

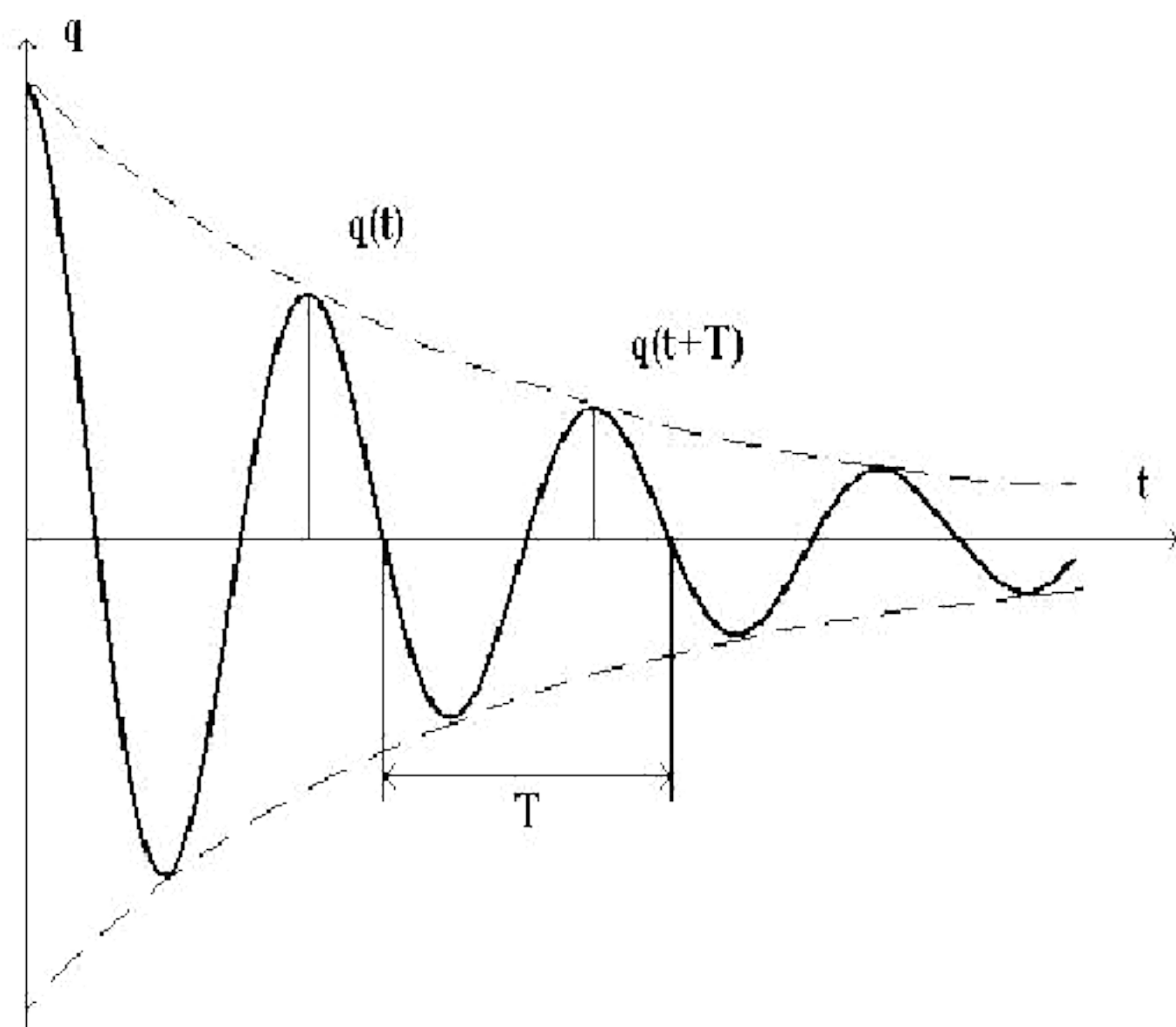


Рис. 3.

Для малых значений R получим

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (10)$$

В соответствии с уравнением (9) при увеличении сопротивления контура R , период колебаний будет, стремясь к бесконечности при

$$R = R_{кр} \quad (11)$$

Это означает, что колебательный процесс переходит в апериодический. Используя уравнения (4) и (5) из выражения (11) можно получить значение критического сопротивления:

$$R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (12)$$

Для характеристики затухания колебаний часто пользуются **логарифмическим декрементом затухания** и **добротностью** Q .

Логарифмический декремент затухания равен натуральному логарифму отношения амплитуд колебаний, соответствующих двум моментам времени, отличающимся на период:

$$\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} \quad (13)$$

Здесь A – амплитуда колебаний величины заряда, тока или напряжения (рис. 3).

Используя уравнение (7), получим

$$\delta = \ln \frac{q_0 e^{-\beta t}}{q_0 e^{-\beta(t+T)}} = \beta T$$

Для небольших значений R, с учетом уравнений (4) и (10), логарифмический декремент затухания можно определить через параметры контура:

$$\delta = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (14)$$

Пусть время релаксации, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в $e^{2.7}$ раз, N_e число колебаний совершенных за время релаксации. Тогда можно легко доказать, что

$$\delta = \frac{1}{N_e} \quad (15)$$

Добротность Q представляет собой умноженное на 2 отношение энергии $W(t)$ в данный момент времени t , к энергии, теряемой за период колебания T :

$$Q = 2\pi \frac{W(t)}{W(t) - W(t+T)} \quad (16)$$

Если в начальный момент времени ($t = 0$) энергия контура состоит из энергии заряженного конденсатора, то

$$W(t) = \frac{q_0^2}{2C} \quad (17)$$

Энергия контура через время, равное периоду, уменьшится в соответствии с уменьшившимся зарядом:

$$W(t+T) = \frac{(q_0 e^{-\beta T})^2}{2C} \quad (18)$$

Подставив выражения (17) и (18) в уравнение (16), получим

$$Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\beta T}} = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\delta}} \quad (19)$$

Известно соотношение $e^x \approx 1+x$, выполняющееся для малых значений x : ($x \ll 1$).

С учетом этого выражение (19) упростится:

$$Q = \frac{\pi}{\delta} \quad (20)$$

Добротность можно выразить и через параметры контура, применив формулу (14):

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (21)$$

Из уравнений (20) и (15) следует также, что добротность пропорциональна числу колебаний в контуре, совершившихся за время релаксации, в течение которого амплитуда уменьшается в e раз:

$$Q = N_e.$$

В ряде случаев колебательный процесс можно исследовать, изучая взаимозависимость между напряжением u и током i в контуре.

График, изображающий эту зависимость, называется фазовой кривой. Состояние колебательной системы для любого момента времени изобразится точкой на этой кривой (рис. 4).

Уравнение фазовой кривой можно получить, используя зависимости тока и напряжения от времени.

Из выражения (7) и соотношения $u=q/C$ следует, что

$$u = \frac{q_0}{C} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha).$$

Сделаем замену $U_0 = q_0/C$, и получим зависимость напряжения на конденсаторе от времени:

$$u = U_0 \cdot e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha), \quad (22)$$

где U_0 — начальная разность потенциалов.

