



БРЯНСКИЙ ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
РАБОТНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ

Н.В. Моисеев

СБОРНИК  
ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ  
ПО ФИЗИКЕ  
ШКОЛЬНИКОВ  
БРЯНСКОЙ  
ОБЛАСТИ

*Учебно-методическое пособие*

БРЯНСК  
2008

**ББК 22.3**  
**М 74**

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Брянского института повышения квалификации работников образования

**Рецензенты:**

**Кафедра теоретической физики БГУ им. акад. И.Г. Петровского.**

**Евтюхов К.Н.**, к.ф-м.н., профессор кафедры физики БГИТА.

**Мороко В.Ф.**, учитель физики высшей категории, отличник народного просвещения, методист кабинета предметов физико-математического цикла Брянского ИПКРО.

**М 74** **Моисеев Н.В. Сборник олимпиадных задач по физике школьников Брянской области:** Учебно-методическое пособие. – Брянск: БИПКРО; Изд-во «Ладомир», 2008. – 148 с.

**ISBN 5-91516-026-1**

В учебно-методическое пособие включены более 300 задач, предлагавшихся в 1992-2007 гг. на районных физических олимпиадах школьников 8-11-х классов Брянской области. Практически все задачи снабжены подробными решениями или указаниями для решения. Большое разнообразие задач дает возможность учителю использовать данное пособие на занятиях школьных физических кружков и факультативов, для проведения школьных физических олимпиад.

Адресовано учителям физики и учащимся, проявляющим интерес к физике. Будет полезно студентам физико-математических специальностей педагогических вузов и всем любителям физики.

**ББК 22.3**  
**М 74**

**ISBN 5-91516-026-1**

© Моисеев Н.В., 2008

© Брянский ИПКРО, 2008

© Издательство «Ладамир», 2008

## ПРЕДИСЛОВИЕ

**П**ервая олимпиада по физике в нашей стране была проведена в Московском государственном университете в 1938 году, и с тех пор ее проведение стало традицией.

До войны и в первые послевоенные годы олимпиады проводились в городах, где были сильные университеты. Постепенно олимпиадное движение распространилось на все регионы огромной страны и дошло до каждого района и каждой сельской школы.

В Брянской области, как и везде по России, физические олимпиады проходят в три этапа: на первом этапе, школьном, который проходит в ноябре, отбираются победители школы среди классов. В школьной олимпиаде могут участвовать все желающие школьники. На втором этапе, районном, участвуют победители своих школ по одному от каждого класса. Этот этап проходит в декабре. Победители второго этапа, набравшие определенное количество баллов, уже в январе на третьем этапе определяют призеров областной олимпиады. По результатам областного тура формируется сборная команда Брянской области для участия в окружной или Всероссийской олимпиаде.

Проведение олимпиад по физике ставит своей целью и выполняет следующие задачи: повышает интерес учащихся к физике, активизирует все формы внеклассной работы, стимулирует участие школьников в конкурсах, викторинах, проводимых газетами и журналами, заочных физико-математических школах, организуемых вузами. Анализ школьных и районных олимпиад позволяет оценить уровень подготовки школьников, сравнить с результатами прошлых лет, увидеть тенденции в обучении физике.

В данном сборнике представлены материалы районных олимпиад по физике для 8-11 классов Брянской области за 1992-2007 учебные годы. К сожалению, автору не удалось разыскать условий олимпиад более ранних лет, а некоторые задачи, которые либо повторялись в другие годы, либо были предложены для другого класса, пришлось заменить, пожертвовав хронологической и фактической точностью.

Уровень сложности заданий в разные годы не всегда был одинаков. Повысив планку требований в иные годы, организаторы получали слабые работы, и,

естественно, в следующие годы приходилось делать поправки: наряду с задачами олимпиадного уровня, как минимум две задачи были стандартными.

В учебно-методическом пособии представлены следующие разделы: кинематика, статика, динамика, законы сохранения импульса и энергии, тяготение, гидростатика, механические колебания, газовые законы, тепловые явления, законы термодинамики, электростатика, законы электрического тока, магнетизм, электромагнитные колебания, электромагнитная индукция. К сожалению, ранние сроки проведения олимпиады не позволяют включать в олимпиадные задания задачи по оптике и атомной физике, так как эти разделы изучаются в школе позже.

В небольшом количестве в пособии собраны качественные и экспериментальные задачи, предлагавшиеся в иные годы в качестве олимпиадных. Обычно организаторы олимпиады предлагали учителям самим подготовить экспериментальное задание, исходя из возможностей школьного кабинета физики.

Все задачи снабжены ответами либо указаниями, а подавляющее большинство подробными решениями. Мы же советуем, в первую очередь школьникам, открывать страничку с решением только после того, как вы попытались решить задачу достаточно долгое время. Идея или решение, найденные вами, принесут огромную радость и уверенность, что с подобными задачами вы справитесь. Только такой подход обеспечит нужный результат, и вы начнете чувствовать глубину законов физики и физических явлений, а значит, впереди вас ждут успехи.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность методистам Брянского ИПКРО Такуновой Е.П. и Мороко В.Ф., разыскавшим и сохранившим варианты олимпиадных заданий прошлых лет, а также совместно с ними готовившим материалы доцентам БГПИ – БГУ Такунову Л.В. (ныне доценту кафедры физики БГТУ) и Иноземцевой С.В.

Автор участвовал в подготовке заданий, и им же были отредактированы решения всех олимпиадных задач.

Хочется сказать самые добрые слова Сердюкову Константину и Моисеевой Наталии за помощь при наборе текста.

Буду признателен всем читателям, от которых придут отклики по поводу содержания данного сборника. Отзывы, замечания и пожелания направляйте по адресу: 241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14, БГУ имени академика И.Г. Петровского, кафедра общей физики. По этому же адресу можно направлять материалы районных олимпиад Брянской области, которые не вошли в данный сборник, а также информацию о победителях областных олимпиад и их наставниках. Они будут с благодарностью приняты и (по возможности) опубликованы.

*Автор*

## Теоретический тур. Условия задач

### 8 класс

1993

- 8.1.** Пешеход 3 часа шел со скоростью 2 км/ч, а 1 час – со скоростью 6 км/ч. Найти среднюю скорость движения пешехода, если он совершил переход без остановок.
- 8.2.** Сколько времени пассажир, стоящий у окна поезда, движущегося со скоростью  $v_1 = 54$  км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого  $v_2 = 36$  км/ч, а длина  $\ell = 150$  м?
- 8.3.** Транспортер за 1 час поднимает песок объемом  $30 \text{ м}^3$  на высоту  $H = 6$  м. Определить необходимую для этой работы мощность двигателя. Плотность песка  $1500 \text{ кг/м}^3$ .
- 8.4.** В ведре налита холодная вода объемом 5 л, температура которой  $9^\circ\text{C}$ . Сколько кипятка нужно долить в ведро, чтобы получить воду температурой  $30^\circ\text{C}$ ?
- 8.5.** Из колодца глубиной 18 м за 0,5 мин. с помощью ворота подняли бадью с глиной массой 36 кг на цепи, каждый метр которой имеет массу 1 кг. Какова мощность совершения этой работы?

1994

- 8.6.** В медном сосуде массой 400 г находится вода массой 500 г при температуре  $40^\circ\text{C}$ . В воду бросили кусок льда при температуре  $-10^\circ\text{C}$ . Когда установилось тепловое равновесие, остался нерасплавленный лед массой 75 г. Определите начальную массу льда. Недостающие данные взять из справочника.
- 8.7.** Вагон поезда, движущегося со скоростью 36 км/ч, был пробит пулей, летевшей перпендикулярно к движению вагона. Одно отверстие в стенках вагона смещено относительно другого на 3 см. Ширина вагона – 2,7 м. Какова скорость движения пули?
- 8.8.** Автоколонна длиной 200 м и встречный автомобиль имеют равные скорости. С какой скоростью движется автомобиль, если пассажир в нем отметил, что мимо колонны автомобиль двигался 10 с?
- 8.9.** В цилиндрических сообщающихся сосудах находится вода. Площадь поперечного сечения широкого сосуда в 3 раза больше площади поперечного сечения узкого сосуда. В узкий сосуд наливают керосин, который образует столб высотой 10 см, а в широкий сосуд бензол, образующий столб высотой 20 см. Чему равна разность уровней воды в сосудах? На сколько изменился уровень воды в широком сосуде? Плотность керосина составляет 80%, а бензола 88% от плотности воды.

- 8.10.** На какую высоту можно было бы поднять гирию 1 кг за счет энергии, которая выделяется при охлаждении до 0 °С стакана кипятка объемом  $V = 196 \text{ см}^3$ ?
- 8.11.** Цинковый шар весит 3,6 Н, а при погружении в воду – 2,8 Н. Сплошной ли это шар или имеет полость? ( $\rho_{\text{ц}} = 7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ).
- 8.12.** Определите массу полого куба, изготовленного из алюминия. Полная площадь наружной боковой поверхности куба –  $216 \text{ см}^2$ , толщина стенок – 2 мм. Плотность алюминия  $\rho_{\text{Al}} = 2710 \text{ кг/м}^3$ .
- 8.13.** Велосипедист проехал первую половину пути со скоростью  $v_1 = 12 \text{ км/ч}$ , а вторую половину пути с какой-то другой скоростью  $v_2$ . Как велика эта скорость, если известно, что средняя скорость его движения на всем пути равна 8 км/ч?
- 8.14.** Кусок парафина в форме параллелепипеда плавает в воде. Какая часть этого куска выступает над водой? Плотность воды  $10^3 \text{ кг/м}^3$ , а парафина  $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

- 8.15.** Кусок льда массой 700 г поместили в калориметр с водой. Масса воды 2,5 кг, начальная температура 5 °С. Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что масса льда увеличилась на 64 г. Определите начальную температуру льда. Теплоемкостью калориметра пренебречь. Недостающие данные взять из справочника.
- 8.16.** Плоская льдина, плавающая в море, выступает из воды на высоту  $h$ . Какова толщина льдины, если плотность воды  $\rho_0$ , а льда  $\rho_1$ ?
- 8.17.** Проволока весом 4 Н подвешена на нити за середину и находится в равновесии. Одна половина проволоки сгибается пополам. Какую силу нужно приложить к другому концу проволоки, чтобы она осталась в равновесии?
- 8.18.** Автомобиль прошел 300 км со средней скоростью 72 км/ч. При этом был израсходован бензин объемом 70 л. КПД двигателя автомобиля 25 %. Какую среднюю мощность развивал двигатель автомобиля во время пробега? ( $\rho_{\text{бензина}} = 0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,  $q_{\text{бензина}} = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ ).

- 8.19.** Подъемный кран приподнял рельс, лежащий горизонтально на земле, за один конец в течение 3 с. Определите полезную работу, если масса рельса 1000 кг, а скорость поднятия его 30 м/мин.
- 8.20.** При помощи подвижного блока поднимают из воды стальную плиту объемом  $50 \text{ дм}^3$ . Какую силу приходится прикладывать при этом, когда плита находится в воде?

**8.21.** Рассчитайте, с какой высоты должна упасть капля воды, чтобы при ударе полностью испариться. Сопротивление среды и энергию, пошедшую на разрушение поверхности капли, не учитывать.

**8.22.** До какой температуры следует нагреть кубик из железа, чтобы он полностью погрузился в лед? Начальная температура льда  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ( $c_{ж}=465\text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$ ,  $\rho_{ж}=7,9\cdot 10^3\text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\rho_{льда}=0,9\cdot 10^3\text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_{льда}=3,33\cdot 10^5\text{ Дж}/\text{кг}$ ).

1998

**8.23.** Кусок сплава из свинца и олова массой  $664\text{ г}$  имеет плотность  $8,3\text{ г}/\text{см}^3$ . Определите массу свинца в сплаве. Принять объем сплава равным сумме объемов его составных частей. ( $\rho_{олова}=7,3\text{ г}/\text{см}^3$ ,  $\rho_{свинца}=11,3\text{ г}/\text{см}^3$ ).

**8.24.** Пешеход часть пути прошел со скоростью  $3\text{ км}/\text{ч}$ , затратив на это две трети времени своего движения. За оставшуюся треть времени он прошел остальной путь со скоростью  $6\text{ км}/\text{ч}$ . Определите среднюю скорость движения пешехода.

**8.25.** Сплошное однородное тело, будучи погружено в жидкость плотностью  $\rho_1$ , весит  $P_1$ , а в жидкости плотностью  $\rho_2$  весит  $P_2$ . Определите плотность вещества тела.

**8.26.** В сосуде, из которого быстро откачивают воздух, находится вода массой  $m$  при температуре  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В результате интенсивного испарения происходит замораживание воды. Какая часть первоначальной массы воды обратится в лед? Недостающие данные взять из справочника.

1999

**8.27.** Со станции вышел товарный поезд, идущий со скоростью  $v_1 = 36\text{ км}/\text{ч}$ . Через  $t_1 = 30$  минут по тому же направлению вышел экспресс, скорость которого  $72\text{ км}/\text{ч}$ . Через какое время  $t$  после выхода товарного поезда и на каком расстоянии  $S$  от станции экспресс нагонит товарный поезд?

**8.28.** Кусок льда, внутри которого заморожен шарик из свинца, плавает в цилиндрическом сосуде с водой. Площадь дна сосуда  $S$ . Какова масса шарика, если после полного таяния льда уровень воды в сосуде понизился на величину  $h$ ? Плотность свинца  $\rho_c$ , воды  $\rho_v$ .

**8.29.** Железный кубик с ребром  $a$ , из которого вырезали кубик с ребром  $\frac{1}{2}a$ , погрузили в воду. Чему равна выталкивающая сила, действующая на оставшуюся (сплошную) часть кубика?

**8.30.** В калориметр, содержащий лед массой  $200\text{ г}$  при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , впустили пар, температура которого  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сколько воды окажется в калориметре, когда его температура станет равной  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**8.31.** В сосуде с водой плавает деревянный диск, в центре которого на поверхности укреплен шарик из свинца. Изменится ли уровень воды в сосуде относительно его дна, если диск перевернуть?

**8.32.** Сколько дров нужно сжечь в печке с КПД = 40%, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , воду при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Недостающие данные взять из справочника.

**8.33.** Автомобиль проехал половину пути со скоростью  $v_1 = 60\text{ км/ч}$ , затем половину оставшегося пути он двигался со скоростью  $v_2 = 15\text{ км/ч}$ , а последний участок – со скоростью  $v_3 = 45\text{ км/ч}$ . Найти среднюю скорость автомобиля на всем пути.

**8.34.** Автомобиль “Москвич” расходует 5,67 кг бензина на 50 км пути. Найти мощность, развиваемую двигателем автомобиля, если скорость движения 72 км/ч и КПД двигателя 22%. Удельная теплота сгорания бензина 45 МДж/кг.

**8.35.** Сплав состоит из олова массой 2,92 кг и свинца массой 1,13 кг. Какова плотность сплава, если считать, что объем сплава равен сумме объемов его составных частей?

**8.36.** К коромыслу весов подвешены два цилиндра одинаковой массы: свинцовый и алюминиевый. Весы находятся в состоянии равновесия. Нарушится ли равновесие весов, если оба цилиндра одновременно опустить в воду?

**8.37.** На концы рычага действуют параллельные силы 4Н и 18Н. Длина рычага равна 1м. Где находится точка опоры, если рычаг уравновешен? (Весом рычага пренебречь).

**8.38.** Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее секундной. Найти отношение скоростей концов стрелок.

**8.39.** Кусок пробки массой 100 г вмерз в лёд массой 3 кг. Эта глыба упала в бак с керосином. При этом вначале она погрузилась на дно, а затем, когда часть льда растаяла, начала всплывать. Сколько теплоты отдал керосин до момента, когда лёд с пробкой начал всплывать. Плотность льда  $900\text{ кг/м}^3$ , пробки  $200\text{ кг/м}^3$ , керосина  $800\text{ кг/м}^3$ . Удельная теплота плавления льда  $3,33 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$ . Температура льда равна  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**8.40.** Моторная лодка проходит расстояние между двумя пунктами А и В по течению реки за время  $t_1=3\text{ часа}$ , а плот – за время  $t=12\text{ часов}$ . Сколько времени  $t_2$  затратит моторная лодка на обратный путь?

**8.41.** К малому поршню гидравлического пресса приложена сила 196 Н, под действием которой за один проход он опускается на 25 см, вследствие чего большой поршень поднимается на 5 см. Какая сила давления передается при этом на большой поршень.



- 8.42.** В медный сосуд, нагретый до температуры  $t_1 = 350^\circ\text{C}$ , положили  $m_1 = 600$  г льда при температуре  $t_2 = -10^\circ\text{C}$ . После установления теплового равновесия в сосуде оказалось  $m_2 = 550$  г льда, смешанного с водой. Найдите массу сосуда. Недостающие данные взять из справочника.
- 8.43.** Первую четверть пути поезд прошел со скоростью 60 км/ч. Средняя скорость на всем пути оказалась равной 40 км/ч. С какой скоростью поезд двигался на оставшейся части пути?
- 8.44.** Гидравлический домкрат приводится в действие с помощью рычага, плечи которого 10 см и 50 см. Площадь большего поршня в 160 раз больше площади меньшего поршня. Какой груз можно поднять этим домкратом, действуя на рукоятку с силой 200 Н.
- 8.45.** В сосуд с вертикальными стенками и площадью дна  $S$  налита жидкость с плотностью  $\rho$ . На сколько изменится уровень жидкости в сосуде, если в него опустить тело произвольной формы массой  $m$ , которое не тонет?
- 8.46.** Что труднее удержать в воде: брусок из дерева или кусок железа, если они имеют одинаковые массы?
- 8.47.** Автобус массой 10 т трогается с места и за первые 10 с своего движения приобретает скорость 18 км/ч. Определите, какую работу совершает сила тяги автобуса за это время, если сила сопротивления его движению равна 500 Н.

- 8.48.** В воде с глубины 5 м поднимают до поверхности камень объемом  $0,6\text{ м}^3$ . Плотность камня  $2500\text{ кг/м}^3$ . Найти работу по подъему камня.
- 8.49.** В цилиндрический сосуд налили одинаковые массы воды и масла. Общая высота жидкости равна  $H$ , плотности равны  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Найдите давление, производимое на дно сосуда.
- 8.50.** Смесь из свинцовых и алюминиевых опилок с общей массой 200 г и температурой  $100^\circ\text{C}$  погружена в калориметр с водой, температура которой  $10^\circ\text{C}$ , а масса 200 г. Окончательная температура установилась  $20^\circ\text{C}$ . Теплоемкость калориметра  $40\text{ Дж/}^\circ\text{C}$ . Сколько свинца и алюминия было в смеси? Удельная теплоемкость свинца -  $130\text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}$ , алюминия -  $896\text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}$ .
- 8.51.** Катер прошел первую половину пути со средней скоростью в 2 раза большей, чем вторую. Средняя скорость на всем пути составила 4 км/ч. Каковы скорости катера на первой и второй половинах пути?
- 8.52.** Сколько железнодорожных цистерн требуется для перевозки нефти, если объем каждой цистерны  $50\text{ м}^3$ . Масса нефти 400 т. Плотность нефти  $800\text{ кг/м}^3$ .
- 8.53.** Троллейбус массой 10 т, трогаясь с места, приобрел на пути 50 м скорость 10 м/с. Найдите коэффициент трения, если сила тяги равна 14 кН.

**8.54.** Полый шар, отлитый из чугуна, плавает в воде, погрузившись ровно наполовину. Определите объем полости шара, если его масса 39 кг. Плотность чугуна  $7 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, воды  $10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**8.55.** После опускания в воду нагретого до 100 °С тела установилась общая температура 37 °С. Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще два таких же тела, нагретых до 100 °С. Начальная температура воды 20 °С.

**8.56.** Автомобиль проехал половину пути со скоростью 60 км/ч, затем половину оставшегося пути – со скоростью 70 км/ч. Найдите скорость движения автомобиля на третьем участке, если известно, что средняя скорость движения автомобиля на всем пути оказалась равной 66,5 км/ч.

**8.57.** В цилиндрический сосуд налита ртуть и сверху вода. Определите давление жидкостей на дно сосуда, если их общая высота равна 83 см, а масса ртути в 3 раза больше массы воды. Плотность ртути в 13,6 раз больше плотности воды.

**8.58.** Под действием некоторой силы тележка из состояния покоя прошла путь 6 м. Когда на тележку положили груз массой 1 кг, то под действием той же силы за то же время тележка из состояния покоя прошла путь 4 м. Определите массу тележки. Трением пренебречь.

**8.59.** При отливке бронзовой статуэтки было подозрение, что внутри отливки образовалась пустота. Зная плотность  $\rho_{\text{бронзы}}$ , определите объем пустоты.

**8.60.** К 160 мл раствора поваренной соли, плотность которого  $1180$  кг/м<sup>3</sup>, добавили 180 мл воды. Какова плотность разбавленного раствора соли?

**8.61.** Груз весом  $P$  с помощью неподвижного блока требуется поднять на высоту  $h$ . С какой силой  $F_1$  работник должен тянуть веревку, чтобы равномерно поднимать этот груз?

**8.62.** Подводная лодка иногда не может подняться, опустившись на глинистое или песчаное дно. Как объясняется это явление «присасывания» подводной лодки?

**8.63.** Велосипедист ехал из одного города в другой. Половину пути он ехал со скоростью  $v_1 = 12$  км/ч. Половину оставшегося времени движения – со скоростью  $v_2 = 6$  км/ч, а затем до конца пути шел пешком со скоростью  $v_3 = 4$  км/ч. Определить среднюю скорость на всем пути (км/ч).

**8.64.** В алюминиевый калориметр массой 60 г, содержащий 150 г воды при температуре 18 °С, погрузили латунный цилиндр массой 150 г, нагретый до температуры 100 °С. Считая, что потери теплоты в окружающую среду составили 15%, найти установившуюся температуру. Недостающие данные взять из справочника.

**8.65.** Автобус массой 5 т трогается с места и начинает двигаться равноускоренно. Через время 4 с он проходит путь 20 м. Какую мощность развил при этом мотор автобуса?

2006

**8.66.** После того, как автобус проехал первую половину пути, он попал в дорожную пробку. В результате его средняя скорость на второй половине пути в 8 раз меньше, чем на первой. Средняя скорость автобуса на всем пути равна 16 км/ч. Определите скорость автобуса на второй половине пути.

**8.67.** Масса пробирки с водой составляет 50 г. Масса этой же пробирки, заполненной водой, но с куском металла в ней массой 12 г составляет 60,5 г. Определите плотность металла, помещенного в пробирку.

**8.68.** Из воды вынимают вверх дном легкую кружку (рис. 1.8). Какую силу  $F$  необходимо прикладывать в тот момент, когда дно кружки находится на высоте 10 см над поверхностью воды, если площадь дна  $100 \text{ см}^2$ ?

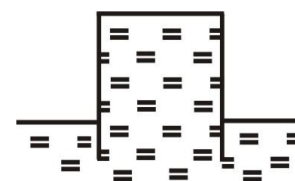


Рис. 1.8

**8.69.** В калориметр, содержащий лед массой 100 г при температуре  $0^\circ \text{C}$ , впускают пар при температуре  $100^\circ \text{C}$ .

Сколько воды оказалось в калориметре, когда весь лед растаял? Температура образовавшейся воды равна  $0^\circ \text{C}$ . Недостающие данные взять из справочника.

**8.70.** В цилиндрических сообщающихся сосудах находится вода. Площадь поперечного сечения широкого сосуда в 4 раза больше площади поперечного сечения узкого сосуда. В узкий сосуд наливают керосин, который образует столб высотой 20 см. На сколько повысится уровень воды в широком сосуде и опустится в узком? Плотность керосина составляет 80 % от плотности воды.

**8.71.** Конькобежец массой 70 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8 м/с относительно льда. Найдите, на какое расстояние откатится при этом конькобежец, если коэффициент трения скольжения 0,02.

2007

**8.72.** Автомобиль, двигаясь из пункта А в пункт В, первую треть пути прошел со средней скоростью вдвое большей, чем оставшиеся две трети пути. Средняя скорость автомобиля на всем пути от А к В равна  $v$ . Найти среднюю скорость автомобиля на каждом из участков по отдельности.

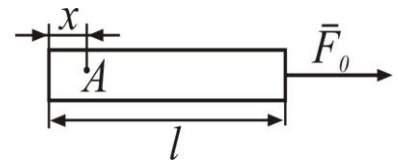
**8.73.** В двух сообщающихся трубках разного сечения сначала налита ртуть, а потом в широкую трубку сечением  $8 \text{ см}^2$  налито 272 г воды. На сколько выше будет стоять ртуть в узком колене?

**8.74.** Тело плавает в керосине, погружаясь до 0,75 своего объема. Чему равна плотность вещества тела? Какая часть его объема погрузится в воду?

**8.75.** Чтобы охладить 5 л воды от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $8^{\circ}\text{C}$ , в воду бросают кусочки льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Какое количество льда потребуется для охлаждения воды?

**8.76.** Из  $300\text{ см}^3$  олова и  $100\text{ см}^3$  свинца изготовили сплав. Какова его плотность? Считайте, что объем сплава равен сумме объемов веществ, из которых он состоит. Плотности олова и свинца равны  $7.3\text{ г/см}^3$  и  $11.3\text{ г/см}^3$  соответственно.

**8.77.** Стержень движется под действием силы  $F_0$ . Какая сила упругости  $F$  действует в сечении стержня, проходящем, через точку А (Рис.2.8).



**Рис. 2.8.**

- 9.1.** Тело С начинает двигаться с начальной скоростью  $v_{OC} = 2$  м/с и поступательным ускорением  $a$ . Через  $\Delta t = 2$  с после начала движения тела С из той же точки начинает движение тело В со скоростью  $v_{OB} = 12$  м/с и тем же ускорением  $a$ , что и тело С. Какова наибольшая величина ускорения  $a$ , при котором тело В сможет догнать тело С?
- 9.2.** Самолет пикирует под углом  $60^\circ$  к горизонту. Тень его движется по земле со скоростью 300 км/ч. Чему равна скорость самолета? Солнце находится в зените (солнечные лучи падают вертикально).
- 9.3.** Медный шар весит в воздухе 1,78 Н, а в воде 1,42 Н. Сплошной ли это шар или имеет внутри полость? ( $\rho_{\text{воды}} = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{меди}} = 8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>).
- 9.4.** Две лампочки, рассчитанные на 25 Вт и 100 Вт, соединили последовательно и включили в сеть. Найти отношение мощностей, потребляемых лампочками при таком включении. Считать, что сопротивление каждой лампочки не зависит от силы протекающего через нее тока.
- 9.5.** Камень, падающий свободно без начальной скорости, пролетел половину пути за 1с. С какой высоты он падал?

- 9.6.** Камень бросают горизонтально с горы, уклон которой равен  $\alpha$ . Определить с какой скоростью  $v$  был брошен камень, если он упал на склон на расстоянии  $L$  от точки бросания.
- 9.7.** Через воду, имеющую температуру  $10^\circ\text{C}$ , пропускают водяной пар при  $100^\circ\text{C}$ . Сколько процентов составит масса воды, образовавшейся из пара, от массы всей воды в сосуде в момент, когда ее температура равна  $50^\circ\text{C}$ ?

- 9.8.** Что показывает амперметр, если к точкам А и В цепи (рис. 1.9) подведено напряжение 220 В? Сопротивление резисторов:  $R_1 = 15$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = R_4 = 5$  Ом,  $R_5 = 3$  Ом,  $R_6 = 38$  Ом. (Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь).

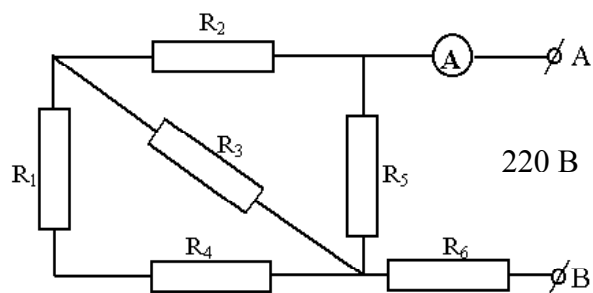


Рис. 1.9

- 9.9.** Расстояние между двумя станциями поезд прошел со средней скоростью  $v_{\text{сред}} = 72$  км/ч за время  $t = 20$  мин. Разгон и торможение вместе длились  $t_1 = 4$  мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость  $v$  поезда при равномерном движении?
- 9.10.** Сколько водяного пара, температура которого  $100^\circ\text{C}$ , надо ввести в латунный калориметр массой 100 г, в котором находится снег массой 150 г при

температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для того, чтобы весь снег растаял? Недостающие данные взять из справочника.

1995

**9.11.** Стенка движется с постоянной скоростью  $\vec{v}_1$ . Навстречу стенке со скоростью  $\vec{v}_0$  движется шар. Считая удар абсолютно упругим, найти скорость шара после столкновения. (Примечание: удар считается абсолютно упругим, если в системе отсчета, связанной со стенкой, модуль скорости шара до и после столкновения одинаков).

**9.12.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $\vec{v}_0$ . Сколько времени оно будет находиться выше уровня, соответствующего высоте  $h$ ?

**9.13.** Кусок льда массой  $700\text{ г}$  поместили в калориметр с водой. Масса воды  $2,5\text{ кг}$ , начальная температура  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что масса льда увеличилась на  $84\text{ г}$ . Определите начальную температуру льда. Теплоемкостью калориметра пренебречь. Недостающие данные взять из справочника.

**9.14.** Сопротивление каждого из резисторов, включенных в цепь (см. рис. 2.9), равно  $30\text{ Ом}$ . Определите сопротивление этой цепи. (Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь).

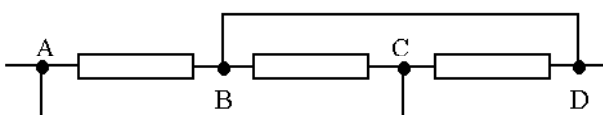


Рис. 2.9

**9.15.** Средняя скорость поезда на всем пути  $12\text{ м/с}$ , причем  $40\%$  всего пути он шел со средней скоростью  $v_1$ , а оставшуюся часть – со скоростью  $v_2$ , в два раза большей, чем первую часть. Каковы скорости поезда  $v_1$  и  $v_2$ ?

1996

**9.16.** Из одной точки вертикально вверх брошены два тела с одинаковыми начальными скоростями с интервалом времени  $4\text{ с}$ . Определить их начальные скорости, если тела встретились через  $5\text{ с}$  после бросания первого тела.

**9.17.** Четыре одинаковые резистора включены в цепь так, как показано на рисунке 3.9. Какое получается сопротивление между точками А и В? (Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь).

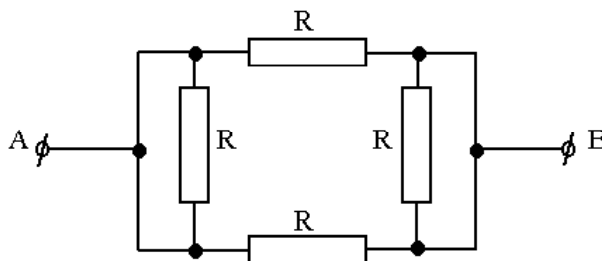
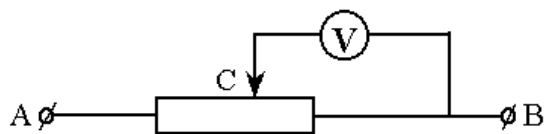


Рис. 3.9

**9.18.** Поезд начинает движение из состояния покоя и равномерно увеличивает свою скорость. На первом километре пути она возросла на  $10\text{ м/с}$ . На сколько возрастет она на втором километре.

**9.19.** Два шара, имеющие одинаковый диаметр, связаны нитью и медленно опускаются в жидкости вертикально один над другим с постоянной скоростью. Определите силу натяжения нити, если массы шаров равны  $m_1 = 2$  кг,  $m_2 = 1,6$  кг. Силой сопротивления жидкости пренебречь.

**9.20.** К зажиму В и скользящему контакту С реостата сопротивлением 600 Ом подключен школьный вольтметр. Когда длина левой (по рис. 4.9) части обмотки реостата в два раза больше длины правой части, вольтметр показал 8 В. После перемещения контакта к левому концу реостата вольтметр показал 28 В. Найти сопротивление вольтметра. Напряжение на участке АВ постоянно.



**Рис. 4.9.**

1997

**9.21.** Два тела падают по одной прямой из одной и той же точки. Первое падает свободно, а второму, движение которого началось на 2 с позднее, сообщена некоторая начальная скорость  $v_0$ , направленная вниз. Через 0.5 с второе тело догоняет первое. Чему равна  $v_0$ ? При каких значениях второму телу не удастся догнать первое тело за сколь угодно большое время?

**9.22.** В цилиндрическом сосуде с площадью дна  $0.2 \text{ м}^2$  плавает тело массой 1 кг. На сколько понизится уровень воды в сосуде, если тело вытащить?

**9.23.** Тело бросают горизонтально с высоты 100 м со скоростью 10 м/с. На какой высоте скорость тела будет направлена под углом  $60^\circ$  к горизонту.

**9.24.** Найти сопротивление двух проводников, если их последовательное соединение имеет сопротивление 16 Ом, а при их параллельном соединении получаем сопротивление 3 Ом.

1998

**9.25.** В кастрюлю налили холодной воды при температуре  $10^\circ\text{C}$  и поставили на электроплитку. Через время  $t = 10$  мин. вода закипела. Через какое время она полностью выкипит? Недостающие данные взять из справочника.

**9.26.** Первую половину времени тело движется со скоростью  $v_1 = 20$  м/с под углом  $\alpha_1 = 60^\circ$  к заданному направлению, а вторую половину времени – под углом  $\alpha_2 = 120^\circ$  к тому же направлению со скоростью  $v_2 = 40$  м/с. Найдите среднюю скорость перемещения  $v_{cp}$ .

**9.27.** Лифт начинает подниматься с ускорением  $a = 2,2 \text{ м/с}^2$ . Когда его скорость достигла  $v = 2,4$  м/с, с потолка кабины лифта начал падать болт. Чему равно время  $t$  падения болта и перемещение болта при падении относительно Земли? Высота кабины лифта  $H = 2,5$  м.

**9.28.** Из шланга, лежащего на земле, под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту бьет вода с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Площадь сечения отверстия шланга  $S = 5\text{ см}^2$ . Определите массу  $m$  струи, находящейся в воздухе.

**9.29.** Тело плотностью  $\rho$  плавает на границе раздела двух жидкостей с плотностями  $\rho_1 > \rho_2$ . Какая часть объема тела погружена в «нижнюю» жидкость?

1999

**9.30.** С воздушного шара, который опускается вниз с постоянной скоростью 2 м/с, бросили вертикально вверх камень со скоростью 18 м/с относительно земли. Какое расстояние будет между шаром и камнем, когда камень достигнет наибольшей высоты подъема? Через какое время камень пролетит мимо шара, падая вниз? Сопротивление воздуха не учитывать.

**9.31.** В холодильнике за 4 часа получили из воды при температуре  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  300 г льда при температуре  $t_2 = -3^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла было выделено холодильником в комнату, если потребляемая им от сети мощность 70 Вт?

**9.32.** Человек бежит по движущемуся эскалатору. В первый раз он насчитал 50 ступенек, во второй раз, двигаясь в ту же сторону со скоростью втрое большей, он насчитал 75 ступенек. Сколько ступенек он насчитал бы на неподвижном эскалаторе?

**9.33.** Электрическая цепь состоит из аккумулятора и двух последовательно соединенных одинаковых резисторов (рис. 5.9). Если вольтметр подключить параллельно левому, а потом правому резистору, то он покажет напряжение 4 В. Если подключить вольтметр между точками А и В, то он покажет 12 В. Как это объяснить?

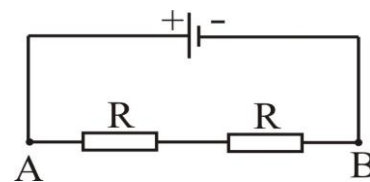


Рис. 5.9.

**9.34.** Тело, двигаясь прямолинейно, прошло за первую секунду 1 м, за вторую – 2 м, за третью – 3 м, и т.д. Можно ли считать такое движение равноускоренным?

2000

**9.35.** Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за  $t_1 = 1$  с, а второй – за  $t_2 = 1,5$  с. Длина вагона  $l = 12$  м. Найти ускорение  $a$  поезда и его скорость  $v_0$  в начале наблюдения. Движение поезда считать равнопеременным.

**9.36.** Свободно падающее тело за последнюю секунду падения прошло  $\frac{1}{3}$  своего пути. Найти время падения и высоту, с которой упало тело.

**9.37.** Стальной боек (ударная часть пневматического молотка) массой 1.2 кг во время работы в течение 1.5 мин нагрелся на  $20^\circ\text{C}$ . Полагая, что на нагревание бойка пошло 40% всей энергии молотка, определите произведенную работу и мощность, развиваемую при этом.

**9.38.** В сосуде с водой плавает брусок из льда. Как изменится глубина погружения бруска в воде, если поверх воды налить керосин?



- 9.39.** Льдина площадью поперечного сечения  $1 \text{ м}^2$ , высотой  $0,4 \text{ м}$  плавает в воде. Какую работу надо совершить, чтобы полностью погрузить льдину в воду?
- 9.40.** Тело свободно падает с высоты  $270 \text{ м}$ . Разделите эту высоту на три части  $h_1, h_2, h_3$  так, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.
- 9.41.** При последовательном подключении к сети двух проводников сила тока в  $6,25$  раза меньше, чем при параллельном подключении этих проводников. Во сколько раз отличаются сопротивления проводников?
- 9.42.** В алюминиевый калориметр массой  $1 \text{ кг}$ , содержащий лед массой  $400 \text{ г}$ , влили воду массой  $300 \text{ г}$ . Температура воды была равна  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура калориметра и льда была  $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Какая установилась температура в калориметре? Каким оказалось содержимое в калориметре? Удельная теплоемкость льда  $2,1 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$ , алюминия  $900 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ , воды  $4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ . Удельная теплота плавления льда  $333 \text{ кДж/кг}$ .
- 9.43.** Тело, двигаясь прямолинейно с постоянным ускорением  $a$ , потеряло  $\frac{2}{3}$  своей начальной скорости  $v_0$ . Какой путь прошло тело и сколько времени оно двигалось?

- 9.44.** Какое количество воды  $m_x$  в латунном калориметре массой  $m_2 = 0,5 \text{ кг}$ , содержащем  $V_1 = 1 \text{ л}$  воды при температуре  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , превратится в пар, если в него влить  $m_3 = 10 \text{ кг}$  расплавленного свинца при температуре  $t_3 = 327 \text{ }^\circ\text{C}$ . Потерями тепла пренебречь. Недостающие данные взять из справочника.
- 9.45.** К сети напряжением  $120 \text{ В}$  присоединены два резистора. При их последовательном соединении сила тока равна  $3 \text{ А}$ , а при параллельном суммарная сила тока составляет  $16 \text{ А}$ . Чему равны сопротивления резисторов?
- 9.46.** В сосуде находится жидкость, плотность которой несколько больше (меньше) плотности воды. В этой же жидкости плавает кусок льда. Что произойдет с общим уровнем содержимого в сосуде, когда лёд растает? Жидкость с водой не смешивается.
- 9.47.** Какую работу совершает двигатель автомобиля массой  $1,3 \text{ т}$  при разгоне с места на первых  $75 \text{ м}$  пути, если это расстояние автомобиль проходит за  $10 \text{ с}$ , а сила сопротивления движению равна  $650 \text{ Н}$ ?
- 9.48.** Одинаковое расстояние необходимо проехать лодке туда и обратно один раз по реке, другой раз по стоячей воде. Одинаковое ли время понадобится в обоих случаях, если скорость лодки относительно воды в обоих случаях одинакова?

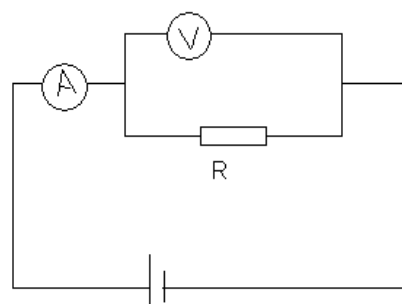
**9.49.** Рассчитайте сопротивление резистора  $R$  в схеме (рис. 6.9), если показание вольтметра равно 100 В, показание амперметра 1 А. Сопротивление вольтметра 1000 Ом.

**9.50.** Автобус, масса которого с полной нагрузкой равна 15 т, движется так, что его скорость изменяется по закону  $v_x = 0,7t$ . Найдите силу тяги, если коэффициент трения движению равен 0,03.

**9.51.** Рассчитайте линейную скорость вращения точек земной поверхности на широте города Брянска ( $\varphi = 53^\circ$  северной широты). Радиус Земли равен 6370 км.

**9.52.** Полый шар из алюминия взвешивают с помощью динамометра, вначале погружая шар в воду, затем - в бензин. Показания динамометра соответственно равны 0,24 Н и 0,33 Н. Найдите объём полости в шаре, если плотности алюминия, бензина и воды соответственно равны  $2700 \text{ кг/м}^3$ ,  $700 \text{ кг/м}^3$  и  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

**9.53.** Алюминиевый чайник массой 400 г, в котором находится 2 кг воды при температуре  $10^\circ\text{C}$ , помещают на газовую горелку с КПД 40%. Какова мощность горелки, если через 10 минут вода закипела, причём 20 г воды выкипело?



**Рис. 6.9**

**9.54.** Эскалатор метро поднимает неподвижно стоящего на нём пассажира за 1,5 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за 3 мин. Сколько времени будет подниматься пассажир по движущемуся эскалатору?

**9.55.** Воздушный шар общей массой 550 кг опускается с постоянной скоростью. Какой массы балласт надо выбросить из корзины шара, чтобы он начал подниматься с той же по модулю скоростью, если объём шара  $400 \text{ м}^3$ ? Плотность воздуха равна  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

**9.56.** С какой минимальной скоростью должна лететь свинцовая дробинка, чтобы при ударе о препятствие она расплавилась? Считать, что 75% кинетической энергии дробинки при ударе превращается в её внутреннюю энергию, а температура дробинки до удара была  $147^\circ\text{C}$ . Недостающие данные взять из справочника.

**9.57.** После протягивания проволоки через волочильный станок длина ее увеличилась в 4 раза. Каким стало сопротивление этой проволоки, если до волочения ее сопротивление было 20 Ом?

**9.58.** Ракета поднимается вверх с земли с ускорением  $40 \text{ м/с}^2$  относительно Земли. Сколько полных колебаний совершит находящийся в ракете математический маятник длиной 50 см за время, в течение которого ракета поднимется на высоту 3,2 км? Изменением ускорения свободного падения с высотой пренебречь. ( $g = 10 \text{ м/с}^2$ ).

**9.59.** Две лампы с номинальной мощностью – одна 40 Вт, другая 60 Вт, рассчитанные на одинаковое напряжение, включены последовательно в сеть с тем же напряжением. Какие мощности будут потреблять лампы? Какая из них будет гореть ярче?

2005

**9.60.** Автодрезина равноускоренно тянет две платформы, развивая силу тяги 1,8 кН. Сила трения отсутствует. Масса первой платформы 12,5 т, второй – 9,5 т. Какова сила натяжения сцепки между платформами?

**9.61.** Груз из алюминия нужно скрепить с куском пробки так, чтобы скрепленные вместе груз и пробка плавали в воде, полностью погрузившись в нее. Масса куска пробки 10,5 г. Какой должна быть масса груза? Плотность алюминия  $2.7 \text{ г/см}^3$ , пробки –  $0.24 \text{ г/см}^3$ .

**9.62.** Санки массой 10 кг скатились с горы высотой 5 м и остановились на горизонтальном участке. Какую минимальную работу совершит мальчик, возвращая санки по линии их скатывания?

**9.63.** Междугородний автобус прошел путь 80 км за 1 час. Двигатель при этом развил среднюю мощность 70 кВт при КПД, равном 25 %. Сколько дизельного топлива, плотность которого  $800 \text{ кг/м}^3$ , сэкономил водитель в рейсе, если норма расхода горючего 45 л на 100 км пути?

**9.64.** Два потребителя с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  подключаются к сети с напряжением  $U$  один раз параллельно, а второй – последовательно. В каком случае потребляется большая мощность от сети. Отдельно рассмотреть случай:  $R_1=R_2$ .

2006

**9.65.** Автомобиль проехал половину пути со скоростью 60 км/ч. Следующий отрезок пути он ехал со скоростью 15 км/ч, а последний отрезок пути со скоростью 45 км/ч. Какова средняя скорость автомобиля, если второй и третий отрезки пройдены за одинаковое время?

**9.66.** Однородная тонкая пластина имеет форму квадрата со стороной  $a$ , в котором вырезано отверстие квадратной формы со стороной  $\frac{a}{3}$ . Одна вершина квадратов является общей. Центр малого квадрата лежит на диагонали большого квадрата. Где находится центр масс пластины?

**9.67.** Электрический чайник имеет две обмотки. При включении первой вода закипает через 12 минут, при включении обеих обмоток последовательно – через 36 минут. Через какое время закипит вода в чайнике, если: 1) включить только вторую обмотку; 2) включить обе обмотки параллельно? Теплообмен с окружающей средой не учитывайте.

**9.68.** В колбе находится вода при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Выкачивая из колбы воздух, заморозили всю воду посредством ее испарения. Какая часть воды при этом испарилась, если притока тепла извне не было?

**9.69.** Жестяная банка с грузом плавает на поверхности воды, при этом уровень воды в сосуде равен  $h_1$ . Больше или меньше  $h_1$  будет уровень  $h_2$ , если груз из банки переложить на дно сосуда? Плотность груза больше плотности воды.

2007

**9.70.** Морская вода на 3% тяжелее речной. Чтобы пароход при переходе из моря в реку не изменил своей осадки, с него сняли 900 кН груза. Определить вес парохода вместе с оставшимся на нем грузом.

**9.71.** Вычислить часовой расход нефти в мартеновской печи с тепловой отдачей 70%, если выплавляется 500 кг/ч стали, выпускаемой при температуре  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Учесть, что 20% количества теплоты сталь получает за счет выгорания углерода. Начальная температура стали  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**9.72.** Автомобиль начинает движение без начальной скорости и проходит первый километр с ускорением  $a_1$ , а второй с ускорением  $a_2$ . При этом на первом километре его скорость возрастает на 10 м/с, а на втором – на 5 м/с. Что больше  $a_1$  или  $a_2$ ?

**9.73.** На какой угол повернется луч, отраженный от плоского зеркала при повороте последнего на угол  $\alpha$ ?

**9.74.** Медный и алюминиевый проводники имеют одинаковые массы и сопротивления. Какой проводник длиннее и во сколько раз?

**10.1.** Катер, двигаясь вниз по реке, обогнал плот в пункте А. Через промежуток времени  $t_1 = 60$  мин. катер повернул обратно и встретил плот на расстоянии  $\ell = 6$  км ниже пункта А. Найти скорость течения, если при движении в обоих направлениях мотор катера работал одинаково.

**10.2.** Пластинка массой  $m$  лежит на горизонтальном столе. В центре пластинки укреплен легкая пружина с жесткостью  $k$ . Какую работу нужно совершить, чтобы на пружине поднять пластинку на высоту  $h$  от поверхности стола?

**10.3.** Груз массой  $m$ , подвешенный на невесомой нити, описывает горизонтальную окружность (конический маятник). Найти частоту вращения маятника (число оборотов в единицу времени), если длина нити  $\ell$ . Найти также силу натяжения нити и доказать, что модуль скорости груза со временем не изменяется. Нить образует с вертикалью угол  $\alpha$  ( $m = 50$  г,  $\ell = 80$  см,  $\alpha = 60^\circ$ ).

**10.4.** Внутри плотно закупоренной бутылки находится гелий массой  $m$  при температуре  $T_1$  и давлении  $P_1$ , равном атмосферному. Газу передали количество теплоты  $Q$ , и в результате пробка вылетела. С какой силой газ давит на пробку в момент её вылета? Сечение пробки равно  $S$ .

**10.5.** Чему равно перемещение свободно падающего тела за  $n$ -ю секунду после начала падения?

**10.6.** Небольшое тело скользит вниз с высшей точки наружной поверхности обруча. На какой высоте  $h$  от начала движения тело оторвется от обруча и полетит вниз? Радиус обруча  $R$ . Трением пренебречь.

**10.7.** Под каким наименьшим углом к горизонту может стоять прислоненная к идеально гладкой стене лестница, если известно, что коэффициент трения скольжения лестницы о пол равен  $\mu$ ?

**10.8.** В сосуд объемом  $V$  нагнетают воздух при помощи поршневого насоса, объем цилиндра которого  $V_0$ . Каким будет давление воздуха в сосуде после  $n$  качаний? Первоначальное давление воздуха в сосуде равно наружному давлению  $P_0$ .

**10.9.** Тело бросают вертикально вверх. Промежуток времени между двумя моментами, когда тело проходит точку, находящуюся на высоте  $H$ , равен  $t_0$ . Найти начальную скорость и полное время движения.

**10.10.** Груз массой 45 кг перемещается по горизонтальной плоскости под действием силы 294 Н, направленной вверх под углом  $30^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения о плоскость 0,1. Определить ускорение движения груза.

**10.11.** При нагревании газа при постоянном объеме на  $\Delta T = 1$  К давление увеличилось на  $\varphi = 0,2$  %. При какой начальной температуре находился газ?

**10.12.**Стеклянный шарик объемом  $0,5 \text{ см}^3$  равномерно падает в воде. Какое количество теплоты выделится при перемещении шарика на  $5 \text{ м}$ ? Плотность стекла  $2,4 \text{ г/см}^3$ .

1994

**10.13.**Сосуд объемом  $1 \text{ л}$  наполнили азотом массой  $m = 10 \text{ г}$  и нагрели до температуры  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ , при которой  $\alpha = \frac{1}{3}$  молекул азота диссоциировала на атомы. Найти давление в сосуде.

