

Департамент образования и науки Приморского края
КГБ ПОУ «КМТ»



Шпак С.И.,
преподаватель физики

СБОРНИК ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ
Пособие для студентов
Профессия **23.01.09** **Машинист локомотива**

Содержание:

№ п/п	Тема практической работы	Стр.
Раздел 1 Механика		
Тема 1.1 Кинематика		
1	<i>Характеристики механического движения на ЖД транспорте</i>	5
2	Неравномерное движение на ЖД транспорте	6
3	Криволинейное движение на ЖД транспорте	7
Тема 1.2 Динамика		
4	Второй закон Ньютона	7
5	Динамика движения локомотива	8
6	Опыт Кавендиша	8
7	Закон всемирного тяготения	9
Тема 1.3 Законы сохранения в механике		
8	Закон сохранения энергии	10
9	<i>Сортировка вагонов и комплектование составов</i>	10
10	Закон сохранения импульса на ЖД транспорте	11
11	Реактивный двигатель	11
Тема 1.4 Механические колебания и волны		
12	<i>Колебания на ЖД транспорте</i>	12
13	Уравнение гармонического колебания	13
14	Частота и период колебаний математического маятника	13
15	Автоколебательные системы	14
16	Характеристики механической волны	14
17	Применение ультразвука	15
18	<i>Применение ультразвука на ЖД транспорте</i>	17
19	<i>Шумы на ЖД транспорте</i>	17
Раздел 2 Молекулярная физика		
Тема 2.1 Основы МКТ		
1	Основы МКТ	19
2	Основное уравнение МКТ	19
Тема 2.2 Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.		
3	Уравнение состояния идеального газа	20
4	Газовые законы	20
5	Графическое представление изопроцессов	21
6	<i>Пневматические тормоза</i>	21
Тема 2.3 Основы термодинамики		
7	Работа в термодинамике	23
8	Внутренняя энергия термодинамике	23
9	Тепловые явления на ЖД транспорте	24
10	Применение первого начала термодинамики к изопроцессам ($V - \text{const}$)	24
11	Применение первого начала термодинамики к изопроцессам ($p - \text{const}$)	25
12	Тепловой двигатель	25
13	<i>Холодильная машина</i>	26
14	КПД теплового двигателя	27
Тема 2.4 Свойства газов, жидкостей и твердых тел		
15	Приборы для измерения влажности	28
16	Измерение влажности	29
17	<i>Капиллярные явления на ЖД транспорте</i>	29
18	Капиллярные явления	31

19	<i>Деформации на ЖД транспорте</i>	31
Раздел 3 Электродинамика		
Тема 3.1 Электрическое поле		
1	Опыт Кулона	33
2	Закон Кулона	33
3	Напряженность электрического поля точечного заряда	34
4	Электростатический вольтметр	34
5	Работа по перемещению заряда в электростатическом поле	35
6	Виды конденсаторов и их применение	35
7	Емкость плоского конденсатора	36
8	Энергия заряженного конденсатора	37
Тема 3.2 Законы постоянного тока		
9	Сопротивление проводника	37
10	Зависимость сопротивления от температуры	38
11	Сопротивление контактного провода	38
12	Закон Ома для участка цепи	39
13	Тепловой гальванометр	40
14	Закон Джоуля-Ленца	40
15	<i>Система электрообогрева вагонов</i>	41
16	Закон Ома для полной цепи	41
Тема 3.3 Электрический ток в различных средах		
17	Опыты, доказывающие существование свободных электронов в металлах	42
18	Полупроводниковые приборы	42
19	Электронно-лучевая трубка	44
20	Закон Фарадея для электролиза	45
21	Техническое применение электролиза	46
22	Аккумуляторы	48
23	Применение газовых разрядов	49
Тема 3.4 Магнитное поле		
24	Опыты, доказывающие существование магнитного поля вокруг движущихся зарядов	50
25	Сила Ампера	51
26	Электроизмерительные приборы	52
27	Сила Лоренца	53
28	Циклотрон	53
29	Виды ферромагнетиков и их применение	54
30	Электромагнитное реле	55
31	<i>Реле в системе автоблокировки на железной дороге</i>	55
32	Громкоговоритель	56
Тема 3.5 Электромагнитная индукция		
33	Магнитный поток	56
34	Закон электромагнитной индукции	57
35	ЭДС индукции в движущихся проводниках	57
36	ЭДС самоиндукции	58
37	<i>Магнитная дефектоскопия</i>	58
38	Энергия магнитного поля	59
Тема 3.6 Электромагнитные колебания и волны		
39	Колебательный контур	59

40	Электронный осциллограф	60
41	Индуктивное и емкостное сопротивление	61
42	Трансформатор	61
43	Передача электроэнергии	62
44	Радио Попова	63
45	Радиопередатчик и радиоприемник	63
46	Распространение радиоволн	64
47	<i>Радиосвязь на ЖД транспорте</i>	65
48	Применение радиолокации	66
Тема 3.7 Оптика		
49	Закон преломления	66
50	Глаз как оптическая система	67
51	Построение изображения в тонкой линзе	68
52	Формула тонкой линзы	69
53	Методы измерения скорости света	69
54	Дифракционная решетка	71
55	Применение поляризации	72
56	Интерферометр	72
Тема 3.8 Излучения и спектры		
57	Источники излучений	73
58	Применение инфракрасного излучения	74
59	Применение ультрафиолетового излучения	76
60	Применение рентгеновского излучения	77
61	<i>Излучения на ЖД транспорте</i>	78
62	Виды спектров	79
63	Спектроскоп	80
64	Применение спектрального анализа	80
Раздел 4 Квантовая физика		
Тема 4.1 Световые кванты		
1	«Красная» граница фотоэффекта	82
2	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	82
3	Фотоэлементы	83
4	Фотоны	84
5	Опыт Лебедева	85
Тема 4.2 Атом и атомное ядро		
6	Рубиновый лазер	85
7	Применение лазера	86
8	Методы регистрации заряженных частиц	87
9	Опыт Резерфорда	89
10	Нуклонный состав ядра. Энергия связи ядра атома	90
11	Применение радиоактивных изотопов	90
12	Ядерные реакции. Энергетический выход	92
13	Ядерный реактор	93

Раздел 1 Механика
Тема 1.1 Кинематика

Практическая работа № 1 «Характеристики механического движения на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Объясните причины дискомфорта у пассажиров при различных значениях и направлениях ускорения.
2. Какое ускорение не вызывает дискомфорта у пассажиров?
3. Какое ускорение является допустимым на железнодорожном транспорте?
4. В каких пределах устанавливается тормозной путь у локомотива?
5. Заполните таблицу «Замедления на железнодорожном транспорте»

Вид тормозов	Замедление

Ускорение на железнодорожном транспорте.

Значение ускорения на железнодорожном транспорте.

Для увеличения маршрутной скорости существенно достижение максимальной скорости движения за возможно короткое время. Быстро разогнаться желательно, но не всегда удобно. В поезде при резком начале движения или внезапном изменении скорости могут сдвигаться со своих мест незакрепленные предметы. Все это происходит из – за того, что эти тела по разным причинам не успевают набрать ту же скорость, что и транспорт. Но даже когда мы получаем такое же ускорение, как и движущее нас транспортное средство, все равно мы чувствуем себя не совсем комфортно. Медики установили, что человек чувствует себя особенно плохо, когда ускорение направлено вдоль тела человека. Это связывается с тем, что в данном случае кровь перемещается вдоль тела, приливая к голове или наоборот. Это и вызывает неприятные ощущения. Гораздо легче человеком переносится возникающее ускорение, направленное не вдоль тела, а поперек. На железнодорожном транспорте ощущения, связанные с появлением ускорения, менее заметны – скорости небольшие, да и возможности их резкого изменения невелики. Но устанавливается все же некоторое значения величины ускорения, которое считается допустимым и не вызывающим неудобств у пассажиров – $1,5 \text{ м/с}^2$. При таких ускорениях пассажир не испытывает неприятных ощущений, может без больших трудностей передвигаться по вагону, не сдвигаются со своих мест незакрепленные вещи. Поезд, как правило, плавно набирает ход. Наибольшее ускорение достигается в самом начале движения, когда необходимо быстрее разогнаться. С применением новых типов двигателей на железнодорожном транспорте ускорения все возрастают. Поезда с использованием так называемых линейных двигателей могут приобретать ускорения порядка $1,5 \text{ м/с}^2$.

Ускорения возникают также и при движении поезда под уклон. Они тоже невелики, так как уклоны железных дорог не большие. Небольшие уклоны делаются во избежание затруднений в преодолении сильно груженными составами крутых подъемов (ввиду отсутствия достаточной мощности двигателей локомотивов или из- за нарушений по какой – либо причине нормальных условий сцепления колес с рельсами). Обычно уклоны не превышают $h=10 \text{ м}$ подъема (для скоростных пассажирских трасс – 20 м) в расчете на 1 км пути. Но и в этом случае ускорение состава при спуске будет невелико.

Замедление при торможении.

Для увеличения маршрутной скорости важно не только быстро разогнаться в начале движения, но и быстро останавливаться в конце. Резко затормозить состав является большой проблемой. Использующиеся пневматические тормоза обеспечивают замедление только порядка $a = 0,6 - 0,7 \text{ м/с}^2$. Более эффективные специальные

электротормоза, использующие рекуперативный и реостатный способы торможения, позволяют достичь замедлений $a=0,9 \text{ м/с}^2$. Разработанные в последнее время магнито – рельсовые тормоза, тормозные колодки которых прижимаются уже не к колесу, а непосредственно в рельсу, дают замедления $a = 0,9 – 1,1 \text{ м/с}^2$. Испытания показывают перспективы доведения этой величины уже до $1,9 \text{ м/с}^2$. Использование бесконтактного движения поездов на воздушной подушке или магнитной подвеске дает возможность увеличить тормозное ускорение. В этом случае отключение двигателя приводит к оседанию вагонов на основании железнодорожного полотна своими «башмаками», закрепленными внизу корпуса вагона. За счет большого трения удастся добиться торможения с величиной ускорения $1,6 \text{ м/с}^2$.

Разрабатываются и специальные системы торможения с использованием парашютов, дополнительных тормозных двигателей. В этом случае отрицательные ускорения уже могут достигать значительно больших величин, и потребуются введение мер. Обеспечивающих нормальную обстановку в поезде и нормальное самочувствие пассажиров.

При торможении состава транспортников больше интересует не величина ускорения, а зависящий от этого ускорения тормозной путь, пройденный поездом до полной остановки. Сокращение этого пути позволит повысить безопасность движения (эффективность экстренного торможения в случае аварии), а также увеличить пропускные возможности магистрали (уменьшить временной интервал между поездами) без опасения, что в случае неполадок у одного поезда движущийся за ним не успеет вовремя остановиться. Для поездов тормозной путь устанавливается в пределах 1000 – 1700 м, для электричек – 500 м.

Практическая работа № 2 «Неравномерное движение на ЖД транспорте»

Задание: Вычислить характеристики механического движения

Тема: Неравномерное движение на ЖД транспорте.					
№	Начальная скорость.	Конечная скорость.	Ускорение.	Время.	Путь.
1	72км/ч	36 км/ч	Пневматические тормоза	?	?
2	36 км/ч	?	Электротормоза	1с	?
3	0	60км/ч		30с	?
4	100 км/ч	0	Электротормоза	?	?
5	36 км/ч	72 км/ч		20с	?
6	50 км/ч	70 км/ч	Допустимое	?	?
7	?	0	Пневматические тормоза	?	400м
8	0	?	Допустимое	12 с	?
9	80 км/ч	10 км/ч	Магнито-рельсовые	?	?
10	?	90 км/ч	Допустимое	15 с	?
11	?	12 м/с	Допустимое	14 с	?
12	0	80 км/ч	?	0,5 мин	?
13	?	15 км/ч	Допустимое	10 мин	?
11	?	15 м/с	Допустимое	13 с	?
15	160 км/ч	72 км/ч	Электротормоза	?	?
16	40 км/ч	80 км/ч	?	3с	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение механического и поступательного движения.
2. Дать определения траектории, пути и перемещения.
3. Дать определение материальной точки.
4. Дать определение ускорения.
5. Записать формулы для расчета скорости и пути при неравномерном движении.

Практическая работа № 3 «Криволинейное движение на ЖД транспорте»

Задание: Используя формулу для расчета нормального ускорения вычислить искомую величину.

Тема: Криволинейное движение на ЖД транспорте			
№	Нормальное ускорение.	Скорость	Радиус закругления.
1	Допустимое	160 км/ч	?
2	0,9 м/с ²	?	600 м
3	0,8 м/с ²	180 км/ч	?
4	?	200 км/ч	2000 м
5	Допустимое	?	2 км
6	0,7 м/с ²	120 км/ч	?
7	?	150 км/ч	1500 м
8	0,6 м/с ²	?	800 м
9	Допустимое	220 км/ч	?
10	0,9 м/с ²	?	1,5 км
11	?	250 км/ч	4 км
12	0,8 м/с ²	190 км/ч	?
13	0,7 м/с ²	?	1,3 км
14	Допустимое	240 км/ч	?
15	?	210 км/ч	3,5 км
16	0,5 м/с ²	?	700 м

Контрольные вопросы:

1. Записать формулу для расчета центростремительного ускорения.

Тема 1.2 Динамика

Практическая работа № 4 «Второй закон Ньютона»

Задание: Используя второй закон Ньютона и формулы для расчета пути и скорости при равнозамедленном движении вычислить искомую величину.

Тема: Второй закон Ньютона.					
	Начальная скорость	Ускорение	Тормозной путь	Масса	Сила.
1	72 км/ч	?	?	24 т	5000Н
2	30 м/с	?	600м	50т	?
3	?	?	1000м	12т	8000Н
4	54 км/ч	0,7м/с ²	?	?	1000Н
5	36 км/ч	?	?	24 т	15000Н
6	10 м/с	?	500м	20т	?
7	?	?	1000м	12т	800Н
8	80 км/ч	0,9м/с ²	?	?	1500Н
9	60 км/ч	?	?	22 т	5000Н
10	12 м/с	?	700м	120т	?

11	?	?	1500м	100г	18000Н
12	50 км/ч	1м/с ²	?	?	12000Н
13	40 км/ч	?	?	12 г	3000Н
14	22 м/с	?	800м	80г	?
15	?	?	1000м	10г	1000Н
16	30 км/ч	0,6м/с ²	?	?	2000Н

Контрольные вопросы:

1. Дать определение инерции, массы и силы.
2. Записать второй закон Ньютона.

Практическая работа № 5 «Динамика движения локомотива»

Задание: Начертить схему движения и, используя второй закон Ньютона, вычислить искомую величину.

Тема: Динамика движения локомотива					
	Коэффициент трения, μ	Ускорение, а	Сила тяги, $F_{\text{тяги}}$	Масса, т	Направление движения
1	?	0,5 м/с ²	310 кН	489 т	→
2	0,02	?	285 кН	475 т	←
3	0,01	0,6 м/с ²	?	120 т	→
4	0,03	0,7 м/с ²	290 кН	?	←
5	?	0,6м/с ²	205 кН	140 т	←
6	0,03	?	170 кН	120 т	→
7	0,01	0,6 м/с ²	?	130 т	←
8	0,02	0,9 м/с ²	250 кН	?	→
9	?	0,8 м/с ²	310 кН	445 т	→
10	0,01	?	265 кН	425 т	←
11	0,02	0,4 м/с ²	?	134 т	→
12	0,04	0,9 м/с ²	270 кН	?	←
13	?	0,3м/с ²	200 кН	155 т	←
14	0,01	?	120 кН	135 т	→
15	0,03	0,7 м/с ²	?	115 т	←
16	0,04	0,8 м/с ²	150 кН	?	→

Контрольные вопросы:

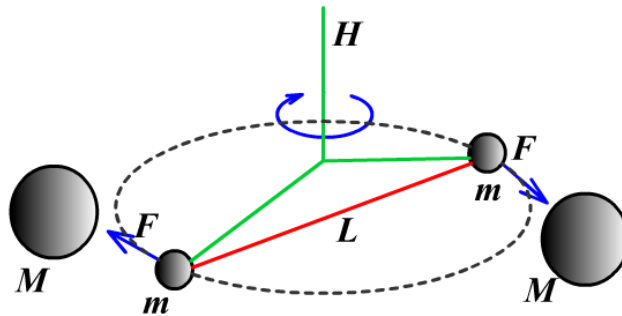
1. Дать определение инерции, массы и силы.
2. Сформулировать законы Ньютона.

Практическая работа № 6 «Опыт Кавендиша»

Задание: Заполнить таблицу «Опыт Кавендиша», подготовить устный ответ.

Опыт	Схема установки	Ход опыта	Результат

Опыт Кавендиша:



Точные измерения гравитационной постоянной G были впервые проделаны в 1798г. ученым Генри Кавендишем. С помощью, так называемых, крутильных весов Кавендиш по углу закручивания нити H сумел измерить ничтожно малую силу притяжения между маленькими и большими металлическими шарами. Для этого ему пришлось использовать столь чувствительную аппаратуру, что даже слабые воздушные потоки могли исказить измерения. Поэтому, чтобы исключить посторонние влияния, Кавендиш разместил свою аппаратуру в ящике, ящик оставил в комнате, а сам проводил наблюдения за аппаратурой с помощью телескопа из другого помещения.

Два одинаковых небольших свинцовых шарика диаметром примерно 5см были укреплены на стержне длиной около 2м, подвешенной на тонкой длинной проволоке. Против малых шаров он устанавливал большие свинцовые шары диаметром около 20см каждый. Опыт показал, что при этом стержень с малыми шарами поворачивался, что говорит о наличии сил притяжения между свинцовыми шарами.

Опыты показали, что гравитационная постоянная

$$G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

В ходе своих опытов Кавендиш впервые доказал, что не только планеты, но и обычные, окружающие нас в повседневной жизни, тела притягиваются по тому же закону тяготения, который был открыт Ньютоном в результате анализа астрономических данных. Этот закон действительно является законом всемирного тяготения.

Практическая работа № 7 «Закон всемирного тяготения»

Задание: Используя закон всемирного тяготения вычислить искомую величину.

Тема: Закон всемирного тяготения.				
№	Масса 1	Масса 2	Расстояние	Сила
1	$0,36 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$0,58 \cdot 10^8$ км	?
2	$4,92 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	?	$58,27 \cdot 10^{21}$ Н
3	$6 \cdot 10^{24}$ кг	?	$1,5 \cdot 10^8$ км	$35,57 \cdot 10^{21}$ Н
4	?	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$2,28 \cdot 10^8$ км	$1,69 \cdot 10^{21}$ Н
5	$1908 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$7,8 \cdot 10^8$ км	?
6	$571,2 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	?	$37,21 \cdot 10^{21}$ Н
7	$87,6 \cdot 10^{24}$ кг	?	$28,79 \cdot 10^8$ км	$1,41 \cdot 10^{21}$ Н
8	?	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$45,11 \cdot 10^8$ км	$0,68 \cdot 10^{21}$ Н
9	$0,012 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$59,28 \cdot 10^8$ км	?
10	$0,36 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	?	$14,28 \cdot 10^{21}$ (Н)
11	$4,92 \cdot 10^{24}$ кг	?	$1,08 \cdot 10^8$ км	$58,27 \cdot 10^{21}$ Н
12	?	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$1,5 \cdot 10^8$ км	$35,57 \cdot 10^{21}$ Н
13	$0,66 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$2,28 \cdot 10^8$ км	?
14	$1908 \cdot 10^{24}$ кг	$2 \cdot 10^{30}$ кг	?	$418,36 \cdot 10^{21}$ Н
15	$571,2 \cdot 10^{24}$ кг	?	$14,31 \cdot 10^8$ км	$37,21 \cdot 10^{21}$ Н

16	?	$2 \cdot 10^{30}$ кг	$28,79 \cdot 10^8$ км	$1,41 \cdot 10^{21}$ Н
----	---	----------------------	-----------------------	------------------------

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать закон всемирного тяготения.
2. Дать определение невесомости и перегрузки.

Тема 1.3 Законы сохранения в механике

Практическая работа № 8 «Закон сохранения энергии»

Задание: Вычислить искомые величины, используя закон всемирного тяготения.

Тема: Закон сохранения энергии					
№	Масса, кг	Высота, м	Скорость, м/с	Кинетическая энергия, Дж	Потенциальная энергия, Дж
1	2,6	15	?	?	?
2	3,1	?	13	?	?
3	12,5	?	15,1	?	?
4	3,5	16,1	?	?	?
5	4,1	?	12,3	?	?
6	13,4	11,6	?	?	?
7	0,6	12,15	?	?	?
8	2,7	?	12,9	?	?
9	13,4	?	14,3	?	?
10	6,5	14,2	?	?	?
11	1,3	?	11,8	?	?
12	25,1	14,6	?	?	?
13	2,9	?	?	521,6	?
14	?	14,9	?	?	425,2
15	?	?	21,3	385,2	?
16	3,6	?	?	?	374,2

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать закон сохранения энергии
2. Записать формулы кинетической и потенциальной энергии.

Практическая работа № 9 «Сортировка вагонов и комплектование составов»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Что представляет собой сортировочная горка и каково ее назначение?
2. Какова высота сортировочной горки?
3. Какова допустимая скорость подачи вагона на сортировочную горку?
4. Через какой интервал времени вагоны следуют с сортировочной горки?

Сортировка вагонов и комплектование составов.

Сортировка вагонов и комплектование составов происходит на так называемых «сортировочных горках». Хотя «горка» имеет сложный профиль, схематично ее можно представить возвышением с углом наклона α . Локомотив подает состав, толкая впереди себя вагоны на возвышение с определенной скоростью. Скорости эти невелики, порядка $V_0=1,5$ м/с. Высота h возвышения тоже небольшая: всего 3 – 4 м. Если длина вагона $l=14$ м, то получается, что при подаче вагонов на вершину («горб») горки со скоростью $v_0=1,5$ м/с они будут следовать друг за другом с интервалом времени $\Delta t=l/v_0=14/1,5=9$ с. Проходя «горб» такой горки, вагоны (предварительно отцепленные) начинают скатываться вниз вдоль наклонной плоскости горки с ускорением (если не рассматривать сил сопротивления движению) $a=g \sin \alpha$, где α – угол наклона горки. В конце горки длиной S они будут иметь скорость (учитывая, что $S=(v - v_0)/\alpha$ и $h=S \sin \alpha$), $v=\sqrt{v_0^2+2 \alpha S}=\sqrt{v_0^2+2gS \sin \alpha}=\sqrt{v_0^2+2gh}$

При высоте горки $h=3\text{м}$ расчет дает скорость для каждого вагона около 8м/с . Разогнанные таким образом вагоны направляются диспетчером по разным путям у основания горки в зависимости от их назначения.

Практическая работа № 10 «Закон сохранения импульса на ЖД транспорте»

Задание: Найти скорость отката вагонов после автосцепки.

Тема: Закон сохранения импульса на ЖД транспорте.					
№	Масса 1, т	Масса 2, т	Скорость 1, м/с	Скорость 2, м/с	Скорость после автосцепки, м/с
1	24	50	3 м/с →	← 1 м/с	?
2	26	60	3 м/с →	1 м/с →	?
3	28	50	2 м/с →	1 м/с →	?
4	30	60	2 м/с →	← 1 м/с	?
5	40	80	4 м/с →	1 м/с →	?
6	80	120	4 м/с →	← 1 м/с	?
7	24	24	4 м/с →	2 м/с →	?
8	26	50	4 м/с →	← 2 м/с	?
9	28	60	5 м/с →	1 м/с →	?
10	30	80	5 м/с →	← 1 м/с	?
11	40	120	5 м/с →	2 м/с →	?
12	50	30	5 м/с →	← 2 м/с	?
13	60	40	6 м/с →	2 м/с →	?
14	80	80	6 м/с →	← 2 м/с	?
15	120	24	6 м/с →	3 м/с →	?
16	24	26	6 м/с →	← 3 м/с	?

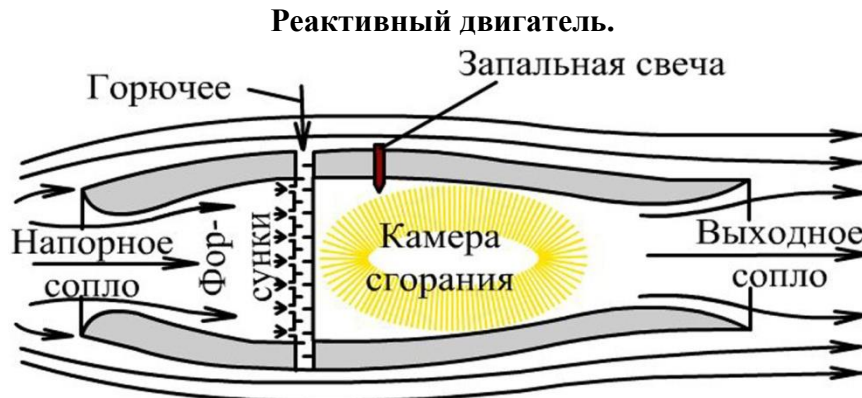
Контрольные вопросы:

1. Дать определение импульса.
2. Сформулировать закон сохранения импульса.

Практическая работа № 11 «Реактивный двигатель»

Задание: Заполнить таблицу «Реактивный двигатель» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Прямоточный воздушно-реактивный двигатель используется в авиации. Его работа протекает следующим образом. При полете самолета встречный поток воздуха проходит через напорное сопло и захватывает горючее, разбрызгиваемое форсунками.

Образовавшаяся рабочая смесь поступает далее в камеру сгорания, где воспламеняется с помощью запальных свечей.

Газы, получающиеся в результате сгорания воздушной смеси, с огромной скоростью выбрасываются через выходное отверстие – сопло. Вследствие резкого увеличения давления при сгорании смеси скорость газов при выходе из сопла намного больше скорости входящего в двигатель воздуха. По закону сохранения импульса благодаря этой разности скоростей и создается реактивная тяга.

Тема 1.4 Механические колебания и волны

Практическая работа № 12 «Колебания на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Объясните негативное влияние колебаний на подвижной состав.
2. Каким образом нейтрализуют колебания на железнодорожном транспорте.
3. Какое действие на пассажиров оказывают вибрации различной частоты.

Колебания на железнодорожном транспорте

Для всех механизмов, конструкций, материалов периодически повторяющиеся воздействия приносят вред. Всякое оборудование в этом случае быстрее изнашивается и разрушается. Многократно повторяющаяся нагрузка приводит к «усталости» конструкции. Бесконечное число таких воздействий не выдерживает ни одна система. И для каждой рассчитывается максимально допустимое их число.

На транспорте, где колебания возникают естественным образом, их последствия могут сказаться на надежности и безопасности движения. Причем это особенно важно учитывать при движении со все более возрастающими скоростями, когда амплитуда колебаний увеличивается.

Колебания (вибрация) приводят к увеличению нагрузки на колесные пары, к ухудшению сцепления колес с рельсами, перекосу вагонов и даже выдавливанию из них состава. Колебания массивного локомотива, особенно при больших скоростях, расталкивают рельсы, («расшивают») путь, что может привести к катастрофе.

А устраивают ли пассажиров колебания, возникающие при движении вагона? Ведь вместе с колебаниями появляются и ускорения, а мы с вами знаем, что человек плохо себя чувствует при резких изменениях скорости, больших ускорениях.

Если происходит какое-либо резкое внешнее воздействия, хотелось бы его как-то смягчить, заменив возникающие большие ускорения плавным изменением скорости. Железнодорожные вагоны установлены на тележках с рессорами, а пассажирские вагоны снабжены также и буферными рессорами спереди и сзади вагона. Рессоры сжимаясь и разжимаясь, смягчают резкие воздействия, оказываемые на колесные пары и сам вагон при неровностях железнодорожного пути, на стыках рельсов, при внезапных резких изменениях скорости движения состава. Но при этом неизбежно возникают колебания вагона на рессорах, причем колебания достаточно сложные. От их вида, частоты и амплитуды зависит, удобно или нет пассажиру ехать в таком вагоне. Замечено, что человек особенно плохо переносит вибрации с частотами 5-8 Гц, 15-30 Гц (эти частоты соответствуют собственным частотам колебаний органов тела человека). Но и другие частоты вызывают неприятные ощущения: около 50 Гц – в ногах, при 1500 Гц – ощущение озноба, иногда говорят: «Словно мурашки по телу». Вибрации же с частотой 2 Гц приводят нас в сонливое состояние, а с частотой 40 Гц в возбужденное.

На железнодорожном транспорте возникают колебания не только вагонов и локомотивов. Наблюдаются сложные колебания подвесных линий контактной сети, вызванные ветром, воздействием токосъемника (пантографа) электровозов, колебания самого пантографа, колебания мачт, семафоров, железнодорожных мостов, путепроводов, пешеходных мостов, колебания поршней, валов двигателей.

Практическая работа № 13 «Уравнение гармонического колебания»

Задание: Используя уравнение гармонического колебания вычислить следующие величины: амплитуду, период, частоту, циклическую частоту, начальную фазу.

Тема: Уравнение гармонического колебания.

№	Уравнение	№	Уравнение
1	$x = 5 \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$	9	$x = 0,5 \sin\left(3\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$
2	$x = 3 \cos\left(3\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$	10	$x = 4 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$
3	$x = 6 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$	11	$x = 0,2 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$
4	$x = 0,4 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right)$	12	$x = 0,3 \cos\left(\frac{3\pi}{2}t + \frac{\pi}{6}\right)$
5	$x = \sin\left(3\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$	13	$x = \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$
6	$x = 3 \cos 4\pi t$	14	$x = 7 \cos 3\pi t$
7	$x = 2 \sin\left(\frac{3\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right)$	15	$x = 2 \sin\left(\frac{3\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right)$
8	$x = 0,6 \sin 3\pi t$	16	$x = 0,3 \sin 4\pi t$

Контрольные вопросы:

1. Дать определение колебательного движения.
2. Дать определение амплитуды, периода, частоты.

Практическая работа № 14 «Частота и период колебаний математического маятника»

Задание: вычислить искомые характеристики колебательного движения математического маятника.

Тема: Период колебаний математического маятника

№	Число колебаний	Время, с	Период, с	Частота, Гц	Циклическая частота, Гц	Длина маятника, м	Ускорение свободного падения, м/с ²
1	10	20	?	?	?	?	9,81
2	20	10	?	?	?	1	?
3	15	10	?	?	?	?	9,83
4	?	20	5	?	?	?	1,6
5	10	?	?	2	?	?	9,79
6	20	50	?	?	?	1,2	?
7	?	10	6	?	?	1,1	?
8	15	30	?	?	?	?	1,61
9	13	9	?	?	?	2	?
10	8	4	?	?	?	?	9,82
11	?	60	3	?	?	?	1,6
12	50	?	?	20	?	?	9,79
13	80	60	?	?	?	1,5	?
14	?	18	4	?	?	3	?
15	14	20	?	?	?	?	1,61
16	46	40	?	?	?	?	9,81

Контрольные вопросы:

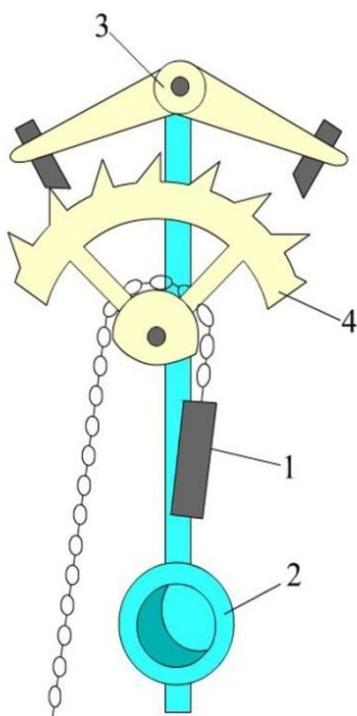
1. Дать определение математического и пружинного маятника.

2. Дать определение амплитуды, периода, частоты.
3. Записать формулы для вычисления периода математического и пружинного маятника.

Практическая работа № 15 «Автоколебательные системы»

Задание: Заполнить таблицу «Автоколебательные системы» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Автоколебательные системы

В реальных колебательных системах совершаются затухающие колебания. Если восполнять потери энергии реальной колебательной системы, то колебания станут незатухающими. Особенно важны и широко применяются автоколебания, поддерживаемые в колебательной системе за счет постоянного внешнего источника энергии, причем свойства этих колебаний определяется самой системой.

Данная система способна регулировать поступление энергии к колеблющемуся телу для компенсации потерь на трение, джоулеву теплоту, излучение и т. п. Примером такой системы являются часы с маятником. Здесь отчетливо выделяются три основных элемента. Источником энергии служит пружинный или гиревой завод **1**. Колеблющейся системой является маятник **2** или балансир (колесико с пружиной), и, наконец устройством, регулирующим поступление энергии от источника к телу, - анкерный ход **3**. Система обладает определенным запасом энергии – потенциальной энергией гири, или энергией сжатой пружины. Гиря приводит в движение храповое колесо **4**.

Анкерное устройство (планка, выполненная в виде якоря) жестко связано с маятником и управляет вращением храпового колеса, которое своими зубьями упирается то в левый, то в правый выступ анкерного устройства. При этом маятник получает импульс то в одну сторону, то в другую, открывая или закрывая при этом доступ энергии от источника. В результате происходят незатухающие колебания маятника (ход часов) с частотой, практически равной частоте его свободных колебаний, при условии, что трение в системе мало. Такие системы называются автоколебательными.