Из уравнения (7) можно определить и зависимость тока в контуре от времени

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} [q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha)] =$$

$$= q_0 e^{-\beta t} [-\omega \sin(\omega t + \alpha) - \beta \cos(\omega t + \alpha)].$$

Для малых затуханий, тогда

$$i = -q_0 \cdot \omega \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin(\omega t + \alpha).$$

Обозначим $I_0 = q_0$, тогда $i = -I_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \alpha)$, то есть

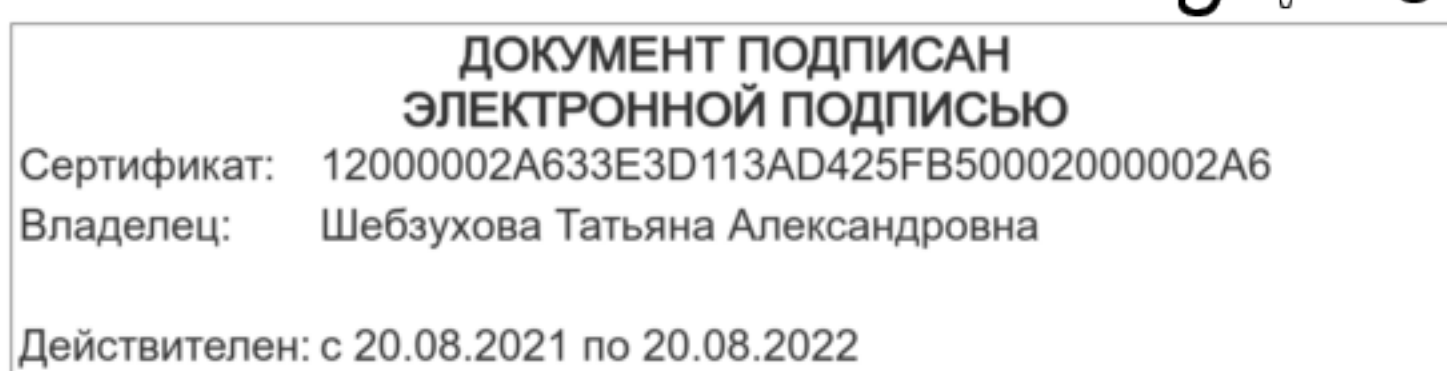
$$i = I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha + \frac{\pi}{2}). \quad (23)$$

Сравнив выражения (22) и (23), можно увидеть, что колебания силы тока

опережают по фазе на $\frac{\pi}{2}$ колебания напряжения на конденсаторе.

Преобразуем выражения (22) и (23) следующим образом:

$$\frac{u}{U_0} = e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha),$$



$$\frac{i}{I_0} = -e^{-\beta t} \sin(\omega t + \alpha)$$

Если возвести эти уравнения в квадрат и сложить, то получим уравнение фазовой кривой:

$$\left(\frac{i}{I_0}\right)^2 + \left(\frac{U}{U_0}\right)^2 = e^{-2\beta t} \quad (24)$$

В случае незатухающих колебаний ($R = 0, \beta = 0$) фазовая кривая имеет форму эллипса (рис. 4,а). Для реального контура ($R > 0, R < R_{кр}$) фазовая кривая представляет собой скручивающуюся спираль, причем большему сопротивлению контура соответствует большее затухание (рис. 4,б и рис.4,в).

При апериодическом колебании, когда сопротивление контура больше критического ($R > R_{кр}$), фазовая кривая вырождается в линию, изображенную на рис. 4,г.

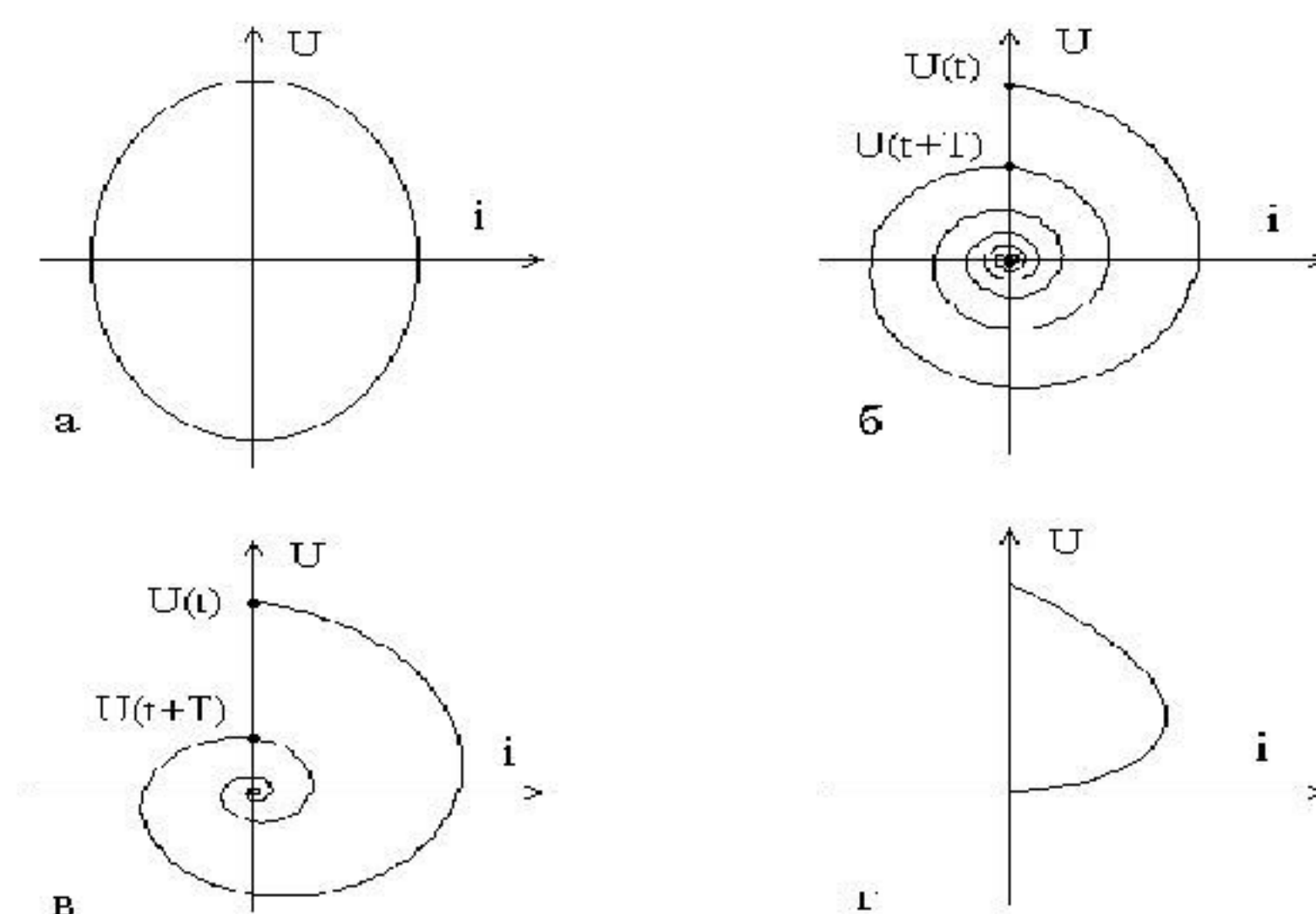


Рис.4.