**10.14.**Доказать, что при постоянном давлении удельная теплоемкость одноатомного газа, молярная масса которого  $M$ , находится по формуле:  $C_p = \frac{5R}{2M}$ .

**10.15.**Два свинцовых шара одинаковой массы движутся со скоростями  $v$  и  $2v$ , навстречу друг другу. Определите повышение температуры  $\Delta t$  шаров в результате неупругого удара.

**10.16.**Система из двух грузов  $m_1$  и  $m_2$  находится в лифте, движущемся с ускорением  $a$ , направленным вверх (рис. 1.10). Найти силу натяжения  $T$  нити, если коэффициент трения между грузом  $m_1$  и опорой равен  $\mu$ .

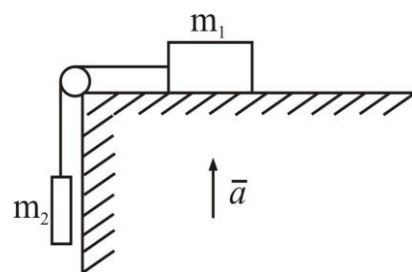


Рис. 1.10

**10.17.**На какую глубину в воду надо опустить надутый воздухом резиновый шар, чтобы его объем уменьшился в  $10$  раз? Температура воздуха и воды соответственно  $300$  и  $282 \text{ К}$ . Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ .

1995

**10.18.**Над идеальным газом совершают цикл, причем 1-2 – изохорный, 2-3 – изобарный процессы (рис. 2.10). Температуры газа в состояниях соответствующих точкам 1 и 3 равны соответственно  $T_1 = 300 \text{ К}$  и  $T_3 = 400 \text{ К}$ . Найдите температуру газа в состоянии 2. Масса газа постоянна.

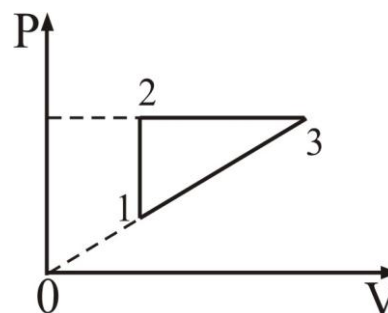


Рис. 2.10

**10.19.**Найдя по таблицам значения удельной теплоемкости воздуха  $C_p$  и зная молярную массу  $M$ , вычислите, во сколько раз большее количество теплоты потребуется для изобарного нагревания, чем для изохорного. Масса воздуха и разность температур в обоих случаях одинаковы.

**10.20.**Тело массой  $m = 0,1 \text{ кг}$  вращается в вертикальной плоскости на нити длиной  $\ell = 1 \text{ м}$ . Ось вращения расположена над полом на высоте  $H = 2 \text{ м}$ . При прохождении нижнего положения нить обрывается, и тело падает на пол, на расстоянии  $L = 4 \text{ м}$  (по горизонтали) от точки обрыва. Определите силу натяжения нити в момент её обрыва.

**10.21.** Маятник длины  $\ell = 1,2$  м подвешен к потолку вагона, движущегося горизонтально по прямой с ускорением  $a = 2,2$  м/с<sup>2</sup>. Найти период колебаний маятника.

**10.22.** Внутри закрытого с обоих концов горизонтального цилиндра имеется поршень, который скользит в цилиндре без трения. С одной стороны поршня находится  $m_1 = 3$  г водорода, а с другой  $m_2 = 10$  г азота. Какую часть объема цилиндра занимает водород?

1996

**10.23.** Санки толкнули вверх по ледяной горке, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Санки въехали на некоторую высоту и спустились обратно. Время спуска  $t_c$  в  $n = 1.2$  раза превышает время подъема  $t_n$ . Чему равен коэффициент трения?

**10.24.** При нецентральной ударе бильярдного шара о такой же, но неподвижный, оба шара разлетаются всегда под одним и тем же углом. Найдите этот угол. Бильярдные шары считать абсолютно упругими.

**10.25.** При нагревании газа на  $\Delta T = 1$  К при постоянном давлении объем его увеличился в два раза. В каком интервале температур происходило нагревание?

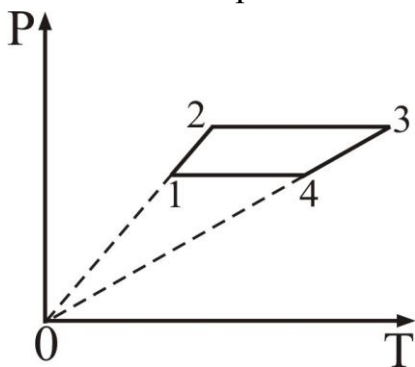


Рис. 3.10

**10.26.** Шофер автомобиля, едущего со скоростью  $v$ , внезапно увидел перед собой на расстоянии  $S$  широкую стену. Что ему выгоднее: затормозить или повернуть?

**10.27.** С 3 молями идеального газа совершен цикл, изображенный на рисунке 3.10. Температуры газа в различных состояниях равны:  $T_1 = 400$  К,  $T_2 = 800$  К,  $T_3 = 2400$  К и  $T_4 = 1200$  К. Найдите работу  $A$  газа за цикл.

**10.28.** Посредине закрытой с торцов трубки длиной  $2\ell$  и сечением  $S$  находится поршень (рис. 4.10). Слева и справа от поршня находятся разные газы при одинаковом давлении  $P$ . На какое расстояние  $x$  сместится поршень, если он становится проницаемым для одного из газов? Сила трения поршня о трубку равна  $F$ .

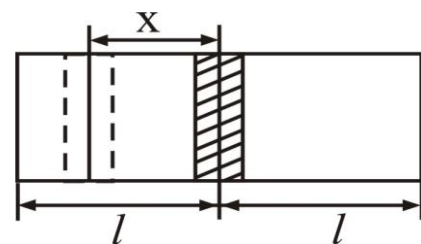


Рис. 4.10

1997

**10.29.** Сколько качаний  $n$  надо сделать, чтобы при помощи насоса, захватывающего при каждом качании объем  $V_0 = 40$  см<sup>3</sup> воздуха, наполнить камеру колеса велосипеда, имеющую объем  $V = 2000$  см<sup>3</sup>, настолько, чтобы площадь её соприкосновения с дорогой была  $S = 60$  см<sup>2</sup> при силе давления колеса на дорогу  $F =$

950 Н? В начальный момент камера заполнена на 0,75 объема при атмосферном давлении. Атмосферное давление  $P_0 = 10^5$  Па.

**10.30.** На горизонтальной поверхности лежит брусок массы 2 кг. Коэффициент трения  $\mu = 0.4$ . К бруску приложена прижимающая сила  $\vec{F}$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Найти наименьшее значение модуля этой силы, при котором брусок сдвинется с места.

**10.31.** В цилиндре под легким поршнем, имеющим площадь основания  $S = 100$  см<sup>2</sup>, находится воздух. Поршень расположен на высоте  $h = 60$  см от дна цилиндра. Атмосферное давление равно  $P_0 = 10^5$  Па, температура воздуха  $t_1 = 12^\circ\text{C}$ . Найти расстояние, на которое опустится поршень, если на него положить гирю массой  $m = 100$  кг, а воздух нагреется до  $t_2 = 107^\circ\text{C}$ .

**10.32.** Один моль идеального газа совершает цикл, показанный на рисунке 5.10. Объем газа в состоянии 2 вдвое превышает объем газа в состоянии 1. Участок 1-2 – прямая линия. Температура в 1 и 2 одинакова и равна 300 К. Найти работу газа за цикл.

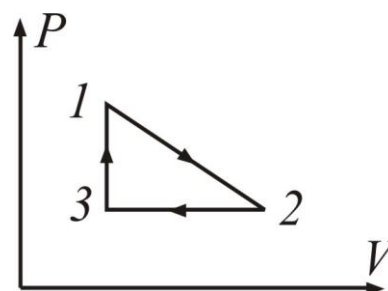


Рис. 5.10

**10.33.** Часы с математическим маятником отрегулированы в Москве. Эти часы будут отставать или спешить, если их использовать в г. Брянске? Чему равна разница показаний часов за одни сутки. Принять ускорение свободного падения в Москве  $g_1 = 9.812$  м/с<sup>2</sup>, в Брянске  $g_2 = 9.810$  м/с<sup>2</sup>.

1998

**10.34.** Камень, свободно падающий без начальной скорости, пролетел вторую половину пути за 1 секунду. С какой высоты он падал?

**10.35.** Трамвай, движущийся со скоростью  $v$ , начинает тормозить. Какой путь пройдет он от начала торможения до остановки, если коэффициент трения  $\mu$ ?

**10.36.** Во сколько раз изменится величина максимально полезной нагрузки, которую может поднять воздушный шар, если наполняющий его He заменить на H<sub>2</sub>?  $M_{\text{He}} = 4$  г/моль,  $M_{\text{H}_2} = 2$  г/моль. Массой оболочки шара можно пренебречь.

**10.37.** Имеется 2 сосуда с газом: один вместимостью 3 л, а другой – 4 л. Давление газа в первом сосуде 202 кПа, во втором – 101 кПа. Найти давление смеси газов, если эти сосуды соединить. Считать, что перед соединением температура газов одинакова и в процессе смешения газов не меняется.

**10.38.** В вагоне, движущемся горизонтально с постоянным ускорением  $a = 3$  м/с<sup>2</sup>, висит на проволоке груз массой  $m = 2$  кг. Определить силу натяжения проволоки  $T$  и угол  $\alpha$  её отклонения от вертикали, если груз неподвижен относительно вагона. Принять  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.



**10.39.** На абсолютно гладком горизонтальном столе лежит цепочка, свешивающаяся наполовину за край стола. Как изменится время ее соскальзывания, если к концам цепочки прикрепить две одинаковые массы (рис. 6.10).

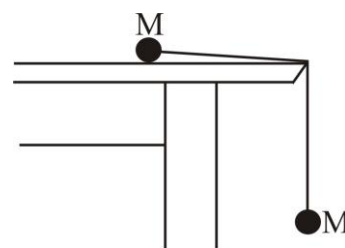


Рис. 6.10

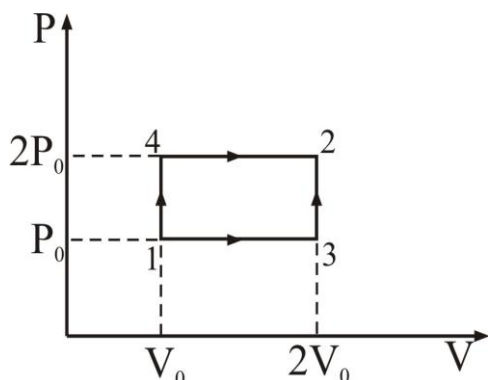


Рис. 7.10

**10.40.** Идеальный одноатомный газ, находящийся при нормальных условиях, переводят из состояния 1 в состояние 2 двумя способами:  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$  и  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2$  (рис. 7.10). Найти отношение количеств теплоты, которые необходимо сообщить молю газа в этих двух процессах.

**10.41.** Две пластины с массами  $m_1$  и  $m_2$  соединены пружиной с жесткостью  $K$  (рис. 8.10). С

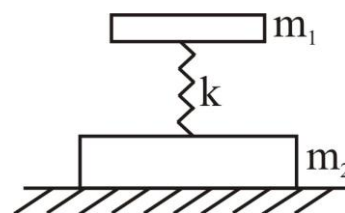


Рис. 8.10

какой силой надо надавить на верхнюю пластину, чтобы после прекращения действия силы верхняя пластина подпрыгнув, приподняла и нижнюю. Считать, что закон Гука справедлив всегда.

**10.42.** На дне закрытой пробирки длиной  $l$ , массой  $M$  сидит муха, массой  $m$ . Пробирка свободно падает в воду, оставаясь в вертикальном положении. Расстояние от дна пробирки до воды –  $h$ . На сколько изменится продолжительность падения, если муха во время падения перелетит в верхнюю часть пробирки.

**10.43.** Шарику, висящему на нити длиной 1 м, сообщили горизонтальную скорость  $v_0$  такую, что когда нить отклонилась на угол  $\alpha = 60^\circ$  от вертикали, ускорение шарика оказалось направленным горизонтально. Найти  $v_0$ .

**10.44.** Герметичный теплоизолированный сосуд с гелием разделён на три части перегородками. Температура в первой части  $t_1 = 57^\circ\text{C}$ , во второй  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ , в третьей  $t_3 = 7^\circ\text{C}$ . Отношение масс гелия в этих частях сосуда  $m_1 : m_2 : m_3 = 1 : 2 : 3$ . Какая температура установится в сосуде после разгерметизации перегородок?

**10.45.** Лёгкая пружина зажата между телами  $A$  и  $B$ , лежащими на гладком полу и соединёнными нитью (рис. 9.10). Если тело  $A$  закрепить, то после пережигания нити и освобождения пружины тело  $B$  будет двигаться со скоростью  $v_B = 12$  м/с, а если закрепить тело  $B$ , то после пережигания нити и освобождения пружины тело  $A$  будет двигаться со



Рис. 9.10

скоростью  $v_A = 8$  м/с. С какими скоростями  $v'_A$  и  $v'_B$  будут двигаться тела после пережигания нити, если их не закреплять?

**10.46.** Стальной кубик плотностью  $7,8$  г/см<sup>3</sup> плавает в ртути (плотность  $13,6$  г/см<sup>3</sup>). Поверх ртути наливается вода так, что она покрывает кубик очень тонким слоем. Какова высота  $H$  слоя воды? Ребро кубика  $a = 10$  см. Определить давление на нижнюю грань кубика.

2001

**10.47.** Осколки от разорвавшегося на некоторой высоте снаряда полетели во все стороны с одинаковыми скоростями. Осколок  $A$ , полетевший вертикально вверх, упал на землю через время  $t_1$ , а горизонтально полетевший осколок  $B$  — через время  $t_2$ . Какое расстояние по горизонтали пролетел осколок  $B$ ? Сопротивление воздуха не учитывать.

**10.48.** К концам троса, перекинутого через блок, привязаны бруски с массами  $m$  и  $M = 4m$ , находящиеся на гладкой наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  (рис. 10.10). При каком минимальном значении коэффициента трения  $k$  между брусками они будут покоиться?

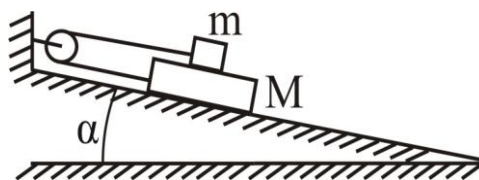


Рис. 10.10

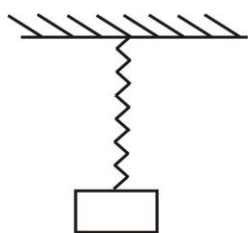


Рис. 11.10

**10.49.** Груз, висящий на легкой пружине жесткости  $k = 400$  Н/м, растягивает её на величину  $x = 3$  см (рис. 11.10). Какую работу надо совершить, чтобы утроить удлинение пружины, прикладывая к грузу вертикальную силу?

**10.50.** Идеальный газ массой  $m = 80$  г представляет собой некоторое соединение водорода и углерода. Газ находится в объеме  $V = 135$  л при давлении  $P = 10^5$  Па и температуре  $T = 325$  °К. Определите химическую формулу соединения, если молярная масса молекулярного водорода

( $H_2$ )  $\mu_1 = 2$  г/моль, а углерода ( $C$ ) —  $\mu_2 = 12$  г/моль.

2002

**10.51.** Никелевый брусок массой  $740$  г и длиной  $222$  мм при температуре  $50$  °С опущен в калориметр теплоемкостью  $21$  Дж/К, содержащий  $145$  г воды при  $0$  °С. Когда температура установилась, то оказалось, что длина бруска уменьшилась на  $0,13$  мм. Определите по этим данным удельную теплоемкость никеля. Температурный коэффициент линейного расширения никеля  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ .

**10.52.** Чтобы удерживать груз на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ , надо приложить силу  $F_1$ , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы втаскивать вверх, надо приложить силу  $F_2$ . Найти коэффициент трения.

**10.53.** Трубка длиной  $L$ , открытая с обоих концов, наполовину погружена в ртуть. Трубку закрывают пальцем и вынимают из ртути. Чему равна длина

столбика ртути, оставшегося в трубке? Атмосферное давление уравновешивается столбом ртути высотой  $h$ .

**10.54.** Какой длины надо взять никелиновую проволоку (удельное сопротивление  $\rho = 42 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) сечением  $0,84 \text{ мм}^2$ , чтобы изготовить нагреватель на  $220 \text{ В}$ , при помощи которого можно было бы нагреть  $2 \text{ л}$  воды от  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  до кипения за  $10 \text{ минут}$  при  $\text{КПД}$   $80\%$ ?

**10.55.** Два шара – стальной массы  $m$  и свинцовый массы  $\frac{1}{4} m$  - подвешены на нитях в одной точке. Свинцовый шар отклоняют так, что он поднимается на высоту  $H$ , и отпускают. После соударения он отскакивает и поднимается на высоту  $h$ . Удар – центральный. Определить количество энергии, перешедшей в тепло.

2003

**10.56.** Определить положение центра тяжести однородного диска радиуса  $R$  с вырезанными кругами (рис. 12.10). Круги лежащие на одном диаметре, касаются граничной окружности диска и имеют радиусы  $\frac{R}{2}$  и  $\frac{R}{4}$ .

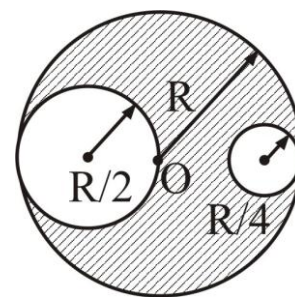


Рис. 12.10

**10.57.** Одна из свинцовых проволочек плавится при протекании через неё тока  $I = 2 \text{ А}$ , а более толстая при  $I = 5 \text{ А}$ . При каком минимальном токе будет разорвана цепь, образованная при параллельном соединении этих проволочек, если отношение их сопротивлений

$$\frac{R_1}{R_2} = 4.$$

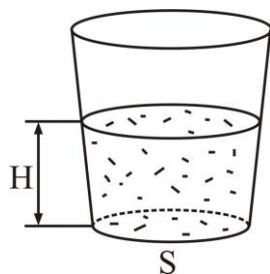


Рис. 13.10

**10.58.** В конический сосуд налита жидкость массой  $m$  и плотностью  $\rho$  (рис. 13.10). Высота слоя воды  $H$ , площадь дна  $S$ . Определить силу гидростатического давления жидкости на боковую поверхность сосуда.

**10.59.** Для растяжения каждой из трёх пружин на  $\Delta x = 1 \text{ см}$  необходимо приложить соответственно силы  $F_1 = 1H$ ,  $F_2 = 2H$ ,  $F_3 = 3H$ . Какую силу необходимо приложить к этим последовательно соединённым пружинам, чтобы их суммарное удлинение было  $5,5 \text{ см}$ ?

**10.60.** Тело брошено с поверхности Земли под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Как зависят от времени скорость  $v$  тела и тангенс угла  $\beta$  её наклона к горизонту? Сопротивлением воздуха пренебречь.

2004



Рис. 14.10

**10.61.** Цепочка массы  $m$  подвешена за концы так, что вблизи точек подвеса она образует с горизонталью угол  $\alpha$  (рис.14.10). Определите силу натяжения цепочки в ее

нижней точке и в точках подвеса.

**10.62.** Стальную отливку массой  $m$  поднимают из воды при помощи троса, жесткость которого  $k$ , с ускорением  $a$ . Определите удлинение троса  $\Delta x$ . Сопротивлением воды пренебречь.

**10.63.** Неупругие шары массой по 2 кг каждый, имеющие одинаковую температуру и изготовленные из материала с удельной теплоемкостью  $180 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , движутся навстречу друг другу со скоростями 20 м/с и 40 м/с соответственно. Определите изменение кинетической энергии и температуры  $\Delta T$  шаров после удара.

**10.64.** При подъеме груза массой 5 т с помощью гидравлического пресса была выполнена общая работа 10 кДж. Найдите число ходов малого поршня, перемещающегося за один ход на 8 см, если площади поршней соотносятся как 150:1, а КПД пресса составляет 80 %.

**10.65.** Динамометр, к которому подвешен кусок сплава, состоящего из меди и серебра, показывает в воздухе 2,41 Н, а в воде 2,17 Н. Определить массу меди и серебра в этом куске. Выталкивающей силой воздуха пренебречь.

2005

**10.66.** Из проволоки сопротивлением  $R$  сделано кольцо. В каких точках кольца следует подключить провода, чтобы получить сопротивление  $\frac{R}{5}$ ?

**10.67.** Баба копра массой  $m = 100 \text{ кг}$  ударяет в сваю массой  $M = 1400 \text{ кг}$ , вбитую в грунт. Определить сопротивление грунта  $F$  и продолжительность удара  $\Delta t$ , если известно, что при каждом ударе свая погружается в грунт на глубину  $S = 5 \text{ см}$ , а высота поднятия копра  $h = 1,5 \text{ м}$ . Считать удар неупругим.  $g = 10 \text{ м}/\text{с}^2$ .

**10.68.** На пружине подвешен груз массой  $m$ . Период колебания системы  $T_1 = 0,5 \text{ с}$ . При добавлении одного грузика массой  $\Delta m$  период колебания возрастает до  $T_2 = 0,6 \text{ с}$ . Определить удлинение  $\Delta l$  пружины под действием дополнительного грузика.

**10.69.** Внутри куска льда без воздушных пузырей находится вмёрзший камень, плотность которого  $\rho_k = 2000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , т.е. вдвое больше, чем у воды ( $\rho_w = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ). Масса куска льда вместе с камнем  $M = 3 \text{ кг}$ , а температура  $0^\circ\text{C}$ . Этот кусок льда опустили в ведро объемом  $V = 10 \text{ л}$  с водой, причем оказалось, что ведро заполнено по самые края, а над поверхностью воды выступает только 5 % от общего объема куска льда с камнем. Через некоторое время, после того как часть льда растаяла, кусок льда полностью погрузился в воду и продолжал плавать, не касаясь в течение длительного времени ни дна, ни стенок ведра. Найти массу камня и температуру воды в ведре до опускания в него куска льда. Удельная теплоемкость воды  $C = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , плотность льда  $\rho_l = 900 \text{ кг}/\text{м}^3$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 335 \text{ кДж}/\text{кг}$ . Теплообменом с окружающей средой и тепловым расширением тел пренебречь.

**10.70.** Тело, брошенное под углом к горизонту, имеет дальность полета  $L$  и максимальную высоту подъема  $H$ . Чему равны угол бросания и начальная скорость тела?

**10.71.** Два одинаковых шарика из пластилина, двигавшихся со скоростью  $v = 10$  м/с, испытывают абсолютно неупругое соударение. Скорости шариков до соударения взаимно перпендикулярны. На сколько градусов  $\Delta T$  увеличилась бы температура шариков, если бы всё выделившееся в результате соударения тепло пошло на их нагревание? Удельная теплоёмкость пластилина  $c = 100$  Дж/(кг·К).

**10.72.** Черный ящик имеет три клеммы  $A$ ,  $B$ ,  $C$  (рис. 15.10). Известно, что он содержит только резисторы. Сопротивления «черного ящика» при подключении к различным парам клемм таковы:  $R_{AB} = 5$  Ом,  $R_{BC} = 8$  Ом,  $R_{AC} = 9$  Ом.

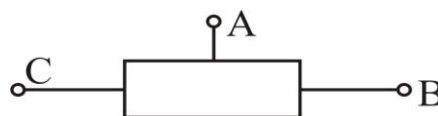


Рис. 15.10

Предложите схему «черного ящика», содержащую минимально возможное число резисторов.

**10.73.** Тело массой 3 кг и объёмом  $2 \text{ дм}^3$  находится в воде на глубине 3 м. Какую работу необходимо совершить при медленном плавном подъёме тела на высоту  $H = 5$  м над поверхностью воды? Равна ли эта работа изменению потенциальной энергии тела?

**10.74.** При соблюдении некоторых мер предосторожности воду можно переохладить, т.е. охладить ниже  $0^\circ\text{C}$ . Пробирку, содержащую  $m = 12$  г переохлажденной воды с температурой  $t = -5^\circ\text{C}$ , встряхивают. При этом часть воды замерзает. Какова масса  $m_d$  образовавшегося льда? Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью самой пробирки можно пренебречь.

**10.75.** Два проводника сопротивлением 2 Ом и 6 Ом включаются в сеть сначала параллельно, потом последовательно друг к другу. Какое количество теплоты выделится в первом и во втором случаях в проводнике сопротивлением 6 Ом за время, в течение которого в проводнике 2 Ом выделяется 6 кДж?

**10.76.** Трубка с каплей эфира подвешена на легком стержне длиной 1 м. С какой скоростью должна вылететь пробка после подогревания эфира, чтобы трубка сделала полный оборот в вертикальной плоскости? Масса пробки 20 г, масса трубки 100 г.

**10.77.** Трамвай массой  $m = 22.5$  т едет равномерно по горизонтальному пути. Сила сопротивления его движению составляет 1% от его веса. Электрический ток в двигателе трамвая  $I = 60$  А. Напряжение в контактной линии  $U = 500$  В. Определите скорость  $v$  движения трамвая, если в двигательной установке трамвая 75% электрической мощности преобразуется в механическую.

**10.78.** Чтобы охладить 200 г воды, имеющей температуру  $25^\circ\text{C}$ , в нее бросают

взятые из холодильника кубики льда объемом  $6,4\text{см}^3$  каждый, температура которых равна  $-5^\circ\text{C}$ . Какое наименьшее число кубиков нужно бросить в воду, чтобы в результате её температура стала не выше  $5^\circ\text{C}$ ? (Теплообменом с окружающей средой пренебречь).

**11.1.** Четыре частицы находятся в вершинах квадрата со стороной  $\ell$ , причем векторы их скоростей имеют одинаковые модули  $v$ , не меняющиеся со временем, направленные в каждый момент времени на соседнюю частицу. Найти время  $t$ , которое потребуется, чтобы частицы сошлись в центре квадрата (рис. 1.11)

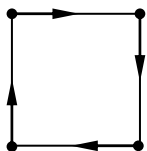


Рис. 1.11

**11.2.** Снаряд, вылетевший из ствола пушки под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ , попадает в кузов неподвижного грузовика с песком. В результате грузовик приобрел скорость  $v$ . Определить массу грузовика с песком, если масса снаряда  $M$ .

Пушка и грузовик находились на одной высоте. Сопротивлением движению снаряда в воздухе и движению грузовика пренебречь.

**11.3.** Воздух находится в цилиндре под поршнем, имеющим возможность свободно перемещаться. Цилиндр нагревают от температуры  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 67^\circ\text{C}$ . Начальный объем воздуха в цилиндре  $V = 1$  л. Определить работу, которую расширяющийся воздух совершает, сдвигая поршень, если вес поршня  $mg = 30$  Н, а площадь поперечного сечения цилиндра  $S = 0,3$  дм<sup>2</sup>, атмосферное давление нормальное.

**11.4.** Подставка совершает в горизонтальном направлении гармонические колебания с периодом  $T = 5$  с. Находящееся на подставке тело начинает по ней скользить, когда амплитуда колебаний достигает значения  $X_M = 0,6$  м. Каков коэффициент трения  $\mu$  между телом и подставкой?

**11.5.** Два одинаковых заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускают в жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Определить плотность шариков, если они в жидкости разошлись на такой же угол, что и в воздухе. Плотность жидкости  $\rho_0$ .

**11.6.** За какое время тяжелое тело спустится с вершины наклонной плоскости высотой 2 м и углом наклона  $45^\circ$ , если предельный угол, при котором тело может находиться на наклонной плоскости в покое, равен  $30^\circ$ ?

**11.7.** В контуре, показанном на рисунке 2.11, левый конденсатор в начальный момент времени имеет заряд  $q$ , а второй конденсатор не заряжен. Определите максимальную силу тока, протекающего через катушку после замыкания ключа  $K$ .

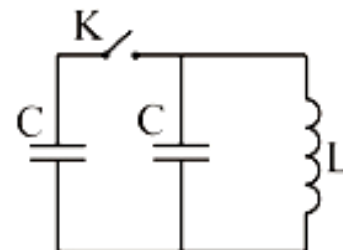


Рис.2.11

**11.8.** В электроннолучевой трубке поток электронов ускоряется полем с разностью потенциалов  $U = 5$  кВ и попадает в пространство между вертикально отклоняющими пластинами длиной  $x = 5$  см, напряженность поля



между которыми  $E = 40$  кВ/м. Найти вертикальное смещение  $Y$  луча на выходе из пространства между пластинами.

**11.9.** Начальная скорость камня, брошенного под углом к горизонту,  $v_0$ , а спустя время  $t_1 - v_1$ . На какую максимальную высоту над начальным уровнем поднимется камень?

**11.10.** При расширении идеального газа его давление изменяется по закону  $P = \alpha V$ , где  $\alpha$  - постоянная величина. Во сколько раз изменится объем газа при увеличении температуры от 200 до 400 К?

**11.11.** Сравнить время прохождения колеблющейся точкой первой и второй половин амплитуды.

**11.12.** Два элемента с ЭДС 1,5 В и 2 В и внутренними сопротивлениями 0,2 и 0,3 Ом соединены параллельно. Определить показания подключенного к ним вольтметра. Током, проходящим через вольтметр, и сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

1994

**11.13.** Электровоз тянет состав, состоящий из  $n$  одинаковых вагонов, с ускорением  $a$ . Найти силу натяжения сцепки между  $k$ -м (считая от начала состава) и  $(k+1)$ -м вагонами, если масса каждого вагона  $m$ , а коэффициент сопротивления  $\mu$ .

**11.14.** При включении катушки в цепь постоянного тока при напряжении 48 В сила тока была равна 3 А. При включении той же катушки в цепь переменного тока, действующее значение силы тока 3 А достигнуто при действующем значении напряжения 60 В. Частота переменного тока 50 Гц. Каково значение индуктивности катушки?

**11.15.** Найдите заряд на конденсаторе в схеме, изображенной на рисунке 3.11.

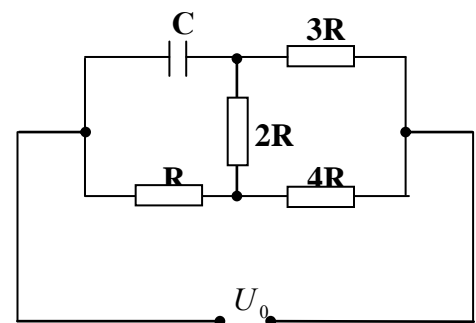


Рис. 3.11

**11.16.** Протон влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $2 \cdot 10^{-5}$  Тл перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Сколько оборотов будет делать в магнитном поле протон за 1 с?

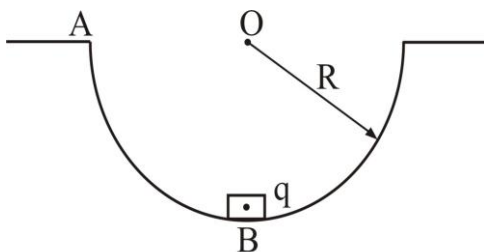


Рис. 4.11

**11.17.** Тяжелый шарик, подвешенный на нити, длиной  $l = 1$  м, описывает окружность в горизонтальной плоскости (конический маятник). Найти период обращения шарика, если маятник находится в лифте, движущемся с постоянным ускорением  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>, направленным вниз. Нить составляет с вертикальным направлением угол  $\alpha = 60^\circ$ .

**11.18.** Малый брусок массой  $m = 2$  г (рис. 4.11), имеющий положительный заряд  $q$ , начинает скользить без начальной скорости из точки А по сферической поверхности ра-



диусом  $R = 10$  см. Потенциальная энергия взаимодействия заряда  $q$  и неподвижного отрицательного заряда  $Q$  в начальный момент времени равна  $W_A = -2 \cdot 10^{-3}$  Дж. Определить потенциальную энергию взаимодействия зарядов, когда заряд  $q$  находится в точке В, если в этом случае результирующая сил реакции со стороны сферической поверхности и кулоновского взаимодействия, приложенных к бруску,  $F = 0,1$  Н. Трением пренебречь.

1995

**11.19.** Источники тока, имеющие одинаковые внутренние сопротивления  $r = 0,5$  Ом, подключены к резисторам, каждый сопротивлением  $R$  (рис. 5.11).  $\varepsilon_1 = 12$  В,  $\varepsilon_2 = 6$  В. Определить сопротивление  $R$ , при котором ток во втором источнике не течет.

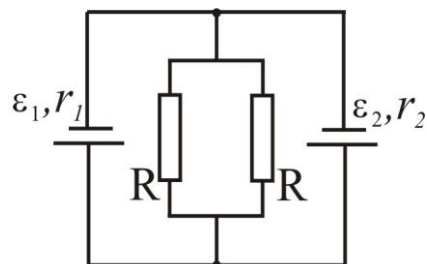


Рис. 5.11

**11.20.** Длина воздушной линии передачи 300 км. Частота напряжения 50 Гц. Найти сдвиг по фазе напряжения в начале и конце этой линии.

**11.21.** Два тела массами  $m_1 = 1$  кг,  $m_2 = 2$  кг движутся

навстречу друг другу во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями  $v_1 = 3$  м/с,  $v_2 = 2$  м/с. В результате соударения тела слипаются. Определите, какое количество теплоты  $Q$  выделится в результате соударения.

**11.22.** Можно повысить КПД теплового двигателя повышением температуры нагревателя на 10 К или понижением температуры холодильника на 10 К. В каком случае увеличение КПД будет больше?

**11.23.** Батарея с ЭДС, равной  $\varepsilon$ , конденсаторы емкостями  $C_1$  и  $C_2$  и резистор сопротивлением  $R$  соединены, как показано на рисунке 6.11. Найдите количество теплоты  $Q$ , выделяющееся на резисторе после переключения ключа  $K$  из положения 1 в положение 2.

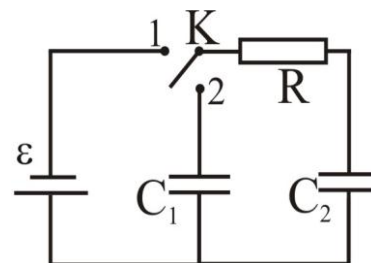


Рис. 6.11

1996

**11.24.** Тележка массой  $m$  совершает мертвую петлю, скатываясь с минимально необходимой для этого высоты (Рис. 7.11). С какой силой  $F$  тележка давит на рельсы в точке А, радиус-вектор которой составляет угол  $\alpha$  с вертикалью? Трением пренебречь.

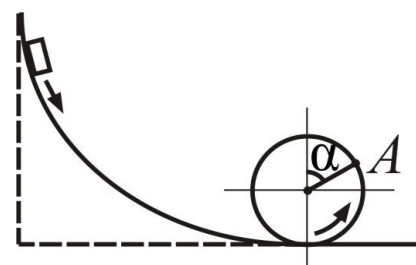
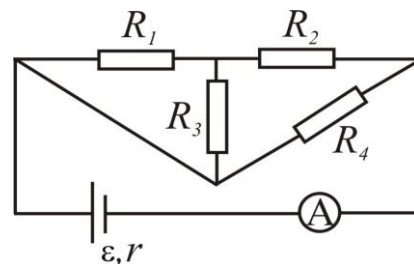


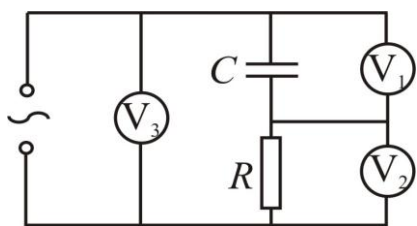
Рис. 7.11

**11.25.** По тонкому металлическому кольцу радиуса  $R$  равномерно распределен заряд  $q$ . Определите потенциал  $\varphi$  в точке А, расположенной на оси кольца на расстоянии  $h$  от его центра.

**11.26.** Какую силу тока покажет амперметр в изображенной на рисунке 8.11 цепи? Сопротивление резисторов:  $R_1 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 8 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 24 \text{ Ом}$ , ЭДС источника  $36 \text{ В}$ , а его внутреннее сопротивление  $1 \text{ Ом}$ .



**Рис. 8.11**



**Рис.9.11**

**11.27.** В цепи переменного тока (Рис.9.11) показания первого и второго вольтметров  $U_1 = 12 \text{ В}$  и  $U_2 = 9 \text{ В}$ . Каково показание  $U_3$  третьего вольтметра?

1997

**11.28.** Три частицы движутся равномерно с одинаковыми по модулю скоростями ( $v_1 = v_2 = v_3 = v$ ), находясь в каждый момент времени в вершинах правильного треугольника. В начальный момент сторона треугольника имеет длину  $l$ . Скорости частиц всегда направлены на соседнюю частицу. За какое время частицы сойдутся в центре треугольника?

**11.29.** Маятник с периодом колебаний  $T_1 = 2 \text{ с}$  состоит из металлического заряженного шара массой  $m = 10 \text{ г}$ , подвешенного на нити, массой которой можно пренебречь. Когда маятник поместили в поле другого шара, имеющего заряд противоположного знака, расположенного под точкой подвеса на большом расстоянии от маятника, его период колебаний стал  $T_2 = 1.6 \text{ с}$ . Найти силу взаимного притяжения шаров. Изменениями расстояния между шарами и направления силы электрического притяжения пренебречь.

**11.30.** В электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных резистора сопротивлением  $R$ , катушки индуктивностью  $L$  и конденсатора электроемкостью  $C$ , происходят затухающие колебания. За некоторое время амплитуда колебаний силы тока в цепи уменьшилась от  $I_1$  до  $I_2$ . Какое количество теплоты выделилось за это время на резисторе, если затухание связано только с потерями энергии на нагревание резистора?

**11.31.** Может ли случиться, что два последовательно соединенных источника тока, обладающих соответственно ЭДС  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  и внутренними сопротивлениями  $r_1$  и  $r_2$ , будучи замкнутыми на одинаковый резистор сопротивлением  $R$ , дадут ток более слабый, чем один из этих элементов, замкнутый на тот же резистор?

**11.32.** Большая шарообразная капля воды получена в результате слияния 125 одинаковых маленьких шарообразных капелек. До какого потенциала были заряжены капельки, если потенциал большой капли  $2.5 \text{ В}$ .

**11.33.** В схеме, изображенной на рисунке 10.11, индуктивность катушек  $L_1 = 2L_0$ ,  $L_2 = 3L_0$ , а конденсатор емкости  $C$  заряжен до напряжения  $U_0$ . Найти максимальный ток через катушку  $L_1$  после замыкания ключа  $K$ . Активным сопротивлением катушек пренебречь.

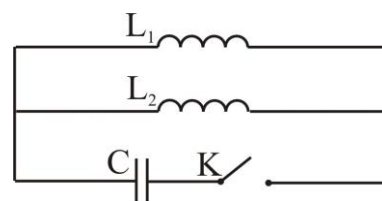


Рис. 10.11

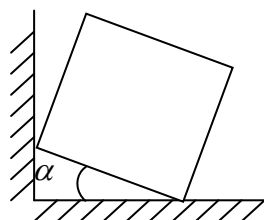


Рис. 11.11

**11.34.** Кубик стоит у стены так, что одна из его граней образует угол  $\alpha$  с полом (рис. 11.11). При каком значении коэффициента трения кубика о пол это возможно, если трение о стену пренебрежимо мало.

**11.35.** Определите сопротивление  $R$  показанной на рисунке 12.11 цепи, если сопротивление каждого звена  $r$ .

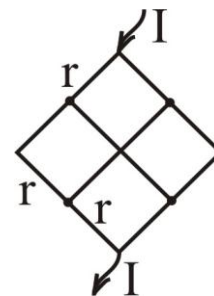


Рис. 12.11

**11.36.** Прямой проводник длиной  $\ell = 15$  см перпендикулярен направлению однородного магнитного поля, в которое он помещен. Концы проводника замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление цепи  $R = 0,5$  Ом. Индукция поля  $B = 2$  Тл. Какая требуется мощность, чтобы двигать проводник со скоростью  $v = 10$  м/с в направлении, перпендикулярном проводнику и полю?

**11.37.** Колебательный контур радиоприемника настроен на частоту  $\nu = 6$  МГц. Во сколько раз нужно изменить емкость конденсатора, чтобы настроиться на длину волны  $\lambda = 150$  м?

**11.38.** Полый шар из чугуна плавает в воде, погрузившись в нее ровно наполовину. Найдите объем внутренней полости шара. Масса шара 5 кг, плотность чугуна  $7,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, плотность воды  $10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Принять  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

**11.39.** В вертикальном закрытом с обоих торцов цилиндре находится массивный поршень, по обе стороны которого находится по одному молю воздуха. При температуре  $T = 300$  К отношение верхнего объема к нижнему  $n = 4$ . При какой температуре это отношение станет равным  $k = 3$ . Трение поршня о стенки цилиндра пренебрежимо мало.

**11.40.** Определить период колебаний шарика малого размера, скользящего вниз и вверх по двум наклонным плоскостям (рис. 13.11). Трение и потери скорости при ударе не учитывать.

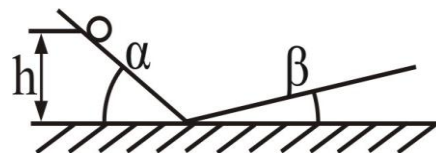


Рис. 13.11

**11.41.** По вертикально расположенному непроводящему обручу радиусом  $R$  могут скользить без трения две небольшие бусинки массой  $m$  каждая (рис. 14.11). Бусинкам сообщают положительный заряд  $q$  каждой и удерживают в диаметрально противо-

положных точках кольца на одной горизонтали. Затем бусинки отпускают. При каких  $q$  бусинки смогут сблизиться до расстояния  $x = \frac{R}{2}$ ?

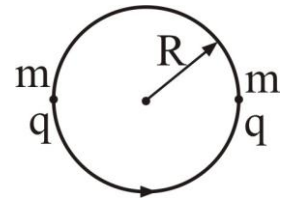


Рис. 14.11

2000

**11.42.** Тело лежит на гладкой горизонтальной поверхности. К нему привязана легкая нерастяжимая нить, перекинутая через блок очень малого радиуса. Блок находится на высоте  $h = 1$  м над поверхностью. К другому концу нити приложили постоянную горизонтальную силу  $T$ . Первоначально тело покоится, и нить образует с вертикалью угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить скорость тела в момент, когда оно окажется под блоком, если известно, что ускорение груза в начальный момент  $a = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. Массой блока и трением пренебречь.

**11.43.** Гибкий проволочный контур сопротивлением  $R = 0,15$  Ом и площадью  $S_1 = 300$  см<sup>2</sup> расположен перпендикулярно к силовым линиям однородного магнитного поля с индукцией  $B_1 = 0,06$  Тл. При изменении индукции поля до  $B_2 = 0,08$  Тл и одновременном изменении площади контура по контуру прошел заряд  $q = 6$  мКл. Найти новое значение площади контура.

**11.44.** В герметично закрытом баллоне находится смесь из  $m_1 = 0,50$  г водорода и  $m_2 = 8,0$  г кислорода при давлении  $p_1 = 2,35 \cdot 10^5$  Па. Между газами происходит реакция с образованием водяного пара. Какое давление  $p$  установится в баллоне после охлаждения до первоначальной температуры? Конденсации пара не происходит.

**11.45.** Определить максимальные токи через резисторы  $R$  и  $2R$  после замыкания ключа  $K$  в схеме, изображенной на рисунке 15.11. Параметры схемы указаны.

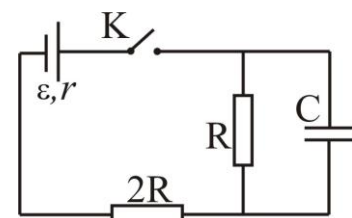


Рис. 15.11

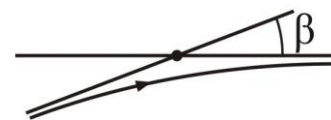
**11.46.** Сосуд, предельно наполненный водой, висит на динамометре. Изменится ли показание динамометра, если в воду опустить гирию, подвешенную на нити, не касаясь дна?

2001

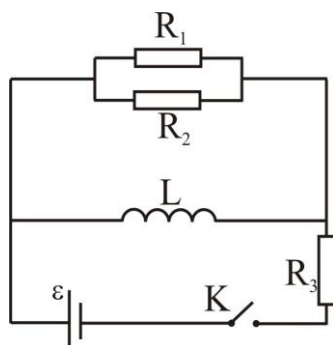
**11.47.** С поверхности Земли брошено вертикально вверх тело со скоростью  $v_0 = 14,7$  м/с. Средняя скорость тела изменяется с течением времени движения. Определить в какой момент времени величина мгновенной скорости совпадает со средней скоростью. Как в этот момент направлена мгновенная скорость?

**11.48.**  $\alpha$  – частица, пролетая мимо первоначально покоящегося ядра химического элемента с массовым числом, равным 12, потеряла 20% своей скорости. На какой угол  $\beta$  отклонилась  $\alpha$  – частица (рис. 16.11)?

**11.49.** Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа  $\text{CO}_2$ , масса которого по некоторым оценкам составляет  $M = 6 \cdot 10^{16}$  т. Чему равна плотность углекислого газа вблизи поверхности Венеры, если его температура



**Рис. 16.11**



**Рис. 17.11**

тура  $T = 800$  К? Радиус Венеры  $R_B = 6300$  км, а ускорение свободного падения  $g = 8,2$  м/с<sup>2</sup>. Толщина атмосферы Венеры много меньше радиуса планеты.

**11.50.** В электрической схеме (рис. 17.11) ключ К в начальный момент замкнут. После размыкания ключа в цепи выделяется количество тепла  $Q$ . Чему равна ЭДС батареи  $\varepsilon$ ? Какое количество тепла выделится на каждом из резисторов  $R_1, R_2, R_3$ ? Считать заданными  $L, R_1, R_2, R_3$ .

**11.51.** Как зависят вес и плотность тела от географической широты и высоты над уровнем моря?

2002

**11.52.** Найти количество теплоты, которое выделилось при абсолютно неупругом соударении двух шаров, двигавшихся навстречу друг другу. Масса первого шара 0,4 кг, его скорость 3 м/с, масса второго шара 0,2 кг и скорость 12 м/с.

**11.53.** Один паровоз прошел половину пути со скоростью 80 км/ч, а другую половину – со скоростью 40 км/ч. Другой паровоз шел половину времени со скоростью 80 км/ч, а половину времени – со скоростью 40 км/ч. Какова средняя скорость каждого паровоза?

**11.54.** Шарик для игры в настольный теннис радиусом 15 мм и массой 5 г погружен в воду на глубину 30 см. Когда шарик отпустили, он выпрыгнул из воды на высоту 10 см. Какая энергия перешла в тепло вследствие трения шарика о воду?

**11.55.** Замкнутая электрическая цепь состоит из источника тока и двух соединенных последовательно одинаковых резисторов сопротивлением  $R$ . К концам одного из резисторов присоединяют по очереди два вольтметра: один имеет сопротивление  $R$ , а второй – сопротивление  $10R$ . Во сколько раз будут отличаться показания вольтметров? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

**11.56.** После опускания в воду, имеющую температуру 10 °С, тела, нагретого до 100 °С, через некоторое время установилась общая температура 40 °С. Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще одно такое же тело, нагретое до 100 °С?



**11.57.** Два тела движутся с постоянными скоростями по взаимно перпендикулярным прямым. Скорость первого тела  $v_1 = 3$  м/с, а второго  $v_2 = 4$  м/с. В момент времени, когда расстояние между телами наименьшее, первое тело находится на расстоянии  $S_1 = 60$  м от точки пересечения прямых. На каком расстоянии  $S_2$  от точки пересечения прямых находится в этот момент второе тело?

**11.58.** Тело тянут за нить так, что оно движется по горизонтальной плоскости с постоянной скоростью. Коэффициент трения между телом и плоскостью  $\mu = 0,4$ . Определите угол наклона нити к плоскости, при котором ее натяжение будет минимальным.

**11.59.** Начиная с некоторого момента времени поверхность, ограничивающая объем газа, поглощает  $\eta = 20\%$  молекул, ударяющихся об нее. Определите во сколько раз изменится давление газа. Уменьшением числа молекул в объеме газа можно пренебречь.

**11.60.** На горизонтальной поверхности в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a_1 = 20$  см помещены три одинаковых тела, массы которых  $m = 1$  г и заряды  $q = 2 \cdot 10^{-6}$  Кл. В результате электростатического взаимодействия тела начинают двигаться. Определите максимальную скорость тел, если коэффициент трения между телами и поверхностью  $\mu = 0,1$ .

**11.61.** Шарик малого размера, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности и прикрепленный к невесомой горизонтальной пружине, совершает гармонические колебания с периодом  $T = 2$  с (рис. 18.11). Определите период колебаний шарика, если на расстоянии  $\frac{a}{2}$  ( $a$  – амплитуда колебаний) от положения равновесия ( $x_0$ ) установить вертикальную стенку, от которой шарик абсолютно упруго отскакивает.

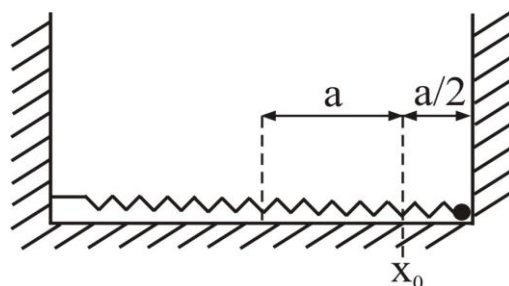


Рис. 18.11

**11.62.** Два пластилиновых шарика летят взаимно перпендикулярными курсами со скоростью  $v$  каждый. Массы шариков относятся как 4:3. На сколько градусов нагреются шарики после абсолютно неупругого удара? Удельная теплоемкость пластилина равна  $c$ .

