

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Почкучукская средняя школа»  
Кукморского муниципального района  
Республики Татарстан

<p>« Рассмотрено» Руководитель МО <i>И.Р. Галиева</i> Галиева И.Р. Протокол № <u>1</u> от «<u>25</u>» <u>08</u> 2023 г.</p>	<p>«Согласовано» Заместитель директора школы по УР <i>А.Х. Сагдиева</i> Сагдиева А.Х.. «<u>26</u>» <u>08</u> 2023 г.</p>	<p>«Утверждено» Директор <i>А.В. Файзрахманов</i> Файзрахманов А.В. Приказ № <u>12-0</u> от «<u>26</u>» <u>08</u> 2023 г.</p>
---	--	---



Элективный курс «Физика в задачах и экспериментах»

Для учащихся 10 класса

Разработал: Музафарова Сергея Николаевича,  
учитель физики и информатики

2023 – 2024 учебный год

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Элективный курс по физике 10 - 11 классах рассчитан на 68 часов (по одному часу в неделю) для учащихся, проявляющих интерес к предмету физика, позволяет существенно расширить возможности выстраивания учеником индивидуальной образовательной траектории и **преследует следующие цели:** □ **ожидаемые результаты изучения курса;**

1. Обеспечить углублённое изучение отдельных разделов программы по физике;
2. Создать условия для существенной дифференциации содержания обучения учащихся;
3. Способствовать установлению доступа к полноценному образованию одарённым категориям учащихся в соответствии с их способностями, индивидуальными склонностями и потребностями;

В своей программе учитель ставит задачу не только расширения знаний изученного материала учащимися, а также общего развития школьников. Для этого 30% всего времени отводится на экспериментальные задания, проводимые школьниками самостоятельно.

В предлагаемом курсе подобраны задачи повышенной степени сложности по основным темам традиционного курса физики 10 - 11 го класса.

Экспериментальные задания содержат рекомендации по методике их использования, представлены образцы их выполнения, даны пояснения к ним.

Предлагаемый элективный курс по физике для учащихся 10 и 11 классов направлен:

1. На оказание обучающимся квалифицированной помощи в расширении, углублении, систематизации и обобщении их знаний по этому предмету;
2. На развитие у учащихся интуиции, формально-логического и алгоритмического мышления, навыков моделирования, использования математических методов для изучения смежных дисциплин;
3. На формирование в процессе обучения познавательной активности, умения приобретать и творчески распоряжаться полученными знаниями, потребностей научно-исследовательской деятельности в процессе активной самостоятельной работы.

### **Задачи элективного курса:**

- развитие интереса к физике и решению физических задач;
- подготовить учащихся к выбору и сдаче ЕГЭ по физике;
- совершенствование полученных в основном курсе знаний и умений;
- формирование представлений о постановке, классификации, приемах и методах решения школьных физических задач.
- развивать интеллектуальные способности и познавательные интересы школьников в процессе изучения физики;
- уделять основное внимание не передаче суммы готовых знаний, а знакомству с методами научного познания окружающего мира;
- ставить проблемы, требующие от обучающихся самостоятельной деятельности по их разрешению.

### **Методические особенности изучения курса**

Курс опирается на знания, полученные при изучении курса физики на базовом уровне. Основное средство и цель его освоения - решение задач. Лекции предназначены не для сообщения новых знаний, а для повторения теоретических основ, необходимых для

выполнения практических заданий, поэтому носят обзорный характер при минимальном объеме математических выкладок.

Теоретический материал удобнее обобщить в виде таблиц, форму которых может предложить учитель, а заполнить их должен ученик самостоятельно. Ввиду предельно ограниченного времени, отводимого на прохождение курса, его эффективность будет определяться именно самостоятельной работой ученика, для которой потребуется не менее 3-4 ч в неделю.

В процессе обучения важно фиксировать внимание обучаемых на выборе и разграничении физической и математической модели рассматриваемого явления, отработать стандартные алгоритмы решения физических задач в стандартных ситуациях и в измененных или новых ситуациях (для желающих изучить предмет и сдать экзамен на профильном уровне). При решении задач рекомендуется широко использовать аналогии, графические методы, физический эксперимент.

Систематически выполняя экспериментальные задания, учащиеся овладевают физическими методами познания: собирают экспериментальные установки, измеряют физические величины, представляют результаты измерений в виде таблиц, графиков, делают выводы из эксперимента, объясняют результаты своих наблюдений и опытов с теоретических позиций.

Экспериментальные задачи включают в соответствующие разделы. При отсутствии в школе необходимой технической поддержки эксперимента рекомендуется использовать электронные пособия.

### **ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Научить обучающихся самостоятельно анализировать конкретную проблемную задачу и находить наилучший способ её решения.

1. Развитие физического и логического мышления школьников.
2. Развить творческие способности учащихся и привитие практических умений.

По выполнению программы обучающиеся должны знать:

- основные понятия физики
- основные законы физики
- вывод основных законов
- понятие инерции, закона инерции
- виды энергии
- разновидность протекания тока в различных средах
- состав атома
- закономерности, происходящие в газах, твердых, жидких телах

По выполнению программы обучающиеся должны уметь производить расчеты:

- производить расчеты по физическим формулам
- производить расчеты по определению координат тел для любого вида движения
- производить расчеты по определению теплового баланса тел
- решать качественные задачи
- решать графические задачи
- снимать все необходимые данные с графиков и производить необходимые расчеты
- писать ядерные реакции
- составлять уравнения движения
- по уравнению движения, при помощи производной, находить ускорение, скорость
- давать характеристики процессам происходящие в газах
- строить графики процессов
- описывать процессы при помощи уравнения теплового баланса
- применять закон сохранения механической энергии
- применять закон сохранения импульса
- делать выводы

## Содержание программы

### 10 класс (35 ч, 1 ч в неделю)

#### 1. Эксперимент—5 ч

Основы теории погрешностей. Погрешности прямых измерений. Представление результатов измерений в форме таблиц и графиков.

#### 2. Механика—15 ч

Статика. Момент силы. Условия равновесия тел. Гидростатика.

Движение тел со связями - приложение законов Ньютона.

Законы сохранения импульса и энергии

#### 3. Молекулярная физика и термодинамика – 12 ч

Основное уравнение МКТ газов (Повторение)

Первый закон термодинамики и его применение для различных процессов изменения состояния

системы. Термодинамика изменения агрегатных состояний веществ. Насыщенный пар.

Второй закон термодинамики. Расчет КПД тепловых двигателей и цикла Карно.

#### 4. Электростатика 4 ч

Электрический заряд. Закон Кулона, на напряженность электрического поля.

### 11 класс (34 ч, 1 ч в неделю)

#### 1. Эксперимент—5 ч

Зависимость сопротивления термистора от температуры. Определение показателя преломления вещества плоскопараллельной пластины относительно воздуха. Определение коэффициента преломления жидкости, находящейся в стакане.

#### 2. Электродинамика – 10 ч

Магнитное поле. Принцип суперпозиции магнитных полей. Силы Ампера и Лоренца.

Электромагнитная индукция. Самоиндукция. Энергия магнитного поля.

#### 3. Колебания и волны - 4 ч

Переменный ток.

Механические и электромагнитные волны.

#### 4. Оптика - 5 ч

Геометрическая оптика. Закон отражения и преломления света. Построение изображений неподвижных и движущихся предметов в тонких линзах, плоских зеркалах.

Волновая оптика. Интерференция света, условия интерференционного максимума и минимума.

Дифракция света. Дифракционная решетка. Дисперсия света.

#### 7. Квантовая физика - 10 ч

Фотон. Давление света. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

Применение постулатов Бора для расчета линейчатых спектров излучения и поглощения энергии

водородоподобными атомами.

Атомное ядро. Закон радиоактивного распада. Применение законов сохранения заряда, массового числа, задачи о ядерных превращениях.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

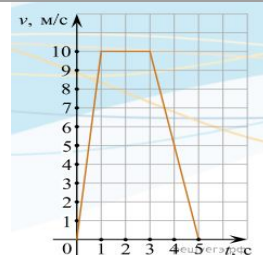
№ урока	Кол-во часов	Тема урока	Номера задач
10 класс			
1	1	Цели и задачи элективного курса физики.	
2	1	Решение задач на относительность движения.	1 - 6
3	1	Решение задач на движение с помощью графиков	Уч. §11-12
4	1	Решение задач на движение тел под действием силы тяжести.	7 – 12
5	1	Решение задач на движение тел с сопротивлением	13 – 20
6-7	2	Решение задач на движение тел по окружности.	21 – 27
8-9	2	Решение задач на закон сохранения импульса.	28 – 33
10-11	2	Решение задач на закон сохранения импульса.	34 - 37
12-13	2	Решение задач на закон сохранения импульса.	38 - 39
14-15	2	Решение задач на закон сохранения энергии	40 - 46
16	1	Экспериментальная работа № 1. «Определение массы пластилинового шарика и потери механической энергии при неупругом ударе»	
17-18	2	Решение задач на статику	47 - 53
19	1	Экспериментальная работа № 2 «Определение КПД наклонной плоскости»	
20-21	2	Решение задач на газовые законы.	54 – 60
22-23	2	Решение задач на газовые законы.	61 – 67
24-26	3	Решение задач на фазовые превращения	68 - 73
27	1	Экспериментальная работа № 3. «Определение плотности неизвестной жидкости»	
28-29	2	Решение задач на работу газа и закон Кулона.	74 - 79
30	1	Экспериментальная работа № 4. «Определение универсальной газовой постоянной»	
31	1	Экспериментальная работа № 5. «Измерение атмосферного давления»	
32-33	2	Решение задач на закон Кулона.	80 – 85