Примером таких систем являются органная труба, скрипичная струна при равномерном движении смычка, электрический звонок с прерывателем, генератор незатухающих колебаний.

Практическая работа № 16 «Характеристики механической волны»

Задание: Вычислить искомые характеристики механической волны.

Тема: Механические волны				
№	Скорость волны	Частота	Период	Длина волны
1	160 м/с	3,6 МГц	?	?
2	343 м/с	?	?	0,12 мм
3	?	?	0,49 мкс	0,18 мм
4	?	2,6 МГц	?	0,24
5	450 м/с	?	0,76 мкс	
6	2800 м/с	3,4 МГц	?	?
7	1900 м/с	?	?	0,42 мм

8	?	?	0,44 мкс	0,34 мм
9	?	3,8 МГц	?	0,63 мм
10	3425 м/с	?	0,37 мкс	?
11	780 м/с	4,2 МГц	?	?
12	645 с/с	?	?	0,39 мм
13	?	?	0,74 мкс	0,45 мм
14	?	3,4 МГц	?	0,86 мм
15	4520 м/с	?	0,49 мкс	?
16	980 м/с	4,3 МГц	?	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение механической волны.
2. Назвать виды волн.
3. Дать определение длины волны.

Практическая работа № 17 «Применение ультразвука»

Задание: Заполнить таблицу «Применение ультразвука»

Область применения	Технология применения

Применение ультразвука

Диагностическое применение ультразвука в медицине (УЗИ)

Благодаря хорошему распространению ультразвука в мягких тканях человека, его относительной безвредности по сравнению с рентгеновскими лучами и простотой использования в сравнении с магнитно-резонансной томографией ультразвук широко применяется для визуализации состояния внутренних органов человека, особенно в брюшной полости и полости таза.

Терапевтическое применение ультразвука в медицине

Помимо широкого использования в диагностических целях, ультразвук применяется в медицине как лечебное средство.

Ультразвук обладает следующими эффектами:

- противовоспалительным, рассасывающим действиями;
- анальгезирующим, спазмолитическим действиями (обезболивание);
- кавитационным усилением проницаемости кожи.

Фонофорез — комбинированный метод лечения, при котором на ткани вместо обычного геля для ультразвуковой эмиссии (применяемого, например, при УЗИ) наносится лечебное вещество (как медикаменты, так и вещества природного происхождения). Предполагается, что ультразвук помогает лечебному веществу глубже проникнуть в ткани.

Применение ультразвука в косметологии

Многофункциональные косметологические аппараты, генерирующие ультразвуковые колебания с частотой 1МГц, применяются для регенерации клеток кожи и стимуляции в них обмена веществ. С помощью ультразвука производится массаж клеток, улучшается микроциркуляция крови и лимфодренаж. В результате повышается тонус кожи, подкожных тканей и мышц. Ультразвуковой массаж способствует выделению биологических активных веществ, ликвидирует спазм в мышцах, в результате чего разглаживаются морщины, подтягиваются ткани лица и тела. С помощью ультразвука осуществляется наиболее глубокое введение косметических средств и препаратов, а также выводятся токсины и очищаются клетки.

Резка металла с помощью ультразвука

На обычных металлорежущих станках нельзя просверлить в металлической детали узкое отверстие сложной формы, например в виде пятиконечной звезды. С помощью ультразвука это возможно, магнитострикционный вибратор может просверлить отверстие

любой формы. Ультразвуковое долото вполне заменяет фрезерный станок. При этом такое долото намного проще фрезерного станка и обрабатывать им металлические детали дешевле и быстрее, чем фрезерным станком.

Ультразвуком можно даже делать винтовую нарезку в металлических деталях, в стекле, в рубине, в алмазе. Обычно резьба сначала делается в мягком металле, а потом уже деталь подвергают закалке. На ультразвуковом станке резьбу можно делать в уже закалённом металле и в самых твёрдых сплавах. То же и со штампами. Обычно штамп закаляют уже после его тщательной отделки. На ультразвуковом станке сложнейшую обработку производит абразив (наждак, корундовый порошок) в поле ультразвуковой волны. Бесперывно колеблясь в поле ультразвука, частицы твёрдого порошка врезаются в обрабатываемый сплав и вырезают отверстие такой же формы, как и у долота.

Приготовление смесей с помощью ультразвука

Широко применяется ультразвук для приготовления однородных смесей (гомогенизации). Еще в 1927 году американские ученые Лимус и Вуд обнаружили, что если две несмешивающиеся жидкости (например, масло и воду) слить в одну мензурку и подвергнуть облучению ультразвуком, то в мензурке образуется эмульсия, то есть мелкая взвесь масла в воде. Подобные эмульсии играют большую роль в современной промышленности, это: лаки, краски, фармацевтические изделия, косметика.

Применение ультразвука в биологии

Способность ультразвука разрывать оболочки клеток нашла применение в биологических исследованиях, например, при необходимости отделить клетку от ферментов. Ультразвук используется также для разрушения таких внутриклеточных структур, как митохондрии и хлоропласты с целью изучения взаимосвязи между их структурой и функциями. Другое применение ультразвука в биологии связано с его способностью вызывать мутации. Исследования, проведённые в Оксфорде, показали, что ультразвук даже малой интенсивности может повредить молекулу ДНК. Искусственное целенаправленное создание мутаций играет большую роль в селекции растений. Главное преимущество ультразвука перед другими мутагенами (рентгеновские лучи, ультрафиолетовые лучи) заключается в том, что с ним чрезвычайно легко работать.

Применение ультразвука для очистки

Применение ультразвука для механической очистки основано на возникновении под его воздействием в жидкости различных нелинейных эффектов. К ним относятся кавитации, акустические течения, звуковое давление. Основную роль играет кавитация. Её пузырьки, возникая и схлопываясь вблизи загрязнений, разрушают их. Этот эффект известен как *кавитационная эрозия*. Используемый для этих целей ультразвук имеет низкую частоту и повышенную мощность.

В лабораторных и производственных условиях для мытья мелких деталей и посуды применяются ультразвуковые ванны заполненные растворителем (вода, спирт и т. п.). Иногда с их помощью от частиц земли моют даже корнеплоды (картофель, морковь, свекла и др.).

В быту, для стирки текстильных изделий используют специальные, излучающие ультразвук устройства, помещаемые в отдельную ёмкость.

Применение ультразвука в эхолокации

В рыбной промышленности применяют ультразвуковую эхолокацию для обнаружения косяков рыб. Ультразвуковые волны отражаются от косяков рыб и приходят в приёмник ультразвука раньше, чем ультразвуковая волна, отразившаяся от дна.

Применение ультразвука в дефектоскопии

Ультразвук хорошо распространяется в некоторых материалах, что позволяет использовать его для ультразвуковой дефектоскопии изделий из этих материалов. В последнее время получает развитие направление ультразвуковой микроскопии,

позволяющее исследовать подповерхностный слой материала с хорошей разрешающей способностью.

Ультразвуковая сварка

Ультразвуковая сварка — сварка давлением, осуществляемая при воздействии ультразвуковых колебаний. Такой вид сварки применяется для соединения деталей, нагрев которых затруднён, при соединении разнородных металлов, металлов с прочными окисными плёнками (алюминий, нержавеющие стали, магнитопроводы из пермаллоя и т. п.), при производстве интегральных микросхем.

Применение ультразвука в гальванотехнике

Ультразвук применяют для интенсификации гальванических процессов и улучшения качества покрытий, получаемых электрохимическим способом.

Практическая работа № 18 «Применение ультразвука на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Как проводится ультразвуковая дефектоскопия?
2. Для обнаружения каких дефектов используют ультразвуковую дефектоскопию на ЖД транспорте?

Ультразвук на ЖД транспорте.

Существует несколько возможностей определения дефектов в материале: например, методом звуковой тени и эхо-методом.

В первом случае источник и приемник ультразвука движутся с двух сторон проверяемого предмета, и если на пути ультразвука встречается дефект, то ультразвук отражается и приемник не получает сигнала от источника: таким образом регистрируется местоположение дефекта и его размеры. А вот эхо-методом удастся даже определить глубину залегания дефекта в материале. В этом случае фиксируется волна, отраженная от дефекта. Источник и приемник ультразвука здесь совмещены в одном устройстве, но для того, чтобы не было наложения испускаемой и отраженной от дефекта, дошедшей обратно к приемнику, волн, «прозвучивание» осуществляется зондирующими импульсами. Импульс ультразвука, вернувшийся через время t_0 , после отражения от дефекта, определяет глубину l расположения дефекта в материале $2l = v_{зв}t_0$, где $v_{зв}$ — скорость распространения ультразвука в данном веществе.

Такими методами железнодорожники выявляют трещины в колесах, валах, шестернях силовых передач и т.д. Частота ультразвука, испускаемая искателями дефектов — дефектоскопами, составляет 2,5 МГц

Ультразвуковыми установками можно также рассеивать туман на расстоянии в несколько сот метров впереди движущегося объекта. Такие «ультразвуковые сирены» уже устанавливаются, например на кораблях.

Практическая работа № 19 «Шумы на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Что представляет собой шум?
2. Что является источниками шума на ЖД транспорте?
3. Какие методы защиты от шума используются на ЖД транспорте?

Шумы на железнодорожном транспорте

Шум — распространение звуковых волн не какой-то определенной частоты, а наоборот, одновременно всевозможных частот. Отсутствие же определенной последовательности и сочетание звуков означает потерю информации.

Шум характеризуется интенсивностью и областью частот. В зависимости от этих параметров он по разному может воздействовать на человека. «Нагромождение» звуков большой интенсивности человек с трудом переносит долгое время. Особенно это

относится к шумам из области больших (высоких) частот: свист, визг тормозов, скрип не очень нам приятны.

На транспорте шум в основном возникает от взаимодействия колес с рельсом при трении, ударах на стыках. При увеличении скорости шум растет пропорционально логарифму скорости, а максимум интенсивности шума смещается в область все больших частот (от 200 Гц – на скорости 45 км/ч к 500-600 Гц – на скоростях порядка 150 км/ч). Известно, что при больших скоростях шум внутри вагона может превысить порог утомляемости для человека. У пассажиров будут наблюдаться расстройства вестибулярного аппарата, ухудшаться слух и т.д. Поэтому, в пассажирских вагонах для поглощения шума используют звукопоглощающие материалы, специальные мембраны, резонансные поглотители.

Но шум от движущегося состава не только докучает пассажирам в вагоне, он может стать нестерпимым и вне поезда, особенно, если поезда несутся с огромными. Тогда, как и предрекали раньше скептики, вблизи железной дороги становится невозможно жить. И не только из-за плохо переносимого человеком шума (а при больших скоростях добавляется еще и резкий звук от нарастающего воздушного сопротивления движению), но и из-за действия звуковых волн на рядом расположенные строения. Доходя до близрасположенных зданий, эти колебания могут вызвать их вибрацию, а порой даже и разрушение (особенно, если имеет место резонанс). Защищаются от шума лесозаграждениями, шумопоглощающими заборами. Для уменьшения вибрации почвы рельсы укладываются на резиновых амортизаторах, бандажи колес предлагают делать из высокоэластичных материалов (резины, полиуретана).

Раздел 2 Молекулярная физика

Тема 2.1 Основы МКТ

Практическая работа № 1 «Основы МКТ»

Задание: Вычислить искомые величины

Тема: Основы МКТ					
№	Молекула	Молярная масса	Масса молекулы	Число молекул	Количество вещества
1	H ₂ SO ₄	?	?	$2 \cdot 10^{23}$?
2	CO ₂	?	?	$5 \cdot 10^{24}$?
3	H ₂ S	?	?	$3 \cdot 10^{25}$?
4	HCl	?	?	$6 \cdot 10^{26}$?
5	NH ₄ OH	?	?	$4 \cdot 10^{23}$?
6	H ₂ O	?	?	$7 \cdot 10^{24}$?
7	CuSO ₄	?	?	$5 \cdot 10^{25}$?
8	NaCl	?	?	$8 \cdot 10^{26}$?
9	HF	?	?	$6 \cdot 10^{23}$?
10	N ₂ O ₅	?	?	$9 \cdot 10^{24}$?
11	C ₂ H ₅ OH	?	?	$2 \cdot 10^{25}$?
12	SO ₃	?	?	$4 \cdot 10^{26}$?
13	C ₂ H ₆	?	?	$5 \cdot 10^{23}$?
14	P ₂ O ₅	?	?	$7 \cdot 10^{24}$?
15	SO ₂	?	?	$6 \cdot 10^{25}$?
16	PH ₃	?	?	$9 \cdot 10^{26}$?

Контрольные вопросы:

1. Дать количества вещества, молярной массы, числа Авогадро.
2. Сформулировать основные положения МКТ.

Практическая работа № 2 «Основное уравнение МКТ»

Задание: Вычислить искомые величины, используя основное уравнение МКТ

Тема: Основное уравнение МКТ.				
№	$p, \text{Па}$	$n, \text{м}^{-3}$	$V^2, \text{м}^2/\text{с}^2$	$m_0, \text{кг}$
1	$2,1 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^{23}$?	$4,2 \cdot 10^{-26}$
2	$3,2 \cdot 10^4$?	$3,1 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^{-26}$
3	?	$1,5 \cdot 10^{22}$	$5 \cdot 10^8$	$3,4 \cdot 10^{-26}$
4	$4,5 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^{20}$	$4 \cdot 10^8$?
5	?	$2,7 \cdot 10^{20}$	$9 \cdot 10^8$	$7,3 \cdot 10^{-24}$
6	$1,8 \cdot 10^5$	10^{24}	?	$5,5 \cdot 10^{-26}$
7	$4 \cdot 10^4$?	$2,5 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^{-27}$
8	$3,2 \cdot 10^6$	10^{21}	$6 \cdot 10^8$?
9	?	$4,2 \cdot 10^{20}$	$8 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^{-24}$
10	$1,7 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{25}$?	$2,6 \cdot 10^{-26}$
11	$4 \cdot 10^5$?	$2,5 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^{-26}$
12	?	$4,5 \cdot 10^{20}$	$5 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^{-24}$
13	$3,1 \cdot 10^5$	10^{24}	?	$5 \cdot 10^{-26}$
14	$3,5 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^{23}$	$3,8 \cdot 10^5$?
15	$2,1 \cdot 10^5$	$5,6 \cdot 10^{24}$?	$3,2 \cdot 10^{-27}$
16	$2,6 \cdot 10^6$?	$4,5 \cdot 10^5$	$3,8 \cdot 10^{-26}$

Контрольные вопросы:

1. Дать определение идеального газа.
2. Записать основное уравнение МКТ.

Тема 2.2 Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.

Практическая работа № 3 «Уравнение состояния идеального газа»

Задание: Используя уравнение состояния идеального газа вычислить искомую величину.

Тема: Уравнение состояния идеального газа.					
№	Давление	Объем	Масса	Молярная масса	Температура
1	5МПа	?	2кг	O ₂	17 °С
2	8МПа	1м ³	6кг	H ₂	?
3	?	2м ³	4кг	O ₃	17 °С
4	3МПа	5м ³	?	H ₂ O	0 °С
5	9МПа	?	5кг	CO ₂	13 °С
6	5МПа	?	2кг	O ₂	10 °С
7	2МПа	1м ³	7кг	H ₂ O	?
8	13МПа	2м ³	?	H ₂ SO ₄	12 °С
9	?	4 м ³	4кг	HCl	7 °С
10	7МПа	7 м ³	1кг	NH ₃	?
11	17МПа	?	8кг	SO ₃	20 °С
12	15МПа	9 м ³	?	NH ₃ OH	21 °С
13	?	6 м ³	0,2кг	He	14 °С
14	12МПа	7 м ³	1кг	H ₂ S	?
15	11МПа	?	0.3кг	He	16 °С
16	25МПа	2 м ³	?	Ar	0 °С

Контрольные вопросы:

1. Дать определение макропараметров.
2. Дать определение идеального газа.
3. Записать уравнение состояния идеального газа.

Практическая работа № 4 «Газовые законы»

Задание: Используя газовые законы найти искомую величину.

Тема: Газовые законы				
Изотермический процесс				
	Давление 1	Давление 2	Объем 1	Объем 2
1	1 МПа	1,5 МПа	$6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$?
2	1,7 МПа	2,1 МПа	?	$4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
3	2,4 МПа	?	$4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$5,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
4	?	3,1 МПа	$5,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$6,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
Изохорный процесс				
	Давление 1	Давление 2	Температура 1	Температура 2
5	$1,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$?	10°С	43°С
6	?	$2,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$	24°С	27°С
7	$4,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$3,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$?	18°С
8	$1,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$5,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$	13°С	?
Изобарный процесс				
	Объем 1	Объем 2	Температура 1	Температура 2
9	$6,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$?	12°С	23°С

10	?	$1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	14°C	17°C
11	$2,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$?	8°C
12	$3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$4,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	23°C	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение изопроцесса.
2. Сформулировать определения изобарного, изохорного и изотермического процесса.

Практическая работа № 5 «Графическое изображение изопроцессов»

Задание: Представить заданный график в недостающих координатах (PV, PT, VT).

Тема: Графическое представление изопроцессов.

1 	2 	3 	4
5 	6 	7 	8
9 	10 	11 	12
13 	14 	15 	16

Контрольные вопросы:

1. Дать определение изопроцесса.
2. Сформулировать определения изобарного, изохорного и изотермического процесса.

Практическая работа № 6 «Пневматические тормоза»

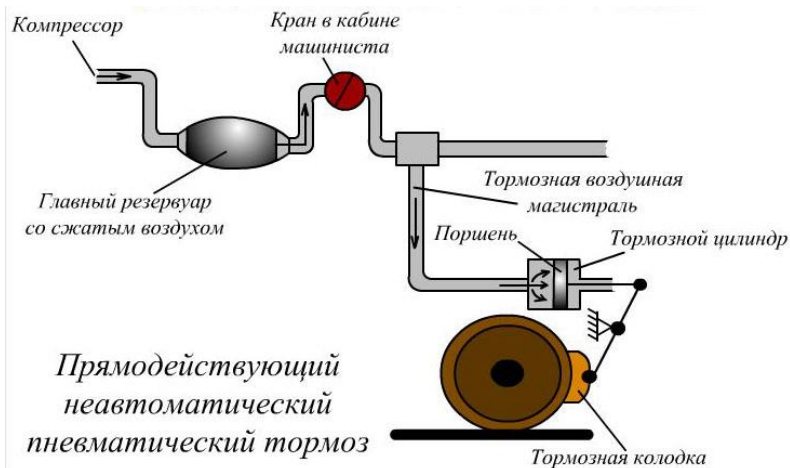
Задание: Заполнить таблицу «Пневматические тормоза» и подготовить устный ответ.

Вид тормоза	Устройство	Принцип действия

Пневматические тормоза

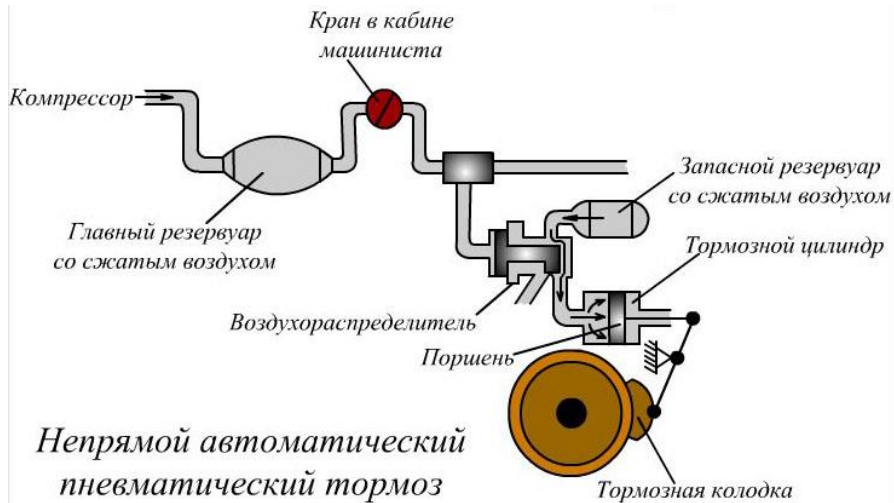
Использование газов, находящихся при повышенном давлении, - давняя практика железных дорог. Одно из первых применений сжатый воздух нашел, например, в системах пневматического торможения поездов. Различают два основных типа таких тормозов.

Первый называется прямодействующим, неавтоматическим и устанавливается на локомотивах.



Чтобы затормозить поезд, машинист поворачивает кран на пульте управления локомотива, и тотчас же сжатый воздух из специального (главного) резервуара, куда он был закачан под большим давлением при помощи компрессора, подается в тормозную магистраль воздухопровода. По магистрали воздух под повышенным давлением попадает в тормозные цилиндры, где заставляет перемещаться поршень, который через систему рычагов управляет тормозной колодкой. Таким образом, если в систему подается воздух под повышенным давлением, то колодка прижимается к колесу; если же кран управления перевести в другое положение (соединить тормозную магистраль с атмосферой), давление в ней упадет и торможение прекратится.

При всей своей простоте эта система не очень удобна, поскольку любые утечки воздуха в тормозной магистрали могут привести к тому, что тормоз не сработает. Именно поэтому на пассажирских вагонах устанавливают тормоза другого типа – не прямые автоматические.



К тормозной магистрали такой системы подсоединены воздухораспределитель с подвижной заслонкой и запасной резервуар со сжатым воздухом, которые размещаются под днищем вагона. Если машинист подает в систему воздух из главного резервуара, то он, попадая в воздухораспределитель, отодвигает заслонку перекрывающую при этом участок магистрали, идущий к тормозному цилиндру, и затем выходит в атмосферу. Кроме того, он частично пополняет запас сжатого воздуха в запанном резервуаре. Если же подача воздуха из главного резервуара прекращается (или воздух начинает выходить в атмосферу из-за поломки тормозной магистрали задолго до воздухораспределителя), то тогда в работу «вступает» сжатый воздух из запасного резервуара. Под его воздействием заслонка в воздухораспределителе сдвигается в другую сторону (ведь с противоположной стороны давление теперь только атмосферное), и воздух под повышенным давлением начинает поступать в тормозные цилиндры. Таким образом, достаточно возникнуть

аварийной ситуации – утечке воздуха в магистрали, тянущейся от локомотива к вагону, и тормоз автоматически сработает. Именно поэтому он и назван автоматическим.

Тема 2.3 Основы термодинамики

Практическая работа № 7 «Работа в термодинамике»

Задание: Вычислить искомую величину, используя формулу для расчета работы газа в термодинамике.

Тема: Работа в термодинамике.					
№	Давление	Начальный объем	Конечный объем	Изменение объема	Работа
1	2кПа	0,2м ³	0,7м ³	?	?
2	?	0,3 м ³	0,2 м ³	?	6МПа
3	4МПа	2 м ³	7 м ³	?	?
4	6кПа	?	3 м ³	2 м ³	?
5	15МПа	0,6 м ³	?	0,2 м ³	?
6	12кПа	0,7м ³	0,5м ³	?	?
7	?	0,9 м ³	0,4 м ³	?	7МПа
8	9кПа	?	6 м ³	1 м ³	?
9	1,5МПа	0,8 м ³	?	0,4 м ³	?
10	8кПа	0,3м ³	0,9м ³	?	?
11	?	0,2 м ³	0,1 м ³	?	3МПа
12	3кПа	?	3 м ³	2 м ³	?
13	0,5МПа	8 м ³	?	4 м ³	?
14	7кПа	0,3м ³	0,2м ³	?	?
15	?	0,5 м ³	0,2 м ³	?	8МПа
16	3,6кПа	?	1,3 м ³	0,6 м ³	?

Контрольные вопросы:

1. Вывести формулу для расчета работы в термодинамике.

Практическая работа № 8 «Внутренняя энергия в термодинамике»

Задание: Используя формулу для расчета внутренней энергии вычислить искомую величину.

Тема: Внутренняя энергия в термодинамике				
№	Газ	Масса	Температура	Внутренняя энергия
1	H ₂ SO ₄	2кг	17 ⁰ С	?
2	CO ₂	?	32 ⁰ С	34кДж
3	CO	0,3кг	?	103кДж
4	HCl	1,5кг	7 ⁰ С	?
5	NH ₃	?	22 ⁰ С	265кДж
6	H ₂ O	2,5кг	?	214кДж
7	CuSO ₄	0,5кг	27 ⁰ С	?
8	NaCl	?	22 ⁰ С	495кДж
9	HF	1,5кг	?	461кДж
10	N ₂ O ₅	2,1кг	17 ⁰ С	?
11	C ₂ H ₅ OH	?	12 ⁰ С	213кДж
12	SO ₃	3кг	?	293кДж
13	C ₂ H ₆	0,5кг	37 ⁰ С	?
14	P ₂ O ₅	?	16 ⁰ С	512кДж
15	SO ₂	1,5кг	?	163кДж

16	H ₂ S	0,4кг	27 ⁰ С	?
----	------------------	-------	-------------------	---

Контрольные вопросы:

1. Назвать способы изменения внутренней энергии.
2. Записать формулу для расчета внутренней энергии.

Практическая работа № 9 «Тепловые явления на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. По какой причине при постройке железнодорожного пути на стыках рельсов оставляют зазоры?
2. Какова основная причина термического расширения рельсов?
3. В чем особенность бесстыкового пути и, каким образом учитывается компенсация удлинения рельсовой плети?

Термическое расширение рельсов

На железной дороге наиболее яркий пример термического расширения – изменение длины рельсов в зависимости от температуры. Зимой длина рельсов уменьшается, летом – возрастает. Учитывая это, при постройке пути на стыках рельсов оставляют зазоры, величина которых подбирается таким образом, чтобы летом при самой высокой температуре они были почти равны нулю, а зимой при самой низкой температуре не превышали 20мм.

Однако, стык – самое слабое место пути, именно он разрушается в первую очередь (вспомним стук колес поезда на стыках). Именно поэтому на железных дорогах все большее распространение получает бесстыковый путь, в котором отдельные 25-метровые рельсы сварены в сплошные плети длиной 800-950 м (а в некоторых случаях и до 2,5 км). Основная, средняя часть каждой рельсовой плети прочно закрепляется, перемещаться могут лишь ее кольцевые участки, длина которых рассчитывается заранее с учетом марки рельсов и возможного перепада температур. Обычно они составляют 70-100 м. Стыки между плетями все же остаются – термическое расширение-то происходит по прежнему, но зато их теперь гораздо меньше. А чтобы компенсировать удлинения между двумя соседними рельсовыми плетями укладывают 2 - 4 небольших уравнивающих рельса. Весной и осенью эти рельсы заменяются: весной устанавливаются более короткие, зимой – более длинные.

Еще один способ «борьбы» с термическим расширением рельсов предложили шведские конструкторы. Поскольку основная причина нагрева рельса – солнечное излучение, то они советуют выкрасить рельсы железнодорожного пути в белый цвет. Такие рельсы меньше нагреваются (белая краска отражает часть солнечных лучей), а значит - и меньше удлиняются.

Практическая работа № 10 «Применение первого начала термодинамики к изопроцессам (V - const)»

Задание: Вычислить искомые величины, используя первое начало термодинамики для изохорного процесса.

Тема: Применение первого начала термодинамики к изопроцессам (V - const)						
№	Масса, кг	Газ	Изменение температуры К	Изменение внутренней энергии, кДж	Работа, кДж	Количество теплоты, кДж
1	0,6	O ₂	14	?	?	?
2	?	H ₂	15	83,43	?	?
3	0,7	O ₃	?	9,47	?	?
4	?	H ₂ O	16	?	9,81	?
5	2,1	CO ₂	?	?	9,51	?

6	3,2	O ₂	17	?	?	?
7	?	H ₂ O	18	74,87	?	?
8	2,6	H ₂ SO ₄	?	58,1	?	?
9	3,6	HCl	14	?	?	?
10	?	NH ₃	25	9,36	?	?
11	5,6	SO ₃	?	8,97	?	?
12	?	CO ₂	16	?	9,21	?
13	2,9	He	?	?	87,12	?
14	1,9	H ₂ S	13	?	?	?
15	?	NH ₃	19	79,44	?	?
16	0,6	Ar	?	6,47	?	?

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать первое начало термодинамики.
2. Вывести формулу первого начала термодинамики для изохорного процесса.

Практическая работа № 11 «Применение первого начала термодинамики к изопроцессам (p - const)»

Задание: Вычислить искомые величины, используя первое начало термодинамики для изобарного процесса.

Тема: Применение первого начала термодинамики к изопроцессам (p - const).					
№	Масса, кг	Газ	Изменение температуры, К	Изменение внутренней энергии, кДж	Количество теплоты, кДж
1	0,6	O ₂	?	8,73	?
2	?	H ₂	15	83,43	?
3	0,7	O ₃	?	9,47	?
4	?	H ₂ O	16	?	?
5	4,5	CO ₂	?	?	76,15
6	?	O ₂	27	?	85,25
7	?	H ₂ O	18	74,87	?
8	5,6	H ₂ SO ₄	?	58,16	?
9	4,5	HCl	?	?	86,54
10	?	NH ₃	35	93,65	?
11	7,3	SO ₃	?	89,74	?
12	?	CO ₂	36	?	98,34
13	0,9	He	?	?	86,67
14	?	H ₂ S	24	?	79,92
15	?	NH ₃	17	79,44	?
16	5,8	Ar	?	64,79	?

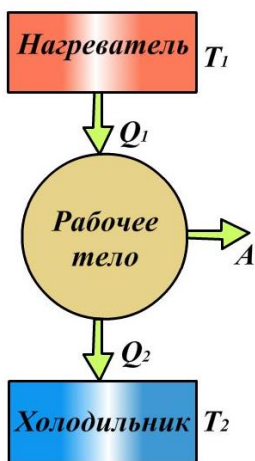
Контрольные вопросы:

1. Сформулировать первое начало термодинамики.
2. Вывести формулу первого начала термодинамики для изобарного процесса.

Практическая работа № 12 «Тепловой двигатель»

Задание: Заполнить таблицу «Тепловой двигатель» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Тепловой двигатель

Тепловыми двигателями называют машины, преобразующие внутреннюю энергию топлива в механическую.

Несмотря на большое разнообразие видов тепловых двигателей, все они имеют в основных чертах общий принцип действия. В работе двигателей можно выделить следующие общие черты:

1. В любом тепловом двигателе происходит превращение энергии топлива в механическую энергию. При этом энергия топлива сначала превращается во внутреннюю энергию газов или пара, нагретых до высокой температуры;
2. Для работы теплового двигателя необходимо наличие двух тел с различными температурами. Они называются нагревателем и холодильником. Кроме того, необходимо рабочее тело (пар или газ). В процессе работы теплового двигателя рабочее тело забирает у нагревателя некоторое количество теплоты Q_1 и превращает часть его в механическую энергию A , а непревращенную часть теплоты Q_2 передает холодильнику. По закону превращения и сохранения энергии $Q_1 = Q_2 + A$;
3. Работа любого теплового двигателя состоит из повторяющихся циклов изменения состояния рабочего тела. Каждый же цикл состоит из разных процессов: получения энергии от нагревателя, рабочего хода (расширения рабочего тела и превращения части полученной им энергии в механическую энергию) и, наконец, передачи неиспользованной части энергии холодильнику.

Тепловые двигатели играют большую роль в жизни человечества. В настоящее время паровая турбина – основной первичный двигатель на тепловых и атомных электростанциях. Создание газовых турбин привело к резкому возрастанию скоростей и грузоподъемности самолетов, а создание реактивных двигателей помогло осуществить вековую мечту о полетах в космос. Велика роль двигателей внутреннего сгорания в сельскохозяйственной и строительной технике (тракторы, комбайны, тягачи, автомашины, бульдозеры, экскаваторы и многие другие машины).

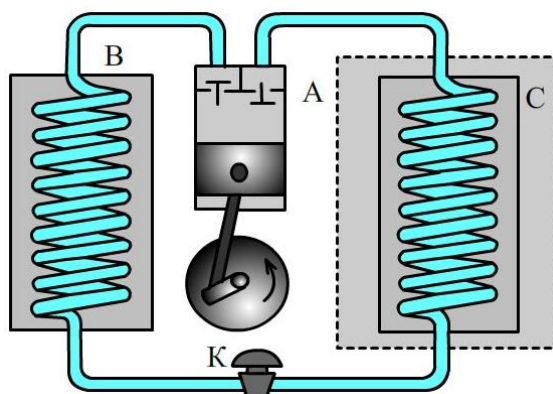
Негативная сторона использования тепловых двигателей состоит в загрязнении окружающей среды вредными для людей, животных и растительного мира веществами.

Практическая работа № 13 «Холодильная машина»

Задание: Заполнить таблицу «Холодильная машина» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Холодильная машина.