**11.63.** Давление смеси гелия и кислорода в сосуде равно 1,5 атм., плотность  $0,2$  кг/м<sup>3</sup>. Какова температура в сосуде, если концентрация молекул гелия равна  $3,7 \cdot 10^{25}$  м<sup>-3</sup>.

**11.64.** Электрическая кастрюля и чайник, потребляющие мощность 600 Вт и 300 Вт, включены в сеть параллельно, и вода в них закипает одновременно через 20 мин. Через сколько времени закипит вода в кастрюле и чайнике, если их включить в цепь последовательно.

**11.65.** Санки, скользящие по горизонтальному льду со скоростью  $v$ , выезжают на асфальт. Длина полозьев санок  $l$ , коэффициент трения об асфальт равен  $\mu$ . Какое расстояние пройдут санки по асфальту до полной остановки? Трением о лед пренебречь.

**11.66.** Прямоугольную рамку, сделанную из проволоки сопротивлением 1 Ом, перемещают с постоянной скоростью через область однородного магнитного поля с индукцией 0,5 Тл (рис. 19.11). При какой скорости  $v$  в рамке выделится количество теплоты  $10^{-3}$  Дж, если  $l_1 = 0,1$  м,  $l_2 = 0,05$  м и  $l_3 > l_2$ .

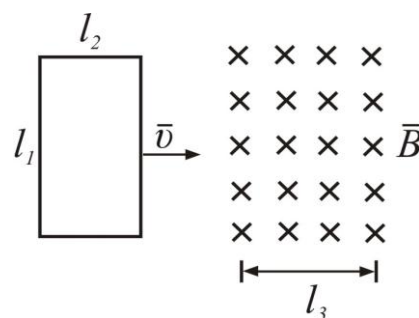


Рис. 19.11

2005

**11.67.** Цикл теплового двигателя, в котором в качестве рабочего тела используется 1 моль идеального одноатомного газа, состоит из трех участков – изобарического, изохорического и адиабатического, - причем отношение максимального объема газа к его минимальному объему в этом цикле  $n = 8$ . Найдите, какое наибольшее значение может принимать КПД двигателя, работающего по такому циклу, если при адиабатическом процессе объем  $V$  и давление  $p$  данного газа удовлетворяют соотношению  $pV^{\frac{5}{3}} = const$ .

**11.68.** Тонкий проводящий диск толщиной  $d$  и площадью  $S$  падает в вертикальном положении в горизонтальном магнитном поле индукцией  $B$ , линии которой параллельны плоскости проводника. Найдите ускорение, с которым падает диск, если его масса  $m$ .

**11.69.** Прибор для измерения сопротивлений состоит из батарейки с ЭДС  $\varepsilon_0 = 4,5$  В, резистора сопротивлением  $R = 10$  Ом и амперметра, соединенных так, как показано на рисунке 20.11. На амперметр нанесена шкала, показывающая значение сопротивления резистора, подключаемого к клеммам 1 и 2. С помощью данного прибора пытаются измерить сопротивление электрической цепи, изображенной на рисунке 21.11, которая состоит из источника и резистора. Оказалось, что показания прибора зависят от полярности подключения к нему этой цепи: в одном направлении показание прибора равно  $r_1 = 20$  Ом, в другом –  $r_2 = 5$  Ом. Найти ЭДС  $\varepsilon$  источника и сопротивление  $r$  резистора. Батарейка, источник и амперметр имеют пренебрежимо малое внутреннее сопротивление.

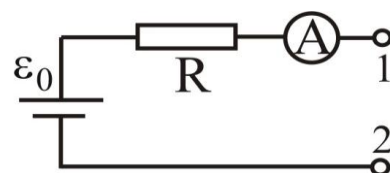


Рис. 20.11

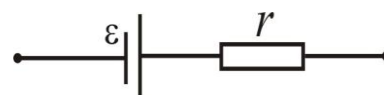


Рис. 21.11

**11.70.** Часы с маятником выверены и правильно идут на экваторе. На сколько вперед уйдут часы за сутки, если их перенести на полюс. Принять  $g_{\text{экв}} = 9.781$  м/с<sup>2</sup>,  $g_{\text{пол}} = 9.831$  м/с<sup>2</sup>.

**11.71.** Определить напряженность однородного электрического поля (рис. 22.11), под действием которого шарик массой 1,2 г с зарядом  $4,9 \cdot 10^{-8}$  Кл, подвешенный на нити, отклоняется так, что нить образует с вертикалью угол  $30^\circ$ .

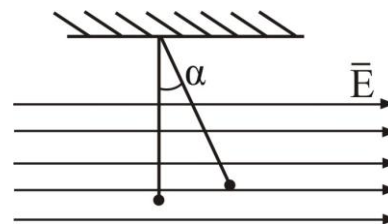


Рис. 22.11

2006

**11.72.** Когда моя лошадь подворачивает ногу, я взваливаю лошадь на плечо, и мы продолжаем движение в том же направлении, но медленнее. Когда я на лошади, мы движемся со скоростью 120 км/ч, а когда лошадь на мне - со скоростью 30 км/ч. Чему равна наша средняя скорость, если: а) я еду полпути, а потом несу лошадь? б) я еду половину времени, а потом несу лошадь?

**11.73.** Два источника тока с одинаковыми внутренними сопротивлениями, но с разными ЭДС, соединены последовательно и замкнуты на резистор  $R = 10$  Ом (рис. 23.11). При какой величине ЭДС второго источника  $\varepsilon_2$  разность потенциалов между полюсами первого источника будет равна нулю, если ЭДС первого источника  $\varepsilon_1 = 6$  В, внутренние сопротивления источников  $r_1 = r_2 = r = 2$  Ом?

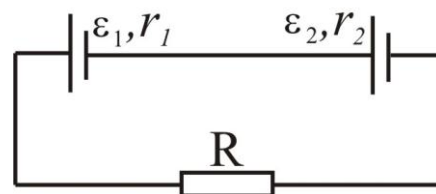


Рис. 23.11

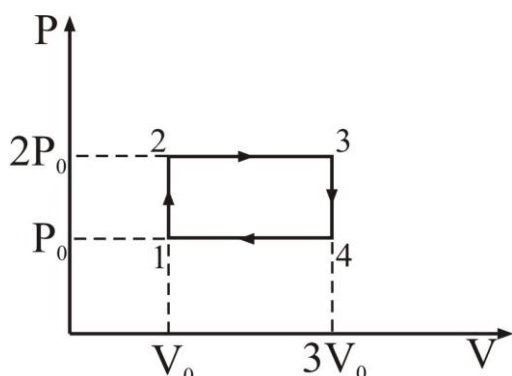


Рис. 24.11

**11.74.** Два железнодорожных вагона массами  $m_1$  и  $m_2$  медленно движутся в одну сторону со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Вагоны сталкиваются, и пружины буферов расталкивают их так, что удар можно считать упругим. Какова максимальная энергия упругой деформации пружин?

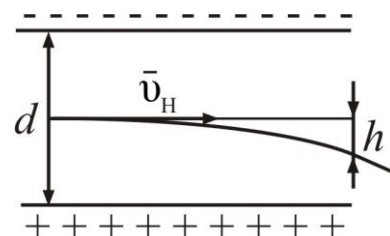
**11.75.** На рисунке 24.11 показан цикл из двух изохор и двух изобар. Найдите КПД цикла, если рабочее тело – одноатомный идеальный газ.

**11.76.** В замкнутую накоротко катушку вводят магнит: один раз быстро, другой – медленно. Одинаковый ли заряд проходит по цепи в обоих случаях? Одинаковое ли количество теплоты выделяется?



**11.77.** К сети с напряжением  $U = 120$  В присоединяют два резистора. При их последовательном соединении сила тока  $I_1 = 3$  А, а при параллельном - сила суммарного тока  $I_2 = 16$  А. Чему равны сопротивления этих резисторов?

**11.78.** Электрон влетает со скоростью  $6 \cdot 10^7$  м/с в плоский конденсатор параллельно его пластинам (Рис.25.11). Расстояние между пластинами 1 см, длина конденсатора 5 см, разность потенциалов на пластинах 600 В. Найти отклонение электрона при вылете из конденсатора и его конечную скорость.



**Рис. 25.11**

**11.79.** В баллон емкостью 110 л помещено 0.8 кг водорода и 1.6 кг кислорода. Определите давление смеси, если температура окружающей среды  $27^\circ\text{C}$ .

**11.80.** Два свинцовых шара массами  $m$  и  $3m$  движутся навстречу друг другу со скоростями  $v$  и  $2v$ . Определите, насколько увеличится температура шаров после их неупругого соударения.

# Качественные вопросы

## 8 класс

- 8.1. На улице целый день моросит холодный осенний дождь. В кухне развесили для просушивания выстиранное белье. Быстрее ли оно высохнет, если открыть форточку?
- 8.2. Почему пар обжигает сильнее воды той же температуры?
- 8.3. Изменится ли, а если изменится, то как и почему, потенциальная энергия чугунного шара, лежащего на горизонтально расположенной поверхности стола при его нагревании?
- 8.4. Можно ли заставить кипеть воду, не нагревая ее?

## 9 класс

- 9.1. Можно ли хранить в термосе мороженые продукты, т.е. использовать его как холодильник? Ответ обоснуйте.
- 9.2. В каком случае шина автомобиля при его движении больше нагреется: когда она слабо надута или надута хорошо? Ответ обоснуйте.
- 9.3. Вода через небольшое отверстие в дне сосуда вытекает за время  $t$ . Изменится ли время вытекания воды при изменении атмосферного давления?
- 9.4. Имеются две одинаковые стальные спицы, из которых одна намагничена. Как узнать, какая из спиц намагничена, не пользуясь ничем, кроме самих спиц?
- 9.5. Почему, когда колесо катится, то часто бывает, что нижние спицы видны отчетливо, а верхние спицы как будто сливаются?
- 9.6. В морозный день в открытую форточку теплой комнаты "валит" густой туман. Почему?

## 10 класс

- 10.1. Можно ли с помощью расплавленного металла заморозить воду?
- 10.2. В двух одинаковых чайниках, поставленных на одинаковые горелки, кипит вода. У одного из них крышка часто подпрыгивает, а у другого неподвижна. Почему?
- 10.3. В сосуде с водой плавает шар, наполовину погружившись в воду. Изменится ли глубина погружения шара, если этот сосуд с шаром перенести на планету, где сила тяжести в два раза больше, чем на Земле?
- 10.4. Если на наковальню поместить несколько капель воды и ударить по ним тяжелым молотом, то возникнет звук, похожий на выстрел. Чем это объяснить?

**10.5.** Широкая пробирка открытым концом опущена в воду. Если пробирку сильно охладить, то уровень воды в ней заметно повысится. Объясните явление.

**10.6.** Можно ли расплавить свинец в воде?

**10.7.** Иногда говорят, что силовая линия электростатического поля - это линия, по которой будет двигаться электрический заряд в электростатическом поле. Правильно ли это?

**10.8.** Опытный волейболист, когда ловит мяч, расслабляет руки и слегка подается назад вместе с мячом. Почему он это делает?

**10.9.** Почему гаснет спичка в космическом корабле на орбите?

**10.10.** Почему конькобежцы размахивают руками при беге?

**10.11.** В сплошном алюминиевом диске сделано круглое отверстие. Будет ли изменяться диаметр отверстия при нагревании диска? Если будет, то как? Объясните.

**10.12.** На крюке динамометра висит ведерко. Изменится ли показание динамометра, если ведерко наполнить водой и погрузить в воду?

## 11 класс

**11.1.** Заряженный шарик, подвешенный на нити, совершает колебания. Будет ли влиять на характер колебаний постоянное магнитное поле, перпендикулярное плоскости колебаний?

**11.2.** Как изменяется потенциальная энергия системы "шар-жидкость" при:

- всплывании пробкового шара в воде;
- погружении стального шара в воду?

**11.3.** Проводящий стержень АВ движется между полюсами магнита как показано на рисунке к.1.11. Выяснить знак разности потенциалов ( $\varphi_a - \varphi_b$ ).

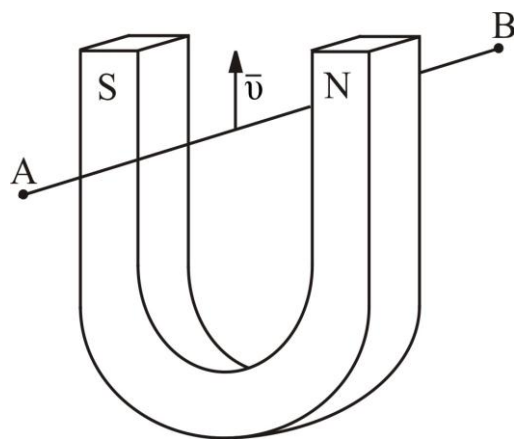


Рис. к.1.11

**11.4.** Как будет действовать наэлектризованная палочка на магнитную стрелку?

**11.5.** Чем объясняется отклонение в сторону отрицательного полюса пламени свечи, помещенной между полюсами электрофорной машины?

**11.6.** Желая охладить кастрюлю с горячей водой как можно быстрее, хозяйка поставила ее на лед. Правильно ли она поступила?

**11.7.** Почему две капли ртути, приведенные в соприкосновение, сливаются в одну?

**11.8.** К сверхпроводящему кольцу приближают постоянный магнит. Изменяется ли при этом магнитный поток, охватываемый кольцом?

**11.9.** Как разместить два плоских зеркала в пустой прямоугольной комнате, чтобы видеть свое изображение из любой точки этой комнаты?

**11.10.** Ведро выставлено на дождь. Изменится ли скорость наполнения ведра

водой, если подует ветер?

**11.11.** Можно ли набрать в шприц кипящую воду?

**11.12.** Почему пуля, вылетевшая из ружья, не может отворить дверь, но пробивает в ней отверстие?

**11.13.** Прямой постоянный магнит, расположенный вертикально, падает сквозь замкнутое металлическое кольцо. Будет ли движение магнита отличаться от свободного падения?

**11.14.** В ведре налита вода, на поверхности которой плавает медная кастрюля. Изменится ли уровень воды в ведре, если эту кастрюлю утопить?

## Экспериментальный тур

### 8 класс

- 8.1.** Определить диаметр проволоки, имея в распоряжении карандаш и линейку.
- 8.2.** Определить массу и плотность тела, плавающего в воде, пользуясь мензуркой и стальной спицей.
- 8.3.** Определить массу тела с помощью рычага-линейки, имея рычаг-линейку, гирьку 10г с проволочной петлей и тело неизвестной массы.
- 8.4.** Определить температуру смеси, которая может быть получена при сливании двух данных неодинаковых количеств воды, имея в распоряжении мензурку и термометр.
- 8.5.** Имея динамометр, рассчитанный на 4 Н, необходимо взвесить с его помощью брусок, вес которого больше 4 Н. Предложите способ взвешивания и попросите необходимое оборудование.

### 9 класс

- 9.1.** Во сколько раз сила трения скольжения деревянного цилиндра больше силы трения качения его по деревянной доске.  
Оборудование: трибометр, динамометр, линейка.
- 9.2.** Определить мощность горящей спички.
- 9.3.** Оборудование: катушка с нитками.  
Положите катушку на стол. Первый раз тяните за нитку наклонно вверх, а во второй раз - горизонтально. Объяснить наблюдаемое явление.
- 9.4.** Забить гвоздь в дощечку и, не расшатывая его, попытаться вытащить. Объяснить, почему гвоздь вытаскивается легче, если его согнуть и тащить, поворачивая при этом вокруг оси.
- 9.5.** Определить на опыте, имея весы, разновесы, термометр и калориметр с горячей водой, начальную температуру льда, принесенного с мороза.
- 9.6.** Собрать цепь (рис.э.1.9). Пользуясь только вольтметром, определите сопротивление лампы.
- 9.7.** Цилиндр катят равномерно (без скольжения) по горизонтальной поверхности. Найти скорости точек О, А, В, С относительно поверхности стола (рис. э.2.9).  
Оборудование: цилиндр от трибометра, линейка, секундомер, нить.
- 9.8.** Определить сопротивление медного проводника, имея линейку и карандаш. Удельное сопро-

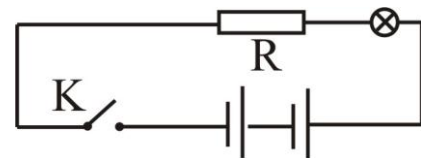


Рис. э.1.9

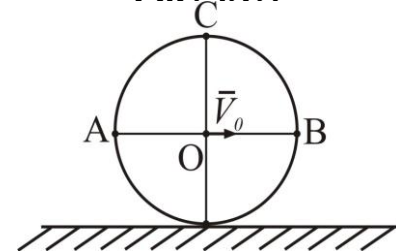


Рис. э.2.9

тивление меди  $0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Оборудование: кусок медного провода, линейка, карандаш.

## 10 класс

**10.1.** С помощью стеклянной трубки, линейки и мензурки с водой комнатной температуры определить атмосферное давление.

**10.2.** Даны: деревянная доска, брусок из того же материала и линейка. Разработайте способ определения коэффициента трения дерева о дерево, в котором использовались бы только эти предметы.

**10.3.** Определите сопротивление резистора.

Оборудование: источник тока, амперметр, резистор сопротивлением  $4 \text{ Ом}$ , исследуемый резистор, соединительные провода, ключ.

**10.4.** Определить массу воздуха в верхней части перевернутой пробирки, опущенной в широкий сосуд с водой.

Оборудование: широкий сосуд с водой, линейка, мензурка, термометр, барометр.

## 11 класс

**11.1.** Определить массу груза.

Оборудование: динамометр школьный, груз, вес которого больше пределов измерения динамометра, нить, масштабная линейка.

**11.2.** Какой максимальной длины "мост" можно построить из пяти брусков домино способом, показанным на рисунке э.1.11.

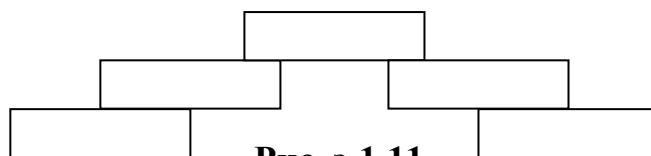


Рис. э.1.11.

**11.3.** Если воду выливать из бутылки, тон бульканья понижается. Если же, наоборот, наливать воду в бутылку, тон повышается. Убедитесь в этом. Объясните.

**11.4.** Определите емкость конденсатора.

Оборудование: конденсатор, источник переменного тока, вольтметр, соединительные провода, резистор с известным сопротивлением.

**11.5.** Определите площадь стола. Оборудование: гирька, секундомер, нитки.

## Ответы, указания, решения задач теоретического тура

### 8 класс

8.1.  $v_{CP} = 3 \text{ км/ч}$ .

8.2. Рассматривая движение второго поезда относительно первого, заключаем, что он движется со скоростью  $v = v_1 + v_2$ . Значит, пассажир будет видеть второй поезд в течении  $t = \frac{\ell}{v} = 6 \text{ с}$ .

8.3.  $N = 735 \text{ Вт}$ .

8.4.  $m_k = 1,5 \text{ кг}$ .

8.5. 
$$N = \frac{m \cdot g \cdot h + \frac{m_1 \cdot h^2}{2} \cdot g}{t} = 270 \text{ Вт}$$
. Здесь  $m$  - масса бадьи с глиной,  $m_1 \cdot h$  -

масса цепи,  $\frac{h}{2}$  - глубина, на которой находится центр масс цепи.

8.6.  $m_n \approx 0,327 \text{ кг}$ .

8.7.  $v = 900 \text{ м/с}$ .

8.8. Пусть скорость автомобиля, а значит и пассажира, относительно земли  $v$ , тогда относительно колонны их скорость равна  $2v$ . Время движения пассажира относительно колонны  $t = \frac{\ell}{2v}$ . Отсюда  $v = \frac{\ell}{2t} = \frac{200}{2 \cdot 10} = 10 \text{ м/с}$ . Ответ: 10 м/с.

8.9. Известно, что давление в однородной жидкости на одной глубине (в нашем случае на уровне 1) одинаково (Рис.1).

Значит:

$$p_k + p_g = p_0$$

$$\rho_k g h_1 + \rho_g g H = \rho_0 g h_2. \text{ Отсюда}$$

$$H = \frac{\rho_0 h_1 - \rho_k h_2}{\rho_g} =$$

$$= \frac{880 \cdot 0,2 - 800 \cdot 0,1}{1000} = 9,6 \text{ см}$$

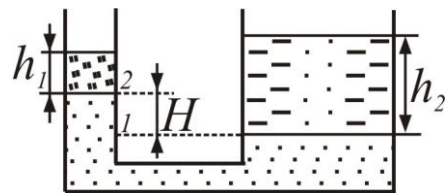


Рис.1

Уровень воды в широком сосуде понизится на величину в 3 раза меньшую, чем повысится в узком сосуде, т.е.  $\Delta h_2 + 3\Delta h_2 = H$ , тогда  $\Delta h_2 = \frac{9,6}{4} = 2,4 \text{ см}$

8.10.  $h = 8,4 \cdot 10^3 \text{ м}$

8.11. Шар имеет полость объемом  $30 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$

8.12.  $m = \rho_{ал} \cdot V_{ал} = \rho_{ал} (V - V_{полости}) =$

$$= \rho_{ал} \left( \frac{S}{6} \cdot \sqrt{\frac{S}{6}} - \left( \sqrt{\frac{S}{6}} - 2d \right)^3 \right) = 0,1 \text{ кг}$$

$$8.13. v_2 = \frac{v_{cp} \cdot v_1}{2v_1 - v_{cp}} = 6 \text{ км/ч}$$

$$8.14. \frac{V - V_{\text{погруж части}}}{V} = 0,1$$

$$8.15. t_n = -50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$8.16. H = \frac{\rho_0 \cdot h}{\rho_0 - \rho_1}$$

$$8.17. F = 0,5 \text{ Н}$$

$$8.18. \eta = \frac{N \cdot t}{q \cdot m} \Rightarrow N = \frac{\eta \cdot q_0 \cdot m}{t} = \frac{\eta q_0 \cdot \rho_0 \cdot V_0 \cdot v}{S} \approx 37,5 \text{ кВт}$$

8.19. Скорость поднятия груза подъемным краном по условию равна 30 м/мин, что равно 0.5 м/с. За  $t = 3$  с один конец рельса поднимется на высоту  $h = v \cdot t = 0.5 \cdot 3 = 1.5$  м. Очевидно, что масса рельса длиной 1.5 м не может быть 1000 кг. Значит, длина рельса больше 1.5 м. Таким образом, второй конец рельса опирается на землю, а центр масс рельса находится на высоте

$$\frac{h}{2} = 0.75 \text{ м. Полезная работа:}$$

$$A = mg \frac{h}{2} = 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.75 = 7350 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $A = 7350$  Дж.

8.20. Как известно, с помощью подвижного блока достигается выигрыш в силе в 2 раза (Рис.2) Если пренебречь силами сопротивления при подъеме плиты в воде и осуществлять подъем медленно, то для этого необходима сила  $2F = mg - F_{\text{Арх}}$ , где  $F_{\text{Арх}} = \rho_v gV$ . Тогда искомая сила  $F$  будет равна:

$$F = \frac{mg - F_{\text{Арх}}}{2} = \frac{gV(\rho_{cm} - \rho_v)}{2} = \frac{9.8 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot (7800 - 1000)}{2} = 1666 \text{ (Н)}$$

Ответ:  $F = 1666$  Н.

8.21. Потенциальная энергия капли  $mgh$  перешла в тепло

$Q = mc\Delta t + mr$ , где  $c$  и  $r$  - удельные теплоемкость и теплота испарения воды,

$$\Delta t = t_{\text{кин}} - t_{\text{нач}}. \text{ Поэтому } h = \frac{c(t_{\text{кин}} - t_{\text{нач}}) + r}{g}.$$

$$8.22. c_{\text{жс}} \cdot m_{\text{жс}} (t_k^\circ - t_{\text{пл}}^\circ) = \lambda_l m_l \Rightarrow t_k^\circ = \frac{\lambda_l \cdot \rho_l}{c_{\text{жс}} \cdot \rho_{\text{жс}}} \approx 81,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$8.23. m_c = \frac{\rho_c \cdot m(\rho - \rho_0)}{\rho(\rho_c - \rho_0)} = 0,226 \text{ кг}$$

$$8.24. v_{cp} = 4 \text{ км/ч}$$

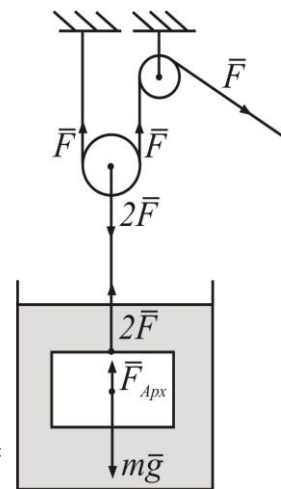


Рис. 2



$$8.25. \rho = \frac{P_1 \rho_2 - P_2 \rho_1}{P_1 - P_2}$$

$$8.26. \frac{m_l}{m} = \frac{r}{\lambda + r}. \text{ Теплота, выделившаяся при образовании льда массой } m_l$$

( $Q_1 = m_l \cdot \lambda$ ), пошла на испарение воды:  $Q_2 = (m - m_l)r$ . Удельную теплоту испарения воды  $r$  надо брать при  $0^\circ\text{C}$ .

$$8.27. t = 1 \text{ час}, S = 36 \text{ км.}$$

$$8.28. m_c = \frac{\rho_v \cdot \rho_c \cdot S \cdot h}{\rho_c - \rho_v}$$

Условия плавания тел (рис. 3):

$$\rho_v \cdot V_{\text{погруж}} \cdot g = (m_l + m_c)g$$

$$\rho_v \cdot V_{\text{погруж}} = m_l + m_c$$

$$m_l = \rho_v \cdot V_{\text{погруж}} - m_c$$

$$m_l = m_{v2} - m_{v1}$$

$$m_{v2} = \rho_v (S \cdot h_2 - V_c)$$

$$m_{v1} = \rho_v (S \cdot h_1 - V_{\text{погруж}})$$

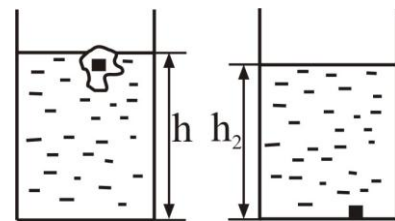


Рис.3

$$\rho_v \cdot V_{\text{погруж}} - m = \rho_v (S \cdot h_2 - V_c) - \rho_v (S \cdot h_1 - V_{\text{погруж}}); \quad V_c = \frac{m_c}{\rho_c}.$$

$$8.29. \rho_v g \frac{7}{8} a^3.$$

8.30. Теплота, выделяющаяся при конденсации пара и остывании образовавшейся воды до конечной температуры, идет на нагрев льда, его плавление и нагревание образовавшейся воды.

$m_n \cdot [L + c_v (t_n - t_{\text{кон}})] = m_l [c_l (0 - t_l) + \lambda + c_v (t_{\text{кон}} - 0)]$ , где  $L$  – удельная теплота конденсации пара,  $c_v$  и  $c_l$  – удельные теплоемкости воды и льда соответственно. Отсюда находим  $m_n$ :

$$m_n \approx 30\text{г}. \text{ Масса воды в калориметре } M = m_n + m_l \approx 230\text{г}.$$

8.31. Так как вес всего, что находится в сосуде, не изменится, то не изменится и сила давления воды на дно сосуда. Значит, уровень воды в сосуде не изменится.

8.32. Количество тепла  $Q$ , которое пойдет на нагревание снега равно  $Q = \varphi \cdot q \cdot m$ , где  $q$  – теплотворная способность дров,  $m$  – масса дров. Тогда можно записать такое равенство  $\varphi \cdot q \cdot m = m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta t_1 + m_1 \cdot \lambda + m_1 \cdot c_2 \cdot \Delta t_2$ , где  $c_1$  – удельная теплоемкость льда,  $\Delta t_1 = 0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 10^\circ\text{C}$ ,  $\lambda$  – удельная теплота плавления льда,  $c_2$  – удельная теплоемкость воды,  $\Delta t_2 = 20^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$

Имеем:

$$0.4 \cdot 11.25 \cdot 10^6 \cdot m = 200 \text{ кг} \cdot 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 10 \text{ град} +$$

$$+ 200 \text{ кг} \cdot 3.33 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 200 \text{ кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 20 \text{ град}$$

$$m = \frac{200 \cdot (21000 + 333000 + 42000) \text{ Дж}}{0.4 \cdot 11.25 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 17.6 \text{ кг}$$

**8.33.** По определению средней скоростью называется отношение всего пути  $S$  ко времени  $t$ , затраченному на этот путь:

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t}.$$

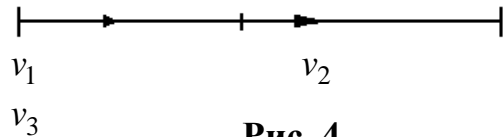
Время  $t_1$ , затраченное на первом участке пути (рис.4), выразим из соотношения

$t_1 = \frac{S}{v_1}$ . Время, затраченное на втором и третьем участке, одинаково:

$t_2 \cdot v_2 + t_2 \cdot v_3 = \frac{S}{2}$ . Тогда искомая средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t_1 + 2t_2} = \frac{S}{\frac{S}{2v_1} + \frac{S}{v_2 + v_3}} = \frac{1}{\frac{1}{2v_1} + \frac{1}{v_2 + v_3}} = \frac{(v_2 + v_3) \cdot 2v_1}{v_2 + v_3 + 2v_1}.$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{(15 + 45) \cdot 2 \cdot 60}{180} = 40 \text{ (км/час)}$$



**Рис. 4**

**8.34.** Мощность двигателя равна отношению работы, совершаемой двигателем автомобиля, ко времени, за которое совершается эта работа:  $N = \frac{A}{t}$ . Доля энергии, получаемая при сгорании бензина, превращается в работу:  $A = \eta \cdot m \cdot q$ . Время в пути равно  $t = \frac{S}{v}$ . Отсюда

$$N = \frac{\eta \cdot m \cdot q}{\frac{S}{v}} = \frac{\eta \cdot m \cdot q \cdot v}{S} =$$

$$= \frac{0.22 \cdot 5.67 \cdot 54 \cdot 10^6 \cdot 20}{5 \cdot 10^4} = 22.4 \cdot 10^3 \text{ (Вт)}$$

**8.35.** Плотность сплава будет равна

$$\rho_{\text{сплава}} = \frac{m}{V} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot (m_1 + m_2)}{m_1 \cdot \rho_2 + m_2 \cdot \rho_1}$$

$$\rho_{\text{сплава}} = \frac{7200 \cdot 11300 \cdot (2,92 + 1,13)}{2,92 \cdot 11300 + 1,13 \cdot 7200} = \frac{32950,8 \cdot 10^4}{41132} = 8011 \text{ кг/м}^3$$

**8.36.** Равновесие весов нарушится, потому что объем алюминиевого цилиндра много больше объема свинцового, т.к. плотность алюминия меньше плотности

свинца, поэтому выталкивающая сила Архимеда, действующая на алюминиевый цилиндр, будет много больше, чем на свинцовый цилиндр.

**8.37.** Опора находится на расстоянии  $x \approx 18.2 \text{ см}$  от точки приложения большей силы. Указание:  $\frac{4}{18} = \frac{x}{100-x}$

**8.38.**  $\frac{v_m}{v_c} = \frac{1}{20}$

**8.39.** Утонувшая глыба начнёт всплывать, когда её средняя плотность сравняется с плотностью керосина:  $\frac{m_l + m_1}{\frac{m_l}{\rho_l} + \frac{m_1}{\rho_{пр}}} = \rho_{кер.}$ , здесь  $m_l$  – масса нерастаявшего

льда,  $m_1$  – масса пробки.

Найдём  $m_l$ :  $m_l + m_1 = m_l \frac{\rho_{кер}}{\rho_l} + m_1 \frac{\rho_{кер}}{\rho_{пр}}$

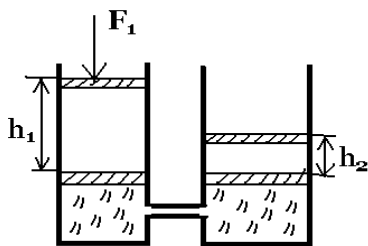
$$m_l \left(1 - \frac{\rho_{кер}}{\rho_l}\right) = m_1 \left(\frac{\rho_{кер}}{\rho_{пр}} - 1\right) \Rightarrow m_l = m_1 \frac{\left(\frac{\rho_{кер}}{\rho_{пр}} - 1\right)}{\left(1 - \frac{\rho_{кер}}{\rho_l}\right)}$$

$$m_l = 0,1 \frac{\left(\frac{800}{200} - 1\right)}{\left(1 - \frac{800}{900}\right)} = 0,1 \cdot \frac{3}{1/9} = 2,7$$

Масса растаявшего льда  $m = m_2 - m_1 = 3 - 2,7 = 0,3 \text{ (кг)}$ . Количество теплоты, отданное керосином на плавление льда  $Q = m \cdot q = 0,3 \cdot 3,33 \cdot 10^5 = 10^5 \text{ (Дж)}$

**8.40.**  $t_2 = 6 \div \hat{a}\hat{n}\hat{i}\hat{a}$  .

**8.41.** По закону Паскаля давление, приложенное к поверхности, ограничивающей жидкость, передаётся без изменений всем её точкам. Тогда давление в жидкости будет равно  $p = \frac{F_1}{S_1}$  (рис. 5). Так как жид-



**Рис. 5**

поршень будет равна

$$F_2 = p \cdot S_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot \frac{S_1 h_1}{h_2} = F_1 \cdot \frac{h_1}{h_2}$$

$$F_2 = 196 \cdot \frac{25}{5} = 980 \text{ (Н)}$$

**8.42.** Уравнение теплового баланса

$$c_2 \cdot m_x \cdot (t_1^\circ - \theta) = m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta - t_2^\circ C) + L \cdot (m_1 - m_2)$$

$$m_x = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot (\theta - t_2^\circ) + L \cdot (m_1 - m_2)}{c_2 \cdot (t_1^\circ - \theta)} = 0,2 \text{ кг.}$$

**8.43.**  $v_2 = \frac{3v_1 \cdot v_{cp.}}{4v_1 - v_{cp.}} = 36 \text{ км/ч.}$

**8.44.**  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2 ;$

$$200H \cdot 0,5M = F_2 \cdot 0,1M ; F_2 = 1000 \text{ Н}$$

$$\frac{F_2}{S_1} = \frac{P}{S_2} \Rightarrow P = \frac{F_2 \cdot S_2}{S_1} = 1000H \cdot 160 = 160кН$$

**8.45.** При опускании в сосуд тела сила давления на дно увеличивается на  $\Delta F = m \cdot g$ , но тело само не касается дна сосуда, поэтому сила давления изменяется благодаря изменению давления воды, т.е.  $\Delta F = \Delta p \cdot S$ . Если уровень воды в сосуде поднялся на  $\Delta h$ , то  $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$  и  $\Delta F = \rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot S$ . Поэтому

$$\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot S = m \cdot g, \text{ откуда } \Delta h = \frac{m}{\rho \cdot S}.$$

**8.46.** В случае деревянного бруска силу  $F_1$ , которую необходимо приложить, чтобы удержать брусок в воде, найдем из условия  $F_{A\delta} - mg - F_1 = 0$ , где  $F_{A\delta}$  - сила Архимеда, равная  $F_{A\delta} = \rho_e \cdot V_1 \cdot g$ , где  $V_1 = \frac{m}{\rho_\delta}$  - объем деревянного бруска.

$$\text{Сила } F_1 = F_{A\delta} - m \cdot g = \frac{\rho_e}{\rho_\delta} mg = mg \left( \frac{\rho_e}{\rho_\delta} - 1 \right) = 0,4mg.$$

В случае куска железа силу  $F_2$ , которую необходимо приложить, чтобы удержать железо в воде, найдем из условия  $F_{Aжс} + F_2 - mg = 0$ , здесь  $F_{Aжс}$  - сила Архимеда, равная  $F_{Aжс} = \rho_e \cdot V_2 \cdot g$ , где  $V_2 = \frac{m}{\rho_{жс}}$  - объем куска железа.

$$\text{Сила } F_2 = mg - F_{Aжс} = mg - \frac{\rho_e}{\rho_{жс}} mg = mg \left( 1 - \frac{\rho_e}{\rho_{жс}} \right) = 0,9mg.$$

Следовательно, для удержания куска железа в воде необходимо приложить силу (направленную вверх) большую, чем сила, требуемая для удержания деревянного бруска (эта сила направлена вниз). Массы деревянного бруска и куска железа одинаковы и равны  $m$ .

**8.47.**  $A = \left( F_c + \frac{mV}{t} \right) \cdot \frac{Vt}{2} = 137,5кДж$

**8.48.**  $A = F \cdot h = (\rho_k gV - \rho_g gV)h, A = 45 \text{ кДж.}$

$$8.49. \quad p = \frac{2H \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot g}{\rho_1 + \rho_2}.$$

8.50. 90,3г свинца, 109,7г алюминия.

8.51. 6 км/ч и 3 км/ч.

8.52. 10 цистерн.

8.53.  $\mu = 0,04$ .

8.54. На шар массой  $m$ , плавающий в воде, действуют сила тяжести  $F = mg$ , направленная вертикально вниз и выталкивающая сила  $F_A = \rho_e \Delta V g$ , направленная вертикально вверх, где  $\Delta V$  — объем части шара, находящейся в воде (рис. б). Так как шар плавает, значит, его сила тяжести равна по модулю выталкивающей силе:

$$mg = \rho_e \Delta V g = \frac{\rho_e V g}{2} \quad (1), \text{ где } V - \text{объем всего шара.}$$

Из равенства (1) следует, что  $V = \frac{2m}{\rho_e}$ . Т.к.

$m = \rho_u (V - V_n)$ , где  $V_n$  — объем полости,  $\rho_u$  — плотность чугуна, то  $m = \rho_u \left( \frac{2m}{\rho_e} - V_n \right)$ . Значит,

$$V_n = \frac{m(2\rho_u - \rho_e)}{\rho_u \rho_e} = 72,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

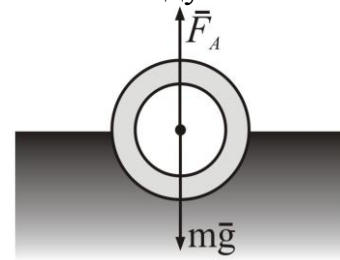


Рис. 6

8.55. Запишем уравнение теплового баланса для системы вода-тело после опускания в воду первого нагретого тела:  $c_1 \cdot m_1 \cdot (t_{0-1} - t_1) = c_2 \cdot m_2 \cdot (t_2 - t_{0-1})$  (1), где  $c_1, c_2$  — удельные теплоемкости,  $m_1, m_2$  — массы,  $t_1, t_2$  — начальные температуры воды и тела соответственно,  $t_{0-1}$  — их общая температура. Уравнение теплового баланса для процесса теплопередачи после опускания в воду двух других нагретых тел будет иметь следующий вид:  $c_1 \cdot m_1 \cdot (t_{0-2} - t_{0-1}) + c_2 \cdot m_2 \cdot (t_{0-2} - t_{0-1}) = 2c_2 \cdot m_2 \cdot (t_2 - t_{0-2})$  (2), где  $t_{0-2}$  — результирующая температура воды.

Из уравнения (1) получим:  $c_2 \cdot m_2 = \frac{c_1 m_1 (t_{0-1} - t_1)}{t_2 - t_{0-1}}$ . Подставив это выражение в уравнение (2), найдём  $t_{0-2} = 55,8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

8.56. По определению,  $v_{cp} = \frac{S}{t}$ , где  $S$  — длина всего пути,  $t$  — общее время движения.

Так как  $t = t_1 + t_2 + t_3$ , где  $t_1, t_2, t_3$  — время движения автомобиля на первом, втором и третьем участках пути соответственно, то  $v_{cp} = \frac{S}{t_1 + t_2 + t_3}$  (1).

Очевидно, что время движения на каждом участке равно:

$$t_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{S}{2v_1} \quad (2)$$

$$t_2 = \frac{S_2}{v_2} = \frac{S}{4v_2} \quad (3)$$

$$t_3 = \frac{S_3}{v_3} = \frac{S}{4v_3} \quad (4)$$

Подставим уравнения (2) – (4) в (1), получим  $v_{cp} = \frac{4v_1v_2v_3}{2v_2v_3 + v_1v_2 + v_1v_3}$  (5)

Преобразовав равенство (5), найдем скорость движения автомобиля на третьем участке:  $v_3 = \frac{v_{cp} \cdot v_1 \cdot v_2}{4v_1 \cdot v_2 - v_{cp} (v_1 + 2v_2)} = 79,8 \text{ км/ч}$

**8.57.** Давление жидкостей на дно сосуда равно сумме давлений ртути и воды:  $p = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$ , (1) где  $h_1$  - высота столба ртути;  $h_2$  - высота столба воды в сосуде;  $\rho_1, \rho_2$  - плотности ртути и воды соответственно;  $g$  - ускорение свободного падения.

По условию  $h = h_1 + h_2$  (2), а также  $m_1 = 3m_2$ , или  $\rho_1 \cdot h_1 \cdot S = 3\rho_2 \cdot h_2 \cdot S$  (3), где  $S$  - площадь сечения сосуда.

Решая совместно уравнения (2) и (3) относительно  $h_1$  и  $h_2$ , получим:

$$h_1 = \frac{3\rho_2 \cdot h}{(\rho_1 + 3\rho_2)}, \quad h_2 = \frac{\rho_1 \cdot h}{(\rho_1 + 3\rho_2)}.$$

Подставив полученные значения  $h_1$  и  $h_2$  в уравнение (1), найдем давление жидкостей на дно сосуда:  $p = \frac{4\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot g \cdot h}{(\rho_1 + 3\rho_2)} = 27200 \text{ Па} = 27,2 \text{ кПа}$ .

**8.58.** Под действием силы  $F$  из состояния покоя тележка будет двигаться с ускорением  $a$ , модуль которого определяется из второго закона Ньютона:

$a = \frac{F}{m}$ , где  $m$  - масса тележки. Тележка пройдет путь  $S = \frac{a \cdot t^2}{2}$ , так как  $v_0 = 0$ . С

учетом того, что  $F_1 = F_2 = F$ , для пустой и груженой тележки будем иметь:

$$a_1 = \frac{F}{m_1} \quad (1)$$

$$S_1 = \frac{a_1 \cdot t^2}{2} \quad (2)$$

$$a_2 = \frac{F}{m_2} = \frac{F}{m_1 + \Delta m} \quad (3)$$

$$S_2 = \frac{a_2 \cdot t^2}{2} \quad (4)$$

Из уравнений (1) и (3) следует, что  $a_1 \cdot m_1 = a_2 \cdot (m_1 + \Delta m)$  (5)

Преобразовав уравнения (2) и (4), находим, что  $a_1 = \frac{2S_1}{t^2}$  (6),  $a_2 = \frac{2S_2}{t^2}$  (7)

Подставив выражения (6) и (7) в уравнение (5), получим:  $2S_1 \cdot m_1 = 2S_2 \cdot (m_1 + \Delta m)$

Отсюда следует, что  $m_1 = \frac{S_2 \cdot \Delta m}{S_1 - S_2} = 2\text{кг}$

**8.59.** Находим вес статуэтки в воздухе  $P$  и в воде  $P_1$ . Обозначим объем полости через  $V_n$ , объем бронзы – через  $V_б$

$$P - P_1 = (V_б + V_n) \cdot \rho_в g, \quad (1)$$

$$P = V_б \cdot \rho_б \cdot g \quad (2)$$

Подставляя  $V_б$  из уравнения (2) в уравнение (1), получим

$$V_n = \frac{P(\rho_б - \rho_в) - P_1 \cdot \rho_б}{\rho_б \cdot \rho_в \cdot g}.$$

**8.60.** В тексте задачи речь идет о трех жидкостях (рис. 7) — исходном растворе соли, воде и разбавленном растворе соли, получившемся при смешивании первых двух жидкостей. Каждая из жидкостей характеризуется тремя физическими величинами: массой, объемом и плотностью. Необходимо найти плотность разбавленного раствора соли (плотность смеси)  $\rho$ . Для этого нужно знать массу получившегося раствора  $m$  и его объем  $V$ , нам неизвестные. Найти объем смеси нетрудно, так как известны объемы жидкостей, которые слили:  $V_p$  — объем раствора соли и  $V_в$  — объем воды. Массу смеси  $m$  можно определить, если знать массу исходного раствора соли  $m_p$  и массу воды  $m_в$ . Величины  $m_p$  и  $m_в$  неизвестны, но их нетрудно найти, так как известны плотность раствора соли  $\rho_p$ , его объем  $V_p$ , а также плотность воды  $\rho_в$ , и ее объем  $V_в$ .

Для решения задачи следует составить систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_в = \rho_в V_в, \\ m_p = \rho_p V_p, \\ m = m_p + m_в, \\ V = V_p + V_в, \\ \rho = \frac{m}{V}. \end{array} \right.$$

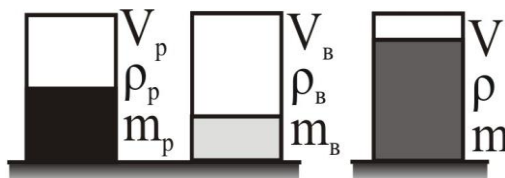


Рис. 7

Остаётся решить систему уравнений относительно неизвестной величины  $\rho$ :

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad \rho = \frac{m_p + m_в}{V_p + V_в}, \quad \rho = \frac{\rho_p V_p + \rho_в V_в}{V_p + V_в}$$

Вычислим  $\rho = \frac{1180\text{кг}/\text{м}^3 \cdot 0,00016\text{м}^3 + 1000\text{кг}/\text{м}^3 \cdot 0,00018\text{м}^3}{0,00016\text{м}^3 + 0,00018\text{м}^3} = 1085\text{кг}/\text{м}^3$

**8.61.** Неподвижный блок (рис. 8) — простой механизм, на входе которого к концу веревки — точке  $C$  приложена сила  $F_1$ , в результате чего точка  $C$  перемещается на расстояние  $l$ . На выходе механизма веревка действует на груз с силой  $F_2$ , и груз перемещается на расстояние  $h$ . К центру тяжести приложена сила тяжести  $F_m$ , равная его весу  $P$ . При равномерном движении груза выполняется условие  $F_2 = F_T$ .

Для неподвижного блока (как и для любого простого механизма) выполняется золотое правило механики:  $A_{вход} = A_{выход}$ . В рассматриваемом случае  $A_{вход}$  — работа силы  $F_1$  на входе механизма,  $A_{вход} = F_1 \cdot l$ ;  $A_{выход}$  — работа силы  $F_2$  на выходе механизма,  $A_{выход} = F_2 \cdot h$ .

Учитывая, что  $F_2 = F_T$ , а  $F_T = P$ , запишем  $F_1 \cdot l = P \cdot h$ . Далее, из простых геометрических соображений, считая веревку нерастяжимой, делаем вывод, что  $l = h$  (на сколько сократится длина правой части веревки, на столько же увеличится длина левой части веревки). Следовательно,  $F_1 = P$ .

Таким образом, груз придется тянуть силой  $F_1$ , равной весу груза  $P$ ; неподвижный блок не дает выигрыша в силе, но дает возможность изменять направление силы, прикладываемой человеком.

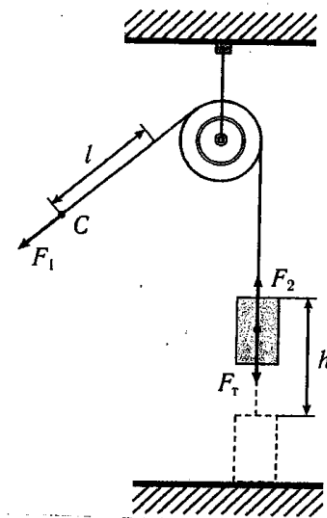


Рис. 8

**8.62.** На лодку, погруженную в воду, со всех сторон действует сила давления воды. Так как давление с глубиной растёт, то силы, действующие на нижнюю часть лодки и направленные вверх, больше сил, действующих на ее верхнюю часть и направленных вертикально вниз. Подъемная сила и есть разность этих сил. Когда же лодка плотно прижата к мягкому грунту так, что между ней и грунтом вода отсутствует, то и отсутствует сила давления воды, направленная вверх. Вода давит только сверху и вместе с силой тяжести лодки прижимает ее к грунту.

**8.63.** Так как  $s_1 = s_2 + s_3$ , то  $s_1 + s_2 + s_3 = 2s_1$ . Выразим неизвестные величины через какую-нибудь одну, например  $s_1$ :  $t_1 = \frac{s_1}{v_1}$ ,  $s_1 = s_2 + s_3 = v_2 t_2 + v_3 t_3$ . По усло-

вию  $t_2 = t_3$ , значит,  $s_1 = v_2 t_2 + v_3 t_2$ .

Тогда  $t_2 = \frac{s_1}{v_2 + v_3}$ . Получаем выражение для средней скорости:

$$v_{cp} = \frac{2s_1}{\frac{s_1}{v_1} + \frac{2s_1}{v_2 + v_3}}$$

отсюда  $v_{cp} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{v_2 + v_3 + 2v_1} \approx 7,06$  км/ч.

**8.64.** Калориметр и вода при нагревании на  $\theta - t_1$  получают количество теплоты  $Q_1 = (c_a m_a + c_в m_в)(\theta - t_1)$ . Латунный цилиндр, остывая от  $t_2$  до  $\theta$ , отдает количество теплоты  $Q_2 = c_л m_л(t_2 - \theta)$ . На основании закона сохранения энергии и с учётом потерь можно записать  $Q_1 = \eta Q_2$  или  $(c_a m_a + c_в m_в)(\theta - t_1) = \eta c_л m_л(t_2 - \theta)$ .