34-35	2	Решение задач на закон Кулона, на напряженность электрического поля.	86 – 91
11 класс			
1	1	Систематизация материала курса 10 класса. Тестирование <a href="https://phys-ege.sdamgia.ru">https://phys-ege.sdamgia.ru</a>	
2	1	Экспериментальная работа № 6. «Определение поверхностного натяжения данной жидкости, используя жидкость, поверхностное натяжение которой известно»	
3-4	2	Решение задач на разность потенциалов.	92 - 96
5	1	Решение задач на электрический ток.	97 - 99
6	1	Решение задач на емкость	100-102
7-8	2	Решение задач на закон Ома для полной цепи.	103 – 108
9	1	Решение задач на применение закона Ампера	109-111
10	1	Решение задач на применение закона Лоренца.	112- 115
11	1	Экспериментальная работа № 7. «Определении плотности куска пластилина»	
12-13	2	Решение задач на колебательное движение.	116 - 121
14-15	2	Решение задач на колебательное движение.	122 - 128
16	1	Экспериментальная работа № 8. «Исследование зависимости сопротивления термистора от температуры»	
17-18	2	Решение задач на геометрическую и волновую оптику.	129 - 134
19	1	Экспериментальная работа № 9. «Определение показателя преломления вещества плоскопараллельной пластины относительно воздуха»	
20	1	Экспериментальная работа № 10. «Определение коэффициента преломления жидкости, находящейся в стакане»	
21-22	2	Решение задач на фотоэффект	135 – 140
22-23	2	Решение задач на тему «Электромагнитная индукция»	
24-25	2	Решение задач по теме «Генерирование электрической энергии. Трансформатор»	
26-27	2	Решение задач по теме «Колебания и волны» «Световые волны»	
28-29	2	Решение задач по теме «Атомная физика и физика атомного ядра»	

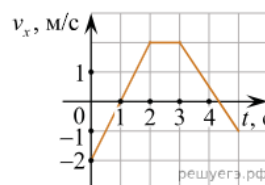
30-31	2	Обобщающее повторение	
32-33	2	Обобщающее повторение	
34	1	Обобщающий урок.	

### Форма промежуточной аттестационной работы;

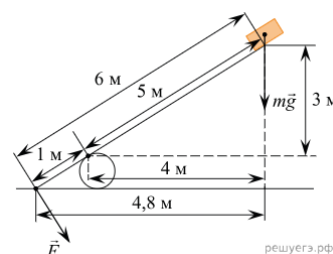
1. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости автомобиля от времени  $t$ . Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с. (Ответ дайте в метрах.)



2. Тело массой 2 кг движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке представлен график зависимости проекции скорости  $v_x$  этого тела от времени  $t$ . Чему равен модуль проекции силы  $F_x$ , действующей на это тело в течение первой секунды движения? (Ответ дайте в ньютонах.)



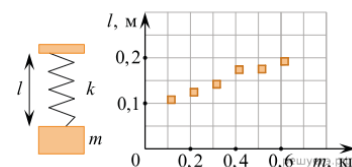
3. У основания шероховатой наклонной плоскости покоится маленькая шайба массой 100 г. Шайбе сообщают импульс  $0,6 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$  в направлении вверх вдоль наклонной плоскости. После этого шайба поднимается по плоскости и останавливается на высоте 20 см от основания. Какое количество теплоты выделяется при движении шайбы?



4. Под действием веса груза, равного  $mg$ , и силы  $F$  рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке.

Если модуль силы  $mg$  равен 30 Н, а груз на плоскость не давит, то каков модуль силы  $F$ , действующей на рычаг? (Ответ дайте в ньютонах.)

5. На графике представлены результаты измерения длины пружины  $l$  при различных значениях массы  $m$  подвешенных к пружине грузов.



Выберите все утверждения, соответствующие результатам этих измерений.

- 1) Коэффициент упругости пружины равен 60 Н/м.
- 2) Коэффициент упругости пружины равен 120 Н/м.
- 3) При подвешенном к пружине грузе массой 300 г её удлинение составит 5 см.
- 4) С увеличением массы длина пружины не изменяется.
- 5) При подвешенном к пружине грузе массой 350 г её удлинение составит 15 см.

6. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рис.). Как изменятся время движения, ускорение и модуль работы силы трения, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой  $2m$ ?



Для каждой величины (время движения, ускорение, модуль работы силы трения) определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

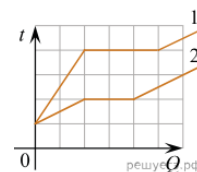
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ			
А) Время движения	1) Увеличится			
Б) Ускорение	2) Уменьшится	А	Б	В
В) Модуль работы силы трения	3) Не изменится			

7. В баллоне емкостью 20 л находится кислород при температуре под давлением. Какой объем займет этот газ при нормальных условиях? Ответ выразите в кубических метрах с точностью до сотых.

8. Относительная влажность воздуха в комнате равна 40%. Чему равно отношение — концентрации молекул воды в воздухе комнаты к концентрации молекул воды в насыщенном водяном паре при той же температуре?

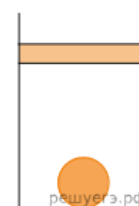
9. На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщённого количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии.



Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня все верные утверждения и укажите их номера.

- 1) Температура плавления первого тела в 4 раза больше, чем у второго.
- 2) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии.
- 3) Удельная теплоёмкость второго тела в твёрдом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем у первого.
- 4) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления.
- 5) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.

10. В цилиндрическом сосуде под легким поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Газ охладили. Как изменится в результате этого объём газа, его давление и действующая на шарик архимедова сила?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

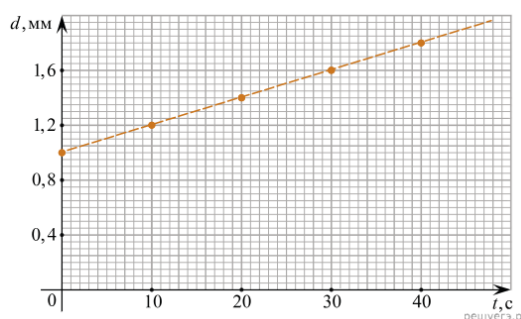
Объем газа    Давление газа    Архимедова сила

11. К источнику тока с ЭДС 2 В подключён конденсатор ёмкостью 1 мкФ. Какую работу совершил источник тока при зарядке конденсатора? (Ответ дайте в микроджоулях.)

12. В однородном магнитном поле с индукцией 40 мТл находится плоский контур в виде кольца радиусом 5 см, изготовленный из тонкой проволоки. Сначала контур располагается так, что линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости кольца. Затем кольцо поворачивают вокруг его диаметра на угол  $120^\circ$ . Найдите модуль изменения потока вектора магнитной индукции через кольцо при таком повороте. Ответ выразите в мкВб и округлите до целого числа.

13. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен. Чему равен угол между отражённым лучом и зеркалом?

14. Плоский воздушный конденсатор, электроёмкость которого равна 17,7 пФ, заряжают до напряжения 5 В и отключают от источника напряжения. Затем одну пластину начинают медленно удалять от другой. Зависимость расстояния  $d$  между пластинами от времени  $t$  изображена на рисунке. Электрическая постоянная равна  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.



На основании заданных параметров и приведённого графика, выберите все верные утверждения.

- 1) Площадь поперечного сечения пластин конденсатора равна  $20 \text{ см}^2$ .
- 2) Заряд на обкладках конденсатора уменьшается обратно пропорционально времени.
- 3) В момент времени  $t = 25$  с электроёмкость конденсатора станет равна 11,8 пФ.
- 4) В момент времени  $t = 10$  с напряжённость электрического поля в конденсаторе равна 5 кВ/м.



5) В момент времени  $t = 20$  с напряжение между пластинами конденсатора равно 5 В.

15. Протон в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца движется по окружности радиусом  $R$ . В этом же поле движется  $\alpha$ -частица. Как изменятся по сравнению с протоном модуль силы Лоренца и период обращения  $\alpha$ -частицы, если она будет двигаться по окружности такого же радиуса, что и протон?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;                      2) уменьшится;                      3) не изменится.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы Лоренца

Период обращения  $\alpha$ -частицы

16. Электрон в атоме водорода переходит на вторую стационарную орбиту, испуская волны, длина которых равна 656 нм. С какой стационарной орбиты переходит этот электрон? Скорость света принять равной  $3 \cdot 10^8$  м/с, а постоянную Планка —  $4,1 \cdot 10^{-15}$  эВ·с.

17. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался синий светофильтр, а во второй — жёлтый. В каждом опыте измеряли запирающее напряжение. Как изменяются длина световой волны и напряжение запираения?

Для каждой физической величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась                      2) уменьшилась                      3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны

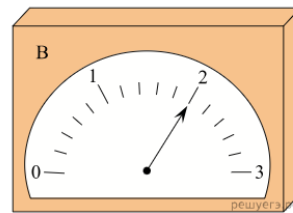
Запирающее напряжение

18. Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите в ответе их номера.

- 1) При подъёме в гору атмосферное давление растёт.
- 2) Если тела находятся в тепловом равновесии друг с другом, то их температура одинакова.
- 3) В трансформаторе переменный ток преобразуется в постоянный.
- 4) Явление полного внутреннего отражения может наблюдаться только при углах падения больше предельного.
- 5) В нейтральном атоме число протонов в ядре должно быть равно числу электронов в электронной оболочке атома.

19. Для контроля силы постоянного тока, текущего в участке цепи, часто применяют следующий способ. В участок цепи последовательно включают резистор, сопротивление которого известно с высокой точностью (такой резистор называют калиброванным), и измеряют напряжение на этом резисторе.