Оборудование и материалы.

Лабораторная установка состоит из осциллографа и стенда, содержащего две катушки индуктивности, два конденсатора, магазин сопротивлений и генератор импульсов.

Генератор вырабатывает короткие положительные импульсы, в результате этого конденсатор колебательного контура периодически получает некоторый электрический заряд. В промежутках времени между импульсами в контуре будут совершаться затухающие колебания. Графики этих колебаний можно будет наблюдать на экране осциллографа и, далее, по ним определять период, логарифмический декремент затухания, добротность, критическое сопротивление.

Необходимые для расчетов параметры элементов контура указаны на стенде.

Указание по технике безопасности.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности.

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

3. При выполнении лабораторных работ студентам запрещается:
 - включать схемы под напряжением без проверки преподавателя;
 - прикасаться к незащищённым изоляцией частям схемы, находящихся под напряжением;
 - определять наличие напряжения на элементах цепи при помощи пальцев; проверка наличия напряжения производится только с помощью вольтметра и в присутствии преподавателя;
 - при работе на лабораторной установке прикасаться одновременно стен, радиаторов системы отопления и других металлических предметов;
 - включать рубильники, нажимать кнопки, прикасаться к электрическому оборудованию, не относящемуся к данной лабораторной работе без ведома преподавателя;
 - производить по ходу выполнения работы переключения в схеме, не обесточив её;
 - бросать соединительные провода на пол и на исследуемую установку;
 - заменять сгоревшие предохранители на рабочих щитах при включённых рубильниках;
 - класть на рабочий стол посторонние предметы;
 - входить в лабораторию в верхней одежде;
 - курить и зажигать огонь.
4. Перед включением схемы обязательно предупредить членов бригады: «Осторожно! Включаю!».
5. При работе на установках, в которых может наблюдаться резонанс, соблюдать особую осторожность.
6. При наличии в схеме конденсаторных батарей, необходимо после отключения питания их разрядить под наблюдением преподавателя.
7. При обнаружении каких – либо неисправностей, исчезновения напряжения в сети, а также при несчастном случае, немедленно прекратить работу, отключить установку от электропитания и сообщить преподавателю.
8. Помнить, что при отключении цепей постоянного тока с индуктивностью возможно кратковременное резкое повышение напряжения.
9. Студенты, нарушившие правила техники безопасности, не допускаются к дальнейшей работе в лаборатории и привлекаются к ответственности.

Задания.

1. Собрать схему согласно рис. 5. Сопротивление магазина R_m сделать равным нулю. Индуктивность и емкость контура выбрать произвольно, внести их параметры в табл. 11.1.

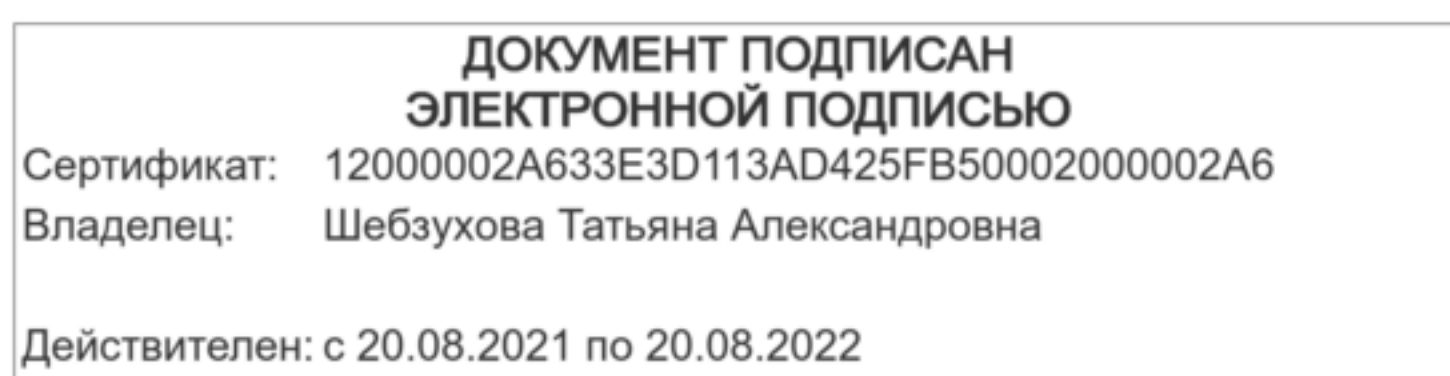
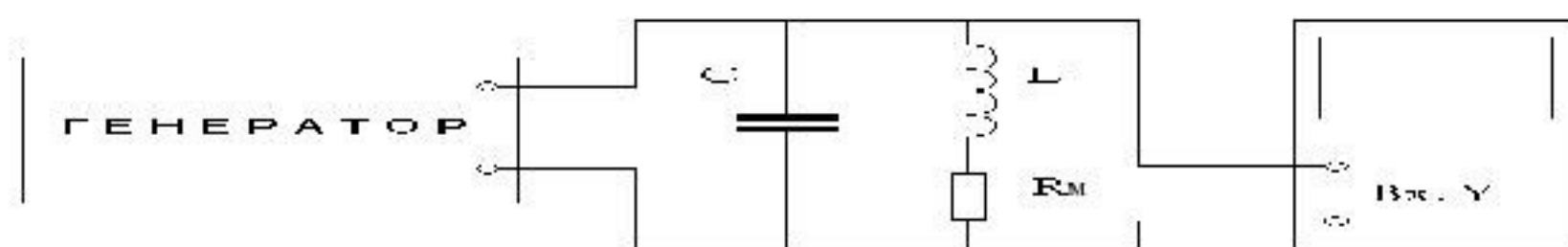


Рис. 5.

2. Включить осциллограф, прогреть его в течение 1-2 минут. Ручкой “Фокус” хорошо сфокусировать луч, чтобы уменьшить ошибку измерений.

3. Включить генератор. С помощью ручек управления разверткой осциллографа добиться неподвижной картины колебаний так, чтобы обеспечить достаточно точное измерение временных интервалов и амплитуд колебаний.

4. С помощью полученной осциллограммы, аналогичной рис. 3, измерить период колебаний T_0 при минимальном сопротивлении контура, т.е. при $R_M = 0$, результат внести в табл. 1 в миллисекундах.

Для повышения точности можно измерить промежуток времени, соответствующий нескольким периодам колебаний, разделить его на число периодов и, таким образом, определить длительность одного периода.

5. Увеличивая сопротивление магазина R_M , проследить за возрастанием скорости затухания колебаний и определить критическое сопротивление контура, соответствующее переходу от периодических колебаний к аperiodическим (т.е. переходу осциллограммы от рис. 2,в к рис. 2,г):

$$R_{кр} = R_L + R_M,$$

где R_L собственное сопротивление катушки индуктивности. Полученное значение $R_{кр}$ внести в табл. 1.

6. Уменьшить сопротивление R_M , например, вдвое от $R_{кр}$. В контуре вновь возникнут затухающие периодические колебания. Определить период этих колебаний T и вместе с полученным значением сопротивления контура ($R = R_L + R_M$) занести в табл. 1. Убедиться в различии периодов колебаний T_0 и T , соответствующих различным значениям сопротивления контура.

Таблица 1.