В окончательном виде для  $\theta$  получим:  $\theta = \frac{\eta c_л m_л t_2 + (c_a m_a + c_в m_в) t_1}{c_a m_a + c_в m_в + \eta c_л m_л}$



$$= \frac{0.85 \cdot 380 \cdot 0.15 \cdot 100 + (880 \cdot 0.06 + 4190 \cdot 0.15) \cdot 18}{880 \cdot 0.06 + 4190 \cdot 0.15 + 0.85 \cdot 380 \cdot 0.15} \approx 23.4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**8.65.** Мощность, развиваемая двигателем автобуса за время пути, рассчитывается по формуле:  $W = Fv$  (1), где  $F$  – сила тяги.  $F = ma + F_{\text{до}}$ . Так как о трении в условии ничего не говорится, то будем считать, что  $F = ma$  – сила, вызывающая ускорение автобуса;  $v$  – скорость автобуса в конце пути.

Из формул для равноускоренного движения найдём ускорение  $a$  и скорость  $v$ :  $v = at$ ,  $S = \frac{at^2}{2}$ ,  $a = \frac{2S}{t^2}$ .

Перепишем (1) в виде:

$$W = Fat = ma^2t = \frac{4mtS^2}{t^4} \Leftrightarrow W = \frac{4mS^2}{t^3}, W = \frac{4 \cdot 5000 \cdot 20^2}{4^3} = 125 \text{кВт}.$$

**8.66.** Пусть  $v_{cp}$  – средняя скорость движения на всем пути  $s$ , а  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $v_1$  и  $v_2$  – время и скорости автобуса на первой и второй половинах пути соответственно.

Все время движения автобуса равно  $t = t_1 + t_2$ . По условию задачи  $t_1 = \frac{\frac{s}{2}}{8v_2} = \frac{s}{16v_2}$

и  $t_2 = \frac{\frac{s}{2}}{v_2} = \frac{s}{2v_2}$ . Используя эти выражения, находим время движения автобуса

$$t = \frac{s}{16v_2} + \frac{s}{2v_2} = \frac{9s}{16v_2}. \text{ Из формулы } v_{cp} = \frac{s}{t} \text{ определяем время } t = \frac{s}{v_{cp}}.$$

Таким образом,  $\frac{9s}{16v_2} = \frac{s}{v_{cp}}$ . Откуда  $v_2 = \frac{9v_{cp}}{16} = 9 \left( \frac{\text{км}}{\text{ч}} \right)$ .

**8.67.** Если бы часть воды из пробирки не вылилась, то в этом случае общая масса пробирки, воды и куска металла в ней была бы равна  $50 \text{ г} + 12 \text{ г} = 62 \text{ г}$ . По условию задачи масса воды в пробирке с куском металла в ней равна  $60,5 \text{ г}$ . Следовательно, масса воды, вытесненная металлом, равна  $1,5 \text{ г}$ , т. е. составляет  $1/8$  массы куска металла. Таким образом, плотность металла в 8 раз больше плотности воды.

**8.68.** Вместе с кружкой под действием силы атмосферного давления поднимается и находящаяся в ней вода. На дно кружки действуют направленная вниз сила атмосферного давления  $F_a = p_a S$  и направленная вверх сила давления воды  $F_в = p_в S$ . Давление воды на дно кружки меньше атмосферного:  $p_в = p_a - \rho_в gh$ , поэтому  $F_в < F_a$ . Чтобы удерживать кружку, к ней надо прикладывать направленную вверх силу  $F = F_a - F_в = \rho_в gh \cdot S = m_в g$ . Как видим, сила  $F$  равна весу воды, поднимающейся вместе с кружкой.

**8.69.** Необходимое для плавления льда количество теплоты  $m_л \cdot \lambda$  выделяется при конденсации некоторой массы пара  $m_п$  и охлаждении образовавшейся при

этом воды до  $0^{\circ}\text{C}$ . Уравнение теплового баланса имеет вид  $m_n \lambda - m_n \cdot L - m_n \cdot c_e (t_n - t_n) = 0$ , откуда  $m_n = \frac{\lambda \cdot m_n}{L + c_e \cdot (t_n - t_n)} = 12z$ .

$$m = m_n + m_n = 112 z.$$

**8.70.** Пусть относительно начального уровня воды в сосудах в узком сосуде уровень воды понизится на  $h_2$ , а в широком повысится на  $h_1$ . Тогда давление столба керосина высотой  $H$  в узкой трубке будет равно  $g \cdot \rho_k \cdot H$ , давление воды в широкой трубке равно  $g \cdot \rho_e \cdot (h_1 + h_2)$ , где  $\rho_k$  - плотность керосина и  $\rho_e$  - плотность воды. Так как жидкости находятся в равновесии, то  $g \cdot \rho_k \cdot H = g \cdot \rho_e \cdot (h_1 + h_2)$ , или  $\rho_k \cdot H = \rho_e \cdot (h_1 + h_2)$  (1). Воду считаем несжимаемой жидкостью, поэтому уменьшение объема в узкой трубке площадью  $S$  должно быть равно увеличению объема в широкой трубке площадью  $4S$ :  $S \cdot h_2 = 4S \cdot h_1$ , или  $h_2 = 4h_1$ . Подставив найденной значение  $h_2$  в выражение

$$(1) \text{ и решив его относительно } h_1, \text{ получаем: } h_1 = \frac{\rho_k \cdot H}{5\rho_e}.$$

Вычисления дают

$$h_1 = \frac{800 \cdot 20}{5 \cdot 1000} = 3,2 \text{ (см)}. \quad h_2 = 4 \cdot 3,2 = 12,8 \text{ (см)}.$$

**8.71.** На основании закона сохранения импульса можно записать:  $M \cdot u = m \cdot v$ , откуда приобретенная конькобежцем скорость  $u = \frac{m}{M} \cdot v$ . Согласно второму за-

кону Ньютона  $F_{mp} = M \cdot a$ , или  $\mu \cdot M \cdot g = M \cdot a$ , откуда  $a = \mu \cdot g$ . С другой сторо-

ны,  $a = \frac{u^2}{2S}$ . Следовательно,  $\frac{u^2}{2S} = \mu \cdot g$ , откуда

$$S = \frac{u^2}{2\mu \cdot g} = \left( \frac{m \cdot v}{M} \right)^2 \cdot \frac{1}{2\mu \cdot g} = \frac{v^2 \cdot m^2}{2\mu \cdot g \cdot M^2}.$$

**8.72.** Воспользуемся определением средней скорости для всего пути и каждого из участков, упомянутых в условии задачи:

$$(1) v = S/t;$$

$$(2) v_1 = S/3t_1;$$

$$(3) v_2 = 2S/3t_2;$$

Кроме того

$$(4) t = t_1 + t_2 \text{ и согласно условию задачи,}$$

$$(5) v_1 = 2v_2.$$

Решая систему уравнений (1-5) находим  $v_1 = \frac{10}{6} v$ ,  $v_2 = \frac{5}{6} v$ .

**8.73.** Пусть  $h$  - разность уровней ртути в сосудах;  $H$  - высота столба воды. Давление столба воды высотой  $H$  должно равняться давлению столба ртути высотой  $h$ . Следовательно,  $\frac{mg}{S} = \rho gh$ ,

где  $\rho$  – плотность ртути;  $m$  – масса воды;  $S$  – площадь сечения широкого сосуда.

$$\text{Следовательно, } h = \frac{m}{\rho S} = \frac{272 \cdot 10^{-3}}{13.6 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-4}} = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Ответ:  $h = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

**8.74.** Из условия плавания тел имеем (на основании закона Архимеда)  $0.75V\rho_k g = V\rho_m g$ , где  $\rho_k$  – плотность керосина,  $V$  – объем тела,  $\rho_m$  – плотность тела. Из формулы следует, что  $\rho_m = \frac{0.75V\rho_k g}{Vg} = 0.75\rho_k = 0.75 \cdot 800 = 600 \text{ кг/м}^3$ .

Для нахождения части объема тела, погружаемого в воду, запишем:  $V\rho_m g = x \cdot V\rho_w g$ ;  $x$  – погруженная часть объема.

$$x = \frac{\rho_m}{\rho_w} = \frac{600}{1000} = 0.6$$

Ответ:  $V_x = 0.6V$ .

**8.75.** Лед, брошенный в воду, получает тепло в два этапа. Сначала он тает, на что расходуется теплота плавления  $Q_n$

$$Q_n = \lambda m_l,$$

где  $\lambda$  – удельная теплота плавления;  $m_l$  – масса льда. Затем вода, образовавшаяся при таянии льда, нагреется до температуры  $\theta = 8^\circ\text{C}$

$$Q_n = m_l c \theta.$$

Таким образом, суммарное тепло, полученное льдом, будет равно:  $Q = Q_n + Q_n$ .

Это тепло лед получил при остывании 5 л воды. Следовательно,

$$Q = m_w c (t - \theta), \quad t = 20^\circ\text{C}.$$

$$\text{Окончательно } m_l = \frac{m_w c (t - \theta)}{\lambda + c \theta} = \frac{5 \cdot 4.2 \cdot 10^3 (20 - 8)}{333 \cdot 10^3 + 4.2 \cdot 10^3} = 0.747 \text{ кг}$$

Ответ:  $m_l = 0.747 \text{ кг}$

$$\mathbf{8.76.} \quad \rho_{\text{спл}} = \frac{m_{\text{спл}}}{V_{\text{спл}}} = \frac{m_{\text{ол}} + m_{\text{св}}}{V_{\text{ол}} + V_{\text{св}}};$$

$$m_{\text{ол}} = \rho_{\text{ол}} \cdot V_{\text{ол}}; \quad m_{\text{св}} = \rho_{\text{св}} \cdot V_{\text{св}};$$

$$\rho_{\text{спл}} = \frac{\rho_{\text{ол}} V_{\text{ол}} + \rho_{\text{св}} V_{\text{св}}}{V_{\text{ол}} + V_{\text{св}}} = \frac{7.3 \cdot 300 + 11.3 \cdot 100}{300 + 100} = 8.32 \text{ г/см}^3$$

Ответ:  $\rho_{\text{спл}} = 8.32 \text{ г/см}^3$

**8.77.** Стержень движется с постоянным ускорением  $a = \frac{F_0}{M}$ , где  $M$  – масса

стержня. Применяв второй закон Ньютона к части стержня длиной  $x$  и массой

$$m, \text{ получим } F = m \cdot a = \frac{F_0 \cdot m}{M}.$$

$$\text{Для однородного стержня } \frac{m}{M} = \frac{x}{l}, \text{ следовательно, } F = \frac{x \cdot F_0}{l}. \text{ Ответ: } F = \frac{x \cdot F_0}{l}.$$

## 9 класс

9.1.  $a < 5 \text{ м/с}^2$

Тело В догонит тело С, если  $v_B > v_C$ , т.е.  $v_{0B} + a \cdot (t - \Delta t) > v_{0C} + a \cdot t$ , т. е.

$$a < \frac{v_{0B} - v_{0C}}{\Delta t}$$

9.2.  $v = 600 \text{ км/ч}$

9.3.  $V_{\text{полости}} = 0,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$

$$V_M = \frac{P_{\text{в возд}}}{\rho_M g} = \frac{1,78}{8,9 \cdot 10^3 \cdot 10} = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$V_{III} = \frac{P_{\text{в возд}} - P_{\text{в воде}}}{\rho_{\text{в}} g}; V_{III} = 0,36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

$V_{III} > V_M$ , т.е. объем полости  $V_{II} = V_{III} - V_M = 0,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$

9.4.  $\frac{N_1}{N_2} = 4$

9.5.  $t_2 = t - t_1; t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{h}{g}} \Rightarrow h = \frac{gt_2^2}{(\sqrt{2} - 1)^2} \approx 57,1 \text{ м}$

9.6.  $v = \sqrt{\frac{L \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$  (рис.9)

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2};$$

$$L \cdot \sin \alpha = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$t^2 = \frac{2L \cdot \sin \alpha}{g} \quad v \cdot t = L \cdot \cos \alpha$$

$$v^2 t^2 = L^2 \cos^2 \alpha$$

$$v = \sqrt{\frac{L^2 \cos^2 \alpha}{t^2}} = \sqrt{\frac{L^2 \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2L \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{L \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \cdot \sin \alpha}}$$

9.7. Уравнение теплового баланса для процессов конденсации пара и охлаждения образовавшейся из пара воды до  $50^\circ\text{C}$  и нагрева исходной воды от  $10^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$  будет иметь такой вид:

$m[q + c(100 - 50)] = m_0 c(50 - 10)$ . Отсюда можно найти отношение

$$\frac{m}{m + m_0} = \frac{\frac{m}{m}}{\frac{m}{m} + \frac{m_0}{m}} = \frac{1}{1 + \frac{m_0}{m}} = \frac{1}{18,12} \approx 5,5\%$$

9.8.  $I = 5,5 \text{ А}$

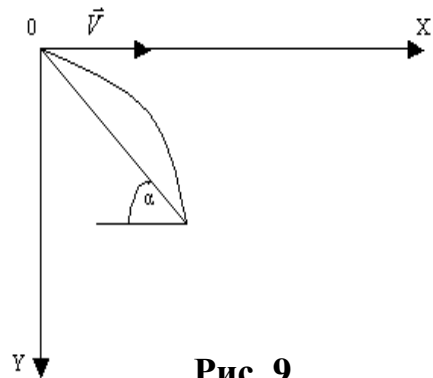


Рис. 9

**9.9.** Пусть поезд разогнался с ускорением  $a_1$  в течение времени  $t'$ . Тогда искомая скорость  $v = a_1 \cdot t'$ . Торможение длилось  $(t_1 - t')$  минут с ускорением  $a_2$ , таким, что  $a_2 \cdot (t_1 - t') = v$ . Весь пройденный путь

$$S = v_{cp} \cdot t = 72 \text{ км/ч} \cdot \frac{1}{3} \text{ ч} = 24 \text{ км}.$$

Для всего пути имеем:

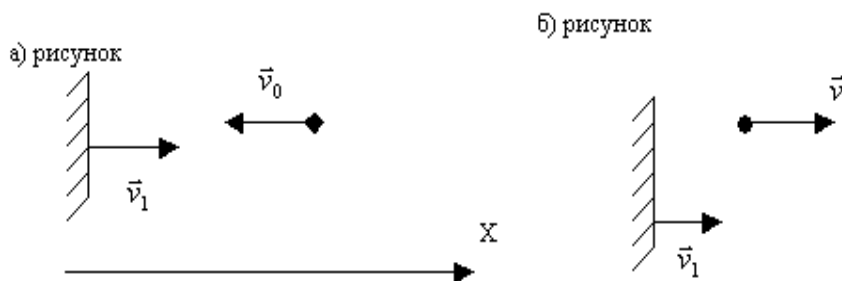
$$S = \frac{a_1 t'^2}{2} + v(t - t_1) + v(t_1 - t') - \frac{a_2 (t_1 - t')^2}{2};$$

$$S = \frac{v t'}{2} + vt - vt_1 + vt_1 - vt' - \frac{vt_1}{2} + \frac{vt'}{2} = vt - \frac{vt_1}{2}.$$

Отсюда находим  $v = 80$  км/ч.

**9.10.**  $m_n \approx 2 \cdot 10^{-2}$  кг

**9.11.** В условии задачи рассмотрены две ситуации (рис. 10): В первой – система стенка – шар до столкновения (рис. 10а), во второй – после удара (рис. 10б).



**Рис. 10**

Модуль скорости шара в системе отсчета, связанной с движущейся стенкой, до столкновения равен:  $V = |\vec{v}_0 - \vec{v}_1| = |\vec{v}_0| + |\vec{v}_1|$ , где  $\vec{v}_1$  – скорость стенки, а  $\vec{v}_0$  – скорость шара относительно земли. После столкновения модуль скорости шара относительно стенки не должен измениться:  $V = |\vec{v} - \vec{v}_1| = |\vec{v}| - |\vec{v}_1|$ . Приравняем модули скоростей:  $|\vec{v}_0| + |\vec{v}_1| = |\vec{v}| - |\vec{v}_1|$ , отсюда  $|\vec{v}| = |\vec{v}_0| + 2|\vec{v}_1|$ .

**9.12.** Применяя закон сохранения механической энергии, находим максимальную высоту  $H$ , на которую поднимается тело:  $\frac{m \cdot v_0^2}{2} = m \cdot g \cdot H \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g}$ . Время подъема тела равно времени его падения. Искомое время обозначим  $\tau$ , тогда время спуска  $\frac{\tau}{2}$ . По формуле пути при свободном падении получаем:

$$H - h = \frac{g \left( \frac{\tau}{2} \right)^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{8(H - h)}{g}} = \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 - 2gh}.$$

**9.13.**  $t_n = -54.7$  °C

**9.14.** Схема представляет собой параллельное соединение трех заданных сопротивлений  $R_0=30$  Ом. Отсюда  $R=\frac{R_0}{3}=10$  Ом.

**9.15.**  $v_{cp} = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v_{cp}} \quad (1)$

$$\left. \begin{aligned} v_1 = \frac{0,4S}{t_1} \Rightarrow t_1 = \frac{0,4S}{v_1} \\ 2v_1 = \frac{0,6S}{t_2} \Rightarrow t_2 = \frac{0,6S}{2v_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow t = t_1 + t_2 = 0,7 \frac{S}{v_1} \quad (2)$$

$$v_1 = 0,7 \cdot v_{cp} = 8,4 \text{ м/с}, \quad v_2 = 2v_1 = 16,8 \text{ м/с}.$$

**9.16.** Введем обозначения:  $\tau = 4$  с,  $t_1 = 5$  с,  $t_2 = t_1 - \tau = 1$  с

$$\left\{ \begin{aligned} y_1 &= v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \\ y_2 &= v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = v_0 (t_1 - \tau) - \frac{g (t_1 - \tau)^2}{2} \end{aligned} \right. \Rightarrow v_0 = g \left( t_1 - \frac{\tau}{2} \right) = 30 \quad v_0 = 30 \text{ м/с}.$$

**9.17.** Резисторы, расположенные на схеме вертикально, замкнуты накоротко, т. е. напряжение на каждом из них равно нулю, и ток по ним не идет. Поэтому схема сводится к параллельному соединению двух резисторов, расположенных на схеме горизонтально.

Отсюда  $R_{AB} = \frac{R}{2}$

**9.18.**  $\begin{cases} v_2^2 - v_1^2 = 2aS \\ v_1^2 = 2aS \end{cases}$

$$v_2^2 - 2v_1^2 = 0 \Rightarrow v_2 = v_1 \sqrt{2} = 10\sqrt{2} = 14,1 \text{ м/с}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 4,1 \text{ м/с}.$$

**9.19.** Поскольку шары движутся с постоянной скоростью (рис. 11), то для них должны выполняться условия равновесия:  $F_2 = N + m_2 g$ ;  $F_1 = m_1 g - N$ , где  $N$  – сила натяжения нити.

Очевидно, что силы Архимеда, действующие на шары, будут равны, так как равны их объемы:

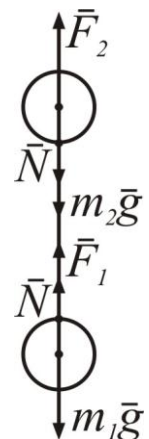
$$F_1 = F_2 = \rho_{ж} g V$$

Тогда уравнения равновесия запишутся следующим образом:  $N = \rho_{ж} g V - m_2 g$ ;  $N = m_1 g - \rho_{ж} g V$ .

Складывая их, окончательно находим:  $N = \frac{(m_1 - m_2)g}{2} = 2 \text{ Н}.$

**9.20.** Из второго условия следует, что напряжение на участке АВ равно 220 В.

Тогда из первого условия справедливо следующее равенство:  $\frac{R_{AC}}{R_{CB}} = \frac{U_{AC}}{U_{CB}}$ ;



**Рис. 11**

$$\frac{400}{R_V \cdot 200} = \frac{28-8}{8} = \frac{20}{8} \rightarrow \text{Отсюда } R_V = 800 \text{ Ом.}$$

$$R_V + 200$$

**9.21.** Поместим начало координат в точку, из которой падают тела. Ось  $OY$  направим вниз. Тогда для первого и второго тела соответственно имеем:

$$\begin{cases} y_1 = \frac{gt^2}{2}, \\ y_2 = v_0(t - \tau) + \frac{g(t - \tau)^2}{2}. \end{cases}$$

Через  $t = 2,5$  с,  $y_1 = y_2$ . Решая, находим  $v_0 = \frac{g\tau(t - \frac{\tau}{2})}{t - \tau}$ . Если принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, то  $v_0 = 60$  м/с. Так как у первого тела через 2 секунды скорость равна  $v = gt = 20$  м/с, то, если  $v_0$  будет меньше 20 м/с, второе тело никогда не догонит первое.

**9.22.** Из условия плавания тел следует:  $mg = \rho gV$ , где  $V$  – объем вытесненной воды.

$V = S \cdot \Delta h$ , отсюда

$$\Delta h = \frac{V}{S} = \frac{m}{\rho \cdot S} = \frac{1}{1000 \cdot 0.2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Ответ:  $\Delta h = 5 \cdot 10^{-3}$  м.

**9.23.** Когда угол между направлением скорости и горизонтом равен  $60^\circ$ , то

$$\operatorname{tg} 60^\circ = \frac{v_{\text{верт}}}{v_{\text{гориз}}}. \text{ Отсюда следует } v_{\text{верт}} = v_{\text{гориз}} \cdot \sqrt{3}. \text{ С другой стороны,}$$

$$v_{\text{верт}} = g \cdot t. \text{ Находим время падения } t = \frac{v_{\text{верт}}}{g} = \frac{v_{\text{гориз}} \cdot \sqrt{3}}{g}. \text{ Высота, на которой}$$

$$\text{находилось в это время тело, } h = 100 - g \frac{t^2}{2} = 100 - \frac{g v_{\text{гориз}}^2 \cdot 3}{2g^2} = 100 - \frac{v^2 \cdot 3}{2g} = 84.7$$

м. Ответ:  $h = 84.7$  м.

**9.24.** Ответ:  $R_1 = 12$  Ом,  $R_2 = 4$  Ом.

**9.25.** Считая мощность  $P_0$  потерь тепла на нагрев окружающей среды постоянной, запишем уравнения теплового баланса для процессов нагрева и испарения воды:

$$\begin{cases} P \cdot t_1 = P_0 \cdot t_1 + mc\Delta t \\ P \cdot t_2 = P_0 \cdot t_2 + mq \end{cases},$$

здесь  $P$  - мощность плитки. Решая эту систему уравнений, получим  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{c\Delta t}{q}$ , откуда  $t_2 \approx 60$  мин.

**9.26.** Путь, пройденный за вторую половину времени

$$S_2 = |KB| = v_2 \cdot \frac{1}{2}t = v_1 t \quad (\text{рис.12})$$

$$S_1 = |OB| = v_1 \cdot \frac{1}{2}t = \frac{1}{2}S_2 \quad (1)$$

Модуль полного перемещения

$$S = |OK| = \sqrt{x^2 + y^2} =$$

$$= \sqrt{|KD|^2 \cos^2 60^\circ + (|OB| \sin 60^\circ + |KB| \sin 60^\circ)^2} =$$

$$= \sqrt{S_1^2 \cdot \frac{1}{4} + S_1^2 \cdot \frac{27}{4}} = S_1 \cdot \frac{\sqrt{28}}{2} = S_1 \sqrt{7} = \frac{\sqrt{7}}{2} v_1 t$$

$$v_{cp} = \frac{S}{t} = \frac{\sqrt{7}}{2} v_1 = \frac{\sqrt{7}}{2} \cdot 20 = 10\sqrt{7} = 26,46 \text{ м/с.}$$

**9.27.** Используем систему отсчета (СО), связанную с лифтом (рис. 13). В этой СО болт не имеет начальной скорости и обладает ускорением

$$\vec{a}' = \vec{g} - \vec{a}$$

Из рис. 14 видно, что модуль этого ускорения  $a' = g + a$ . Путь, пройденный болтом в СО, связанной с лифтом,

$$H = \frac{a't^2}{2} = \frac{(g+a)t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g+a}} = 0,645 \text{ с}$$

Далее, переходим в СО, связанную с Землей. В этой СО болт имеет начальную скорость  $\vec{v}$ , совпадающую с начальной скоростью лифта. Вертикальная координата болта, отсчитанная вниз от точки его отрыва:

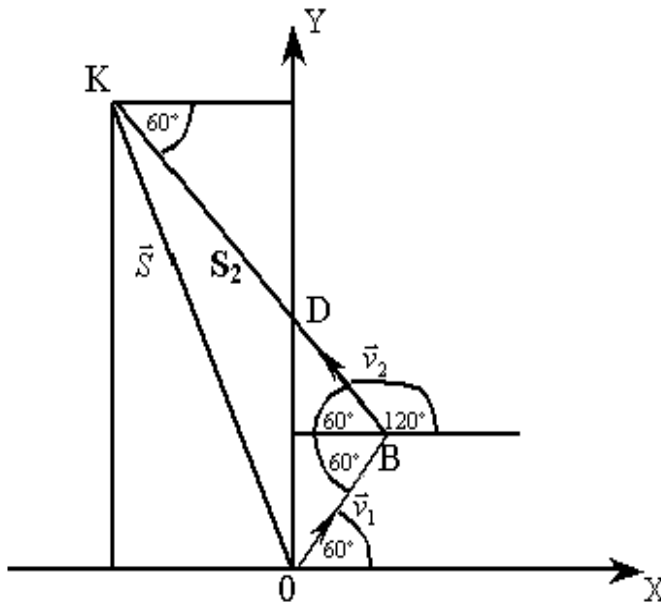


Рис. 12

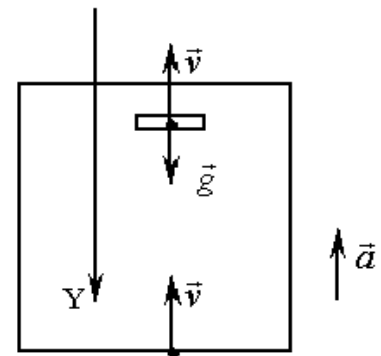


Рис. 13



$$y = -vt + \frac{gt^2}{2}$$

Если  $t$  – полное время падения болта, найденное в (1), то  $y$  равно искомому перемещению болта относительно Земли

$$S = y = -vt + \frac{gt^2}{2} = -2.4 \cdot 0.645 + \frac{10 \cdot 0.645^2}{2} \approx 0.54 \text{ м}$$

**9.28.** Время, за которое малая порция воды достигает

наибольшей высоты, равно  $t_H = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0}{\sqrt{2}g}$

Полное время движения этой порции  $t = 2t_H = \frac{\sqrt{2}v_0}{g}$  (1). В воздухе находится

вода, вышедшая из шланга за такое время, т. е.  $m = \rho v_0 t S = \frac{\sqrt{2} \rho S v_0^2}{g} = 7,2 \text{ кг}$ .

**9.29.** 
$$\frac{V_1}{V} = \frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}.$$

**9.30.** Оси координат связаны с землей (рис. 15). Координаты  $Y$  для шара и камня равны:  $y_u = y_0 - v_0 t$  (1).

$$y_k = y_0 + vt - \frac{gt^2}{2} \quad (2).$$

Расстояние между шаром и камнем, когда камень достигнет наивысшей точки

подъема:  $S = y_k - y_u = vt - \frac{gt^2}{2} + v_0 t$  (3), где  $t$  -

время движения камня с момента бросания до достижения камнем наивысшей точки. Его можно найти из условия, что скорость камня в точке наибольшего подъема равна нулю:

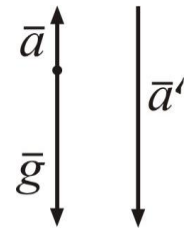
$$0 = v - gt;$$

$$t = \frac{v}{g} \quad (4)$$

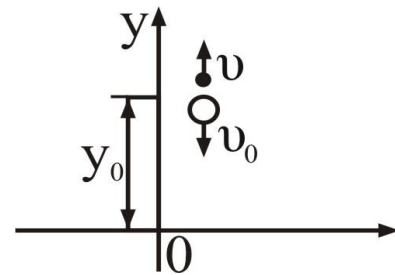
Подставим значение  $t$  в уравнение (3)

$$\begin{aligned} y &= vt - \frac{gt^2}{2} + v_0 t = v \frac{v}{g} - \frac{g}{2} \frac{v^2}{g^2} + v_0 \frac{v}{g} = \\ &= \frac{v^2 + 2v_0 v}{2g} = \frac{18^2 + 2 \cdot 18 \cdot 2}{2 \cdot 9.8} \approx 20 \text{ м} \end{aligned}$$

Когда камень пролетит мимо шара, то  $y_k = y_u$ . Из этого условия найдем время  $t_1$ , через которое камень пролетит мимо шара.



**Рис. 14**



**Рис. 15**

$$v t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = -v_0 t_1, \text{ отсюда } t_1 = \frac{2(v_0 + v)}{g} = \frac{2 \cdot (18 + 2)}{10} \approx 4 \text{ с}$$

**9.31.** Электрический ток совершает работу:

$A = N \cdot t$ , где  $t = 4$  часа.

Тепло, отнятое у воды, равно  $Q = c_1 m(t_1 - t_0) + \lambda m + c_2 m(t_0 - t_2)$ . Тепло, выделенное в комнату, равно  $Q_0 = Q + A$ ,

$$Q_0 = 0.114 \cdot 10^6 + 1.008 \cdot 10^6 = 1.122 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

**9.32.** Направления скоростей человека и эскалатора совпадают, иначе человек насчитал бы тем меньше ступенек, чем больше его скорость. Пусть  $v$  – скорость

эскалатора;  $l$  – его длина;  $\frac{n}{l}$  – число ступенек, приходящихся на единицу длины;  $u$  – скорость человека относительно эскалатора. Скорость человека относительно неподвижной системы отсчета  $u' = v + u$ . Время пребывания на эскалаторе

$\frac{l}{v + u}$ , путь, пройденный человеком по эскалатору, равен  $u \frac{l}{v + u}$ . Человек

насчитывает в первом случае  $n_1 = \frac{ul}{v + u} \cdot \frac{n}{l}$ , а во втором –

$$n_2 = \frac{3ul}{v + 3u} \cdot \frac{n}{l} \text{ ступенек}$$

Решим систему

$$\begin{cases} n_1 = \frac{ul}{v + u} \cdot \frac{n}{l}; \\ n_2 = \frac{3ul}{v + 3u} \cdot \frac{n}{l}; \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{n}{n_1} = \frac{v + u}{u}; \\ \frac{n}{n_2} = \frac{v + 3u}{3u}; \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{n}{n_1} = \frac{v}{u} + 1; \\ \frac{n}{n_2} = \frac{v}{3u} + 1 \end{cases}$$

$$n = \frac{2n_1 n_2}{3n_1 - n_2} = 100 \text{ (ступенек)}$$

**9.33.** Пусть параметры аккумулятора:  $\varepsilon$  и  $r$ , а внутреннее сопротивление вольт-

метра  $R_v$  (Рис.16). Тогда:  $u_1 = \frac{\varepsilon \cdot \frac{R_v \cdot R}{R_v + R}}{r + R + \frac{R_v \cdot R}{R_v + R}} = 4B$ ,

$$u_2 = \frac{\varepsilon \cdot \frac{R_v \cdot 2R}{R_v + 2R}}{r + \frac{R_v \cdot 2R}{R_v + 2R}} = 12B.$$

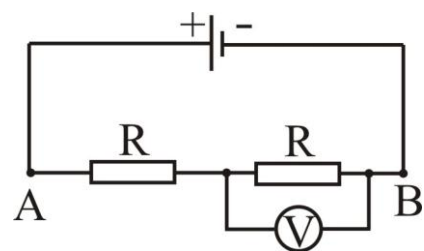


Рис. 16

Решая эту систему, получаем:  $R_V = \frac{R(2R-4r)}{2R+r} = R(1 - \frac{5r}{2R+r})$ . Видно, что такое возможно, когда  $R_V < R$ , или когда  $R_V = R$ , если  $r = 0$ .

**9.34.** Такое движение не является равноускоренным. При равноускоренном прямолинейном движении пути, проходимые в последовательные равные промежутки времени, относятся как последовательные нечетные числа.

**9.35.** Из данных в условии задачи следует, что движение поезда равнозамедленное. Первый вагон прошёл путь  $l = 12$  м за 1 секунду, поэтому:  $l = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$ .

Второй вагон прошёл путь  $2l = 24$  м за время  $t = t_1 + t_2$ , следовательно:  $2l = v_0(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2}$ . Имеется два уравнения с двумя неизвестными  $v_0$  и

$$a: \begin{cases} 12 = v_0 \cdot 1 - a \frac{1^2}{2} \\ 24 = v_0 \cdot 2,5 - a \frac{2,5^2}{2} \end{cases}$$

Решая систему, получаем  $a = -3,2$  м/с<sup>2</sup>,  $v_0 = 13,6$  м/с.

**9.36.** Запишем выражения для пути, пройденного за время  $t$  с и за время  $(t-1)$  с.

$$\begin{cases} S = \frac{gt^2}{2} \\ \frac{2}{3}S = \frac{g(t-1)^2}{2} \end{cases}$$

Разделив, левые и правые части уравнений друг на друга получим:

$$\frac{3}{2} = \frac{t^2}{(t-1)^2}. \text{ Найдем } t$$

$$3t^2 - 6t + 3 = 2t^2;$$

$$t^2 - 6t + 3 = 0$$

$$t = (3 + \sqrt{6})_c \approx 5,45c$$

$$S = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8}{2} (3 + \sqrt{6})^2 = 145,5m$$

**9.37.** Произведенная работа  $A = \frac{mc\Delta t}{\eta} = 3 \cdot 10^4$

Дж. Развиваемая при этом мощность

$$N = \frac{A}{t} = 333 \text{ Вт.}$$

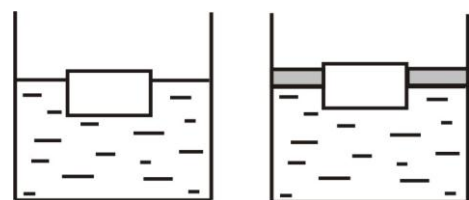


Рис. 17

**9.38.** Если поверх воды налить керосин, то давление на глубине погружения нижней грани бруска возрастет, а значит, сила давления на нижнюю грань бруска станет больше и брусок приподнимется из воды (рис. 17) и будет подниматься до тех пор, пока уровень керосина не сравняется с верхней гранью бруска льда. Дальнейшее повышение уровня керосина не изменит положение бруска льда в воде.

**9.39.** Будем считать, что льдину погружаем равномерно. На льдину действуют сила тяжести льда  $m_{лг}$ , выталкивающая сила  $F_A = \rho_в V_1 g$  ( $V_1$  – объем погруженной в воду части льдины) и сила  $F_1$ , необходимая для погружения льдины в воду. При плавании льда  $F_A = m_{лг}$  и  $F = 0$ . Тогда при полном погружении ( $V_1 = V$ )  $F_{max} = F_A - m_{лг} = \rho_в g V - \rho_л g V = (\rho_в - \rho_л) g S h$  ( $V$  – объем всей льдины).

При погружении льда сила  $F$  изменяется линейно от нуля до  $F_{max} = (\rho_в - \rho_л) g S h$  (1). Следовательно, работа, которую нужно совершить для погружения льдины, равна по значению работе средней силы  $0,5 F_{max}$  на пути, равном, толщине льдины  $h_1$ , выступающей над водой:  $A = \frac{1}{2} F_{max} h_1$  (2). Толщину части льда  $h_1$ , выступающей над водой, находим из условия плавания льдины:  $F_A = mg$ , где  $F_A = \rho_в g V_1 = \rho_в g S(h-h_1)$  и  $m = \rho_л V = \rho_л S h$ , тогда  $\rho_в g S(h-h_1) = \rho_л S h g$ .

$$\text{Отсюда } h_1 = \frac{(\rho_в - \rho_л) h}{\rho_в} \quad (3)$$

Решив совместно (1) – (3) получим

$$A = \frac{1}{2} (\rho_в - \rho_л) g S h \frac{(\rho_в - \rho_л) h}{\rho_в} = \frac{1}{2 \rho_в} S h^2 g (\rho_в - \rho_л)^2 = 7,8 \text{ Дж.}$$

**9.40.** 30 м, 90 м, 150 м.

**9.41.** в 4 раза.

**9.42.** а) Количество теплоты, которое требуется для нагревания льда до температуры  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_1 = m_{лг} \Delta t_1 = 0,4 \cdot 2100 \cdot 12 = 10080 \text{ (Дж)} \quad (1)$$

б) Количество теплоты, которое требуется для нагревания калориметра до температуры  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_2 = m_{к} c_{ал} \Delta t_1 = 1 \cdot 900 \cdot 12 = 10800 \text{ (Дж)} \quad (2)$$

в) Количество теплоты, которое может отдать вода, охлаждаясь до температуры  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_3 = m_в c_в \Delta t_2 = 0,3 \cdot 4200 \cdot 15 = 18900 \text{ (Дж)} \quad (3)$$

Из уравнений (1), (2) и (3) видно, что  $Q_1 + Q_2 > Q_3$

Недостающее количество теплоты  $\Delta Q = \lambda m_x$  должна отдать вода, частично или полностью замерзая.

Уравнение теплового баланса выглядит так:  $Q_1 + Q_2 = Q_3 + \Delta Q$ .

$$\text{Следовательно, } \Delta Q = Q_1 + Q_2 - Q_3 = 1980 \text{ Дж: } m_x = \frac{\Delta Q}{\lambda} = \frac{1980}{3,33 \cdot 10^5} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

Таким образом, замерзнет не вся вода. Конечная температура  $\theta = 0^\circ\text{C}$ . В калориметре будет находиться 406 г льда и 294 г воды.

**9.43.** Из условия задачи видно, что движение тела равнозамедленное.

$$v = v_0 - at;$$

$$v_0 - v = at = \frac{2}{3}v_0, \quad t = \frac{\Delta v}{a} = -\frac{2}{3} \frac{v_0}{a},$$

$$2aS = -v_0^2 + v^2 = -v_0^2 + \left(\frac{v_0}{3}\right)^2 = -\frac{8v_0^2}{9},$$

$$S = -\frac{4v_0^2}{9a}$$

**9.44.**  $m_x = 0,077$  кг. *Указание:* Из условия следует, что свинец кристаллизуется и затем охлаждается. Калориметр и вода нагреваются, причём часть воды обращается в пар. Уравнение теплового баланса в этом случае имеет вид:  $V_1\rho_1c_1(\theta - t_1) + m_xL + m_2c_2(\theta - t_1) = m_3\lambda + m_3c_3(t_3 - \theta)$ .

$$9.45. \quad I_1 = \frac{U}{R_1 + R_2}; \quad I_2 = \frac{U}{R_1 \cdot R_2} (R_1 + R_2)$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 \cdot R_2} = \frac{R_1^2 + 2R_1 \cdot R_2 + R_2^2}{R_1 \cdot R_2} = \frac{R_1}{R_2} + 2 + \frac{R_2}{R_1}.$$

Пусть  $\frac{R_1}{R_2} = x$ , тогда  $x + 2 + \frac{1}{x} = \frac{16}{3}$ .

Отсюда  $x = 3$ ;  $R_1 = 3R_2$

$$\frac{U}{4R_2} = I_1; \quad R_2 = \frac{U}{4I_1} = 10 \text{ Ом}; \quad R_1 = 30 \text{ Ом}.$$

**9.46.** Рассмотрим кусок льда массой  $m_l$ , который плавает в жидкости плотностью  $\rho_{ж}$ . Для того чтобы узнать, что произойдёт с уровнем смеси жидкости и воды, полученной из растаявшего льда, необходимо сравнить два объёма:  $V_n$  - объём погружённой части льда и  $V_в$  - объём воды, который получился от растаявшего льда. Если  $V_в > V_n$ , то уровень повышается, если  $V_в < V_n$ , то уровень понижается; если  $V_в = V_n$ , то уровень не изменяется. Объём  $V_n$  найдём из условия плавления льда:  $F_A = m_l g$ ,  $F_A$  - Архимедова сила, которая равна:

$$F_A = \rho_{ж} V_n g. \quad \text{Таким образом} \quad V_n = \frac{m_l}{\rho_{ж}}.$$

Объём  $V_в$  найдём из условия, что масса воды, полученная из льда, равна массе льда:  $m_в = m_l$ , или  $m_l = \rho_в V_в$ ,  $V_в = \frac{m_l}{\rho_в}$ .

Сравнивая выражения для  $V_в$  и  $V_n$  получаем: если  $\rho_{ж} > \rho_в$ , то  $V_в > V_n$ , и уровень повышается; если  $\rho_{ж} < \rho_в$ , то  $V_в < V_n$ , и уровень понижается; если  $\rho_{ж} = \rho_в$ , то  $V_в = V_n$ , и уровень смеси не изменяется.

9.47.  $A = \left( F_c + \frac{2mS}{t^2} \right) S = 195 \text{ кДж.}$

9.48. При движении по реке скорости лодки относительно берега по течению и против течения равны соответственно  $v_{л} + v_{р}$  и  $v_{л} - v_{р}$ , где  $v_{л}$  – скорость лодки относительно воды,  $v_{р}$  – скорость течения реки относительно берега.  $t_1$  – время, необходимое для проезда туда и обратно по реке,

$$t_1 = \frac{S}{v_{л} + v_{р}} + \frac{S}{v_{л} - v_{р}} = \frac{2Sv_{л}}{v_{л}^2 - v_{р}^2}.$$

$t_2$  – время, необходимое для проезда туда и обратно по стоячей воде,  $t_2 = \frac{2S}{v_{л}}$ .

Сравним  $t_1$  и  $t_2$ . Для этого найдём отношение  $t_2$  к  $t_1$ :  $\frac{t_2}{t_1} = \frac{v_{л}^2 - v_{р}^2}{v_{л}^2} = 1 - \frac{v_{р}^2}{v_{л}^2} < 1.$

Следовательно,  $t_2 < t_1$ .

9.49. Сила тока  $I$ , измеряемая амперметром, равна сумме сил токов в резисторе сопротивлением  $R$  и вольтметре сопротивлением  $R_e$  (рис. 18):  $I = I_1 + I_2$ .

Сопротивление  $R$  можно найти из закона Ома для участка цепи, предварительно определив силу тока  $I_2$ .

$$I_1 = \frac{U}{R_e} \quad I_2 = I - I_1 = I - \frac{U}{R_e}$$

Согласно закону Ома  $I_2 = \frac{U}{R}$ , откуда после подстановки тока  $I_2$  получим

$$R = \frac{U}{I_2} = \frac{UR_e}{IR_e - U} \approx 111 \text{ Ом.}$$

9.50.  $F = 14910 \text{ Н.}$

9.51. По определению линейная скорость  $v = \frac{S}{t} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi R \cos \varphi}{T}$ , где  $T$  – период обращения Земли вокруг своей оси.

$$v = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 6.37 \cdot 10^6}{86400} \approx 279 \text{ м/с.}$$

9.52. В воде и бензине на шар, наряду с силами натяжения пружин динамометров соответственно  $T_1$  и  $T_2$ , действуют выталкивающие силы Архимеда  $F_1$  и  $F_2$  (рис. 19). Силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  равны соответственно весу тела в воде  $P_1$  и весу тела в бензине  $P_2$ .

Все силы, действующие на шар, и в воде, и в бензине уравниваются друг друга. Вся масса  $m$  шара сосредоточена в алюминиевой

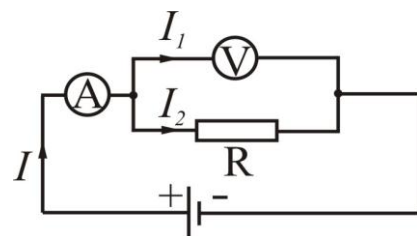


Рис. 18

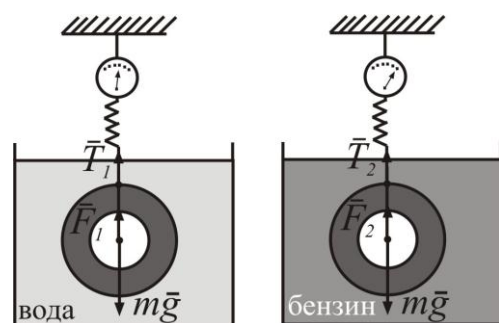


Рис. 19

оболочке объёмом  $V$ .  $V_n$  – объём его полости.

Запишем уравнение для сил, характеризующее неподвижность шара в воде:  $F_1 + T_1 = mg$  или  $F_1 + P_1 = mg$ . Здесь  $F_1 = \rho_6 g V$ . Аналогичное уравнение для шара в бензине  $F_2 + T_2 = mg$  или  $F_2 + P_2 = mg$ , где  $F_2 = \rho_6 g V$ . Правые части этих уравнений равны. Приравняем их левые части:  $\rho_6 g V + P_1 = \rho_6 g V + P_2$ , откуда

$$V = \frac{P_2 - P_1}{(\rho_6 - \rho_6)g}$$

Подстановка выражения для объёма  $V$  шара в уравнение  $\rho_6 g V + P_1 = mg$  с учётом, что  $m = \rho_a (V - V_n)$ , даёт  $V_n = \frac{P_2(\rho_a - \rho_6) - P_1(\rho_a - \rho_6)}{\rho_a(\rho_6 - \rho_6)} = 10.2 \text{ см}^3$

**9.53.** 3,5 кВт

**9.54.** При одновременном движении пассажира и эскалатора время подъёма

будет определяться уравнением:  $t_3 = \frac{L}{v_3}$ , где  $L$  – расстояние между нижней и

верхней точками подъёма по линии перемещения,  $v_3$  – результирующая скорость пассажира в системе отсчёта, связанной с Землёй:  $\vec{v}_3 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ , где  $\vec{v}_1$  – скорость пассажира относительно эскалатора;  $\vec{v}_2$  – скорость движения эскалатора относительно Земли. Направим ось  $Ox$  по линии движения эскалатора, то

гда  $v_3 = v_1 + v_2$ , значит,  $t_3 = \frac{L}{v_1 + v_2}$  (1)

Зная время подъёма пассажира по неподвижному эскалатору и время подъёма неподвижного пассажира эскалатором, из уравнения движения выразим модули скоростей  $v_1$  и  $v_2$ :

$$v_1 = \frac{L}{t_1} \quad (2)$$

$$v_2 = \frac{L}{t_2} \quad (3)$$

Подставив выражения (2) и (3) в уравнение (1), получим:

$$t_3 = \frac{L}{\frac{L}{t_1} + \frac{L}{t_2}} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 1 \text{ мин.}$$

**9.55.** На шар, опускающийся вниз, одновременно действуют сила тяжести  $F = mg$ , направленная вертикально вниз, выталкивающая сила  $F_A = \rho V g$  и сила сопротивления воздуха  $F_C$ , направленные вертикально вверх (рис 20 а).

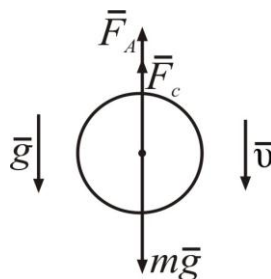


Рис. 20 а

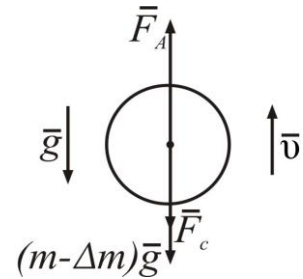


Рис. 20 б

Так как скорость движения шара постоянна, значит, векторная сумма всех сил, действующих на него, равна нулю:  $\vec{F}_A + \vec{F}_c + \vec{F} = 0$ . С учётом направления сил получим уравнение:  $mg - \rho Vg - F_c = 0$ .

Для того, чтобы шар начал подниматься вертикально вверх с той же по модулю скоростью (рис. 20 б), должно выполняться следующее условие:  $F_A - F_c - (m - \Delta m)g = 0$

Так как объем шара не изменяется, то не изменяется и сила Архимеда. Учитывая, что сила сопротивления воздуха зависит от скорости и площади поперечного сечения движущегося тела, следует, что эта сила постоянна.

Таким образом, мы получили систему уравнений:

$$\begin{cases} mg - \rho Vg - F_c = 0, & (1) \\ (m - \Delta m)g + F_c - \rho Vg = 0 & (2) \end{cases}$$

Решение этой системы дает следующий результат:  $\Delta m = 2(m - \rho V) = 68$  кг.

**9.56.** Из закона сохранения полной энергии следует: для того, чтобы дробинка расплавилась при ударе, необходимо, чтобы до удара она обладала такой кинетической энергией,  $\frac{3}{4}$  которой было бы достаточно для нагревания дробинки до температуры плавления и дальнейшего ее плавления, т.е.  $\frac{\eta m V_{\min}^2}{2} = cm\Delta t + m\lambda$ ,

где  $m$  – масса дробинки,  $V_{\min}$  – скорость полета,  $c$  – удельная теплоемкость,  $\lambda$  – удельная теплота плавления свинца,  $\Delta t = t_2 - t_1$  – изменение температуры пули при ударе.

Значит,  $V_{\min} = \sqrt{\frac{2(c\Delta t + \lambda)}{\eta}} = 366$  м/с.

**9.57.** Сопротивление проволоки находим по формуле  $R = \rho \frac{l}{S}$ . При увеличении длины в 4 раза площадь сечения  $S$  уменьшается в 4 раза, если масса не меняется. Значит, сопротивление увеличивается в 16 раз.  $R_2 = 320$  Ом.

**9.58.** Количество колебаний  $N$ , совершаемых маятником за время подъема ракеты  $t$  на высоту  $H$ , равно:  $N = \frac{t}{T}$  (1), где  $T$  – период колебаний маятника. Известно, что период колебаний математического маятника равен:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{a_p}}$ ,

где  $a_p$  – отношение силы натяжения нити подвеса к массе маятника. В данном случае  $a_p = \frac{P}{m} = g + a$ .