Согласно второму закону термодинамики, невозможен термодинамический процесс, единственным результатом которого являлась бы передача тепла от холодного тела горячему. В холодильной машине тепло как раз и забирается от холодного тела (находящегося в морозильной камере) и передается менее нагретому (воздуху в комнате). Но это не единственный результат работы холодильной машины, поскольку для ее функционирования нужна энергия, которая забирается из электрической сети. Эта энергия расходуется на работу компрессора, сжимающего газ (в домашних холодильниках – это, как правило, фреон, в рефрижераторных вагонах – его аналог хладон-12). При сжатии газ нагревается, и чтобы он охладился до комнатной температуры, его пропускают по длинной изогнутой трубке – конденсатору. Охладившийся газ при повышенном давлении ведет себя не как идеальный, а как реальный: он конденсируется, превращаясь в жидкость, которая, пройдя через тонкую трубку – капилляр, поступает в испаритель. Стенки испарителя – это стенки морозильной камеры, в которой поддерживается, таким образом, отрицательная температура (при нормальном атмосферном давлении температура кипения хладона -12 равна $-24,9^{\circ}\text{C}$). Забирая тепло у продуктов, помещенных в камеру, жидкий газ начинает кипеть и вновь испаряется, после чего опять подается в конденсатор. Рабочий цикл холодильной машины рассчитывается, исходя из тех соображений, что и в случае обычной тепловой машины. Разница состоит в том, что здесь количество теплоты Q_2 забирается у морозильной камеры-холодильника и после совершения работы A передается в виде теплоты Q_1 комнатному воздуху:

$$Q_1 = Q_2 + A$$

Заданная температура и в бытовом холодильнике и в вагоне-рефрижераторе обеспечивается необходимым временем работы компрессора: если он работает долго, то в морозильную камеру будет поступать больше сжиженного газа, и температура в камере окажется ниже. Если компрессор будет включаться реже, температура в камере повысится. В вагонах рефрижераторного поезда температура $T = -20^{\circ}\text{C}$ может поддерживаться даже в 40 –градусную жару.

Не нужно думать, впрочем, что вагоны-рефрижераторы снабжены только холодильными установками. Кроме них в вагонах имеются и электропечи, способные, если потребуется, и при 40 -градусном морозе поддерживать температуру в вагоне не ниже $+20^{\circ}\text{C}$.

Практическая работа № 14 «КПД теплового двигателя»

Задание: Используя формулу для расчета КПД вычислить искомые величины.

Тема: Коэффициент полезного действия тепловых двигателей.					
№	T_1, K	T_2, K	$Q_1, \text{кДж}$	$Q_2, \text{кДж}$	η
1	342	237	12,3	?	?
2	473	327	?	13,6	?
3	537	?	16,1	10,3	?
4	?	223	9,3	5,1	?
5	?	376	?	12,2	35,1%
6	436	?	13,1	?	42,3%
7	265	153	11,4	?	?
8	362	176	?	14,6	?
9	426	?	14,3	11,2	?
10	?	185	12,1	8,4	?
11	?	264	?	13,1	32,1%
12	365	?	12,9	?	41,6%

13	261	152	12,4	?	?
14	362	215	?	14,1	?
15	426	?	12,9	7,13	?

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать второе начало термодинамики.
2. Дать определение КПД.

Тема 2.4 Свойства газов, жидкостей и твердых тел

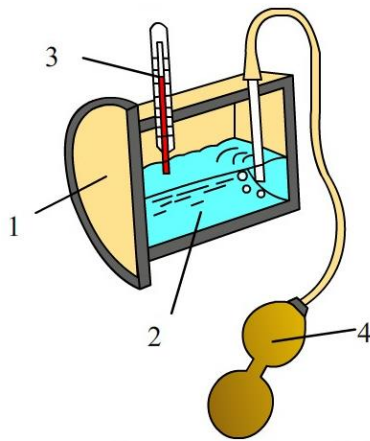
Практическая работа № 15 «Приборы для измерения влажности»

Задание: Заполнить таблицу «Приборы для измерения влажности» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Приборы для измерения влажности

Конденсационный гигрометр.

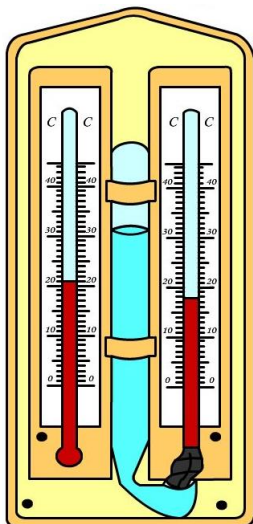


Конденсационный гигрометр позволяет непосредственно определять точку росы. Простейший прибор этого типа представляет собой металлическую коробку, передняя стенка **1** которой хорошо отполирована. Внутри коробки наливают легко испаряющуюся жидкость - эфир **2** - и вставляют термометр **3**. Пропуская через коробку воздух с помощью резиновой груши **4**, вызывают сильное испарение эфира и быстрое охлаждение коробки. По термометру замечают температуру, при которой появляются капельки росы на полированной поверхности стенки. Давление в области, прилегающей к стенке, можно считать постоянным, так как эта область сообщается с атмосферой и понижение давления за счет охлаждения компенсируется увеличением концентрации пара. Появление росы указывает, что водяной пар стал насыщенным.

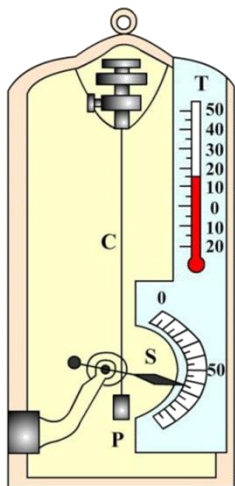
Зная температуру воздуха и точку росы, можно найти парциальное давление водяного пара и относительную влажность с помощью таблицы зависимости давления насыщенного пара от температуры.

Зная температуру воздуха и точку росы, можно найти парциальное давление водяного пара и относительную влажность с помощью таблицы зависимости давления насыщенного пара от температуры.

Психрометр



Психрометр состоит из двух термометров. Резервуар одного из них остается сухим, и термометр показывает температуру воздуха. Резервуар другого окружен полоской ткани, конец которой опущен в воду. Вода испаряется и благодаря этому термометр охлаждается. Чем больше относительная влажность, тем менее интенсивно идет испарение и тем более высокую температуру показывает термометр, окруженный полоской влажной ткани. При относительной влажности, равной 100%, вода вообще испаряться не будет и показания обоих термометров будут одинаковы. По разности температур термометров с помощью психрометрической таблицы можно определять влажность воздуха. Психрометр позволяет определять влажность с большей точностью, чем гигрометр.



Волосной гигрометр

Работа волосного гигрометра основана на том, что обезжиренный волос удлиняется при увеличении влажности воздуха.

Если такой волос *С* пропустить через легкий блок, прикрепив один конец его к металлической раме, а к другому подвесить груз *Р*, то при изменении длины волоса указатель *С*, прикрепленный к блоку, будет двигаться.

Проградуировав предварительно прибор, можно по нему непосредственно определять относительную влажность воздуха. Волосной гигрометр применяют в тех случаях, когда в определении влажности воздуха не требуется большой точности.

Практическая работа № 16 «Измерения влажности»

Задание: Используя психрометрическую таблицу определить искомые величины.

Тема: Влажность воздуха.

№	Температура сухого термометра	Температура влажного термометра	Разность показаний термометров	Влажность
1	25 ⁰ С	21 ⁰ С	?	?
2	24 ⁰ С	?	3 ⁰ С	?
3	?	12 ⁰ С	6 ⁰ С	?
4	15 ⁰ С	?	?	71%
5	?	?	5 ⁰ С	49%
6	20 ⁰ С	17 ⁰ С	?	?
7	21 ⁰ С	?	5 ⁰ С	?
8	?	16 ⁰ С	4 ⁰ С	?
9	17 ⁰ С	?	?	55%
10	?	?	3 ⁰ С	72%
11	23 ⁰ С	16 ⁰ С	?	?
12	22 ⁰ С	?	2 ⁰ С	?
13	?	18 ⁰ С	3 ⁰ С	?
14	13 ⁰ С	?	?	49%
15	?	?	1 ⁰ С	85%
16	16 ⁰ С	12 ⁰ С	?	?

Контрольные вопросы:

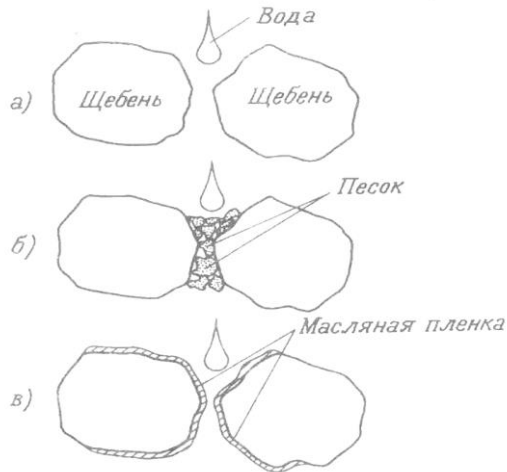
1. Дать определение насыщенного пара.
2. Дать определение влажности.

Практическая работа № 17 «Капиллярные явления на ЖД транспорте»

Задание:

1. На рисунке изображены три варианта расположения камней щебня-балласта: а) щебень с чистой поверхностью, б) щебень с песком, в) щебень, загрязненный маслом. Объясните, что произойдет с каплей воды, попавшей в зазор между камешками в каждом

из этих случаев.



2. Заполнить таблицу «Капиллярная дефектоскопия»

Этап процесса	Выполняемое действие

3. Для проверки каких деталей метод капиллярной дефектоскопии применяется на железнодорожном транспорте?

Капиллярные явления на железной дороге.

Капиллярные явления, смачивание и не смачивание материалов играют большую роль в «жизни» железнодорожного пути. Так, строители железных дорог принимают специальные меры, чтобы вода, попадающая на полотно (например, во время дождя) и вызывающая коррозию рельсов и гниение деревянных шпал, эффективно с него удалялись. Для этой цели шпалы укладываются на балласт – слой щебня, насыпанный в виде призмы. Балласт не только смягчает удары поезда о рельсовые стыки, но и способствует просушке пути, поскольку вода хорошо проходит через щебень и затем по откосам стекает вниз.

Но балласт хорошо пропускает влагу, пока он «свежий». В процессе же эксплуатации дороги на него попадают песок, грязь, мусор, нефтепродукты и т.д. К чему это приводит? Во-первых, когда загрязненный песок попадает в щели между камушками, которые составляют щебень, то эти щели засоряются, причем в местах контакта песчинок возникают тысячи мелких капилляров, хорошо удерживающих воду.

Во-вторых, загрязненные щебень и песок могут вообще перестать смачиваться водой, (при попадании, например, на них жидких нефтепродуктов). В обоих случаях, вода, попавшая на путь, отводится от рельсов и шпал гораздо хуже. Поэтому капитальный ремонт пути предусматривает очистку щебня, - эту работу выполняют специальные балластоочистительные машины.

На транспорте капиллярные явления находят свое применение, например, при проведении дефектоскопии деталей подвижного состава. Соответствующий метод достаточно прост: поверхность проверяемой на наличие дефекта (трещины, раковины) детали очищается от загрязнений (например, химическими способами), а затем несколько раз покрывается специально подкрашенной (чаще всего в красноватый цвет) индикаторной жидкостью, как правило, изготавливаемой на основе керосина. Жидкость должна хорошо смачивать деталь: в этом случае она сможет глубоко проникнуть в трещины, которые выходят на поверхность детали. После протирки детали (что делается для удаления индикаторной жидкости), на ее поверхность наносится слой белой проявляющей краски. При высыхании краски в ней образуются мелкие поры и капилляры, и индикаторная жидкость по этим капиллярам начинает выходить из трещин детали и

растекаться во все стороны возле места выхода. На белом фоне проявителя возникает контур трещины красного или розового оттенка – именно поэтому такой метод выявления дефектов носит название метода цветной дефектоскопии.

Описанному методу контроля подвергаются, например, клапаны тепловозных дизельных двигателей, элементы буксовых подшипников и другие детали подвижного состава. Метод позволяет выявить даже довольно мелкие трещины глубиной 0,01 мм и шириной у выхода на поверхность 0,001 – 0,002 мм.

Практическая работа № 18 «Капиллярные явления»

Задание: Используя формулу для расчета высоты подъема жидкости по капилляру вычислить искомую величину.

Тема: Капиллярные явления.			
№	Радиус капилляра, мкм	Жидкость	Высота подъема жидкости, м
1	?	вода	1,5
2	15	керосин	?
3	?	глицерин	0,5
4	25	спирт	?
5	?	эфир	0,16
6	15	вода	?
7	?	керосин	0,3
8	25	глицерин	?
9	?	спирт	0,19
10	10	эфир	?
11	?	вода	0,7
12	25	керосин	?
13	?	глицерин	0,34
14	10	спирт	?
15	?	эфир	0,33
16	20	вода	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение капиллярного явления.
2. Дать определение смачивания.

Практическая работа № 19 «Деформации на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Назовите причины деформации железнодорожного полотна.
2. Какие изменения железнодорожного полотна способствовали их устойчивости к деформации.

Деформации железнодорожного пути.

При движении составов по рельсам, в рельсах и шпалах возникают остаточные деформации – ведь давление со стороны колесных пар сильно груженых вагонов достаточно велико. Если сила нажатия колесной пары на рельсы на железной дороге Петербург-Москва в прошлом веке была около 160кН, то сейчас на современных железных дорогах она достигает 240-250кН. А при резких ударах колес о рельсы, возникающих из-за неровностей катания колес или рельса (особенно на стыках рельсов), сила нажатия может быть еще больше. Понятно, что это требует создания более прочных, жестких рельсов, изменения их конструкции. Профиль рельса постоянно менялся с развитием железнодорожного транспорта, пока не пришел к тому современному виду, который представлен на рисунке. (марка рельса Р75). Правда, за последнее время

принципиальных изменений не было: те же головка, шейка и подошва. Но изменялись их относительные и общие размеры, вес рельса. Например, было замечено, что жесткость возрастает с увеличением высоты рельса быстрее, чем его вес, поэтому рельсы «подросли».

Меняется и конструкция шпал – их предлагается делать в виде буквы «Н»: при таких шпалах остаточные деформации оказываются малы. Увеличивают жесткость шпал – если раньше они изготавливались из определенных пород дерева (дуб, сосна, ель, бук), то теперь используется железобетон. Для снижения нагрузок на железнодорожное полотно вагоны стараются делать более легкими – в Германии, например, их стали делать из пластмассы, и они «полегчали» на 20%.

Раздел 3 Электродинамика Тема 3.1 Электрическое поле

Практическая работа № 1 «Опыт Кулона»

Задание: Заполнить таблицу «Опыт Кулона» и подготовить устный ответ.

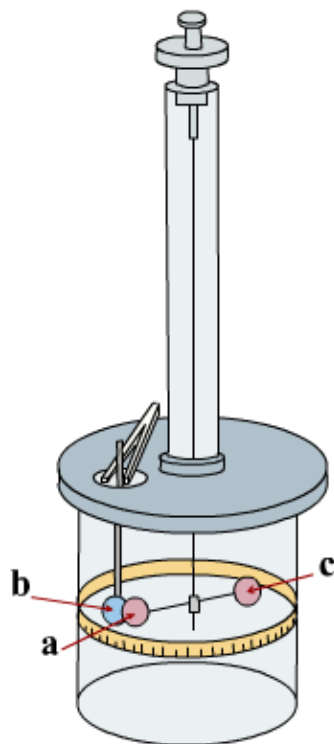
Опыт	Схема установки	Ход опыта	Результат

Опыт Кулона

Основной закон электростатики был экспериментально установлен **Шарлем Кулоном** в 1785г.

С помощью крутильных весов удалось установить, как взаимодействуют друг с другом неподвижные заряженные тела.

Крутильные весы состоят из стеклянной палочки, подвешенной на тонкой упругой проволочке. На одном конце палочки закреплен маленький металлический шарик **a**, а на другом – противовес **c**. Еще один металлический шарик **b** закреплен неподвижно на стержне, который, в свою очередь, крепится на крышке весов.



При сообщении шарикам одноименных зарядов они начинают отталкиваться друг от друга. Чтобы их удержать на фиксированном расстоянии, упругую проволочку нужно закрутить на некоторый угол. По углу закручивания проволочки определяют силу взаимодействия шариков.

Крутильные весы позволили изучить зависимость силы взаимодействия заряженных шариков от величины зарядов и от расстояния между ними.

Опыты Кулона привели к установлению закона: Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Практическая работа № 2 «Закон Кулона»

Задание: Вычислить искомую величину, используя закон Кулона.

Тема: Закон Кулона					
№	Заряд 1,	Заряд 2	Расстояние между зарядами	Диэлектрическая проницаемость	Сила, Н
1	протон	протон	5мм	вода	?
2	протон	электрон	?	стекло	$6,3 \cdot 10^{-23}$
3	электрон	протон	2,1мм	?	$2,1 \cdot 10^{-23}$
4	?	?	3,6мм	воздух	$5 \cdot 10^{-23}$
5	протон	протон	2,6 мм	парафин	?
6	протон	электрон	?	керосин	$5,1 \cdot 10^{-23}$
7	электрон	протон	1,2мм	?	$12,3 \cdot 10^{-23}$
8	?	?	2,4мм	вода	$1,5 \cdot 10^{-23}$
9	протон	протон	1,9мм	керосин	?
10	протон	электрон	?	воздух	$1,3 \cdot 10^{-23}$
11	электрон	протон	1,1мм	?	$6,1 \cdot 10^{-23}$
12	?	?	1,6мм	стекло	$3 \cdot 10^{-23}$

13	протон	протон	1,8мм	воздух	?
14	протон	электрон	?	парафин	$5,2 \cdot 10^{-23}$
15	электрон	протон	2,1мм	?	$1,1 \cdot 10^{-23}$
16	?	?	5,3мм	керосин	$8,3 \cdot 10^{-23}$

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать закон сохранения заряда.
2. Сформулировать закон Кулона.

Практическая работа № 3 «Напряженность электрического поля точечного заряда»

Задание: Используя формулу для расчета напряженности электрического поля точечного заряда

Тема: Напряженность электрического поля точечного заряда				
№	Заряд	Диэлектрическая проницаемость	Расстояние	Напряженность
1	3,4нКл	парафин	2,1см	?
2	2,7нКл	стекло	?	$3,1 \cdot 10^4$ Н/Кл
3	4,5нКл	?	1,3см	$8,01 \cdot 10^4$ Н/Кл
4	?	вода	1,5см	$6,8 \cdot 10^4$ Н/Кл
5	2,5мкКл	керосин	3,4см	?
6	3,6нКл	спирт	?	$3,6 \cdot 10^4$ Н/Кл
7	2,5нКл	?	3,3мм	$0,9 \cdot 10^4$ Н/Кл
8	?	слюда	3,5мм	$6,5 \cdot 10^4$ Н/Кл
9	5,2мкКл	стекло	1,6мм	?
10	3,6нКл	вода	?	$6,1 \cdot 10^4$ Н/Кл
11	1,9нКл	?	3,7мм	$0,4 \cdot 10^4$ Н/Кл
12	?	керосин	1,4мм	$8,8 \cdot 10^4$ Н/Кл
13	3,8мкКл	слюда	2,4мм	?
14	5,7нКл	парафин	?	$4,9 \cdot 10^4$ Н/Кл
15	?	стекло	3,5мм	$9,8 \cdot 10^4$ Н/Кл
16	5,1нКл	?	1,3мм	$2,3 \cdot 10^4$ Н/Кл

Контрольные вопросы:

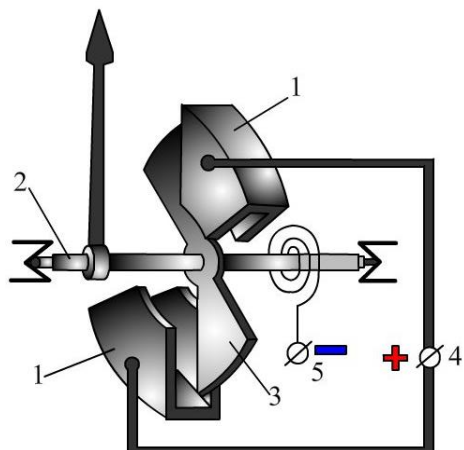
1. Назвать силовые характеристики электрического поля.
2. Дать определение напряженности электрического поля.

Практическая работа № 4 «Электростатический вольтметр»

Задание: Заполнить таблицу «Электростатический вольтметр» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Электростатический вольтметр



Электростатический вольтметр предназначен для измерения разности потенциалов.

Между неподвижными пластинами 1 на оси 2, хорошо изолированной от неподвижных пластин, укреплена подвижная пластина 3. Неподвижные пластины соединены с клеммой 4, а подвижная, через ось и спиральную пружину – с клеммой 5.

При включении прибора подвижные и неподвижные пластины электризуются разноименными зарядами и притягиваются друг к другу. Это приводит к втягиванию подвижной пластины в промежуток между неподвижными пластинами. В результате ось 2, на которой укреплен стрелка, поворачивается. Этому противодействует спиральная пружина. Угол поворота оси пропорционален квадрату разности потенциалов между точками, к которым вольтметр подключен. Промышленность выпускает электростатические вольтметры для измерения разности потенциалов от 30 В до нескольких сотен тысяч вольт.

Практическая работа № 5 «Работа по перемещению заряда в электростатическом поле»

Задание: Используя формулу для расчета работы по перемещению заряда в электрическом поле, вычислить искомую величину.

Тема: Работа по перемещению заряда в электростатическом поле.				
№	Заряд	Напряженность	Перемещение	Работа
1	2,5 мкКл	3,1 кН/Кл	6,2 мм	?
2	3,7 мкКл	2,7кН/Кл	?	54 мкДж
3	1,6 мкКл	?	5,8 мм	48 мкДж
4	?	3,2кН/Кл	4,7 мм	51 мкДж
5	2,7 мкКл	3,4кН/Кл	6,4 мм	?
6	3,1 мкКл	2,5кН/Кл	?	55 мкДж
7	3,3 мкКл	?	5,3мм	44 мкДж
8	?	3,3кН/Кл	4,2 мм	53 мкДж
9	2,1 мкКл	3,7кН/Кл	6,1 мм	?
10	3,2 мкКл	2,2кН/Кл	?	52мкДж
11	1,5 мкКл	?	5,2 мм	43 мкДж
12	?	3,9кН/Кл	4,3 мм	59 мкДж
13	2,2 мкКл	3,6кН/Кл	6,6 мм	?
14	3,4 мкКл	2,6кН/Кл	?	56 мкДж
15	3,8 мкКл	?	5,4мм	41 мкДж
16	?	3,8кН/Кл	4,4 мм	58 мкДж

Контрольные вопросы:

1. Дать определение потенциала.
2. Вывести формулу для расчета работы по перемещению заряда в электростатическом поле.

Практическая работа № 6 «Виды конденсаторов и их применение»

Задание: Заполнить таблицу «Виды конденсаторов и их применение»:

Вид конденсатора	Особенности устройства	Особенности применения

Виды конденсаторов и их применение

По роду используемого диэлектрика конденсатора бывают воздушными, керамическими, слюдяными, бумажными, стеклянными и др.

Воздушные конденсаторы изготавливаются на небольшие емкости (десятки или сотни пикофарад) и применяются главным образом в тех случаях, когда важно чтобы в диэлектрике выделялось возможно меньше энергии и его нагревание было минимальным (например в радиопередатчиках).

Широко распространены керамические конденсаторы. Они представляют собой пластины или трубки из специального керамического материала (например, фаянса), покрытого с двух сторон слоем металла. Керамические конденсаторы выдерживают высокие напряжения. Этими свойствами отличаются также слюдяные конденсаторы. Керамические и слюдяные конденсаторы имеют емкость от нескольких десятков до нескольких тысяч пикофарад.

Бумажный конденсатор. В нем в качестве пластин использованы ленты алюминиевой фольги, а диэлектриком служит тонкая бумага, пропитанная специальными сортами технических масел. Малая толщина диэлектрика и большая площадь пластин обеспечивают значительную электрическую емкость таких конденсаторов (до десятки микрофарад). Для того чтобы бумажный конденсатор занимал меньше места, его свертывают в рулон и заключают (для предохранения от механических воздействий) в металлический кожух. Вывод от проводников сделаны через проходные изоляторы.

Для получения очень больших электрических емкостей (десятки, сотни и даже тысячи микрофарад) применяют так называемые электролитические конденсаторы. Диэлектриком в них служит очень тонкая пленка оксида алюминия, образующаяся при специальной обработке алюминиевой фольги, из которой изготавливается одна из обкладок. Второй обкладкой служит электролит. Благодаря очень малой толщине слоя оксида удается получить очень большие электрические емкости.

Электрические конденсаторы можно применять лишь в цепях постоянного напряжения, причем при их включении нужно соблюдать определенную полярность: положительный полюс источника должен быть подключен к обкладке из алюминиевой фольги, а отрицательный полюс – к корпусу. Только при такой полярности включения через пленку оксида алюминия электрический ток не проходит, эта пленка служит диэлектриком.

На конденсаторах указывают их электрическую емкость и рабочее напряжение, а на электролитических конденсаторах – также полярность их включения (если корпус алюминиевый, то он всегда подключается к отрицательному полюсу источника).

Практическая работа № 7 «Емкость плоского конденсатора»

Задание: Используя формулу для расчета емкости плоского конденсатора вычислить искомую величину.

Тема: Емкость плоского конденсатора.				
№	Диэлектрическая проницаемость	Площадь пластин	Расстояние между пластинами	Емкость
1	воздух	7,3мм ²	1,2мм	?
2	парафин	8,1см ²	?	6,02пФ
3	парафин	?	1,6мм	8,41пФ
4	слюда	6,2мм ²	3,1мм	?
5	стекло	5,3см ²	?	5,82пФ
6	парафин	?	1,4мм	7,55пФ
7	воздух	9,5см ²	2,1мм	?
8	воздух	7,6см ²	?	5,45пФ
9	парафин	?	2,3мм	4,62пФ
10	слюда	6,8см ²	2,6мм	?
11	парафин	7,2см ²	?	8,42пФ
12	стекло	?	2,4мм	7,63пФ
13	воздух	6,5см ²	2,4мм	?
14	парафин	6,7см ²	?	4,67пФ

15	слюда	?	1,8мм	6,54пФ
16	воздух	5,6см ²	1,6мм	?

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой простейший конденсатор.
2. Дать определение электроемкости.

Практическая работа № 8 «Энергия заряженного конденсатора»

Задание: Вычислить искомые величины, используя формулу для расчета энергии заряженного конденсатора.

Тема: Энергия заряженного конденсатора.

№	Заряд	Напряжение	Электроемкость	Энергия
1	4,5 мКл	220 В	?	?
2	3,7 м Кл	?	3,1 мк Ф	?
3	?	320 В	2,8 пФ	?
4	3,6 мКл	240 В	?	?
5	4,8 м Кл	?	4,3 мк Ф	?
6	?	260 В	1,9 пФ	?
7	3,5 мКл	210 В	?	?
8	2,7 м Кл	?	2,2 мк Ф	?
9	?	120 В	2,6пФ	?
10	2,5 мКл	140 В	?	?
11	3,1 м Кл	?	2,1 мк Ф	?
12	?	250 В	4,8 пФ	?
13	3,2 мКл	110 В	?	?
14	3,3 м Кл	?	1,1 мк Ф	?
15	?	420 В	5,8 пФ	?
16	1,7 мКл	160 В	?	?

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой простейший конденсатор.
2. Записать формулу для расчета энергии заряженного конденсатора.

Тема 3.2 Законы постоянного тока

Практическая работа № 9 «Сопротивление проводника»

Задание: Вычислить искомую величину, используя формулу для расчета сопротивления.

Тема: Сопротивление проводника				
№	Удельное сопротивление	Длина проводника	Поперечное сечение	Сопротивление
1	Алюминий	45,5см	15,4мм ²	?
2	Вольфрам	51,4см	?	1,2Ом
3	Железо	?	26,4 мм ²	2,5Ом
4	Константан	58,3см	22,2мм ²	?
5	Медь	65,4см	?	63,2Ом
6	Никелин	?	35,2 мм ²	4,6Ом
7	Нихром	64,5см	14,2мм ²	?
8	Сталь	2,1м	?	65,1Ом
9	Алюминий	?	26,1 мм ²	32,5Ом
10	Вольфрам	56см	1,2мм ²	?
11	Железо	4,3м	?	45,3Ом
12	Константан	?	85,4 мм ²	44,5Ом

13	Медь	2км	68мм ²	?
14	Никелин	2,4м	?	24,6МОм
15	Нихром	?	35,8 мм ²	12,5МОм
16	Сталь	35,2см	26,4мм ²	?

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой электрический ток.
2. От чего зависит сопротивление.

Практическая работа № 10 «Зависимость сопротивления от температуры»

Задание: Вычислить искомую величину, формулу зависимости сопротивления от температуры.

Тема: Зависимость сопротивления от температуры				
№	Сопротивление R	Сопротивление R ₀	Температурный коэффициент, α	Температура T
1	60 Ом	15,4 Ом	?	450 ⁰ С
2	?	4,25 Ом	Алюминий	200 ⁰ С
3	636 Ом	60 Ом	Вольфрам	?
4	48 Ом	?	Сталь	800 ⁰ С
5	52 Ом	5,3 Ом	?	350 ⁰ С
6	?	3,7 Ом	Латунь	300 ⁰ С
7	59 Ом	?	Медь	500 ⁰ С
8	58,9 Ом	56 Ом	Никелин	?
9	72 Ом	60 Ом	?	230 ⁰ С
10	345 Ом	?	Нихром	400 ⁰ С
11	?	9,2 Ом	Платина	20 ⁰ С
12	38,3 Ом	25 Ом	Ртуть	?
13	48 Ом	35 Ом	?	240 ⁰ С
14	20 Ом	?	Свинец	20 ⁰ С
15	40 Ом	9,3 Ом	Серебро	?
16	?	22 Ом	Сталь	50 ⁰ С

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит сопротивление.
2. Сформулировать физический смысл температурного коэффициента.

Практическая работа № 11 «Сопротивление контактного провода»

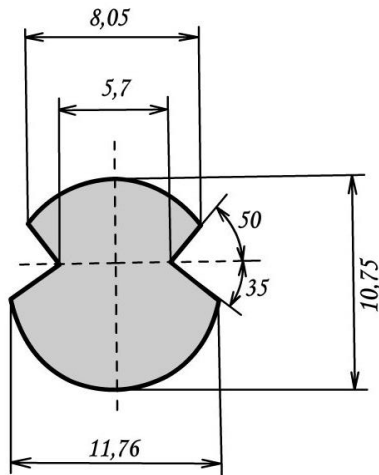
Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Какие требования предъявляются к контактному проводу?
2. Объясните особенности формы контактного провода.
3. Провода с какой площадью сечения используются на ЖД?
4. Что представляет собой биметаллический провод?
5. Какие функции выполняют в биметаллическом проводе алюминий, сталь и медь?

Сопротивление контактного провода

К контактному проводу (КП) предъявляются жесткие требования: он должен обладать низким электрическим сопротивлением, иметь высокую механическую прочность, быть износостойчивым, не поддаваться коррозии.

Форма сечения контактных проводов, применяемых на железных дорогах, близка к окружности, однако, все же ею не является. Так, контактный провод марки МФ (М – медный, Ф – фасонный), наиболее распространенный из применяемых на дорогах страны, имеет два продольных паза, необходимых для крепления различных зажимов. Площадь



поперечного сечения проводов различных типов составляет 65, 85, 100 и 150 мм². Удельное сопротивление технической меди, используемой для изготовления проводов контактной сети, может быть заметно выше, чем 0,0017 мкОм·м. По паспортным данным сопротивление 1 км провода МФ с поперечным сечением 85 мм² может достигать 0,2 Ом.

Провод, по которому подводится электрический ток к локомотиву, - не единственный элемент контактной сети. Для его подвески применяется несущий провод, который (в случае дорог постоянного тока) зачастую также находится под напряжением, - прежде всего на тех участках дороги, где поперечное сечение проводов контактной сети недостаточно велико.

Наряду с медными несущими проводами используются биметаллические (изготовленные из двух разных металлов) несущие тросы, свитые из отдельных проволок, стальная сердцевина которых покрыта тонким слоем меди, а так же тросы, изготовленные из стальной и алюминиевой проволоки. Сочетание более прочной на разрыв стали с менее прочными, но зато обладающими малым сопротивлением медью и алюминием, позволяет использовать такие провода даже в местах активного химического воздействия атмосферы.

Алюминий имеет более высокое удельное сопротивление, чем медь, но его плотность меньше, чем у меди. Для изготовления одинаковых по длине и имеющих равные сопротивления проводов более дешевого алюминия требуется в 2 раза меньше, чем меди. Однако, алюминий гораздо более чувствителен к механическим воздействиям, чем медь, и поэтому провода из него используются для питания нетяговых, вспомогательных потребителей тока; в проводах контактной сети алюминий не применяется.

Практическая работа № 12 «Закон Ома для участка цепи»

Задание: Используя закон Ома для участка цепи, вычислить искомую величину.

