинетической энергии равно работе вихревого поля:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = e j . \text{ Здесь } e, m - \text{ заряд и масса электрона. По определению токи}$$

$$\text{равны: } I = \frac{Nev}{2pR}; \quad I_0 = \frac{Nev_0}{2pR}. \quad \text{Отсюда } I = \frac{3}{2} I_0^2 + \frac{N^2 e^3 j}{2p^2 m R^2} \frac{1}{\mu_0} \sim$$

*Вариант № 2*

Ответы на задания части А

№ вопроса	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
№ ответа	1		+								+				+
	2			+			+		+						
	3			+						+		+	+	+	
	4	+				+	+		+						

№ вопроса	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30
№ ответа	1		+	+	+				+	+					
	2	+									+				
	3					+	+	+	+			+	+	+	+
	4														

Ответы на задания части В

**V1** 89 **V2** 20000 **V3** 6 **V4** 0,2

Решения задач части С

**С1.** Высота подъема  $h = \frac{v^2}{2g}$ . Так как полное ускорение направлено под углом

$45^\circ$ , то  $T = mg$  ( $T$  – сила реакции нити). По второму закону Ньютона

$$T = m \frac{v^2}{L}, \text{ отсюда } h = \frac{L}{2}.$$

**С2.** Изменение объема в процессе сжатия  $DV = \frac{A}{p_n}$ ; Отводится тепло, выделяемое в процессе конденсации. Масса сконденсировавшегося пара

$$Dm = \frac{p_n DV m}{RT}. \text{ Тогда } Q = r Dm = \frac{A n r}{RT} \gg 2,6 \text{ кДж.}$$

**С3.** Работа, совершенная источником в процессе зарядки батареи  $A_{ист} = q = C^2$ . Энергия конденсатора  $W = C^2/2$ . Полное количество тепла, выделившееся

в цепи  $Q = A_{ист} - W$ . На резисторе  $R$  выделится  $Q_R = Q \frac{R}{R + r}$ .

$$\text{C4. } S = \frac{a^2 F^3 (a + 2b - 2F)}{2(b - F)^2 (a + b - F)^2} = 3 \text{ мм}^2.$$

$$\text{C5. } F = \frac{2 \text{ Ч0,5N} + 0,2\text{N}}{c} = \frac{1,2\text{N}}{c} = 2 \text{ Ч} 10^{-7} \text{ Н}.$$

**C6.** Атому газа передается кинетическая энергия  $\frac{mv^2}{2}$ , приобретенная электроном между двумя последовательными столкновениями. Тогда

$$\frac{mv^2}{2} = I; \quad v = at \quad (a - \text{ускорение электрона}). \text{ Длина свободного пробега}$$

$$l = \frac{at^2}{2} = \frac{eUt^2}{2md}. \text{ Окончательно получаем } U = \frac{Id}{el} \gg 160 \text{ В}.$$

### Задания вузовского этапа, II тур

1. По закону сохранения энергии  $mgH + \frac{mv^2}{2} = mmg \cos a \text{ ЧС} + \frac{m4v^2}{2}$ . Отсюда

$$S = \frac{gH - \frac{3}{2}v^2}{mg \cos a} = \frac{2gH - 3v^2}{2mg \cos a}.$$

2. Пусть  $v$  и  $u$  – скорости тела и горки в тот момент, когда тело покинуло горку. Тогда законы сохранения импульса и энергии принимают вид:

$$Mu - mv = 0; \quad mg(H - h) = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}. \text{ Подставив найденные из этих со-}$$

отношений  $v$  и  $u$  в формулу  $S = (u + v)t$ , где  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , получим:

$$S = \sqrt{4h(H - h)} \left(1 + \frac{m}{M}\right).$$

3. Уравнения состояния для пара при вдохе и выдохе запишем в виде:

$$j_1 p_n V = \frac{m_1}{m} RT; \quad j_2 p_n V = \frac{m_2}{m} RT. \text{ Тогда масса влаги, теряемой человеком за}$$

один вдох, равна  $Dm = \frac{(j_1 - j_2) p_n V m}{RT}$ . За один час человек потеряет

$$m_{\text{вл}} = Dm \text{ ЧВ}, \text{ где } N = 15 \text{ Ч60}.$$

4. Поскольку конденсаторы одинаковые и соединены последовательно, то их можно заменить одним с вдвое большим расстоянием между пластинами. Так как заряд на обкладках не меняется, то

$$E(2d - h) + \frac{E}{e}h = E,$$

$$U + 2Ed = E,$$

где  $U$  – напряжение на резисторе после удаления пластины из диэлектрика.