№	C, мкФ	L, мГн	R_L , Ом	T_0 , мс	$R_{кр}$, Ом	R_M , Ом	R, Ом	T, мс
1								
2								
3								
...								
...								

7. Повторить измерения по пунктам 4 – 6 три раза для различных комбинаций L и C

8. Для выбранных значений емкости C, индуктивности L, сопротивления R_L и полного сопротивления контура R, внесенных в табл. 1, вычислить и занести в табл. 2 теоретические значения:

T_0 – по формуле (10); T – по формуле (9);

$R_{кр}$ – по формуле (14),

Q – по формуле (20).

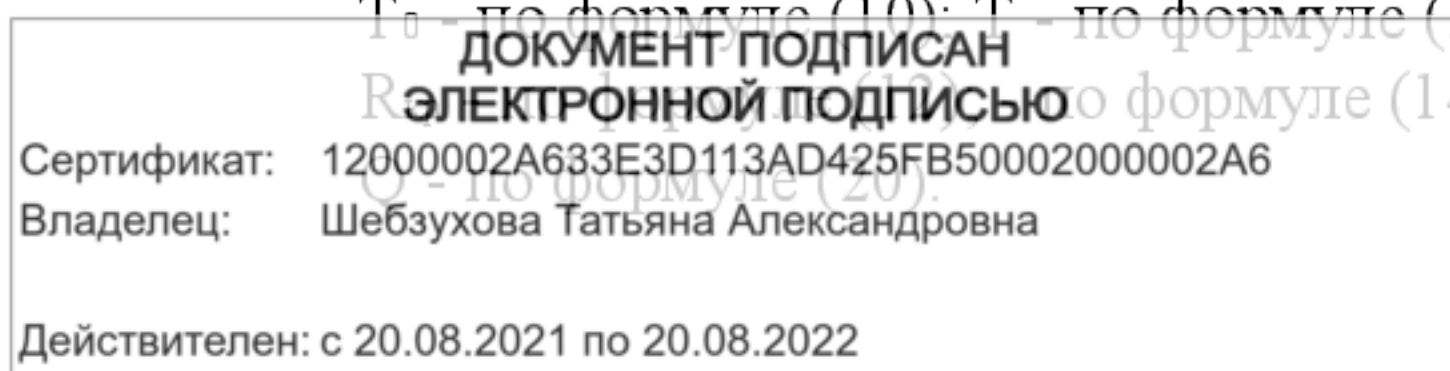


Таблица 2.

№	T_0 , мс	T , мс	$R_{кр}$, Ом		Q
1					
2					
3					
...					
...					

9. Для произвольных значений L и C исследовать зависимость логарифмического декремента затухания от сопротивления контура. Увеличивая сопротивление контура с помощью магазина сопротивлений R , измерить амплитуды A_1 и A_2 , которые соответствуют моментам времени, отличающимся на период (рис. 3).

Результаты измерений внести в табл. 3. Подсчитать экспериментальные значения логарифмического декремента затухания δ по формуле (13), по формуле (14) его теоретические значения τ .

Таблица 3

№	R , Ом	A_1 , мм	A_2 , мм	δ	τ
1					
2					
3					
4					
5					

10. Для наблюдения фазовых кривых собрать схему по рис. 6.

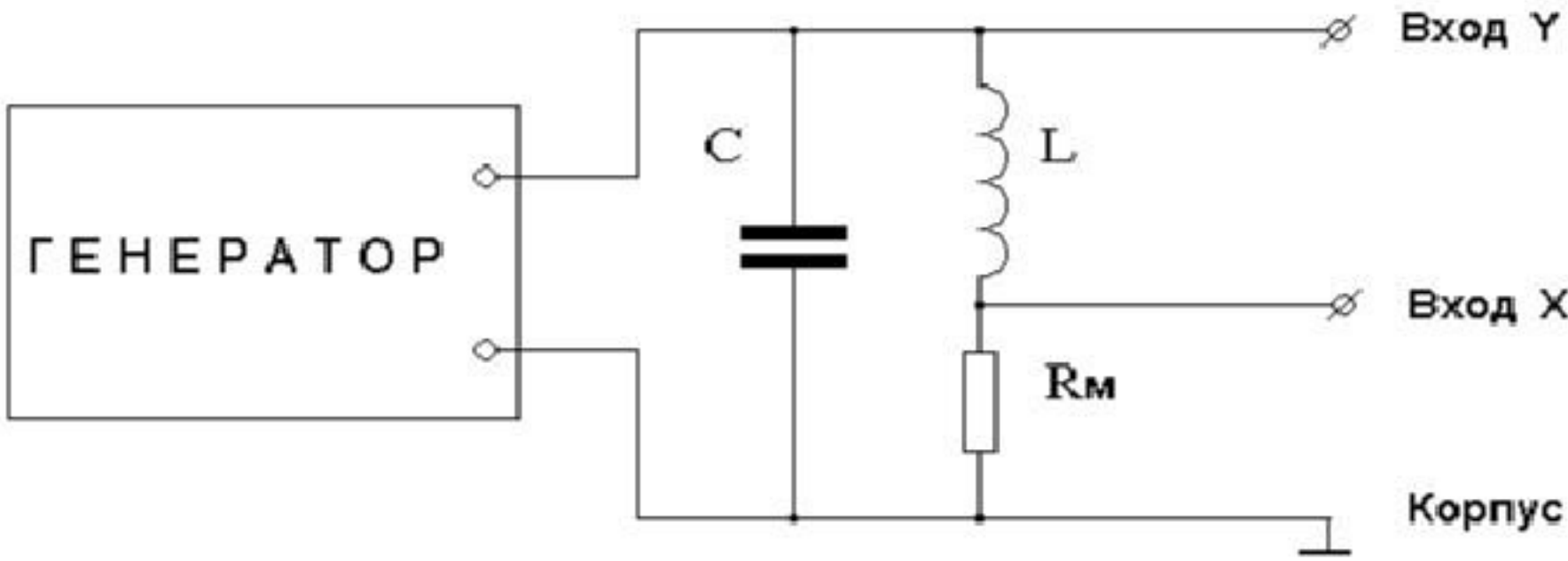


Рис. 6.

При этом на вход X подается сигнал с сопротивления R_m , который находится в фазе с током в контуре. На вход Y подается сигнал, находящийся в фазе с напряжением. Наблюдая фазовые кривые для различных сопротивлений контура, можно исследовать влияние емкости и индуктивности на фазовую кривую и уточнить значение критического сопротивления для различных значений емкости и индуктивности (рис. 4,г).

С помощью фазовых кривых можно провести также измерения по п.9 (рис. 4,б).

11. Для одновременного наблюдения осциллограмм колебаний тока и напряжения и определения сдвига фаз между ними собрать схему в соответствии с рис. 7.