Время, за которое ракета поднимется на высоту  $H$ , определим из соотношения:

$$H = \frac{at^2}{2}, \text{ т.к. } v_0 = 0. \text{ Получим, что } t = \sqrt{\frac{2H}{a}}$$



Следовательно, учитывая (1), получим, что  $N = \sqrt{\frac{2H(g+a)}{4\pi^2 La}} \approx 20$ .

**9.59.** Определим сопротивление обеих ламп в рабочем состоянии.

$$P_1 = \frac{U_0^2}{R_1}, \quad R_1 = \frac{U_0^2}{P_1}; \quad P_2 = \frac{U_0^2}{R_2}, \quad R_2 = \frac{U_0^2}{P_2}.$$

Будем считать полученные значения  $R_1$  и  $R_2$  неизменными. При последовательном соединении обеих ламп их общее сопротивление равно  $R_0 = R_1 + R_2$ , а сила

тока в каждой из ламп составляет  $I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_0}{R_1 + R_2}$ . При последовательном соединении

каждая лампа потребляет мощность:

$$P_1' = I^2 R_1 = \frac{U_0^2 R_1}{(R_1 + R_2)^2} = \frac{U_0^2 U_0^2}{P_1 \left( \frac{U_0^2}{P_1} + \frac{U_0^2}{P_2} \right)^2} = \frac{U_0^4}{\frac{P_1 U_0^4 (P_1 + P_2)^2}{P_1^2 P_2^2}}$$

$$P_1' = \frac{P_1 P_2^2}{(P_1 + P_2)^2} = \frac{40 \cdot (60)^2}{(40 + 60)^2} = 14,4 \text{ Вт.}$$

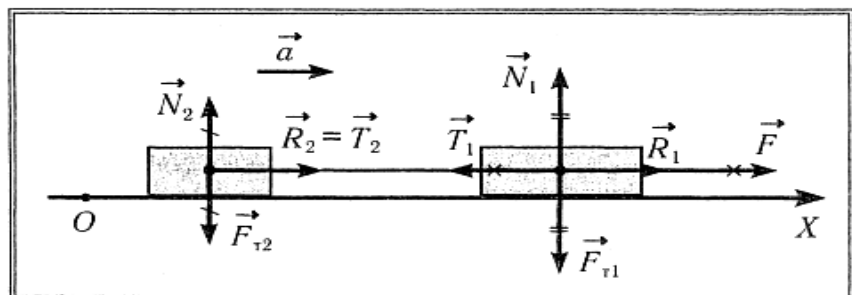
$$P_2' = I^2 R_2 = \frac{U_0^2 R_2}{(R_1 + R_2)^2} = \frac{U_0^2 U_0^2}{P_2 \left( \frac{U_0^2}{P_1} + \frac{U_0^2}{P_2} \right)^2} = \frac{U_0^4}{\frac{P_2 U_0^4 (P_1 + P_2)^2}{P_1^2 P_2^2}}$$

$$P_2' = \frac{P_1^2 P_2}{(P_1 + P_2)^2} = \frac{(40)^2 \cdot 60}{(40 + 60)^2} = 9,6 \text{ Вт.}$$

Лампа мощностью 40 Вт будет гореть ярче ( $P_1' > P_2'$ ). Интересно заметить, что

$$\frac{P_1'}{P_2'} = \frac{P_2}{P_1}.$$

**9.60.** Речь идет об ускоренном движении двух платформ (примем их за материальные точки), действующих друг на друга силами натяжения сцепки. К каждой из платформ приложены равные по модулю сила тяжести и сила



**Рис. 21**

упругости со стороны рельсов. Эти силы попарно уравниваются друг друга, поэтому учитывать их не будем. На первую платформу действует сила тяги ав-

тодрезины и сила натяжения сцепки  $T_1$ , на вторую платформу сила сцепки  $T_2$ , причем  $T_1=T_2$  (рис. 21). Так как платформы движутся с одинаковым ускорением, то для первой платформы и для второй уравнения движения будут та-

кими: 
$$\begin{cases} F - T = m_1 a, \\ T = m_2 a. \end{cases}$$
 Решая систему относительно  $T$ , получаем:  $T=777Н$ .

**9.61.** В задаче идет речь о составном теле, состоящем из куска пробки и куска алюминия (рис. 22). Это составное тело плавает, полностью погрузившись в воду. При этом выполняется условие плавания: средняя плотность тела равна плотности жидкости:  $\rho_{cp} = \rho_в$ . По определению

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V},$$

где  $m$ -масса тела;  $V$ -его объем. Понятно,

что масса тела равна сумме масс его частей:

$$m = m_{\Pi} + m_a,$$

где  $m_{\Pi}$ -масса куска пробки;  $m_a$ -масса

груза из алюминия. Объем тела равен сумме объемов куска пробки и груза из

алюминия:  $V = V_{\Pi} + V_a$ . Следовательно, 
$$\frac{m_{\Pi} + m_a}{V_{\Pi} + V_a} = \rho_в.$$

Объем куска пробки и груза из алюминия выразим через их массы и плотности:

$$V_{\Pi} = \frac{m_{\Pi}}{\rho_{\Pi}} \text{ и } V_a = \frac{m_a}{\rho_a}. \text{ Тогда } \frac{m_{\Pi} + m_a}{\frac{m_{\Pi}}{\rho_{\Pi}} + \frac{m_a}{\rho_a}} = \rho_в.$$

В полученное уравнение входит

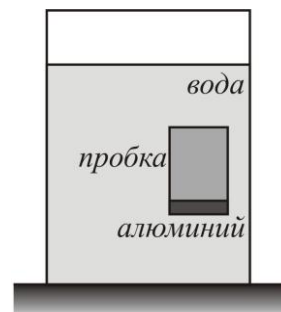
только одна неизвестная величина  $m_a$ , причем именно та, значение которой и требуется найти. Остается данное уравнение решить относительно искомой неизвестной  $m_a$ :

$$m_{\Pi} + m_a = m_{\Pi} \frac{\rho_в}{\rho_{\Pi}} + m_a \frac{\rho_в}{\rho_a}, \text{ откуда } m_a \left( 1 - \frac{\rho_в}{\rho_a} \right) = m_{\Pi} \left( \frac{\rho_в}{\rho_{\Pi}} - 1 \right).$$

И окончательно 
$$m_a = m_{\Pi} \frac{\left( \frac{\rho_в}{\rho_{\Pi}} - 1 \right)}{\left( 1 - \frac{\rho_в}{\rho_a} \right)}.$$

Вычислим 
$$m_a = 10.5г \left( \frac{1.00г/см^3}{0.24г/см^3} - 1 \right) : \left( 1 - \frac{1.00г/см^3}{2.70г/см^3} \right) \approx 52.8г$$

**9.62.** Работа, совершенная мальчиком будет затрачена на повышение потенциальной энергии санок  $mgh$  и работу против сил трения. А эта работа тоже равна  $mgh$ , так как когда санки скатывались с горы, то отрицательная работа сил трения уменьшила потенциальную энергию санок на  $mgh$ . Значит работа мальчика



**Рис. 22**

по втаскиванию санок на гору  $A=2mgh$ . Конечно, мальчик совершает ещё работу, равную  $Mgh$ , поднимая себя на высоту  $h$ .

**9.63.** Поскольку  $N = \frac{A}{t}$ , то  $A = Nt$  - работа двигателя.

Количество теплоты, полученной двигателем,  $Q = \frac{A}{\eta}$ .

С другой стороны,  $Q = qm$ ;  $\frac{Nt}{\eta} = qm$ ;  $m = \frac{Nt}{\eta q}$ ;  $\rho V = \frac{Nt}{\eta q}$ , отсюда

$$\text{да } V = \frac{Nt}{\eta \rho q} [M^3], \quad V = \frac{Nt}{\eta \rho q} \cdot 10^3 [л] = 30 \text{ л.}$$

Норма расхода горючего на 1 км:

$$V' = \frac{V_n}{s_n}, \quad \text{для } s_1 : V'' = \frac{V_n}{s_n} s_1 = \frac{45}{100} \cdot 80 = 36 \text{ л.} \quad \text{Водитель сэкономил}$$

$$\Delta V = V'' - V = 36 - 30 = 6 \text{ л.}$$

**9.64.** При параллельном включении общее сопротивление потребителей

$R' = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$  и потребляемая от сети мощность  $P_1 = \frac{U^2}{R'} = \frac{U^2}{R_1 R_2} (R_1 + R_2)$ . При последовательном включении общее сопротивление потребителей  $R'' = R_1 + R_2$  и

потребляемая от сети мощность  $P_2 = \frac{U^2}{R''} = \frac{U^2}{R_1 + R_2}$ . Найдем отношение мощностей, потребляемых в первом и втором случае:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 R_2} = \frac{R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2}{R_1 R_2} > 1.$$

Таким образом, при параллельном подключении потребителей потребляется большая мощность, чем при последовательном.

Если  $R_1 = R_2 = R$ , то  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{4R^2}{R^2} = 4$ , т.е. параллельно соединенные одинаковые нагрузки потребляют от сети в четыре раза большую мощность, чем нагрузки, соединенные последовательно.

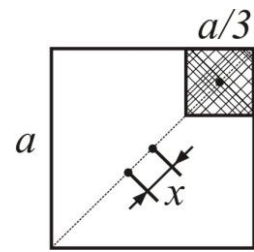
**9.65.** Средняя скорость автомобиля на второй половине пути составляет

$\frac{v_2 + v_3}{2}$ . Полное время  $t$  прохождения пути

$$s: \quad t = \frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2 \frac{v_2 + v_3}{2}} = s \frac{2v_1 + v_2 + v_3}{2v_1(v_2 + v_3)} \quad \text{Тогда средняя скорость на всем пути равна}$$

$$\text{на } v_{cp} = \frac{s}{t} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{2v_1 + v_2 + v_3} = 40 \left( \frac{\text{км}}{\text{ч}} \right).$$

**9.66.** Расстояние от центра масс пластины до центра большого квадрата обозначим через  $x$  (рис.23). Из соображений симметрии, очевидно, что центры масс квадратов и оставшейся пластины лежат на диагонали квадрата. Для моментов сил тяжести вырезанного квадрата и оставшейся пластины относительно центра большого квадрата справедливо соотношение:



**Рис. 23**

$$m \left( \frac{a}{2} - \frac{a}{6} \right) \sqrt{2} = (M - m)x;$$

$$\frac{1}{9}M \cdot \frac{a}{3} \sqrt{2} = \frac{8}{9}M \cdot x; \quad x = \frac{a\sqrt{2}}{24}.$$

**9.67.** Обозначим сопротивления обмоток  $R_1$  и  $R_2$ , напряжение в сети  $U$ . Количество теплоты, необходимое для доведения воды до кипения для четырех слу-

чаев равно  $Q = \frac{U^2}{R_1} \cdot t_1 = \frac{U^2}{R_2} \cdot t_2 = \frac{U^2}{R_1 + R_2} \cdot t_{носл} = \left( \frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2} \right) \cdot t_{нар}$ . Отсюда

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{t_1}{t_2}$ . Время закипания воды, если включить только вторую обмотку

$t_2 = t_{носл} - t_1$ ,  $t_2 = 36 - t_1 = 36 - 12 = 24 \text{ мин.}$ , а время закипания воды при вклю-

чении двух обмоток параллельно  $t_{нар} = \frac{t_1 \cdot t_2}{t_1 + t_2} = \frac{12 \cdot 24}{12 + 24} = 8 \text{ мин.}$

**9.68.** Процесс парообразования идет с поглощением энергии, поэтому количество тепла, которое требуется для испарения воды, равно  $Lm_1$ , где  $m_1$  – масса испарившейся воды. При кристаллизации воды выделяется количество теплоты  $\lambda m_2$ , где  $m_2$  – масса образовавшегося льда. Уравнение теплового баланса:  $Lm_1 = \lambda m_2$ . Если масса всей воды до откачивания  $m$ , то  $m = m_1 + m_2$ , откуда

$m_2 = m - m_1$ . Тогда мы получаем  $\lambda(m - m_1) = Lm_1$ , откуда  $m - m_1 = \frac{L}{\lambda}m_1$ , или окон-

чательно получаем  $\frac{m_1}{m} = \frac{\lambda}{\lambda + L} \approx 0,12$ . При решении задачи мы не учитывали, что значение  $L$  при  $0^\circ\text{C}$  и  $100^\circ\text{C}$  несколько отличаются.

**9.69.** Меньше. При вынимании груза из банки объем вытесняемой банкой воды

уменьшится на величину  $V_1 = \frac{m}{\rho_1}$  ( $m$  – масса груза,  $\rho_1$  – плотность воды). При

погружении груза в воду объем вытесненной воды увеличится на величину

объема груза  $V_2 = \frac{m}{\rho_2}$  ( $\rho_2$  – плотность груза). Так как  $\rho_1 < \rho_2$ , то  $V_1 > V_2$ , а значит

$h_2 < h_1$ .

**9.70.** Вес парохода с грузом  $P$  по закону Архимеда равен весу вытесненной морской воды

$P = V1.03\rho g$ , где  $V$  – вытесненный объем жидкости;  $\rho$  – плотность речной воды. В реке  $P - 900000 = V\rho g$ .

Почленно разделив уравнения, получим:

$$\frac{P}{P - 900000} = \frac{1.03}{1};$$

$$P = 3,09 \cdot 10^7 \text{ Н.}$$

Ответ:  $P = 3,09 \cdot 10^7 \text{ Н.}$

**9.71.** Так как сталь выпускается при температуре плавления, то тепло расходуется на нагревание стали до температуры плавления и само плавление. Следовательно, необходимое количество тепла будет

$Q = cmt + \lambda m$ , где  $c$  – удельная теплоемкость,  $m$  – масса стали, выплавляемой за час,  $t$  – температура плавления,  $\lambda$  – удельная теплота плавления. С другой стороны, подведенное тепло

$$Q = 0.7(m_n \cdot q) + 0.2Q, \text{ т.е.}$$

$$Q = \frac{7}{8}(m_n \cdot q), \text{ } m_n \text{ – масса нефти, } q \text{ – теплотворная способность нефти. При-}$$

равнивая уравнения, получаем:

$$cmt + \lambda m = \frac{7}{8} m_n \cdot q,$$

$$m_n = \frac{8 cmt + \lambda m}{7 q} = \frac{8 \cdot 500 \cdot (460 \cdot 1400 + 82000)}{4.3 \cdot 10^7} = 9.65 \text{ кг}$$

Ответ:  $m_n = 9.65 \text{ кг}$

**9.72.** Пусть ось  $X$  совпадает с направлением движения автомобиля. Начало оси выберем в точке, из которой автомобиль начинает движение. Запишем уравнение движения автомобиля и формулу для скорости:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad v = v_0 + at \quad (1).$$

Для конечной точки первого участка уравнения(1) примут вид

$$s_1 = x_1 - x_{01} = \frac{a_1 t_1^2}{2}, \quad v_1 = a_1 t_1.$$

Решая совместно эти уравнения, получаем  $v_1^2 = 2a_1 s_1$ , откуда

$$a_1 = \frac{v_1^2}{2s_1}, \quad a_1 = \frac{10^2}{2 \cdot 10^3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$$

Для конечной точки второго участка уравнения(1) примут вид:

$$s_2 = x_2 - x_{02} = v_1 t_2 + \frac{a_2 t_2^2}{2} \quad (\text{так как } v_{02} = v_1), \quad v_2 = v_1 + a_2 t_2.$$

Решая совместно эти уравнения, находим  $v_2^2 - v_1^2 = 2a_2 s_2$ , откуда

$$a_2 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s_2}, \quad a_2 = \frac{15^2 - 10^2}{2 \cdot 10^3} \frac{m}{c^2} = 6.25 \cdot 10^{-2} m/c^2$$

Следовательно  $a_2 > a_1$ .

**9.73.** З и З' – плоскости зеркала до и после поворота; n и n' – нормали к зеркалу до и после поворота, В и В' – отраженные лучи до и после поворота.

$\angle BOB' = \alpha'$  - искомый угол,  $\angle non'$  - угол поворота вертикали. Из рисунка 24 видно, что

$$\alpha' = \angle BOB' = \angle n'OB' - \angle n'OB,$$

$$\angle n'OB' = \angle AOn + \alpha,$$

$$\angle n'OB = \angle AOn - \alpha.$$

Следовательно,

$$\alpha' = \angle AOn + \alpha - \angle AOn + \alpha = 2\alpha$$

Ответ: отраженный луч повернулся на

$$\alpha' = 2\alpha.$$

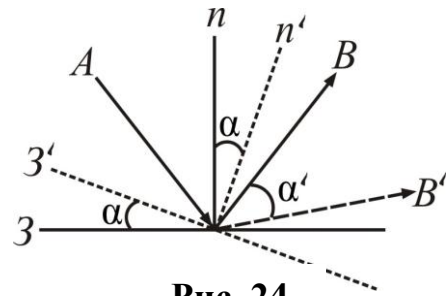


Рис. 24

**9.74.** Запишем соотношения для сопротивлений проводников:

$$R_1 = \rho_1 \frac{l_1}{S_1} \quad (1), \quad R_2 = \rho_2 \frac{l_2}{S_2} \quad (2), \quad \text{где } \rho_1 = 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \text{ и } \rho_2 = 2.8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

- удельные сопротивления меди и алюминия соответственно. Условие равенства масс дает:

$l_1 \cdot S_1 \cdot \rho'_1 = l_2 \cdot S_2 \cdot \rho'_2$  (3), где  $\rho'_1 = 8.9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho'_2 = 2.7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  - плотности меди и алюминия соответственно. Из (1-3) после преобразования находим отношение длин проводников из алюминия  $l_2$  и меди  $l_1$ :

$$\frac{l_2}{l_1} = \sqrt{\frac{\rho_1 \cdot \rho'_1}{\rho_2 \cdot \rho'_2}} = 1.41$$

## 10 класс

**10.1.** В системе координат, связанной с плотом, катер удаляется от плота в течение времени  $t_1$  и за то же время возвращается к нему. Следовательно, относительно берега за время  $2t_1$  плот прошел расстояние  $\ell$ , т. е. скорость плота

$$v = \frac{\ell}{2t_1} = 3 \text{ км/ч}$$

**10.2.** Совершенная работа будет затрачена на увеличение потенциальной энергии растянутой пружины и поднятого на высоту  $h$  тела:  $A = \frac{kx^2}{2} + mgh$ .

Так как деформация пружины  $x = \frac{mg}{k}$ , то  $A = \frac{m^2 g^2}{2k} + mgh$ .

**10.3.**  $T = 1 \text{ Н}$ ;  $v = 0,79 \text{ с}^{-1}$

Используем уравнение второго закона Ньютона в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell \cos \alpha}} = 0,79 \text{ с}^{-1}; \quad T = \frac{mg}{\cos \alpha} = 1 \text{ Н.}$$

Модуль скорости груза не меняется со временем, потому что силы тяжести и натяжения нити перпендикулярны элементарному перемещению, а значит их работа равна нулю.

**10.4.** Так как  $A=0$ , то по первому закону термодинамики

$$Q = \Delta U = \frac{3m}{2M} R(T_2 - T_1) = \frac{3m}{2M} RT_1 \left( \frac{P_2}{P_1} - 1 \right)$$

Искомая сила давления  $F = P_2 S = P_1 S \left( \frac{2QM}{3mRT_1} + 1 \right)$

$$\mathbf{10.5.} \quad h_n = \frac{g}{2} (2n - 1) (м)$$

Указание. Из перемещения за  $n$  секунд вычтешь перемещение за  $(n-1)$  секунд

**10.6.** Закон сохранения энергии для скользящего тела дает  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ ;  $gh = \frac{v^2}{2}$

Используем уравнение второго закона Ньютона в проекциях на ось  $X$  (радиальное направление).

$$mg_x - N = \frac{mv^2}{R}. \quad \text{В момент отрыва } N=0:$$

$$g_x = \frac{v^2}{R}; \quad g \sin \alpha = \frac{v^2}{R}; \quad \sin \alpha = \frac{R-h}{R}$$

$$gh = \frac{gR \frac{R-h}{R}}{2} \Rightarrow h = \frac{R}{3}$$

$$\mathbf{10.7.} \quad \begin{cases} ma_x = N_1 - F_{TP} \\ ma_y = N_2 - mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N_1 = \mu N_2 \\ N_2 = mg \end{cases}$$

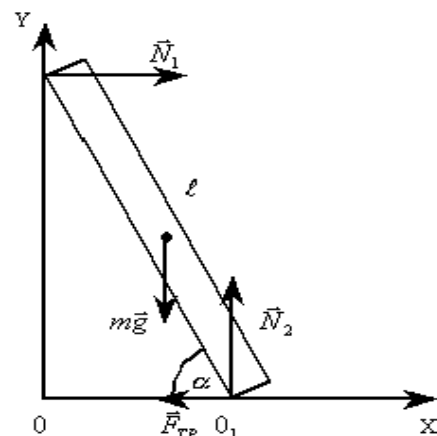


Рис. 25

Запишем условие равновесия для моментов сил относительно точки  $O_1$  (рис. 25):

$$N_1 \ell \sin \alpha - mg \frac{\ell}{2} \cos \alpha = 0$$

$$\mu \cdot mgl \sin \alpha - mg \frac{\ell}{2} \cos \alpha = 0$$

$$\mu \sin \alpha = \frac{\cos \alpha}{2} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2\mu}$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{1}{2\mu}$$

$$10.8. P = \frac{V + nV_0}{V} P_0$$

$$10.9. v_0 = \frac{g}{2} \sqrt{t_0^2 + \frac{8H}{g}}; t_3 = \sqrt{t_0^2 + \frac{8H}{g}} \quad (\text{рис. 26})$$

$$10.10. a = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m} \approx 5 \text{ м/с}^2$$

$$10.11. T_1 = \frac{\Delta T}{\varphi} = 500 \text{ К}$$

10.12. На движущийся в воде шарик действует сила тяжести вниз, а сила Архимеда и сила сопротивления вверх:  $mg = F_A + F_{\text{сопр}}$

В тепло превращается работа силы сопротивления:

$$Q = F_{\text{сопр}} \cdot h = (mg - F_A) \cdot h = (\rho_{\text{см}} - \rho_{\text{в}}) \cdot gVh$$

$$Q = (2400 - 1000) \cdot 9.8 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 3.43 \cdot 10^{-2} \text{ (Дж)}$$

$$10.13. P = nkT = \frac{N}{V} kT \quad (1)$$

$$N = (1 - \alpha)N_0 + 2\alpha N_0 = (1 + \alpha)N_0 \quad (2)$$

$N_0$  – число молекул азота до диссоциации,  $N$  – сумма чисел двухатомных молекул азота и атомов азота после диссоциации.

$$N_0 = \frac{m}{M} N_A \stackrel{(1)-(2)}{\Rightarrow} P = (1 + \alpha) \frac{mRT}{MV}. P = \left(1 + \frac{1}{3}\right) \cdot \frac{10}{28} \cdot \frac{8.31 \cdot 1500}{1 \cdot 10^{-3}} = 5.94 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$10.14. c_p = \left(\frac{Q}{\Delta T}\right)_p = \left(\frac{\Delta U + P\Delta V}{\Delta T}\right)_p = \left(\frac{\Delta U}{\Delta T}\right)_p + P \left(\frac{\Delta V}{\Delta T}\right)_p \quad (1)$$

$$\text{Для одноатомного газа } U = \frac{3m}{2M} RT \Rightarrow \Delta U = \frac{3m}{2M} R\Delta T \quad (2)$$

$$\text{Из уравнения Менделеева-Клапейрона при } P = \text{const} \text{ следует } P\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T \quad (3)$$

$$(2), (3) \rightarrow (1) \Rightarrow c_p = \frac{5m}{2M} R \Rightarrow c_{p, \text{уд}} = \frac{5R}{2M}$$

10.15. Закон сохранения энергии при абсолютно неупругом ударе шаров можно записать в виде

$$-\Delta W_k = \Delta U \quad (1)$$

т. е. уменьшение кинетической энергии шаров сопровождается увеличением их внутренней энергии. Для увеличения температуры системы на  $\Delta T$  ей необхо-

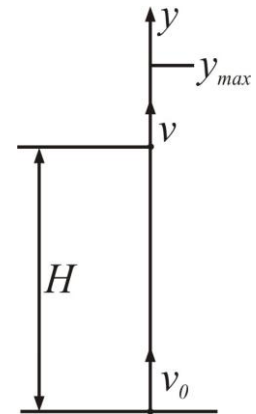


Рис. 26



димо передать теплоту  $Q$ , равную изменению внутренней энергии (работой на расширение шаров пренебрегаем).

$\Delta U = 2cm\Delta t$  (2), где  $c$  - удельная теплоемкость свинца. Из (1) и (2) следует, что

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{m(2v)^2}{2} - \frac{2mV^2}{2} = 2cm\Delta t \quad (3),$$

Конечную скорость шаров  $V$  находим из закона сохранения импульса:

$$-mv + 2mv = 2mV \quad (4)$$

(в проекции на направление движения второго шара)

$$(4) \rightarrow (3) \Rightarrow 5mv^2 - 2m\frac{1}{4}v^2 = 4cm\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{9v^2}{8c}.$$

**10.16.** По закону сложения ускорений

$$\left. \begin{aligned} \vec{a}_1 &= \vec{a}'_1 + \vec{a} \\ \vec{a}_2 &= \vec{a}'_2 + \vec{a} \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $\vec{a}_1, \vec{a}_2$  - ускорения брусков относительно Земли,  $\vec{a}'_1, \vec{a}'_2$  - их ускорения относительно стола. Из нерастяжимости нити следует, что

$$a'_1 = a'_2 = a'.$$

Из невесомости нити и блока, а также отсутствия трения в оси блока, следует одинаковость модуля силы натяжения во всех точках нити:

$$T' = T.$$

Проецируем равенства (1) на оси  $X, Y$  (рис.27):

$$\left. \begin{aligned} a_{1X} &= a' \\ a_{1Y} &= -a \\ a_{2Y} &= a' - a \end{aligned} \right\} (2)$$

С учетом соотношений (2) запишем уравнение второго закона Ньютона для брусков в проекциях на оси  $X, Y$ :

$$m_1 a' = T - \mu N \quad (3)$$

$$-m_1 a = -N + m_1 g \quad (4) \quad \text{из (3) и (4) следует: } m_1 a' = T - \mu m_1 (a + g) \quad (6)$$

$$m_2 (a' - a) = m_2 g - T \quad (5)$$

Из (5) получаем:  $m_2 a' = -T + m_2 (a + g)$  (7)

$$\frac{(6)}{(7)} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{T - \mu m_1 (a + g)}{-T + m_2 (a + g)} \Rightarrow m_1 (m_2 (a + g) - T) = m_2 (T - \mu m_1 (a + g))$$

$$T = \frac{m_1 m_2 (a + g) (1 + \mu)}{m_1 + m_2}.$$

**10.17.** Жесткостью резиновой оболочки шара можно пренебречь. Тогда условие механического равновесия малого участка резиновой оболочки дает

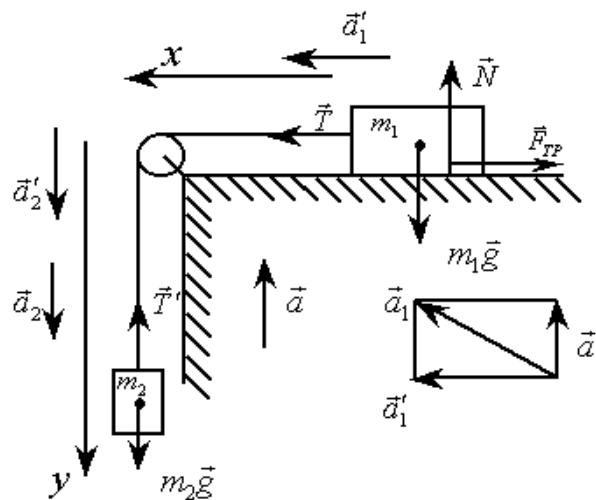


Рис. 27

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P_0 \\ P_2 &= P_0 + \rho gh \end{aligned} \right\} (1)$$

Применяем объединенный газовый закон к воздуху внутри шара

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (2);$$

$$\stackrel{(1) \rightarrow (2)}{\Rightarrow} P_2 = P_0 \frac{T_2 V_1}{T_1 V_2} \quad (3); \quad \stackrel{(3) \rightarrow (1)}{\Rightarrow} h = \frac{P_0}{\rho g} \left( \frac{T_2 V_1}{T_1 V_2} - 1 \right) = \frac{10^5}{10^3 \cdot 10} \left( \frac{282}{300} \cdot 10 - 1 \right) = 84 \text{ м}$$

$$10.18. V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (1); \quad P_2 = P_3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} \quad (2);$$

Из рисунка 28 следует:

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{V_3}{V_1} \quad (3); \quad \begin{aligned} (1) &\Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_1 V_3} = \frac{T_2^2}{T_1 T_3} \quad (4); \\ (2) &\Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_1 V_3} = \frac{P_3 V_1}{P_1 V_3} \quad (5) \end{aligned}$$

$$\stackrel{(3),(5) \rightarrow (4)}{\Rightarrow} \frac{T_2^2}{T_1 T_3} = 1 \Rightarrow T_2 = \sqrt{T_1 T_3} = 346.4 \text{ К}$$

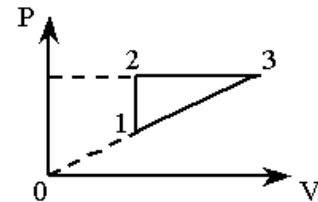


Рис. 28

10.19. Применим первый закон термодинамики для изобарного и изохорного процессов:

$$\begin{aligned} Q_p &= \Delta U + P \Delta V \\ Q_v &= \Delta U \end{aligned} \quad (1)$$

$$Q_p - Q_v = P \Delta V$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона для изобарного процесса дает

$$P \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T \rightarrow (1) \Rightarrow Q_p - Q_v = \frac{m}{M} R \Delta T \quad (2)$$

Далее используем выражение для теплоты, необходимой для увеличения температуры тела на  $\Delta T$ :  $Q_p = C_p m \Delta T$  (3)

С учетом равенства (2), (3) искомое отношение теплот равно

$$\frac{Q_p}{Q_v} = \frac{Q_p}{Q_p - (Q_p - Q_v)} = \frac{C_p m \Delta T}{C_p m \Delta T - \frac{m}{M} R \Delta T} = \frac{C_p M}{C_p M - R};$$

$$\frac{1010 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{1010 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} - 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} \approx 1,4$$

10.20. После обрыва нити тело движется как брошенное горизонтально. Вдоль горизонтальной оси имеет место равномерное движение, а вдоль вертикальной – свободное падение. Отсюда

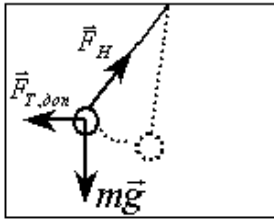
$$\left. \begin{aligned} L &= v_0 t \\ H - \ell &= \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow v_0 = \frac{L}{t} = L \sqrt{\frac{g}{2(H - \ell)}} \quad (1)$$

Силу натяжения нити в момент обрыва находим из второго закона Ньютона (в проекциях на вертикальную ось):

$$m a_{\text{ц}} = F_H - mg \quad (2) \text{ где } a_{\text{ц}} \text{ – центростремительное ускорение}$$

$$a_{Ц} = \frac{v_0^2}{\ell} \quad (3); \quad \stackrel{(1),(2),(3)}{\Rightarrow} F_H = m \left( g + \frac{v_0^2}{\ell} \right) = mg \left( 1 + \frac{L^2}{2\ell(H-\ell)} \right) = 1 \left( 1 + \frac{16}{2} \right) = 9H$$

**10.21.** Рассмотрим колебания в неинерциальной системе отсчета (НИСО), связанной с вагоном. Неинерциальность СО в уравнении второго закона Ньютона формально сказывается как появление дополнительной силы, равной  $\vec{F}_{\ddot{a}i} = -m\vec{a}$  (1), которая называется силой инерции и может рассматриваться как дополнительная сила тяжести (рис. 29). Отсюда



**Рис. 29**

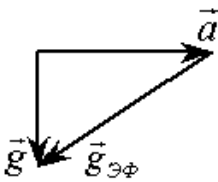
$$m\vec{a}' = m\vec{g} + \vec{F}_f + \vec{F}_{\ddot{a}i} \quad (2); \quad \text{где } \vec{a}' - \text{ускорение маятника в НИСО, связанной с вагоном.}$$

Из (1) и (2) следует:  $m\vec{a}' = m(\vec{g} - \vec{a}) + \vec{F}_H$

Величину  $\vec{F}_{T,\ddot{a}} = m(\vec{g} - \vec{a})$  можно рассматривать как некоторую эффективную силу тяжести, сообщающую маятнику эффективное ускорение свободного падения (относительно вагона)  $\vec{g}_{\ddot{a}\phi} = \vec{g} - \vec{a}$

Таким образом, формально уравнение второго закона Ньютона в системе вагона принимает тот же вид, что и при неподвижной точке подвеса:  $m\vec{a} = m\vec{g}_{\ddot{a}\phi} + \vec{F}_H$

Следовательно, формула периода малых колебаний принимает вид  $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g_{\ddot{a}\phi}}}$ , т.е. по сравнению со случаем неподвижной точки подвеса величина  $g$  заменяется на  $g_{\ddot{a}\phi} = |\vec{g} - \vec{a}|$ .



**Рис. 30**

В рассматриваемой задаче равенству  $\vec{g}_{\ddot{a}\phi} = \vec{g} - \vec{a}$  соответствует следующий треугольник ускорений (рис. 30).

Отсюда  $g_{\ddot{a}\phi} = \sqrt{g^2 + a^2}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{\sqrt{g^2 + a^2}}} = 0,69\pi \text{ с} = 2,17\text{с.}$$

**10.22.** Из механического равновесия поршня следует равенство давлений водорода и азота:  $P_1 = P_2 = P$

Из термодинамического равновесия системы вытекает равенство температур рассматриваемых газов:  $T_1 = T_2 = T$ . Поэтому уравнение Менделеева-

Клапейрона для каждого газа можно записать в виде

$$\left. \begin{aligned} PV_1 &= \frac{m_1}{M_1} RT \\ PV_2 &= \frac{m_2}{M_2} RT \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1 M_2}{m_2 M_1}; \quad \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{1 + \frac{V_2}{V_1}} = \frac{1}{1 + \frac{m_2 M_1}{m_1 M_2}} = \frac{1}{1 + \frac{10 \cdot 2}{3 \cdot 28}} = \frac{42}{52} \approx 0.81$$

**10.23.** Перемещения при подъеме и спуске соответственно равны

$$S_n = v_0 t_n - \frac{a_n t_n^2}{2} = \frac{a_n t_n^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t_n^2}{2} \quad \text{и}$$

$$S_c = \frac{a_c t_c^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t_c^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{2} (1.2 t_n)^2. \quad \text{Приравнивая}$$

$$S_n = S_c, \quad \text{получим:} \quad \sin \alpha + \mu \cos \alpha = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \cdot 1.44. \quad \text{Откуда} \quad \mu = \frac{0.44 \operatorname{tg} \alpha}{2.44};$$

$$\mu = 0.1$$

**10.24.** Запишем условия сохранения импульса и энергии:

$$\begin{cases} m\vec{v}_1 = m\vec{v}'_1 + m\vec{v}'_2, & \begin{cases} \vec{v}_1 = \vec{v}'_1 + \vec{v}'_2, & (1) \\ v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2. & (2) \end{cases} \end{cases}$$

Из уравнения (1) следует, что векторы  $\vec{v}_1$ ,  $\vec{v}'_1$  и  $\vec{v}'_2$  образуют треугольник, а из уравнения (2) следует, что этот треугольник прямоугольный.

Ответ: прямой угол.

**10.25.** Из уравнения Менделеева-Клапейрона имеем:  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_1 2V_1}{T_1 + \Delta T}$

$$2T_1 = T_1 + \Delta T; \quad T_1 = \Delta T = 1\text{К}$$

$$T_2 = T_1 + 1 = 2\text{К}$$

Ответ: от 1К до 2К.

**10.26.** В предельном случае торможения закон сохранения энергии дает

$$\frac{mv^2}{2} = F_{TP_1} S, \quad \text{т.е. необходимая сила трения скольжения равна} \quad F_{TP_1} = \frac{mv^2}{2S} \quad (1).$$

Чтобы осуществить поворот автомобиля по дуге радиуса  $S$ , необходима центростремительная сила

$$F_{TP_2} = \frac{mv^2}{S} \quad (2). \quad \text{Однако роль центростремительной силы}$$

здесь может играть лишь сила трения покоя, а ее максимальное значение приближенно равно силе трения скольжения  $F_{TP_1}$ . Из равенств (1) и (2) получаем

$$F_{TP_2} = 2F_{TP_1}, \quad \text{т.е. центростремительной силы, равной} \quad F_{TP_1}, \quad \text{недостаточно для}$$

удержания автомобиля на окружности радиуса  $S$ . Следовательно, шоферу, внезапно увидевшему стену, будет более безопасным затормозить.

**10.27.** Участки (1-2) и (3-4) - изохоры, т. е.  $A_{12} = A_{34} = 0$ . Участки (2-3) и (4-1) - изобары. Поэтому работа газа за цикл равна

$$\begin{aligned} A &= A_{23} + A_{41} = P_2(V_3 - V_2) + P_1(V_1 - V_4) = P_2V_3 - P_2V_2 + P_1V_1 - P_1V_4 = \nu R(T_3 - T_2 + T_1 - T_4) = \\ &= 3 \cdot 8,3(2400 - 800 + 400 - 1200) \approx 20 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

**10.28.** Пусть поршень стал проницаемым для первого газа, находящегося слева. Тогда происходит расширение первого газа (сквозь поршень) до полного объема трубки. Давление первого газа слева и справа от поршня становится равным

$$P_1 = \frac{P}{2}. \quad \text{Сила давления со стороны второго газа толкает поршень влево, пока не}$$

уменьшится до значения, равного силе трения  $F_{\text{д}} = P_2 S = F \quad (1), \quad \text{где} \quad P_2 - \text{конеч-}$

ное давление второго газа. Закон Бойля-Мариотта для процесса расширения второго газа дает  $PS\ell = P_2S(\ell + x) = F(\ell + x)$ ,

$x = \ell \left( \frac{PS}{F} - 1 \right)$  (2). В частности, отсюда следует, что  $x = 0$  при  $F = PS$ . Очевидно, что поршень останется на месте, т. е.  $x = 0$  и в более общем случае  $F \geq PS$  (сильное трение).

Далее из (2) видим, что  $x = \ell$  при  $F = \frac{PS}{2}$ . Это ситуация, когда поршень достигает левого края трубки. Очевидно, что то же самое происходит и в более общем случае  $F \leq \frac{PS}{2}$  (слабое трение).

**10.29.** Применим закон Бойля-Мариотта для массы воздуха, которая в конечном состоянии оказывается в камере под давлением  $P$ :  $PV = P_0(0,75V + nV_0)$  (1). Пренебрегая жесткостью резиновой шины, можно написать  $P = \frac{F}{S}$  (2). Из уравнений

(1) и (2) получаем

$$n = \left( \frac{F}{SP} - 0,75 \right) \frac{V}{V_0} = \left( \frac{950}{60 \cdot 10^{-4} \cdot 10^5} - 0,75 \right) \frac{2000}{40} =$$

$$50 \left( \frac{95}{60} - 0,75 \right) \approx 41,6$$

$$n = 42$$

**10.30.**  $F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} \approx 11,8 \text{ Н}$

**10.31.** Для неизменной массы газа справедливо соотношение  $\frac{pV}{T} = const$ . Тогда:

$$\frac{p_0 Sh}{T_1} = \frac{(p_0 + \frac{mg}{S})Sh_2}{T_2}, \text{ откуда находим } h_2, \text{ и далее } \Delta h = h - h_2, \Delta h = h \left( 1 - \frac{p_0 T_2}{T_1 (p_0 + \frac{mg}{S})} \right),$$

$$\Delta h = 0,2 \text{ м.}$$

Ответ:  $\Delta h = 0,2 \text{ м}$

**10.32.** Работа газа за цикл равна площади ограниченной линией, описывающей цикл (см. рисунок в условии):

$$A = \frac{1}{2}(p_1 - p_3)(V_2 - V_3) = \frac{1}{2}(p_1 - p_3)V_3, \text{ так как } V_2 = 2V_3. p_1V_1 = p_1V_3; p_3V_3 = p_2 \frac{V_2}{2} = \frac{1}{2} p_1V_1,$$

так как состояния 1 и 2 – это одна и та же изотерма.

$$\text{Таким образом, } A = \frac{1}{4} p_1V_1 = \frac{1}{4} RT_1 = \frac{8,31 \cdot 300}{4} = 623 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $A = 623 \text{ Дж.}$

**10.33.** Периоды колебаний часов в Москве и в Брянске равны, соответственно:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g_M}} \text{ и } T_B = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g_B}}. \text{ Число колебаний за сутки } N_M = \frac{t}{T_M}, N_B = \frac{t}{T_B}.$$

В Брянске период колебаний больше, значит, часы будут отставать. Отставание

$$\text{составит } \Delta t = (N_M - N_B) \cdot T_M = t \left( 1 - \frac{T_M}{T_B} \right) = 8.8 \text{ с}$$

Ответ:  $\Delta t = 8.8 \text{ с}$

**10.34.** Пусть  $S$  и  $t$  соответственно весь путь и все время падения, тогда  $S = \frac{gt^2}{2}$  и

$\frac{S}{2} = \frac{gt_1^2}{2}$ ,  $t_1$  – время прохождения первой половины пути. Тогда

$$t_2 = t - t_1 = \sqrt{\frac{2S}{g}} - \sqrt{\frac{S}{g}}. \text{ Откуда для } S \text{ получаем } S = \frac{gt_2^2}{3 - 2\sqrt{2}} = 57.12 \text{ м}$$

**10.35.** Путь при равноускоренном движении найдем по формуле  $S = \frac{v_{\kappa}^2 - v_{\text{нач}}^2}{2a}$ .

$$v_{\kappa} = 0; a = \frac{F_{\text{мп}}}{m} = -\frac{\mu mg}{m} = -\mu g$$

$$S = \frac{v_{\text{нач}}^2}{2\mu g}.$$

**10.36.** Условие подъема шара:  $F_{\text{Арх}} = m_{\text{газ}}g + m_{\text{полез}}g$ . Для  $\text{H}_2$  и  $\text{He}$  соответ-

$$\text{ственно имеем: } \begin{cases} \rho_{\text{возд}}gV = m_{\text{He}}g + m_1g, \\ \rho_{\text{возд}}gV = m_{\text{H}_2}g + m_2g. \end{cases}$$

$$\text{Искомое } n = \frac{m_2}{m_1} = \frac{\rho_{\text{возд}}V - m_{\text{H}_2}}{\rho_{\text{возд}}V - m_{\text{He}}} = \frac{\frac{M_{\text{возд}}pV}{RT} - \frac{M_{\text{H}_2}pV}{RT}}{\frac{M_{\text{возд}}pV}{RT} - \frac{M_{\text{He}}pV}{RT}} =$$

$$= \frac{M_{\text{возд}} - M_{\text{H}_2}}{M_{\text{возд}} - M_{\text{He}}} = \frac{29 - 2}{29 - 4} = \frac{27}{25} = 1.08$$

Максимально полезная нагрузка увеличится в 1.08 раза.

**10.37.** Давление смеси газов равно сумме парциальных давлений

$$P = P'_1 + P'_2 = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V_1 + V_2} = 144.3 \text{ кПа}$$

**10.38.** Применяем к грузу второй закон Ньютона в проекциях на оси X, Y:

$$\left. \begin{aligned} ma &= F_H \sin \alpha & (1) \\ 0 &= F_H \cos \alpha - mg & (2) \end{aligned} \right\}$$

$$\text{Отсюда } \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}, \alpha = 17^\circ$$

$$F_H = m\sqrt{g^2 + a^2} = 20.5H.$$

**10.39.** Пусть  $\frac{m}{l}$  – масса единицы длины цепочки. Пусть  $x$  – длина свисающей части цепочки, в начальный момент  $x = \frac{l}{2}$ , тогда ускорение соскальзывающей

цепочки  $\alpha_1 = \frac{\left(\frac{m}{l}\right) \cdot x \cdot g}{m} = \frac{x \cdot g}{l}$ , и в начальный момент  $\alpha_1 = \frac{g}{2}$ . Если к концам цепочки

прикрепить одинаковые массы  $M$ , то в момент, когда со стола свисает часть цепочки длиной  $x$  ускорение цепочки  $\alpha_2 = \frac{\left(\left(\frac{m}{l}\right) \cdot x + M\right) \cdot g}{m + 2M}$ . Сравним  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

$$\alpha_1 = \frac{x \cdot g}{l} \cdot \frac{(m + 2M)}{m + 2M} \cdot \frac{m}{m} = \frac{x \cdot g \cdot m \cdot m + x \cdot g \cdot 2 \cdot M \cdot m}{l \cdot (m + 2M) \cdot m}$$

$$\alpha_2 = \frac{\left(\left(\frac{m}{l}\right) \cdot x + M\right) \cdot g}{m + 2M} \cdot \frac{m}{m} = \frac{m \cdot x \cdot g \cdot \frac{m}{l} + M \cdot m \cdot g \cdot \frac{l}{l}}{(m + 2M) \cdot m}$$

$$= \frac{m \cdot x \cdot g \cdot m + M \cdot m \cdot g \cdot l}{l \cdot (m + 2M) \cdot m}$$

$\alpha_1 - \alpha_2 = \frac{Mmg(2x - l)}{l \cdot (m + 2M) \cdot m}$ , видно, что  $\alpha_1 = \alpha_2$  в начальный момент, когда  $x = \frac{l}{2}$ . Ко-

гда же  $x > \frac{l}{2}$ , то  $\alpha_1 > \alpha_2$ . Отсюда следует, что цепочка соскользнет быстрее без масс.

**10.40.** Для пути  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$  имеем  $Q_1 = \Delta U_1 + A_1$ . Для пути  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2$  соответственно  $Q_2 = \Delta U_2 + A_2$ . Так как газ идеальный одноатомный, то  $U = \frac{3}{2} \cdot R \cdot T$  и  $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot R \cdot \Delta T$ .

В точке 2 температура газа  $T_2$ .  $\Delta U_1 = \Delta U_2 = \frac{3}{2} \cdot R \cdot (T_2 - T_1)$ . Разность температур найдем из уравнений Менделеева-Клапейрона:

$$\left. \begin{array}{l} P_0 V_0 = RT_1 \\ 2P_0 2V_0 = RT_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 4P_0 V_0 - P_0 V_0 = R(T_2 - T_1); \\ \Delta U_1 = \Delta U_2 = \frac{9}{2} P_0 V_0. \end{array}$$

$$T_2 - T_1 = \frac{3P_0 V_0}{R}.$$

Теперь найдем  $A_1$  и  $A_2$ .  $A_1$  – работа совершается на участке  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ ;  $A_1 = P_0(2V_0 - V_0) = P_0 V_0$ .  $A_2$  – работа на участке  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2$ ;  $A_2 = 2P_0(2V_0 - V_0) = 2P_0 V_0$ .

$$\text{Искомое отношение } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\frac{9}{2} \cdot P_0 V_0 + P_0 V_0}{\frac{9}{2} \cdot P_0 V_0 + 2P_0 V_0} = \frac{11}{13}.$$

**10.41.** Пружина в начальный момент сжата весом верхней пластины на величину  $x_1 = \frac{m_1 g}{k}$ . Чтобы приподнять нижнюю пластину, надо растянуть пружину от-

носителем ее нормального нерастянутого состояния на  $x_2 = \frac{m_2 g}{k}$ , т.е. в сумме пружина должна подняться от начального положения на  $x_1 + x_2 = \frac{m_1 + m_2}{k} \cdot g$ .