На рисунке показано изображение шкалы вольтметра, при помощи которого измеряют напряжение на калиброванном резисторе сопротивлением 5 Ом.



Считая, что погрешность прямого измерения напряжения равна половине цены деления прибора, определите силу тока в участке цепи. В ответе запишите значение и погрешность слитно без пробела.

20. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить жесткость резинового жгута. Для этого школьник взял штатив с лапкой и резиновый жгут. Какие два предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) динамометр                      2) термометр                      3) брусок                      4) линейка                      5) мензурка

В ответе запишите номера выбранных предметов.

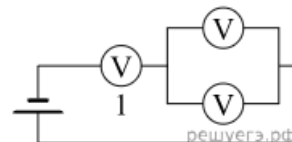
21. В этом году в Подмоскowie зима была тёплая и малоснежная. После нескольких небольших снегопадов в январе были длительные оттепели, сменявшиеся морозами, в

феврале такая погода продолжилась, и пушистый снег постепенно превратился в жёсткую массу, по которой можно было ходить, не проваливаясь.

Опишите, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходившие в снегу и приведшие к его затвердеванию.

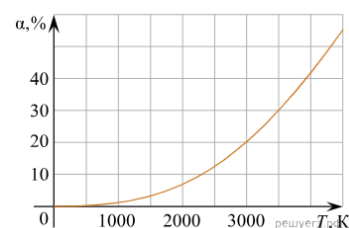
**22.** Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 200 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок массой 1 кг летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению. Скорость второго осколка 500 м/с. Чему равна скорость первого осколка? Ответ приведите в метрах в секунду.

**23.** Неидеальный вольтметр подсоединяют к батарейке с ЭДС=7 В и некоторым внутренним сопротивлением. В результате вольтметр показывает напряжение 6 В. Затем собирают электрическую цепь, состоящую из той же батарейки и трёх таких же одинаковых вольтметров (схема цепи показана на рисунке). Какое напряжение покажет вольтметр, обозначенный на схеме цифрой 1?



Неидеальный вольтметр показывает произведение силы текущего через него тока на сопротивление вольтметра.

**24.** Объём 0,1 литра водорода нагревают при постоянном давлении от 300 до 3000 К. При высоких температурах молекулы водорода распадаются на отдельные атомы. На графике показана зависимость доли распавшихся молекул от температуры. Чему равен конечный объём газа?



**25.** На горизонтальном полу лежит ящик массой 270 кг. Его начинают тянуть по полу с постоянной скоростью 1 м/с при помощи горизонтального троса, который наматывается на вал электрической лебёдки. Электродвигатель лебёдки питается от источника постоянного напряжения с ЭДС 150 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Через обмотку электродвигателя, имеющую сопротивление 4 Ом, при этом протекает ток силой 12 А. Пренебрегая трением в механизме лебёдки, найдите коэффициент трения ящика о пол.

**26.** Пластилиновый шарик в момент  $t = 0$  бросают с горизонтальной поверхности Земли с

начальной скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик.

Шарики абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой момент времени  $t$  шарики упадут на Землю?

Сопротивлением воздуха пренебречь.

Какие законы Вы использовали для описания движения тел и блоков? Обоснуйте их применимость к данному случаю

**Задачи**

1. Два тела движутся навстречу друг другу так, что за каждые 10 с расстояние между ними уменьшается на 16 м. Если эти тела будут двигаться в одном направлении с прежними по величине скоростями, то за 5 с расстояние между ними увеличится на 3 м. С какой скоростью движутся каждое из этих тел? (1,1 м / с, 0,5 м / с).

2. Человек, идущий вниз по опускающемуся эскалатору, затрачивает на спуск 1 минуту. Если человек будет идти вдвое быстрее, он затратит на 15 секунд меньше. Сколько времени он будет спускаться, стоя на эскалаторе? (100 с).

3. По наклонной доске пустили катиться снизу вверх шарик. На расстоянии 30 см от начала пути шарик побывал дважды: через 1 с и через 2 с после начала движения. Определите начальную скорость и ускорение движение шарика, считая его постоянным. (0,45 м / с, 0,3 м / с<sup>2</sup>).

4. При равноускоренном движении точка проходит в первые два равных последовательных промежутка времени по 4 с каждый, пути 24 м и 64 м. Определите начальную скорость и ускорение движущейся точки. (1 м / с, 2,5 м / с<sup>2</sup>).

Пусть  $v_0$  - начальная скорость,  $a$  - ускорение. В первые 4 секунды точка проходит путь  $v_0 t + at^2 / 2 = 4v_0 + 8a = 24$  м и приобретает скорость  $v_1 = v_0 + at = v_0 + 4a$  (это будет начальной скоростью для второго промежутка). В следующие 4 сек точка проходит расстояние  $v_1 t + at^2 / 2 = (v_0 + 4a) \cdot 4 + 8a = 4v_0 + 24a = 64$  м  
Получили 2 уравнения:  
 $4v_0 + 8a = 24$   
 $4v_0 + 24a = 64$   
Вычитая из второго уравнения первое, получим  $16a = 40$ , т. е.  $a = 10/4 = 2,5$  м/с<sup>2</sup>  
Значит,  $v_0 = (24 - 8a)/4 = 6 - 2a = 1$  м/с.

Ответ:  $v_0 = 1$  м/с,  $a = 2,5$  м/с<sup>2</sup>.

5. 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?

40 км/ч. **Решение.** Средняя скорость автомобиля на второй половине пути составляет  $\frac{v_2 + v_3}{2}$ . Полное время  $t$  прохождения пути  $s$ :

$$t = \frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2 \frac{v_2 + v_3}{2}} = s \frac{2v_1 + v_2 + v_3}{2v_1(v_2 + v_3)}$$

Тогда средняя скорость на всем пути равна  $v_{ср} = \frac{s}{t} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{2v_1 + v_2 + v_3} = 40 \left( \frac{\text{км}}{\text{ч}} \right)$ .

(40 км / ч).

6. Моторная лодка проходит расстояние между двумя А и В по течению реки за время 3 ч, а плот – за время 12 ч. Сколько времени затратит моторная лодка на обратный путь? (6 ч.).

S-расстояние  
Скорость течения= скорости плота  $v_2$   
 $v_2 = S/t_2 = S/12$   
Скорость лодки  $v_1$  по течению  $v_1 + v_2$  против  $v_1 - v_2$   
 $v_1 = S/t_1 - v_2 = S/3 - S/12 = 3S/12$   
 $t_3 = S/(3S/12 - S/12) = S/2S/12 = 6$  часов

7. Свободно падающее тело прошло последние 30 м за 0,5 с. С какой высоты падало тело? (200 м).

8. Лыжник скатился с горы длиной 60 м за 15 с, а затем проехал по горизонтальному участку еще 30 м до остановки, Найдите скорость лыжника в конце спуска и ускорение на горизонтальном участке. (8 м / с, 1,1 м / с<sup>2</sup>).

9. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0$ . Когда оно достигло высшей точки, из той же начальной точки с той же начальной скоростью брошено вверх другое тело. На какой высоте  $H$  тела встретятся? ( $H=3V_0^2 / 8g$ ).

10. Тело начинает свободно падать с высоты  $H = 45$  м. в тот же момент из точки, расположенной на высоте  $h = 24$  м, бросают другое тело вертикально вверх. Оба тела падают на землю одновременно. Найдите начальную скорость второго тела, приняв  $g = 10$  м / с<sup>2</sup>. (7 м / с).

11. Из шланга, лежащего на земле, бьет под углом  $45^\circ$  к горизонту вода с начальной скоростью 10 м / с. Площадь сечения отверстия шланга 5 см<sup>2</sup>. Найдите массу струи воды, находящейся в воздухе. (7,2 кг).

12. В лифте опускающемся с ускорением 1,3 м / с<sup>2</sup>, на пружине жесткостью 595 Н / м висит груз. Найдите массу груза, если удлинение пружины равно 1 см.  $g = 9,8$  м / с<sup>2</sup>. (700 г).

13. Автомобиль начал движение с ускорением 3 м / с<sup>2</sup>. При скорости 60 км / ч его ускорение стало равно 1 м / с<sup>2</sup>. Определите, с какой установившейся скоростью (км / ч) будет двигаться автомобиль, если сила тяги остается постоянной, а сила сопротивления пропорциональна скорости. (90 км / ч).

14. Парашютист массой 80 кг спускается на парашюте со скоростью 5 м / с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте будет спускаться мальчик массой 40 кг? Считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости. (3,57 м / с).

15. Два шарика из одного материала падают в воздухе. Отношение радиусов шариков равно 4. во сколько раз больше скорость установившегося падения крупного шарика? Сила сопротивления пропорциональна площади поперечного сечения шарика и квадрату его скорости. (2).

16. Для шарика массой 1 г установившаяся скорость равномерного движения в воздухе (при падении с большой высоты) 100 м / с. чему равна масса (в г) шарика из такого же материала, установившаяся скорость падения которого 200 м / с. Сила сопротивления пропорциональна площади поперечного сечения шарика и квадрату его скорости. (64 г).

17. Начальная скорость тела равна 10 м / с. Считая, что на тело действует только сила сопротивления среды, пропорциональна его скорости, с коэффициентом пропорциональности 2 кг / с, найдите расстояние, пройденное телом до остановки. Масса тела 4 кг. (20 м).

18. Телу толчком сообщили скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости. Высота наклонной плоскости 4 м, ее длина 5 м, коэффициент трения 0,6. Во сколько раз величина ускорения при движении тела вверх больше, чем при движении вниз? (9).

19. Тело поднимают вверх вдоль наклонной плоскости, прикладывая к нему горизонтальную силу, величина которой вдвое больше действующей на него силы тяжести. Высота наклонной плоскости равна 3 м, ее длина 5 м. Найдите ускорение тела, если коэффициент трения равен 0,2. ( м / с<sup>2</sup>).