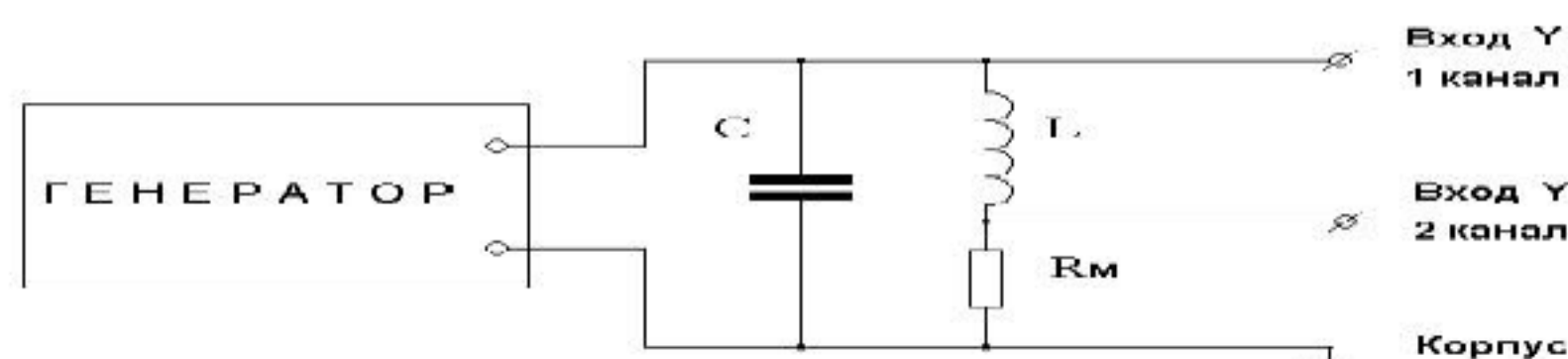


Рис. 7.

На входы Y первого и второго каналов осциллографа подаются сигналы, пропорциональные напряжению и току в контуре. Убедиться в наличии сдвига фаз этих колебаний, оценить величину этого сдвига.

Содержание отчета.

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект основных законов, определений, понятий, формул;
- основное оборудование, схема установки;
- описание по пунктам выполненной работы;
- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);
- оценка погрешностей;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

Контрольные вопросы.

1. Рассказать об электрических колебаниях в контуре.
2. Дать определение амплитуды, частоты, фазы, периода колебаний.
3. Какой процесс называется апериодическим? Что такое критическое сопротивление? Вывести уравнение (12).
4. Какие превращения энергии имеют место при периодическом и апериодическом процессах?
5. Какие формулы описывают энергию электрического поля конденсатора и энергию магнитного поля катушки.
6. Вывести уравнение затухающих электрических колебаний.
7. Что такое логарифмический декремент затухания? Объяснить его физический смысл, вывести уравнение (15).
8. Пояснить физический смысл добротности контура. Вывести уравнение (20).
9. Что называется фазовой кривой? Получить уравнение этой кривой.
10. Вывести уравнение (7), применив закон Ома для неоднородной замкнутой цепи.
11. Какова величина сдвига фаз между колебаниями тока и напряжения в идеальном колебательном контуре? Как можно измерить ее в реальных условиях?
12. Рассказать о практическом применении колебательного контура в технике.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Лабораторная работа № 13

Тема работы: Определение удельного заряда электрона методом магнетрона

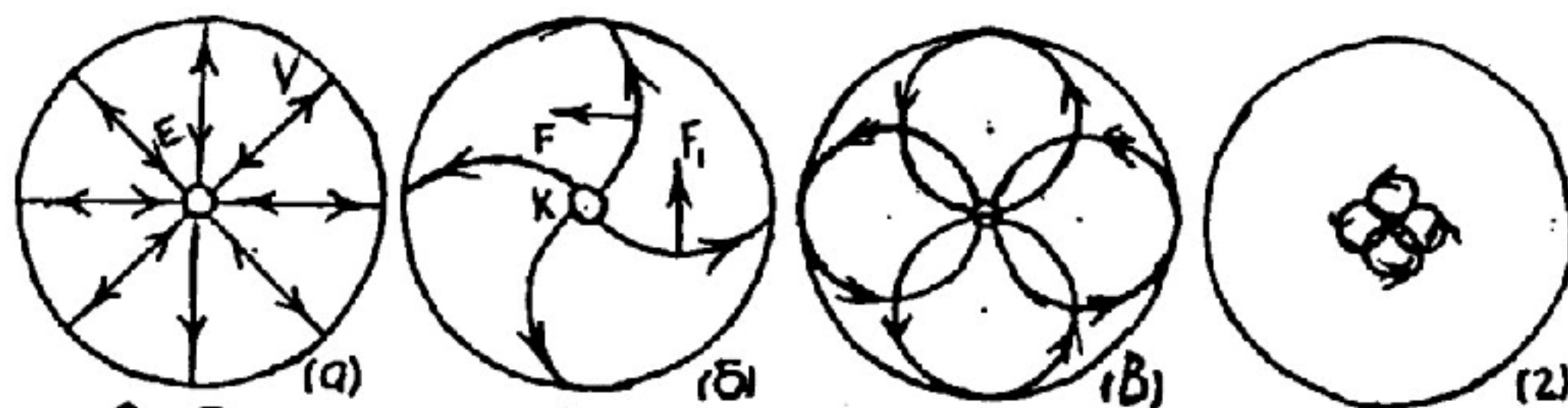
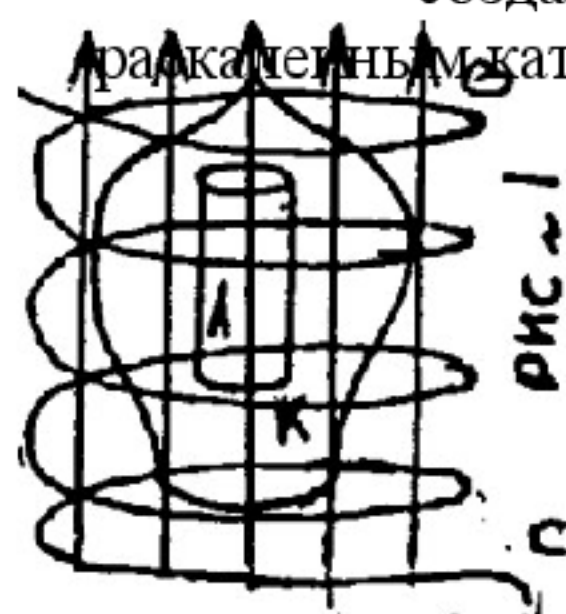
Цель работы. изучение движений зарядов в электрических и магнитных полях, измерение удельного заряда электрона.

Теоретическая часть.

Удельным зарядом частицы называют отношение ее заряда Q к массе m . Именно удельным зарядом Q/m описывается главным образом поведение частицы в электрических и магнитных полях.

В настоящей работе определяется удельный заряд наиболее часто встречающейся в практике частицы-электрона методом магнетрона. Магнетрон- электронный прибор, в котором поток электронов одновременно управляется взаимно - перпендикулярными электрическим и магнитным полями. В современной технике магнетрон используется для генерирования сверхкоротких электромагнитных волн например в радиолокации, СВЧ-технике.

В лабораторной работе в качестве магнетрона используется двухэлектродная лампа с цилиндрическим анодом А и прямолинейным катодом К, расположенным на оси анода, помещенная в аксиальное (направленное вдоль оси анода) магнитное поле с индукцией B , созданное достаточно длинным соленоидом С рис.1 Электроны испускаемые катодом под действием электрического поля разностью потенциалов между катодом и анодом при отсутствии магнитного поля движутся по радиальным траекториям (рис.2а).



