

Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

Кафедра физики

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ

**Тема: МЕХАНИКА. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ

**АВТОРЫ: ПЛЕТНЕВА Е.Д.
ВАТОЛИНА Н.Д.**

**ЕКАТЕРИНБУРГ
2004**

УДК 373.53

Рецензенты: к.ф.-м.н., доцент Волков А.Г.

Автор: Е.Д.Плетнева, Н.Д.Ватолина

Физика: Механика. Специальная теория относительности. Молекулярная физика: **Методические указания:** Задания индивидуальной домашней работы/ Е.Д.Плетнева, Н.Д.Ватолина. Екатеринбург: ООО "Изд-во УМЦ УПИ", 2004, 14с.

Методические указания включают в себя варианты индивидуального домашнего задания по теме «Механика. Специальная теория относительности. Молекулярная физика» курса общей физики. В них содержатся правила оформления индивидуального домашнего задания и список необходимой литературы при выполнении этого вида учебной работы студента.

Методические указания соответствуют программе курса «Общая физика» и отвечают всем требованиям, принятым на кафедре физики УГТУ-УПИ.

Для студентов УГТУ-УПИ всех специальностей всех форм обучения.

Подготовлено кафедрой физики
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

© ООО "Издательство УМЦ УПИ", 2004

Индивидуальное домашнее задание необходимо оформить на листах формата А-4.

Титульный лист должен иметь все атрибуты указанные ниже

Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

Кафедра физики

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

**Тема: МЕХАНИКА. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА**

Выполнил: Студент группы –

Дата

Проверил: Доцент кафедры физики

Дата

Екатеринбург
2004 г

Внутренние страницы должны иметь поля: сверху и снизу 2,5 см. Слева 3,0 см. Справа 2,0 см.

Текст и графики (диаграммы) должны быть написаны без помарок и исправлений. Допускается оформление на компьютере.

Ответы оформляются в порядке постановки, от первого последовательно к последнему заданию.

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 1

1. В сосуде с жидкостью ко дну на нити длиной l прикреплен шарик массой m и радиусом r . Сосуд вращается с угловой скоростью ω . Определить угол α между нитью и осью вращения. Плотность жидкости ρ .

2. Имеются два цилиндра: алюминиевый (сплошной) и свинцовый (полый) одинакового радиуса $R = 6,0$ см и одинаковой массы $m = 0,5$ кг. Поверхности цилиндров окрашены одинаково. 1) Как, наблюдая поступательные скорости цилиндров у подножия наклонной плоскости, можно различить их? 2) Найти моменты инерции этих цилиндров J . 3) За какое время каждый цилиндр скатится без скольжения с наклонной плоскости? Высота наклонной плоскости $h = 0,50$ м, угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Начальная скорость каждого цилиндра равна нулю.

3. Три моля идеального газа, находившегося при температуре $T_1 = 273$ К, изотермически расширили в пять раз и затем изохорически нагрели так, что в конечном состоянии его давление стало равно первоначальному. За весь процесс газу сообщили количество теплоты $Q = 80$ кДж. Найти величину $\gamma = C_p/C_v$ для этого газа. Построить график процесса.

4. В результате нагревания $m = 22$ г азота его абсолютная температура увеличилась на $\Delta S = 4,19$ Дж/К. При каких условиях производилось нагревание (при постоянном объеме или при постоянном давлении)?

5. В закрытом сосуде находится идеальный газ. Как изменится в процентах давление ($\Delta p/p$), если квадратичная скорость его молекул $\langle U_{\text{кв}} \rangle$ увеличится на $\gamma = 20\%$?

6. Мезоны космических лучей достигают поверхности Земли с самыми разнообразными скоростями. Найти релятивистское сокращение размеров мезона, скорость которого равна 95% скорости света.

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 2

1. Льдина площадью $S = 0,5 \text{ м}^2$ и высотой $h = 40 \text{ см}$ плавает в воде. Какую работу A надо совершить, чтобы полностью погрузить льдину в воду?

2. Каток в виде однородного цилиндра массой $m = 2,0 \text{ кг}$ катится по горизонтальной под действием $F = 10,0 \text{ Н}$, приложенной к его оси. Полагая, что сила F направлена перпендикулярно оси катка и образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, определить ускорение a , с которым перемещается ось катка.