20. Чугунное ядро массы  $m$  падает в воде с постоянной скоростью  $V$ . С какой силой надо тянуть его вверх, чтобы оно поднималось со скоростью  $2V$ ? Сила сопротивления прямо пропорциональна величине скорости. ( $F = 3mg(1 - \rho_v / \rho)$ ,  $\rho_v$  – плотность воды,  $\rho$  – плотность чугуна).

21. Самолет делает «мертвую петлю». В нижней точке траектории сила, прижимающая летчика к сиденью, в 5 раз больше силы тяжести. В верхней точке летчик испытывает состояние невесомости. Во сколько раз скорость самолета в нижней точке больше, чем в верхней? (2).
22. Вес некоторого тела на полюсе Земли на 313,6 мН больше, чем его вес на экваторе. Чему равна масса этого тела? Угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси  $7 \times 10^{-5}$  рад / с, радиус Земли 6400 км. Землю считать идеальным шаром. (10).
23. Гоночный автомобиль массой 2500 кг едет по шоссе со скоростью 360 км / ч вдоль экватора, на сколько отличаются силы давления автомобиля на полотно дороги при его движении с запада на востока и с востока на запад? Угловая скорость вращения Земли  $7,3 \times 10^{-5}$  рад / с. (73).
24. Тонкую цепочку длиной 1 м и массой 200 г замкнули в круглое кольцо, положили на гладкую горизонтальную поверхность и раскрутили вокруг вертикальной оси так, что скорость каждого элемента цепочки равна 5 м / с. Найдите натяжение цепочки. (5 Н).
25. Резиновый шнур длиной 0,8 м и массой 300 г имеет форму круглого кольца. Его положили на гладкую горизонтальную поверхность и раскрутили вокруг вертикальной оси так, что скорость каждого элемента кольца равна 3 м / с. Найдите удлинение (см) шнура, если его жесткость 30 Н / м. ( 10 см).
26. С какой скоростью должен вращаться шарик внутри сферы радиусом 28 см, чтобы все время оставаться в горизонтальной плоскости на высоте 20 см от нижней точки сферы? (3 м / с).
27. Гирька массой 100г, привязана к резиновому шнуру, вращается с угловой скоростью 10 рад / с по окружности в горизонтальной плоскости так, что шнур составляет  $60^\circ$  с вертикалью. Найдите длину (в см) нерастянутого шнура, если его жесткость 40 Н / м. (15 см).
28. Конькобежец массой 60 кг бросает в горизонтальном направлении камень массой 2 кг со скоростью 15 м / с. На какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения полозьев о лед равен 0,02? (0,625 м).
29. санки массой  $m$  соскальзывают с горы высотой  $h$  и пройдя некоторое расстояние, останавливаются. Определите работу, которую нужно совершить, чтобы втащить санки обратно на гору, ( $2 mgh$ ).
30. Пуля ударяет со скоростью 400 м / с в центр шара, подвешенного на нити длиной 4 м, и упруго отскакивает от него. Определите угол, на который отклоняется нить, если масса пули 20 г и масса шара 5 кг. ( $29,5^\circ$ ).
31. Из двух абсолютно упругих шаров шар большей массы до удара покоился. В результате прямого удара меньший шар потерял  $\frac{3}{4}$  своей кинетической энергии. Чему равно отношение масс шаров? (3).
32. Шар массой 4 кг, имеющий скорость 5 м / с, сталкивается с покоящимся шаром такой же массы. Считая удар абсолютно неупругим, найдите выделившееся количество теплоты. (25 Дж).

33. Пуля летевшая горизонтально со скоростью 40 м / с, попадает в брусок, подвешенный на нити длиной 4 м, и застревает в нем. Определите угол, на который отклонится брусок, если масса пули 20 г, а бруска 5 кг. (15°).

34. Лягушка массой 100 г сидит на конце доски массой 900 г и длиной 50 см, которая стоит на гладкой горизонтальной поверхности. Лягушка прыгает под углом 15° вдоль доски. Какова должна быть начальная скорость лягушки, чтобы она приземлилась на другом конце доски? (3 м / с).

35. На сколько сместится неподвижная лодка массой 280 кг, если человек массой 70 кг перейдет с ее носа на корму? Расстояние от носа до кормы 5 м сопротивление воды пренебрежимо мало. (1 м).

36. Два рыбака ловят рыбу в озере, сидя в неподвижной лодке. Куда и на сколько сместится лодка, если рыбаки поменяются местами? Масса лодки 280 кг, масса одного рыбака 70 кг, масса другого 140 кг, расстояние между рыбаками 5 м. Сопротивление воды пренебрежимо мало.

(Лодка сместится в сторону перемещения более легкого из рыбаков на 0,71 м).

37. Тело массой 990 г лежит на горизонтальной поверхности. В него попадает пуля массой 10 г и застревает в нем. Скорость пули 700 м / с и направлена горизонтально. Какой путь пройдет тело до остановки? Коэффициент трения между телом и поверхностью 0,05. (50 м).

38. Тележка масса которой 120 кг, движется по рельсам без трения со скоростью 6 м / с. С тележки соскакивает человек массой 80 кг под углом 30° к направлению ее движения в горизонтальной плоскости. Скорость тележки уменьшается при этом до 5 м / с. Какой была скорость человека во время прыжка относительно земли? (8,6 м / с).

39. Летящий со скоростью 56 м / с снаряд разорвался на два осколка, Осколок массой  $m_1 = m / 3$ , где  $m$ - масса снаряда, продолжает полет в том же направлении со скоростью 112 м / с. Чему равна величина скорости второго осколка? (28 м / с).

40. Два шарика с разными массами подвешены на нитях одинаковой длины в одной точке. Нити отводят в противоположные стороны до горизонтальных положений и отпускают. После абсолютно неупругого удара шариков нити

$$\left( \frac{m_1}{m_2} = \frac{1 + \sqrt{1 - \cos \alpha}}{1 - \sqrt{1 - \cos \alpha}} \right)$$

отклонились от вертикального положения на угол  $\alpha$ . Определите отношение масс шариков.....

41. С вершины полусферы радиусом  $R$  соскальзывает тело. Определите высоту отрыва тела от полусферы. Высоту отсчитывать от основания полусферы и трением не учитывать. (2 / 3  $R$ ).

42. Шар радиусом  $R$  покоится на поверхности земли. С верхней точки шара скользит из состояния покоя тело, размеры которого много меньше размеров шара. На какой высоте над поверхностью земли тело отделится от шара? (5 / 3  $R$ ).

43. Предмет массой  $m$  вращают на нити в вертикальной плоскости. На сколько сила натяжения нити в нижней точке будет больше, чем в верхней? ( $6mg$ ).

44. Какой кинетической энергией обладает тело массой 0,5 кг у основания наклонной плоскости, если оно поднимается вверх по плоскости за счет этой энергии на высоту 1 м?

Коэффициент трения между телом и плоскостью 0,2. угол наклона плоскости к горизонту  $45^{\circ}$ . (6 Дж).

45. С наклонной плоскости, образующей угол  $45^{\circ}$  с горизонтом, с высоты 1 м соскальзывает небольшая шайба. В конце спуска у основания наклонной плоскости шайба абсолютно упруго ударяется о стенку и поднимается вверх по наклонной плоскости. На какую высоту (в см) поднимется шайба после удара, если коэффициент трения шайбы о плоскость 0,25? (60 см).

46. Санки соскальзывают с высоты 15 см по горе с углом наклона  $45^{\circ}$  к горизонту. Пройдя 24 м по горизонтали, санки поднимаются на другую гору с таким же углом наклона. Определите, на какую высоту поднимутся по второй горе, если коэффициент трения на всем пути 0,2. (6 м).

47. Тележка массой 50 кг движется со скоростью 2 м / с по гладкой горизонтальной поверхности, на тележку с высоты 20 см падает груз массой 50 кг и остается на ней. Найдите количество выделившейся теплоты. (150 Дж).

48. В шар массой 440 г, висящий на легком стержне длиной 40 см, попадает и застревает в нем горизонтально летящая пуля массой 10 г. При какой минимальной скорости пули шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости? (160 м / с).

49. У стены стоит лестница. Коэффициент трения лестницы о стену – 0,5, лестницы о землю – 0,4. Определите наименьший угол, который может образовывать лестница с землей не соскальзывая ( $45^{\circ}$ ).

50. Лестница, масса которой 20 кг, прислонена к гладкой вертикальной стене под углом  $30^{\circ}$ . Центр тяжести лестницы находится на  $1/3$  ее длины от основания. Какую минимальную силу необходимо приложить к середине лестницы, чтобы оторвать ее от верхней конец от стены? Нижний конец лестницы при этом не скользит. (77,3 Н).

51. Колесо радиусом 0,5 м и массой 10 кг стоит перед ступенькой высотой 0,1 м. Какую наименьшую горизонтальную силу надо приложить к оси колеса, чтобы поднять его на ступеньку? (75 Н).

52. Под каким наибольшим углом (в градусах) к вертикали может стоять лестница, прислоненная к гладкой вертикальной стене, если коэффициент трения лестницы о пол 0,5? Центр тяжести лестницы находится в ее середине. ( $45^{\circ}$ ).

53. В вертикально расположенном цилиндре постоянного сечения под невесомым подвижным поршнем находится воздух. На поршень ставят гиру массой 10 кг. На сколько переместится поршень, если температура воздуха в цилиндре поддерживается постоянной? Атмосферное давление 100 кПа, площадь сечения поршня  $100 \text{ см}^2$ , расстояние поршня до дна цилиндра 100 см. (8,9 см).