Решая систему, получаем

$$I = \frac{U}{r} = \frac{Eh(e - 1)}{r((2d - h)e + h)}.$$

5. Закон Ома при последовательном и параллельном включениях двигателей имеет вид:  $U - E'_{инд} = I_1(2R + rx)$ ;  $U - E''_{инд} = I_2\left(\frac{R}{2} + rx\right)$ . Мощность, затрачиваемая трамваем:  $Fv = E'_{инд}I_1 = E''_{инд}I_2$ . Отсюда расстояние

$$x = \frac{U(I_2 - I_1) + \frac{R}{2}(4I_1^2 - I_2^2)}{r(I_2^2 - I_1^2)}.$$
 Скорость трамвая

$$v = \frac{E'_{инд}I_1}{F} = \frac{I_1}{F}(U - I_1(2R - rx)).$$

6. 40 см.

7. Ток через индуктивность будет максимальным, когда напряжение на ней будет равно нулю. Следовательно,  $U_{C1} + U_{C2} = 0$ , или  $\frac{q_1}{C_1} - \frac{q_2}{C_2} = 0$ . Обозначим

$EC_2 = q_0$ . По закону сохранения заряда  $q_1 + q_2 = C_2$ . Эти соотношения позволяют определить заряды на конденсаторах в тот момент, когда через катушку индуктивности протекает максимальный ток. После этого, используя закон

сохранения энергии:  $\frac{LI_{\max}^2}{2} = \frac{C_2 E^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C_1} - \frac{q_2^2}{2C_2}$ , окончательно получим:

$$I_{\max} = E \sqrt{\frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)L}}.$$
 Попробуйте решить эту задачу по-другому, рассмотрев колебания в получившемся колебательном контуре.

### Задания заключительного (межвузовского) этапа

1. Обозначим  $v_1$  и  $v_2$  скорости шайбы после первого и второго ударов. Тогда по

закону сохранения энергии  $\frac{mv_1^2}{2} = F_{mp}S_1$ ;  $\frac{mv_2^2}{2} = F_{mp}S_2$ , где  $F_{mp} = mg$ .

Очевидно, что скорость шайбы сразу после нанесения по ней суммарного удара будет равна  $v_3 = v_1 + v_2$ . Таким образом, кинетическая энергия шайбы после

суммарного удара будет:  $W_s = \frac{mv_3^2}{2} = \frac{m}{2}(v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos a)$ . Отсюда рас-

стояние, на которое переместится шайба после этого удара будет

$$S = S_1 + S_2 + 2\sqrt{S_1 S_2} \cos a = 1,27 \text{ м}.$$

2. Масса молекулы азота в 7 раз больше массы атома гелия, поэтому при одинаковой температуре, когда равны средние кинетические энергии обоих видов молекул, средние квадраты скоростей атомов гелия в 7 раз больше средних квадратов скоростей молекул азота. Значит, число ударов в стенки сосуда мо-

лекул азота, которых в 7 раз меньше, чем атомов гелия, и среднеквадратичная скорость которых в  $7^{0.5}$  раз меньше, чем у атомов гелия, в  $7^{1.5}$  раз меньше числа ударов атомов гелия.

3. Направим ось  $x$  вдоль оси пробирки. Половина общего числа молекул газа имеют проекцию скорости  $v_x > 0$ . Эти молекулы вылетят из пробирки, не передав ей никакого импульса. Другая половина молекул передаст задней стенке пробирки свой двойной импульс, а затем также покинет пробирку. Следовательно, пробирка получит импульс в направлении оси  $x$ , равный  $mV_x = 2m_0 \frac{1}{2} v_{xcp} \frac{1}{2} N_A / 2$ , где  $V_x$  - проекция скорости пробирки,  $m_0$  - масса молекулы газа,  $\frac{1}{2} v_{xcp}$  - среднее значение модуля проекции ее скорости и  $N_A$  - постоянная Авогадро. Учитывая, что  $(v_{xcp})^2 = (v_{cp})^2 / 3$ , а  $(v_{cp})^2 = 3kT/m_0$ , получим:

$$mV_x = m_0 N_A \sqrt{kT / m_0}. \text{ Отсюда } V_x = \frac{1}{M} \sqrt{(m_0 N_A)(kN_A)T} = \frac{1}{M} \sqrt{mRT}.$$

4. Для нижнего положения бусинки второй закон Ньютона принимает вид:

$$T - mg - qE = \frac{mv^2}{l}. \text{ Здесь } l - \text{длина нити, } T - \text{сила реакции нити. Закон со-}$$

хранения энергии:  $\frac{mv^2}{2} = mgl + qDj$ , где  $Dj$  - разность потенциалов между начальным и нижним положениями бусинки.  $Dj = El$ . Из этих уравнений искомая сила  $T = 3(mg + qE) = 6mH$ .