Тема: Закон Ома для участка цепи. Сопротивление.					
№	Материал	Длина проводника	Площадь сечения	Сила тока	Напряжение
1	Алюминий	0,5 м	1,4 мм ²	1 А	?
2	Железо	0,6 м	?	2 А	6 В
3	Медь	?	3,6 мм ²	1,5 А	0,6 В
4	Сталь	10 м	2 мм ²	?	12 В
5	Константан	0,7 м	1,2 мм ²	1,3 А	?
6	Никелин	0,8 м	?	1,7 А	8 В
7	Нихром	?	3,5 мм ²	1,2 А	0,9 В
8	Алюминий	15 м	1,8 мм ²	?	17 В
9	Железо	135 м	0,02 мм ²	230 мА	?
10	Медь	0,3 м	1,6 мм ²	1,1 А	?
11	Сталь	0,9 м	?	2,2 А	5 В
12	Константан	?	3,2 мм ²	1,6 А	0,3 В
13	Никелин	50 м	1 мм ²	?	45 В
14	Нихром	150 м	1,5 мм ²	2 А	?
15	Алюминий	0,1 м	?	2,3 А	9 В
16	Железо	?	3,4 мм ²	1,8 А	0,8 В

Контрольные вопросы:

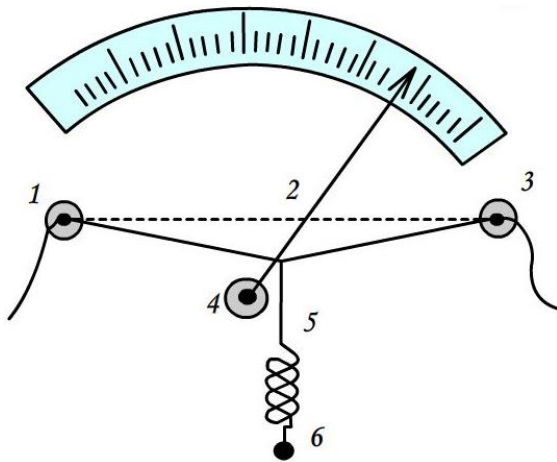
1. Дать определение силы тока.
2. Сформулировать закон Ома для участка цепи..

Практическая работа № 13 «Тепловой гальванометр»

Задание: Заполнить таблицу «Тепловой гальванометр» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Тепловой гальванометр



На тепловом действии тока основание устройства теплового гальванометра. Концы металлической проволоки 2 закреплены неподвижно в металлических колодках 1 и 3. Проволока выполнена из неокисляемого упругого материала. В середине проволоки 2 оттягивается нитью 5, проходящей через блок 4 и скрепленной с пружиной 6. При прохождении тока по проволоке она нагревается и удлиняется, ее прогиб увеличивается. Вследствие этого нить перемещается и

поворачивает блок. С блоком скреплена стрелка гальванометра, поэтому поворот блока соответствует отклонению стрелки на некоторый угол. Если шкала прибора проградуирована в единицах силы тока, то прибор называется амперметром.

Практическая работа № 14 «Закон Джоуля-Ленца»

Задание: Используя закон Джоуля-Ленца, вычислить искомую величину.

Тема: Закон Джоуля - Ленца

№	Сила тока	Сопротивление проводника	Интервал времени	Количество теплоты
1	100мА	20 Ом	1 ч	?
2	150мА	15 Ом	?	202Дж
3	200мА	?	20мин	1920Дж
4	?	30 Ом	10мин	1620Дж
5	135мА	24 Ом	30мин	?
6	250мА	35 Ом	?	2кДж
7	145мА	?	25мин	6кДж
8	?	27 Ом	60мин	35кДж
9	1А	23 Ом	45с	?
10	20мА	125 Ом	?	645Дж
11	2А	?	15мин	654Дж
12	?	25 Ом	12мин	2кДж
13	125мА	45Ом	2 ч	?
14	1А	135 Ом	?	54кДж
15	245мА	?	12мин	22кДжДж
16	?	120 Ом	25с	388Дж

Контрольные вопросы:

1. Перечислить действия электрического тока.

2. Сформулировать закон Джоуля-Ленца.

Практическая работа № 15 «Система электрообогрева вагонов»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Каким образом происходит подключение приборов электрического отопления вагонов?
2. На какое напряжение рассчитаны электронагревательные приборы вагонов и какова их общая мощность?
3. В чем недостаток системы электрообогрева вагонов?
4. Какая система отопления предпочтительнее в настоящее время?

Система электрообогрева вагонов

В системах электрообогрева вагонов потери электроэнергии на «джоулево» тепло приносят пользу. Электрические печи располагаются на полу в коридорах, вагонах, туалетных, служебных помещениях, в купе. Приборы электрического отопления, питающиеся от высоковольтной магистрали, подключаются через токоприемник электровоза к контактной сети. Общая мощность электронагревательных приборов, устанавливаемых в пассажирском вагоне, составляет 40 - 48кВт; отдельные печи имеют мощность 0.5 - 5кВт и соединяются последовательно, поэтому рассчитаны (в зависимости от марки) на напряжение 450 - 1500В. Недостаток этой системы отопления состоит в том, что оборудованные ей вагоны могут эксплуатироваться лишь на электрифицированных участках железных дорог.

Именно поэтому более широкое распространение получила система водяного отопления с комбинированным котлом, в котором вода может нагреваться как при помощи электрических нагревательных элементов, так и при сгорании угля в топке котла.

Практическая работа № 16 «Закон Ома для полной цепи»

Задание: Используя закон Ома для полной цепи, вычислить искомую величину.

Тема: Закон Ома для полной цепи				
№	Сила тока	ЭДС	Внешнее сопротивление	Внутреннее сопротивление
1	1,8 А	12 В	6 Ом	?
2	1,9 А	10 В	?	0,2 Ом
3	1,4 А	?	3,8 Ом	0,2 Ом
4	?	36 В	5,4 Ом	0,6 Ом
5	1,7 А	14 В	6,2 Ом	?
6	1,3 А	18 В	?	0,5 Ом
7	1,5 А	?	4,7 Ом	0,3 Ом
8	?	9 В	2,9 Ом	0,1 Ом
9	1,2 А	16 В	3,8 Ом	?
10	1,8 А	12 В	?	0,2 Ом
11	1,9 А	?	2,9 Ом	1,1 Ом
12	?	15 В	4,1 Ом	0,9 Ом
13	1,4 А	10 В	4,3 Ом	?
14	1,5 А	6 В	?	0,3 Ом
15	1,7 А	?	5,3 Ом	0,7 Ом
16	?	18 В	5,2 Ом	0,8 Ом

Контрольные вопросы:

1. Дать определение электродвижущей силы.
2. Вывести закон Ома для полной цепи.
3. Что происходит в цепи при коротком замыкании?

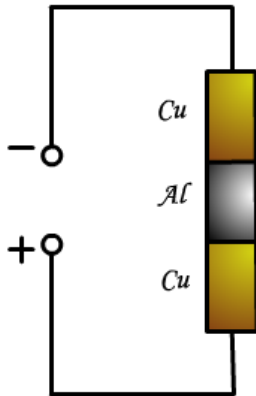
Тема 3.3 Электрический ток в различных средах

Практическая работа № 17 «Опыты, доказывающие существование свободных электронов в металлах»

Задание: Заполнить таблицу «Опыты, доказывающие существование свободных электронов в металлах» и подготовить устный ответ.

Опыт	Схема установки	Ход опыта	Результат

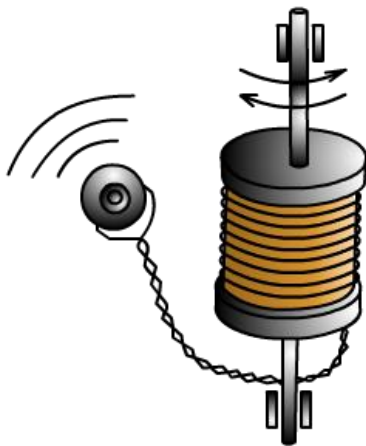
Опыт Рикке.



Немецкий физик К.Рикке в 1901г. проделал следующий опыт. Три предварительно взвешенных цилиндра (два медных и один алюминиевый) Рикке сложил отшлифованными торцами так, что алюминиевый цилиндр оказался между медными. Затем цилиндры были включены в цепь постоянного тока: через них в течение года проходил большой ток (ток, питавший городскую трамвайную сеть). За это время через цилиндры прошел электрический заряд, равный приблизительно 3,5млн. Кл. Вторичное взвешивание цилиндров, проводившееся с точностью до 0,03мг, показало, что масса цилиндров в результате опыта не изменилась. При исследовании соприкасавшихся торцов под микроскопом не было обнаружено проникновения одного металла в другой. Результаты опыта

свидетельствовали о том, что в переносе заряда в металлах ионы не участвуют.

Опыт Манделъштама – Папалекси.



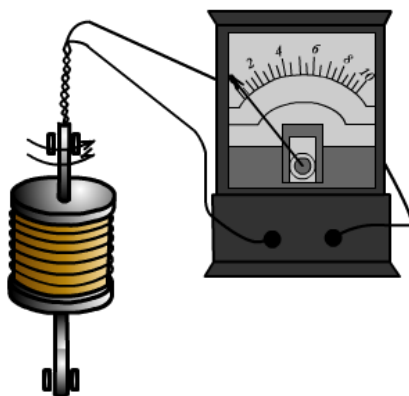
Для выяснения природы носителей тока в металлах физики Л.И. Манделъштам и Н.Д. Папалекси провели в 1913 году оригинальный опыт. Идея опыта сводилась к тому, чтобы обнаружить электрический ток при внезапной остановке быстро движущегося проводника.

Если металлический стержень движется поступательно со скоростью V , то и носители тока в результате их взаимодействия с кристаллической решеткой движутся также со скоростью V . При резком торможении стержня носители тока будут продолжать двигаться по инерции. Поэтому в замкнутой цепи появится кратковременный ток, который можно обнаружить с помощью гальванометра. По направлению тока можно определить знак движущихся

зарядов.

Л.И. Манделъштам и Н.Д. Папалекси осуществили такой опыт в следующем варианте. Проволочная катушка L , концы которой соединены с телефонной трубкой T , совершала быстрые крутильные колебания вокруг своей оси. При этом в цепи появлялся переменный ток, вызывающий звук в телефонной трубке. Этот опыт подтвердил существование инерционного движения носителей заряда в проводнике.

Опыт Стюарта – Толмена.



В 1916 году опыт, аналогичный опыту Манделъштама – Папалекси, осуществили американские физики Т. Стюарт и Р. Толмен.

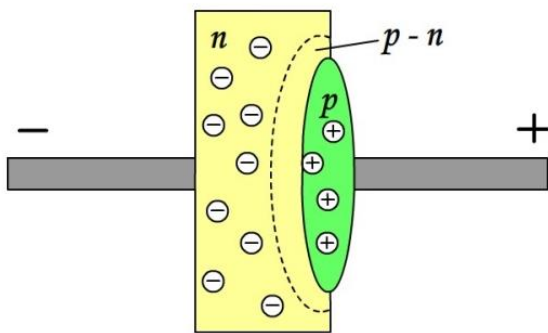
Катушка с большим числом витков тонкой проволоки приводилась в быстрое вращение вокруг ее оси (общая длина витков обмотки составляла примерно 500м, а линейная скорость движения провода достигала 300м/с).

Концы обмотки были присоединены к чувствительному гальванометру при помощи длинных гибких проводов. После раскручивания катушки ее резко тормозили специальным приспособлением. При этом в цепи возникал кратковременный ток, причем направление тока соответствовало направлению инертного движения отрицательно заряженных частиц. В этих опытах было определено отношение заряда к массе носителей заряда. Зная заряд электрона, можно было определить массу частиц. Она оказалась порядка 10^{-30} кг, что в несколько тысяч раз меньше массы иона. Таким образом, результаты опыта свидетельствовали о том, что носителями тока могли быть только электроны.

Практическая работа № 19 «Полупроводниковые приборы»

Задание: Заполнить таблицу «Полупроводниковые приборы» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



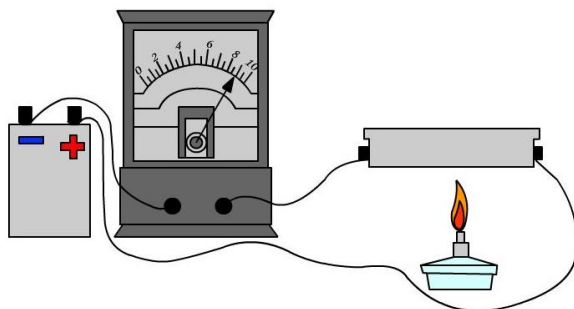
Полупроводниковые приборы

Полупроводниковый диод

Полупроводниковые диоды изготавливают из германия, кремния, селена и других веществ. Рассмотрим, как создается р – n-переход при использовании в диоде германия, обладающего проводимостью n – типа, за счет небольшой добавки донорной примеси. Этот переход не удается получить путем механического соединения двух полупроводников с различными типами проводимости, так как при этом получается слишком большой зазор между полупроводниками. Толщина же р – n-перехода должна быть не больше межатомных расстояний, поэтому в одну из поверхностей образца вплавляют индий. Вследствие диффузии атомов индия вглубь монокристалла германия у поверхности германия образуется область с проводимостью р – типа. Остальная часть образца германия, в которую атомы индия не проникли, по-прежнему имеет проводимость n – типа. Между двумя областями с проводимостями разных типов возникает р – n-переход. В полупроводниковом диоде германий служит катодом, а индий – анодом.

Для предотвращения вредных воздействий воздуха и света кристалл германия помещают в металлический корпус.

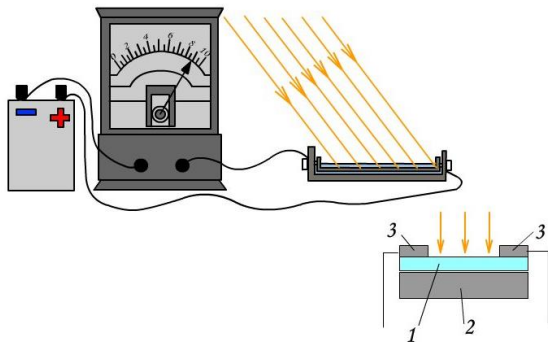
Полупроводниковые выпрямители обладают высокой надежностью и имеют большой срок службы. Однако они могут работать лишь в ограниченном интервале температур (от -70°C до 125°C).



Термисторы

Зависимость сопротивления полупроводников от температуры лежит в основе действия специальных приборов – терморезисторов. Терморезистор – это столбик полупроводника с контактами для включения в электрическую цепь. Его помещают в металлический герметизированный корпус или в защитное влагостойкое пластмассовое покрытие. Терморезисторы выпускаются в виде стержней, трубок дисков шайб и бусинок.

Сопротивление терморезисторов при нагревании от -50 до $+100^{\circ}\text{C}$ изменяется на несколько порядков. Чем выше температура, тем меньше сопротивление терморезистора. Это позволяет использовать их для дистанционного измерения температуры, в устройствах противопожарной сигнализации и т. п.



Фоторезисторы

На зависимости сопротивления полупроводников от их освещенности основано действие так называемых фоторезисторов. Простейший фоторезистор представляет собой слой полупроводника **1**, нанесенный на пластмассовое основание **2**. Металлические контакты **3** на концах полупроводникового слоя позволяют включать фоторезистор в цепь. Сопротивление фоторезистора зависит от освещенности полупроводникового слоя.

Их используют для регистрации и измерения слабых световых потоков, для обнаружения инфракрасных лучей в различных автоматических устройствах, служащих для подсчета изделий, контроля их размеров и т. п. Например, при подсчете изделий движущиеся на конвейере детали периодически пересекают световой луч, направленный на фоторезистор. Возникающие при этом периодические изменения силы тока в цепи с фоторезистором управляют работой специального механизма, который и производит подсчет изделий.

Практическая работа № 19 «Электронно-лучевая трубка»

Задание: Заполнить таблицу «Электронно-лучевая трубка» и подготовить устный ответ.

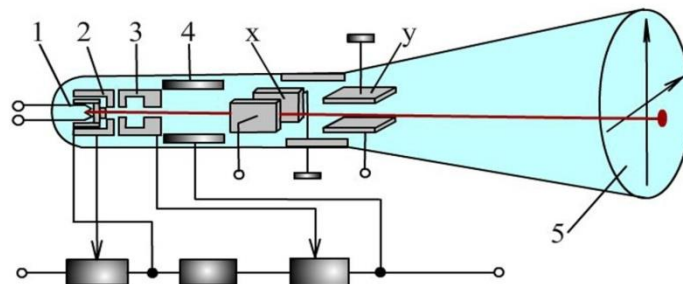
Таблица 1

Название прибора	Схема	Элементы схемы

Таблица 2

Элемент схемы	Назначение

Электронно – лучевая трубка.



Электронно – лучевой трубкой называется вакуумный электронный прибор, позволяющий преобразовывать электрические сигналы в видимое изображение.

В длинном баллоне трубки создан высокий вакуум. Внутри баллона имеется система электродов, позволяющая получить очень тонкий и длинный пучок электронов. Эта совокупность электродов получила название электронного прожектора. Электронный прожектор состоит из подогревающего катода **1**, управляющего электрода **2**, первого анода **3** и второго анода **4**.

Катод представляет собой узкий цилиндр, внутри которого находится нагреватель. Снаружи катод покрыт специальным веществом, которое характеризуется малой работой выхода электронов.

Управляющий электрод **2** предназначен для регулировки интенсивности электронного луча. Он имеет цилиндрическую форму и окружает катод. Через отверстие в основании этого цилиндра пролетают электроны, испускаемые катодом. На управляющий электрод подается небольшой отрицательный по отношению к катоду потенциал. Изменяя потенциал управляющего электрода, можно регулировать интенсивность потока электронов и, следовательно, изменять яркость светящегося пятна на экране **5** трубки.

Первый анод **3** представляет собой цилиндр с двумя или тремя диафрагмами. Меняя потенциал первого анода относительно катода, можно получить такое электрическое поле между первым и вторым анодами, которое сфокусирует пучок электронов в плоскости экрана. Поэтому первый анод часто называют фокусирующим электродом.

Второй анод **4** имеет также форму цилиндра, но несколько большего диаметра, чем первый анод. Он обычно имеет одну диафрагму. На второй анод подается высокое напряжение. Под действием электрического поля второго анода электроны приобретают большую скорость движения по направлению к экрану.

Электронный луч можно перемещать по экрану с помощью двух пар отклоняющих пластин, расположенных перпендикулярно друг к другу. Если к пластинам какой-либо пары приложить напряжение, то электронный луч под действием электрического поля между этими пластинами отклонится в сторону положительной пластины. Отклонение луча тем больше, чем больше приложенное к пластинам напряжение.

Горизонтально расположенные пластины **У** служат для отклонения электронного луча в вертикальном направлении и называются вертикально отклоняющими пластинами. Вертикально же расположенные пластины **Х** служат для отклонения луча в горизонтальном направлении и называются горизонтально отклоняющими.

Практическая работа № 20 «Закон Фарадея для электролиза»

Задание: Используя закон Фарадея для электролиза, вычислить искомую величину.

Тема: Закон Фарадея для электролиза				
№	Масса вещества	Сила тока	Электрохимический эквивалент	Интервал времени
1	0,6 мг	1,8 А	?	1 ч
2	32 мг	1,9 А	Алюминий	?
3	?	1,4 А	Водород	20мин
4	0,9 мг	?	Железо	10мин
5	0,88 мг	1,7 А	?	30мин
6	24 мг	1,3 А	Золото	?
7	?	1,5 А	Кислород	25мин
8	37 мг	?	Натрий	60мин
9	0,7 мг	1,2 А	?	45мин
10	18 мг	1,8 А	Никель	?
11	?	1,9 А	Свинец	15мин
12	33 мг	?	Серебро	12мин
13	11,2 мг	1,4 А	?	2 ч
14	18 мг	1,5 А	Хлор	?
15	?	1,7 А	Алюминий	12мин
16	29 мг	?	Водород	25с

Контрольные вопросы:

1. Дать определение электролиза.
2. Сформулировать закон Фарадея для электролиза.

Практическая работа № 21 «Техническое применение электролиза»

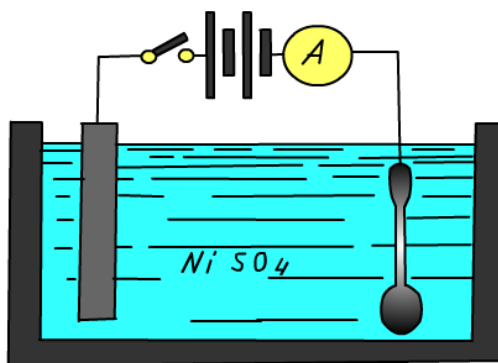
Задание: Заполнить таблицу «Техническое применение электролиза».

Название процесса	Технология процесса	Применение процесса

Техническое применение электролиза

Гальваностегия

Для предохранения металлов от окисления, а также для придания изделиям прочности и лучшего внешнего вида их покрывают тонким слоем благородных металлов (золото, серебро) или малоокисляющимися металлами (хром, никель).



Предмет, подлежащий гальваническому покрытию, тщательно очищают, полируют и обезжиривают, после чего погружают в качестве катода в гальваническую ванну. Электролитом является раствор соли металла, которым осуществляется покрытие. Анодом служит пластина из того же металла. На рисунке изображена ванна для никелирования. Электролитом служит водный раствор вещества, содержащего никель (например, серноокислый никель $NiSO_4$), катодом является предмет, подвергающийся покрытию.

Величина тока, пропускаемого через ванну, должна соответствовать величине покрываемой поверхности. Для равномерного покрытия предмета его помещают между двумя анодными пластинами. После покрытия предмет вынимают из ванны, сушат и полируют.

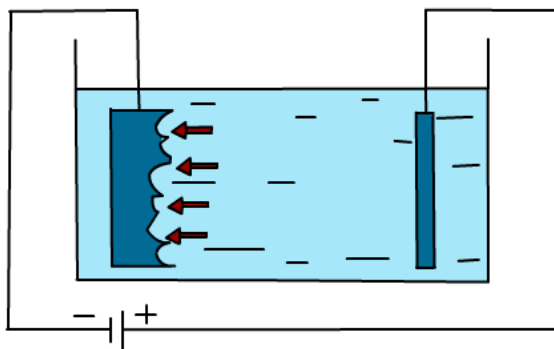
Осаждая металл на длинный цилиндр, получают трубы без шва.

Нанесенные электролизом покрытия получаются ровными по толщине, прочными. Так получают внешние детали автомобиля, бамперы, диски, колпаки колес.

Применяется специальное пористое покрытие хромом шеек валов, подшипников, цилиндров двигателей в тех местах, где требуется сохранение смазки, т.к. гладкая поверхность смазки не удерживает.

Некоторые детали двигателей внутреннего сгорания (подвергающиеся сильному трению, работающие при высокой температуре) кадмируют, что обеспечивает антикоррозионные свойства, придает поверхности высокую твердость и прочность.

Гальванопластика



Для получения копий с металлических предметов (монет, медалей, барельефов и т. п.) делают слепки из какого-нибудь пластичного материала (например, воска). Для придания слепку электропроводимости его покрывают графитовой пылью, погружают в ванну в качестве катода и получают на нем слой металла нужной толщины. Затем путем нагревания удаляют воск.

С помощью гальванопластики изготавливают

бюсты, статуи и т. д.

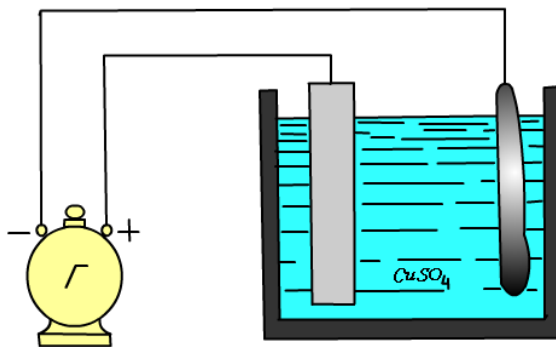
Гальванопластика используется для нанесения сравнительно толстых металлических покрытий на другие металлы (например, образование "накладного" слоя никеля, серебра, золота и т. д.).

Гальванопластика применяется для изготовления различного рода клише, пресс-форм для прессования изделий из пластмасс, полых толстостенных труб, тонких сит, различных полых деталей точных размеров и сложной формы, которые нельзя изготовить механически.

Таким же способом изготавливают электронные схемы, которые являются основой телевизора, компьютера, радиоприемника. Для того, чтобы сделать схему, необходимо спаять огромное множество контактов. Пайание не способствует точности, т.к. в местах пайки повышается электрическое сопротивление. Да и будет такая схема слишком громоздкой. Поэтому на специальную пластмассовую пластинку – плату – по заданному чертежу наносят электролизным путем тонкий слой металла, который в точности повторяет чертеж. Такая плата очень точна, компактна, имеет небольшую массу, что позволяет собирать миниатюрные компьютеры, телевизоры.

Рафинирование (очистка) меди.

В электротехнике благодаря хорошей электропроводимости наиболее широкое применение как проводниковый материал имеет медь.



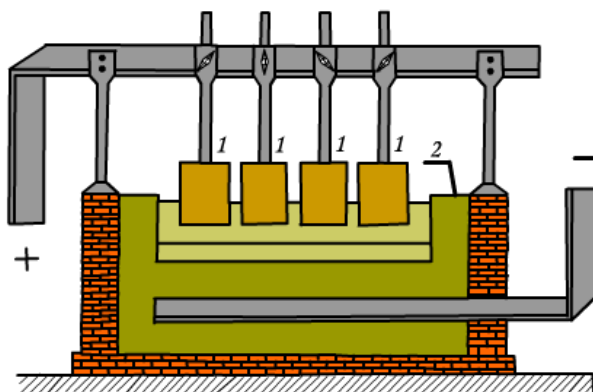
Медные руды, кроме меди, содержат много примесей, таких, как, например, железо, сера, сурьма, мышьяк, висмут, свинец, фосфор и т. п. Процесс получения меди из руды заключается в следующем. Руду измельчают и обжигают в особых печах, где некоторые примеси выгорают, а медь переходит в окись меди, которую снова плавят в печах вместе с углем. Происходит восстановительный процесс, и получают продукт, называемый

черной медью, с содержанием меди 98—99%. Медь, идущая на нужды электротехники, должна быть наиболее чистой, так как всякие примеси уменьшают электропроводимость меди. Такая медь получается из черной меди путем рафинирования ее электрическим способом.

Неочищенная медь подвешивается в качестве анода в ванну с раствором медного купороса. Катодом служит лист чистой меди. При пропускании через ванну электрического тока медь с анода переходит в раствор, а оттуда осаждается на катод. Электролитическая медь содержит до 99,95% меди.

Медь в электротехнике применяется для изготовлений голых и изолированных проводов, кабелей, обмоток электрических машин и трансформаторов, медных полос, лент, коллекторных пластин, деталей машин и аппаратов.

Электрометаллургия.

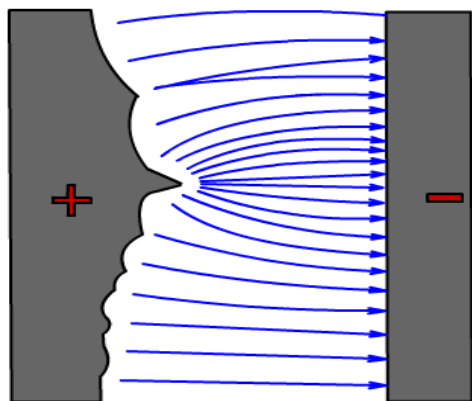


Явление электролиза используется для получения алюминия, натрия, магния, бериллия и других металлов из соответствующих расплавленных руд.

Между дном ванны и угольными электродами зажигают электрическую дугу, в которой температура превосходит 2500К. В пламени дуги руда плавится, и происходит электролитическая диссоциация молекул. Через образующийся диссоциированный раствор пропускают

электрический ток, в результате чего на дне ванны будут оседать молекулы металла. Расплавленный металл стекает по наклонному дну ванны в специальные ковши.

Электролитическая полировка.



Количество вещества, осаждающегося на электроде или переходящего с электрода в раствор, пропорционально силе тока. Но у выступов, как мы знаем, напряженность поля больше, чем на плоских участках поверхности. Следовательно, в этих местах плотность тока больше, чем на плоских участках. Поэтому, если изделие с шероховатой поверхностью погрузить в качестве анода в электролитическую ванну с соответствующим образом подобранным электролитом, то с выступов металл будет переходить в раствор с большей скоростью, чем из впадин, и шероховатости будут

сглаживаться. На этом принципе основывается электрополировка металлов, а также электрозаточка инструментов.

Электрофорез

Электрофорез – это использование явлений электролиза для ввода лекарств через кожу. Electrodes, представляющие собой гибкие металлические пластины, накладываются на тело. Между телом и электродом прокладывается фланель, бязь, обезжиренная кипячением, иногда просто фильтровальная бумага.



Прокладка пропитывается лекарственным раствором, электроды подключаются к источнику постоянного электрического тока, и процесс ввода лекарств начинается. Материалом электрода может служить платина, золото, серебро, латунь, алюминий, свинец.

Выбор металла обусловлен составом лекарственного соединения: входящие в него вещества должны быть инертны по отношению к данному металлу. Наиболее часто применяют листовой свинец: он легко принимает форму поверхности, его можно резать ножницами, придавая пластинке любую форму. Под влиянием приложенного напряжения ионы начинают перемещаться по телу человека. Таким образом, через кожу вводятся в организм человека антибиотики, йодистые препараты, другие сложные лекарственные соединения. С током лимфы и крови они разносятся по всему организму.

Практическая работа № 22 «Аккумуляторы»

Задание: Заполнить таблицу «Аккумуляторы»

Вид аккумулятора	Устройство	Применение

Аккумуляторы

Гальванические элементы могут работать до тех пор, пока не будет полностью израсходована заключенная в них химическая энергия. Иногда пользуются такими гальваническими элементами, в которых необходимая для их действия химическая энергия возобновляется посредством электролиза. Такие элементы называются аккумуляторами, а процессы накопления в них энергии посредством электролиза –

зарядкой аккумулятора. При зарядке аккумуляторов через них пропускают ток от какого-нибудь постороннего источника в направлении, противоположном направлению тока, который они дают.

В технике применяют аккумуляторы двух типов. Кислотные аккумуляторы состоят из свинцовых пластин, опущенных в раствор серной кислоты. Отрицательные пластины делаются из чистого свинца с сильно разрыхленной поверхностью (губчатый свинец), положительные пластины покрыты пероксидом свинца. При разрядке аккумулятора обе пластины постепенно покрываются серноокислым свинцом. При зарядке аккумулятора различие в составе положительных и отрицательных пластин восстанавливается электролизом. ЭДС кислотного аккумулятора составляет 2 В.

Щелочные аккумуляторы состоят из пластин никелевой стали, снабженных карманами. В карманы закладывается оксид никеля (положительная пластина) и оксид железа. (отрицательная пластина). Электролитом служит раствор едкого кали. ЭДС щелочного аккумулятора составляет около 1,4 В. Щелочные аккумуляторы удобнее и легче кислотных, не выделяют вредных паров и газов, не портятся при кратковременном коротком замыкании.

Коэффициентом полезного действия аккумулятора называют число, показывающее, какую часть энергии, затраченную при зарядке, он отдает при разрядке. КПД кислотного аккумулятора порядка 80%, щелочного – 60%.

Каждый аккумулятор характеризуется емкостью. Емкость аккумулятора измеряется величиной заряда, который может дать заряженный аккумулятор при разрядке.

Емкость аккумулятора выражают не в кулонных, а в особых единицах, называемых ампер-часами.

Ампер-час – это электрический заряд, доставляемый током силой 1 А в течение 1 ч: $1\text{А}\cdot\text{ч}=3600\text{ Кл}$.

Аккумуляторы являются необходимой принадлежностью автомобилей, самолетов, поездов в электрическом освещении, подводных лодок и т. п.

Гальванические элементы широко используются в малогабаритных радиоприемниках и телевизорах, телефонии, телеграфии.

Практическая работа № 23 «Применение газовых разрядов»

Задание: Заполнить таблицу «Применение газовых разрядов».

Название разряда	Возникновение разряда	Применение разряда

Применение газовых разрядов

Тлеющий разряд.

Тлеющий разряд происходит при низкой температуре катода и пониженном (по сравнению с атмосферным) давлении газа.

Этот разряд используется в светящихся трубках рекламы, в лампах дневного света.

На основе тлеющего разряда устроены следующие типы ламп:

1. Сигнальные лампы, используемые в качестве индикаторов тока и напряжения.
2. Лампы для сигнализации в железнодорожной и противопожарной технике, в технике связи.
3. Лампы для иллюминационного и рекламного освещения.
4. Лампы для телевидения и фотозаписи.
5. В газовом лазере.

Дуговой разряд.

Дуговой разряд происходит при атмосферном давлении и характеризуется (в большинстве случаев) высокой температурой электродов, хорошей электрической проводимостью газа, большими значениями силы тока.

В простейшем случае дуговой разряд происходит между угольными электродами, подключенными к источнику тока, приведенными в соприкосновение, а потом разведенными на некоторое расстояние. Дуговой разряд выглядит как яркий светящийся шнур или жгут (дуга), сопровождается ультрафиолетовым излучением.

Дуговой разряд используется при электросварке металлов (как сварочная дуга), а также в прожекторах и проекционной аппаратуре как мощный источник света.

В режиме «холодного» дугового разряда в парах ртути работают лампы дневного света (люминесцентные лампы). Ультрафиолетовое излучение, возникающее при разряде, преобразуется в видимый свет с помощью люминофора, нанесенного на внутреннюю поверхность баллона лампы.

Искровой разряд.

Искровой разряд происходит между двумя противоположно наэлектризованными телами. Примером искрового разряда служит молния.

Коронный разряд.

Коронный разряд возникает при высоком напряжении в резко неоднородном электрическом поле вблизи электродов с большой кривизной поверхности (острия, провода). Этот разряд имеет вид светящегося ореола – короны, отсюда и его название.