$B=0$

$B_{кр} > B > 0$

$B=B_{кр}$

$B > B_{кр}$

Рис.2

Как известно разность потенциалов численно равна работе по переносу единичного заряда из одной точки поля в другую. В данном случае разность потенциалов, равная анодному напряжению U_A , совершает перенос от катода к аноду электрона зарядом $Q=e=1,610^{-19}$ Кл. И выполняемая электрическим полем работа $A=eU_A$ идет на сообщение электрону кинетической энергии, равной $mv^2/2$.

$$\frac{mV^2}{2}$$

$eU_A =$

достигшего анода будет равной

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

$$V = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad (1)$$

Следует заметить, что электрическое поле между анодом и катодом резко неоднородно. Густота силовых линий, а следовательно, и напряженность поля E , вблизи катода много больше чем в средней и прианодной области (рис.2а). Поскольку напряженность есть градиент потенциала, то есть равна изменению потенциала на единице расстояния вдоль силовой линии, анодное напряжение U_A распределено в пространстве между анодом и катодом неравномерно. Основная часть его падает на прикатодном участке силовых линий. Идеализируя, можно считать, что все анодное напряжение падает на очень малом участке вблизи катода, на котором и происходит разгон электронов, а дальше, т.е. практически на всем своем пути от анода к катоду, электроны движутся с практически постоянной по величине скоростью. Эта скорость и определяется по формуле (1).

Если по длинному соленоиду пропустить ток силой I_c , то внутри его создается однородное магнитное поле с индукцией

$$B = \frac{\mu_0 N I_c}{l} \quad (2)$$

где μ - магнитная проницаемость среды (в данном случае $\mu = 1$); $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; N - число витков соленоида ($N=2000$); l - длина соленоида.

Как известно, на электрон, движущийся в магнитном поле действует сила Лоренца

$$\vec{F} = e \vec{V} \times \vec{B} \quad (3)$$

Так как в силу конструкции магнетрона векторы $\vec{V}$ и $\vec{B}$ ортогональные, то величина силы Лоренца будет равна

$$F = eVB, \quad (4)$$

а ее направление $\vec{F}$ определяется из векторного произведения (3) или по правилу левой руки с учетом отрицательного знака заряда электрона (рис.2б). Из формулы Лоренца (3) следует, что магнитное поле в отличие от электрического действует только на движущуюся частицу: при $V=0$, $F=0$. Кроме того это действие не приводит к изменению величины скорости частицы. Действительно элементарная работа силы Лоренца dA_L равна $dA_L = F dr \cos \alpha$, где α - угол между перемещением частицы dr и силы F . Из

векторного произведения (3) следует, что $F \perp V$, следовательно $F \perp dr$ (т.к. $\frac{dr}{dt} = V$) и $\cos \alpha = 0$. Значит, работа силы Лоренца dA_L равна нулю, т.е. в магнитном поле

кинетическая энергия частицы $\frac{mV^2}{2}$ остается неизменной и ее скорость по величине постоянной ($V = \text{const}$) таким образом магнитное поле не ускоряет частицы (не изменяет величины их скорости), а только искривляет их траекторию. Сила Лоренца является силой центростремительной, и по второму закону Ньютона имеем

$$F = eVB = \frac{mV^2}{r} \quad (5)$$

где r - радиус кривизны траектории частицы (электрона).

$$r = \frac{V}{eB} \quad (6)$$

Как видно из формулы (6) в однородном ортогональном магнитном поле ($B=\text{const}$) траектория частицы- окружность ($r=\text{const}$). При этом учтено, что $V=\text{const}$, т.к. магнитное поле электроны не ускоряет, а геометрия электрического поля в данном магнетроне позволяет считать их скорости практически неизменными на большей части пути от анода к катоду, о чем писалось выше.

С ростом индукции магнитного поля B радиусы траектории электронов уменьшаются и при некотором значении $B=B_{\text{кр}}$ (критическое) они станут равными половинным расстояния между анодом и катодом (рис. 2 в)

$$r = \frac{R_A + R_K}{2} \quad (7)$$

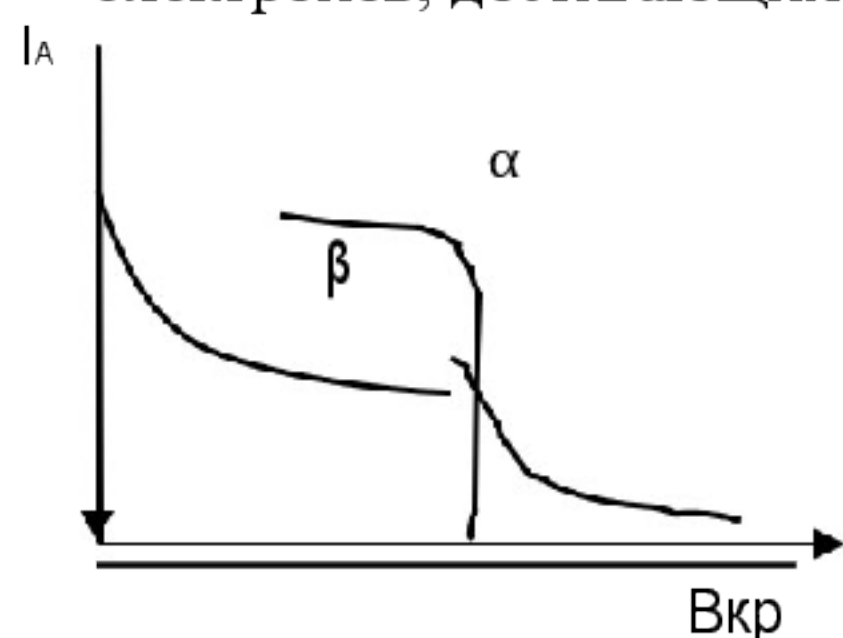


Рис. 3

электронов из формулы (1)

В этом случае электроны перестанут достигать анода и будут по окружности возвращаться к катоду. При этом анодный ток I_A лампы, пропорциональный количеству электронов, достигающих анода в единицу времени, резко уменьшается теоретически до нуля (кривая (а) на рис.3). При дальнейшем увеличении

индукции магнитного поля ($B > B_{\text{кр}}$) электроны будут круче заворачивать к катоду, а анодный ток останется равным нулю (рис.2). Наблюдение скачкообразного уменьшения анодного тока магнетрона в зависимости от величины магнитного поля лежит в основе используемого метода определения удельного заряда электрона. Расчетная формула для e/m легко получается из выражения для радиуса кривизны (6), если учесть его критическое значение (7) и выразить скорость

$$\frac{R_A + R_K}{2} = \frac{V}{\frac{e}{m} B_{\text{кр}}} = \frac{\sqrt{2 \frac{e}{m} U_A}}{\frac{e}{m} B_{\text{кр}}} \quad \text{Откуда получим:} \quad \frac{e}{m} = \frac{8 U_A}{B_{\text{кр}}^2 (R_A + R_K)^2}$$

Выражая $B_{\text{кр}}$ из формулы (2) окончательно найдем, что

$$\frac{e}{m} K \frac{U_A}{I_{\text{кр}}^2} = \frac{2l}{N(R_A + R_K)^2} \quad (8)$$

где l — длина катушки, N — число витков, R_A, R_K — радиусы анода и катода

Через $I_{\text{кр}}$ обозначено значение тока соленоида I_s соответствующее индукции $B=B_{\text{кр}}$. Коэффициент K зависит только от конструктивных данных магнетрона.