Пусть  $x_3$  – на столько сжали пружину еще, приложив силу  $F$ . Тогда из закона сохранения энергии (считая пружину невесомой) имеем:

$$\frac{k(x_1 + x_3)^2}{2} = (x_1 + x_2 + x_3)m_1 g + \frac{kx_2^2}{2}$$

$$\frac{kx_1^2}{2} + \frac{2kx_1x_3}{2} + \frac{kx_3^2}{2} = (x_1 + x_2)m_1 g + x_3m_1 g + \frac{kx_2^2}{2}. \quad \text{Так как } m_1 g = kx_1, \text{ получаем}$$

$$\frac{kx_1^2}{2} + \frac{2kx_1x_3}{2} + \frac{kx_3^2}{2} = kx_1^2 + kx_1x_2 + kx_1x_3 + \frac{kx_2^2}{2};$$

$$x_1^2 + x_3^2 = 2x_1^2 + 2x_1x_2 + x_2^2;$$

$$x_3 = x_1 + x_2$$

$$x_3 = x_1 + x_2 = \frac{m_1 + m_2}{k} \cdot g. \quad \text{Сила } F = kx_3 = g(m_1 + m_2).$$

**10.42.** Если муха не меняет своего положения, то время падения пробирки (время, через которое дно пробирки достигнет воды) найдем из соотношения

$$h = \frac{gt_1^2}{2} \rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad \text{Если муха перелетает в верхнюю часть, то центр тяжести}$$

пробирки с мухой не меняет положения, так как внутренние силы замкнутой системы (муха и пробирка) не могут изменить положение центра тяжести. Значит, центр тяжести будет падать с ускорением свободного падения и за время

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ прошел бы путь, равный } h. \quad \text{Но, так как муха переместилась вверх, то,}$$

чтобы центр тяжести не сместился, пробирка должна опуститься вниз на  $\Delta h = \frac{ml}{M+m}$  (это легко доказать). Поэтому во втором случае время падения  $t_2$

$$\text{найдем из } h - \Delta h = \frac{gt_2^2}{2} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(h - \Delta h)}{g}} = \sqrt{\frac{2(h - \frac{ml}{M+m})}{g}}.$$

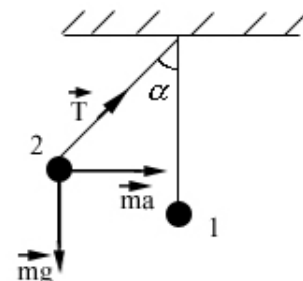
**10.43.** Для шарика на нити (рис. 31):  $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g}$ ;

$$\begin{cases} x: & ma = T \sin \alpha \\ y: & mg = T \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow a = g \operatorname{tg} \alpha$$

С другой стороны:  $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$  (рис. 32), где  $a_n = \frac{V^2}{l}$ ,

$a_t$  – тангенциальное ускорение.

$$a_n = a \cdot \sin \alpha = g \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha = g \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}.$$



**Рис.31**



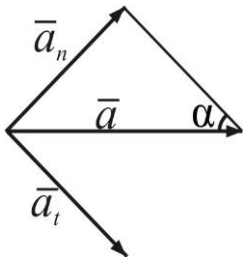


Рис. 32

Отсюда  $V^2 = g \cdot l \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$ . Но из закона сохранения механической энергии шарика в точках 1 и 2 (рис. 31) можно записать:  $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + mgl(1 - \cos \alpha)$ ; подставив сюда значение для  $V^2$  по-

лучаем:  $V_0 = \sqrt{lg(\frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} - 2 \cos \alpha + 2)} = 5 \text{ м/с}$

10.44.  $T_{\text{установ.}} = \frac{T_1 \cdot 1 + T_2 \cdot 2 + T_3 \cdot 3}{6} = \frac{330 \cdot 1 + 300 \cdot 2 + 280 \cdot 3}{6} = 295 \text{ К} = 22^\circ \text{ C}$

10.45. Для трех случаев по закону сохранения энергии:

$$E_{\text{пруж.}} = \frac{m_A V_A^2}{2} \quad (1)$$

$$E_{\text{пруж.}} = \frac{m_B V_B^2}{2} \quad (2)$$

$$E_{\text{пруж.}} = \frac{(m_A V_A'^2 + m_B V_B'^2)}{2} \quad (3)$$

Из (1) и (3) получаем:

$$V_A'^2 + \frac{m_B}{m_A} V_B'^2 = V_A^2 \quad (4)$$

Из (2) и (3) имеем:

$$\frac{m_A}{m_B} V_A'^2 + V_B'^2 = V_B^2 \quad (5)$$

По закону сохранения импульса:

$$m_A V_A' = m_B V_B' \quad (6)$$

Решая систему из трех уравнений с неизвестными  $V_A'$ ,  $V_B'$ ,  $\frac{m_A}{m_B}$  можно получить

$$V_A' = V_A^2 (V_A^2 + V_B^2)^{-1/2}$$

$$V_B' = V_B^2 (V_A^2 + V_B^2)^{-1/2};$$

тогда найдем  $V_A' = 4,4 \text{ м/с}$ ,  $V_B' = 10 \text{ м/с}$ .

10.46. Из условия равновесия кубика

$$\rho_{\text{в}} g H + \rho_{\text{рт}} g (a - H) = \frac{m_{\text{к}} g}{a^2} \text{ выражаем } H:$$

$$H = \frac{\rho_{\text{рт}} g a - \frac{m_{\text{к}} g}{a^2}}{(\rho_{\text{рт}} - \rho_{\text{в}}) g} = 0,046 \text{ м}.$$

Давление на нижнюю грань кубика (рис.33) равно:

$$\frac{m_{\text{куб.}} \cdot g}{a^2} = \frac{7800 \cdot (0,1)^3 \cdot 9,81}{0,1^2} \approx 7650 \text{ Па}$$

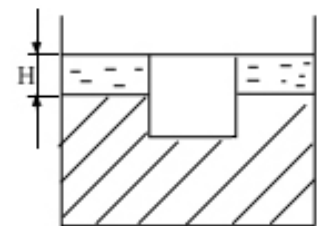


Рис. 33

10.47. Для осколка, полетевшего вверх, координата  $y$  изменяется от времени по закону:

$$y(t) = H + v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \text{ Для момента, когда тело упало на землю } 0 = H + v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}. \quad (1)$$

Второе тело по оси  $y$  проходит путь  $H = \frac{gt_2^2}{2}$  (2)

Подставим (2) в (1):  $0 = \frac{gt_2^2}{2} + v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{g(t_1^2 - t_2^2)}{2t_1}$

Тогда по горизонтали осколок  $B$  пролетит расстояние  $S = v_0 t_2 = \frac{g(t_1^2 - t_2^2)t_2}{2t_1}$

**10.48.** Предположим, что тело  $M$  едва удерживается, чтобы не сдвинуться вниз (рис. 34), тогда сила трения на него действует вверх. Это максимальная сила трения покоя. Для тел  $M$  и  $m$  имеем:

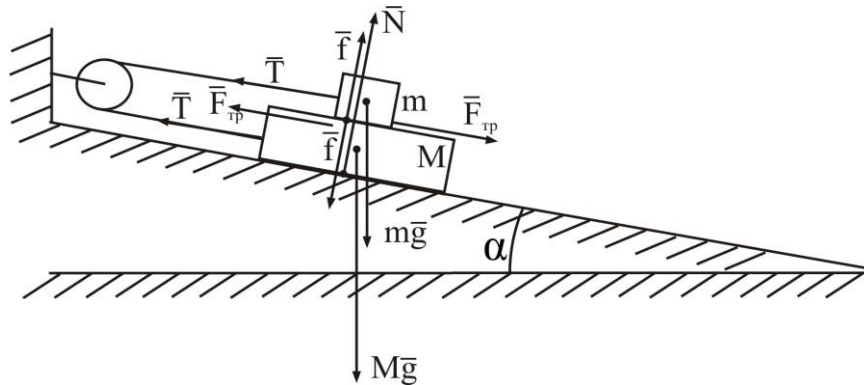


Рис. 34

$$x: \begin{cases} Mg \sin \alpha - T - F_{mp} = 0, \\ T - mg \sin \alpha - F_{mp} = 0, \\ F_{mp} = f \cdot k, \text{ где } f \text{ вес тела } m; \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = Mg \sin \alpha - kmg \cos \alpha, \\ T = mg \sin \alpha + kmg \cos \alpha; \end{cases}$$

$$Mg \sin \alpha - kmg \cos \alpha = mg \sin \alpha + kmg \cos \alpha,$$

$$y: \begin{cases} Mg \cos \alpha + f = N \\ mg \cos \alpha = f \end{cases}, \text{ где } N \text{ — реакция наклонной плоскости.}$$

$$k = \frac{Mg \sin \alpha - mg \sin \alpha}{2mg \cos \alpha} = \frac{M - m}{2m} \operatorname{tg} \alpha$$

$$k = \frac{4m - m}{2m} \cdot \operatorname{tg} 30 = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

**10.49.** Для груза на пружине  $mg = k\Delta x$ . Для состояния «1» (рис.35.1):

$$W_1 = \frac{k\Delta x^2}{2} + mgH = \frac{k\Delta x^2}{2} + mg \cdot 2\Delta x$$

Для состояния «2» (рис. 35.2):

$$W_2 = \frac{k(3\Delta x)^2}{2} = \frac{k \cdot 9\Delta x^2}{2}$$

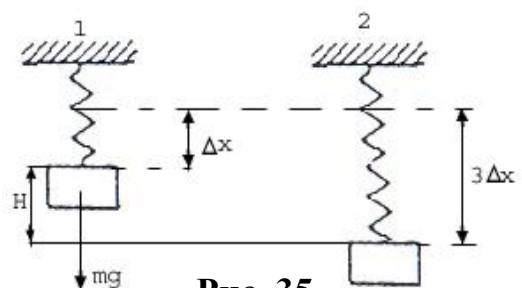


Рис. 35

$$A = W_2 - W_1 = \frac{k \cdot 9\Delta x^2}{2} - \frac{k\Delta x^2}{2} - k\Delta x \cdot 2\Delta x = 2k\Delta x^2 \quad A = 2 \cdot 400 \cdot 3^2 \cdot 10^{-4} = 0.72 \text{ Дж}$$

**10.50.** Из уравнения Менделеева-Клапейрона  $PV = \frac{m}{M}RT$  следует:  $M = \frac{mRT}{PV}$ .

$$M = \frac{0.08 \cdot 8.31 \cdot 325}{10^5 \cdot 0.135} = 0.016 \text{ кг/моль} \Rightarrow \text{CH}_4 - \text{метан}$$

**10.51.** Запишем уравнение теплового баланса  $m_1 c_1 (t_1 - t) = (m_2 c_2 + C)t$  (1), где индекс «1» относится к никелю, а «2» - к воде. Отсюда  $c_1 = \frac{(m_2 c_2 + C)t}{m_1 (t_1 - t)}$  (2). Необходи-

димо найти установившуюся температуру  $t$ . Для длин бруска никеля можно записать:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= l_0(1 + \alpha t_1) \\ l_2 &= l_0(1 + \alpha t) \end{aligned} \right\} \frac{l_1}{l_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t} \rightarrow \text{отсюда находим } t: \quad t = 17.44^\circ\text{C}. \text{ Подставляя}$$

найденное значение в (2), рассчитаем  $c_1$ :  $c_1 = 456 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$

**10.52.**  $\mu = \frac{F_2 - F_1}{F_2 + F_1} \cdot \text{tg } \alpha$

**10.53.** Перед поднятием трубки в ней находится воздух при давлении  $p_0 = \rho gh$  и в объеме равном  $\frac{L}{2} \cdot S$ . Пусть  $x$  - длина оставшегося столбика ртути, тогда для начального и конечного состояний имеем:

$$\left. \begin{aligned} p_0 S \cdot \frac{L}{2} &= pS(L - x) \\ p_0 &= p + \rho gx \end{aligned} \right\} \rightarrow p = \frac{p_0 L}{2(L - x)}$$

$\rho gx = \rho gh - \frac{p_0 L}{2(L - x)}$ . Получаем квадратное уравнение относительно  $x$ :

$$x^2 - (h + L)x + \frac{hL}{2} = 0. \text{ Решая уравнение найдем } x: \quad x = \frac{h + L - \sqrt{h^2 + L^2}}{2}.$$

**10.54.** 69 м

**10.55.**  $Q = \frac{1}{16} mg(3H - 5h - 2\sqrt{H \cdot h})$

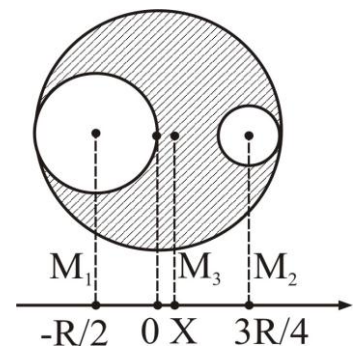
**10.56.** Для сплошного диска условие равновесия – это равенство моментов сил тяжести трёх фигур: (двух дисков с радиусами  $\frac{R}{2}$  и  $\frac{R}{4}$  и оставшейся части) относительно точки О на рисунке 36.

$$M_1 = M_2 + M_3$$

$$M_1 = F_{\text{тяж1}} \cdot l_1 = \pi \left( \frac{R}{2} \right)^2 \cdot \sigma \cdot g \cdot \frac{R}{2} \quad (\text{где } \sigma - \text{поверхностная}$$

плотность)

$$M_2 = \pi \left( \frac{R}{4} \right)^2 \cdot \sigma \cdot g \cdot \frac{3}{4} R$$



**Рис. 36**

$$M_3 = \left[ \pi R^2 - \pi \left( \frac{R}{2} \right)^2 - \pi \left( \frac{R}{4} \right)^2 \right] \cdot \sigma g \cdot x$$

После преобразования получим  $x = \frac{5R}{44}$

**10.57.** Так как  $\frac{R_1}{R_2} = 4$ , то  $\frac{I_2}{I_1} = 4$  (рис. 37)

отсюда видно, что  $I_2$  может быть макси-

мальным:  $I_2 = 5A \Rightarrow I_1 = \frac{I_2}{4} = \frac{5}{4}A$

$$I_0 = I_2 + I_1 = 5A + \frac{5}{4}A = 6,25A$$

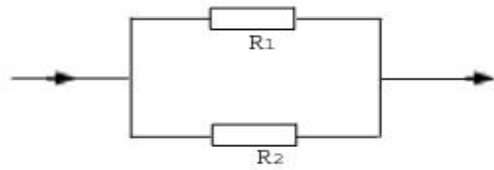


Рис. 37

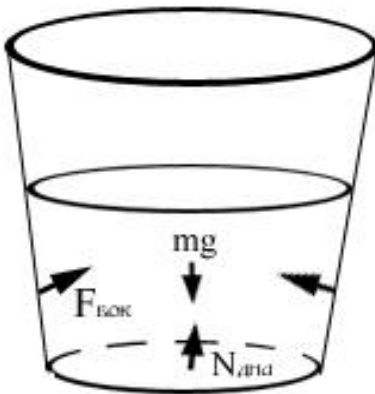


Рис. 38

**10.58.** Так как жидкость покоится, то сумма всех сил, действующих на неё равна 0:

$$\vec{m}g + \vec{N}_{\text{а\u0434\u0430}} + \vec{F}_{\text{а\u0438\u0442\u0435}} = 0 \text{ (рис. 38).}$$

Результирующая сил  $F_{\text{бок}}$  направлена вверх и равна:  $F_{\text{а\u0438\u0442\u0435}} = mg - N_{\text{а\u0434\u0430}}$ ,  $N_{\text{а\u0434\u0430}} = \rho g H \cdot S$  (так как давление определяется только высотой жидкости  $F_{\text{бок}} = mg - \rho g H S = g(m - \rho H S)$ ). Жидкость давит на боковую поверхность точно с такой же силой, но направленной вниз.

**10.59.** Найдём жёсткость пружины:

$$K_1 = \frac{F_1}{\Delta x} = \frac{1H}{0,01m} = 100 \frac{H}{m}$$

$K_2 = 200 \frac{H}{m}$ ,  $K_3 = 300 \frac{H}{m}$ . Сила  $F$ , приложенная к трём последовательно соединённым пружинам, растягивает каждую пружину именно с этой силой. Тогда

$$\frac{F}{K_1} + \frac{F}{K_2} + \frac{F}{K_3} = 0,055 \cdot$$

Отсюда  $F = 3H$ .

$$\begin{aligned} \mathbf{10.60.} \quad v(t) &= \sqrt{v_x^2(t) + v_y^2(t)} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha - gt)^2} = \\ &= \sqrt{v_0^2 - 2v_0 \sin \alpha \cdot gt + g^2 t^2}, \end{aligned}$$

$$\text{tg} \beta = \frac{v_y(t)}{v_x(t)} = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha} = \text{tg} \alpha - \frac{g}{v_0 \cos \alpha} \cdot t$$

**10.61.** Правый подвес (один из двух) действует на верхнюю часть цепочки с силой  $F$ , вертикальная составляющая которой  $F_1 = \frac{mg}{2}$ , а горизонтальная составляющая

$$F_2 = \frac{F_1}{\text{tg} \alpha} = \frac{mg}{2 \text{tg} \alpha} \text{ (рис.39).}$$

$$T_1 = F = \frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{mg}{2 \sin \alpha}$$

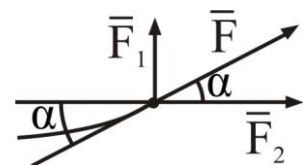


Рис. 39

$$T_2 = F_2 = \frac{mg}{2\operatorname{tg}\alpha}.$$

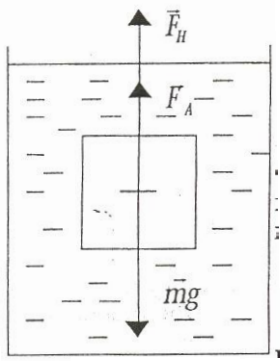


Рис. 40

**10.62.** На тело, поднимаемое из воды, действует сила тяжести  $F = mg$ , сила Архимеда  $F_A = \rho Vg$ , где  $\rho$  - плотность воды,  $V$  - объём тела,  $g$  - ускорение свободного падения и сила натяжения троса  $F_H = k\Delta x$ , где  $\Delta x$  - удлинение троса (рис. 40). Согласно второму закону Ньютона, ускорение, с

которым поднимают груз из воды, равно:  $a = \frac{\vec{F}_{рез}}{m}$ , где  $\vec{F}_{рез}$

- результирующая сила:  $\vec{F}_{рез} = m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_H$ .

С учётом направления сил получим уравнение:

$$a \cdot m = F_A + F_H - mg = k\Delta x + \rho Vg - mg = k\Delta x + \rho g \frac{m}{\rho_c} - mg, \text{ откуда } \Delta x = m(g + a - \frac{\rho g}{\rho_c}).$$

**10.63.** После неупругого удара шары станут двигаться как одно целое. Изменение кинетической энергии шаров будет равно:

$$\Delta E = E_{к.о} - (E_{к.1} + E_{к.2}), \text{ где } E_{к.о} = \frac{(m+m)v_0^2}{2}$$

$$E_{к.1} = \frac{mv_1^2}{2} \text{ и } E_{к.2} = \frac{mv_2^2}{2} - \text{энергия шаров после и до удара.}$$

На основании закона сохранения импульса получим:  $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}_0$ , где  $\vec{v}_0$  - общая скорость шаров после неупругого удара. С учётом направления дви-

жения шаров следует, что  $v_0 = \frac{v_2 - v_1}{2}$ , так как  $m_1 = m_2 = m$ .

$$\text{Следовательно, } \Delta E = \frac{2mv_0^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = -1800 \text{ Дж.}$$

Согласно закону сохранения полной энергии тела,  $\Delta E = -Q$ . Учитывая, что

$$Q = 2cm\Delta T, \text{ получим: } \Delta T = \frac{Q}{2cm} = 2.52 \text{ рад}$$

**10.64.** Число ходов поршня  $n$  можно найти из условия несжимаемости жидкости. Объём жидкости  $V_1$ , вытесненной из малого цилиндра, равен объёму жидкости  $V_2$ , поступившей в большой цилиндр, т. е.  $V_1 = V_2$ . Так как

$$V_1 = nh_1S_1 \quad (1), \text{ где } h_1 - \text{величина хода, а } S_1 - \text{площадь малого}$$

$$\text{поршня. Аналогично, } V_2 = h_2S_2 \quad (2), \text{ Отсюда получим: } n = \frac{h_2S_2}{h_1S_1} \quad (3)$$

$$\text{КПД пресса } \eta = \frac{A_n}{A_o}, \text{ где } A_n - \text{полезная работа; } A_o - \text{общая работа пресса.}$$

$$\text{Следовательно, } A_n = \eta A_o = mgh_2.$$

$$\text{Значит, } h_2 = \frac{\eta A_o}{mg}.$$

Подставив значение  $h_2$  в (3),

$$\text{чим: } n = \frac{\eta A_0 S_2}{h_1 m g S_1} = 300.$$

**10.65.** При взвешивании в воздухе на кусок металла действуют:  $m\vec{g}$  - сила тяжести,  $\vec{T}_1$  - сила натяжения пружины (рис. 41 а). Запишем условие равновесия тела в скалярной форме относительно выбранного направления оси  $Y$ :  $-mg + T_1 = 0$ , откуда  $mg = T_1$ ,  $m = \frac{T_1}{g}$ . При взвешивании в воде на кусок металла

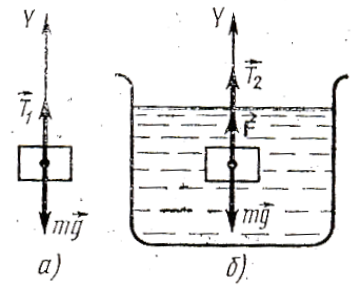


Рис. 41

действуют:  $m\vec{g}$  - сила тяжести,  $\vec{T}_2$  - сила натяжения пружины,  $\vec{F}$  - выталкивающая сила воды (рис. 41 б). Запишем условие равновесия тела в воде в скалярной форме относительно выбранного направления оси  $Y$ :  $-mg + T_2 + F = 0$  (1)

Учитывая, что  $mg = T_1$  и  $F = \rho g V$ , где  $V$  - объём тела,  $\rho$  - плотность воды, преобразуем уравнение (1):

$$T_2 - T_1 + \rho g V = 0 \quad (2)$$

С другой стороны, масса тела в воздухе и его объём соответственно равны:

$$m = m_M + m_C.$$

$$V = V_M + V_C \quad (3) \text{ или}$$

$$V = \frac{m_M}{\rho_M} + \frac{m_C}{\rho_C} \quad (4),$$

где  $m_M$  и  $m_C$  - массы меди и серебра в куске сплава;  $V_M$  и  $V_C$  - объёмы меди и серебра в куске сплава;  $\rho_M$  и  $\rho_C$  - плотности меди и серебра.

Решая совместно уравнения (2)-(4), получим:  $m_C = \frac{\rho_C \rho_M}{(\rho_C - \rho_M)g} \left( \frac{T_2 - T_1}{\rho} + \frac{T_1}{\rho_M} \right)$ ;

$$m_C = \frac{10,5 \cdot 10^3 \cdot 8,9 \cdot 10^3}{(10,5 \cdot 10^3 - 8,9 \cdot 10^3)9,8} \left( \frac{2,17 - 2,41}{10^3} + \frac{2,41}{8,9 \cdot 10^3} \right) \approx 0,183 \text{ (кг)}.$$

Учитывая, что  $m = \frac{T_1}{g}$ , из уравнения (3) найдем  $m_M = m - m_C = \frac{T_1}{g} - m_C$ ;

$$m_M = \frac{2,41}{9,8} - 0,183 = 0,062 \text{ (кг)}.$$

**10.66.** Участки кольца соединены параллельно. Пусть длина кольца  $L$ , а одного из участков -  $x$ . Тогда сопротивления участков будут равны  $\frac{Rx}{L}$  и  $\frac{R(L-x)}{L}$ , а сопротивление всей цепи равно  $\frac{R}{5} = \frac{Rx(L-x)}{L^2}$ . Отсюда  $5x(L-x) = L^2$ . Находим  $x$ :

$$x = L \left( \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{5}}{10} \right). \quad x_1 = 0,724L \text{ и } x_2 = 0,276L.$$

**10.67.** Из закона сохранения импульса имеем:  $m v_0 = (m + M)u$ , где  $v_0 = \sqrt{2gh}$  - скорость бабы копра в момент удара. Из закона сохранения энергии следует, что

убыль кинетической и потенциальной энергии бабы копра и сваи равна работе силы сопротивления грунта:

$$\frac{(m+M)u^2}{2} + (m+M)gS = F_{\text{Cопр}} \cdot S.$$

После преобразований получим:  $F_{\text{Cопр}} = \frac{m^2 gh}{S(m+M)} + (m+M)g$ ;

$$F_{\text{Cопр}} = 15100 \text{ Н}.$$

Длительность удара  $\Delta t = \frac{(m+M)u}{F_{\text{Cопр}}} = \frac{m\sqrt{2gh}}{F_{\text{Cопр}}} = 0.037 \text{ с}$

**10.68.** Периоды колебаний систем соответственно равны  $T_1 = 2\pi \left(\frac{m}{k}\right)^{\frac{1}{2}}$  и

$T_2 = 2\pi \left(\frac{m+\Delta m}{k}\right)^{\frac{1}{2}}$ , где  $k$  — коэффициент упругости пружины. Сила  $F$ , вызывающая дополнительное удлинение пружины, может быть выражена из соотношений:  $F = k\Delta l = \Delta mg$ , откуда  $\Delta l = \frac{\Delta mg}{k}$ . Так как  $T_2^2 - T_1^2 = \frac{4\pi^2 \Delta m}{k}$ , то

$$\Delta l = \frac{g(T_2^2 - T_1^2)}{4\pi^2} = 27.3 \text{ мм}.$$

**10.69.** Согласно условию плавания, вес куска льда с камнем должен равняться весу вытесненной воды. Следовательно, объём вытесненной воды (объём подводной части «айсберга») равен  $\frac{M}{\rho_в} = 3 \text{ л}$ , объём воды в ведре равен  $V - \frac{M}{\rho_в} = 7 \text{ л}$ ,

начальная масса воды в ведре  $m_в = \rho_в V - M = 7 \text{ кг}$ . Обозначим через  $V_к$  и  $V_л$  объём камня и начальный объём льда. По условию задачи, из воды вначале выступает только 5% от суммарного объёма льда и камня. Поэтому объём их погружённой части равен объёму вытесненной воды:  $0,95(V_к + V_л) = \frac{M}{\rho_в}$ , а суммарная

масса равна  $M = \rho_к V_к + \rho_л V_л$ .

Следовательно,  $V_к = \frac{M}{\rho_к - \rho_л} \left(1 - \frac{\rho_л}{0,95\rho_в}\right)$  и  $V_л = \frac{M}{\rho_к - \rho_л} \left(\frac{\rho_к}{0,95\rho_в} - 1\right)$

Масса камня и начальная масса льда равны:

$$m_к = \rho_к V_к = \frac{M\rho_к}{\rho_к - \rho_л} \left(1 - \frac{\rho_л}{0,95\rho_в}\right) =$$

$$= \frac{3 \cdot 2000}{2000 - 900} \left(1 - \frac{900}{0,95 \cdot 1000}\right) \approx 0,287 \text{ (кг)}$$

$$m_л = M - m_к \approx 3 - 0,287 = 2,713 \text{ (кг)}.$$

Обозначим конечную массу льда через  $m_л'$ . Тогда сила тяжести, действующая на «айсберг» по окончании таяния, когда он плавает внутри воды с тем-

пературой  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , уравнивается силой Архимеда. Следовательно,

$$m_k + m_l' = \rho_g \left( \frac{m_k}{\rho_k} + \frac{m_l'}{\rho_l} \right).$$

$$\text{Отсюда, } m_l' = \frac{\rho_l(\rho_k - \rho_g)}{\rho_k(\rho_g - \rho_l)} \cdot m_k \approx \frac{900 \cdot (2000 - 1000)}{2000 \cdot (1000 - 900)} \cdot 0.287 = 1.292 \text{ (кг)}$$

Следовательно, растаяла масса льда  $\Delta m = m_l - m_l' \approx 2,713 - 1,292 = 1,421 \text{ (кг)}$ . На плавление льда массой  $\Delta m$  потребовалось количество теплоты  $\lambda \Delta m$ , которое было отнято от воды в ведре при её охлаждении от начальной температуры  $t$  до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :  $\lambda \Delta m = C m_g t$ , откуда

$$t = \frac{\lambda \Delta m}{C m_g} \approx \frac{335 \cdot 1,421}{4,2 \cdot 7} \approx 16,2 \text{ } (^{\circ}\text{C}).$$

**10.70.** Из выражений для максимальной дальности полета  $L = \frac{v_0^2 \cdot 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}$  (1)

и максимальной высоты подъема  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$  (2) получим отношение

$$\frac{H}{L} = \frac{\sin \alpha}{4 \cos \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{4};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4H}{L}; \text{ отсюда } \alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{4H}{L} \right).$$

Из (2) найдем  $v_0$ :  $v_0 = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{2gH}$ .

$$1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha}; \text{ так как } \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{L}{4H},$$

$$\text{то } \sin^2 \alpha = \frac{1}{1 + \frac{L^2}{16H^2}} = \frac{16H^2}{16H^2 + L^2};$$

$$\sin \alpha = \frac{4H}{\sqrt{16H^2 + L^2}};$$

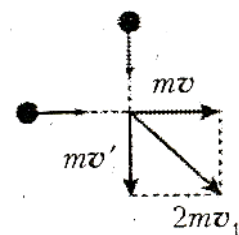
$$\text{Тогда } v_0 = \frac{\sqrt{16H^2 + L^2}}{4H} \cdot \sqrt{2gH} = \sqrt{\left( 2H + \frac{L^2}{8H} \right) g}.$$

**10.71.** При абсолютно неупругом соударении тела соединяются. Используя закон сохранения импульса, можно записать:  $m\vec{v} + m\vec{v}' = 2m\vec{v}_1$ ,

где  $\vec{v}_1$  - вектор скорости шариков после удара.

Из рисунка 42 видно, что модуль общего импульса шариков после удара можно найти, используя теорему Пифагора:  $2m v_1 = \sqrt{2m^2 v^2}$ .

При неупругом ударе часть механической энергии переходит в тепло – шарики нагреваются. По закону сохранения полной энергии, количество выделившейся теплоты равно разности исходной и конечной меха-

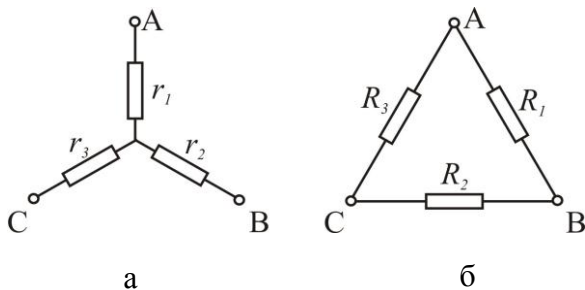


**Рис. 42**



нической энергии шариков:  $Q = 2 \frac{mv^2}{2} - \frac{2mv_1^2}{2}$ . Это тепло приводит к увеличению температуры шариков на  $\Delta T$  градусов. С учётом определения теплоёмкости можно записать:  $Q = c \cdot 2m \cdot \Delta T$ . Совместное решение уравнений приводит к результату:  $\Delta T = \frac{v^2}{4c} = 0,25 \text{ К}$ .

**10.72.** Простой перебор показывает, что условию задачи могут удовлетворять только схемы, показанные на рис. 43 а и б. Найдем сопротивления резисторов. Схема а при подключении к любой паре клемм представляет собой последовательное соединение двух резисторов. Из соотношений  $R_{AB} = r_1 + r_2$ ,  $R_{BC} = r_2 + r_3$ ,  $R_{AC} = r_1 + r_3$  находим  $r_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $r_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $r_3 = 6 \text{ Ом}$ .



**Рис. 43**

Для схемы б получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} R_{AB} = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}, \\ R_{BC} = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}, \\ R_{AC} = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}. \end{cases}$$

Складывая первые два уравнения и вычитая третье, получаем:  $2R_1R_2 = (R_{AB} + R_{BC} - R_{AC})(R_1 + R_2 + R_3)$

Аналогично получаем выражение для  $R_2R_3$  и  $R_1R_3$ . Почленно разделив их друг на друга и подставив численные значения  $R_{AB}$ ,  $R_{BC}$ ,  $R_{AC}$ , находим:  $\frac{R_2}{R_1} = 2$ ,

$\frac{R_3}{R_1} = 3$ . Выражая в любом из исходных уравнений  $R_2$  и  $R_3$  через  $R_1$ , находим:

$R_1 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 12 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 18 \text{ Ом}$ .

**10.73.** Чтобы поднимать тело в воде с малой скоростью (т.е. в отсутствие силы сопротивления) и без ускорения, к нему необходимо приложить силу  $F = mg - F_A = mg - \rho_e gV$ , где  $\rho_e$  - плотность воды,  $F_A$  - сила Архимеда. Для дальнейшего подъёма в воздухе необходимо прикладывать силу  $mg$  (силой Архимеда в воздухе для данного тела можно пренебречь). Полная работа при подъёме:  $A = Fh + mgH = mg(h + H) - \rho_e gVh = 180 \text{ Дж}$ .

Изменение потенциальной энергии тела:  $\Delta W_T = mg(h + H)$ .

Итак, работа  $A$  меньше  $\Delta W_T$  на величину  $\rho_e gVh$ . Заметим, что  $m_e = \rho_e V$  - масса вытесненной телом воды. Именно такая масса воды при подъёме тела перемещается с поверхности на «освободившееся» место на глубине  $h$ . Величина  $\Delta W_e = -m_e gh = -\rho_e gVh$  представляет собой изменение потенциальной энергии этой массы воды. Таким образом,  $A = \Delta W_T + \Delta W_e$ , т.е. работа внешней силы равна изменению потенциальной энергии всей системы.

**10.74.** При замерзании некоторой части воды выделяется тепло, благодаря чему образующийся лёд и оставшаяся вода нагреваются до  $0^\circ\text{C}$ . Поставленный в задаче вопрос не требует детального анализа этого достаточно сложного процесса. Чтобы воспользоваться законом сохранения энергии (в форме уравнения теплового баланса), можно заменить реальный процесс воображаемым: сначала вся вода нагревается до  $0^\circ\text{C}$ , «занимая» при этом некоторую энергию, а затем вода массой  $m_n$  замерзает, выделяя такую же энергию. Тогда  $mc_g(0^\circ\text{C} - t) = \lambda m_n$ ,

$$\text{откуда } m_n = \frac{mc_g |t|}{\lambda} = 0,76 \text{ г.}$$

**10.75.1.** Последовательное соединение сопротивлений:

$J$  - сила тока,  $Q$  - количество выделяемого тепла,  $t$  - время

$$Q_1 = J^2 R_1 t, \quad Q_2 = J^2 R_2 t;$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}, \quad Q_2 = Q_1 \frac{R_2}{R_1} = \frac{6 \cdot 6}{2} = 18 \text{ кДж}$$

2. Параллельное соединение сопротивлений

$$Q_1 = J_1^2 R_1 t, \quad Q_2 = J_2^2 R_2 t;$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{J_1^2 R_1}{J_2^2 R_2}$$

При параллельном соединении  $\frac{J_1}{J_2} = \frac{R_2}{R_1}$ .

Следовательно,  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2^2 R_1}{R_1^2 R_2} = \frac{R_2}{R_1}$

$$Q_2 = Q_1 \frac{R_1}{R_2} = \frac{6 \cdot 2}{6} = 2 \text{ кДж.}$$

Ответ:  $Q_{\text{осл}} = 18 \text{ кДж}$ ,  $Q_{\text{парал}} = 2 \text{ кДж}$ .

**10.76.** Свяжем скорость вылетающей пробки со скоростью трубки на основании закона сохранения импульса в момент вылета:  $M\vec{v}_m + m\vec{v}_n = 0$ , где  $M$ ,  $m$ ,  $v_m$ ,  $v_n$  - массы и скорости трубки и пробки соответственно.

Следовательно,  $v_n = \frac{Mv_m}{m}$  (1)

Для того, чтобы трубка могла подняться в наивысшую точку, ее минимальная кинетическая энергия должна равняться приросту потенциальной энергии при подъеме в эту точку. Следовательно,

$$\frac{Mv_m^2}{2} = 2Mgl, \quad v_m = \sqrt{4gl} \quad (2)$$

Подставляя  $v_m$  из формулы (2) в формулу (1), получим выражение для искомой

скорости пробки:  $v_n = \frac{M\sqrt{4gl}}{m} = \frac{0,1\sqrt{4 \cdot 10 \cdot 1}}{0,02} \approx -31,6 \text{ м/с}$ . Знак «минус» означа-

ет, что скорость пробки противоположна скорости трубки, которую считаем положительной.

Ответ:  $-31.6 \text{ м/с}$

**10.77.** При равномерном движении трамвая сила тяги  $F$  равна силе сопротивления движению:  $F = \mu mg$ . Мощность этой силы  $P_{\text{мех}} = F \cdot V$  ( $V$  - скорость трамвая) по условию задачи составляет часть электрической мощности  $P_{\text{эл}} = U \cdot I$ .

$$P_{\text{мех}} = \eta P_{\text{эл}}, \text{ где } \eta = 0.75.$$

Подставляя в последнюю формулу выражение для механической и электрической мощности, получим уравнение:  $\mu mg \cdot V = \eta U \cdot I$ , из которого следует выражение для скорости движения трамвая:

$$V = \frac{\eta U \cdot I}{\mu mg} = 10 \text{ м/с}.$$

**10.78.** Запишем уравнение теплового баланса для процесса охлаждения воды:

$$c_1 m_1 (t_1 - \theta) = c_2 m_2 (t_{\text{пл}} - t_2) + m_2 \lambda + c_1 m_2 (\theta - t_{\text{пл}}). \quad (1)$$

Левая часть этого уравнения описывает процесс уменьшения температуры исходной массы воды  $m_1$  от температуры  $t_1$  до установившейся общей температуры  $\theta$ ;  $c_1$  - удельная теплоемкость воды. Правая часть уравнения (1) включает в себя количество теплоты, необходимое для нагревания кубиков льда общей массой  $m_2$  от начальной температуры  $t_2$  до температуры плавления  $t_{\text{пл}}$  (первое слагаемое), количество теплоты, необходимое для плавления кубиков, и количество теплоты, необходимое для последующего увеличения температуры воды, получившейся из кубиков. Масса кубиков льда равна:

$m_2 = N \rho_2 V$  (2), где  $N$  - число кубиков,  $\rho_2$  - плотность льда,  $V$  - объем одного кубика. Подставляя (2) в уравнение (1), получаем число кубиков

$$N = \frac{c_1 m_1 (t_1 - \theta)}{\rho_2 V [c_2 (t_{\text{пл}} - t_2) + \lambda + c_1 (\theta - t_{\text{пл}})]} = 8.$$

Следовательно, целое число кубиков, достаточное для охлаждения, равно 8.

## 11 класс

**11.1.** Разлагаем вектор скорости произвольной частицы на две взаимно перпендикулярные составляющие, одна из которых  $\vec{v}_y$  направлена к центру квадрата, а другая  $\vec{v}_n$  перпендикулярна центростремительному направлению. Приближение частицы к центру обусловлено только составляющей  $\vec{v}_y$ . Имеем  $v_y = \frac{v}{\sqrt{2}} = const$ , т.е. приближение частицы к центру является равномерным.

Следовательно, искомое время  $t = \frac{\ell}{\sqrt{2}v_y} = \frac{\ell\sqrt{2}}{v\sqrt{2}} = \frac{\ell}{v}$ .

**11.2.** На систему "снаряд + грузовик" не действуют горизонтальные силы. Поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось сохраняется:  $Mv_0 \cos \alpha = (M+m)v$ . Отсюда находим массу грузовика:  $m = M \left( \frac{v_0}{v} \cos \alpha - 1 \right)$ .

**11.3.** Работа при изобарическом процессе равна  $A = p \Delta V = p(V_2 - V_1)$ . Давление газа на поршень  $p = p_0 + \frac{mg}{S}$ . По закону Гей-Люссака  $V_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1}$ .

Окончательно получаем  $A = \left( p_0 + \frac{mg}{S} \right) \frac{(T_2 - T_1)V_1}{T_1}$ ;  $A = 14,67$  Дж.

**11.4.** Если скольжение отсутствует, тело вместе с подставкой колеблется вдоль горизонтальной оси. Роль возвращающей силы, обеспечивающей колебания тела, играет сила трения покоя. Записываем уравнение второго закона Ньютона в проекциях на горизонтальную ось ОХ:

$$ma_x = F_{mp_x} \quad (1).$$

Смещение тела при гармонических колебаниях  $x = x_m \sin \omega t$ . Проекция ускорения  $a_x = x''_t = -\omega^2 x_m \sin \omega t$ . Отсюда видно, что максимальное ускорение  $a_{x_m} = \omega^2 x_m \quad (2)$ .

Из уравнений (1) и (2) получаем, что амплитуда силы трения покоя равна  $F_{mp\_m} = m\omega^2 x_m \quad (3)$ .

Видно, что с ростом  $x_m$  растет и величина  $F_{mp\_m}$ . В граничном случае, когда начинается проскальзывание, сила трения покоя достигает максимума, равного силе трения скольжения:

$$F_{mp\_m} = \mu mg \quad (4)$$

Из равенств (3), (4) получаем:  $\mu = \frac{\omega^2 x_m}{g} = \frac{x_m}{g} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 = \frac{0,6}{9,8} \left( \frac{6,28}{5} \right)^2 = 0,098 \approx 0,1$

**11.5.** В воздухе на шарики действуют три силы: сила натяжения нити  $F_{H1}$ , сила тяжести –  $mg$ , сила Кулона –  $F_{K1}$ . Под действием этих сил шарики находятся в равновесии. Пусть шарики разошлись на угол  $\alpha$ . Тогда  $tg \frac{\alpha}{2} = \frac{F_{K1}}{mg}$ . В жидком диэлектрике на шарики будет действовать еще и сила Архимеда. Тогда из условия равновесия следует:  $tg \frac{\alpha}{2} = \frac{F_{K2}}{mg - F_{Арх}}$ . Угол не изменился, значит:

$$\frac{F_{K1}}{mg} = \frac{F_{K2}}{mg - F_{Арх}};$$

$$F_{K1} = \frac{kq^2}{r^2}; \quad F_{K2} = \frac{kq^2}{\epsilon r^2}.$$

После преобразования можно получить:  $mg = \epsilon(mg - F_{Арх})$ . Так как

$$F_{Арх} = \rho_0 g V, \text{ а } V = \frac{m}{\rho}, \text{ то } mg = \epsilon mg(1 - \frac{\rho_0}{\rho}). \text{ Отсюда } \rho = \frac{\epsilon \rho_0}{\epsilon - 1}.$$

**11.6.** Запишем уравнение второго закона Ньютона для данного тела в проекциях на оси X и Y, показанные на

рис. 44: 
$$\begin{cases} ma = mg \sin \alpha - F_{\delta\delta} & (1) \\ 0 = -mg \cos \alpha + N & (2) \end{cases}$$

По формуле для силы трения скольжения и с учётом уравнения (2) получаем

$$F_{мп} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \quad (3)$$

Совместно с равенством (1) это дает:  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$  (4). Для предельного

угла  $\alpha_0 = 30^\circ$ , заданного в условии, из (4) следует  $\mu = tg \alpha_0$  (5)

(5)  $\rightarrow$  (4)  $\Rightarrow a = g(\sin \alpha - tg \alpha_0 \cos \alpha)$  (6). Путь, пройденный телом при прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости, равен  $l = \frac{at^2}{2}$ .

Длина наклонной плоскости  $l = \frac{h}{\sin \alpha}$

$$t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{\frac{2h}{g \sin \alpha (\sin \alpha - tg \alpha_0 \cos \alpha)}} \approx 1,4c$$

**11.7.** После замыкания ключа мы имеем электромагнитный колебательный контур с емкостью  $2C$  и индуктивностью  $L$ . За ничтожное время заряд  $q$  распределяется поровну между двумя заданными конденсаторами. Ток в катушке индуктивности в течение этого времени остается практически равным нулю. Следовательно, далее электромагнитные колебания происходят как в обычном контуре.

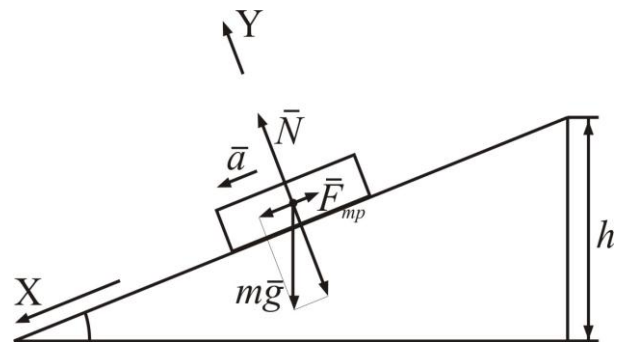


Рис. 44

Записываем закон сохранения энергии в виде  $\frac{q^2}{2(2C)} = \frac{LI_m^2}{2}$ . Отсюда искомая

$$\text{амплитуда тока } I_m = \frac{q}{\sqrt{2LC}}$$

**11.8.** Работа ускоряющего электрического поля над электроном идет на сообщение ему кинетической энергии  $A_{эл} = \frac{mv_0^2}{2}$  (1). Разность потенциалов  $U = \frac{A_{эл}}{e}$  (2).

Из (1) и (2) получаем  $v_0 = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$  (3). С такой скоростью электрон влетает в отклоняющий конденсаторный промежуток. Поле плоского конденсатора действует на электрон с постоянной электрической силой  $\vec{F}_{эл} = -e\vec{E}$  (4), направленной вдоль вертикали. Уравнение второго закона Ньютона для электрона имеет вид:  $m\vec{a} = -e\vec{E} = const$  (5), то есть  $\vec{a} = const$ . Следовательно, движение электрона является равноускоренным, причем ускорение  $\vec{a}$  направлено вертикально. Поэтому  $a_x = 0$ ,  $a_y = a$ ,  $v_x = const = v_{0x} = v_0$

$x = v_0 t$ ,  $y = \frac{at^2}{2}$  (6), где  $t$  время движения в конденсаторном промежутке.

Согласно формуле (5):  $a = \frac{eE}{m}$  (7). Из (6), (7), (3) находим

$$y = \frac{a}{2} \left( \frac{x}{v_0} \right)^2 = \frac{eE}{2m} \left( \frac{x}{v_0} \right)^2 = \frac{Ex^2}{4U} = 5(\text{мм})$$

**11.9.** Для тела, брошенного под углом к горизонту (рис.45), справедливы следующие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} v_{1x} &= v_0 \cos \alpha \\ v_{1y} &= v_0 \sin \alpha - gt_1 \\ v_{2x} &= v_0 \cos \alpha \\ v_{2y} &= v_0 \sin \alpha - gt_2 = 0 \\ v_1^2 &= v_{1y}^2 + v_{1x}^2 \\ H &= y_2 = v_0 \sin \alpha t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \end{aligned} \right\} \text{а)}$$

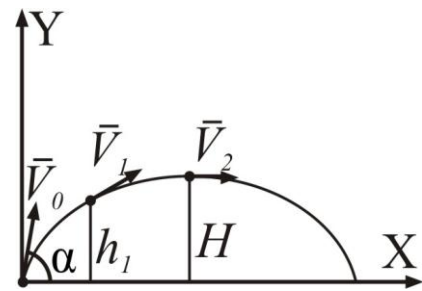


Рис. 45

$$H = \frac{1}{8g} \left( \frac{v_0^2 - v_1^2}{gt_1} + gt_1 \right)^2$$

Можно и так:

$$\left. \begin{aligned} mgh_1 &= \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} & (1) \\ m g H &= \frac{mv_{0y}^2}{2} & (2) \\ h_1 &= v_{0y}t_1 - \frac{gt_1^2}{2} & (3) \end{aligned} \right\} \text{б)}$$

(1)→(3)

$$\frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = v_{0y}t_1 - \frac{gt_1^2}{2};$$

$$v_{0y} = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2gt_1} + \frac{gt_1}{2}. \text{ Подставляем в (2), получаем:}$$

$$H = \frac{1}{8g} \left( \frac{v_0^2 - v_1^2}{gt_1} + gt_1 \right)^2.$$

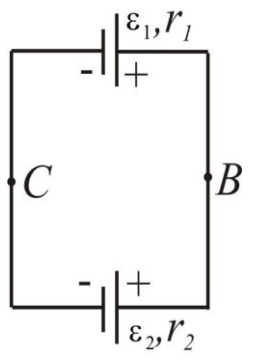
**11.10.** Подстановка заданного закона  $p = \alpha V$  в уравнение Клапейрона-Менделеева дает:  $V = \sqrt{\frac{mR}{\alpha M}} T$ . Отсюда  $\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{2}$ .