54. Объем пузырька воздуха по мере всплывания со дна увеличился в  $n$  раз. Какова глубина озера? Изменением температуры с глубиной можно пренебречь. ( $h = \frac{P(n-1)}{\rho g}$ ).

$P$  – атмосферное давление,  $\rho$  – плотность воды.

55. Открытая с двух концов трубка длиной 0,76 м до половины погружена в ртуть. Сколько ртути останется в трубке, если, плотно закрыв верхнее отверстие, вынуть трубку из ртути? Атмосферное давление – нормальное. (30 см).

56. Давление воздуха внутри плотно закупоренной бутылки при температуре  $7^{\circ}\text{C}$  равно  $150\text{ кПа}$ . До какой температуры (по шкале Цельсия) надо нагреть бутылку, чтобы из нее вылетела пробка, если известно, что вытаскивания пробки до нагревания бутылки требовалась минимальная сила  $45\text{ Н}$ ? Площадь поперечного сечения пробки  $4\text{ см}^2$ . ( $217^{\circ}\text{C}$ ).

57. Сначала газ нагревают изохорно от  $400\text{ К}$  до  $600\text{ К}$ , а затем нагревают изобарно до температуры  $T$ . После этого газ приводят в исходное состояние в процессе, при котором давление уменьшается прямо пропорционально объему газа. Найдите температуру  $T$  (в кельвинах). ( $900\text{ К}$ ).

58. Два сосуда соединены тонкой трубкой с краном. В первом сосуде объемом  $15\text{ дм}^3$  находится газ под давлением  $2\text{ атм}$ , во втором – такой же газ под давлением  $10\text{ атм}$ . Если открыть кран, то в обоих сосудах устанавливается давление  $4\text{ атм}$ . Найдите объем ( $\text{дм}^3$ ) второго сосуда. Температура постоянна. ( $5\text{ дм}^3$ ).

59. Газ находится в высоком цилиндре под тяжелым поршнем, который может перемещаться без трения. Площадь поршня  $30\text{ см}^2$ . Когда цилиндр перекинули открытым концом вниз, объем газа увеличился в 3 раза. Чему равна масса поршня? Атмосферное давление  $100\text{ кПа}$ ,  $g = 10\text{ м/с}^2$  ( $15\text{ кг}$ ).

60. В баллоне находится газ, плотность которого  $2\text{ кг/м}^3$  и давление  $10^5\text{ Па}$ . Из баллона откачали часть газа, при этом масса его уменьшилась на  $4\text{ г}$ , давление упало до  $0,6 \times 10^5\text{ Па}$ , температура осталась прежней. Определите объем баллона. ( $5\text{ л}$ ).

61. Тонкостенный стакан массой  $50\text{ г}$  ставят вверх дном на поверхность воды и медленно погружают так, что он все время остается в вертикальном положении. Высота стакана  $10\text{ см}$ , площадь дна  $20\text{ см}^2$ . На какую минимальную глубину надо опустить стакан, чтобы он утонул? Атмосферное давление  $100\text{ кПа}$ ,  $g = 10\text{ м/с}^2$ . Глубина отсчитывается от поверхности воды до уровня воды в стакане на искомой глубине. Температура у поверхности и на глубине одинакова. Массой воздуха в стакане пренебречь. ( $30\text{ м}$ ).

62. Закрытый с обоих концов цилиндр наполнен газом при температуре  $30^{\circ}\text{C}$ . Цилиндр разделен подвижным теплонепроницаемым поршнем на две равные части  $0,5\text{ м}$ . На сколько градусов необходимо нагреть газ в одной половине цилиндра, чтобы поршень сместился на  $0,2\text{ м}$ ? ( $404\text{ К}$ ).

63. Тонкостенный резиновый шар массой  $50\text{ г}$  наполнен азотом и погружен в озеро на глубину  $100\text{ м}$ .

Найдите массу азота, если шар находится в равновесии. Атмосферное давление  $100\text{ кПа}$ , температура на глубине озера  $4^{\circ}\text{C}$ . Натяжением резины можно пренебречь. ( $0,67\text{ г}$ ).

64. Сможет ли воздушный шар, наполненный гелием, удержать груз массой  $100\text{ кг}$ , если объем шара  $150\text{ м}^3$ , а масса оболочки  $8\text{ кг}$ ? Давление и температур гелия внутри шара и воздуха снаружи одинакова и равны  $100\text{ кПа}$  и  $15^{\circ}\text{C}$ . (Да).

65. Определите подъемную силу воздушного шара объемом  $100\text{ м}^3$ , наполненного горячим воздухом при температуре  $147^{\circ}\text{C}$ . Шар сообщается с атмосферой. Температура наружного воздуха  $27^{\circ}\text{C}$ , его давление  $700\text{ мм рт. ст.}$  ( $300\text{ Н}$ ).

66. В комнате на полу лежит прочный полый шарик радиусом  $2\text{ см}$  и массой  $10\text{ г}$ . При каком давлении атмосферы он смог бы всплыть к потолку? Температура в комнате  $20^{\circ}\text{C}$ . Для оценки атмосферы считайте идеальным газом. ( $2,5 \times 10^7\text{ Па}$ ).



67. Когда из сосуда выпустили некоторое количество газа, давление в нем упало на 40%, а абсолютная температура – на 10%. Какая часть газа вышла из сосуда? (0,33).
68. С какой высоты должен бы падать град с температурой  $0^{\circ}\text{C}$ , чтобы градинка при ударе о землю расплавилась? Для оценки сопротивление воздуха не учитывать. (33 км).
69. С какой высоты должны были бы свободно падать дождевые капли, чтобы при ударе о землю от них не осталось мокрого места? Начальная температура капель  $20^{\circ}\text{C}$ . (265 км).
70. Кусок свинца ударяется о препятствие со скоростью 350 м / с. Какая часть свинца расплавится, если все тепло, выделяемое при ударе поглощается свинцом? Начальная температура свинца  $27^{\circ}\text{C}$ . (0,89).
72. Пять молей газа сначала нагревают при постоянном объеме так, что его давление возросло в 3 раза, затем сжимают при постоянном давлении, доведя температуру до прежнего значения, равного 100 К. Какая работа совершена над газом при его сжатии? (8300 Дж).
73. Идеальный газ в количестве 4 моль расширяют так, что его давление изменяется прямо пропорционально объему. Чему равна работа газа при увеличении его температуры на 10 К? (166 Дж).
74. Температура идеального газа массой 10 кг меняется по закону  $T = \alpha V^2$  ( $\alpha = 2 \text{ К} / \text{м}^6$ ). Определите работу совершенную, газом при увеличении объема от 2л до 4л. Молярная масса газа  $12 \times 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль}$ . (83 мДж).
75. Идеальный газ в количестве 2 моль находится при температуре 400 К. Объем газа увеличился в два раза так, что давление линейно зависит от объема. Найдите работу газа в этом процессе, если конечная температура газа равна начальной. (4980 Дж).
76. При изобарном нагревании газу было сообщено 16 Дж теплоты, в результате чего внутренняя энергия увеличилась на 8 Дж, а его объем возрос на  $0,002 \text{ м}^3$ . Найдите давление газа. (4 кПа).
77. На нагревание идеального газа при постоянном давлении 0,1 МПа израсходовано 700 Дж теплоты. При этом объем газа возрос от  $0,001$  до  $0,002 \text{ м}^3$ , а внутренняя энергия газа оказалась равной 800 Дж. Чему была равна внутренняя энергия газа до нагревания? (200 Дж).
78. Заряженные шарики, находящиеся на расстоянии 2 м друг от друга, отталкиваются с силой 1 Н. Общий заряд шариков  $5 \times 10^{-5} \text{ Кл}$ . Как распределен этот заряд между шариками? ( $3,8 \times 10^{-5} \text{ Кл}$ ,  $1,2 \times 10^{-5} \text{ Кл}$ ).
79. Два точечных заряда  $g_1$  и  $g_2$  находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Если расстояние уменьшить на 50 см, то сила взаимодействия увеличивается в два раза. Найти расстояние  $r$ . ( $r = 1,71 \text{ м}$ ).
80. На шелковой нити в воздухе висит неподвижно шарик массой 2 г, имеющий заряд  $3 \times 10^{-8} \text{ Кл}$ . Определите силу натяжения нити, если под шариком на расстоянии 10 см от него поместить другой шарик с одноименным зарядом  $2,4 \times 10^{-7} \text{ Кл}$ . ( $1,31 \times 10^{-2} \text{ Н}$ ).
81. Два одинаковых проводящих шарика малых размеров расположены в воздухе на расстоянии 60 см друг от друга. Их заряды равны  $4 \times 10^{-7}$  и  $0,8 \times 10^{-7} \text{ Кл}$ . Шарик приводят в

соприкосновение, а затем удаляют на прежнее расстояние. Определите силу их взаимодействия до и после соприкосновения. ( $0,8 \times 10^{-3}$  Н и  $1,4 \times 10^{-3}$  Н).

82. Заряженный шарик массой 0,588 г подвешен на двух нитях, образующих угол  $90^\circ$ . На расстоянии 4,2 см по вертикали снизу помещают другой шарик с зарядом другого знака, но того же значения. При этом сила натяжения нитей увеличивается вдвое. Определите заряд шарика. (34 нКл).

83. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускают в керосин. Найдите плотность материала шариков, если угол расхождения нитей в воздухе и керосине одинаков. ( $1600 \text{ кг} / \text{м}^3$ ).

84. Два шарика, расположенные на расстоянии 10 см друг от друга, имеют одинаковые отрицательные заряды и взаимодействуют с силой 0,23 мН. Найти число избыточных электронов на каждом шарике. ( $10^{11}$ ).