Таким образом, для определения удельного заряда электрона методом магнетрона, достаточно снять зависимость анодного тока лампы I_A от тока в соленоиде I_s , так называемую сбросовую характеристику. Очевидно, форма графика этой зависимости должна быть аналогичной кривой $I_A = f(B)$, представленной на рис.3. Используя полученную кривую, на ней можно найти значение $I_{\text{кр}}$, а затем по формуле (8) вычислить e/m .

На рис.3 представлена идеализированная (а) и практическая (б) сбросовые характеристики. На последней, спадающий участок более размытый. Это объясняется как

различного поля, создаваемого конструкцией магнетрона. Сюда относятся не точная коаксиальность электрода, не строгая однородность магнитного поля внутри соленоида и др. Особо нужно отметить тепловой разброс начальных скоростей электронов, вылетающих с поверхности катода, приводящий к размытию кривой. В связи с этим сбросовая характеристика имеет характер скачка, т.е. критического значения намагничивающего

тока $I_{кр}$. По-видимому, наиболее удовлетворяющему теории, следует считать то значение I_c , при котором наблюдается наибольшее изменение I_A .

Схема экспериментальной установки

Рабочая схема показана на рис.4. Основу ее составляет электронная лампа Л, помещенная в соленоид С.

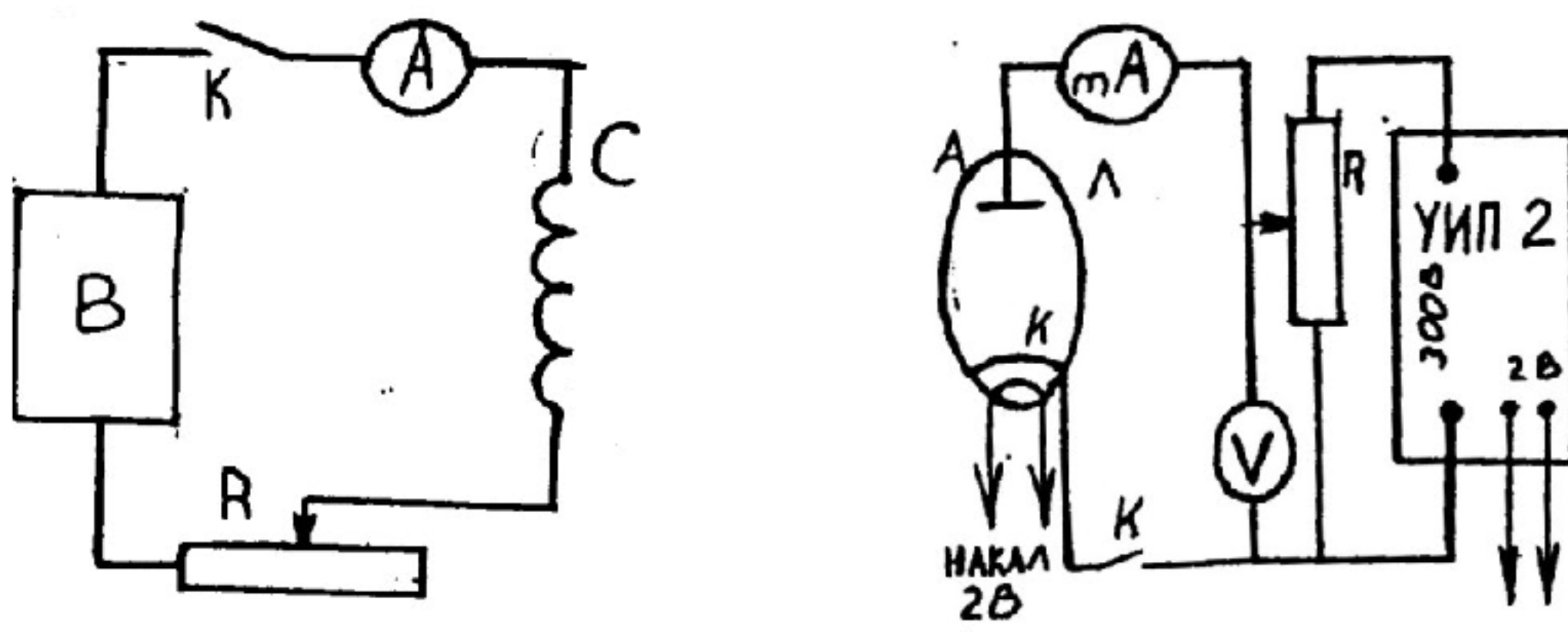


рис.4

Постоянное анодное напряжение U_A снимается с универсального источника питания (УИП-2), регулируется потенциометром R , рукоятка которого располагается на панели УИП-2 и измеряется вольтметром V . Анодный ток измеряется миллиамперметром mA . На панели УИП имеются также клеммы, с которых снимается напряжение 2 В , предназначенная для питания накала нити катода.

Намагничивающийся соленоид C питается от выпрямителя B Б5-7. Ток соленоида регулируется ручками на панели выпрямителя и более плавно реостатом R .

Измеряется I_C амперметром A .

Оборудование и материалы.

Магнетрон - электрическая лампа 2Ц2С (диод), расположенная внутри соленоида. Универсальный источник питания (УИП-2), выпрямитель Б5-7 с регулируемым напряжением, вольтметр, амперметр, миллиамперметр, реостат.

Указания по технике безопасности.

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности.
2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
4. Не держите на рабочем столе предметы, не требующиеся для выполнения задания.
5. Перед тем, как приступить к работе тщательно изучите её описание, уясните ход выполнения работы.

Задания.

- 1.Собрать схему (рис.4). При этом регуляторы выходного анодного напряжения УИП-2 и выпрямителя Б5-7 установить на нулевое значение. Схему не включать до

2-3 минуты, пока прогреется катод

3. По заданию преподавателя установить величину анодного напряжения U_A и записать ее в отчет по работе.

4. Поддерживая все время U_A строго постоянным (особенно в критический момент) последовательно увеличивая намагничивающий ток соленоида I_c снять сбросовую характеристику $I_A = I_A(I_c)$. Результаты измерения записать в таблицу.

$I_c(A)$				
$I_A(mA)$				

Интервалы изменения I_c и число измерений подобрать самостоятельно, более тщательно измеряя критический участок.

5. Построить график сбросовой характеристики магнетрона.

6. Определить по нему критическое значение $I_{кр}$ и записать его в отчет.

7. Записать в отчет конструктивные данные магнетрона:

число витков соленоида $N=2000$, радиус катода $R_k = 0,1$ см и анода $R_A=0,95$ см.

Измерить и записать длину соленоида l .

8. Рассчитать по формуле (8) величину коэффициента K и определить значение e/m для электрона.

9. Сравнить полученное значение e/m с табличным и выразить разницу в процентах.

Содержание отчета.

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект основных законов, определений, понятий, формул;
- основное оборудование, схема установки;
- описание по пунктам выполненной работы;
- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);
- оценка погрешностей;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

Контрольные вопросы.