3. Некоторая масса азота при давлении $P_1 = 10^5 \text{ Па}$ имела объем $V_1 = 5,0 \text{ л}$, а при давлении $P_2 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$ объем $V_2 = 2,0 \text{ л}$. Переход от первого состояния ко второму произведен в два этапа: сначала по изохоре, а затем по адиабате. Определить изменение внутренней энергии, количество теплоты и произведенную работу. Построить график процесса.

4. При нагревании $\nu = 1,0 \text{ кмоль}$ двухатомного газа его абсолютная температура увеличивается в 1,5 раза. Найти изменение энтропии ΔS , если нагревание происходит: 1) изохорически, 2) изобарически.

5. Объем пузырька газа, всплывающего со дна озера, увеличился на поверхности в $n = 6$ раз по сравнению с объемом дна у озера. Температура воды у дна $t_1 = 4^\circ\text{C}$, у поверхности $t_2 = 21^\circ\text{C}$. Найти глубину озера h . Атмосферное давление $p_a = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

6. Во сколько раз увеличивается продолжительность существования нестабильной частицы по часам неподвижного наблюдателя, если она начинает двигаться со скоростью, составляющей 99% скорости света?

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 3

1. Тело массой m и объемом V брошено вертикально вниз с высоты H в воду с начальной скоростью v_0 . На какую глубину h погрузится тело? Сопротивлением воздуха и воды пренебречь. Плотность материала тела принять меньшей плотности воды ρ_v .

2. Тело из состояния покоя приводится во вращение вокруг горизонтальной оси с помощью падающего груза, соединенного со шнуром, предварительно намотанным на ось. Определить момент инерции тела, если груз массой $m = 2,0$ кг в течение $t = 12$ с опускается на расстояние $h = 1,0$ м. Радиус оси $r = 8,0$ мм. Силой трения можно пренебречь.

3. Некоторая масса азота при давлении $P_1 = 10^5$ Па имела объем $V_1 = 5,0$ л, а при давлении $P_2 = 3,0 \cdot 10^5$ Па объем $V_2 = 2,0$ л. Переход от первого состояния ко второму произведен в два этапа: сначала по адиабате, а затем по изохоре. Определить изменение внутренней энергии, количество теплоты и произведенную работу. Построить график процесса.

4. Найти приращение энтропии ΔS 2 молей идеального газа с показателем адиабаты $\gamma = 1,33$, если в результате некоторого процесса объем газа увеличился в два раза, а давление уменьшилось в 3 раза.

5. В вертикальной запаянной снизу стеклянной трубке длиной $l = 90$ см находится столбик воздуха, ограниченный сверху столбиком ртути высотой $h_1 = 30$ см. Ртуть заполняет трубку до верхнего уровня. Трубку переворачивают открытым концом вниз, причем часть ртути выливается. Какова высота столбика h_2 ртути, который останется в трубке, если атмосферное давление $p_a = 1,0 \cdot 10^5$ Па?

6. Мезон, входящий в состав космических лучей, движется со скоростью, составляющей 95% скорости света. Какой промежуток времени Δt по часам неподвижного наблюдателя соответствует одной секунде “собственного времени” мезона?

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 4

1. Аэростат массой $m = 500$ кг и объемом $V = 500$ м³ поднимается вертикально вверх. Принимая его движение равноускоренным, определить, на какую высоту h поднимется аэростат в течение первых $t = 10$ с. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. На барабан радиусом $R = 20$ см, момент инерции которого $J = 0,10$ кг·м², намотан шнур, к которому привязан груз массой $m = 0,50$ кг. До начала вращения барабана высота груза над полом $h = 11,0$ м. Найти: 1) Время, за которое τ груз опустится до пола; 2) кинетическую энергию $E_{\text{кин}}$ груза в момент удара о пол; 3) натяжение нити T . Трением пренебречь.

3. Два моля идеального газа при температуре $T_1 = 300$ К охладили изохорически, вследствие чего его давление уменьшилось в два раза. Затем газ изобарически расширился так, что в конечном состоянии его температура стала равной первоначальной $T_1 = T_2$. Найти количество тепла Q , поглощенного газом в данном процессе.

4. Найти изменение энтропии ΔS при переходе $m = 8,0$ г кислорода от объема $V_1 = 10$ л при температуре $t_1 = 80^\circ\text{C}$ к объему $V_2 = 40$ л при температуре $t_2 = 300^\circ\text{C}$.