85. В однородном электрическом поле напряженностью 20 кВ / м, вектор которой направлен вертикально вниз, на шелковой нити висит шарик массой 0.1 кг с зарядом 0.2 мКл. Найдите силу натяжения нити. (5 Н).

86. Во сколько раз увеличится сила натяжения нити, на которой висит шарик массой 0,1 кг с зарядом 10 мКл, если систему поместить в однородное электрическое поле с напряженностью 200 кВ / м, вектор которой направлен вертикально вниз? (3).

87. Маленький шарик, подвешенный на шелковой нити, имеет заряд 49 нКл. В горизонтальном электрическом поле с напряженностью 100 кВ / м нить отклонилась от вертикали на угол, тангенс которого 0,125. Найдите массу шарика,  $g = 9,8 \text{ м} / \text{с}^2$ . (4 г).

88. Найдите величину ускорения, которое приобретает частица массой 0,1 г с зарядом 4 мКл под действием однородного электрического поля с напряженностью 1000 В / м. Силу тяжести не учитывать. ( $40 \text{ м} / \text{с}^2$ ).

89. Заряженная частица массой  $1,7 \times 10^{-27}$  кг с зарядом 1 нКл влетает в однородное электрическое поле с напряженностью 20 В / м перпендикулярно линиям напряженности поля. Найдите отклонение частицы от первоначального направления через 2 с после попадания в поле. Силу тяжести не учитывать. (40 мкм).

90. Поверхностная плотность заряда на проводящем шаре равна 0,32 мКл / м<sup>2</sup>, Определите напряженность электрического поля в точке, удаленной от поверхности шара на расстояние, равное утроенному радиусу. (2,28 кВ / м).

91. В атоме водорода электрон движется вокруг протона с угловой скоростью  $10^{16}$  рад / с. Найти радиус орбиты электрона. (0,14 нм).

92. Два шарика, радиусы которых отличаются в  $n = 5$  раз, заряжены равными одноименными зарядами. Во сколько раз изменится сила взаимодействия между ними, если их соединить проволокой? (1,8).

93. Три заряженных шарика радиусами 1, 2, и 3 см соединили проволокой. Как распределится общий заряд  $q$  между шариками? ( $1/6 q$ ,  $1/3 q$ ,  $1/2 q$ ).

94. В результате слияния 64 маленьких одинаково заряженных капелек воды образовалась одна большая капля. Во сколько раз потенциал и поверхностная плотность заряда большой

капли отличаются от потенциала и поверхностной плотности заряда каждой малой капли? Капли имеют форму шара. (увеличится в 16 раз; увеличится в 4 раза).

95 Пучок электронов, движущихся со скоростью 1 Мм / с, попадает на незаряженный металлический изолированный шар радиусом 5 см. Какое максимальное число электронов накопится на шаре? ( $n = 10^8$ ).

96. Конденсатор емкостью 2 мкФ заряжают до напряжения 110 В, затем отключив от сети, замыкают на конденсатор неизвестной емкости. Определите электрическую емкость второго конденсатора, если напряжение на нем стало 44 В. (3 мкФ).

97. Два последовательно соединенных конденсатора емкостями 2 мкФ и 4 мкФ присоединены к источнику постоянного напряжения 120 В. Определите напряжение на каждом конденсаторе. (80 В, 40 В).

98. Два конденсатора с емкостями 1 мкФ и 2 мкФ зарядили до разности потенциалов 20 В и 50 В. Найти разность потенциалов после соединения конденсаторов одноименными полюсами. (40 В).

99. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного тока. Внутри одного из них вносят диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Диэлектрик заполняет все пространство между обкладками. Как и во сколько раз изменится напряженность поля в этом конденсаторе? ( в  $2 / (1 + \epsilon)$  раз.

100. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 60 В и отключен от источника электрического тока. После этого внутрь конденсатора параллельно обкладкам вводится пластина из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью 2. Толщина пластины в два раза меньше зазора между обкладками конденсатора. Чему равна разность потенциалов между обкладками конденсатора после введения диэлектрика? (45 В).

101. Сколько витков проволоки следует вплотную намотать на фарфоровую трубку радиусом 10 см, чтобы изготовить реостат сопротивлением 50 Ом? Удельное сопротивление проволоки  $5 \times 10^{-6}$  Ом · м, ее диаметр 2 мм. (50).

102. Длину проволоки увеличили растяжением в 2 раза. Во сколько раз увеличилось ее сопротивление? (4 раза).

103. При последовательном подключении к сети постоянного тока двух проводников сила тока в сети в 6,25 раза меньше, чем при параллельном соединении этих же проводников. Во сколько раз отличаются сопротивления проводников? (4 раза).

104. Если вольтметр соединить последовательно с сопротивлением 14 кОм, то при напряжении в сети 120 В он покажет 50 В. Если соединить его последовательно с неизвестным сопротивлением, то при подключении к той же сети он покажет 10 В. Определите величину неизвестного сопротивления (кОм). (110 кОм).

105. К источнику тока присоединили последовательно два одинаковых сопротивления. Когда их соединили параллельно, сила тока в цепи увеличилась в 3 раза. Во сколько раз каждое из сопротивлений больше внутреннего сопротивления источника? (4 раза).

106. Конденсатор подключен к зажимам батареи. Когда параллельно конденсатору подключили сопротивление 15 Ом, заряд на конденсаторе уменьшился в 1,2 раза. Определите внутреннее сопротивление батареи. (3 Ом).

107. Нагреватель в электрическом чайнике состоит из одинаковых секций. При включении одной секции вода закипает в чайнике через 26 минут. Через сколько минут вода закипит, если обе секции включить параллельно? Сопротивление секций не зависит от условий работы. (13 минут).

108. ЭДС источника тока 2 В, внутреннее сопротивление 1 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность 0,75 Вт. Этим условиям удовлетворяют два значения силы тока. Чему равна их разность? (1 А).

109. По горизонтально расположенному проводнику длиной 20 см и массой 4 кг течет ток силой 10 А. Найдите минимальную величину индукции магнитного поля, в которое нужно поместить проводник, чтобы сила тяжести уравновесилась магнитной силой. (20 Тл).

110. Проводник массой 10 г и длиной 20 см подвешен в горизонтальном положении в вертикальном магнитном поле с индукцией 0,25 Тл. На какой угол от вертикали отклонятся нити, на которых подвешен проводник, если по нему пропустит ток силой 2 А. ( $45^\circ$ ).

111. Стержень массой 20 г и длиной 8 см положили горизонтально на гладкую наклонную плоскость, составляющую с горизонтом угол, тангенс которого 0,3. Вся система находится в вертикальном магнитном поле с индукцией 150 мТл. При какой силе тока в стержне он будет находиться в равновесии? (8 А).

112. На шарик массой 5 г нанесли заряд 2 мКл, подвесили его на нити длиной 10 м в горизонтальном магнитном поле с индукцией 2 Тл, отклонили на некоторый угол в плоскости, перпендикулярной полю, и отпустили. На сколько сантиметров крайнее положение шарика выше нижнего, если при прохождении им нижней точки сила натяжения нити равна 0,17 Н? (720 см).

113. Пройдя ускоряющую разность потенциалов 3520 В, электрон попал в однородное магнитное поле с индукцией 0,002 Тл, перпендикулярное скорости электрона. Найдите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон. (0,1 м).

114. Электрон движется в магнитном поле с индукцией 2 мТл по винтовой линии радиусом 2 см и шагом 5 см. С какой скоростью влетел электрон в магнитное поле? ( $7,6 \times 10^6$  м/с).

115. Во сколько раз изменится полная механическая энергия колеблющегося маятника при уменьшении его длины в 3 раза и увеличении амплитуды колебаний в 2 раза? (12).

116. В кабине подъемника на длинной нити висит шарик. Когда кабина неподвижна, период его колебаний равен 1 с. В движущейся с постоянным ускорением кабине период колебаний 1,2 с. Определите величину и направление ускорения кабины. ( $3$  м/с<sup>2</sup>, вниз).

117. На сколько процентов увеличится период колебаний математического маятника при помещении его в кабину скоростного лифта, опускающегося с ускорением 0,36 g? (25 %).

118. В маятниковых часах используется математический маятник с периодом колебаний 1 с. Часы помещают в ракету, которая начинает подниматься с постоянным ускорением. Чему равно это ускорение, если за 7 с подъема маятник часов совершает 8 полных колебаний?  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. ( $3$  м/с<sup>2</sup>).

119. Шарик массой 0,1 кг, подвешенный на нити, совершает гармонические колебания. Во сколько раз увеличится частота колебаний, если шарик сообщить заряд 200 мкКл и поместить в однородное электрическое поле с напряженностью 40 кВ/м направленное вертикально вниз? (3 раза).

120. Математический маятник длиной 0,1 м совершает гармонические колебания с амплитудой 0,007 м. Определите наибольшую скорость движения груза маятника. (7 см / с).

121. Маленький груз подвешен на нити к потолку. Груз толкнули так, что он движется в горизонтальной плоскости, отстоящей от потолка на расстоянии  $h = 1,25$  м (конический маятник) Определите период обращения груза. ( $T = 2\pi h^{1/2} / g$ ).

122. Чему равен период колебаний математического маятника длины  $l$ , в лифте, ускорение которого направлено вверх и равно  $a$ ? ( $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g+a}}$ )

123. Чему равен период колебаний математического маятника длины  $l$ , в поезде, движущегося горизонтально с ускорением  $a$ ? ( $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g^2+a^2}}$ )

124. Чему равен период колебаний математического маятника длины  $l$ , на тяжелой тележке, съезжающей без трения с наклонной плоскости под углом  $\alpha$  к горизонту? ( $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos \alpha}}$ )

125. Найдите период вертикальных гармонических колебаний бутылки, плавающей на поверхности воды в вертикальном положении дном вниз, если ее масса 300 г, площадь дна 30 см<sup>2</sup>. Трением пренебречь. (628 мс).