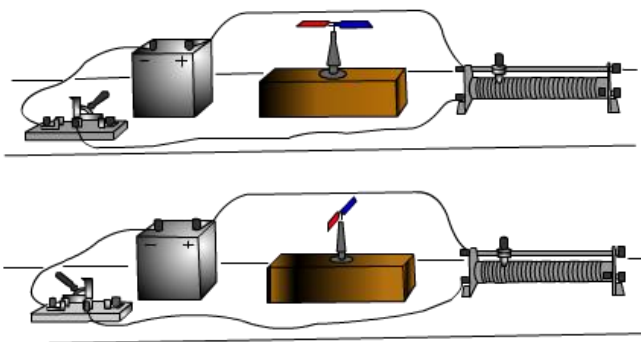
Коронный разряд применяется в электрофильтрах. Ионизированный газ движется по трубе фильтра. Ионы оседают на частицах дыма, и те, двигаясь в электрическом поле разряда к внешнему цилиндру, оседают на нем. Существуют высокоэффективные фильтры, обеспечивающие очистку дымовых газов на 99%.

Тема 3.4 Магнитное поле

Практическая работа № 24 «Опыты, доказывающие существование магнитного поля вокруг движущихся зарядов»

Задание: Заполнить таблицу «Опыты, доказывающие существование магнитного поля вокруг движущихся зарядов» и подготовить устный ответ.

Опыт	Схема установки	Ход опыта	Результат



Опыт Эрстеда.

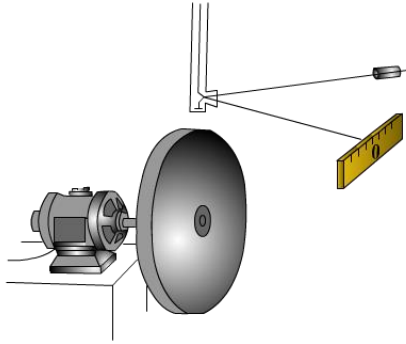
В 1820г. датский физик Х.К. Эрстед обнаружил, что магнитная стрелка, расположенная параллельно прямолинейному проводнику, поворачивается и располагается перпендикулярно проводнику, если по нему пропускать электрический ток.

Опыт Эрстеда указал на наличие связи между электрическими и магнитными явлениями, которые

ранее считались не связанными друг с другом.

Пока цепь в опыте Эрстеда не замкнута, магнитного поля нет, хотя проводник наэлектризован и на нем находятся электрические заряды. При замыкании цепи электрические заряды приходят в упорядоченное движение. Вдоль провода и вокруг него обнаруживается магнитное поле. Можно высказать предположение, что магнитное поле связано с движущимися электрическими зарядами.

Опыт Эйхенвальда.

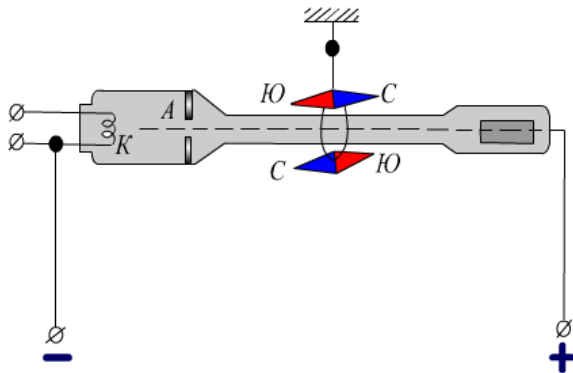


В 1901г профессор Московского инженерного училища А.А. Эйхенвальд проделал опыт, подтвердивший, что магнитное поле связано с движущимися электрическими зарядами. Диск из очень хорошего изолятора укреплен на оси двигателя. На окружности диска закреплен металлический обод, который электризовали. Над диском в медном корпусе помещали намагниченную стрелку, подвешенную на нити. Медный корпус экранировал магнитную стрелку от электростатического поля заряженного диска и от

движения воздуха, вызванного вращением диска. К нити было прикреплено легкое зеркало. На это зеркало направляли узкий пучок света, который после отражения падал на шкалу.

При быстром вращении диска магнитная стрелка отклонялась, поворачивая зеркало. Световой луч, отраженный от зеркала, смещался по шкале, что свидетельствовало о наличии вокруг движущегося наэлектризованного кольца магнитного поля. Таким образом, опыт Эйхенвальда подтвердил, что магнитное поле связано с движущимися электрическими зарядами.

Опыт Иоффе.



В 1911г А.Ф. Иоффе проделал опыт по обнаружению магнитного поля у движущихся электронов. Над и под трубкой, в которой может быть получен пучок электронов, находились две одинаковые, но противоположно направленные магнитные стрелки, укрепленные на общем кольце, подвешенном на упругой нити. Такое расположение стрелок позволило уравновесить чувствительность этой системы к действию магнитного поля электронного пучка.

При включении тока магнитное поле электронного пучка вызывало поворот магнитных стрелок в ожидавшемся направлении. Поворот стрелок регистрировался по отклонению светового «зайчика», отбрасываемого на шкалу зеркалом. Таким образом, опыт Иоффе подтвердил, что магнитное поле связано с движущимися электрическими зарядами.

Практическая работа № 25 «Сила Ампера»

Задание: Используя формулу для вычисления силы Ампера, вычислить искомую величину.

Тема: Сила Ампера.					
№	Магнитная индукция,	Сила тока, А	Длина проводника,	Угол между \mathbf{B} и \mathbf{I}	Сила Ампера, Н
1	3 мТл	0,1 А	12 см	30°	?
2	?	0,2 А	13 см	60°	23 мкН
3	5 мТл	?	10 см	90°	22 мкН
4	8 мТл	0,5 А	?	45°	54 мкН
5	4 мТл	0,6 А	14 см	?	240 мкН
6	7 мТл	0,3 А	11 см	90°	?
7	?	0,1 А	15 см	45°	21 мкН
8	9 мТл	?	16 см	30°	210 мкН
9	5 мТл	0,3 А	?	60°	43 мкН

10	1 мТл	0,7 А	18 см	?	30мкН
11	6мТл	0,2А	19 см	90 ⁰	?
12	?	0,9 А	12 см	60 ⁰	120мкН
13	12 мТл	?	11 см	30 ⁰	320мкН
14	5 мТл	0,2 А	?	45 ⁰	620мкН
15	13 мТл	0,8 А	13 см	?	200мкН
16	2мТл	2А	15 см	30 ⁰	?

Контрольные вопросы:

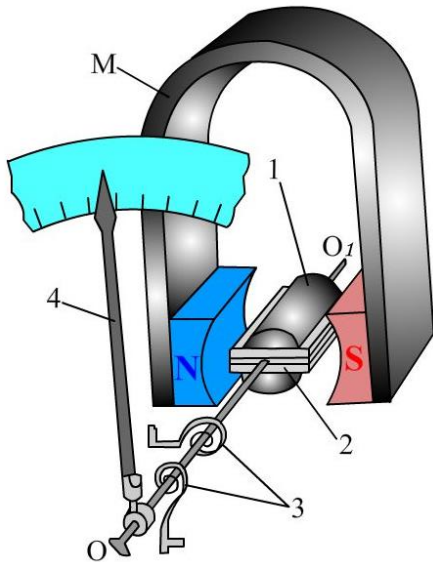
1. Назвать силовые характеристики магнитного поля.
2. Дать определение вектора магнитной индукции.
3. Сформулировать правило левой руки.

Практическая работа № 26 «Электроизмерительные приборы»

Задание: Заполнить таблицу «Электроизмерительные приборы» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Электроизмерительные приборы.



Ориентирующее действие магнитного поля на контур с током используют в электроизмерительных приборах магнитоэлектрической системы – амперметрах и вольтметрах.

Измерительный прибор магнитоэлектрической системы устроен следующим образом. На легкую алюминиевую рамку 2 прямоугольной формы с прикрепленной к ней стрелкой 4 намотана катушка. Рамка укреплена на двух полуосях OO_1 . В положении равновесия ее удерживают две тонкие спиральные пружины 3. Силы упругости со стороны пружин, возвращающие катушку в положение равновесия, пропорциональны углу отклонения стрелки от положения равновесия. Катушку помещают между полюсами постоянного магнита М с наконечниками специальной формы. Внутри катушки расположен цилиндр 1 из железа. Такая конструкция обеспечивает радиальное направление линий магнитной индукции в той области, где находятся витки катушки. В результате при любом положении катушки силы, действующие на нее со стороны магнитного поля, максимальны и при неизменной силе тока постоянны. Векторы F и $-F$ изображают силы, действующие на катушку со стороны магнитного поля и поворачивающие ее. Катушка с током поворачивается до тех пор, пока силы упругости со стороны пружин не уравновесят силы, действующие на рамку со стороны магнитного поля. Увеличивая силу тока в 2 раза, мы обнаружим, что стрелка поворачивается на угол вдвое больший, и т. д. Это происходит потому, что силы, действующие на катушку со стороны магнитного поля, прямопропорциональны силе тока: $F_m \sim I$. Благодаря этому можно определить силу тока по углу поворота катушки, если градуировать прибор. Для этого надо установить, каким углам поворота стрелки соответствуют известные значения силы тока.

Такой же прибор может измерять и напряжение. Для этого нужно градуировать прибор так, чтобы угол поворота стрелки соответствовал определенным значениям напряжения. Кроме того, сопротивление вольтметра должно быть во много раз больше сопротивления амперметра.

Практическая работа № 27 «Сила Лоренца»

Задание: Используя формулу для расчета силы Лоренца, вычислить искомую величину.

Тема: Сила Лоренца.						
№	Радиус	Магнитная индукция	Заряд	Скорость	Угол между В и I	Сила Лоренца
1	?	0,3Тл	Электрон	1,2 Мм/с	30 ⁰	?
2	?	?	Протон	1,3 Мм/с	60 ⁰	0,3 · 10 ⁻¹² (Н)
3	?	0,5 Тл	Протон	?	90 ⁰	0,2 · 10 ⁻¹² (Н)
4	?	?	Электрон	3 Мм/с	45 ⁰	0,4 · 10 ⁻¹² (Н)
5	?	0,4 Тл	Протон	5 Мм/с	90 ⁰	?
6	?	0,7 Тл	Электрон	?	90 ⁰	1,4 · 10 ⁻¹² (Н)
7	?	?	Протон	1,6 Мм/с	45 ⁰	0,1 · 10 ⁻¹² (Н)
8	?	0,9 Тл	Протон	1,8 Мм/с	30 ⁰	?
9	?	?	Электрон	1,4 Мм/с	60 ⁰	0,3 · 10 ⁻¹² (Н)
10	?	0,1 Тл	Протон	?	45 ⁰	0,4 · 10 ⁻¹² (Н)
11	?	0,6 Тл	Электрон	1,3 Мм/с	90 ⁰	?
12	?	?	Протон	1,9 Мм/с	60 ⁰	1,2 · 10 ⁻¹² (Н)
13	?	0,2 Тл	Протон	?	30 ⁰	0,2 · 10 ⁻¹² (Н)
14	?	0,5 Тл	Электрон	1 Мм/с	45 ⁰	?
15	?	0,3 Тл	Протон	?	60 ⁰	0,4 · 10 ⁻¹² (Н)
16	?	0,2 Тл	Электрон	0,7 Мм/с	30 ⁰	?

Контрольные вопросы:

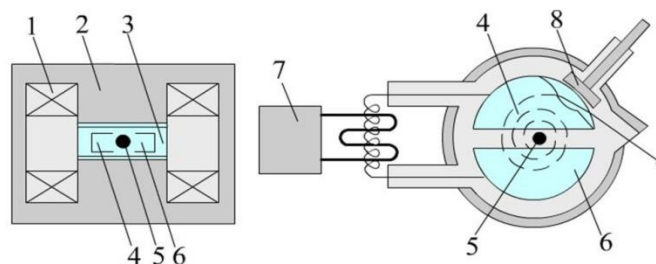
1. По какой траектории движется заряд в магнитном поле?
2. Сформулировать правило левой руки.

Практическая работа № 29 «Циклотрон»

Задание: Заполнить таблицу «Циклотрон» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство прибора	Принцип действия	Применение

Циклотрон



Структуру атомных ядер исследуют, бомбардируя их частицами, имеющими большую энергию, т. е. летящими с большой скоростью. Для получения таких частиц в лабораторных условиях используют ускорители частиц различных видов, одним из которых является циклический ускоритель (циклотрон).

В циклотроне заряженная частица движется между полюсами электромагнита, многократно проходя через электрическое поле. При этом каждый раз ее энергия возрастает. Управление движением частицы производится с помощью поперечного магнитного поля.

На заряженную частицу в магнитном поле действует сила Лоренца, в результате частица движется по окружности. Радиус окружности увеличивается по мере увеличения скорости.

На рисунке показан вид сбоку и вид сверху. Между полюсами электромагнита, состоящего из магнита 2 и обмоток 1, помещают два металлических электрода 4 и 6, на которые подается высокое напряжение от высокочастотного генератора 7. Электроды называются дуантами из-за сходства их формы с латинской буквой D. Вблизи центра магнита в промежутке между дуантами располагается источник заряженных частиц (ионов). Вся система из электродов и ионного источника помещена в вакуумную камеру 3, разрежение в которой достигает 10^{-5} мм рт.ст.

Частота изменения электрического поля подбирается так, чтобы к моменту подлета иона, вылетевшего из источника 5, к зазору между дуантами там существовала ускоряющая разность потенциалов. Внутри дуантов электрическое поле отсутствует, и там ион движется по дуге постоянного радиуса, соответствующего энергии иона. В промежутках между дуантами энергия иона увеличивается, увеличивается и радиус следующего полувитка в дуанте. Ионы движутся по спирали, приближаясь к краю полюса магнита. Пучок ускоренных положительных ионов выводят из циклотрона с помощью отклоняющего электрода 8, на который подается высокий отрицательный потенциал. Проходя мимо него, пучок изменяет свою траекторию и через окошко, закрытое тонкой фольгой, выходят из камеры.

Циклотрон используется в качестве ускорителя тяжелых частиц – протонов и многозарядных положительных ионов.

Практическая работа № 29 «Виды ферромагнетиков и их применение»

Задание: Заполнить таблицу «Виды ферромагнетиков и их применение»

Вид ферромагнетика	Характеристика	Ферромагнитные материалы	Применение

Виды ферромагнетиков и их применение.

Ферромагнитные вещества находят широкое применение в технике. Генераторы и электродвигатели, трансформаторы и электромагнитные реле, электронно-вычислительные машины и космические аппараты, электроизмерительные приборы и электромагниты, телевизоры и радиоприемники, громкоговорители и телефоны – вот далеко не полный перечень знакомых вам устройств, в которых используются ферромагнитные материалы.

Ферромагнитные материалы делятся на две большие группы: на *магнитомягкие* и *магнитожесткие* материалы. *Магнитомягкие* ферромагнитные материалы почти полностью теряют намагниченность, когда их выносят из магнитного поля. Магнитомягкими материалами являются чистое железо, электрохимическая сталь, пермаллой. Магнитомягкие материалы применяются в тех приборах, аппаратах и машинах, в которых происходит непрерывное их перемагничивание (трансформаторы, электродвигатели и генераторы переменного тока и т. д.)

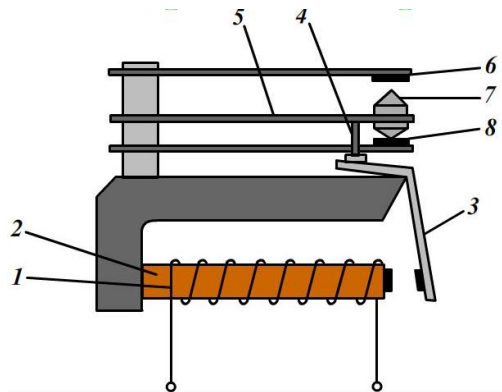
Магнитожесткие материалы сохраняют в значительной степени свою намагниченность и после их удаления из магнитного поля. Используются в тех аппаратах, в которых требуется сохранить намагниченность. Используют в качестве постоянных магнитов в электроизмерительных приборах, громкоговорителях, компасах. Магнитожесткими материалами являются углеродистая сталь, хромистая сталь и специальные сплавы.

Практическая работа № 30 «Электромагнитное реле»

Задание: Заполнить таблицу «Электромагнитное реле» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Электромагнитное реле



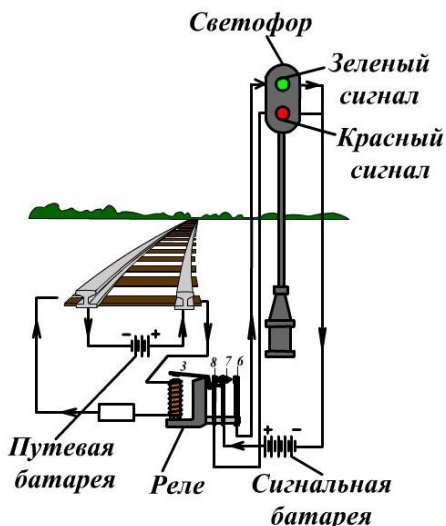
При протекании тока по цепи управления в катушке (соленоиде) реле возникает магнитное поле. Катушка **1** надета на железный сердечник **2**, имеющий П-образную форму. При пропускании по катушке электрического тока сердечник намагничивается и притягивает стальной якорь **3**, изготовленный в виде угольника, способного поворачиваться вокруг оси, которая проходит через его вершину. Когда якорь притягивается, упорный штифт **4**, укрепленный на конце угольника, нажимает на пружинящую пластину **5**, замыкая контакты **6** и **7** исполнительной цепи. При отсутствии тока в катушке сила упругости контактной пружины удерживает якорь в непритянутом состоянии; контакты **6** и **7** остаются разомкнутыми, но зато замкнуты контакты **7** и **8**.

Реле очень широко применяются в современной технике. Они являются обязательным элементом почти любой автоматической системы.

Практическая работа № 31 «Реле в системе автоблокировки на железной дороге»

Задание: Заполнить таблицу «Реле в системе автоблокировки на железной дороге» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Реле в системе автоблокировки на железной дороге

По этой системе перегоны от станции до станции делятся на блок-участки длиной от одного до трех километров. Внутри блок-участка рельсы в стыках соединены между собой, образуя электрическую цепь; каждый участок электрически изолирован от соседнего и огражден светофорами.

Пока на блок-участке нет поезда, электрический ток от специальной путевой батареи идет по проводу к рельсу, проходит по нему к катушке реле и затем через второй рельс возвращается к путевой батарее. Контактная группа **6** и **7** электромагнитного реле при этом замкнута, а значит оказывается замкнутой и исполнительная цепь, включающая сигнальную батарею и подсоединенную к ней лампу зеленого сигнала светофора: путь свободен.

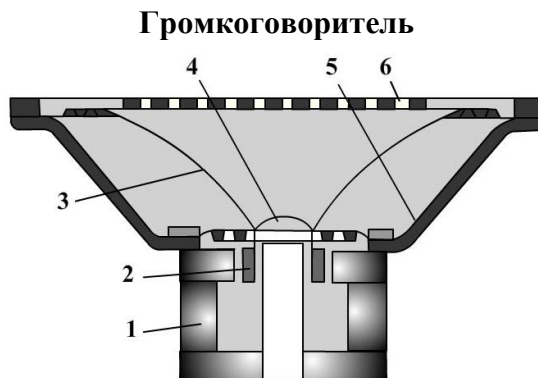
Когда первая колесная пара приближающегося поезда пересекает границу нашего блок-участка, ток путевой батареи тут же начнет течь от одного рельса к другому прямо через колесную пару, минуя катушку реле. Магнитное поле катушки исчезнет и реле отпустит якорь **3**, который разомкнет цепь зеленого сигнала светофора, но зато замкнет контакты **7** и **8** цепи красного сигнала. В данной схеме реле «позволяет» гореть красному

сигналу до той поры, пока поезд не покинет блок-участок, и ток вновь не потечет через катушку.

Практическая работа № 32 «Громкоговоритель»

Задание: Заполнить таблицу «Громкоговоритель» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



В зазоре сильного кольцевого магнита **1**, изготовленного из магнитожесткого сплава, находится легкая однослойная катушка **2**, намотанная на легкий (обычно бумажный) каркас. Каркас катушки соединен с диффузором **3**, представляющим собой слегка усеченный конус из бумаги или пластика. Место соединения диффузора с каркасом катушки прикрыто выпуклым колпачком **4**, который защищает зазор магнита от попадания пыли и увеличивает жесткость диффузора. Свободные края диффузора соединены с корпусом громкоговорителя **5**, а поверхность диффузора прикрыта решеткой **6**.

К катушке через гибкие проводники подводится электрический ток звуковой частоты, на который магнитное поле действует с силой, частота которой равна частоте тока. В результате катушка, а вместе с ней и диффузор, приходит в колебательное движение со звуковой частотой.

Прибор служит для воспроизведения звука.

Тема 3.5 Электромагнитная индукция

Практическая работа № 33 «Магнитный поток»

Задание: Используя формулу для расчета магнитного потока, вычислить искомую величину.

Тема: Магнитный поток				
№	Магнитный поток, Вб	Магнитная индукция, Тл	Площадь контура, м ²	Угол между В и n
1	?	0,32 Тл	50,3 см ²	0 ⁰
2	2,3 мВб	?	46,4 см ²	30 ⁰
3	3,6 мВб	0,42Тл	?	45 ⁰
4	1,5 мВб	0,86 Тл	43,2 см ²	?
5	?	0,53 Тл	53,9 см ²	30 ⁰
6	3,5 мВб	?	42,7 см ²	45 ⁰
7	2,6 мВб	0,26 Тл	?	0 ⁰
8	1,3 мВб	0,53 Тл	53,2см ²	?
9	?	0,43 Тл	52,7 см ²	0 ⁰
10	4,5 мВб	?	44,5 см ²	30 ⁰
11	6,6 мВб	0,46 Тл	?	45 ⁰

12	1,3 мВб	0,63 Тл	63,5см ²	?
13	?	0,35Тл	56,2см ²	0 ⁰
14	5,5 мВб	?	45,7 см ²	30 ⁰
15	1,6 мВб	0,42 Тл	?	45 ⁰
16	1,2 мВб	0,76 Тл	73,5см ²	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение явления электромагнитной индукции.
2. Сформулировать правило Ленца.

Практическая работа № 34 «Закон электромагнитной индукции»

Задание: Вычислить искомую величину, используя закон электромагнитной индукции.

Тема: Закон электромагнитной индукции.

№	Изменение магнитного потока	Интервал времени	Число витков	ЭДС индукции
1	-2мВб	5мс	100	?
2	-4мВб	3мс	?	26,7В
3	-3мВб	?	200	120В
4	?	6мс	500	12В
5	-1мВб	6мс	100	?
6	-3,5мВб	2,1мс	?	27,5В
7	-2,5мВб	?	300	150В
8	?	5,2мс	700	22В
9	-2,4мВб	4,8мс	150	?
10	-4,2мВб	3,8мс	?	28,5В
11	-3,7мВб	?	250	140В
12	?	6,3мс	450	32В
13	-2,3мВб	5,1мс	180	?
14	-4,2мВб	3,2мс	?	26,9В
15	-3,9мВб	?	220	132В
16	?	6,6мс	520	42В

Контрольные вопросы:

1. Дать определение явления электромагнитной индукции.
2. Сформулировать закон электромагнитной индукции.

Практическая работа № 35 «ЭДС индукции в движущихся проводниках»

Задание: Используя формулу для расчета ЭДС индукции в движущихся проводниках, вычислить искомую величину.

Тема: ЭДС индукции в движущихся проводниках.

№	Магнитная индукция,	Скорость	Длина проводника,	Угол между В и I	ЭДС индукции
1	13Тл	6,4 км/ч	1,2 м	30 ⁰	?
2	?	3,4 км/ч	1,3 м	60 ⁰	32 В
3	15 Тл	?	1м	90 ⁰	12 В
4	8 Тл	5,5 км/ч	?	45 ⁰	15 В
5	14 Тл	7,5 км/ч	1,4 м	?	16 В
6	7 Тл	8,8 км/ч	1,1 м	90 ⁰	?
7	?	2,4 км/ч	1,5 м	45 ⁰	13 В
8	9 Тл	?	1,6 м	30 ⁰	12 В
9	5 Тл	9,8 км/ч	?	60 ⁰	10 В

10	10 Тл	6,6 км/ч	1,8 м	?	13 В
11	6 Тл	1,3 км/ч	1,9 м	90 ⁰	?
12	?	4,6 км/ч	1,2 м	60 ⁰	15 В
13	12 Тл	?	1,1 м	30 ⁰	21 В
14	15 Тл	7,4 км/ч	?	45 ⁰	16 В
15	13 Тл	8,7 км/ч	1,3 м	?	11 В
16	12Тл	3,8 км/ч	1,5 м	30 ⁰	?

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит ЭДС индукции, возникающая в проводниках, движущихся в магнитном поле?
2. Записать формулу для расчета ЭДС индукции в движущихся проводниках.

Практическая работа № 36 «ЭДС самоиндукции»

Задание: Используя формулу для расчета ЭДС самоиндукции, вычислить искомую величину.

Тема: ЭДС самоиндукция

№	ЭДС	Число витков N	Индуктивность L	Изменение силы тока ΔI	Интервал времени Δt
1	?	100	2,2 мГн	0,1 А	1,2 мс
2	22 В	?	4,2 мГн	0,4 А	1,7 мс
3	24 В	150	?	0,3 А	1,3 мс
4	21 В	130	2,6 мГн	?	1,5 мс
5	32 В	250	2,7 мГн	0,5 А	?
6	?	125	2,3 мГн	0,4 А	1,6 мс
7	23 В	?	4,4 мГн	0,2 А	1,3 мс
8	28 В	250	?	0,5 А	1,8 мс
9	25 В	140	2,8 мГн	?	1,4 мс
10	31 В	220	2,5 мГн	0,1 А	?
11	?	140	2,3 мГн	0,5 А	1,5 мс
12	24 В	?	4,6 мГн	0,8 А	1,9 мс
13	26 В	350	?	0,9 А	1,8 мс
14	29 В	230	2,9 мГн	?	1,1 мс
15	36 В	230	2,6 мГн	0,2 А	?
16	?	160	2,7 мГн	0,7 А	1,5 мс

Контрольные вопросы:

1. Дать определение самоиндукции.
2. От чего зависит индуктивность?
3. Сформулировать физический смысл индуктивности.

Практическая работа № 37 «Магнитная дефектоскопия»

Задание: Заполнить таблицу «Магнитная дефектоскопия»

Вид дефектоскопии	Технология использования	Выявление дефектов

Магнитная дефектоскопия

Внешнее поле намагничивающее ферромагнетик, может быть обусловлено различными причинами. Так, магнитное поле Земли действует на стальные рельсы железнодорожного полотна, и они намагничиваются – это «естественная» причина. Но образец можно

намагнитить и специально, поднеся к нему другой магнит. При этом окажется, что его области «отреагируют» на внешнее поле неодинаково. Например, если в образце есть трещины, раковины, то вблизи этих областей и остаточная индукция будет не той, что в его однородной части. Нанесем на поверхность такого образца опилки – и они соберутся у трещин, сигнализируя нам о наличии дефекта. *Магнитная дефектоскопия* очень широко применяется на железнодорожном транспорте. Специальные установки – дефектоскопы позволяют выявить трещины не только вблизи поверхности стальных деталей: шеек осей колесных пар, элементов подшипников, зубьев зубчатых колес и т. д., они дают возможность «заглянуть» на глубину до 10 мм.

Нужно отметить, что на транспорте используется еще один метод дефектоскопии, в основе которого тоже лежат электромагнитные явления – *индукционный метод*. Для скоростного контроля рельсов в специальных вагонах – дефектоскопах размещают приемную катушку индуктивности, которая перемещается вместе с вагоном. Если объект контроля намагничен, то в катушке наводится ЭДС индукции, по величине которой можно судить о наличии в рельсе дефектов.

Практическая работа № 38 «Энергия магнитного поля»

Задание: Используя формулу для расчета энергии магнитного поля, вычислить искомую величину.

Тема: Энергия магнитного поля				
№	Индуктивность L	Сила тока I	Магнитный поток Φ	Энергия магнитного поля W
1	5,3 мГн	1,3 А	?	?
2	?	1,6 А	5,6 мВб	?
3	5,2 мГн	1,2 А	?	?
4	4,7 мГн	?	?	2,7 мДж
5	?	1,8 А	?	3,4 мДж
6	?	1,1 А	6,2 мВб	?
7	5,6 мГн	1,4 А	?	?
8	?	1,8 А	5,9 мВб	?
9	5,7 мГн	1,5 А	?	?
10	4,9 мГн	?	?	2,8 мДж
11	?	1,3 А	?	3,1 мДж
12	?	1,2 А	6,5 мВб	?
13	5,4 мГн	1,4 А	?	?
14	?	1,5 А	5,8 мВб	?
15	5,8 мГн	1,1 А	?	?
16	4,2 мГн	?	?	2,3 мДж

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать физический смысл индуктивности.
2. Записать формулу для расчета энергии магнитного поля.

Тема 3.6 Электромагнитные колебания и волны

Практическая работа № 39 «Колебательный контур»

Задание: Вычислить искомую величину, используя формулу Томсона.

Тема: Колебательный контур.				
№	Емкость	Индуктивность	Период	Частота

1	2,1мкФ	3,6мГн	?	?
2	?	2,4мГн	560мкс	?
3	3,1мкФ	?	554мкс	?
4	?	3,2мГн	?	1,6кГц
5	2,3мкФ	?	?	1,8кГц
6	2,4мкФ	3,2мГн	?	?
7	?	2,6мГн	520мкс	?
8	3,3мкФ	?	523мкс	?
9	?	3,4мГн	?	1,7кГц
10	2,3мкФ	?	?	1,5кГц
11	2,7мкФ	3,4мГн	?	?
12	?	2,6мГн	545мкс	?
13	3,5мкФ	?	534мкс	?
14	?	3,1мГн	?	1,8кГц
15	2,6мкФ	?	?	1,3кГц
16	2,5мкФ	3,3мГн	?	?

Контрольные вопросы:

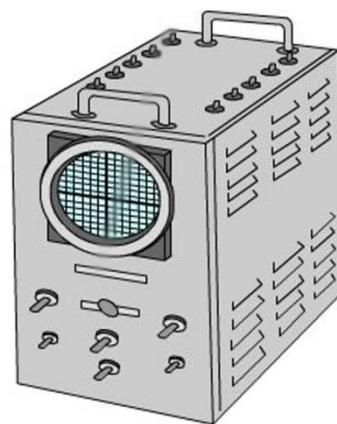
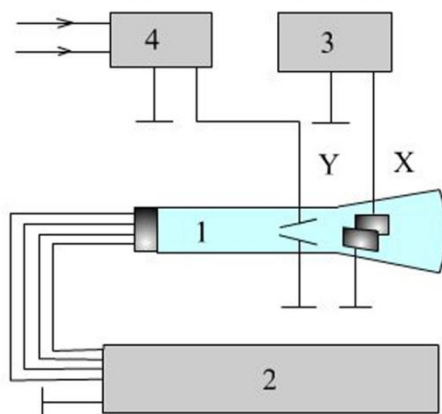
1. Дать определение электрических колебаний.
2. Что представляет собой колебательный контур?

Практическая работа № 40 «Электронный осциллограф»

Задание: Заполнить таблицу «Электронный осциллограф» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Электронный осциллограф



Электронный осциллограф служит для изучения быстро протекающих процессов. Электронные осциллографы широко используются современной наукой и техникой.

Основной частью электронного осциллографа является электронно-лучевая трубка 1. Для питания трубки и других блоков осциллографа служит блок питания 2.

На пластины горизонтального отклонения электронного луча подается напряжение горизонтальной развертки луча пилообразной формы от специального генератора 3. Под действием пилообразного напряжения электронный луч (и светящееся пятно на экране трубки) равномерно перемещается слева направо, а затем скачком возвращается в крайнее левое положение. Это движение периодически повторяется, и на экране видна светлая горизонтальная линия.

На пластины вертикального отклонения подается исследуемый сигнал. Поэтому траектория луча по экрану представляет собой временной график сигнала. Луч

постепенно и почти равномерно движется по экрану слева направо (прямой ход), а затем быстро возвращается в исходное положение в левый край экрана (обратный ход); затем он снова начинает перемещаться вправо. Если частота пилообразного напряжения горизонтальной развертки луча равно частоте повторения изучаемого сигнала, то в течении каждого периода развертки картина на экране в точности повторяется и поэтому наблюдается как постоянно существующая. Изучаемый сигнал может быть предварительно усилен. Для этого в осциллографе имеется специальный усилитель 4 входного сигнала.

Практическая работа № 41 «Индуктивное и емкостное сопротивление»

Задание: Вычислить искомую величину, используя формулы для расчета индуктивного и емкостного сопротивления.

Тема: Индуктивное и емкостное сопротивление.					
№	Частота	Емкость	Индуктивность	Индуктивное сопротивление	Емкостное сопротивление
1	50Гц	6мкФ	2мГн	?	?
2	50Гц	3мкФ	?	31,4 Ом	?
3	50Гц	?	4мГн	?	796 Ом
4	?	2мкФ	?	35 Ом	1592 Ом
5	?	?	5мГн	1,57 Ом	637 Ом
6	50Гц	6,2мкФ	2,3мГн	?	?
7	50Гц	3,2мкФ	?	30,4 Ом	?
8	50Гц	?	4,3мГн	?	787 Ом
9	?	2,1мкФ	?	35,2 Ом	1600 Ом
10	?	?	5,4мГн	2,57 Ом	642 Ом
11	50Гц	5,8мкФ	1,9мГн	?	?
12	50Гц	2,7мкФ	?	31,6 Ом	?
13	50Гц	?	3,9мГн	?	792 Ом
14	?	2,3мкФ	?	36,5 Ом	1487 Ом
15	?	?	5,1мГн	2 Ом	500 Ом
16	50Гц	5,8мкФ	2,5мГн	?	?