5. Один конец цилиндрической трубки длиной $l_1 = 25$ см и радиусом $R = 1,0$ см заполнен воздухом и закрыт пробкой. В другой конец трубки медленно вдвигают поршень. При перемещении поршня на $\Delta l = 8,0$ см пробка вылетает. Найти силу трения F пробки о стенки трубки в момент вылета. Атмосферное давление нормальное.

6. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы его скорость составила 95% скорости света?

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 5

1. На гладкой горизонтальной поверхности находится ящик с песком массой $m_1 = 50$ кг. В него попадает пуля массой $m_2 = 10$ г, летящая горизонтально со скоростью $v_2 = 800$ м/с, и застревает в нем. Найти величину деформации пружины x , удерживающей ящик, если ее жесткость равна $k = 1,0$ кН/м.

2. Две гири разной массы соединены нитью и перекинуты через блок, момент инерции которого $J = 50$ кг · м² и радиус $R = 20$ см. Блок вращается с трением и момент сил трения $M = 98,1$ Нм. Найти разность натяжений нити $T_1 - T_2$ по обе стороны блока, если известно, что блок вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 2,36$ рад/с².

3. При расширении $m = 10$ г кислорода объем его увеличился в 10 раз. Найти, во сколько раз и в каком случае газ совершит большую работу A , если он будет расширяться адиабатически или изотермически.

4. Найти изменение энтропии ΔS при переходе $m = 6,0$ г водорода от объема $V_1 = 20$ л под давлением $P_1 = 150$ кПа к объему $V_2 = 60$ л под давлением $P_2 = 100$ кПа.

5. В цилиндре под поршнем находится воздух под давлением $p_1 = 2,0 \cdot 10^5$ Па и температуре $T_1 = 300$ К. Какой массы m груз надо положить на поршень после нагревания воздуха до температуры $T_2 = 330$ К, чтобы вернуть поршень в исходное положение? Площадь поршня $S = 30$ см².

6. Масса движущегося электрона вдвое больше его массы покоя. Найти кинетическую энергию W_k электрона.

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 6

1. Шар массой M висит на стержне длиной l . В шар попадает летящая горизонтально пуля массой m и застревает в нем. С какой минимальной скоростью v_1 должна лететь пуля, чтобы после попадания пули шар мог сделать полный оборот в вертикальной плоскости? Чему будет равна скорость пули v_2 , если стержень заменить нитью длиной l ?

2. Маховое колесо, имеющее момент инерции $J = 245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращается, делая $n = 20$ об/с. После того, как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось, сделав $N = 1000$ об. Найти: 1) момент сил трения M ; 2) время τ , прошедшее от момента прекращения действия вращающего момента до полной остановки колеса.

3. При изотермическом расширении $m = 2,0$ кг водорода, взятых при давлении $P = 6,0 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ и объеме $V = 8,31 \text{ м}^3$, была совершена работа $A = 5,47 \cdot 10^3$ кДж. Определить конечные параметры водорода, если после изотермического расширения газ был адиабатически сжат, причем была совершена та же работа, что и при расширении. Построить график процесса.

4. Гелий массой $m = 1,7$ л адиабатически расширили в 3 раза и затем изобарически сжали до первоначального объема. Найти приращение энтропии ΔS при этом процессе.

5. Баллон с газом емкостью $V_1 = 9,0$ л находится при атмосферном давлении $p_1 = 10^5$ Па. Второй баллон емкостью $V_2 = 1,0$ л, заполненный тем же газом, имеет давление p_2 в $n = 11$ раз больше по сравнению с первым. Баллоны соединены трубкой, имеющей кран. Какое давление p установится при открывании крана? Температура газа постоянна.

6. Какому изменению массы Δm соответствует изменение энергии на $\Delta W = 4,19$ Дж?

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 7

1. В баллистический маятник массой $m_1 = 5,0$ кг попала пуля массой $m_2 = 10$ г и застряла в нем. Чему равна скорость пули v , если маятник, отклонившись после удара, поднялся на высоту $h = 10$ см?

2. По ободу шкива, насаженного на общую ось с маховым колесом, намотана нить, к концу которой подвешен груз массой $m = 4$ кг. На какое расстояние h должен опуститься груз, чтобы колесо со шкивом получило скорость, соответствующую частоте $n = 60$ об/мин? Момент инерции колеса со шкивом $J = 0,42$ кг·м², радиус шкива $r = 10$ см.