126. На поверхности воды плавает в вертикальном положении цилиндр массой 120 г с площадью основания 75 см<sup>2</sup>. С какой циклической частотой будут происходить вертикальные колебания цилиндра, если его слегка сместить из положения равновесия? (25 рад / с).

127. Железный цилиндр высотой 5 см подвесили в вертикальном положении на пружине и частично погрузили в воду. Чему равна циклическая частота малых вертикальных колебаний такого цилиндра, если до погружения в воду циклическая частота колебаний на пружине была 12 рад / с? Трением пренебречь. Плотность железа 8000 кг / м<sup>3</sup>. (13 рад / с).

128. В U-образную трубку сечением 10 см<sup>2</sup> налили 400 г воды. Пренебрегая трением, найдите циклическую частоту вертикальных колебаний жидкости в трубке.  $g = 9,8 \text{ м / с}^2$ . (7 рад / с).

129. Линза дает увеличенное действительное изображение предмета. Увеличение равно двум. Определите фокусное расстояние линзы, если расстояние между линзой и изображением равно 24 см. (8 см).

130. Расстояние от предмета до линзы и от линзы до действительного изображения предмета одинаково и равно 60 см. Во сколько раз увеличится изображение, если предмет поместить на 20 см ближе к линзе? (в три раза).

131. На каком расстоянии перед рассеивающей линзой с оптической силой -3 дптр надо поставить предмет, чтобы его мнимое изображение получилось посередине между линзой и ее фокусом? (33 см).

132. Расстояние от освещенного предмета до экрана 100 см. Линза помещенная между ними, дает четко изображение предмета на экране при двух положениях, расстояние между которыми 20 см. Найдите фокусное расстояние линзы. (24 см).

133. На дифракционную решетку, имеющую период 6 мкм, нормально падает монохроматическая волна. Определите длину волны, если угол между дифракционными максимумами второго и третьего порядков равен 30° (0,3 мкм).

134. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картине максимум второго порядка наблюдается под углом  $14^\circ$ . На какой угол отклонен максимум третьего порядка? ( $21^\circ$ ).
135. Красная граница фотоэффекта для материала фотокатода 700 нм. Отношение скоростей вылетающих электронов при освещении светом с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  равно  $\frac{3}{4}$ . Определите  $\lambda_2$ , если  $\lambda_1 = 600$  нм. (540 нм).
136. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла соответствует длине волны  $6,6 \times 10^{-7}$  м. Чему равно напряжение, полностью задерживающее фотоэлектроны, вырванные из этого металла излучением с длиной волны  $1,8 \times 10^{-5}$  см? Постоянная Планка  $6,6 \times 10^{-34}$  Дж $\times$ с, заряд электрона  $1,6 \times 10^{-19}$  Кл. (5 В).
137. Сколько фотонов попадает за 1 с в глаз человека, если глаз воспринимает свет с длиной волны 0,55 мкм при мощности светового потока  $1,8 \times 10^{-16}$  Вт. Постоянная Планка  $6,6 \times 10^{-34}$  Дж $\times$ с. (500 нм).
138. Солнечная батарея космической станции площадью  $50 \text{ м}^2$  ориентирована перпендикулярно на Солнце. Она отражает половину падающего на нее солнечного излучения. Чему равна сила излучения на батарею, если мощность излучения, падающего на  $1 \text{ м}^2$  поверхности, 1,4 кВт? (350 мкН).
139. При освещении вакуумного фотоэлемента желтым светом ( $\lambda_1 = 600$  нм) он заряжается до разности потенциалов  $U_1 = 1,2$  В. До какой разности потенциалов зарядится фотоэлемент при освещении фиолетовым светом ( $\lambda_2 = 400$  нм). ( $U_2 = 2,23$  В).
140. Катод фотоэлемента освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda$ . При отрицательном потенциале на аноде  $U_1 = -1,6$  В ток в цепи прекращается. При изменении длины волны света в 1,5 раза для прекращения тока потребовалось подать на анод отрицательный потенциал  $U_2 = -1,8$  В. Определите работу выхода материала катода. ( $1,9 \times 10^{-19}$  Дж).

## Экспериментальная работа № 1

### «Определение массы пластилинового шарика и потери механической энергии при неупругом ударе»

Оборудование: масса стального шарика 50 г, пластилиновый и стальной шарик диаметром 20 – 30 мм, нити, штатив со стержнем, транспортир, масштабная линейка, пластилин. Плотность пластилина 1,2 г/см<sup>3</sup>.

#### Методические указания

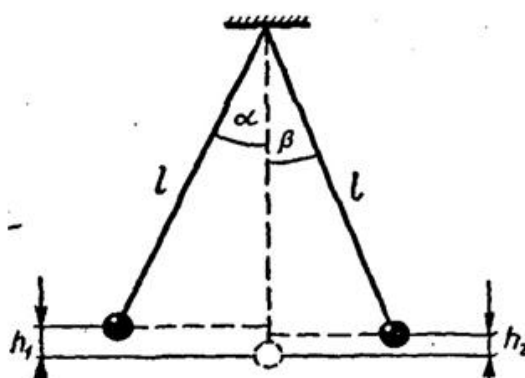
1. Подвесить стальной и пластилиновый шарики на нитях одинаковой длины.
2. Отвести один из шариков на угол  $\alpha$  и отпускают.
3. После неупругого соударения шаров измерьте угол  $\beta$  отклонения системы двух слипшихся шаров.
4. Из закона сохранения импульса  $mv = (m + M)u$
5. Определите массу пластилинового шарика  $m = Mu / (v - u)$ .

6. Определите скорости  $v = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{gl}$ ,  $u = 2 \sin \beta / 2 \sqrt{gl}$ .

7.  $m = M \sin \beta / 2 / (\sin \alpha / 2 - \sin \beta / 2)$ .

8. Определите потерю энергии:

$$\Delta E = \frac{mv^2}{2} - \frac{(m+M)u^2}{2} = 2gl \left( m \sin^2 \frac{\alpha}{2} - (m+M) \sin^2 \frac{\beta}{2} \right)$$



## Экспериментальная работа № 2

### «Определение КПД наклонной плоскости»

Оборудование: трибометрическая линейка, деревянный брусок, масштабная линейка, штатив.

#### Методические указания

1. Установите трибометрическую линейку с помощью штатива под углом к горизонту.
2. Изменяя угол до тех пор пока брусок не начнет скользить равномерно по трибометрической линейке.
3. Измерьте угол  $\alpha_0$  – угол минимального наклона, при котором начинается соскальзывание бруска с плоскости,  $\alpha_0 = \arcsin h / l$ .

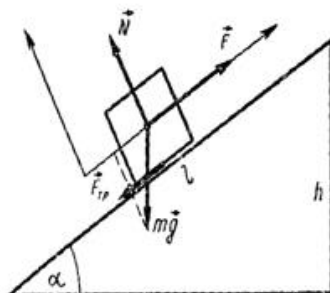
4. КПД наклонной плоскости равен  $\eta = \frac{A_n}{A} = \frac{mgh}{Fl}$ , где  $F = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$

$\mu$  – коэффициент трения,  $\alpha$  – угол наклона трибометрической линейки к горизонту.

$$\eta = \frac{1}{1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha}, \text{ где } \mu = \operatorname{tg} \alpha_0.$$

5. Таким образом

$$\eta = \frac{1}{1 + \operatorname{tg} \alpha_0 \operatorname{ctg} \alpha}$$





### Экспериментальная работа № 3

#### «Определение плотности неизвестной жидкости»

Оборудование: сосуд с неизвестной жидкостью, стеклянная трубка длиной 80 -100 см, измерительная лента.

#### Методические указания

1. Опустите стеклянную трубку в сосуд с жидкостью.
2. Закройте верхнее отверстие трубки и подняв ее, измерьте изменение длины воздушного столба над жидкостью в трубке.

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

3. Используя закон Бойля –Мариотта

$$P S L_1 = (P - \rho g h) S L_2$$

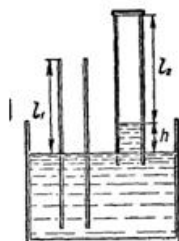
P- атмосферное давление

S- сечение трубки

h- высота воды в трубке

$\rho$ - плотность жидкости

$$\rho = \frac{P(L_2 - L_1)}{g h L_2}$$



## Экспериментальная работа № 4

### «Определение универсальной газовой постоянной»

Оборудование: манометр, колба известного объема, весы, барометр, форвакуумный насос, откачивающий воздух до давления 10 мм рт. ст.

#### Методические указания

1. Соберите установку по рисунку.
2. Примените уравнение состояния газа до откачки воздуха в колбе (при атмосферном давлении  $p_a$ ) и после откачки

$$p_a V = \frac{m_1}{M} RT, \quad pV = \frac{m_2}{M} RT$$

3. Определите универсальную газовую постоянную

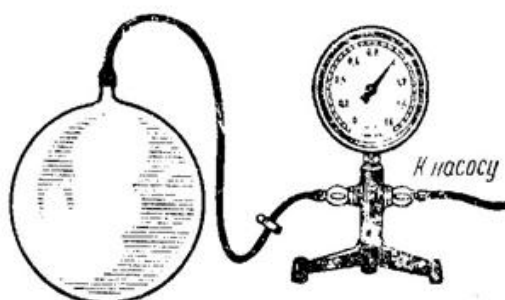
$$R = \frac{(p_a - p)M}{T(m_1 - m_2)}$$

$p_a$  – атмосферное давление

$p$  – давление измеряется манометром

$M = 29 \times 10^{-3}$  кг / моль – молярная масса воздуха

$m_1$  .  $m_2$  - определяется путем взвешивания колбы .до и после откачки.