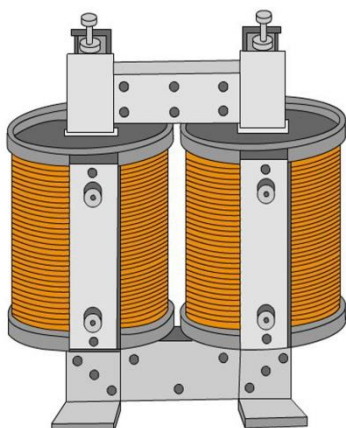
Контрольные вопросы:

1. Как ведут себя сила тока и напряжение в цепи переменного тока с конденсатором?
2. Как ведут себя сила тока и напряжение в цепи переменного тока с катушкой?

Практическая работа № 42 «Трансформатор»

Задание: Заполнить таблицу «Трансформатор» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Трансформатор.

Трансформатор представляет собой выполненный из мягкого ферромагнетика сердечник замкнутой формы, на котором находятся две обмотки: первичная и вторичная. Концы первичной обмотки, называемые входом трансформатора, подключаются к сети питающего переменного тока. Концы вторичной обмотки, называемые выходом трансформатора, подключаются к потребителю. Для того, чтобы магнитное поле не рассеивалось в пространстве,

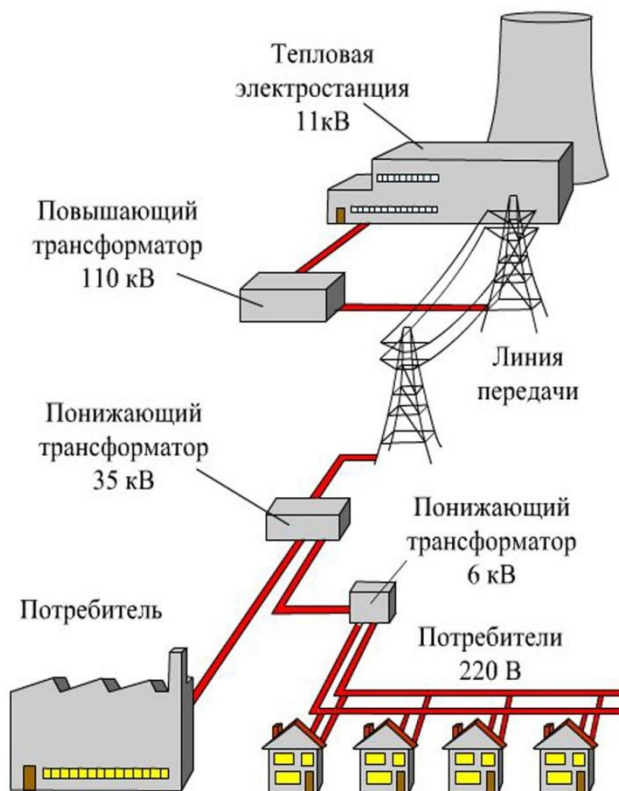
катушки надевают на ферромагнитный сердечник (магнитопровод). Для уменьшения потерь на вихревые токи магнитопровод собирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных друг от друга тонким слоем лака.

Работа трансформатора основана на явлении электромагнитной индукции. При подключении первичной обмотки трансформатора к сети переменного тока напряжением U_1 по обмотке протекает переменный ток i_1 , который создает в магнитопроводе переменный магнитный поток Φ . Этот магнитный поток, пронизывая витки первичной и вторичной обмоток, индуцирует в них переменные индукционные поля с электродвижущими силами e_1 и e_2 .

При работе трансформатора его обмотки нагреваются протекающими по ним токами. Вследствие перемагничивания и возникновения вихревых токов нагревается и магнитопровод. В трансформаторах небольшой мощности отвод выделяющейся теплоты происходит через кожух. Такие трансформаторы называют сухими. В мощных трансформаторах применяют масляное охлаждение. Магнитопровод с обмотками помещают в бак, заполненный трансформаторным маслом. Масло не только отводит тепло, но и является хорошим диэлектриком.

Трансформатор простой, надежный и экономичный электрический аппарат, его КПД достигает 99%.

Практическая работа № 43 «Передача электроэнергии»



Передача электроэнергии

Передавать ток низкого напряжения (100 – 200 В) на расстояние более 2 км из-за больших потерь в проводах невыгодно. Для уменьшения потерь необходимо увеличивать напряжение. Но ток высокого напряжения нельзя подводить в дома, на фабрики и заводы, так как прикосновение к проводу, находящемуся под высоким напряжением, опасно для жизни людей. Эта проблема может быть решена, если иметь устройство, которое могло бы ток высокого напряжения преобразовывать в ток низкого напряжения. Это устройство – трансформатор.

Схема передачи переменного тока на большие расстояния приведена на рисунке. Ток низкого напряжения, вырабатываемый электрогенератором, подается на трансформатор.

Трансформатор преобразует ток низкого в ток высокого напряжения, далее ток по линии электропередач поступает к месту

потребления электроэнергии. В месте потребления электроэнергии трансформаторы преобразуют ток высокого напряжения в ток низкого напряжения. После преобразования электроэнергия поступает к потребителю.

С потребителями электроэнергии электростанции связаны либо воздушными, либо кабельными линиями электропередач (ЛЭП). Воздушные линии электропередачи – это провода, подвешенные на изоляторах к стальным или железобетонным опорам.

В городах ток высокого напряжения передается по кабельным линиям электропередач, затем его распределяют по понижающим трансформаторным подстанциям.

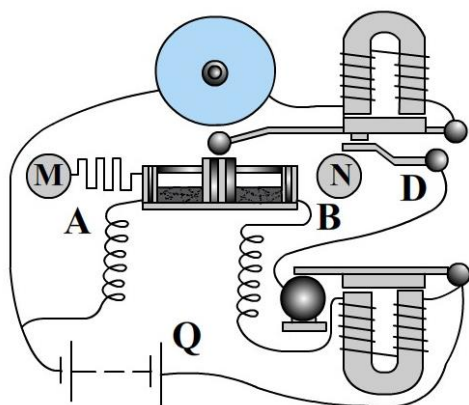
Перспективными являются кабельные линии передачи больших мощностей, расположенные в трубах, заполненных для уменьшения потерь жидким водородом (при температуре 20⁰С) или гелием (-269⁰С). При таких низких температурах сопротивление алюминиевых или медных кабельных проводов уменьшается в тысячи раз, пропорционально сопротивлению уменьшаются потери при передаче электроэнергии.

Практическая работа № 44 «Радио Попова»

Задание: Заполнить таблицу «Радио Попова» и подготовить устный ответ.

Название	Устройство	Принцип действия	Применение

Радио Попова



Идея использования электромагнитных волн для передачи сигналов на большие расстояния была впервые высказана в 1889 г. А.С. Поповым. Им же в 1895 г. Был построен и продемонстрирован в действии первый радиоприемник, основанный на релейной схеме: Ничтожно малая энергия электромагнитных волн с помощью специального устройства - когерера – использовалась для управления местным источником энергии (электробатарей), питающим регистрирующий аппарат (электрозвонок). Уже в 1896 г. Попов

осуществил радиотелеграфную связь на расстоянии 250м, а в 1899 г., применив изобретенную им антенну, - на расстоянии 50м.

Электромагнитные колебания, принятые антенной М, попадают на когерер АВ. Название «когерер» образовалось от латинского слова «когеренцио», что значит «сцепление». Когерер представляет устройство, способное обнаруживать электромагнитные волны. Это трубка, в которой находятся мелкие металлические опилки. Опилки обладают большим сопротивлением, ток через них не идет. Но, когда на опилки попадает электромагнитная волна, то опилки как бы «сцепляются» друг с другом, сопротивление их уменьшается; через них может проходить электрический ток. Если по трубке постучать, то сопротивление опилок возрастает, ток через них не идет. Электромагнитная волна, изменяя сопротивление когерера, делает его проводником электрического тока. Благодаря когереру, замыкающему цепь батареи Q, ток течет через обмотку реле, притягивающего якорь, контакт реле С замыкается. Якорь замыкая контакт реле, позволяет току течь через обмотку звонка. Звонок притягивает свой якорь, молоточек ударяет по чашечке, слышится звук. Одновременно с этим контакт звонка D разрывает цепь, ток через звонок прекращает течь. Якорь звонка возвращается в первоначальное положение, ударяя по когереру и увеличивая его сопротивление. Система возвратилась в первоначальное положение. Приемник снова готов к принятию электромагнитных волн.

Практическая работа № 45 «Радиопередатчик и радиоприемник»

Задание:

Заполнить таблицы «Радиопередатчик и радиоприемник»

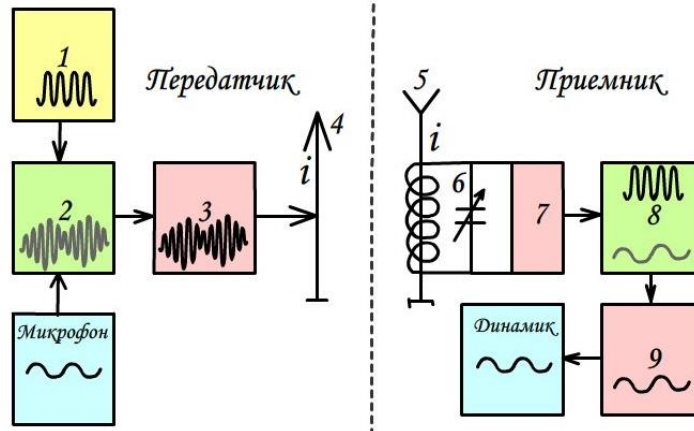
Таблица 1

Название прибора	Схема	Элементы схемы

Таблица 2

Элемент схемы	Назначение

Радиопередатчик и радиоприемник.



Генератор 1 незатухающих колебаний вырабатывает высокочастотные колебания. Звуковые колебания с помощью микрофона преобразуются в электрические колебания. Колебания от генератора 1 и звуковые колебания поступают в модулятор 2. В нем под действием звуковых колебаний происходит либо изменение амплитуды (амплитудная модуляция), либо частоты (частотная модуляция) колебаний, вырабатываемых генератором. Для передачи речи и музыки модуляция осуществляется звуковыми частотами от 10 до 13 кГц.

После усиления в усилителе 3 модулированные колебания поступают в передающую антенну 4, которая, являясь открытым колебательным контуром, излучает электромагнитные волны в эфир. Непосредственно передавать электромагнитные колебания звуковой частоты нельзя, так как электромагнитные волны различных частот по-разному распространяются в эфире и по-разному взаимодействуют с веществом.

На расстоянии от передатчика находится радиоприемник. Электромагнитные волны поступают в антенну радиоприемника 5 и в контуре 5 – 6 вызывают электромагнитные колебания. Принимаемые колебания высокой частоты далее поступают в усилитель 7, а затем в детектор 8. Далее низкочастотные колебания усиливаются в усилителе 9 и попадают на динамик. Информация, поступившая в микрофон, воспроизводится динамиком. Для радиовещания используются все диапазоны радиоволн.

Практическая работа № 46 «Распространение радиоволн»

Задание: Заполнить таблицу «Распространение радиоволн»

Вид радиоволны	Длина волны	Особенности распространения

Распространение радиоволн

При использовании электромагнитных волн радиосвязи как источник, так и приемник радиоволн чаще всего располагаются вблизи земной поверхности. Форма и физические свойства земной поверхности, а также состояние атмосферы сильно влияют на распространение радиоволн.

Особенно существенное влияние на распространение радиоволн оказывают слои ионизированного газа в верхних частях атмосферы на высоте 100 – 300 км над поверхностью Земли. Эти слои называют ионосферой. Ионизация воздуха верхних слоев атмосферы вызывается электромагнитным излучением Солнца и потоком заряженных частиц, излучаемых им.

Проводящая электрический ток ионосфера отражает радиоволны с длиной волны $\lambda > 10\text{ м}$ как обычная металлическая пластина. Но способность ионосферы отражать и поглощать радиоволны существенно меняется в зависимости от времени суток и времен года.

Устойчивая радиосвязь между удаленными пунктами на земной поверхности вне прямой видимости оказывается возможной благодаря отражению волн от ионосферы и способности радиоволн огибать выпуклую земную поверхность. Это огибание выражено тем сильнее, чем больше длина волны. Поэтому радиосвязь на больших расстояниях за счет огибания волнами Земли оказывается возможной лишь при длинах волн, значительно превышающих 100 м (*средние и длинные волны*).

Короткие волны (диапазон длин волн от 10 до 100 м) распространяются на большие расстояния только за счет многократных отражений от ионосферы и поверхности Земли.

Именно с помощью коротких волн можно осуществить радиосвязь на любых расстояниях только за счет многократных отражений от ионосферы и поверхности земли. Именно с помощью коротких волн можно осуществить радиосвязь на любых расстояниях между радиостанциями на Земле. Длинные радиоволны для этой цели менее пригодны из-за значительного поглощения поверхностными слоями Земли и ионосферой. Все же наиболее надежная радиосвязь на ограниченных расстояниях при достаточной мощности передающей радиостанции обеспечивается на длинных волнах.

Ультракороткие радиоволны ($\lambda < 10\text{ м}$) проникают сквозь ионосферу и почти не огибают поверхность Земли. Поэтому они используются для радиосвязи между пунктами прямой видимости, а также для связи с космическими кораблями.

Распространение радиоволн существенно зависит от их длины волны. Короткие волны многократно отражаются от ионосферы и поверхности Земли. Длинные волны «скользят» вдоль поверхности Земли. Ультракороткие радиоволны проникают сквозь ионосферу.

Практическая работа № 47 «Радиосвязь на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Для чего используется радиосвязь на ЖД.
2. Что является источником радиопомех?

Радиосвязь на железнодорожном транспорте

Радио пришло во все сферы человеческой деятельности и, естественно, - на транспорт. Первую область применения на железных дорогах радио нашло на сортировочных станциях, связав диспетчеров и дежурных с машинистами маневровых локомотивов. Позднее появилась радиосвязь, позволяющая диспетчеру общаться с машинистами, которые ведут поезда от станции до станции, а теперь портативные радиостанции есть и у связистов, и у ремонтников, и у составителей поездов.

Для того, чтобы исключить случайное совпадение длин волн, на которых работают передатчики, введены специальные правила работы в эфире, согласно которым определенным типам передатчиков отведен свой диапазон длин волн. Так, бытовое радиовещание осуществляется в области длинных, средних, коротких и ультракоротких длин волн, а вот, например связь диспетчера на станции с машинистом состава осуществляется в дециметровом диапазоне, не мешая тем самым работе наших домашних приемников.

До сих пор мы говорили о колебательных контурах, которые специально используют для радиосвязи. Однако источником электромагнитных волн являются и обычные проводники, по которым течет переменный электрический ток, и электрические цепи постоянного тока в момент включения и выключения источника ЭДС, просто электрические разряды в воздухе: молния, дуга электросварки и т. д. Возникающие в

таких случаях электромагнитные волны воспринимаются как помехи, значительно ухудшающие качество приема основного сигнала, мешающие радиосвязи.

На железной дороге свой вклад в создание помех вносят резкие изменения электрического тока и напряжения в тяговой сети, возникающие при подключении и отключении новых потребителей, искровые разряды, проскакивающие между контактным проводом и токосъемником электровоза.

Учитывая это, меры по снижению радиопомех предусматриваются еще на стадии проектирования контактной сети и электроподвижного состава: конструкторы стремятся обеспечить безыскровой токосъем, на устройствах радиосвязи устанавливают специальные фильтры, глушители и т. д.

Практическая работа № 48 «Применение радиолокации»

Задание: Заполнить таблицу «Применение радиолокации»

Область применения	Способы применения

Применение радиолокации.

Одним из первых важных применений радиолокации были поиск и дальнейшее обнаружение объектов *в системах ПВО*. Создана эффективная сеть радиолокационных станций дальнего обнаружения для защиты от внезапных воздушных налетов. Более совершенные радиолокационные сети защищают от внезапного нападения авиации или ракет. Корабли и самолеты также оснащаются радиолокаторами. Стало возможным наведение истребителей на вражеские бомбардировщики с наземных радиолокаторов слежения или с корабельных радиолокаторов перехвата; можно также использовать бортовые самолетные радиолокаторы для обнаружения, слежения и уничтожения техники противника. Бортовые радиолокаторы важны для поиска, осуществляемого над сушей или морем, и оказания помощи в навигации или при слепом бомбометании. Ракеты с радиолокационным наведением оснащаются для выполнения боевых задач специальными автономными устройствами. Для распознавания местности на самонаводящейся ракете имеется бортовой радиолокатор, который сканирует земную поверхность и соответствующим образом корректирует траекторию полета. Радиолокатор, расположенный поблизости от противоракетной установки, может непрерывно отслеживать полет межконтинентальной ракеты.

Океанские суда используют радиолокационные системы *для навигации*. Служба береговой охраны применяет радиолокационно-телевизионную навигационную систему для получения телевизионно-радиолокационного изображения на подходах к гаваням. На промысловых траулерах радиолокатор находит применение для обнаружения косяков рыбы. На самолетах радиолокаторы используют для решения ряда задач, в том числе для определения высоты полета относительно земли. В аэропортах один радиолокатор служит для управления воздушным движением, а другой - радиолокатор управления заходом на посадку - помогает пилотам посадить самолет в условиях плохой видимости.

В широких масштабах радиолокация применяется *для прогнозирования погоды*. Национальная метеорологическая служба использует специально оборудованные самолеты, оснащенные радиолокаторами, для отслеживания всех метеопараметров; наземные РЛС помогают им в этой работе. Коммерческие авиалайнеры пользуются радиолокаторами, чтобы избежать погодных и атмосферных аномалий.

В космических исследованиях радиолокаторы применяют для управления полетом ракет-носителей и слежения за спутниками и межпланетными космическими станциями. Радиолокатор намного расширил наши знания о Солнечной системе и ее планетах.

Тема 3.7 Оптика

Практическая работа № 49 «Закон преломления»

Задание: Используя закон преломления вычислить искомую величину.

Тема: Закон преломления				
№	Угол падения	Угол преломления	Показатель преломления 1 среды	Показатель преломления 2 среды
1	45^0	?	вода	стекло
2	?	60^0	алмаз	вода
3	45^0	30^0	?	кварц
4	60^0	45^0	глицерин	?
5	50^0	?	воздух	плексиглас
6	?	20^0	вода	глицерин
7	36^0	26^0	?	сероуглерод
8	47^0	38^0	спирт	?
9	58^0	?	алмаз	воздух
10	?	18^0	сероуглерод	скипидар
11	20^0	13^0	?	алмаз
12	42^0	30^0	кварц	?
13	54^0	?	воздух	вода
14	?	25^0	глицерин	плексиглас
15	35^0	43^0	?	воздух
16	27^0	32^0	плексиглас	?

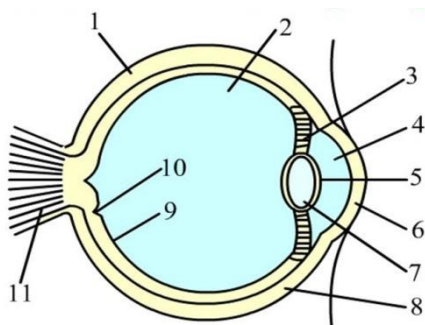
Контрольные вопросы:

1. Сформулировать закон отражения света.
2. Сформулировать закон преломления света.

Практическая работа № 50 «Глаз как оптическая система»

Задание: Заполнить таблицу «Глаз как оптическая система» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Глаз как оптическая система.

Горизонтальный разрез глаза представлен на рисунке. Внешнюю оболочку глазного яблока 1 называют склерой. Эта оболочка защищает глаз от различных воздействий. К нему прилегает сосудистая оболочка 8. Переднюю прозрачную часть склеры 6 называют роговой оболочкой, или роговицей. За роговицей на некотором расстоянии расположена радужная оболочка 3, которая может иметь различный цвет от светло-голубого до черного (он определяется количеством и составом содержащегося в этой оболочке пигмента). Роговица и радужная оболочка не прилегают друг к другу плотно. Между ними находится передняя камера глаза 4, заполненная прозрачной жидкостью.

Роговица и прозрачная жидкость пропускают световые лучи, которые попадают внутрь глаза через зрачок – отверстие 5, расположенное в середине радужной оболочки. Стоит попасть внутрь глаза лучам яркого света, как происходит рефлекторное сужение зрачка. При слабом освещении зрачок расширяется. Непосредственно за зрачком находится прозрачный хрусталик 7. Хрусталик представляет собой эластичную двояковыпуклую линзу, кривизна которой может изменяться. Пройдя через хрусталик, а

затем через прозрачное, словно чистейший хрусталь, стекловидное тело 2, заполняющее всю внутреннюю часть глазного яблока, луча попадают на сетчатку 9.

Сетчатая оболочка покрывает всю внутреннюю поверхность глаза, за исключением его передней части. Сетчатая оболочка представляет собой светочувствительную поверхность глаза. Через оболочку глаза в задней его части входит зрительный нерв 11. В месте вхождения зрительного нерва находится не чувствительное к свету слепое пятно. Недалеко от входа зрительного нерва на поверхности сетчатки имеется так называемое желтое пятно 10 – наиболее чувствительное к свету. Глаз – оптическая система, образованная роговицей, жидкостью передней камеры и хрусталиком.

Основной элемент оптической системы глаза – двояковыпуклая линза – хрусталик. С помощью хрусталика изображение внешнего предмета проецируется на сетчатку. Так как кривизна поверхности может изменяться, то изображение предмета в нормальном глазе всегда попадает на поверхность сетчатки. Процесс изменения кривизны хрусталиков называют аккомодацией. Аккомодация глаза – приспособление глаза к ясному видению предметов, находящихся на различных расстояниях.

Оптическая система глаза аналогична линзе, оптическая сила которой $D = 58,5$ дптр. На сетчатке глаза, состоящей из светочувствительных клеток, имеющих форму колбочек и палочек, образуется действительное и обратное изображение предмета. Оптический центр глаза расположен на расстоянии около 5 мм от роговицы. Размер изображения предмета на сетчатке глаза определяется углом зрения. Вершина этого угла находится в оптическом центре глаза, а лучи направлены на крайние точки предмета. Расстояние наилучшего зрения – это такое расстояние от предмета до глаза, при котором угол зрения максимален. Для нормального глаза расстояние наилучшего зрения – 0,25м. Разрешающая способность глаза характеризуется минимальным углом зрения, при котором точки предмета видны раздельно. Разрешающая способность глаза 1градус.

Практическая работа № 51 «Построение изображения в тонкой линзе»

Задание: Построить изображение в линзе, используя заданные условия и охарактеризовать изображение.

Тема: Построение изображения в тонких линзах.

№	Тип линзы	Фокусное расстояние	Расстояние от предмета до линзы
1	Собирающая	3см	1 см
2	Рассеивающая	3 см	2 см
3	Собирающая	1 см	3 см
4	Рассеивающая	1 см	4 см
5	Собирающая	2 см	5 см
6	Рассеивающая	2 см	6 см
7	Собирающая	4 см	1 см
8	Рассеивающая	4 см	2 см
9	Рассеивающая	1 см	2 см
10	Собирающая	1 см	5 см
11	Рассеивающая	2 см	1 см
12	Собирающая	2 см	5 см
13	Рассеивающая	3 см	1 см
14	Собирающая	3 см	4 см
15	Рассеивающая	4 см	5 см
16	Собирающая	4 см	2 см

Контрольные вопросы:

1. Дать определение линзы.

2. Перечислить виды линз.

Практическая работа № 52 «Формула тонкой линзы»

Задание: Вычислить искомые величины, используя формулу тонкой линзы и формулы для расчета оптической силы линзы и ее увеличения.

Тема: Формула тонкой линзы.					
№	Расстояние от предмета до линзы d	Расстояние от линзы до изображения f	Фокусное расстояние F	Оптическая сила D	Увеличение Γ
1	3 см	5 см	?	?	?
2	2 см	?	?	?	2
3	?	6 см	?	?	1,5
4	?	5 см	2 см	?	?
5	?	12 см	?	17 дптр	?
6	4 см	?	?	12 дптр	?
7	1 см	3 см	?	?	?
8	3 см	?	?	?	3
9	?	4 см	?	?	2,5
10	?	3 см	1 см	?	?
11	?	10 см	?	15 дптр	?
12	2 см	?	?	10 дптр	?
13	5 см	8 см	?	?	?
14	3 см	?	?	?	0,4
15	?	5 см	?	?	0,5
16	?	4 см	3 см	?	?

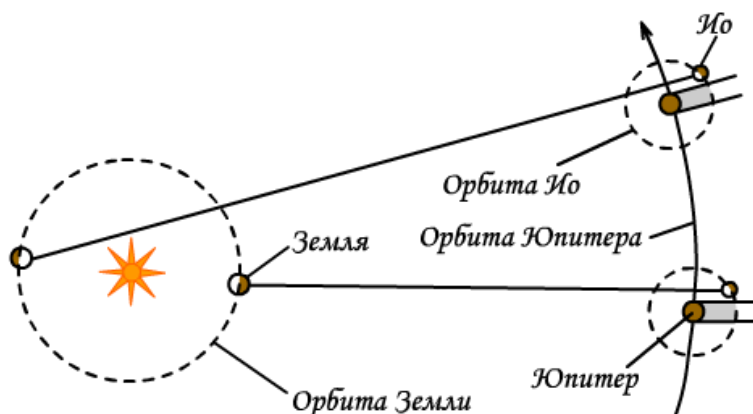
Контрольные вопросы:

1. Дать определение линзы.
2. Дать определение фокусного расстояния, оптической силы и увеличения линзы.

Практическая работа № 53 «Методы измерения скорости света»

Задание: Заполнить таблицу «Методы измерения скорости света» и подготовить устный ответ..

Опыт	Схема установки	Ход опыта	Результат



Опыт Рёмера

Скорость света впервые удалось измерить датскому ученому О.Рёмеру в 1676 г. Рёмер был астроном и его успех объясняется именно тем, что проходимые светом расстояния, которые он использовал для измерений были очень велики. Это расстояния между планетами Солнечной системы.

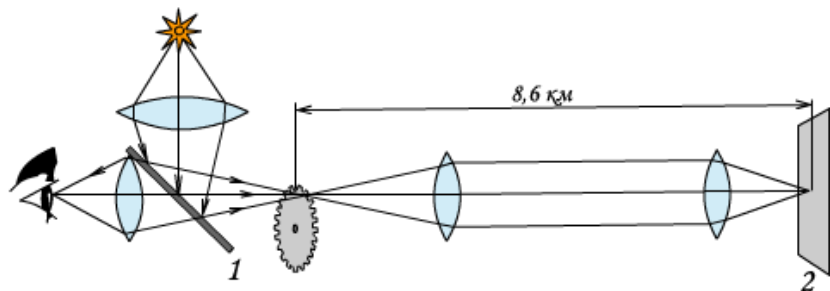
Рёмер наблюдал затмения спутников Юпитера –

самой большой планеты Солнечной системы. Юпитер в отличие от Земли имеет 63 спутника. Ближайший его спутник – Ио – стал предметом наблюдений Рёмера. Он видел, как спутник проходил перед планетой, а затем погружался в ее тень и пропадал из поля зрения. Затем он снова появлялся, как мгновенно вспыхнувшая лампа. Промежуток времени между двумя вспышками оказался равным 42 ч 28 мин. Таким образом, эта «луна» представляла собой громадные небесные часы, через равные промежутки времени, посылавшие свои сигналы на Землю.

Вначале измерения производились в то время, когда земля при своем движении вокруг Солнца ближе всего подошла к Юпитеру. Такие же измерения, проведенные несколько месяцев спустя, когда Земля удалилась от Юпитера, неожиданно показали, что спутник опоздал появиться из тени на целых 22 мин по сравнению с моментом времени, который можно было рассчитать на основании знания периода обращения Ио.

Рёмер объяснял это так: «Если бы я мог остаться на другой стороне земной орбиты, то спутник появлялся бы из тени в назначенное время; наблюдатель, находящийся там, увидел бы Ио на 22 мин раньше. Запаздывание в этом случае происходит от того, что свет употребляет 22 мин на прохождение от места моего первого наблюдения до моего теперешнего положения». Зная запаздывание появления Ио и расстояние, которым оно вызвано, можно определить скорость, разделив это расстояние на время запаздывания. Скорость света оказалась чрезвычайно большой, примерно 215000 км/с. Поэтому крайне трудно уловить время распространения света между двумя удаленными точками на Земле. Ведь за одну секунду свет проходит расстояние, большее длины земного экватора в 7,5 раза.

Опыт Физо

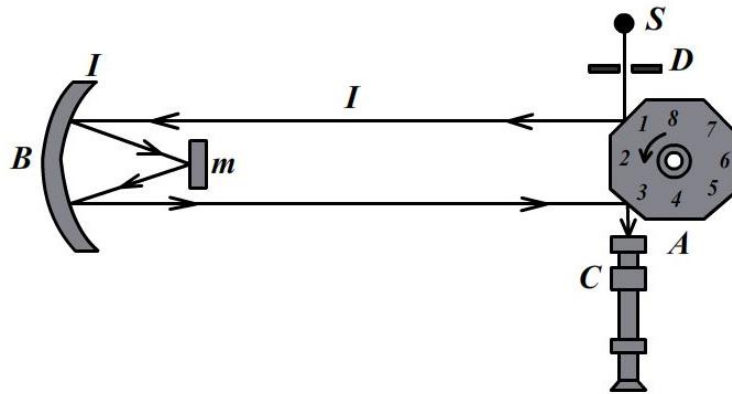


Впервые скорость света лабораторным методом удалось измерить французскому физику И. Физо в 1849 г.

В опыте Физо свет от источника, пройдя через линзу, падал на прозрачную пластинку 1. После отражения от пластинки сфокусированный узкий пучок направлялся на периферию быстро вращающегося зубчатого колеса. Пройдя между зубцами, свет достигал зеркала 2, находившегося на расстоянии 8,6 км от колеса. Отразившись от зеркала, свет, прежде чем попасть в глаз наблюдателя, должен был пройти между зубцами. Когда колесо вращалось медленно, свет, отраженный от зеркала, был виден. При увеличении скорости вращения он постепенно исчезал. В чем же здесь дело? Пока свет, прошедший между двумя зубцами, шел от зеркала и обратно, колесо успевало повернуться так, что на место прорези вставал зубец, и свет переставал быть видимым.

При дальнейшем увеличении скорости вращения свет опять становился видимым. Очевидно, что за время распространения света до зеркала и обратно, колесо успевало повернуться настолько, что на место прежней прорези вставала уже новая прорезь. Зная это время и расстояние между колесом и зеркалом, можно определить скорость света. В опыте Физо расстояние равнялось 8,6 км и для скорости света было получено значение 313 000 км/с.

Опыт Майкельсона



Впервые в земных условиях скорость света была измерена французским физиком И. Физо в 1849 г. Впоследствии метод Физо был усовершенствован американским физиком А. Майкельсоном.

Для измерения скорости света Майкельсон воспользовался двумя горными вершинами (Антонио и Вильсон), расстояние между которыми было тщательно измерено. На вершине одной горы был установлен источник света **S**. Свет от него, проходя через щель **D**, падал на восьмигранную зеркальную призму **A**. Отраженный от зеркальной грани призмы свет попадал на вогнутое зеркало **m** и, отражаясь, снова на зеркало **B**, после чего попадал на вторую грань зеркальной призмы **A**. Отраженный от призмы **A** свет улавливался с помощью зрительной трубы **C**. Вращение призмы **A** происходило с такой скоростью, чтобы в зрительную трубу **C** непрерывно было видно изображение щели **D**. Это возможно в том случае, если за время поворота призмы на $1/8$ оборота свет проходит расстояние $2l$. Майкельсон получил значение равное $299\,796$ км/с.

Кроме того Майкельсоном была определена скорость света в вакууме и других средах.

Практическая работа № 54 «Дифракционная решетка»

Задание: Используя формулу дифракционной решетки, вычислить искомую величину.

Тема: Дифракционная решетка.				
№	Период дифракционной решетки	Угол дифракции	Порядок спектра	Длина волны
1	1мкм	30^0	3	?
2	10мкм	45^0	?	500нм
3	1мкм	?	5	0,4мкм
4	?	60^0	5	0,5мкм
5	10мкм	45^0	4	?
6	100мкм	30^0	?	500нм
7	1мкм	?		0,6мкм
8	?	90^0	7	0,45мкм
9	1мкм	30^0	3	?
10	0,1нм	90^0	?	600нм
11	10мкм	?	4	0,4мкм
12	?	45^0	5	0,5мкм
13	1мкм	30^0	4	?
14	10мкм	45^0	?	700нм
15	1мкм	?	7	0,56мкм
16	?	60^0	6	0,65мкм

Контрольные вопросы:

1. Дать определение дифракции света.
2. Дать определение дифракционной решетки.

Практическая работа № 55 «Применение поляризации»

Задание: Заполнить таблицу:

Область применения	Способы применения

Применение поляризации

Поляризованный свет находит широкое применение в научных исследованиях и в технике. Рассмотрим несколько характерных применений поляризованного света.

Не только кристаллы турмалина способны поляризовать свет. Таким же свойством обладают так называемые поляроиды. Поляроид представляет собой пленку кристаллов герпатита, нанесенную на целлулоид или стеклянную пластинку. Преимущество поляроидов том, что можно создавать большие поверхности, поляризующие свет. К недостаткам поляроидов относится фиолетовый оттенок, который они придают белому свету.