3. Один моль воздуха при давлении $P_1 = 10 \cdot 10^5$ Н/м² и температуре $T_1 = 390$ К изохорически изменяет давление так, что его внутренняя энергия изменяется на $\Delta u = -71,7$ кДж, затем изобарически расширяется и совершает работу $A = 745$ кДж. Определить параметры воздуха (считать $C_v = 717$ Дж/кг = const). Построить график процесса.

4. Во сколько раз следует изотермически увеличить объем 4 молей идеального газа, чтобы его энтропия испытала приращение $\Delta S = 23$ Дж/К?

5. Трубка с запаянным верхним концом полностью погружена в сосуд с ртутью так, что запаянный конец находится на уровне ртути. При этом столбик воздуха внутри трубки имеет длину $h_1 = 10$ см. На какую высоту h_2 над уровнем ртути в сосуде надо приподнять верхний конец трубки, чтобы уровень ртути внутри трубки сравнялся с уровнем ртути в сосуде? Атмосферное давление нормальное.

6. Определите собственную длину стержня, если в лабораторной системе его скорость $v = 0,6$ с, длина $l = 1,5$ м и угол между ним и направлением движения $\alpha = 30^\circ$.

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 8

1. Небольшое тело массой M лежит на вершине гладкой полусферы радиусом R . В тело попадает пуля массой m , летящая горизонтально со скоростью v , и застревает в нем. Пренебрегая смещением тела во время удара, определить, на какой высоте h от вершины оно оторвется от поверхности полусферы. При какой скорости пули v_1 тело сразу оторвется от полусферы?

2. Маховое колесо начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,50 \text{ рад/с}^2$ и через $t_1 = 15 \text{ с}$ после начала движения приобретает момент импульса $L = 73,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$. Найти кинетическую энергию колеса через $t = 20 \text{ с}$ после начала вращения.

3. Водород массой $m = 40 \text{ г}$, имевший температуру $T_1 = 300\text{К}$, адиабатно расширился, увеличив объем в $n_1 = 3$ раза. Затем при изотермическом сжатии объем газа уменьшился в $n_2 = 2$ раза. Определить полную работу A , совершенную газом, и конечную температуру T_2 газа. Построить график процесса.

4. Кислород массой $m = 10 \text{ г}$ нагревают от $t_1 = 50^\circ\text{С}$ до $t_2 = 150^\circ\text{С}$. Найти изменение энтропии ΔS , если нагревание происходит:

1) изохорически, 2) изобарически

5. Запаянная с одного конца стеклянная трубка погружена открытым концом в сосуд с ртутью; ртуть стоит в ней на $h = 5,0 \text{ см}$ выше уровня в сосуде. Высота столба воздуха в трубке $l = 50 \text{ см}$. На сколько градусов ΔT должна подняться температура окружающего воздуха, чтобы ртуть в трубке опустилась до ее уровня в сосуде? Первоначальная температура воздуха была $t_1 = 17^\circ\text{С}$, давление атмосферы $p_a = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

6. Релятивистская частица движется в системе K со скоростью u под углом ϑ к оси x . Определите соответствующий угол в системе K' , движущейся со скоростью v относительно системы K в положительном направлении оси x , если оси x и x' обеих систем совпадают.

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 9

1. Два небольших тела одновременно начинают соскальзывать с краев внутрь идеально гладкой полусферы радиуса R навстречу друг другу. Происходит абсолютно неупругий удар, после которого тела продолжают двигаться вместе. Найти максимальную высоту h подъема тел после удара, если отношения их масс $n = m_1/m_2 = 2.0$.

2. Маховик вращается с постоянной скоростью, соответствующей частоте $n = 10$ об/с; его кинетическая энергия $E_{\text{кин}} = 7,85$ кДж. За сколько времени вращающий момент $M = 50$ Н·м, приложенный к этому маховику. Увеличит угловую скорость маховика в два раза?

3. Кислород массой $m = 2,0$ кг занимает объем $V_1 = 1,0$ м³ и находится под давлением $P_1 = 0,20$ МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема $V_2 = 3,0$ м³, а затем при постоянном объеме до давления $P_2 = 0,50$ МПа. Найти изменение Δu внутренней энергии газа, совершенную им работу A и теплоту Q , переданную газу. Построить график процесса.