**11.11.** Время  $t_1$ , затраченное на прохождение первой половины амплитуды (от  $x_{\max}$  до  $\frac{x_{\max}}{2}$ ), найдем из следующих соотношений:

$$\frac{x_m}{2} = x_m \cos \omega t_1; \quad \omega t_1 = \frac{\pi}{3}; \quad t_1 = \frac{T}{6};$$

$$t_2 = \frac{T}{4} - \frac{T}{6} = \frac{T}{12}. \quad \frac{t_1}{t_2} = \frac{T/6}{T/12} = \frac{12}{6} = \frac{2}{1}.$$

**11.12.** Электрическая цепь, заданная в условии, показана на рисунке 46. Вольтметр, который измеряет разность потенциалов  $U = \varphi_B - \varphi_C$ , можно не изображать, так как по нему ток не идет. Применяем обобщенный закон Ома для каждого элемента:



**Рис. 46**

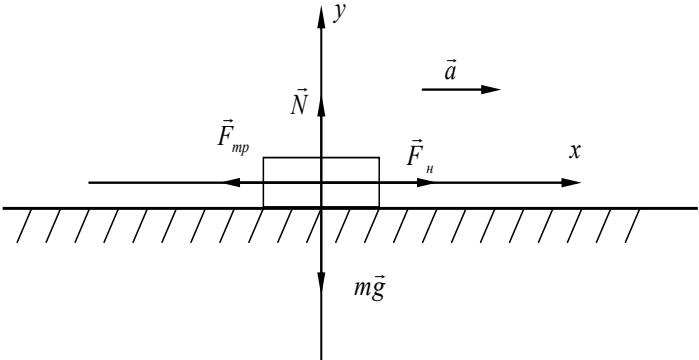
та:

$$I = \frac{\varphi_B - \varphi_C - \varepsilon_1}{r_1} = \frac{U - \varepsilon_1}{r_1}$$

$$I = \frac{-\varphi_B + \varphi_C + \varepsilon_2}{r_2} = \frac{-U + \varepsilon_2}{r_2}$$

$$\text{Отсюда } U = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} = 1,7 \text{ В.}$$

**11.13.** Применяем второй закон Ньютона к системе, состоящей из  $(n-k)$  вагонов. Силу натяжения  $F_H$ , дей-



**Рис. 47**

ствуюющую на эту систему со стороны  $k$ -го вагона, нам и нужно найти (рис. 47).

$$x: m(n-k)a = F_H - F_{mp}$$

$$y: 0 = N - m(n-k)g$$

$$F_{mp} = \mu N = \mu m(n-k)g$$

$$F_H = m(n-k)(a + \mu g)$$

**11.14.** Применяем закон Ома для катушки в случаях постоянного и переменного тока:  $I = \frac{U_1}{R}$

$$I = \frac{U_2}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{U_2}{\sqrt{(U_1/I)^2 + X_L^2}}$$

Индуктивное сопротивление:

$$X_L = 2\pi\nu L \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi\nu} = \frac{1}{2\pi\nu} \sqrt{U_2^2 - U_1^2} = \frac{1}{6,28 \cdot 50 \cdot 3} \sqrt{3600 - 2304} = 0,038 \approx 0,04 \text{ мГн}$$

**11.15.**

$$q = CU_{0c} \quad (1)$$

$$U_{0c} = U_1 + U_2;$$

$U_0 = U_1 + U_2 + U$  (2), где  $U_1, U_2, U_3$  - соответственно падения напряжений на резисторах  $R, 2R, 3R$  (рис. 48).

$$I_0 = \frac{U_0}{R + \frac{(2R+3R)4R}{2R+3R+4R}} = \frac{9}{29} \frac{U_0}{R} \quad (3)$$

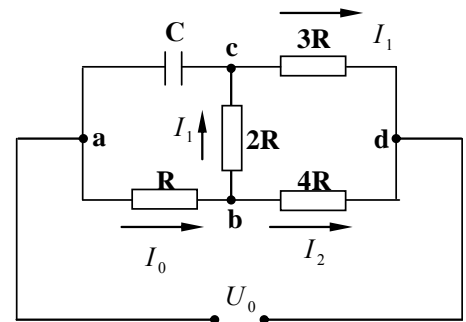


Рис. 48

$$U_2 + U_3 = U_4; \quad I_0 = I_1 + I_2; \quad U_2 = I_1 \cdot 2R;$$

$$U_3 = I_1 \cdot 3R; \quad U_4 = I_2 \cdot 4R;$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{4R}{2R+3R} \Rightarrow I_1 = \frac{4}{9} I_0$$

$$U_3 = \frac{12}{29} U_0; \quad U_{0c} = U_1 + U_2 = U_0 - U_3 = \frac{17}{29} U_0; \quad q = \frac{17}{29} CU_0$$

**11.16.** Протон, как и любая заряженная частица, в постоянном однородном магнитном поле движется по окружности. При этом сила Лоренца, действующая на частицу со стороны поля, играет роль центростремительной силы, создающей центростремительное ускорение (рис. 49). Применяя к протону второй закон Ньютона, а также формулы центростремительного ускорения и силы Лоренца получили:

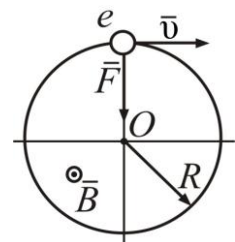


Рис. 49

$$\left. \begin{aligned} ma_y &= F_L \\ F_L &= evB \\ a_y &= \frac{v^2}{R} \end{aligned} \right\} \text{Отсюда } \frac{mv^2}{R} = evB \Rightarrow \frac{v}{R} = \frac{Be}{m}$$



Искомая частота обращения

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\nu}{2\pi R} = \frac{Be}{2\pi m} = \frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,28 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27}} = 305 \text{ об/с}$$

**11.17.** Полное ускорение шарика относительно Земли равно сумме центростремительного ускорения  $\vec{a}_y$  и ускорения лифта  $\vec{a}_0$ :  $\vec{a} = \vec{a}_y + \vec{a}_0$

Применяя к шарикау второй закон Ньютона в проекциях на центростремительную ось X и вертикальную ось Y (рис. 50)

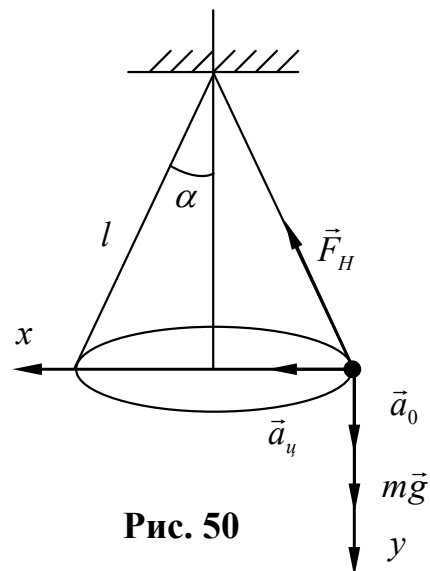
$$\left. \begin{aligned} ma_{\ddot{\varphi}} &= F_H \sin \alpha & (1) \\ ma_0 &= mg - F_H \cos \alpha & (2) \end{aligned} \right\}$$

Отсюда  $\frac{a_y}{g - a_0} = \operatorname{tg} \alpha$  (3)

$$a_y = \frac{\nu^2}{R} = \left( \frac{2\pi R}{T} \right)^2 \frac{1}{R} = \frac{(2\pi)^2 R}{T^2} \Rightarrow$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{a_y}} = 2\pi \sqrt{\frac{l \sin \alpha}{(g - a_0) \operatorname{tg} \alpha}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{(g - a_0)}} \approx 2c$$



**Рис. 50**

**11.18.** Применяем к движению бруска закон сохранения энергии:

$$mgR + W_A = \frac{mv_B^2}{2} + W_B \quad (1), \text{ здесь } W_B - \text{ потенциальная энергия взаимодействия зарядов, когда брусок находится в точке В.}$$

Запишем уравнение второго закона Ньютона для движения шарика в точке В:

$$F - mg = \frac{mv_B^2}{R} \quad (2). \text{ Из Формул (1), (2)}$$

получаем  $W_B = -4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ .

**11.19.** К контуру, содержащему источник 1 и резисторы, применяем закон Ома

$$I = \frac{\varepsilon_1}{r + \frac{R}{2}} \quad (1). \text{ Напряжение на полюсах источника, через который не течет ток,}$$

$$\text{равно ЭДС, то есть } U_{AB} = \varepsilon_2 \quad (2). \text{ Закон Ома для участка АВ даёт } \frac{R}{2} = \frac{U_{AB}}{I} \quad (3).$$

$$\text{Из формул (1), (2), (3) получаем } R = \frac{2\varepsilon_2 r}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} = 1 \text{ Ом.}$$

**11.20.** Протекание переменного тока по длинной проводящей линии имеет характер электромагнитной волны, распространяющейся вдоль проводов. Сдвиг по фазе для электромагнитных колебаний в разных точках линии пропорционален расстоянию между этими точками:  $\Delta\varphi = k\ell$  (1), где  $k$  - коэффициент про-

порциональности. При  $\ell = \lambda$ , где  $\lambda$  – длина волны, имеем  $\Delta\varphi = 2\pi \rightarrow$  (1)

$$\Rightarrow k = \frac{2\pi}{\ell}$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \ell = \frac{2\pi v}{c} \ell = \frac{6,28 \cdot 50 \cdot 300 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 0,1\pi \text{ рад.}$$

**11.21.** Используем закон сохранения и превращения энергии в следующей форме: уменьшение кинетической энергии соударяющихся тел идет на увеличение их внутренней энергии:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} = \Delta U \quad (1).$$

В условии задачи, как обычно, предполагается, что молекулярная структура вещества при ударе не меняется, то есть увеличение внутренней энергии – это увеличение энергии теплового движения микрочастиц, составляющих тела. В таком смысле и говорят о выделении в телах теплоты  $Q = \Delta U$  (2). Далее применяем закон сохранения импульса:

$$(m_1 + m_2) \vec{v} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2. \text{ Возводим данное векторное равенство в квадрат:}$$

$$(m_1 + m_2)^2 v^2 = m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2 + 2m_1 m_2 v_1 v_2, \text{ где скалярное произведение}$$

$$\vec{v}_1 \vec{v}_2 = v_1 v_2 \cos 90 = 0. \text{ Отсюда } (m_1 + m_2) v^2 = \frac{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

$$\text{Из (1), (2), (3) получаем } Q = \frac{m_1 m_2 (v_1^2 + v_2^2)}{2(m_1 + m_2)} \approx 4,33 \text{ Дж.}$$

**11.22.** Используем формулу КПД теплового двигателя, работающего по циклу

$$\text{Карно: } \eta = 1 - \frac{T_X}{T_H}$$

При изменении температур нагревателя или холодильника получаем

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_X}{T_H + 10}, \quad \eta_2 = 1 - \frac{T_X - 10}{T_H}. \text{ Отсюда: } \eta_2 - \eta_1 = \frac{10(10 + T_H - T_X)}{T_H(T_H + 10)} > 0. \text{ Таким}$$

образом,  $\eta_2 > \eta_1$ .

**11.23.** В исходном состоянии второй конденсатор заряжен до напряжения  $U_{2_0} = \varepsilon$ , то есть обладает зарядом  $q = C_2 U_{2_0} = C_2 \varepsilon$  (1). В конечном состоянии мы имеем батарею из двух параллельно соединённых конденсаторов, обладающих зарядом  $q$ . Энергия конденсаторов в исходном и конечном состоянии равна соответственно:

$$W_{C_0} = \frac{q^2}{2C_2} \quad (2)$$

$$W_C = \frac{q^2}{2(C_1 + C_2)} \quad (3)$$

Закон сохранения и превращения энергии в данном случае заключается в том, что уменьшение энергии обусловлено выделением теплоты в резисторе:  $Q = W_{C_0} - W_C$ .

С учетом формул (1), (2) и (3) находим  $Q = \frac{\varepsilon^2 C_1 C_2}{2(C_1 + C_2)}$ .

**11.24.** Из закона сохранения энергии для тележки в точке В имеем (Рис.51):

$$mgh = mg2R + \frac{m v_B^2}{2} \quad (1).$$

В случае минимальной высоты реакция опоры в точке В равна нулю, тогда  $mg = \frac{m v_B^2}{R}$

(2). Из (1) и (2) находим, что

$mgh = \frac{5mgR}{2}$ . Для тележки в точке А запишем второй закон Ньютона:

$m \frac{v_A^2}{R} = N + mg \cos \alpha$  (3). Из закона сохранения энергии в точке А имеем:

$$\frac{5}{2} mgR = mg(R + R \cos \alpha) + \frac{m v_A^2}{2} \quad (4).$$

Из (3) и (4) находим  $N$ :  $N = 3mg(1 - \cos \alpha)$ .

**11.25.**  $\varphi = \frac{kq}{\sqrt{R^2 + h^2}}$ , где  $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

**11.26.** Резисторы  $R_1$  и  $R_3$  включены параллельно. Их общее сопротивление  $R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 4$  Ом. Последовательно с ними включен резистор  $R_2$ :

$R_{132} = 4 + 8 = 12$  Ом. Резистор  $R_4$  соединен параллельно с  $R_{132}$ . Полное внеш-

нее сопротивление равно  $R_{\text{внеш}} = \frac{12 \cdot 24}{12 + 24} = 8$  Ом.  $I = \frac{\varepsilon}{r + R} = \frac{36}{8 + 1} = 4$  А.

Ответ:  $I = 4$  А.

**11.27.** В цепи переменного тока мгновенные напряжения на идеальном конденсаторе и резисторе сдвинуты по фазе на  $\frac{\pi}{2}$ . Поэтому вольтметр  $V_3$  покажет

напряжение  $U_3 = \sqrt{U_1^2 + U_2^2} = \sqrt{12^2 + 9^2} = 15$  В.

Ответ:  $U_3 = 15$  В.

**11.28.** Выберем произвольную частицу, например, 1. Расстояние от нее до центра равно  $\frac{\ell}{\sqrt{3}}$ . Составляющая скорости частицы, направленная к центру,

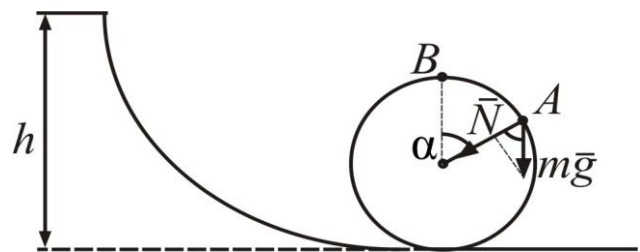


Рис. 51

$v_y = v \cdot \cos 30^\circ = \frac{v \cdot \sqrt{3}}{2}$ , и она остается постоянной. Поэтому искомое время

$$t = \frac{\frac{\ell}{v \sqrt{3}}}{\frac{v \sqrt{3}}{2}} = \frac{2 \ell}{3 v}. \text{ Ответ: } t = \frac{2 \ell}{3 v}.$$

**11.29.** Вначале период колебаний маятника  $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ , затем

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{\frac{mg+F}{m}}}. \text{ Взяв отношение периодов, можно получить соотношение}$$

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{\frac{mg+F}{m}}{g} = 1 + \frac{F}{mg}. \text{ После преобразований находим } F:$$

$$F = \left( \frac{T_1^2}{T_2^2} - 1 \right) mg = 5.5 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

**11.30.** В момент достижения током максимального значения ЭДС на катушке равна нулю. Напряжение на резисторе равно напряжению на конденсаторе:  $IR = U_C$ . Тогда энергия, запасенная в контуре:

$$W_1 = \frac{LI_1^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_1^2}{2} + \frac{CI_1^2 R^2}{2}, \quad W_2 = \frac{LI_2^2}{2} + \frac{CI_2^2 R^2}{2}. \text{ Выделившееся тепло на ре-}$$

$$\text{зисторе } Q = W_1 - W_2 = \frac{(I_1^2 - I_2^2)}{2} (L + CR^2)$$

**11.31.** Да, может. Для этого надо включить источники навстречу друг другу.

**11.32.** Потенциалы большой и малой капель:  $\varphi = \frac{kq}{R}$ ,  $\varphi_0 = \frac{kq_0}{r}$ . Для зарядов и

$$\text{объемов имеем: } q = Nq_0, V = NV_0, \frac{4}{3}\pi R^3 = N \frac{4}{3}\pi r^3, \quad \frac{R}{r} = \sqrt[3]{N},$$

$$\text{тогда } \varphi = \frac{Nq_0}{\sqrt[3]{N}r} = \frac{\varphi_0 N}{\sqrt[3]{N}}, \text{ откуда } \varphi_0 = \frac{\varphi \sqrt[3]{N}}{N} = \frac{2.5 \cdot 5}{125} = 0.1 \text{ В.}$$

Ответ:  $\varphi_0 = 0.1 \text{ В.}$

**11.33.** После замыкания ключа в данном контуре будут происходить электромагнитные колебания. По закону сохранения энергии

$$\frac{CU_0^2}{2} = \frac{2L_0 I_{1m}^2}{2} + \frac{3L_0 I_{2m}^2}{2} \quad (1), \text{ где } I_{1m}, I_{2m} - \text{ амплитуды тока в катушках.}$$

ЭДС самоиндукции в катушках в любой момент времени одинакова, поскольку равна напряжению на конденсаторе:  $\mathcal{E}_{SL_1} = \mathcal{E}_{SL_2}$ . С помощью формулы для

ЭДС самоиндукции получаем:  $L_1 \frac{dI_1}{dt} = L_2 \frac{dI_2}{dt}$ , где  $dI_1, dI_2$  - бесконечно малые изменения тока в катушках за промежуток времени  $dt$ . Отсюда  $L_1 dI_1 = L_2 dI_2 \Rightarrow 2L_0 I_{1_m} = 3L_0 I_{2_m}$  (2)

Из формул (1), (2) находим  $I_{1_m}$ :  $I_{1_m} = U_0 \sqrt{\frac{3C}{10L_0}}$ .

**11.34.** Применим условие равновесия для моментов сил относительно оси, проходящей через ребро В (рис. 52):

$$mg \frac{l}{\sqrt{2}} \cos\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right) = N_A l \cos \alpha - F_{mp} l \sin \alpha \quad (1).$$

Здесь  $mg$ ,  $N_A$ ,  $F_{mp}$  модули сил тяжести, реакции пола, и силы трения покоя соответственно,  $l$  - длина ребра куба. Условие равновесия для проекций сил на вертикальную ось даёт  $N_A = mg$ . (2). Для силы трения покоя можно написать:  $F_{mp} \leq \mu N_A$

(3). Из соотношений (1), (2), (3) получаем:  $\mu \geq \frac{1}{2}(\text{ctg} \alpha - 1)$

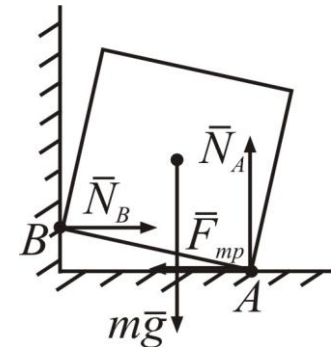


Рис. 52

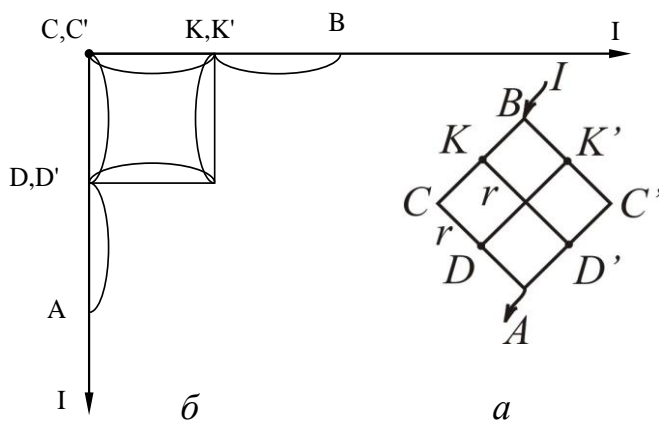


Рис. 53

**11.35.** Очевидно равноправие точек схемы, взаимно симметричных относительно диагонали АВ (Рис.53а). Потенциалы равноправных точек одинаковы, то есть,

$$\varphi_D = \varphi_{D'}, \varphi_C = \varphi_{C'}, \varphi_K = \varphi_{K'}$$

Если точки равного потенциала соединить друг с другом проводником, ток по этому проводнику не потечет, поэтому сопротивление схемы не изменится. В частности, можно соединить точки равного потенциала накоротко.

Получаем следующую эквивалентную схему (Рис.53 б):

Ее сопротивление, как и сопротивление исходной схемы, равно  $R = \frac{3}{2} r$ .

**11.36.** При движении проводника в нем возникает ЭДС индукции  $\varepsilon_i = Blv$ , создающая индукционный ток  $I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{Blv}{R}$ . В проводнике в единицу времени выделяется теплота

$\frac{Q}{t} = I^2 R = \frac{(Blv)^2}{R}$ , то есть на столько увеличивается энергия теплового движения микрочастиц проводника. Это происходит за счет работы внешней силы тяги, приложенной к проводнику. Мощность равна  $P = \frac{Q}{t} = \frac{(Blv)^2}{R} = 18 \text{ Вт}$ .

**11.37.** Используем формулу Томсона  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ .

Отсюда емкость  $C = \frac{1}{L} \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2 = \frac{1}{L(2\pi\nu)^2}$  (1). Во втором слу-

чае  $C' = \frac{1}{L(2\pi\nu')^2} = \frac{1}{L} \left( \frac{\lambda}{2\pi c_0} \right)^2$  (2), где  $c_0$  - скорость света. Из формул (1), (2) полу-

чаем:  $\frac{C'}{C} = \left( \frac{\nu}{\nu'} \right)^2 = \left( \frac{\nu\lambda}{c_0} \right)^2 = \left( \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 150}{3 \cdot 10^8} \right)^2 = 9$ .

**11.38.** Из условия плавания шара следует:  $mg = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \rho_6 \cdot g \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{2m}{\rho_6}$ .

Масса шара  $m = \left( \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi r^3 \right) \cdot \rho_4$ .

Преобразуем:  $\frac{m}{\rho_4} = \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{2m}{\rho_6} - \frac{4}{3}\pi r^3$ .

Отсюда искомый объем

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = \left( \frac{2m}{\rho_6} - \frac{m}{\rho_4} \right) = m \left( \frac{2}{\rho_6} - \frac{1}{\rho_4} \right) = 5 \left( \frac{2}{1000} - \frac{1}{7800} \right) m^3 \approx 9.36 \cdot 10^{-3} m^3$$

**11.39.** Уравнение состояния для одного моля:  $PV = RT$ .

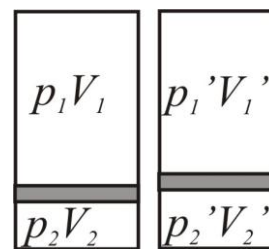
Так как  $V_1 = 4V_2$ , то  $P_2 = 4P_1$  (рис. 54).

Из условия равновесия поршня следует:  $P_1 S + mg = P_2 S$ .

Преобразуем:  $\frac{P_2}{4} + \frac{mg}{S} = P_2$ ,  $\frac{mg}{S} = \frac{3}{4} P_2$ .

Аналогично для другой температуры имеем:

$\frac{mg}{S} = P_2' - \frac{P_2'}{3} = \frac{2}{3} P_2'$ , тогда  $\frac{3}{4} P_2 = \frac{2}{3} P_2'$ , а объем  $V_2' = \frac{5}{4} V_2$



**Рис. 54**

(это легко показать).

Таким образом  $P_2' V_2' = RT'$

Следовательно  $\frac{3}{4} P_2 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{4} V_2 = RT'$ ,

$$\frac{45}{32} P_2 V_2 = RT'$$

$$\frac{45}{32} RT_1 = RT' \Rightarrow$$

$$T' = \frac{45}{32} T_1 \approx 422 \text{ K}.$$

**11.40.** Движение по первой плоскости (скатывание) длится  $t_1$ , которое найдем из уравнения  $\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{at_1^2}{2} = \frac{g \sin \alpha t_1^2}{2}$  (так как ускорение в отсутствие трения равно  $g \cdot \sin \alpha$ ).

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g \sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$$

По второй плоскости шарик поднимается до высоты  $h$  в силу закона сохранения энергии и значит время  $t_2$  подъема шарика до высоты  $h$  по второй плоскости

$$\text{равно } t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \frac{1}{\sin \beta}.$$

Так как трение отсутствует, то время скатывания и время подъема по одной плоскости одинаково.

$$\text{Тогда период колебаний шарика: } T = 2(t_1 + t_2) = 2\sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + \frac{1}{\sin \beta}\right).$$

**11.41.** Пусть  $q_0$  – наибольший возможный заряд бусинок, удовлетворяющий условию задачи. Ясно, что  $q \leq q_0$ . При сближении бусинок с зарядом  $q_0$  до расстояния  $x$  их скорости станут равными нулю. По закону сохранения энергии:

$$\frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0 2R} + 2mgH = \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0 x}$$

Здесь  $H = \sqrt{R^2 - \left(\frac{x}{2}\right)^2} = \sqrt{R^2 - \left(\frac{R}{4}\right)^2} = \frac{R}{4} \cdot \sqrt{15}$  – высота, на которую опустились бусинки.

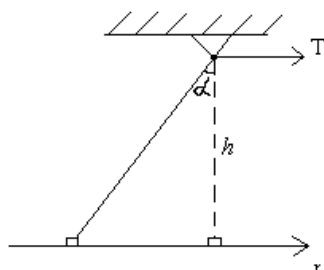
$$\text{Упрощаем: } \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0 2R} + 2mg \frac{R \cdot \sqrt{15}}{4} = \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0 \frac{R}{2}}$$

$$\frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{2}{R} - \frac{1}{2R}\right) = \frac{mgR\sqrt{15}}{2}$$

$$\frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{3}{2R} = \frac{mgR\sqrt{15}}{2}$$

$$q_0^2 = \frac{mgR\sqrt{15} \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot 2R}{2 \cdot 3} = \frac{4R^2 mg \pi \epsilon_0 \sqrt{15}}{3}$$

$$q_0 = 2R \cdot \sqrt{mg\pi\epsilon_0} \cdot \sqrt{\sqrt{\frac{5}{3}}} = 2R \cdot \sqrt{mg\pi\epsilon_0} \cdot \sqrt[4]{\frac{5}{3}}.$$



**Рис. 55**

**11.42.** Работа силы  $A = T \cdot S$  идет на увеличение кинетической энергии  $\frac{mv^2}{2} = T \cdot S$  (1), где  $S$  – длина «выбираемой» части нити

$$S = \frac{h}{\cos \alpha} - h \quad (\text{рис. 55}).$$

Для движения вдоль оси  $Ox$  имеем:  $T \cdot \sin \alpha = ma$ .

С учетом

начальных условий:  $T \sin 60^\circ = ma_0 \Rightarrow T = \frac{ma_0}{\sin 60^\circ}$ ;

подставим в (1):  $\frac{mv^2}{2} = \frac{ma_0}{\sin 60^\circ} \cdot h \left( \frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \Rightarrow v^2 = \frac{2a_0 h}{\sin 60^\circ} \left( \frac{1}{\cos 60^\circ} - 1 \right)$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 1}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \left( \frac{1}{\frac{1}{2}} - 1 \right)} \approx 1,075 \text{ м/с}$$

**11.43.** Заряд, прошедший по контуру за время  $\Delta t$ :  $q = I \Delta t = \frac{\varepsilon}{R} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R}$  (1), где  $I$  – ток в контуре,  $\varepsilon$  – ЭДС индукции,  $\Delta \Phi = B_2 S_2 - B_1 S_1$  – изменение магнитного потока через контур.

$$\text{Из (1) получаем: } S_2 = \begin{cases} \frac{B_1 S_1 + |q|R}{B_2} = 337,5 \text{ см}^2, \text{ если } q > 0 \\ \frac{B_1 S_1 - |q|R}{B_2} = 112,5 \text{ см}^2, \text{ если } q < 0 \end{cases}$$

**11.44.** В смеси находилось  $v_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{0,5g}{2g/\text{моль}} = 0,25$  моля водорода и

$v_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{8g}{32g/\text{моль}} = 0,25$  моля кислорода. В реакцию  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  вступит

весь водород и половина кислорода. В результате реакции образуется  $v_3 = 0,25$  моля водяного пара и остается  $v_4 = 0,125$  моля кислорода. Так как температура и объем равны первоначальным значениям, то давление будет пропорционально

числу молекул или числу молей:  $p = p_1 \cdot \frac{v_3 + v_4}{v_1 + v_2} = 1,76 \cdot 10^5 \text{ Па}$

**11.45.** Установившийся ток будет равен  $I_{\text{уст.}} = \frac{\varepsilon}{r + R + 2R} = \frac{\varepsilon}{r + 3R}$ . Он же будет

$I_{\text{max}_R}$  через сопротивление  $R$ . Максимальный ток через сопротивление  $2R$  бу-

дет в начальный момент зарядки конденсатора  $I_{\text{max}_{2R}} = \frac{\varepsilon}{r + 2R}$ .

**11.46.** Показание динамометра не изменится. Вытесненная гирей вода выльется из сосуда. Таким образом, вес воды, находящейся в сосуде, уменьшится, что точно компенсирует возникающую при погружении силу со стороны гири на сосуд с водой, которая равна выталкивающей силе, действующей на гирю.

**11.47.** Так как при движении вверх мгновенная скорость уменьшается, то она всегда будет меньше средней скорости. Поэтому искомое время соответствует моменту, когда тело движется вниз.



Время подъема тела  $t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g}$ .  $v_{\text{мгн}} = g(t - \frac{v_0}{g})$ , где  $t$  – искомое время.

Пройденный телом путь:  $S = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{g(t - \frac{v_0}{g})^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{gt^2}{2} - tv_0 + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{g} + \frac{gt^2}{2} - tv_0$

$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t}$ . По условию  $v_{\text{мгн}} = v_{\text{ср}}$ , тогда

$$g(t - \frac{v_0}{g}) = \frac{\frac{v_0^2}{g} + \frac{gt^2}{2} - tv_0}{t}$$

$$gt^2 - v_0 t = \frac{v_0^2}{g} + \frac{gt^2}{2} - tv_0$$

$$\frac{v_0^2}{g} = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \frac{v_0 \sqrt{2}}{g}$$

**11.48.** Из закона сохранения импульса по оси OX и OY (рис. 56):

$$\begin{cases} 4mv_0 = 4m \cdot 0,8v_0 \cos \beta + 12mV \cos \gamma \\ 4m \cdot 0,8v_0 \sin \beta = 12mV \sin \gamma \end{cases} \quad (1)$$

Из закона сохранения энергии

$$\frac{4mv_0^2}{2} = \frac{4m(0,8v_0)^2}{2} + \frac{12mV^2}{2}$$

$$v_0^2 - (0,8v_0)^2 = 3V^2 \Rightarrow V = v_0 \sqrt{0,12}$$

Разделим (1) на  $4mv_0$ :

$$\begin{cases} 1 = 0,8 \cos \beta + 0,3\sqrt{12} \cos \gamma \\ 0,8 \sin \beta = 0,3\sqrt{12} \sin \gamma \end{cases}$$

$$\begin{cases} (1 - 0,8 \cos \beta)^2 = 0,09 \cdot 12 \cos^2 \gamma \\ (0,8 \sin \beta)^2 = 0,09 \cdot 12 \sin^2 \gamma \end{cases}$$

$$1 - 2 \cdot 0,8 \cos \beta + (0,8 \cos \beta)^2 + (0,8 \sin \beta)^2 = 0,09 \cdot 12$$

$$0,56 = 1,6 \cos \beta$$

$$\cos \beta = 0,35$$

$$\beta \approx 69,5^\circ.$$

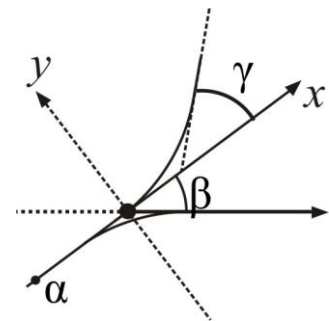


Рис. 56

**11.49.** Согласно уравнению Менделеева – Клапейрона  $PV = \frac{m}{M} RT$ .

Давление  $P$  на поверхности Венеры равно  $P = \frac{Mg}{4\pi R_B^2}$ .

Тогда  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} = \frac{MgM}{4\pi R_B^2 RT} = \frac{6 \cdot 10^{19} \cdot 8,2 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot (6,3 \cdot 10^6)^2 \cdot 8,31 \cdot 800} \approx 6,5 \text{ кг/м}^3$ .

**11.50.** В начальный момент сила тока  $I_0 = \frac{\varepsilon}{R_3}$ . Энергия, запасенная в катушке,

$$W = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L\varepsilon^2}{2R_3^2} = Q.$$

Отсюда  $\varepsilon = R_3 \sqrt{\frac{2Q}{L}}$ .

При размыкании ключа ток пойдет через сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ , включенные параллельно. При этом для любого момента времени  $I_1 R_1 = I_2 R_2$ . Легко показать, что

$$Q_1 = \frac{Q}{1 + \frac{R_1}{R_2}}, \quad Q_2 = \frac{Q}{1 + \frac{R_2}{R_1}}, \quad Q_3 = 0.$$

**11.51.** Вес тела возрастает от экватора к полюсу и уменьшается с высотой. Плотность тела не меняется, так как это масса единицы объема, а масса и объем, если это тело не газ, не изменяется. Изменением объема жидких и твердых тел пренебрегаем.

**11.52.** Согласно закону сохранения количества движения скорость совместного движения шаров после абсолютно неупругого удара равна  $v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ .

Далее из закона сохранения энергии следует:

$$Q = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} = \frac{m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} = 15 \text{ Дж}$$

**11.53.**  $v_{cp1} = 53.3 \text{ км/ч}$

$v_{cp2} = 60 \text{ км/ч}$ .

**11.54.** При всплывании шарика на него действуют сила Архимеда, сила тяжести и сила трения. Работа силы Архимеда и силы тяжести равна

$$A = \left( 4\pi r^3 \rho \frac{g}{3} - mg \right) \cdot h.$$

Энергия шарика, вышедшего из воды,  $E = mgh_1$ . Эта энергия меньше совершенной над шариком работы сил Архимеда и тяжести на величину работы сил трения, которая и переходит в тепло. Отсюда

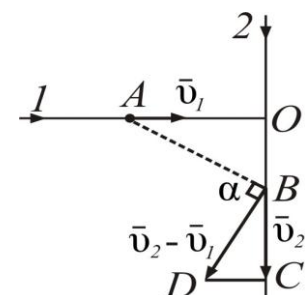
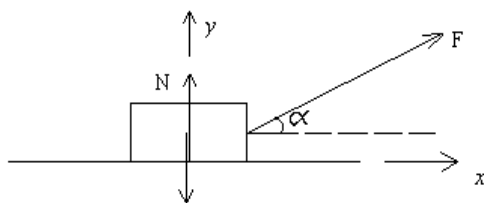
$$Q = A - E = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$$

**11.55.** Отношение показаний вольтметров в первом и во втором случаях

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R}{2} \cdot \frac{\varepsilon}{\left(\frac{R}{2} + R\right)} \bigg/ \frac{\varepsilon}{\left(\frac{10}{11}R + R\right)} \cdot \frac{10}{11} R = \frac{7}{10}$$

**11.56.**  $55^\circ \text{C}$ .

**11.57.** В системе отсчета, связанной с первым телом, скорость второго тела будет равна  $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$  (рис. 57). Когда направление этой ско-



**Рис. 57**

рости будет перпендикулярно к радиусу-вектору второго тела, то есть  $\alpha = 90^\circ$ , то тогда расстояние будет минимальным. Из подобия треугольников АОВ и ВСД имеем:  $\frac{OB}{OA} = \frac{CD}{CB} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$ ;  $OB = \frac{OA \cdot 3}{4} = 45 \text{ м}$

**11.58.** В проекциях на оси имеем (рис. 58):

$$\left. \begin{aligned} O_x: F \cos \alpha - \mu N &= 0 \\ O_y: N + F \sin \alpha - mg &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$N = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = 0$$

$$F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

Чтобы  $F$  была минимальна, надо чтобы знаменатель  $(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$  был максимален. Поэтому первая производная от  $F$  по  $\alpha$  равна нулю, а вторая меньше нуля.

Решая, найдем  $\alpha = \arctg \mu$ .

**11.59.** Так как при поглощении молекул импульс, получаемый стенкой, в два раза меньше, чем при отражении, то в результате импульс во втором случае (то есть при поглощении) составляет  $0,8 \cdot 1 + 0,2 \cdot 0,5 = 0,9$  от импульса в первом случае. Значит давление  $p_2 = 0,9 p_1$ .

**11.60.** Любое из тел будет увеличивать скорость до тех пор, пока  $F_{эл.} > F_{тр}$  (Рис. 59).

$$F_{тр} = \mu mg; F_{эл.} = \frac{kqq}{a_2^2} \cdot \cos 30^\circ \cdot 2 = \frac{kq^2 \sqrt{3}}{a_2^2}$$

Когда  $F_{эл.} = F_{тр}$ . скорость в этот момент максимальна.

Отсюда найдем  $a_2$ :

$$\mu mg = \frac{kq^2 \sqrt{3}}{a_2^2};$$

$$a_2 = q \sqrt{\frac{k \sqrt{3}}{\mu mg}}$$

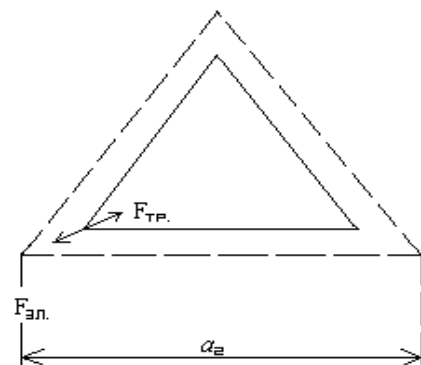
Подставляя значения, найдем  $a_2 = 7,896 \text{ м}$ .

Пройденный телом путь найдем так:  $\ell = \frac{\frac{1}{2} a_2^2 - \frac{1}{2} a_1^2}{\cos 30^\circ} = 4,44 \text{ м}$

Из закона сохранения энергии имеем:

$$\frac{3kq^2}{a_1} = \frac{3kq^2}{a_2} + \frac{3mV^2}{2} + 3\mu mgl$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{a_1} - \frac{kq^2}{a_2} - \mu mgl \Rightarrow \text{можно найти } V. V = 18,5 \text{ м/с.}$$



**Рис. 59**

**11.61.** Закон колебательного движения  $x = a \sin \omega t$ . Движение тела от положения равновесия влево до максимального сжатия и назад до положения равновесия происходит за полпериода, то есть за 1 с (рис. 60). Время движения до вертикальной стены найдем из уравнения

$$\frac{a}{2} = a \sin \omega t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{\pi}{6\omega}$$

$\omega T = 2\pi \rightarrow \omega = \pi$  (т.к.  $T = 2$  с), значит,

$t_1 = \frac{1}{6}$  (с). Тогда новый период колебаний

$$T' = \frac{T_0}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = 1\frac{1}{3} \text{ с.}$$

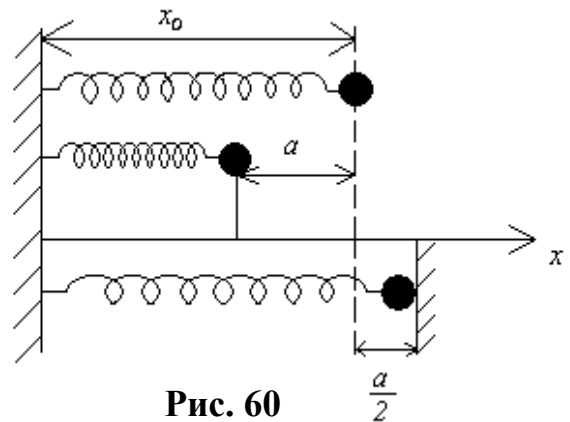


Рис. 60

**11.62.** По закону сохранения импульса

$$m_1 \vec{v} + m_2 \vec{v} = (m_1 + m_2) \cdot \vec{U}.$$

Учитывая, что шарики летят перпендикулярными курсами, получим  $(m_1 v)^2 + (m_2 v)^2 = [(m_1 + m_2) \cdot U]^2$ .

Подставив  $m_1 = \frac{4}{3} m_2$ , получим  $U = \frac{5}{7} v$ . Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) \cdot U^2}{2} = Q = (m_1 + m_2) c \Delta t.$$

Подставив значения  $m_1$  и  $v$ , получим  $\Delta t = \frac{12v^2}{49c}$ .

**11.63.** Закон Дальтона  $P = P_1 + P_2$  (1), где  $P_1$  и  $P_2$  - парциальные давления гелия

и кислорода соответственно. Плотность смеси равна:  $\rho = \frac{m_1 + m_2}{V}$  (2), где  $m_1$  и  $m_2$  - массы газов;  $V$  - объем баллона.

Из уравнения Менделеева - Клапейрона получим:  $P_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT$ ,  $m_1 = \frac{P_1 V M_1}{RT}$  (3)

$$P_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT, \quad m_2 = \frac{P_2 V M_2}{RT} \quad (4)$$

Подставляя уравнения (3) и (4) в уравнение (2), с учетом уравнения (1), получим:

$$\rho RT = P_1 M_1 + P_2 M_2 = P_1 M_1 + (P - P_1) M_2$$

$$P_1 (M_2 - M_1) = P M_2 - \rho RT \quad (5)$$

Используя зависимость между давлением газа и концентрацией молекул  $P_1 = n_1 k T$ , получим из уравнения (5):  $n_1 k T (M_2 - M_1) = P M_2 - \rho RT$ .

$$T = \frac{P M_2}{k n_1 (M_2 - M_1) + \rho R} = 301 \text{ К.}$$

**11.64.** Пусть  $R_1$  и  $R_2$  - сопротивления электрической кастрюли и чайника соответственно;  $U$  - напряжение сети ( $U - const$ ).

$P_1 = 2P_2$  - по условию;  $t_1 = t_2 = t = 20$  минут - по условию.

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}; P_2 = \frac{U^2}{R_2}; \frac{U^2}{R_1} = \frac{2U^2}{R_2}; R_2 = 2R_1.$$

$R_0 = R_1 + R_2$  - сопротивление кастрюли и чайника при их последовательном соединении.

$$R_0 = R_1 + 2R_1 = 3R_1.$$

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{U}{3R_1} - \text{сила тока в обоих приборах при последовательном соединении.}$$

Тогда  $P_1' = I_0^2 R_1 = \frac{U^2 R_1}{9R_1^2} = \frac{U^2}{9R_1}$  - «новая» мощность электрической кастрюли.

$P_2' = I_0^2 R_2 = \frac{U^2 2R_1}{9R_1^2} = \frac{2U^2}{9R_1}$  - «новая» мощность электрического чайника.

Сравним «новые» и «старые» мощности электрических приборов:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = \frac{U^2}{R_1} \\ P_1' = \frac{U^2}{9R_1} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_1}{P_1'} = \frac{U^2 9R_1}{R_1 U^2} = 9,$$

$P_1' = \frac{P_1}{9}$  - мощность электрической кастрюли стала меньше в 9 раз.

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = \frac{P_1}{2} = \frac{U^2}{2R_1} \\ P_2' = \frac{2U^2}{9R_1} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_2}{P_2'} = \frac{U^2 9R_1}{2R_1 2U^2} = \frac{9}{4},$$

$P_2' = \frac{4}{9} P_2 = \frac{P_2}{2,25}$  - мощность электрического чайника стала меньше в 2,25 раза.

Соответственно увеличилось время, затраченное на нагревание воды в кастрюле и чайнике.

$t_1' = 9t_1 = 9t = 9 \cdot 20 = 180$  минут = 3ч - время, необходимое для закипания воды в электрической кастрюле.

$t_2' = 2,25t_2 = 2,25t = 2,25 \cdot 20 = 45$  минут - время, необходимое для закипания воды в электрическом чайнике.

**11.65.** Сила трения полозьев санок об асфальт линейно увеличивается с увеличением длины части полозьев, въехавших на асфальт. Учтем линейное изменение силы трения введением силы трения полозьев санок об асфальт, равной по-

ловине ее максимального значения, т. е.  $F_{mp,cp.} = \frac{F_{mp,max}}{2} = \frac{\mu mg}{2}$ . Работа силы трения на первом участке (когда санки въезжают на асфальт) равна  $A_{mp,1} = -F_{mp,cp.} \ell = -\frac{\mu mg \ell}{2}$ , где  $\ell$  - длина участка асфальта, равного длине полозьев санок. При дальнейшем движении санок по асфальту сила трения остается неизменной по значению, т. е.  $F_{mp,2} = F_{mp,max} = \mu mg$ .

Работу этой силы найдем из соотношения  $A_{mp,2} = -\mu mg S$ , где  $S$  - длина второго участка движения (от полного заезда санок на асфальт до их остановки).

Тогда  $A_{mp.} = A_{mp,1} + A_{mp,2} = -\frac{\mu mg \ell}{2} - \mu mg S$ ,  $A_{mp.} = -\mu mg \left(\frac{\ell}{2} + S\right) = -\frac{\mu mg (\ell + 2S)}{2}$ .

По теореме о кинетической энергии  $A_{mp.} = W_K - W_{K_0} = -W_{K_0}$ , где  $W_{K_0} = \frac{mv^2}{2}$  - начальная кинетическая энергия санок;  $W_K$  - конечная кинетическая энергия ( $W_K = 0$ ).

$$-\frac{\mu mg (\ell + 2S)}{2} = -\frac{mv^2}{2};$$

$$\mu g (\ell + 2S) = v^2;$$

$$\ell + 2S = \frac{v^2}{\mu g};$$

$$2S = \frac{v^2}{\mu g} - \ell = \frac{v^2 - \mu g \ell}{\mu g};$$

$$S = \frac{v^2 - \mu g \ell}{2\mu g}.$$

Теперь можно определить путь, пройденный санками от момента заезда на асфальт до полной остановки:  $S_0 = \ell + S = \ell + \frac{v^2 - \mu g \ell}{2\mu g} = \frac{v^2 + \mu g \ell}{2\mu g}$ ;

**11.66.** При вхождении рамки в область магнитного поля магнитный поток, пронизывающий плоскость рамки, увеличивается.  $\Delta\Phi = B\Delta S = Bl_1 v \Delta t$  - увеличение магнитного потока, где  $\Delta S = l_1 v \Delta t$  - увеличение площади поверхности рамки, пронизываемой линиями магнитной индукции;  $v \Delta t$  - величина поступательного перемещения плоскости контура рамки за время  $\Delta t$  ЭДС индукции в рамке при ее вхождении в магнитное поле будет равна  $\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{Bl_1 v \Delta t}{\Delta t} = Bl_1 v$ . Сила индукционного тока в рамке равна при этом:  $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Bl_1 v}{R}$ . Количество теплоты, выделившееся в рамке при ее полном вхождении в области магнитного поля,

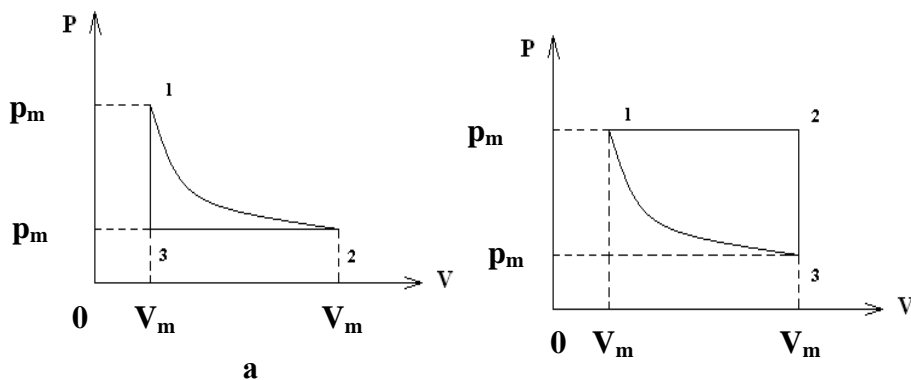
определим из выражения:  $Q_1 = \varepsilon \Delta q = \varepsilon I \Delta t = B l_1 v \cdot \frac{B l_1 v}{R} \Delta t = \frac{B^2 l_1^2 v^2}{R} \Delta t$ , где  $\Delta q = I \Delta t$  - заряд, перенесенный через поперечное сечение рамки за время ее вхождения в область магнитного поля ( $\Delta t = \frac{l_2}{v}$ ). Тогда  $Q_1 = \frac{B^2 l_1^2 v^2}{R} \cdot \frac{l_2}{v} = \frac{B^2 l_1^2 l_2}{R} v$ . Такое же количество теплоты выделится в рамке при её полном выходе из области магнитного поля ( $Q_2 = Q_1$ ).

Таким образом, количество теплоты, которое выделится в рамке при её прохождении через область магнитного поля, будет равно удвоенному значению  $Q_1$ , т.е.  $Q = 2Q_1$

$$Q = \frac{2B^2 l_1^2 l_2}{R} \cdot v$$

$$v = \frac{QR}{2B^2 l_1^2 l_2} = 4 \text{ м/с.}$$

**11.67.** Условию задачи удовлетворяют два цикла,  $p$ - $V$  диаграммы для которых



**Рис. 61**

показаны на рис. 61. Обозначим значения максимального и минимального давлений газа в этих циклах через  $p_{max}$  и  $p_{min}$ , а значения максимального и минимального объемов газа в них – через  $V_{max}$  и  $V_{min}$ . Тогда для обоих

циклов можно записать:  $\frac{V_{max}}{V_{min}} = n$ ;  $p_{max} V_{min}^{\frac{5}{3}} = p_{min} V_{max}^{\frac{5}{3}}$ ,

откуда  $\frac{p_{max}}{p_{min}} = n^{\frac{5}{3}}$ .

Пусть температуры газа в состояниях, обозначенных на рисунках цифрами 1, 2 и 3, равны соответственно  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ . В первом цикле (рис. 61 а) газ получает от нагревателя на участке  $3 \rightarrow 1$  количество теплоты

$Q_{H1} = \frac{3}{2} R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (p_{max} V_{min} - p_{min} V_{min})$  и отдает холодильнику на участке

$2 \rightarrow 3$  количество теплоты  $Q_{X1} = \frac{5}{2} R(T_2 - T_3) = \frac{5}{2} (p_{min} V_{max} - p_{min} V_{min})$ .

КПД этого цикла равен:  $\eta_1 = \frac{Q_{H1} - Q_{X1}}{Q_{H1}} =$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3(p_{\max} V_{\min} - p_{\min} V_{\min}) - 5(p_{\min} V_{\max} - p_{\min} V_{\min})}{3(p_{\max} V_{\min} - p_{\min} V_{\min})} = \\
&= \frac{3p_{\max} V_{\min} - 5p_{\min} V_{\max} + 2p_{\min} V_{\min}}{3V_{\min} (p_{\max} - p_{\min})} = \frac{3(p_{\max} / p_{\min} \bar{V})}{3(p_{\max} - p_{\min})} \\
&= \frac{3n^{5/3} - 5n + 2}{3(n^{5/3} - 1)} = \frac{3 \cdot 8^{5/3} - 5 \cdot 8 + 2}{3 \cdot (8^{5/3} - 1)} = \frac{3 \cdot 32 - 5 \cdot 8 + 2}{3 \cdot (32 - 1)} = \frac{95}{93}
\end{aligned}$$

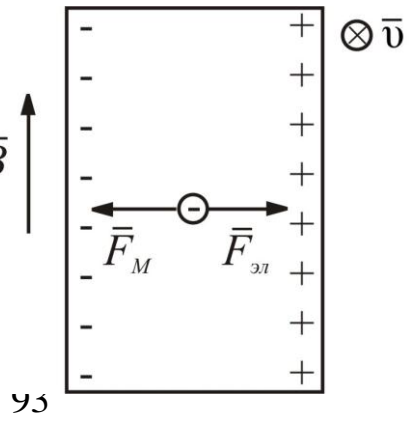


Рис. 62

Во втором цикле (рис. 61 б) газ получает от нагревателя на участке  $1 \rightarrow 2$  количество теплоты

$$Q_{H_2} = \frac{5}{2} R(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} R(p_{\max} V_{\max} - p_{\min} V_{\max})$$

и отдает холодильнику на участке  $2 \rightarrow 3$  количество теплоты  $Q_{x_2} = \frac{3}{2} R(T_2 - T_3) = \frac{3}{2} (p_{\max} V_{\max} - p_{\min} V_{\max})$ .