Поляроиды используют для гашения зеркально отраженных бликов, например при фотографировании картин, стеклянных и фарфоровых изделий и др. Отраженный свет частично поляризован. Чтобы устранить ненужные световые блики, на фотообъектив надевают поляризационный фильтр.

Во многих случаях приходится плавно регулировать освещение того или иного объекта. Поставив перед источником света поляризатор и анализатор, можно, медленно поворачивая анализатор, плавно изменять освещение объекта от максимального до полной темноты.

В строительной и машиностроительной технике явление поляризации используют для изучения напряжений, возникающих в отдельных узлах сооружений и машин. Сущность этого метода исследования, названного фотоупругим, заключается в следующем. Из прозрачного материала (например, из органического стекла) изготавливают точную плоскую копию той детали, напряжение которой надо изучить. Затем эту модель ставят между анализатором и поляризатором, освещают и проецируют на экран. Так как недеформированная пластина органического стекла оптически однородна, то на экране видны лишь ее контуры. При деформации модели оптическая однородность органического стекла нарушится и на экране появится цветная картина возникших в детали напряжений.

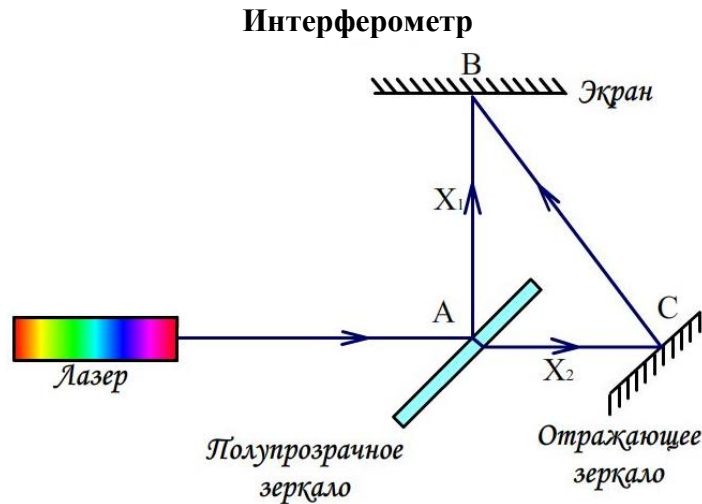
Явление поляризации широко используют в народном хозяйстве. Оно применяется для определения концентрации растворов оптически активных веществ, при изучении быстро протекающих процессов, таких, например, как звукозапись и воспроизведение звука.

Поляризацию используют в декоративных целях (например, при устройстве витрин, при театральных постановках и т.д.); в геологии и ряде других областей науки и техники.

Практическая работа № 56 «Интерферометр»

Задание: Заполнить таблицу «Интерферометр» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



На экране **В** складываются две волны: одна – отраженная от поверхности прозрачного зеркала **А**, другая – прошедшая через полупрозрачное зеркало и отраженная от зеркала **С**, которое расположено за полупрозрачным. Очевидно, что обе эти волны имеют одну и ту же частоту лазерного излучения, кроме того (поскольку они испускаются одним и тем же источником) разность их фаз не меняется со временем. При наложении волн разность фаз будет зависеть от разности расстояния X_1 и X_2 , проходимых волнами от места их разделения (на рисунке от полупрозрачного зеркала **А**) до места встречи на экране **В**. В тех местах экрана, где складываются волны, приходящие в фазе (или разность фаз колебаний в волнах кратна 2π) – они усиливают друг друга, где в противофазе (или разность фаз составляет нечетное число π) – они ослабляют друг друга.

На расстоянии x_2 можно изменить, например, несколько сместив отражающее зеркало **С**. Тогда изменится («сдвинется») и картинка максимумов и минимумов интерференции на экране.

На этом эффекте основана работа лазерных интерферометров, используемых для регистрации и измерения малых перемещений, определения возникающих неровностей, нарушений поверхности деталей и устройств. Если отражающее зеркало закрепить, например, на стенке туннеля, то достаточно небольших подвижек грунта, как это отразится на распределении максимумов и минимумов интерференционной картины. Отслеживая изменения такой картины, можно сделать вывод о возникновении нежелательных постоянных деформаций стенок туннеля, то есть необходимости его ремонта.

Тема 3.8 Излучения и спектры

Практическая работа № 57 «Источники излучений»

Задание: Заполните таблицу «Источники излучений».

Название излучения	Условия возникновения	Источники излучения

Источники излучений

Тепловое излучение

Наиболее простой и распространенный вид излучения – это тепловое излучение, при котором потери атомами энергии на излучение света компенсируются за счет теплового движения атомов (или молекул) излучающего тела. Чем выше температура тела, тем быстрее движутся атомы. При столкновении быстрых атомов (или молекул) друг с другом часть их кинетической энергии превращается в энергию возбуждения атомов, которые затем излучают свет.

Тепловым источником излучения является Солнце, а также обычная лампа накаливания. Лампа очень удобный, но малоэкономичный источник. Лишь около 12%

всей энергии, выделяемой в нити лампы электрическим током, преобразуется в энергию света. Наконец, тепловым источником света является пламя. Крупинки сажи (не успевшие сгореть частицы топлива) раскаляются за счет энергии, выделяющейся при сгорании топлива, и испускают свет.

Электролюминисценция

Энергия, необходимая атомам для излучения света, может заимствоваться и из нетепловых источников. При разряде в газах электрическое поле сообщает электронам большую кинетическую энергию. Быстрые электроны испытывают неупругие соударения с атомами. Часть кинетической энергии атомов идет на возбуждение атомов. Возбужденные атомы отдают энергию в виде световых волн. Благодаря этому разряд в газе сопровождается свечением. Это электролюминисценция.

Северное сияние есть проявление электролюминисценции. Потоки заряженных частиц, испускаемых Солнцем, захватываются магнитным полем Земли. Они возбуждают у магнитных полюсов Земли атомы верхних слоев атмосферы, благодаря чему эти слои светятся. Электролюминисценция используется в трубках для рекламных надписей.

Катодолюминисценция

Свечение твердых тел, вызванное бомбардировкой их электронами, называют катодолюминисценцией. Благодаря катодолюминисценции светятся экраны электронно-лучевых трубок.

Хемилюминисценция

При некоторых химических реакциях, идущих с выделением энергии, часть этой энергии непосредственно расходуется на излучение света. Источник света остается холодным (он имеет температуру окружающей среды). Это явление называется хемилюминисценцией. Почти каждый из вас, вероятно, знаком с ним. Летом в лесу можно увидеть насекомое – светлячка. На теле у него «горит» маленький зеленый «фонарик». Вы не обожжете пальцев, поймав светлячка. Светящееся пятнышко на спине имеет почти такую же температуру, что и окружающий воздух. Свойством светиться обладают и другие живые организмы: бактерии, насекомые, многие рыбы, обитающие на большой глубине. Часто светятся в темноте кусочки гниющего дерева.

Фотолюминисценция

Падающий на вещество свет частично отражается, а частично поглощается. Энергия поглощаемого света в большинстве случаев вызывает лишь нагревание тел. Однако некоторые тела начинают сами непосредственно светиться под действием падающего на них излучения. Это и есть фотолюминисценция. Свет возбуждает атомы вещества (увеличивает их внутреннюю энергию), и после этого они высвечиваются сами. Например, светящиеся краски, которыми покрывают многие елочные игрушки, изучают свет после их облучения.

Излучаемый при фотолюминисценции свет имеет, как правило, большую длину волны, чем свет, возбуждающий свечение. Это можно наблюдать экспериментально. Если направить на сосуд с флюоресцеином (органический краситель) световой пучок, пропущенный через фиолетовый светофильтр, то эта жидкость начинает светиться зелено-желтым светом, т. е. светом большей длины волны, чем у фиолетового света. Явление фотолюминисценции широко используется в лампах дневного света. Советский физик Вавилов С.И. предложил покрывать внутреннюю поверхность разрядной трубки веществами, способными ярко светиться под действием коротковолнового излучения газового разряда. Лампы дневного света примерно в три-четыре раза экономичнее обычных ламп накаливания.

Практическая работа № 58 «Применение инфракрасного излучения»

Задание: Заполнить таблицу «Применение инфракрасного излучения».

Область применения	Способ применения

Применение инфракрасного излучения

Медицина

В основе инфракрасной терапии лежит свойство инфракрасного излучения нагревать живые организмы. Инфракрасные волны могут проникать глубоко в организм человека. Под воздействием тепла расширяются сосуды, ускоряется ток крови, усиливаются обмен веществ и потоотделение, увеличивается рост клеток и регенерация (восстановление) тканей. Благодаря этим рефлекторным реакциям тепловые лучи обладают рассасывающим, противовоспалительным, противоспазматическим и обезболивающим действием. Тепловые лучи подсушивают кожу, а потому могут использоваться для лечения некоторых кожных заболеваний или ожогов.

Дистанционное управление

Инфракрасные диоды и фотодиоды повсеместно применяются в пультах дистанционного управления, системах автоматики, охранных системах, некоторых мобильных телефонах (инфракрасный порт) и т. п.

Инфракрасные лучи не отвлекают внимание человека в силу своей невидимости.

Интересно, что инфракрасное излучение бытового пульта дистанционного управления легко фиксируется с помощью цифрового фотоаппарата.

Промышленность

Инфракрасные излучатели применяют в промышленности для сушки лакокрасочных поверхностей. Инфракрасный метод сушки имеет существенные преимущества перед традиционным, конвекционным методом. В первую очередь это, безусловно, экономический эффект. Скорость и затрачиваемая энергия при инфракрасной сушке меньше тех же показателей при традиционных методах.

Пищевая промышленность

Инфракрасная сушка продуктов питания, как технологический процесс, основана на том, что инфракрасное излучение определенной длины волны активно поглощается водой, содержащейся в продукте, но не поглощается тканью высушиваемого продукта, поэтому удаление влаги возможно при невысокой температуре (40-60 градусов Цельсия), что дает практически полностью сохранить витамины, биологически активные вещества, естественный цвет, вкус и аромат подвергающихся сушке продуктов. Оборудование для сушки овощей и фруктов, мяса и рыбы, зерна, круп и других пищевых и непищевых материалов основанное на использовании инфракрасного излучения является наиболее перспективным в настоящее время.

Бытовые нужды

Инфракрасные обогреватели используются для организации дополнительного или основного отопления в помещениях (домах, квартирах, офисах и т. п.), а также для локального обогрева уличного пространства (уличные кафе, беседки, веранды).

Недостатком же является существенно большая неравномерность нагрева, что в ряде технологических процессов совершенно неприемлемо.

Криминалистика

Инфракрасный излучатель применяется в приборах для проверки денег. Нанесенные на купюру как один из защитных элементов, специальные метамерные краски возможно увидеть исключительно в инфракрасном диапазоне. Инфракрасные детекторы валют являются самыми безошибочными приборами для проверки денег на подлинность. Нанесение на купюру инфракрасных меток, в отличие от ультрафиолетовых, фальшивомонетчикам обходится дорого и соответственно экономически невыгодно. Потому детекторы банкнот со встроенным ИК излучателем, на сегодняшний день, являются самой надежной защитой от подделок.

Практическая работа № 59 «Применение ультрафиолетового излучения»

Задание: Заполнить таблицу «Применение ультрафиолетового излучения»

Область применения	Способ применения

Применение ультрафиолетового излучения.

Медицина.

Применение ультрафиолетового излучения в медицине связано с тем, что оно обладает бактерицидным, мутагенным, терапевтическим (лечебным), антимиотическим и профилактическим действиями, дезинфекция; лазерная биомедицина

Косметология

В косметологии ультрафиолетовое облучение широко применяется в соляриях для получения ровного красивого загара. Дефицит ультрафиолетовых лучей ведет к авитаминозу, снижению иммунитета, слабой работе нервной системы, появлению психической неустойчивости.

Ультрафиолетовое излучение оказывает существенное воздействие на фосфорно-кальциевый обмен, стимулирует образование витамина D и улучшает все метаболические процессы в организме.

Пищевая промышленность.

Обеззараживания воды, воздуха, помещений, тары и упаковки УФ излучением
Следует подчеркнуть, что использование УФИ как физического фактора воздействия на микроорганизмы может обеспечить обеззараживание среды обитания в очень высокой степени, например до 99,9%.

Сельское хозяйство и животноводство.

Ультрафиолет – верный **помощник человека в сельском хозяйстве**. С помощью ультрафиолетового облучения семян некоторых растений удастся получить мутации, из числа которых можно отобрать особи, обладающие ценными хозяйственными качествами. Особый интерес представляет применение ультрафиолета в животноводстве. В осенний, зимний и весенний периоды, когда домашний скот и птица начинают ощущать недостаток света, особенно ультрафиолетового. Коровы начинают давать меньше молока, куры – яиц, учащаются случаи яловости, потомство рождается более слабым. Все это происходит потому, что в крови скота и птицы уменьшается количество гемоглобина, эритроцитов, белка и кальция.

Выход из положения ясен: недостаток ультрафиолетового излучения нужно восполнять искусственно. Однако следует иметь в виду, что ошибки при назначении дозы облучения, невнимание к таким вопросам, как спектральный состав света ультрафиолетовых ламп, высота подвески над стойлами животных, длительность их горения и т.п. могут вместо пользы принести вред. На службу людям поставлена еще одна удивительная особенность ультрафиолетовых лучей. Многие насекомые, в большинстве своем вредители, «видят» ультрафиолетовые лучи и непреодолимо стремятся к ним. Используя эту особенность насекомых, в некоторых странах (Япония, США, Югославия и др.) для массового истребления насекомых-вредителей успешно применяют ультрафиолетовые лампы.

Полиграфия.

Технология формования полимерных изделий под действием ультрафиолетового излучения (фотохимическое формование) находит применение во многих областях техники. В частности, эта технология широко применяется в полиграфии и в производстве печатей и штампов.

Криминалистика.

Ученые разработали технологию, позволяющую обнаруживать малейшие дозы взрывчатых веществ. В приборе для обнаружения следов взрывчатых веществ

используется тончайшая нить (она в две тысячи раз тоньше человеческого волоса), которая светится под воздействием ультрафиолетового излучения, но всякий контакт со взрывчаткой: тринитротолуолом или иными используемыми в бомбах взрывчатыми веществами, прекращает ее свечение. Прибор определяет наличие взрывчатых веществ в воздухе, в воде, на ткани и на коже подозреваемых в преступлении

Искусствоведение

Один из главных инструментов экспертов — ультрафиолетовое, рентгеновское и инфракрасное излучение. Ультрафиолетовые лучи позволяют определить старение лаковой пленки — более свежий лак в ультрафиолете выглядит темнее. В свете большой лабораторной ультрафиолетовой лампы более темными пятнами проступают отреставрированные участки и кустарно переписанные подписи. Рентгеновские лучи задерживаются наиболее тяжелыми элементами. В человеческом теле это костная ткань, а на картине — белила. Основой белил в большинстве случаев является свинец, в XIX веке стали применять цинк, а в XX-м — титан. Все это тяжелые металлы. В конечном счете, на пленке мы получаем изображение белильного подмалевка. Подмалевок — это индивидуальный «почерк» художника, элемент его собственной уникальной техники. Для анализа подмалевка используются базы рентгенограмм картин великих мастеров. Также эти снимки применяются для распознавания подлинности картин.

Минералогия

Многие минералы содержат вещества, которые при освещении ультрафиолетовым излучением начинают испускать видимый свет. Каждая примесь светится по-своему, что позволяет по характеру свечения определять состав данного минерала.

Шоу-бизнес.

Освещение, световые эффекты.

Практическая работа № 60 «Применение рентгеновского излучения»

Задание: Заполнить таблицу «Применение рентгеновского излучения»

Область применения	Способ применения

Применение рентгеновского излучения

В наше время рентгеновские лучи применяют в разных областях науки и техники. С их помощью *искусствоведы* могут точно определять подлинность картин, отличать драгоценные камни от подделок.

Досмотровая рентгеновская техника применяется при таких формах *таможенного контроля*, как таможенное наблюдение и таможенный досмотр, она позволяет быстро и достаточно эффективно осуществлять таможенный контроль предметов ручной клади, международных почтовых отправок, грузов, уложенных на паллеты, труднодоступных мест транспортных средств, а также контейнеров, легкового и грузового транспорта, железнодорожных вагонов, людей. В аэропортах активно применяются рентгенотелевизионные интроскопы, позволяющие просматривать содержимое ручной клади и багажа в целях визуального обнаружения на экране монитора предметов, представляющих опасность. Таможенникам стало легче задерживать контрабандистов.

Промышленная рентгенография использует рентгеновские лучи для инспекции промышленных деталей. Выявление дефектов в изделиях (рельсах, сварочных швах и т. д.) с помощью рентгеновского излучения называется рентгеновской дефектоскопией.

В *материаловедении, кристаллографии, химии и биологии* рентгеновские лучи используются для выяснения структуры веществ на атомном уровне при помощи дифракционного рассеяния рентгеновского излучения (рентгеноструктурный анализ). Известным примером является определение структуры ДНК. При помощи рентгеновских лучей может быть определён химический состав вещества. В *минералогии* методом

рентгеноанализа определены структуры тысяч минералов и созданы экспресс-методы анализа минерального сырья.

Причиной применения рентгеновского излучения в *медицине* послужила их высокая проникающая способность. В первое время после открытия, рентгеновское излучение использовалось по большей части, для исследования переломов костей и определения местоположения инородных тел (например, пуль) в теле человека. В настоящее время применяют несколько методов диагностики с помощью рентгеновских лучей. Метод рентгеноскопии дает возможность изучить функциональное состояние некоторых органов. Например, врач непосредственно может пронаблюдать движения легких, прохождение контрастного вещества по желудочно-кишечному тракту. Флюорография используется для предварительного исследования состояния внутренних органов пациентов с помощью малых доз рентгеновского излучения. Компьютерная рентгеновская томография позволяет получить четкое изображение любой части человеческого тела, включая мягкие ткани органов.

Практическая работа № 61 «Излучения на ЖД транспорте»

Задание: Заполнить таблицу «Излучения на железнодорожном транспорте»

Вид излучения	Применение

Излучения на железнодорожном транспорте

Для целей освещения в разных случаях (и на железной дороге в том числе) используются различные типы люминесцентных ламп: натриевые, ксеноновые, дуговые ртутные высокого давления и т. д., отличающиеся видом разряда, давлением и родом наполняющих их газов или паров металла.

Но и *тепловое излучение* и *люминесценция* применяются не только для освещения. Они выполняют также и задачу отображения, высвечивания нужной информации. Вам, конечно, известны информационные табло, цифровые индикаторы приборов, сигнальные лампочки аппаратуры, люминесцентные экраны телевизоров и мониторов. Сидя за экраном телевизора можно осуществлять контроль за пассажирскими потоками, погрузкой, сортировкой вагонов и т. д. Из кабины локомотива можно следить по телевизору за работой пантографов, локомотивных тележек и многих других элементов даже на ходу поезда.

Но, оказывается, возможности использования люминесценции и теплового излучения еще шире.

Флуоресцирующие краски применяются в целях сигнализации. А флуоресцирующие жидкости применяются для обнаружения дефектов на поверхностях деталей и конструкций железнодорожного транспорта. Используется капиллярный метод выявления трещин, углублений, неровностей и других дефектов на поверхности материалов. В качестве жидкости, заполняющей эти капилляры используется индикаторная флуоресцирующая жидкость. Тогда при освещении проверяемой поверхности все ее дефекты становятся видны глазом – жидкость, заполнившая дефекты и вытянутая затем на поверхность проявляющим порошком, светится. С помощью установок люминесцентной дефектоскопии можно проверять поверхности и крупногабаритных деталей (например, локомотивных тележек), конструкций сложной формы, причем – без их разборки.

При неисправности подшипников буксы вагонов нагреваются. Используя прибор для обнаружения нагретых аварийных букс, которым фиксируется их *инфракрасное излучение* (приемник излучения – болометр – нагревается, меняется его сопротивление и ток через прибор), можно сделать вывод о величине разогрева. Не нужно больше ходить вдоль поезда и трогать руками каждую буксу – не горячая ли?

Источником *инфракрасного излучения* может быть полупроводниковый лазер. Такие лазеры используются на железных дорогах в системах охраны особо важных грузов. Даже ночью, в тумане, в дождь они «освещают» место стоянки вагонов, хотя то и не видно глазом. На первый взгляд охраны практически нет - и в то же время приемники излучения, чувствительные к инфракрасной области спектра, постоянно «наблюдают» за объектом, фиксируя любые изменения потока, отраженного от него излучения, при необходимости подавая сигнал тревоги.

Практическая работа № 62 «Виды спектров»

Задание: Заполнить таблицу «Виды спектров».

Вид спектра	Строение спектра	Источник спектра

Виды спектров

Спектральный состав излучения веществ весьма разнообразен. Но, несмотря на это, все спектры, как показывает опыт, можно разделить на три типа.

Непрерывные спектры

Солнечный спектр или спектр дугового фонаря является непрерывным. Это означает, что в спектре представлены волны всех длин. В спектре нет разрывов, и на экране можно видеть сплошную разноцветную полосу.

Непрерывные или сплошные спектры дают тела, находящиеся в твердом или жидком состоянии, а так же сильно нагретые сжатые газы. Для получения непрерывного спектра нужно нагреть тело до высокой температуры.

Характер непрерывного спектра и сам факт его существования определяется не только свойствами отдельных излучающих атомов, но и в сильной степени зависят от взаимодействия друг с другом.

Непрерывный спектр дает так же высокотемпературная плазма. Электромагнитные волны излучаются плазмой в основном при столкновении электронов с ионами.

Линейчатые спектры

Линейчатые спектры – это частокол цветных линий различной яркости, разделенных широкими темными полосами. Наличие линейчатого спектра означает, что вещество излучает свет только вполне определенных длин волн. Каждая линия имеет конечную ширину.

Линейчатые спектры дают все вещества в газообразном атомарном состоянии. В этом случае свет излучают атомы, которые практически не взаимодействуют друг с другом. Это самый фундаментальный, основной тип спектров.

Обычно для наблюдения линейчатых спектров используют свечение паров вещества в пламени или свечение газового разряда в трубке, наполненной исследуемым газом. При увеличении плотности атомарного газа отдельные спектральные линии расширяются, и, наконец при очень большом сжатии газа, когда взаимодействие атомов становится существенным, эти линии перекрывают друг друга, образуя непрерывный спектр.

Полосатый спектр

Полосатый спектр состоит из отдельных полос, разделенных темными промежутками. С помощью очень хорошего спектрального аппарата можно обнаружить, что каждая полоса представляет собой совокупность большого числа очень тесно расположенных линий. В отличие от линейчатых спектров полосатые спектры создаются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом.

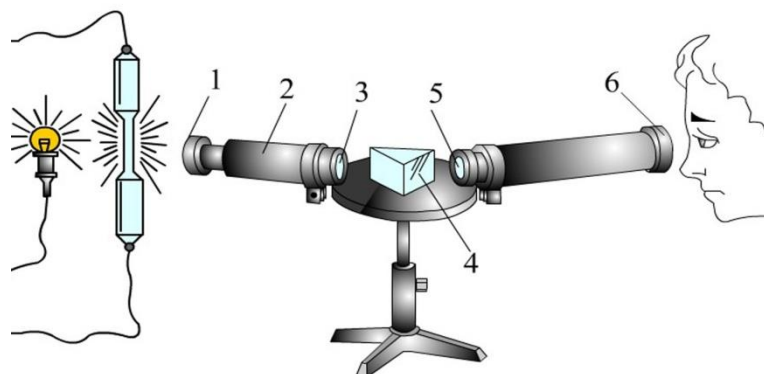
Для наблюдения молекулярных спектров так же, как и для наблюдения линейчатых спектров, обычно используют свечение паров в пламени или свечение газового разряда.

Практическая работа № 63 «Спектроскоп»

Задание: Заполнить таблицу «Спектроскоп» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Спектральный аппарат



Для точного исследования спектров необходимы приборы, дающие четкий спектр, т.е. приборы, хорошо разделяющие волны различной длины и не допускающие (или почти не допускающие) перекрытия отдельных участков спектра. Такие приборы называются спектральными аппаратами. Чаще всего основной частью спектрального аппарата является призма или дифракционная решетка.

Рассмотрим схему устройства призмного спектрального аппарата. Исследуемое излучение поступает вначале в часть прибора, называемую коллиматором 2. Коллиматор представляет собой трубу, на одном конце которой имеется ширма с узкой щелью 1, а на другом – собирающая линза 3. Щель находится на фокусном расстоянии от линзы. Поэтому расходящийся световой пучок, попадающий на линзу из щели, выходит из нее параллельным пучком и падает на призму 4. Так как разным частотам соответствуют различные показатели преломления, то из призмы выходят параллельные пучки, не совпадающие по направлению. Они падают на линзу 5. На фокусном расстоянии этой линзы располагается экран 6 – матовое стекло, фотопластинка или объектив. Линза 5 фокусирует параллельные пучки лучей на экране, и вместо одного изображения щели получается целый ряд изображений. Каждой частоте (точнее узкому спектральному интервалу) соответствует свое изображение. Все эти изображения вместе и образуют спектр. Прибор с матовым стеклом или фотопластинкой называется спектрографом. Если вместо второй линзы и экрана используется зрительная труба для визуального наблюдения спектров, то прибор называется спектроскопом. Прибор, снабженный микрометрическим устройством для измерения длин волн, является спектрометром. Призмы и другие детали спектральных аппаратов необязательно изготавливаются из стекла. Вместо стекла применяются и такие прозрачные материалы, как кварц, каменная соль и др.

Практическая работа № 64 «Применение спектрального анализа»

Задание: Заполнить таблицу «Применение спектрального анализа»

Область применения	Способ применения

Спектральный анализ и его применение

В астрофизике под спектральным анализом понимают не только определение химического состава звезд, газовых облаков и т. д., но и нахождение по спектрам

многих других физических характеристик этих объектов: температуры, давления, скорости движения, магнитной индукции.

Кроме астрофизики спектральный анализ широко применяют в *криминалистике*, для исследования улик, найденных на месте преступления.

Также спектральный анализ в криминалистике хорошо помогает определять орудие убийства и вообще раскрывать некоторые частности преступления. Судебная медицина уже давно искала способы определения, являются ли кровью пятна и прочие следы, обнаруженные на месте преступления или на принадлежащих подозреваемым вещах. Было замечено, что высохшая или старая кровь быстро теряет свой цвет. Из красной кровь превращается в коричневую, затем становится желто-зеленоватой и по виду совсем не напоминает кровь. При применении спектрального анализа растворов, содержащих кровь, выяснилось, что гемоглобин дает в спектре темные адсорбированные цвета.

Благодаря сравнительной простоте и универсальности спектральный анализ является основным методом контроля состава вещества в *металлургии, машиностроении, атомной индустрии*. С помощью спектрального анализа определяют химический состав руд и минералов.

Еще шире спектральный анализ используют в *медицине*. Здесь его применение весьма велико. В медицине это диагностика заболеваний, вызванных нарушением обменных процессов по анализу химических элементов в биологических жидкостях, тканях, золе волос, ногтей человека. Применение данного метода в медицине является одним из перспективных направлений, ввиду того, что наличие тех или иных веществ в биосубстратах человека (крови, кожи, ногтях, волосах и т.д.) может служить ценной информацией при диагностике состояния организма человека в целом.

В *экологии* это анализ илов канализационных отстойников при подготовке технологии их переработки, донных отложений, анализ почв, воды, растений, золы волос животных и человека для оценки зоны экологического поражения.

В *сельском хозяйстве и пищевой промышленности* это анализ почв, кормов, растений, продуктов питания на наличие примесей токсичных элементов и тяжёлых металлов.

В *радиотехнике* спектральный анализ является основой исследования сигналов. Долгое время спектральные представления применялись и развивались лишь сравнительно узким кругом физиков-теоретиков. Но, начиная с двадцатых годов, в связи с бурным развитием радиотехники, акустики, колебательной механики и вообще отраслей техники, опирающихся на теорию колебаний, спектральные представления необычайно широко распространились. Была установлена прямая связь между спектральным разложением и поведением реальных колебательных систем. Спектральный способ описания явлений получил всеобщее признание.

Раздел 4 Квантовая физика

Тема 4.1 Световые кванты

Практическая работа № 1 «Красная» граница фотоэффекта»

Задание: Используя таблицу «Работа выхода», вычислить искомые величины.

Тема: «Красная» граница фотоэффекта.			
№	Работа выхода, Дж	Минимальная частота, Гц	Максимальная длина волны, м
1	Алюминий	?	?
2	Висмут	?	?
3	Вольфрам	?	?
4	Железо	?	?
5	Золото	?	?
6	Цинк	?	?
7	Цезий	?	?
8	Серебро	?	?
9	Платина	?	?
10	Калий	?	?
11	Кобальт	?	?
12	Литий	?	?
13	Медь	?	?
14	Молибден	?	?
15	Натрий	?	?
16	Никель	?	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение фотоэффекта.
2. Дать определение работы выхода.
3. Дать определение «красной» границы фотоэффекта.

Практическая работа № 2 «Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта»

Задание: Используя таблицу «Работа выхода» и уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, вычислить искомые величины

Тема: Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.			
№	Частота	Работа выхода	Кинетическая энергия
1	$5 \cdot 10^{15}$ Гц	Алюминий	?
2	$2,4 \cdot 10^{15}$ Гц	Висмут	?
3	$3,1 \cdot 10^{15}$ Гц	Вольфрам	?
4	$6,3 \cdot 10^{15}$ Гц	Железо	?
5	$5,2 \cdot 10^{15}$ Гц	Золото	?
6	$3,3 \cdot 10^{15}$ Гц	Цинк	?
7	$5,6 \cdot 10^{15}$ Гц	Цезий	?
8	$4,6 \cdot 10^{15}$ Гц	Серебро	?
9	$5,8 \cdot 10^{15}$ Гц	Платина	?
10	$3,8 \cdot 10^{15}$ Гц	Калий	?
11	$2,7 \cdot 10^{15}$ Гц	Кобальт	?
12	$2,9 \cdot 10^{15}$ Гц	Литий	?
13	$6,1 \cdot 10^{15}$ Гц	Медь	?
14	$4,1 \cdot 10^{15}$ Гц	Молибден	?
15	$7,2 \cdot 10^{15}$ Гц	Натрий	?
16	$3,2 \cdot 10^{15}$ Гц	Никель	?

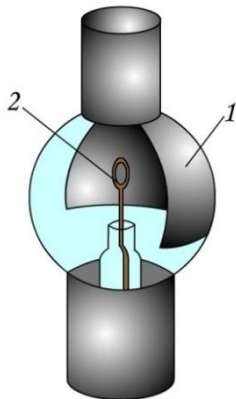
Контрольные вопросы:

1. Дать определение фотоэффекта.
2. Записать и сформулировать уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

Практическая работа № 3 «Фотоэлементы»

Задание: Заполнить таблицу «Фотоэлементы» и подготовить устный ответ.

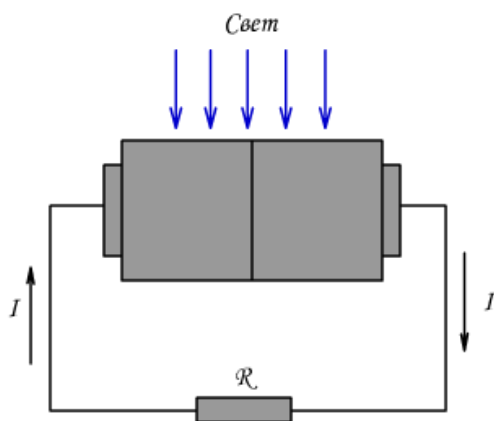
Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Вакуумный фотоэлемент

Стеклянная колба, часть внутренней поверхности которой покрыта тонким слоем металла с малой работой выхода. Это катод **1**. Через прозрачное окошко свет проникает внутрь колбы. Под действием света с катоды вырываются фотоэлектроны. Проволочная петля или диск – анод **2** улавливает фотоэлектроны. При этом в цепи возникает электрический ток, который включает или выключает то или иное реле. Фотоэлементы реагируют на видимое и инфракрасное излучение.

Применение: Турникеты метро, противоаварийные автоматы на производстве, воспроизведение звука, передача движущихся изображений.



Полупроводниковый фотоэлемент

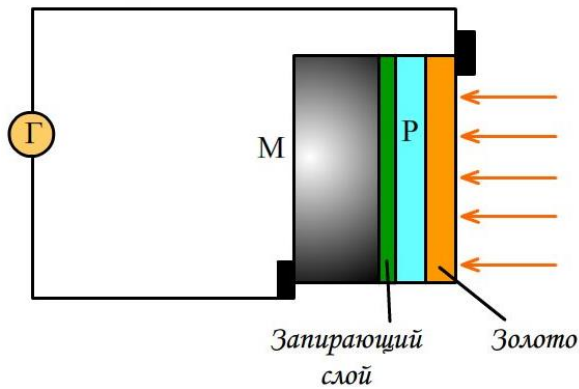
Явление внутреннего фотоэффекта в полупроводниках используется в фоторезисторах. Полупроводниковые фотоэлементы, создающие ЭДС и непосредственно преобразующие энергию в энергию излучения в энергию электрического поля. ЭДС, называемая в данном случае фото-ЭДС, возникает в области р-п перехода двух полупроводников. При облучении этой области светом. Под действием света образуются пары электрон-дырка. В области р-п перехода существует электрическое поле. Это поле заставляет неосновные носители заряда

перемещаться я через контакт. Дырки из полупроводника n-типа перемещаются в полупроводник r-типа, а электроны из полупроводника r-типа в область n-типа, что происходит к накоплению основных носителей в полупроводниках n - и r – типов. В результате потенциал полупроводника r-типа увеличивается, а n-типа уменьшается. Это происходит до тех пор, пока ток неосновных носителей через р-п – переход сравняется с током основных носителей через этот же переход. Между полупроводниками устанавливается разность потенциалов, равная фото-ЭДС.