4. $V = 1,0$ м³ воздуха, находящегося при температуре $t = 0^\circ\text{C}$ и давлении $2,0 \cdot 10^5$ Па изотермически расширяется от объема до объема $V_2 = 2V_1$. Найти изменение энтропии ΔS при этом процессе.

5. Газ, занимающий объем $V_1 = 5,0$ л при давлении $p_1 = 1,5 \cdot 10^5$ Па при температуре $t_1 = 400^\circ\text{C}$, нагревается изобарически до объема $V_2 = 7,5$ л. Определить: 1) число молекул N в газе; 2) увеличение средней квадратичной скорости одной молекулы при нагревании ($v_{\text{кв}} > 2 / < v_{\text{кв}} > 1$).

6. Определите релятивистский импульс протона, если скорость его движения $u = 0,8$ с.

Механика, СТО, молекулярная физика

Вариант 10

1. Шарик скользит без трения по наклонному желобу, образующему “мертвую петлю” радиусом R . На какой высоте H шарик оторвется от желоба и какую скорость v он будет иметь в этот момент, если он спускается по желобу без начальной скорости с высоты $h = 2R$? Размерами шарика пренебречь.

2. Однородный стержень длиной $l = 1,2$ м и массой $m = 0,3$ кг вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Чему равен вращающий момент M , если стержень вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 9,81 \text{ с}^{-1}$? Как изменится вращающий момент, если ось вращения переместить в центр масс стержня? Сколько оборотов сделает стержень за время $t = 5,0$ с, если он начал вращаться из состояния покоя?

3. При температуре $t_1 = 17^\circ\text{C}$ и давлении $P_1 = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $m = 4,4$ кг двуокиси углерода (CO_2) адиабатически были сжаты до некоторого давления P_2 . После сжатия газ изотермически расширился. Определить параметры газа после расширения, если приращение внутренней энергии в адиабатическом процессе $\Delta u = 108 \text{ кДж}$ равно количеству теплоты Q , сообщенному в изотермическом процессе. Построить график этого процесса.

4. Чему равно изменение энтропии ΔS при протекании следующих процессов:

- а) изобарическом нагревании $m = 0,10$ кг азота от $t_1 = 0^\circ\text{C}$ до $t_2 = 125^\circ\text{C}$;
- б) изохорическом охлаждении $\nu = 2$ кмоль кислорода от $T_1 = 550^\circ\text{K}$ до $T_2 = 275^\circ\text{K}$;
- в) изотермическом расширении $\nu = 0,50$ кмоль углекислого газа от объема $V_1 = 11 \text{ м}^3$ до $V_2 = 33 \text{ м}^3$.

5. Цилиндрический сосуд, расположенный горизонтально, заполнен газом при $t_1 = 27^\circ\text{C}$ и давлении $p_1 = 0,1 \text{ Мпа}$ и разделен на две равные части подвижной перегородкой. Каким станет давление газа p_2 в цилиндре, если в левой половине газ нагреть до температуры $t_2 = 67^\circ\text{C}$, а в правой - температуру газа оставить без изменения?

6. Полная энергия релятивистской частицы в 8 раз превышает ее энергию покоя. Определите скорость этой частицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Савельев И.В.** Курс общей физики. Книги 1, 2, 3, 4, 5. - М.: Наука Физматлит, 1998. Кн. 1 336 с.; Кн. 2 336 с.; Кн. 3 208 с.; Кн. 4 256 с.; Кн. 5 368 с.
2. **Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б.** Курс физики. Т. 1, 2, 3. - М.: Высшая школа, 1973–1979. Т. 1, 384 с.; Т. 2, 375 с.; Т. 3, 511 с.
3. **Детлаф А.А., Яворский Б.М.** Курс физики. - М.: Высшая школа, 1989. - 608 с., 1999. - 718 с.
4. **Трофимова Т.И.** Курс физики. - М.: Высшая школа, , 1985. - 352 с., 1996. - 432 с., 1997. - 512 с., 1998. - 542 с.
5. **Зисман Г.А., Тодес О.М.** Курс общей физики Т.1, 2,3. – Киев: Дніпро, 1994. Т.1, 350с.; Т. 2, 383с.; Т.3. 512 с.
6. **Сивухин Л.В.** Общий курс физики. - М.: Наука, 1979-1989.-Т.І-V.