КПД этого процесса равен:

$$\begin{aligned}
\eta_1 &= \frac{Q_{H_2} - Q_{x_2}}{Q_{H_2}} = \frac{5(p_{\max} V_{\max} - p_{\max} V_{\min}) - 3(p_{\max} V_{\max} - p_{\min} V_{\max})}{5(p_{\max} V_{\max} - p_{\max} V_{\min})} = \\
&= \frac{2p_{\max} V_{\max} - 5p_{\max} V_{\min} + p_{\min} V_{\max}}{5p_{\max} (V_{\max} - V_{\min})} = \frac{2\left(\frac{p_{\max}}{p_{\min}}\right)\left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}}\right) - 5\left(\frac{p_{\max}}{p_{\min}}\right) + 3\left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}}\right)}{5\left(\frac{p_{\max}}{p_{\min}}\right)\left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}} - 1\right)} \\
&= \frac{2n^{\frac{8}{3}} - 5n^{\frac{5}{3}} + 3n}{5n^{\frac{5}{3}}(n-1)} = \frac{2 \cdot 8^{\frac{8}{3}} - 5 \cdot 8^{\frac{5}{3}} + 3 \cdot 8}{5 \cdot 8^{\frac{5}{3}}(8-1)} = \frac{2 \cdot 256 - 5 \cdot 32 + 24}{5 \cdot 32 \cdot 7} = \frac{376}{1120} = \frac{47}{140} \approx 0,34
\end{aligned}$$

Таким образом, КПД двигателя, работающего по указанному в условии задачи

циклу, может принимать наибольшее значение  $\eta_1 = \frac{3n^{\frac{5}{3}} - 5n + 2}{3(n^{\frac{5}{3}} - 1)} = \frac{58}{93} \approx 0,62$ , кото-

рое реализуется, когда цикл имеет вид, показанный на рис. 61 а.

**11.68.** Если диск в данный момент имеет скорость  $v$ , то для сил, действующих на электрон, имеем:

$e\nu(t)B - eE(t) = m_e a_e(t)$ , где  $e\nu(t)B$  - магнитная сила Лоренца ( $F_M$ ),  $eE(t)$  - электрическая сила ( $F_{эл}$ ), рисунок 62 (вид сверху).



Умножим обе части уравнения на  $\frac{d}{e}$ , получим:

$$e\nu(t)B \cdot \frac{d}{e} - eE(t) \cdot \frac{d}{e} = m_e a_e(t) \cdot \frac{d}{e};$$

$$\nu(t)Bd - E(t)d = a_e(t) \cdot \frac{m_e d}{e};$$

$\varepsilon(t) - U(t) = a_e(t) \cdot \frac{m_e d}{e}$ . Но, с другой стороны, из закона Ома для неоднородного участка цепи имеем  $\varepsilon(t) - U(t) = I(t) \cdot R \approx 0$  т.к. сопротивление  $R$  тонкого диска стремится к нулю.

Значит,  $\varepsilon(t) = U(t)$ , то есть  $e\nu(t)B = eE(t)$  или  $\nu(t)B = E(t)$ . Так как  $\nu(t)$  растет, то  $E(t)$  тоже растет, значит на противоположных поверхностях диска появляется заряд:

$$q = CU = \frac{\varepsilon_0 S}{d} (Ed) = \varepsilon_0 S \nu(t) B.$$

Следовательно, от одной поверхности к другой протекает горизонтальный ток силой  $I = q'(t) = \varepsilon_0 S B \nu'(t) = \varepsilon_0 S B a$ , на который действует направленная вверх сила Ампера  $F_A = IBd = \varepsilon_0 S d B^2 a$ . Подставляя это выражение в уравнение движения (2-й закон Ньютона)  $mg - F_A = ma$ , получим ответ для ускорения:

$a = \frac{mg}{m + \varepsilon_0 S d B^2}$ . Анализируя ответ, заключаем, что  $a$  практически не отличается от  $g$ .

**11.69.** Показание прибора равно  $r$ , если ток через амперметр равен  $\frac{\varepsilon_0}{R+r}$ . Таким образом, в электрических цепях, изображенных на рис. 63 *а* и *б*, токи равны:

$$I_1 = \frac{\varepsilon_0}{R+r_1} = \frac{4,5}{10+20} = 0,15 \text{ (A)};$$

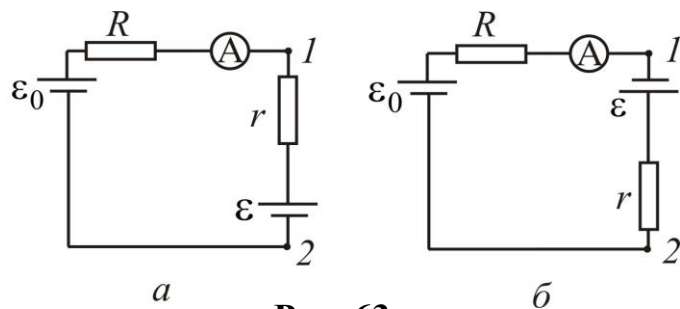
$$I_2 = \frac{\varepsilon_0}{R+r_2} = \frac{4,5}{10+5} = 0,3 \text{ (A)}.$$

При этом сопротивления цепей на этих рисунках одинаковы и равны  $R + r$ , а суммарные напряжения батарейки и источника равны  $\varepsilon_0 - \varepsilon$  и  $\varepsilon_0 + \varepsilon$  соответственно. Отсюда

$$\varepsilon_0 - \varepsilon = I_1(R+r); \quad \varepsilon_0 + \varepsilon = I_2(R+r).$$

Следовательно,  $\frac{\varepsilon_0 + \varepsilon}{\varepsilon_0 - \varepsilon} = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{(R+r)}{(R+r)} = 2$  и  $\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{3} = 1,5 \text{ В}$ .

Далее  $R+r = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{I_1}$ , откуда  $r = 10 \text{ Ом}$ .



**Рис. 63**

**11.70.**  $\Delta t = t_2 - t_1$ , где  $t_1$  - сутки и  $t_2$  - время, показанное часами за сутки на полюсе.

На экваторе при правильном ходе часов маятник длиной  $\ell$  за время  $t_1$  совершит  $N_1$  колебаний:  $N_1 = \frac{t_1}{T_1}$ . Соответственно на полюсе за то же время  $N_2 = \frac{t_1}{T_2}$ . Отсюда

$$\text{да } \frac{N_2}{N_1} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Так как время, показанное часами, прямо пропорционально числу колебаний ( $\frac{t_1}{t_2} = \frac{N_1}{N_2}$ ), то  $t_2 = (\frac{N_2}{N_1})t_1$ , или  $t_2 = (\frac{T_1}{T_2})t_1$ .

Учитывая, что  $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g_1}}$  и  $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g_2}}$ , получаем

$$\Delta t = \left( \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} - 1 \right) t_1 = \left( \sqrt{9,831/9,781} - 1 \right) \cdot 8,64 \cdot 10^4 \text{ с} \approx 221 \text{ с} \approx 3,7 \text{ мин.}$$

**11.71.** На шарик действуют  $mg$  - сила тяжести,  $T$  - сила натяжения нити,  $F = EQ$  - сила, с которой электрическое поле действует на заряд шарика (рис. 64). Запишем условие равновесия шарика в электрическом поле под действием сил:  $mg + T + F = 0$  или в проекциях на оси X и Y:

$$-T \sin \alpha + F = 0, \quad T \cos \alpha - mg = 0,$$

$$\text{или } T \sin \alpha = EQ, \quad T \cos \alpha = mg.$$

После почленного деления уравнений полу-

$$\text{чим } \operatorname{tg} \alpha = \frac{EQ}{mg}.$$

$$\text{Отсюда } E = \frac{mg}{Q} \operatorname{tg} \alpha.$$

Подставив числовые данные из условия, определим:

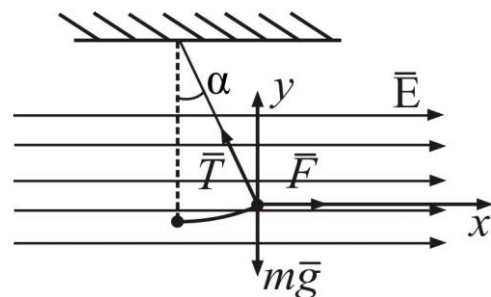
$$E = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{4,9 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,5774 \frac{\text{кВ} \cdot \text{м} / \text{с}^2}{\text{Кл}} \approx 1,4 \cdot 10^5 \text{ В} / \text{Кл} = 140 \text{ кВ} / \text{Кл}.$$

**11.72.** По определению, средняя скорость  $v_{cp} = \frac{s}{t}$ , где  $s$  - весь путь, а  $t$  - время

всего движения. а) Время прохождения первой половины пути  $t_1 = \frac{s}{2v_1}$ , второй

половины  $t_2 = \frac{s}{2v_2}$ . Значит,

$$t = t_1 + t_2 = \frac{s(v_1 + v_2)}{2v_1v_2} \quad \text{и} \quad v_{cp} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 48 \text{ км} / \text{ч}.$$



**Рис. 64**

б) В этом случае  $t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$ . На лошади барон проехал расстояние  $s_1 = \frac{v_1 t}{2}$ , а с лошадыю на плечах он прошел  $s_2 = \frac{v_2 t}{2}$ . Весь путь  $s = s_1 + s_2 = \frac{(v_1 + v_2)t}{2}$ , значит

$v_{cp} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 75 \text{ км/ч}$ . В первом случае средняя скорость заметно меньше, потому что барон нес лошадь на себе большую часть времени (80% всего времени движения), а во втором случае – лишь половину времени.

**11.73.** Разность потенциалов  $\Delta\phi$  между полюсами первого источника тока можно определить исходя из закона Ома для неоднородного участка цепи:  $\Delta\phi = \varepsilon_1 - Ir_1$ , а силу тока – из закона Ома для полной цепи:  $I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{r_1 + r_2 + R}$ .

По условию задачи  $\Delta\phi = 0$ , Решая оба уравнения совместно, получаем

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1(R+r)}{r} = 36 \text{ В}.$$

**11.74.** В момент наибольшего сжатия пружины оба вагона имеют одинаковую скорость  $v$ , которую можно найти из закона сохранения импульса:

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}.$$

Согласно закону сохранения энергии  $W + \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$ , откуда

$$W = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}.$$

**11.75.** КПД цикла  $\eta = \frac{A'}{Q}$ . Совершенная за цикл работа  $A'$  численно равна площади прямоугольника:  $A' = 2p_0 V_0$ . Полученное за цикл от нагревателя количество теплоты  $Q = Q_{1-2} + Q_{2-3}$ . Из уравнения Менделеева-Клапейрона получаем

$$T_2 = 2T_1, \quad T_3 = 6T_1. \quad Q_{1-2} = \nu C_V (T_2 - T_1) = \frac{3\nu RT_1}{2}, \quad Q_{2-3} = \nu C_P (T_3 - T_2) = 10\nu RT_1.$$

Здесь  $\nu$  - количество вещества. Подставляя полученные значения в формулу для КПД и используя соотношение  $p_0 V_0 = \nu RT_1$ , получаем  $\eta = \frac{4}{23} \approx 0,17$ .

**11.76.** Заряд одинаковый; количество теплоты больше при быстром вдвигании магнита. Обозначим сопротивление катушки  $R$ . Тогда индукционный ток

$$I = -\frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad \text{За время } \Delta t \text{ по цепи проходит заряд } \Delta q = I\Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{R}.$$

Весь прошедший по цепи заряд  $q = -\frac{\Delta\Phi}{R}$ , где  $\Phi$  - конечное значение магнитного потока

(начальное равно нулю). Итак, величина  $q$  не зависит от скорости процесса.

Выделившееся в цепи количество теплоты  $Q$  равно работе сторонних сил:

$Q = q\varepsilon_i$ . Поскольку  $\varepsilon_i$  пропорциональна скорости изменения магнитного потока, при быстром вдвигании магнита  $Q$  больше.

**11.77.** При последовательном соединении двух резисторов их общее сопротивление  $R' = R_1 + R_2$ . При подключении такого соединения резисторов к источнику

с напряжением  $U$  по ним будет течь ток силой  $I_1 = \frac{U}{R'} = \frac{U}{R_1 + R_2}$  (1).

При параллельном соединении двух резисторов их общее сопротивление равно:

$$\frac{1}{R''} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}; \quad R'' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{U}{R''} = \frac{U(R_1 + R_2)}{R_1 R_2} \quad (2).$$

Из соотношений (1)-(2) находим:

$$R_2 = \frac{U}{I_1} - R_1; \quad I_2 R_1 \left( \frac{U}{I_1} - R_1 \right) = U \left( R_1 + \frac{U}{I_1} - R_1 \right);$$

$$I_2 R_1^2 - \frac{R_1 I_2 U}{I_1} + \frac{U^2}{I_1} = 0; \quad R_1 = \frac{U}{2I_1} \pm \sqrt{\frac{U^2}{4I_1^2} - \frac{U^2}{I_1 I_2}};$$

$$R_1' = \frac{U}{2I_1} + \sqrt{\frac{U^2}{4I_1^2} - \frac{U^2}{I_1 I_2}} = 30 \text{ Ом}, \quad R_1'' = \frac{U}{2I_1} - \sqrt{\frac{U^2}{4I_1^2} - \frac{U^2}{I_1 I_2}} = 10 \text{ Ом};$$

$$R_2' = \frac{U}{I_1} - R_1' = 10 \text{ Ом}, \quad R_2'' = \frac{U}{I_1} - R_1'' = 30 \text{ Ом}.$$

Ответ:  $R_1' = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_2' = 10 \text{ Ом}$ ;  $R_1'' = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2'' = 30 \text{ Ом}$ .

**11.78.** Пусть  $h$  – смещение электрона при вылете из конденсатора. Электрон участвует в двух движениях: равномерном движении вдоль пластин со скоростью  $v_2$  и в равноускоренном движении перпендикулярно пластинам под действием электрического поля. Время, в течение которого электрон находится в

конденсаторе, будет  $t = \frac{\ell}{v_2}$ ,

Смещение  $h$  найдем по формулам равноускоренного движения  $h = \frac{at^2}{2}$ .

Найдем ускорение  $a$ :  $a = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{md}$ , где  $E$  – напряженность,  $U$  – разность потенциалов,  $m$  – масса электрона,  $e$  – заряд электрона ( $1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл). Следовательно

$$h = \frac{eU\ell^2}{2mdv_2^2} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 600 \cdot 5^2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-2} \cdot (6 \cdot 10^7)^2} = 3.66 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Конечную скорость найдем из соотношения:  $v_k = \sqrt{v_2^2 + v_e^2}$ , где

$$v_e = at = \frac{eU}{md} \cdot \frac{\ell}{v_2}; \quad v_k = 6.064 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

Ответ:  $h = 3.66 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ,  $v_k = 6.064 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ .

**11.79.** По закону Дальтона:  $P = P_{O_2} + P_{H_2}$ .

Из уравнения Менделеева-Клапейрона:  $P_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{\mu_{O_2}} \frac{RT}{V}$ ,

$$P_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{\mu_{H_2}} \frac{RT}{V}$$

$$P = \left( \frac{m_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{m_{H_2}}{\mu_{H_2}} \right) \frac{RT}{V} = \left( \frac{0.8}{2 \cdot 10^{-3}} + \frac{1.6}{32 \cdot 10^{-3}} \right) \frac{8.31 \cdot 300}{110 \cdot 10^{-3}} = 1.02 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2.$$

Ответ:  $P = 1.02 \cdot 10^7 \text{ Па}$ .

**11.80.** Из закона сохранения энергии и импульса следует:

$$\begin{cases} \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} + Q; \\ m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}. \end{cases}$$

Подставляем данные из условия:

$$3m \cdot 2v - mv = 4mu;$$

$$u = \frac{5}{4}v;$$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{3m \cdot 4v^2}{2} = \frac{4m \cdot \frac{25v^2}{16}}{2} + Q.$$

$Q = \frac{27}{8}mv^2$  - это тепло идет на нагревание шаров.

$$Q = 4m \cdot c \cdot \Delta t, \text{ следовательно, } \Delta t = \frac{27}{32} \frac{v^2}{c}.$$

## Ответы на качественные вопросы

### 8 класс

- 8.1.** Быстрее. Так как температура на улице ниже, чем в помещении, то давление пара в помещении больше, чем на улице. Поэтому через открытую форточку часть пара из помещения будет выходить на улицу.
- 8.2.** При охлаждении, например, на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  одной капли кипятка выделяется во много раз меньше количества теплоты, чем выделяется лишь при конденсации пара той же массы и температуры, что и капля воды.
- 8.3.** Диаметр шара при нагревании увеличится. Поднимется и его центр тяжести. Следовательно, его потенциальная энергия увеличится.
- 8.4.** Можно. Для этого достаточно понизить давление воздуха над поверхностью воды, поместив ее под колокол воздушного насоса и откачав из него воздух.

### 9 класс

- 9.1.** Можно, т.к. теплопроводимость термоса плохая.
- 9.2.** Слабо надутая шина нагреется больше. При движении автомобиля шины непрерывно деформируются. При этом внутренняя энергия шины увеличивается. Так как слабо надутая шина деформируется в большей степени, чем хорошо надутая, то внутренняя энергия ее будет больше внутренней энергии хорошо надутой шины. Поэтому температура слабо надутой шины будет больше, чем температура шины, хорошо надутой.
- 9.3.** Время вытекания воды не изменится. *Указание:* учесть, что разность давлений воздуха на отверстие и поверхность воды остается прежней.
- 9.4.** Указание. Одну из спиц поднести к середине другой.
- 9.5.** Когда колесо катится, то оно в каждый момент времени поворачивается вокруг точки касания с землей. Поэтому линейные скорости верхних спиц больше линейных скоростей нижних спиц, расположенных ближе к неподвижной в данный момент точке.
- 9.6.** Холодный наружный воздух охлаждает соприкасающийся с ним комнатный воздух настолько, что пар, содержащийся в комнатном воздухе, конденсируется, и появляется туман - большое количество мелких капелек воды в воздухе.

## 10 класс

**10.1.** Можно, если использовать металл с температурой плавления, которая меньше температуры замерзания воды, например, ртуть.

**10.2.** Крышка неподвижна у того чайника, в котором меньше воды и пар, образовавшийся над поверхностью кипятка, уходит через носик чайника. В другом чайнике воды больше и пар накапливается между поверхностью воды и крышкой. При достаточном давлении пара крышка поднимается и из чайника выходит порция пара.

**10.3.** На планете, где сила тяжести в два раза больше, чем на Земле, и вес воды, и вес шара увеличатся в два раза. Поэтому и вес вытесненной шаром воды возрастет так же, как и вес шара. Следовательно, глубина погружения шара в воду не изменится.

**10.4.** От удара молота вода быстро испаряется. Пар резко расширяется, производя звук, похожий на выстрел.

**10.5.** Когда пробирка охладится, давление заключенного в ней воздуха уменьшится, атмосферное же давление не меняется. Под действием возросшей разности давлений уровень воды в пробирке повысится.

**10.6.** Температура кипения свинца  $t_c = 327$  °С. Повышая внешнее давление можно нагреть воду до критической температуры  $t_{кр} = 374$  °С. Поскольку  $t_c < t_{кр}$ , то свинец расплавить в воде можно.

**10.7.** Нет, не правильно. Силовая линия электростатического поля - это такая линия, касательная к которой в любой точке совпадает с направлением силы, действующей на заряд, помещенный в эту точку. Силовая линия начинается на положительных зарядах и оканчивается на отрицательных.

**10.8.** Пусть мяч обладает массой  $m$  и летит со скоростью  $V$ , тогда количество движения мяча будет  $mV$ . Чтобы остановить мяч, волейболист должен подействовать на него с силой  $F = \frac{mV}{t}$ , где  $t$  — время, в течение которого мяч

останавливается. Чем меньше время, тем сильнее удар мяча, т.к. по третьему закону Ньютона сила  $F$ , с которой игрок действует на мяч, равна силе действия мяча на руки игрока. Поэтому, расслабляя руки и подаваясь назад, опытный игрок увеличивает время  $t$  и тем самым ослабляет силу удара.

**10.9.** Для горения необходим кислород. Одновременно при горении выделяется углекислый газ. В земных условиях горячий углекислый газ поднимается к «потолку», освобождая место для новых порций кислорода. Срабатывает закон Архимеда, согласно которому легкие тела всплывают, а тяжелые тонут. Горячий углекислый газ легче воздуха, и поэтому он устремляется вверх. В космическом корабле в состоянии невесомости закон Архимеда «отменяется». Архимедовы силы упругие, а в состоянии невесомости действуют только гравитационные силы (силы тяжести). Поэтому там тяжелые предметы не падают на «пол», а легкие не взмывают к «потолку». Углекислый газ обволакивает пламя, доступ кислорода прекращается, и спичка гаснет.

**10.10.** Конькобежцы размахивают руками для того, чтобы управлять положением центра тяжести своего тела.

**10.11.** Диаметр отверстия будет увеличиваться.

**10.12.** Уменьшится на величину веса воды, вытесняемой стенками и дном ведра.

## **11 класс**

**11.1.** Магнитное поле действует на шарик с силой Лоренца, перпендикулярной вектору скорости шарика, т.е. работы над шариком не совершает. Следовательно, магнитное поле не влияет на характер изменения скорости шарика, а значит, оно не влияет на период колебания.

**11.2.** Система стремится к минимуму потенциальной энергии в обоих случаях.

**11.3.**  $\varphi_a - \varphi_b > 0$ .

**11.4.** Независимо от знака заряда палочки на концах стальной магнитной стрелки вследствие индукции наводятся электрические заряды, и конец стрелки притянется к наэлектризованной палочке.

**11.5.** Светящуюся часть пламени свечи создают несгоревшие мельчайшие раскаленные частицы углерода. При высокой температуре раскаленный уголь излучает электроны, а сам заряжается положительно.

**11.6.** Хозяйка поступила неправильно, т.к. в этом случае теплообмен при помощи конвекции происходить не будет, а теплопроводность воды мала. Чтобы вода быстрее охладилась, необходимо лед положить на кастрюлю.

**11.7.** Потенциальная энергия поверхностного слоя одной крупной капли меньше, чем малых капель, поэтому состояние системы, полученное после слияния капель более устойчиво.

**11.8.** С учетом отсутствия активного сопротивления ( $R=0$ ) у кольца закон Ома ( $\varepsilon=IR=0$ ) и закон электромагнитной индукции ( $\varepsilon=-\Delta\Phi/\Delta t=0$ ) приводят к неизменности магнитного потока:  $\Delta\Phi=0$ ,  $\Phi=\text{const}$ .

**11.9.** Зеркала нужно расположить в одном из углов комнаты на примыкающих стенах, т.е. перпендикулярно друг к другу.

**11.10.** Скорость наполнения ведра водой зависит только от вертикальной составляющей скорости капель дождя. Предполагается, что ветер горизонтальный и на вертикальную скорость капель он не влияет, а значит, скорость наполнения не изменится.

**11.11.** Нельзя. Подъем воды в насосе или шприце вслед за поршнем объясняется образованием вакуума, который из-за давления атмосферы заполняется столбом жидкости. Но над кипящей водой образуется не вакуум, а насыщенные пары при температуре кипения. Вспомним, что кипение - это процесс, при котором давление насыщенного пара в пузырьках становится равным внешнему давлению, т.е. в данном случае атмосферному. Эффект точно такой же, как если бы никакого поршня не было и шприц был бы сверху открытым. И в открытом шприце, и под поршнем - давление одно и то же - 760 мм рт. ст.



**11.12.**Время действия силы со стороны пули на дверь очень мало, а масса двери и момент инерции достаточно большие. Угловая скорость  $\omega = \beta\Delta t$ , приобретенная дверью, быстро гасится силами трения.

**11.13.**Да, будет. Взаимодействие магнитного поля магнита и магнитного поля кольца, созданного индукционным током, будет тормозить магнит. Его ускорение будет меньше ускорения свободного падения.

**11.14.**Да, уровень воды понизится

## Решения заданий экспериментального тура.

### 8 класс

**8.1.** Наматываем проволоку на карандаш в плотную витку к витку. Линейкой измерим длину полученной обмотки  $\ell$ . Разделив ее на число витков  $n$ , получим искомый диаметр:  $d = \frac{\ell}{n}$ .

**8.2.** Условие равновесия плавающего тела имеет вид:  $mg = \rho_в Vg$ , где  $V$  – объем воды, вытесненной погруженной частью тела. Отсюда  $m = \rho_в V$  (1).

Наливаем в мензурку воды, измеряем ее объем, а затем помещаем в нее плавающее тело. Измеряем объем вытесненной воды  $V$  и по формуле (1) находим массу тела. С помощью спицы погружаем все тело в воду и измеряем его объем  $V_T$ .

Плотность тела равна  $\rho_T = \frac{m}{V_T}$ .

**8.3.** К рычагу-линейке подвешиваем гирьку и исследуемое тело. Изменяя положение гирьки и тела, добиваемся равновесия. Измеряем плечи сил тяжести, действующих на гирьку и на тело. Применяем правило моментов:

$$mgl = m_x gl_x \Rightarrow m_x = m \frac{l}{l_x}.$$

**8.4.** При помощи мензурки измеряют объем воды в стаканах. Используя плотность, выражают массу воды. Измеряют начальные температуры и подсчитывают температуру смеси.

**8.5.** Один из вариантов изображен на рисунке э.1.8.

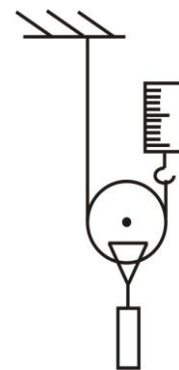


Рис. э.1.8

### 9 класс

**9.1.** Определяется на основе опыта.

**9.2.** Путем непосредственных измерений определяем массу спички  $m$  и время ее сгорания  $t$ . Калорийность сухого дерева берется из таблицы.

$$N = \frac{A}{t} = \frac{Q}{t} \approx 50 \text{ Вт}.$$

**9.3.** Рассмотрим моменты сил, сообщающие катушке угловые ускорения. Из чертежа (рис. э.3.9.) видно, что момент силы  $F_1$  поворачивает катушку влево, а момент силы  $F_2$  поворачивает ее вправо.

**9.4.** При поворачивании гвоздя сила трения при проскальзывании направлена против скорости. Согнутый гвоздь поворачивать нетрудно (почему?), а сила

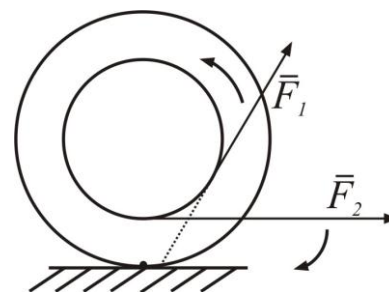


Рис. э.3.9

вытягивания резко уменьшается, т.к. надо компенсировать не всю силу трения, направленную против полной скорости гвоздя, а лишь ее составляющую, направленную вдоль гвоздя.

**9.5.** Для опыта надо взять такую массу льда, чтобы он весь растаял в данном количестве воды. Иначе решение задачи будет слишком сложным. Начальная температура определяется из уравнения теплового баланса.

**9.6.**  $R_{л} = \frac{U_{л.}}{I}$ ;  $I = \frac{U_R}{R}$ ,  $R$  - известно.

**9.7.** Катят равномерно цилиндр по горизонтальной поверхности и по формуле  $v_0 = \frac{S}{t}$  определяют скорость в точках А, В, С:  $v_A = v_B = v_0 \sqrt{2}$ ;  $v_C = 2v_0$ .

**9.8.** Для определения сопротивления проводника измеряют линейкой его длину, затем наматывают плотно друг к другу на карандаш  $n = 10$  витков провода, измеряют их длину и вычисляют диаметр провода  $d = \frac{l_1}{n}$ . Находят площадь по-

перечного сечения провода  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  и вычисляют сопротивление:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{4n^2 l}{\pi l_1^2}.$$

## 10 класс

**10.1.** Закроем верхний конец трубки и опустим ее в мензурку с водой (рис. э.1.10). Для двух состояний газа, до погружения и после погружения трубки в воду, справедливо уравнение:

$$p_1 V_1 = (p_1 + \rho g h) V_2; \quad p_1 = \frac{\rho g h l_2}{l_1 - l_2}.$$

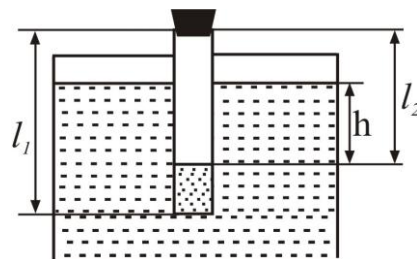


Рис. э.1.10

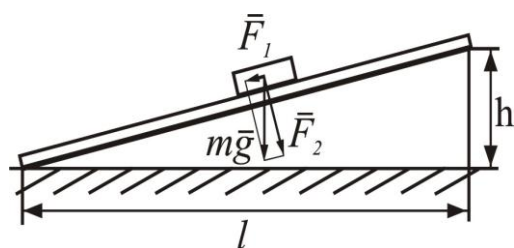


Рис. э.2.10

**10.2.** Положив брусок на доску, будем поднимать ее конец до тех пор, пока брусок не придет в движение. Из рисунка э.2.10 видно, что сила  $F_1$  стремящаяся сдвинуть его в направлении, параллельном плоскости, равна  $mg \sin \alpha$ , где  $mg$  - сила тяжести бруска. В то же время максимальная

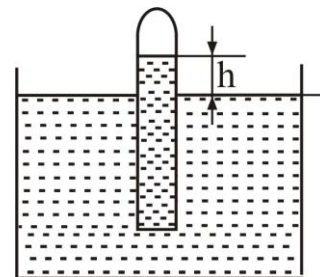
сила трения покоя между бруском и плоскостью и сила трения скольжения при не слишком больших скоростях может быть записана в следующем виде:  $F_{mp} = \mu mg \cos \alpha$  ( $\mu$  - коэффициент трения). При равномерном движении составляющая  $F_1$  силы тяжести бруска равна тормозящей силе, т.е.  $mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$ , откуда  $\mu = \tan \alpha = \frac{h}{l}$ . Т.е. для нахождения коэффициента трения достаточно измерить  $h$  и  $l$ .

**10.3.** Собрать цепь по схеме, где известный и исследуемый резисторы включены параллельно. Поочередно с помощью амперметра измерить токи, проходящие через  $R$  и  $R_x$ :  $U_R = I_1 R$ ;  $U_{R_x} = I_2 R_x$ . Так как  $U_R = U_{R_x}$ , то

$$R_x = R \frac{I_1}{I_2}.$$

**10.4.** На рисунке э.3.10 изображена перевернутая пробирка, опущенная в широкий сосуд с водой.

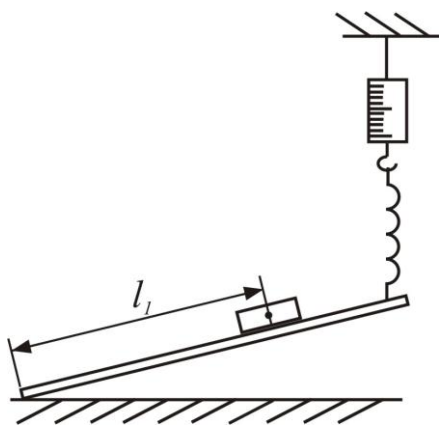
$$pV = \frac{m}{M} RT \left\{ \begin{array}{l} m = \frac{\bar{p}VM}{RT} = \frac{(p_0 - \rho gh)VM}{RT} \\ \rho gh + p = p_0 \end{array} \right. . \text{Значения } h, V, T, p_0$$



**Рис. э.3.10**

получаем соответственно с помощью перечисленного в задании оборудования.

## 11 класс



**Рис. э.2.11**

$$P\left(\frac{l}{2} - x\right) = \frac{P}{2}x; \Rightarrow x = \frac{1}{3}l. \text{ Сила реакции}$$

опоры со стороны нижнего кирпича на средний проходит через точку  $O$ . Отсю-

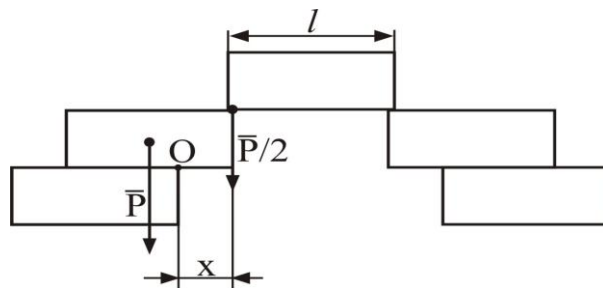
да длина моста:  $L = 3l + \frac{2}{3}l = 3\frac{2}{3}l$ .

**11.3.** Из шума, который создает вода, усиливаются те звуковые частоты, которые возбуждают резонансные колебания столба воздуха в бутылке. Чем больше объем столба, тем ниже эта частота.

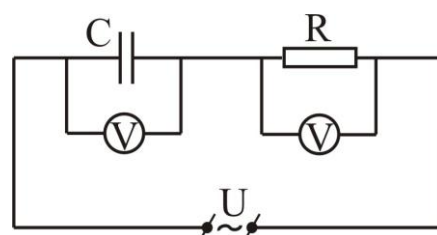
**11.4.** Соберем электрическую цепь, состоящую из источника переменного тока  $U$  конденсатора  $C$  и резистора  $R$  (рис. э.4.11). Вольтметром измерим эффективные напряжения на конденсаторе  $U_C$  и на эталонном резисторе  $U_R$ . Для этого вольтметр включаем в положения (1) и (2). Зная эффективное значение падения напряжения на резисторе,

**11.1.** Кладем груз на масштабную линейку на расстоянии  $l_1$  от ее начала. С помощью нити прикрепляем конец линейки к динамометру и слегка приподнимаем её (рис. э.2.11). По правилу моментов получаем:  $m = \frac{F_D}{g} \frac{l}{l_1}$ , где  $F_D$  - показания динамометра,  $l$  - длина линейки.

**11.2.** Вес верхнего кирпича (рис. э.3.11) распределен поровну: по  $P/2$  на оба средних кирпича. Далее для среднего кирпича условия равновесия таковы:



**Рис. э.3.11**



**Рис. э.4.11**

найдем эффективное значение силы тока в цепи:  $I_{эф} = \frac{U_R}{R}$ ;  $I_{эф} = \frac{U_C}{X_C}$ , откуда

$$X_C = \frac{U_C}{I_{эф}}; \quad X_C = \frac{1}{\omega C}, \text{ откуда } C = \frac{U_R}{\omega U_C R}.$$

**11.5.** Привяжем к нити гирьку. Так как масса нити мала, то полученный маятник можно считать "математическим", т.е. можно воспользоваться формулой, связывающей период колебаний  $T$  с длиной маятника  $\ell$  и ускорением свободного падения  $g$ :  $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ . Определяем с помощью секундомера период колебаний

маятника:  $T = \frac{t}{n}$ . Зная период, можно определить длину нити  $\ell = \frac{gt^2}{4\pi^2 n^2}$ . Размеры

нитей взять равными длине и ширине стола. Зная длину и ширину стола, можно определить площадь стола.

# Победители и призёры областных олимпиад по физике и их учителя

1998 – 1999 учебный год

<b>8 класс</b>	I место	Николаев Сергей <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	II место	Селезнёв Николай <i>СОШ № 2 п. Дубровка</i> (уч. Гапонов А.Н.)
	III место	Грошков Николай <i>Старская СОШ Дятьковского р-на</i> (уч. Сигуто Василий Федорович)
<b>9 класс</b>	I место	Головченко Константин <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	II место	Мозальков Михаил <i>Гимназия № 7 г. Брянска</i> (уч. Кузнецова С.Н.)
	III место	Булатицкий Сергей <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Кравченко Александр Михайлович)
<b>10 класс</b>	I место	Гапон Андрей <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	II место	Шипунов Александр <i>Сецинская СОШ Дубровского р-на</i> (уч. Бурова Н.М.)
	III место	Ващенко Андрей <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
<b>11 класс</b>	I место	Янченко Степан <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	II место	Ефимова Елена <i>СОШ № 1 г. Клинцы</i> (уч. Стovens А.А.)
	III место	Кузьмин Денис <i>СОШ № 3 г. Дятьково</i> (уч. Щелькальнова Галина Алексеевна)

## 1999 – 2000 учебный год

<b>8 класс</b>	<b>I место</b>	Седаков Роман <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Голенкова Ольга <i>Гимназия № 2 г. Брянска</i> (уч. Широков Сергей Филиппович)
	<b>III место</b>	Красников Алексей <i>СОШ им. Кирова г. Карачева</i> (уч. Волков Андрей Леонидович)
<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Николаев Сергей <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Селезнев Николай <i>СОШ № 2 п. Дубровка</i> (уч. Гапонов А.Н.)
	<b>III место</b>	Грошков Николай <i>Старская СОШ Дятьковского р-на</i> (уч. Сигуто Василий Федорович)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Головченко Константин <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Мозальков Михаил <i>Гимназия № 7 г. Брянска</i> (уч. Кузнецова С.Н.)
	<b>III место</b>	Афонин Андрей <i>Пеклинская СОШ Дубровского р-на</i> (уч. Климов В.Е.)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Гапон Андрей <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Петушкин Денис <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Огнев Владимир <i>СОШ № 1 г. Клинцы</i> (уч. Стовпец А.А.)

## 2000 – 2001 учебный год

<b>8 класс</b>	<b>I место</b>	Коломеец Владимир <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Пихенько Максим Сергеевич <i>СОШ № 9 г. Клинцы</i> (уч. Заводовская А.И.)
	<b>III место</b>	Пожбелко Виктор <i>СОШ № 4 г. Новозыбков</i> (уч. Кузнецов Александр Юрьвич)
<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Шитый Никита <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Седаков Роман <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Красников Алексей <i>СОШ им. Кирова г. Карачев</i> (уч. Волков Андрей Леонидович)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Николаев Сергей <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Карцев Алексей <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Селезнев Николай <i>СОШ № 2 п. Дубровка</i> (уч. Гапонов А.Н.)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Головченко Константин <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Мозальков Михаил <i>Гимназия № 7 г. Брянска</i> (уч. Кузнецова С.Н.)
	<b>III место</b>	Маслов Кирилл <i>Гимназия № 2 г. Брянска</i> (уч. Широков Сергей Филиппович) Холуев Сергей <i>СОШ №2 г. Клинцы</i>



## 2001 – 2002 учебный год

<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Пихенько Максим Сергеевич <b>СОШ № 9 г. Клинцы</b> (уч. Заводовская А.И.)
	<b>II - III место</b>	Коломеец Владимир <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна) Свириденко Константин <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Шитый Никита <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Седаков Роман <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Гончаров Олег <b>СОШ № 25 г. Брянска</b> (уч. Солдаткина И.Ю.)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Егоров Александр <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Николаев Сергей <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Серигов Денис <b>СОШ № 3 г. Унеча</b> (уч. Федорищенко Сергей Дмитриевич)

2002 – 2003 учебный год

**8 класс**

- I место** Михеев Роман Игоревич  
*Лицей № 1 г. Брянска*  
(уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
- II место** Кузьмин Михаил, *СОШ №51 г. Брянска*  
(уч. Захаренкова Р.В.)  
Щелыкальнов Олег Юрьевич  
*СОШ № 3 г. Дятьково*  
(уч. Щелыкальнова Галина Алексеевна)
- III место** Томлеев Геннадий  
*Гимназия № 3 г. Брянска*  
(уч. Наумкина Татьяна Васильевна)

**9 класс**

- I место** Алфимов Михаил Николаевич  
*Лицей № 1 г. Брянска*  
(уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
- II место** Баева Марина  
*Гимназия № 15 г. Брянска*  
(уч. Кравченко Александр Михайлович)
- III место** Рухлядко Надежда  
*Гимназия г. Трубчевска*  
(уч. Лопаткина Лариса Николаевна)

**10 класс**

- I место** Пихенько Максим Сергеевич  
*СОШ № 9 г. Клинцы*  
(уч. Заводовская А.И.)
- II место** Якимович Сергей Викторович  
*Лицей № 1 г. Брянска*  
(уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)  
Коломеец Владимир  
*Лицей № 1 г. Брянска*  
(уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
- III место** Суриков Александр  
*СОШ № 67 г. Брянска*  
(уч. Яшутин Григорий Григорьевич)

**11 класс**

- I место** Шитый Никита  
*Лицей № 1 г. Брянска*  
(уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
- II место** Костюченко Павел  
*СОШ № 2 г. Клинцы*  
(уч. Урецкий А.А.)
- III место** Седаков Роман  
*Лицей № 1 г. Брянска*  
(уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)  
Судаков Николай  
*СОШ № 2 п. Дубровка* (уч. Гапонов А.Н.)

## 2003 – 2004 учебный год

<b>8 класс</b>	<b>I место</b>	Кузенков Виктор Сергеевич <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Кравченко Александр Михайлович)
	<b>II место</b>	Романенко Константин Радикович <i>СОШ им. Ленина г. Суража</i> (уч. Рунова Тамара Ивановна)
	<b>III место</b>	Новгородский Сергей Евгеньевич <i>СОШ № 1 г. Севска</i> (уч. Тришина Валентина Григорьевна) Джиганов Дмитрий Александрович <i>СОШ № 4 г. Сельцо</i> (уч. Иванова Мария Константиновна)
<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Трошина Ирина Юрьевна <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Кравченко Александр Михайлович)
	<b>II место</b>	Михеев Роман Игоревич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Щелькальнов Олег Юрьевич <i>СОШ № 3 г. Дятьково</i> (уч. Щелькальнова Галина Алексеевна)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Алфимов Михаил Николаевич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Хлебущев Александр Сергеевич <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Осадчий Олег Иванович)
	<b>III место</b>	Горелов Максим Анатольевич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Якимович Сергей Викторович <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Пихенько Максим Сергеевич <i>СОШ № 9 г. Клинцы</i> (уч. Заводовская А.И.).
	<b>III место</b>	Ефимов Александр Сергеевич <i>СОШ № 53 г. Брянска</i> (уч. Зернина Аиса Александровна)

## 2004 – 2005 учебный год

<b>8 класс</b>	<b>I место</b>	Лазарев Вадим Владимирович <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Чеченя Сергей Александрович <i>СОШ № 1 г. Сураж</i> (уч. Данилов Анатолий Александрович)
	<b>III место</b>	Гулидова Валерия <i>СОШ № 4 г. Брянска</i> (уч. Шкредова Ольга Васильевна)
<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Кузенков Виктор Сергеевич <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Кравченко Александр Михайлович)
	<b>II место</b>	Селянин Евгений <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Козлова Елена Александровна)
	<b>III место</b>	Новгородский Сергей Евгеньевич <i>СОШ № 1 г. Севска</i> (уч. Тришина Валентина Григорьевна) Быконя Илья <i>Коржовоголубовская СОШ Клинцовского р-на</i> (уч. Кожемякин Андрей Леонидович)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Михеев Роман Игоревич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Филимоненко Николай <i>СОШ № 2 г. Суража</i> (уч. Коноваленко Светлана Николаевна)
	<b>III место</b>	Титов Алексей <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Кравченко Александр Михайлович)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Алфимов Михаил Николаевич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Горелов Максим Анатольевич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Рухлядко Надежда <i>Гимназия г. Трубчевска</i> (уч. Лопаткина Лариса Николаевна)

## 2005 – 2006 учебный год

<b>8 класс</b>	<b>I место</b>	Лисютин Андрей Александрович <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Адуенко Александр Александрович <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Портунова Ольга Михайловна)
	<b>III место</b>	Токман Владимир Анатольевич <i>СОШ № 4 г. Брянска</i> (уч. Зайкова Светлана Валентиновна)
<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Лазарев Вадим Владимирович <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Ларченко Илья Игоревич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Чеченя Сергей Александрович <i>СОШ № 1 г. Сураж</i> (уч. Данилов Анатолий Александрович)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Кузенков Виктор Сергеевич <i>Гимназия № 1 г. Брянска</i> (уч. Кравченко Александр Михайлович)
	<b>II место</b>	Чекмаев Павел Олегович <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Тищенко Герман Иванович)
	<b>III место</b>	Вокрячко Сергей Сергеевич <i>Гимназия № 3 г. Брянска</i> (уч. Наумкина Татьяна Васильевна) Джиганов Дмитрий Александрович <i>Гимназия № 2 г. Брянска</i> (уч. Широков Сергей Филиппович)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Михеев Роман Игоревич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Кудрицкий Константин Васильевич <i>Лицей № 1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>III место</b>	Степанов Максим Викторович <i>СОШ № 18 г. Брянска</i> (уч. Степанова Ольга Николаевна)

2006 – 2007 учебный год

<b>8 класс</b>	<b>I место</b>	Мицук Вячеслав Владимирович <b>СОШ № 1 г. Сураж</b> (уч. Морозов Олег Георгиевич)
	<b>II место</b>	Сквазников Антон Сергеевич <b>СОШ № 3 п. Климово</b> (уч. Бордачева Любовь Николаевна)
	<b>III место</b>	Митяшов Андрей Андреевич <b>СОШ № 3 г. Клинцы</b> (уч. Павленок Мария Петровна)
<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Лисютин Андрей Александрович <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Адуенко Александр Александрович <b>Гимназия № 1 г. Брянска</b> (уч. Портунова Ольга Михайловна)
	<b>III место</b>	Анискович Константин Андреевич <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Ларченко Илья Игоревич <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Ковецкая Татьяна Анатольевна)
	<b>II место</b>	Чеченя Сергей Александрович <b>СОШ № 1 г. Сураж</b> (уч. Данилов Анатолий Александрович)
	<b>III место</b>	Садретдинов Евгений Рамилевич <b>СОШ №10 г. Брянска</b> (уч. Черепанов Олег Анатольевич)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Коновалов Дмитрий Андреевич <b>Лицей № 1 г. Брянска</b> (уч. Козлова Елена Александровна)
	<b>II место</b>	Кузенков Виктор Сергеевич <b>Гимназия № 1 г. Брянска</b> (уч. Кравченко Александр Михайлович)
	<b>III место</b>	Меренкова Анна Владимировна <b>СОШ №10 г. Брянска</b> (уч. Анищенко Василий Алексеевич) Ананченко Светлана Владимировна <b>СОШ №1 г. Стародуб</b> (уч. Колесникова Вера Владимировна)

## 2007 – 2008 учебный год

<b>8 класс</b>	<b>I место</b>	Егорова Ирина Геннадьевна <i>Гимназия №1 г. Брянска</i> (уч. Портунова Ольга Михайловна)
	<b>II место</b>	Бушмелев Алексей Дмитриевич <i>СОШ №25 г. Брянска</i> (уч. Лысова Ирина Анатольевна)
	<b>III место</b>	Дехтяренко Ярослав Игоревич <i>СОШ №41 г. Брянска</i> (уч. Баилык Светлана Владимировна)
<b>9 класс</b>	<b>I место</b>	Ермолаев Евгений Андреевич <i>СОШ №3 г. Фокино</i> (уч. Редина Елена Александровна)
	<b>II место</b>	Сквасников Антон Сергеевич <i>СОШ №3 п. Климово</i> (уч. Бордачева Любовь Николаевна)
	<b>III место</b>	Митяшов Андрей Андреевич <i>СОШ №3 г. Клинцы</i> (уч. Павленок Мария Петровна)
<b>10 класс</b>	<b>I место</b>	Адуенко Александр Александрович <i>Гимназия №1 г. Брянска</i> (уч. Портунова Ольга Михайловна)
	<b>II место</b>	Лисютин Андрей Александрович <i>Лицей №1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Ольга Анатольевна)
	<b>III место</b>	Анискович Константин Андреевич <i>Лицей №1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Ольга Анатольевна)
<b>11 класс</b>	<b>I место</b>	Ларченко Илья Игоревич <i>Лицей №1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Ольга Анатольевна)
	<b>II место</b>	Дядин Дмитрий Сергеевич <i>Лицей №1 г. Брянска</i> (уч. Ковецкая Ольга Анатольевна)
	<b>III место</b>	Чеченя Сергей Александрович <i>СОШ №1 г. Суража</i> (уч. Данилов Анатолий Александрович)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>Теоретический тур. Условия задач</b> .....	<b>5</b>
8 класс.....	5
9 класс.....	13
10 класс.....	21
11 класс.....	31
<b>Качественные вопросы</b> .....	<b>42</b>
8 класс.....	42
9 класс.....	42
10 класс.....	42
11 класс.....	43
<b>Экспериментальный тур.</b> .....	<b>45</b>
8 класс.....	45
9 класс.....	45
10 класс.....	46
11 класс.....	46
<b>Ответы, указания, решения задач теоретического тура</b> .....	<b>47</b>
8 класс.....	47
9 класс.....	60
10 класс.....	79
11 класс.....	100
<b>Ответы на качественные вопросы</b> .....	<b>126</b>
8 класс.....	126
9 класс.....	126
10 класс.....	127
11 класс.....	128
<b>Решения заданий экспериментального тура</b> .....	<b>130</b>
8 класс.....	130
9 класс.....	130
10 класс.....	131
11 класс.....	132
<b>Победители и призёры областных олимпиад по физике и их учителя</b> .....	<b>134</b>



Николай Васильевич Моисеев

СБОРНИК  
ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ ШКОЛЬНИКОВ  
БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Учебно-методическое пособие*

Технический редактор **Н.В. Моисеев**  
Компьютерный набор и верстка **А.Н. Моисеев**  
Обложка **А.Н. Моисеев**

---

Подписано в печать 30.10.2008. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная.  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 8,60. Тираж 500 экз. Заказ № 310.  
Отпечатано с готового оригинал-макета в редакционно-издательском отделе Брянского института  
повышения квалификации работников образования  
241050, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 34 «А»

---

Качество рисунков соответствует качеству материалов,  
предоставленных автором пособия