Применение: Солнечные батареи.

Вентильный фотоэлемент

Другим видам применения внутреннего фотоэффекта в приборах являются вентильные фотоэлементы, т.е. элементы с запирающим слоем. Вентильный эффект возникает в тех полупроводниках, у которых между металлом и полупроводником или между полупроводниками *p*- и *n*- типа вблизи поверхности контакта создается запирающий слой, обладающий односторонней проводимостью. В результате внутреннего фотоэффекта при освещении происходит нарушение равновесного



распределения носителей тока в области контакта, изменяется по сравнению с равновесной контактная разность потенциалов, т.е. возникает фотоэлектродвижущая сила. Возникающая ЭДС пропорциональна световому потоку.

Металлическая пластинка *М*, служащая одним из электродов, и нанесенный на нее тонкий слой полупроводника *Р* (селена), покрытого тонкой прозрачной пленкой золота или другого металла, служащего вторым электродом, соединены внешней цепью, в которую включен гальванометр *Г*.

Если полупроводниковый слой осветить через второй электрод, то в слое *Р* в результате внутреннего фотоэффекта появляются свободные электроны. Они движутся хаотически, однако на границе металла с полупроводником из-за вентильного эффекта образуется ЭДС, поэтому в металле возникает избыток электронов, в полупроводнике – избыток дырок. Если цепь при этом замкнута, по ней течет ток.

Таким образом, вентильный фотоэлемент является генератором тока, непосредственно преобразующим световую энергию в электрическую. На таком же принципе основано действие солнечных батарей, которые с успехом используются на космических кораблях. Вентильные фотоэлементы имеют преимущество перед вакуумными, так как работают без источника тока.

Практическая работа № 4 «Фотоны»

Задание: Вычислить искомые величины, используя формулы для расчета характеристик фотона.

Тема: Фотоны.					
№	Частота	Длина волны	Масса	Импульс	Энергия
1	$5 \cdot 10^{15}$ Гц	?	?	?	?
2	?	0,3 мкм	?	?	?
3	?	?	$11,05 \cdot 10^{-27}$ кг	?	?
4	?	?	?	$16,5 \cdot 10^{-8}$ кг*м/с	?
5	?	?	?	?	$19,8 \cdot 10^{-19}$ Дж
6	$6 \cdot 10^{15}$ Гц	?	?	?	?
7	?	0,4 мкм	?	?	?
8	?	?	$12,5 \cdot 10^{-27}$ кг	?	?
9	?	?	?	$15,9 \cdot 10^{-8}$ кг*м/с	?
10	?	?	?	?	$18,6 \cdot 10^{-19}$ Дж
11	$3 \cdot 10^{15}$ Гц	?	?	?	?
12	?	0,2 мкм	?	?	?
13	?	?	$11,4 \cdot 10^{-27}$ кг	?	?
14	?	?	?	$15,5 \cdot 10^{-8}$ кг*м/с	?
15	?	?	?	?	$21 \cdot 10^{-19}$ Дж
16	$7 \cdot 10^{15}$ Гц	?	?	?	?

Контрольные вопросы:

1. Вывести формулы для расчета характеристик фотона.

Практическая работа № 5 «Опыт Лебедева»

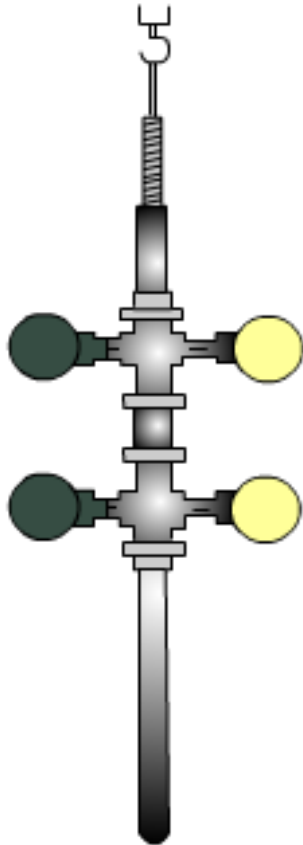
Задание: Заполнить таблицу «Опыт Лебедева» и подготовить устный ответ .

Опыт	Схема установки	Ход опыта	Результат

Опыт Лебедева

Впервые давление света измерил русский физик Петр Николаевич Лебедев в 1900г.

Прибор Лебедева состоял из очень легкого стерженька на тонкой стеклянной нити, по краям которого были приклеены легкие крылышки. Весь прибор помещался в сосуд, откуда был выкачан воздух. Свет падал на крылышки, расположенные по одну сторону от стерженька. О значении давления можно было судить по углу закручивания нити. Трудности точного измерения давления света были связаны с невозможностью выкачать из сосуда весь воздух (движение молекул воздуха, вызванное неодинаковым нагревом крылышек и стенок сосуда, приводит к возникновению дополнительных вращающих моментов). Кроме того, на закручивание нити влияет неодинаковый нагрев сторон крылышек (сторона, обращенная к источнику света, нагревается больше, чем противоположная сторона). Молекулы, отражающиеся от более нагретой стороны, передают крылышку больший импульс, чем молекулы, отражающиеся от менее нагретой стороны.



Лебедев сумел преодолеть эти трудности, несмотря на низкий уровень тогдашней экспериментальной техники, взяв очень большой сосуд и очень тонкие крылышки. В конце концов существование светового давления на твердые тела было доказано и оно было измерено. Полученное значение совпало с предсказанным Максвеллом. Впоследствии после

трех лет работы Лебедеву удалось осуществить еще более тонкий эксперимент: измерить давление света на газы.

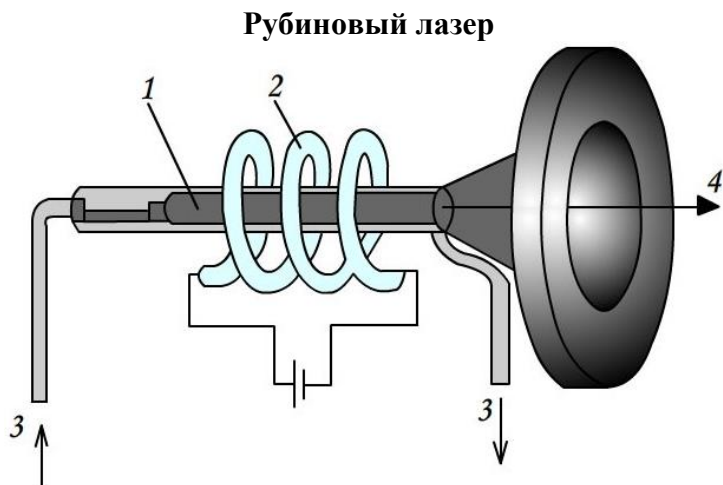
Опыт Лебедева подтвердил теорию Максвелла. В яркий солнечный день на поверхность площадью 1 м^2 действует сила, равная всего лишь $4 \cdot 10^{-6}\text{ Н}$.

Тема 4.2 Атом и атомное ядро

Практическая работа № 6

Задание: Заполнить таблицу «Рубиновый лазер» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Оптический квантовый генератор – рубиновый лазер – создан в 1960 году. Рубин (активная среда) – это кристалл Al_2O_3 , в состав которого входит до 0,05% ионов Cr^{3+} , ионы хрома играют основную роль в лазерном процессе. Световое излучение лазера создается ионами хрома, для возбуждения которых служит импульсная газоразрядная трубка 2, спирально закрученная вокруг рубинового стержня 1; она называется лампой накачки. Рубиновый стержень лазера представлял собой цилиндр, торцы которого были тщательно отполированы и покрыты слоем серебра таким образом, что один торец полностью отражал свет, а другой – частично отражал и частично пропускал свет. При вспышке лампы накачки в рубиновый стержень попадают фотоны различных частот. Атомы хрома, поглотив часть фотонов определенной энергии, переходят в возбужденное состояние. За счет ограниченных спонтанных переходов в стержне может возникнуть вынужденное излучение, распространяющееся строго вдоль его оси и усиливающееся при многократных отражениях от торцовых зеркал, которые выполняют роль объемного резонатора. В результате возникает мощное монохроматическое излучение 4.

Часть ее, довольно значительная (50%), тратится на нагревание стержня, поэтому в конструкции лазера предусмотрено охлаждение 3.

Лазеры применяют в микроэлектронике, медицине, промышленности и т.п.

Практическая работа № 7 «Применение лазера»

Задание: Заполнить таблицу «Применение лазера»:

Область применения	Технология применения

Применение лазера

В силу уникальных свойств излучения лазеров, они широко применяются во многих отраслях науки и техники, а также в быту (проигрыватели компакт-дисков, лазерные принтеры, считыватели штрих-кодов, лазерные указки и пр.).

В промышленности лазеры используются для резки, сварки и пайки деталей из различных материалов. Высокая температура излучения позволяет сваривать материалы, которые невозможно сварить обычными способами (к примеру, керамику и металл). Луч лазера может быть сфокусирован в точку диаметром порядка микрона, что позволяет использовать его в микроэлектронике.

Лазеры используются для получения поверхностных покрытий материалов с целью повышения их износостойкости. Широкое применение получила также лазерная маркировка промышленных образцов и гравировка изделий из различных материалов. При лазерной обработке материалов на них не оказывается механическое воздействие, поэтому возникают лишь незначительные деформации. Кроме того, весь технологический

процесс может быть полностью автоматизирован. Лазерная обработка потому характеризуется высокой точностью и производительностью.

Лазеры применяются в *голографии* для создания самих голограмм и получения голографического объемного изображения. Некоторые лазеры, например лазеры на красителях, способны генерировать монохроматический свет практически любой длины волны, при этом импульсы излучения могут достигать 10^{-16} с, а следовательно и огромных мощностей. Эти свойства используются в спектроскопии.

С использованием лазера удалось измерить расстояние до Луны с точностью до нескольких сантиметров. Лазерная локация космических объектов уточнила значение ряда фундаментальных астрономических постоянных и способствовала уточнению параметров космической навигации, расширила представления о строении атмосферы и поверхности планет Солнечной системы.

Применение лазеров в *метрологии и измерительной технике* не ограничивается измерением расстояний. Лазеры находят здесь разнообразнейшее применение: для измерения времени, давления, температуры, скорости потоков жидкостей и газов, угловой скорости, концентрации веществ, оптической плотности, разнообразных оптических параметров и характеристик.

Сверхскоростные импульсы лазерного излучения используются в *лазерной химии* для запуска и анализа химических реакций.

Лазеры используются и в *военных целях*, например, в качестве средств наведения и прицеливания. Рассматриваются варианты создания на основе мощных лазеров боевых систем защиты воздушного, морского и наземного базирования.

В *медицине* лазеры применяются как бескровные скальпели, используются при лечении офтальмологических заболеваний (катаракта, отслоение сетчатки, лазерная коррекция зрения и др.). Широкое применение лазеры получили также в *косметологии* (лазерная эпиляция, лечение сосудистых и пигментных дефектов кожи, удаление татуировок и пигментных пятен).

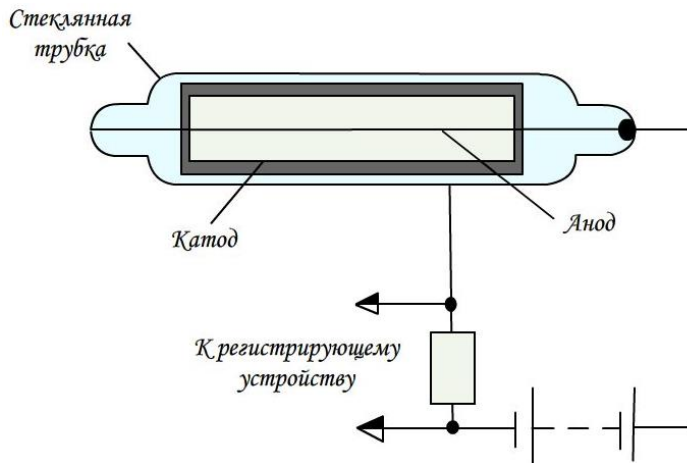
В настоящее время бурно развивается так называемая *лазерная связь*. Известно, что чем выше несущая частота канала связи, тем больше ее пропускная способность. Поэтому радиосвязь стремится переходить на все более короткие длины волн. Длина световой волны в среднем на шесть порядков меньше длины волны радиодиапазона, поэтому посредством лазерного излучения возможна передача гораздо большего объема информации. Лазерная связь осуществляется как по открытым, так и по закрытым световодным структурам, например, по оптическому волокну. Свет за счет явления полного внутреннего отражения может распространяться по нему на большие расстояния практически не ослабевая.

Для изучения взаимодействия лазерного излучения с веществом и получения управляемого термоядерного синтеза строят большие лазерные комплексы, мощность которых может превосходить 1 ПВт.

Практическая работа № 8 «Методы регистрации заряженных частиц»

Задание: Заполнить таблицу «Методы регистрации заряженных частиц» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Газоразрядный счетчик Гейгера

Счетчик Гейгера – один из важнейших приборов для автоматического подсчета частиц.

Счетчик состоит из стеклянной трубки, покрытой изнутри металлическим слоем (катод), и тонкой металлической нити, идущей вдоль оси трубки (анод). Трубка заполняется газом, обычно аргоном. Действие счетчика основано на ударной ионизации. Заряженная частица (электрон, α – частица и т. д.), пролетая в газе,

отрывает от атомов электроны и создает положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между анодом и катодом (к ним подводится высокое напряжение) ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, и ток через счетчик резко возрастает. При этом на нагрузочном резисторе R образуется импульс напряжения, который подается в регистрирующее устройство.

Для того, чтобы счетчик мог регистрировать следующую попавшую в него частицу, лавинный разряд необходимо погасить. Это происходит автоматически. Так как в момент появления импульса тока падение напряжения на нагрузочном резисторе R велико, то напряжение между катодом и анодом резко уменьшается – настолько, что разряд прекращается.

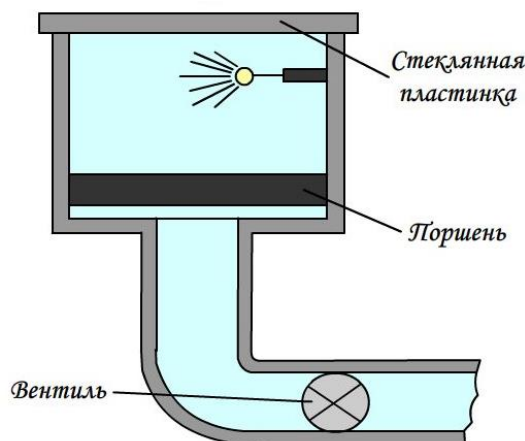
Счетчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов и γ – квантов (фотонов большой энергии). Однако непосредственно γ – кванты вследствие их малой ионизирующей способности не регистрируются. Для их обнаружения внутреннюю стенку трубки покрывают материалом, из которого γ – кванты выбивают электроны.

Счетчик регистрирует почти все попадающие в него электроны; что же касается γ – квантов, то он регистрирует примерно один γ – квант из ста. Регистрация тяжелых частиц (например α – частиц) затруднена, т.к. сложно сделать в счетчике достаточно тонкое окошко, прозрачное для этих частиц. В настоящее время созданы счетчики на других принципах.

Камера Вильсона

Счетчики позволяют лишь регистрировать факт прохождения через них частицы и фиксировать некоторые ее характеристики. В камере же Вильсона, созданной в 1912 году, быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать. Этот прибор можно назвать окном в микромир, т.е. мир элементарных частиц и состоящих из них систем.

Действие камеры Вильсона основано на конденсации



перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды. Эти ионы создает вдоль своей траектории движущаяся заряженная частица.

Камера Вильсона представляет собой герметически закрытый сосуд, заполненный парами воды или спирта, близкими к насыщению. При резком опускании поршня,

вызванном уменьшением давления под ним, пар в камере адиабатически расширяется. Вследствие этого происходит охлаждение, и пар становится перенасыщенным. Это неустойчивое состояние пара: пар легко конденсируется. Центрами конденсации становятся ионы, которые образует в рабочем пространстве камеры пролетевшая частица. Если частица проникает в камеру непосредственно перед расширением или сразу после него, то на ее пути появляются капельки воды. Эти капельки образуют видимый свет пролетевшей частицы – трек. Затем камера возвращается в исходное состояние, и ионы удаляются электрическим полем. В зависимости от размеров камеры время восстановления рабочего режима колеблется от нескольких секунд до десятков минут.

Информация, которую дают треки в камере Вильсона, значительно богаче той, которую могут дать счетчики. По длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины трека – ее скорость. Частицы с большим зарядом оставляют трек большей толщины.

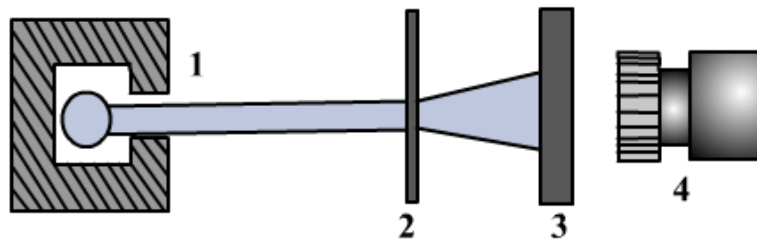
Советские физики П.Л. Капица и Д.В. Скобельцин предложили помещать камеру Вильсона в однородное магнитное поле. Магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу с определенной силой (силой Лоренца). Эта сила искривляет траекторию частицы, не изменяя модуля ее скорости. Трек имеет тем большую кривизну, чем больше заряд частицы и чем меньше ее масса. По кривизне трека можно определить отношение заряда частицы к ее массе.

Практическая работа № 9 «Опыт Резерфорда»

Задание: Заполнить таблицу «Опыт Резерфорда» и подготовить устный ответ.

Опыт	Схема установки	Ход опыта	Результат

Опыт Резерфорда



Радиоактивный препарат, например радий, помещался внутри свинцового цилиндра **1**, вдоль которого был высверлен узкий канал. Пучок α - частиц из канала падал на тонкую фольгу **2** из исследуемого материала (золото, медь и пр.). После рассеяния α - частицы попадали на полупрозрачный экран **3**, покрытый сульфидом цинка. Столкновение каждой частицы с экраном сопровождалось вспышкой света (сцинтилляцией), которую можно было наблюдать в микроскоп **4**. Весь прибор размещался в сосуде, из которого был откачан воздух.

При хорошем вакууме внутри прибора в отсутствие фольги на экране возникал светлый кружок, состоящий из сцинтилляций, вызванных тонким пучком α - частиц. Но когда на пути пучка помещали фольгу, α - частицы из-за рассеяния распределялись по экрану по кружку большей площади.

Модифицируя экспериментальную установку, Резерфорд попытался обнаружить отклонение α - частиц на большие углы. Совершенно неожиданно оказалось, что небольшое число α - частиц (примерно одна из двух тысяч) отклонились на углы, большие 90° .

Резерфорд понял, что α - частица могла быть отброшена назад лишь в том случае, если положительный заряд атома и его масса сконцентрированы в очень малой области

пространства. Так Резерфорд пришел к идее атомного ядра – тела малых размеров, в котором сконцентрированы почти вся масса и весь положительный заряд атома.

Из опытов Резерфорда непосредственно вытекает планетарная модель атома. В центре расположено положительно заряженное атомное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома. Электроны движутся вокруг ядра, подобно тому, как планеты обращаются вокруг Солнца.

Практическая работа № 10 «Нуклонный состав ядра. Энергия связи ядра атома»

Задание: Определить нуклонный состав ядра атома и вычислить искомые величины, используя формулы для расчета дефекта масс, энергии связи и удельной энергии связи ядра атома.

Тема: Энергия связи ядра.						
№	Элемент	Изотоп	Масса а.е.м.	Дефект масс а.е.м.	Энергия связи МэВ	Удельная энергия связи МэВ
1	Водород	${}^1_1\text{H}$	1,00783	?	?	?
2		${}^2_1\text{H}$	2,01410	?	?	?
3		${}^3_1\text{H}$	3,01605	?	?	?
4	Гелий	${}^3_2\text{He}$	3,01603	?	?	?
5		${}^4_2\text{He}$	4,0026	?	?	?
6	Литий	${}^6_3\text{Li}$	6,01513	?	?	?
7		${}^7_3\text{Li}$	7,01601	?	?	?
8	Бериллий	${}^8_4\text{Be}$	8,00531	?	?	?
9		${}^9_4\text{Be}$	9,01219	?	?	?
10	Бор	${}^{11}_5\text{B}$	11,0093	?	?	?
11	Азот	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307	?	?	?
12	Углерод	${}^{12}_6\text{C}$	12	?	?	?
13		${}^{13}_6\text{C}$	13,00335	?	?	?
14	Кислород	${}^{16}_8\text{O}$	15,99491	?	?	?
15	Фтор	${}^{19}_9\text{F}$	18,99843	?	?	?
16	Алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26,98153	?	?	?
17	Фосфор	${}^{30}_{15}\text{P}$	29,97867	?	?	?
18	Радон	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	222,01922	?	?	?
19	Радий	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	226,02435	?	?	?
20	Уран	${}^{235}_{92}\text{U}$	235,04299	?	?	?
21		${}^{238}_{92}\text{U}$	238,05006	?	?	?
22	Нептуний	${}^{237}_{93}\text{Np}$	237,04706	?	?	?
23	Плутоний	${}^{239}_{94}\text{Pu}$	239,05122	?	?	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение энергии связи ядра атома.
2. Дать определение удельной связи ядра атома..

Практическая работа № 11 «Применение радиоактивных изотопов»

Задание: Заполнить таблицу «Применение радиоактивных изотопов»

Область применения	Способы применения

Применение радиоактивных изотопов

Радиоактивные изотопы в биологии и медицине.

Одним из наиболее выдающихся исследований, проведенных с помощью меченных атомов, явилось исследование обмена веществ в организмах. Было доказано, что за сравнительно небольшое время организм подвергается почти полному обновлению. Слагающие его атомы заменяются новыми.

Лишь железо, как показали опыты по изотропному исследованию крови, является исключением из этого правила. Железо входит в состав гемоглобина красных кровяных шариков. При введении в пищу радиоактивных атомов железа $^{59}_{26}\text{Fe}$ было обнаружено, что они почти не поступают в кровь. Только в том случае, когда запасы железа в организме иссякают, железо начинает усваиваться организмом.

Если не существует достаточно долгоживущих радиоактивных изотопов, как, например, у кислорода и азота, меняют изотопный состав стабильных элементов. Так, добавлением к кислороду избытка изотопа ^{18}O было установлено, что свободный кислород, выделяющийся при фотосинтезе, первоначально входил в состав воды, а не углекислого газа.

Радиоактивные изотопы применяются в медицине как для постановки диагноза, так и для терапевтических целей.

Радиоактивный натрий, вводимый в небольших количествах в кровь, используется для исследования кровообращения.

Йод интенсивно отлагается в щитовидной железе, особенно при базедовой болезни. Наблюдая с помощью счетчика за отложением радиоактивного йода, можно быстро поставить диагноз. Большие дозы радиоактивного йода вызывают частичное разрушение аномально развивающихся тканей, и поэтому радиоактивный йод используют для лечения базедовой болезни.

Интенсивное γ -излучение кобальта используется при лечении раковых заболеваний.

Изотопы служат для изучения миграции рыб и качества удобрений, развития живого организма и движения ила в устьях реки.

Радиоактивные изотопы в промышленности.

Не менее обширны применения радиоактивных изотопов в промышленности. Одним из примеров этого может служить следующий способ контроля износа поршневых колец в двигателях внутреннего сгорания. Облучая поршневое кольцо нейтронами, вызывают в нем ядерные реакции и делают его радиоактивным. При работе двигателя частички материала попадают в смазочное масло. Исследуя уровень радиоактивности масла после определенного времени работы двигателя, определяют износ кольца.

Радиоактивные изотопы позволяют судить о диффузии металлов, процессах в доменных печах и т.д. Мощное γ -излучение радиоактивных препаратов используют для исследования внутренней структуры металлических отливок с целью обнаружения в них дефектов.

Области использования изотопов многочисленны: определение качества отливок и сварных швов, расхода и скорости течения жидкости. С их помощью определяют течи в подземных трубопроводах, качество смешивания различных материалов, толщину и надежность лаковых покрытий.

Радиоактивные изотопы в сельской местности.

Все более широкое применение получают радиоактивные изотопы в сельском хозяйстве. Облучение семян растений (хлопчатника, капусты, редиса и др.) небольшими дозами γ -лучей от радиоактивных препаратов приводит к заметному повышению урожайности.

Большие дозы радиации вызывают мутации у растений и микроорганизмов, что в отдельных случаях приводит к появлению мутантов с новыми ценными свойствами

(радиоселекция). Так выведены ценные сорта пшеницы, фасоли и других культур, а также получены высокопродуктивные микроорганизмы, применяемые в производстве антибиотиков. Гамма излучение радиоактивных изотопов используется также для борьбы с вредными насекомыми и для консервации пищевых продуктов.

Широкое применение получили меченные атомы в агротехнике. Например, чтобы выяснить, какое из фосфорных удобрений лучше усваивается растением, помечают различные удобрения радиоактивным фосфором $^{32}_{15}\text{P}$. Исследуя затем растение на радиоактивность, можно определить количество усвоенного ими фосфора из разных сортов удобрения.

Радиоактивные изотопы в археологии.

Интересное применение для определения возраста древних предметов органического происхождения (дерева, древесного угля, тканей и т.д.) получил метод радиоактивного углерода. В растениях всегда имеется β -радиоактивный изотоп углерода $^{14}_6\text{C}$ с периодом полураспада $T = 5700$ лет. Он образуется в атмосфере Земли в небольшом количестве из азота под действием нейтронов. Последние же возникают за счет ядерных реакций, вызванных быстрыми частицами, которые поступают в атмосферу из космоса (космические лучи).

Соединяясь с кислородом, этот углерод образует углекислый газ, поглощаемый растениями, а через них и животными. Один грамм углерода из образцов молодого леса испускает около пятнадцати β -частиц в секунду.

После гибели организма пополнение его радиоактивным углеродом прекращается. Имеющееся же количество этого изотопа убывает за счет радиоактивности. Определяя процентное содержание радиоактивного углерода в органических остатках, можно определить их возраст, если он лежит в пределах от 1000 до 50 000 и даже до 100 000 лет. Таким методом узнают возраст египетских мумий, остатков доисторических костров и т.д.

Практическая работа № 12 «Ядерные реакции. Энергетический состав ядерной реакции»

Задание: Дописать заданную ядерную реакцию и вычислить ее энергетический выход.

Тема: Ядерные реакции. 1			
1	$^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{p}$	9	$^2_1\text{H} + ? \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$
2	$^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow ^{15}_8\text{O} + \gamma$	10	$^{94}_{42}\text{Mo} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{95}_{43}\text{Tc} + ?$
3	$^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^4_2\text{He}$	11	$^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ?$
4	$^4_2\text{He} + ? \rightarrow ^{18}_9\text{F}$	12	$^{27}_{14}\text{Si} \rightarrow ^{27}_{13}\text{Al} + ?$
5	$^{198}_{80}\text{Hg} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{198}_{79}\text{Au} + ?$	13	$? + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^1_1\text{p}$
6	$^9_4\text{Be} + ^2_1\text{H} \rightarrow ? + ^1_0\text{n}$	14	$? + ^1_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^4_2\text{He}$
7	$^7_3\text{Li} + ^4_2\text{He} \rightarrow ? + ^1_0\text{n}$	15	$^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ? + ^1_1\text{H}$
8	$? + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$	16	$^{14}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{15}_8\text{O} + ?$
Тема: Ядерные реакции. 2			
1	$^{27}_{13}\text{Al} (n, \alpha) X$	9	$^{14}_7\text{N} (x, \alpha) ^{11}_5\text{B}$
2	$^{55}_{25}\text{Mn} (x, n) ^{55}_{26}\text{Fe}$	10	$X (n, p) ^{198}_{79}\text{Au}$
3	$^{14}_7\text{N} (n, x) ^{14}_6\text{C}$	11	$^7_3\text{Li} (x, n) ^{10}_5\text{B}$
4	$^{19}_9\text{F} (p, x) ^{16}_8\text{O}$	12	$X (\alpha, p) ^{17}_8\text{O}$
5	$^{27}_{13}\text{Al} (\alpha, p) X$	13	$X (\alpha, p) ^{30}_{14}\text{Si}$
6	$X (p, \alpha) ^{22}_{11}\text{Na}$	14	$^2_1\text{H} (n, \gamma) X$
7	$^{14}_7\text{N} (\alpha, p) X$	15	$^{14}_7\text{N} (x, p) ^{17}_8\text{O}$
8	$X (p, \gamma) ^{15}_8\text{O}$	16	$^{14}_7\text{N} (n, x) ^{11}_5\text{B}$

Контрольные вопросы:

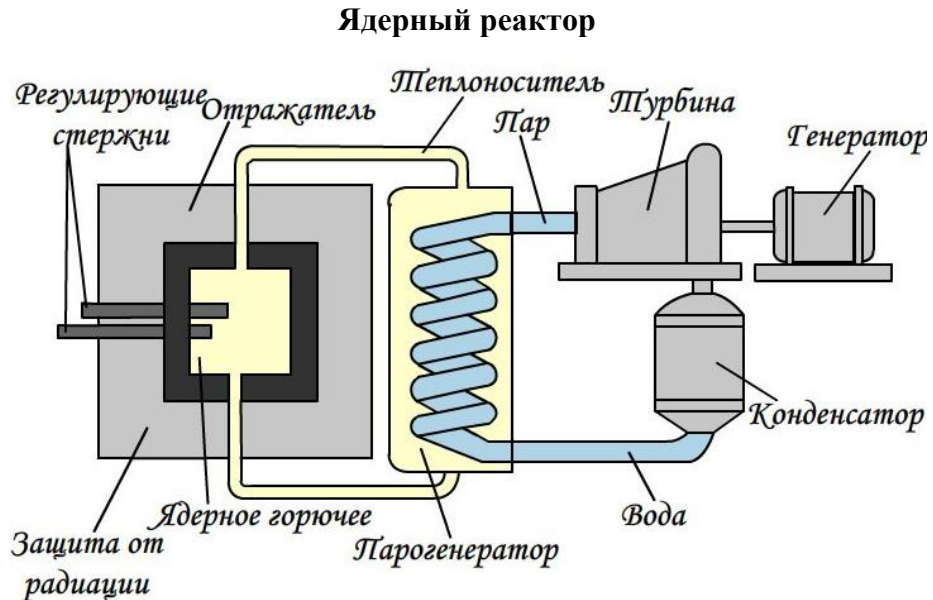
1. Дать определение энергетического выхода ядерной реакции.

2. Дать определение цепной ядерной реакции.

Практическая работа № 13 «Ядерный реактор»

Задание: Заполнить таблицу «Ядерный реактор» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Основными элементами ядерного реактора являются: ядерное горючее ($^{235}_{92}\text{U}$; $^{239}_{94}\text{Pu}$; $^{238}_{92}\text{U}$ и т. д.), замедлитель нейтронов (тяжелая или обычная вода, графит и др.), теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.) и устройства для регулирования скорости реакции (вводимые в рабочее пространство реактора стержни, содержащие кадмий или бор – вещества, которые хорошо поглощают нейтроны). Снаружи реактор окружают защитной оболочкой, задерживающей γ – излучение и нейтроны. Оболочку делают из бетона с железным наполнителем.

Лучшим замедлителем является тяжелая вода. Обычная вода сама захватывает нейтроны и превращается в тяжелую воду. Хорошим замедлителем считается также графит, ядра которого не поглощают нейтроны.

Теплота, выделившаяся в ядерном реакторе, поступает по теплоносителю в парогенератор, где вода превращается в пар. Пар поступая в турбину, заставляет ее вращаться. Генератор преобразует механическую энергию вращения турбины в электрическую энергию. Отработанный пар поступает в конденсатор, где охлаждаясь, превращается в воду.

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учеб. для 10 кл. образоват. учреждений – М.: Просвещение, 1996
2. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования, М.: Издательский центр «Академия» 2011г.
3. Громов С.В. Физика. Теория относительности. Электродинамика: Учеб. для 10 кл. образоват. Учреждений – М.: Просвещение, 2003
4. С.М Кокин, В.А Селезнев «Физика на железнодорожном транспорте» Москва, 1995г
5. В.П. Демкович "Сборник задач по физике для учащихся СПТУ" Москва, "ВШ", 1987г.
6. Г.Н. Степанова "Сборник задач по физике 10-11" Москва, "Просвещение", 2000г
7. А.П. Рымкевич "Сборник задач по физике" Москва, "Просвещение", 1992г
8. Л.Н. Скрябин "Дидактический материал по физике" Москва, "Просвещение", 1989г
9. Р.Д. Миньков, А.К. Свириденко "Проверочные задания по физике" Москва, "Просвещение", 1992г
10. И.А. Пеньков, Д.Н. Городецкий "Проверочные работы по физике в СПТУ" Минск, "ВШ", 1982г