5. Напряженность электрического поля пластины  $l$  равна  $E_1 = \frac{Q}{2e_0S}$ . Так как

пластины 2 и 3 закорочены проводником, разность потенциалов между ними равна нулю. Следовательно, на них должны появиться заряды ( $q_2, q_3$ ), электрические поля которых вместе с электрическим полем заряда  $Q$  обеспечивают эту нулевую разность потенциалов. По закону сохранения заряда  $q_2 = -q_3$ . Из принципа суперпозиции электрических полей:  $U_{23} = (E_1 - E_2 - E_3)d = 0$ , где  $U_{23}$  - разность потенциалов между пластинами 2 и 3,  $E_1, E_2$  и  $E_3$  - напряженности полей, создаваемых каждой пластиной,  $d$  - расстояние между пластинами 2 и 3. Так как  $E_2 = E_3$ , находим:  $E_2 = E_3 = E_1/2$ . тогда заряды на пластинах  $q_2 = -q_3 = -Q/2$ . Сила, действующая на пластину 2, равна:

$$F = q_2 (E_1 - E_3) = \frac{QE_1}{4} = \frac{Q^2}{8e_0S}.$$

6. Пусть  $j$  - угол, соответствующий направлению на первый дифракционный максимум, тогда  $\sin j = \frac{l}{d} = \frac{hc}{Wd}$ . Искомое расстояние

$$Dx = 2Ftgj = \frac{2Fhc}{Wd} = 0,78 \text{ мм}.$$

7. До размыкания ключа конденсатор  $C_1$  - незаряжен, а заряд на конденсаторе  $C_2$  равен  $C\varepsilon$ . После размыкания ключа по закону сохранения заряда  $q_2 - q_1 = C\varepsilon$ . Здесь  $q_2$  и  $q_1$  - установившиеся заряды на конденсаторах  $C_1$  и  $C_2$  после размыкания ключа. Очевидно, что  $q_1/C_1 + q_2/C_2 = \varepsilon$ . Отсюда получаем, что  $q_1 = 0$ ;  $q_2 = C\varepsilon$ .

**Вступительные задания на факультет компьютерных наук, 2003 г.**

*Вариант № 1*

<b>№ задания</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>ответ</b>	<b>В</b>	<b>А</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>

6. Обозначим  $t_0$  - полное время движения тела;  $\tau = 1$  с. Тогда

$$S = \frac{gt_0^2}{2}; \quad \frac{S}{3} = \frac{g(t_0 - t)^2}{2}. \text{ Из этих уравнений находим } S \approx 28 \text{ м.}$$

7. По условию задачи сила Ампера уравновешивается силой тяжести:

$mg = IBl$  или  $gdSl = IRl$ . Здесь  $S$  – сечение проводника,  $d$  – его плотность. По

закону Ома  $I = \frac{U}{R}$ ; учитывая, что  $R = r \frac{l}{S}$ , для плотности проводника полу-

чим:  $d = \frac{UB}{lrg} = 10 \text{ г/см}^3$ .

8. Равенство нулю алгебраической суммы моментов всех сил, приложенных к нижнему бревну, относительно оси, проходящей через точку касания его с горизонтальной поверхностью, имеет вид:  $NR \sin 30^\circ = F_{mp}R (1 + \cos 30^\circ)$ . Здесь

$N$  - сила давления со стороны верхнего бревна,  $F_{mp} = kN$ . Тогда  $k = \frac{1}{2 + \sqrt{3}}$ .

9. По условию задачи  $\frac{T}{V^2} = const$ . Масса газа не меняется, поэтому

$$\frac{PV}{T} = const. \text{ Отсюда } \frac{P}{V} = const \text{ или } \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \text{ (1). По первому закону термо-}$$

динамики  $Q = \frac{3}{2}nRDT + A$ . В нашем случае работа  $A = \frac{P_1 + P_2}{2}(V_2 - V_1)$ ,

или с учетом соотношения (1)  $A = \frac{1}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) = \frac{1}{2}nRDT$ . Таким образом,

$$Q = \frac{5}{2}nRDT. \text{ Тогда работа, совершенная газом, } A = Q/4.$$

*Вариант № 2*

<b>№ задания</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>ответ</b>	<b>В</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>Б</b>

6.  $Dt = \sqrt{2S/g + t_2^2} - t_2 \gg 1 \text{ с.}$

7.  $tga = \frac{IBl}{mg} \gg 1; \quad a \gg 45^\circ.$

8.  $F = 800 \text{ Н.}$

9.  $Q = 4A = 280 \text{ Дж}$ .