## Экспериментальная работа № 5

### «Измерение атмосферного давления»

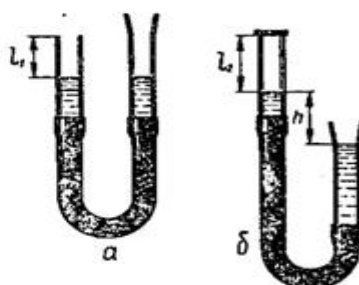
Оборудование: стеклянные трубки, резиновая трубка, пробка, штатив, линейка, стакан с водой.

#### Методические указания

1. Из стеклянных и резиновой трубок изготовьте U–образную трубку.
2. Налейте воды и измерьте длину воздуха одной из трубок  $L_1$ .
3. Закройте верхнее отверстие этой трубки, опустите второе колено вниз.
4. Измерьте новое значение  $L_2$  длины воздушного столба и разность уровней воды в коленях
5. К запортому в левом колене объему воздуха примените закон Бойля – Мариотта:

$$pL_1 S = (P - g \rho h) L_2 S$$

$$P = \frac{\rho g h L_2}{L_2 - L_1}$$



## Экспериментальная работа № 6

**«Определение поверхностного натяжения данной жидкости, используя жидкость, поверхностное натяжение которой известно».**

Оборудование: капилляр, измерительная линейка, два металлических груза, сосуд с жидкостью, поверхностное натяжение которой известно, сосуд с исследуемой жидкостью.

### Методические указания

1. Возьмите груз  $m_1$  с плоским основанием, который смачивается обеими жидкостями.
2. Уравновесьте грузы  $m_1$  и  $m_2$  на рычаге и запишите условие равновесия рычага.

$$m_1 g l_1 = m_2 g l_2. \quad (1)$$

4. Не изменяя плеча  $l_1$ , опустите груз с плоским основанием в воду и увеличивайте плечо силы  $m_2 g$  до тех пор, пока же произойдет отрыв груза  $m_1$  от поверхности воды.

5. Измерьте длину плеча  $l_3$  силы  $m_2 g$  и запишите условие равновесия рычага для этого случая

$$(m_1 g + F_{н1}) l_1 = m_2 g l_3. \quad (2)$$

6. Поступите аналогично с неизвестной жидкостью, получите уравнение

$$(m_1 g + F_{н2}) l_1 = m_2 g l_4. \quad (3)$$

$F_{н1}, F_{н2}$  – силы поверхностного натяжения,  $F_{н1} = \sigma_0 L$ ,  $F_{н2} = \sigma_x L$

$\sigma_0$  и  $\sigma_x$  – поверхностные натяжения воды и неизвестной жидкости.

$L$  – Длина границы поверхностного слоя при отрыве груза

7. Из уравнений (1) и (2) получите равенство

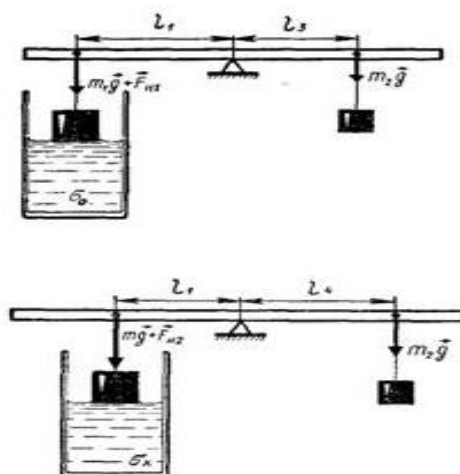
$$\sigma_0 L l_1 = m_2 g (l_3 - l_2). \quad (4)$$

8. Из уравнений (1) и (3) получите равенство

$$\sigma_x L l_1 = m_2 g (l_4 - l_2). \quad (5)$$

9. Решите совместно уравнения (4) и (5), найдите:

$$\sigma_x = \sigma_0 \frac{l_4 - l_2}{l_3 - l_2}$$



### Экспериментальная работа № 7

#### «Определении плотности куска пластилина»

Оборудование: кусок пластилина, ученическая линейка сосуд цилиндрической формы с водой..

#### Методические указания

1. Погрузите кусок пластилина в сосуд с водой и определите его объем.
2. Изготовьте из пластилина «кораблик» и опустите его плавать в сосуд с водой.
3. Измерьте изменение уровня воды в сосуде и рассчитайте вес «кораблика».
4. Плотность пластилина определите по формуле

$$\rho = \frac{P}{gV}$$

$$P = F_A$$

$F_A$ - архимедова сила

P-вес пластилина

$$g = 10 \text{ м / с}^2$$

V- объем пластилина

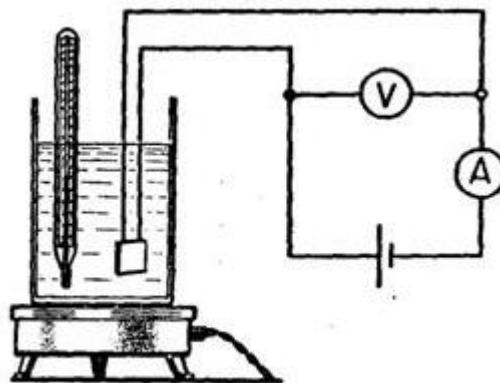
### Экспериментальная работа № 8

#### «Исследование зависимости сопротивления термистора от температуры»

Оборудование: термистор, сосуд с водой, электроплитка, источник тока, вольтметр, амперметр. термометр.

## Методические указания

1. Соберите электрическую цепь из термистора, амперметра, источника тока, вольтметра для измерения напряжения на термисторе.
2. Предварительно термистор погрузите в сосуд с водой, который установите на электроплитке.
3. Подогревая воду, через  $10^0$  С запишите результаты амперметра и вольтметра.
4. Определите сопротивление и постройте графи



## Экспериментальная работа № 9.

### «Определение показателя преломления вещества плоскопараллельной пластины относительно воздуха»

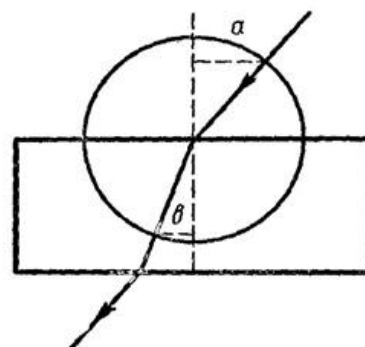
Оборудование: плоскопараллельная пластина (прозрачная), чистый лист бумаги, чертежный циркуль, линейка без делений.

## Методические указания

1. Положите плоскопараллельную пластину, на лист бумаги и очертите ее карандашом.
2. Проведите на листе бумаги прямую под некоторым углом к границе раздела двух сред.
3. С другой стороны пластины приложите линейку так, чтобы ее направление совпадало с видимым сквозь пластину продолжением начерченной линии.
4. Соедините полученные точки, получите ход преломленного луча.
5. Проведите окружность произвольного радиуса и опустите перпендикуляры  $a$  и  $b$  на перпендикуляр к границе раздела двух сред.

6. Определите показатель преломления

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{a}{b}$$



## Экспериментальная работа № 10

### «Определение коэффициента преломления жидкости, находящейся в стакане»

Оборудование: стакан с водой, линейка, лампочка, батарейка, экран.

#### Методические указания

1. Налейте воду в стакан, стакан с водой рассматривайте, как линзу.
2. Для упрощения расчетов, необходимо расположить лампочку и экран симметрично относительно стакана с водой.
3. используя геометрическое соотношение

$$dy = R \beta, \alpha = \gamma + \beta$$

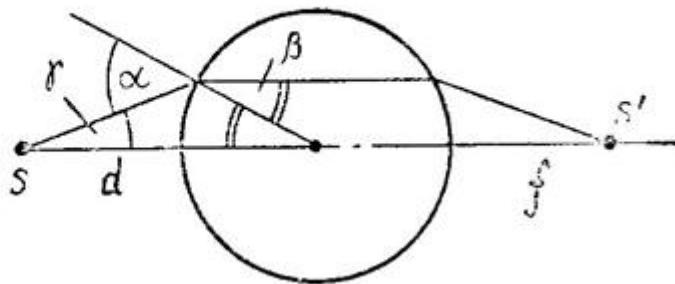
4. Закон преломления для параксимальных лучей

$$n = \frac{\alpha}{\beta} \quad n = \frac{R\beta}{d} + \beta$$

5. Откуда

$$n = 1 + \frac{R}{d}$$

R – радиус стакана



#### УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л.К. Белопухов, Л.А. Володина и др. Задачи по физике для учащихся подшефных школ и лицеев, слушателей подготовительных курсов и региональных подготовительных отделений. Москва. 2002.
2. Л.А. Кирик. Самостоятельные и контрольные работы по физике. Разноуровневые дидактические материалы. 9 класс. Механика. «Илекса» «Гимназия». Москва – Харьков. 1998.
3. С.М. Козела. Всероссийские олимпиады по физике. ЦентрКом. Москва. 1997.
4. А.П. Рымкевич. Задачник по физике. Дрофа. Москва. 2004.

5. И.Ш. Слободецкий, В.А. Орлов. Всесоюзные олимпиады по физике. Пособие для учащихся 8-10 классов средней школы. Москва. Просвещение. 1982.

6. Г.Н. Степанова. Сборник задач по физике для учащихся 9-11 классов общеобразовательных учреждений. Москва. Просвещение. 1995.

7. О.С. Хакимова, Е.М. Пестряев, Л.К. Маненкова. Физика, задачи, билеты, решения. Уфа