**Вступительное задание на физический факультет  
(очно-заочное отделение), 2003 г.**

*Вариант № 1*

№ задания	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
ответ	<b>В</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>В</b>

6.  $\text{tga} = 4$ .

7.  $U = 30\text{В}$ .

8. в 2 раза.

9.  $q = q_m \sqrt{1 - \frac{I^2}{I_m^2}} = 2,0 \text{ нКл}$ .

**Вступительные задания на факультет компьютерных наук, 2004 г.**

*Вариант № 1*

№ задания	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
ответ	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>А</b>	<b>Г</b>	<b>В</b>

6. По закону Кулона  $F = k \frac{q_1 q_2}{l^2}$ ; здесь  $q_1, q_2$  - модули зарядов шариков. Разность потенциалов между шариками равна ЭДС батареи:  $E = k \frac{q_1}{r_1} + k \frac{q_2}{r_2}$ ; Из условия электронейтральности следует:  $q_1 = q_2$ . Из этих соотношений получаем:  $F = \frac{E^2 r_1^2 r_2^2}{k (r_1 + r_2)^2 l^2}$ .

7. По закону сохранения энергии  $mg \frac{l}{4} = \frac{mv^2}{2}$ ; тогда  $v = \sqrt{\frac{gl}{2}}$ .

8. Максимальное значение ускорения  $a_m = Dxw^2$  и  $w^2 = \frac{2k}{m + M}$ . Так как проскальзывания нет,  $a_m \leq mg$ . Отсюда  $Dx = \frac{mg(m + M)}{2k}$ .

9. Пусть  $1 \rightarrow 2$  – изохорное охлаждение,  $2 \rightarrow 3$  – изобарное сжатие и  $3 \rightarrow 1$  – процесс, в котором давление изменяется пропорционально объему.

Обозначим:  $P_1 = 4P$ , тогда  $P_2 = P_3 = P$ ;  $V_3 = V$ ,  $V_2 = 4V$ . КПД  $h = \frac{A}{Q}$ , здесь  $A$  - работа, совершенная газом за весь цикл;  $A = \frac{9}{2}PV$ .  $Q$  - тепло, полученное газом за весь цикл. Очевидно, что  $Q = Q_{31} = \frac{3}{2}nRDT_{31} + A_{31}$ ;  $A_{31} = \frac{15}{2}PV$ ; Используя условие задачи, можем записать:  $PV = nRT_3$ ;  $16PV = nRT_1$ . Тогда  $nRDT_{31} = 15PV$ , и  $Q_{31} = 30PV$ . Окончательно  $h = 15\%$ .

*Вариант № 2*

<b>№ задания</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>ответ</b>	<b>Г</b>	<b>Г</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>В</b>

$$6. I_{\max} = U \sqrt{\frac{C}{2L}}.$$

$$7. W = mgL \left( \frac{\operatorname{tg} a \sin a}{2} - \cos a + 1 \right).$$

$$8. A = \frac{mg}{k} \sqrt{1 + \frac{2hk}{mg}}; \quad E = mg \left( h + \frac{mg}{2k} \right).$$

$$9. Q = \frac{5}{4}mv^2.$$

**Вступительное задание на физический факультет  
(очно-заочное отделение), 2004 г.**

*Вариант № 1*

<b>№ задания</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>ответ</b>	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>

$$6. a = \operatorname{arctg} 8.$$

$$7. t = \frac{p}{3} \sqrt{LC}.$$

$$8. a = \frac{F}{2m}.$$

$$9. Q = \frac{R}{k} \left( \frac{hc - Al}{el} \right) = 6 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}; \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.$$

**Рекомендуемая литература**

1. Баканина Л.П. Сборник задач по физике: для 10-11 кл. с углубл. изуч. физики / Л.П. Баканина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел, под ред. С.М. Козела. – М. : Просвещение, 1999. – 256 с.
2. Сборник задач по элементарной физике / Б.Б. Буховцев [и др.]. – М. : Физматлит, 2000. – 448 с.
3. Черноуцан А.И. Физика. Задачи с ответами и решениями / А.И. Черноуцан. – М. : Книжный дом «Университет», 2004. – 336 с.
4. Материалы вступительных экзаменов по физике / сост. В.А. Тихомирова. – М. : Бюро Квантум, 1999. – 128 с.
5. Меледин Г.В. Физика в задачах: Экзаменационные задачи с решениями / Г.В. Меледин. – М. : Наука, 1985. – 208 с.
6. Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в вузы / Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суров. – М. : Дрофа, 2000. – 672 с.

**Авторы:**

Алмалиев Александр Николаевич  
Крыловецкий Александр Абрамович  
Мармо Сергей Иванович  
Овсянников Виталий Дмитриевич

**Редактор**

Бунина Т.Д.