1. Что называется удельным зарядом частиц?
2. Как действует электрическое поле на заряженную частицу?
3. Как действует магнитное поле на находящуюся в нем частицу?
4. Каково устройство используемого в работе магнетрона?
5. Как движутся электроны в магнетроне?
6. Расскажите о критическом режиме работы магнетрона?
7. Какие идеализации вводятся при рассмотрении движения электронов в магнетроне?
8. Вывести рабочую формулу (8).

Лабораторная работа № 14

Тема работы. Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решётки

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН	
Целевая аудитория: студенты с явлением дифракции света в параллельных лучах	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
2. Определить длину световой волны с помощью дифракционной решетки.	
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Приборы и принадлежности: установка с источником света, щелью и дифракционной решеткой.

Теоретическая часть.

1. Дифракция света.

Дифракцией света называется огибание световыми волнами встречающихся препятствий.

В более широком смысле дифракцией света называется совокупность явлений, обусловленных волновыми свойствами света и наблюдаемых при его распространении в среде с резко выраженными неоднородностями (отверстия в непрозрачных экранах, границы непрозрачных тел и т.д.). Явление дифракции указывает на нарушение законов геометрической оптики. Явление дифракции наблюдается на расстоянии от препятствия $\frac{D^2}{\lambda}$

где D - линейные размеры препятствия, λ - длина волны (условие наблюдения дифракции).

Для решения дифракционных задач - отыскание распределения на экране интенсивности световой волны, распространяющейся в среде с препятствиями, - применяются приближенные методы, основанные на принципах Гюйгенса и Гюйгенса - Френеля.

Принцип Гюйгенса', каждая точка $S_1, S_2, \dots, S_n$ фронта волны AB является источником новых, вторичных волн. Новое положение фронта волны $A_1 B_1$ через время t представляет собой огибающую поверхность вторичных волн (рис.1).

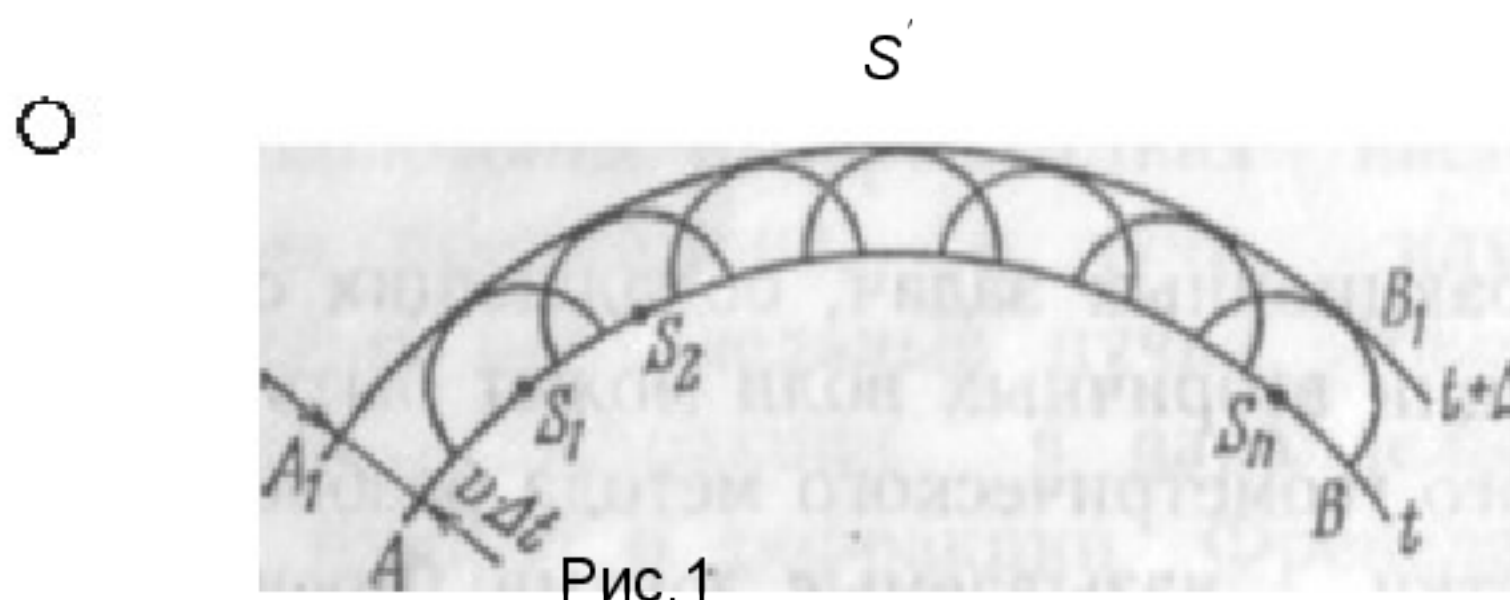


Рис.1

Принцип Гюйгенса является чисто геометрическим. Он позволяет, например, объяснить равенство углов падения i и отражения i' на поверхности MN среды при отражении света (рис.2). Разность хода CB лучей AA_2 и BB_2 создает такой фронт DB отраженной волны, что из прямоугольных треугольников ADB и ACB ($AD=CB$) следует равенство: $i=i'$ (рис.2). Также можно объяснить закон преломления.

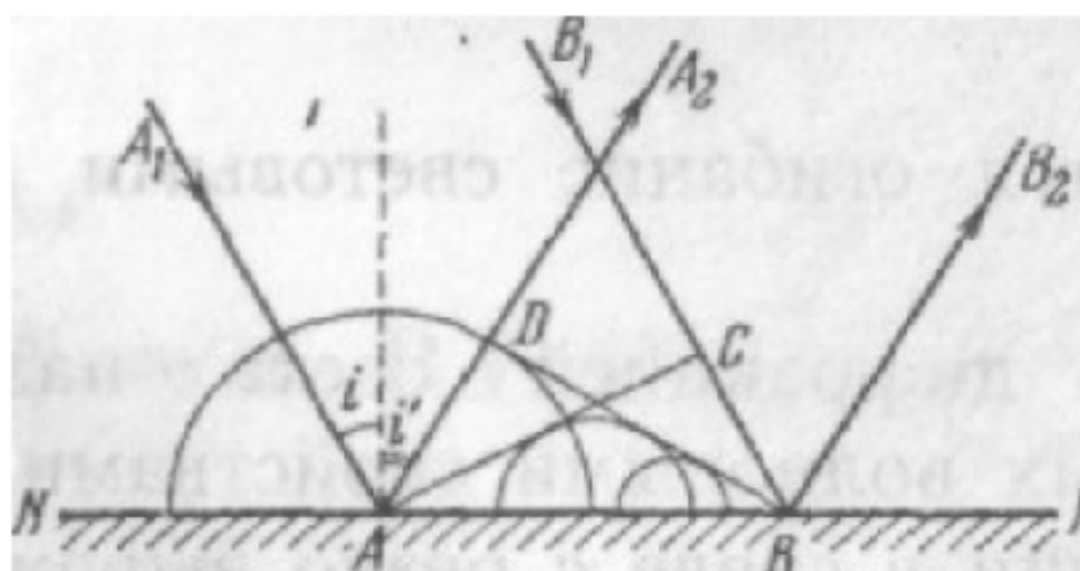


Рис.2

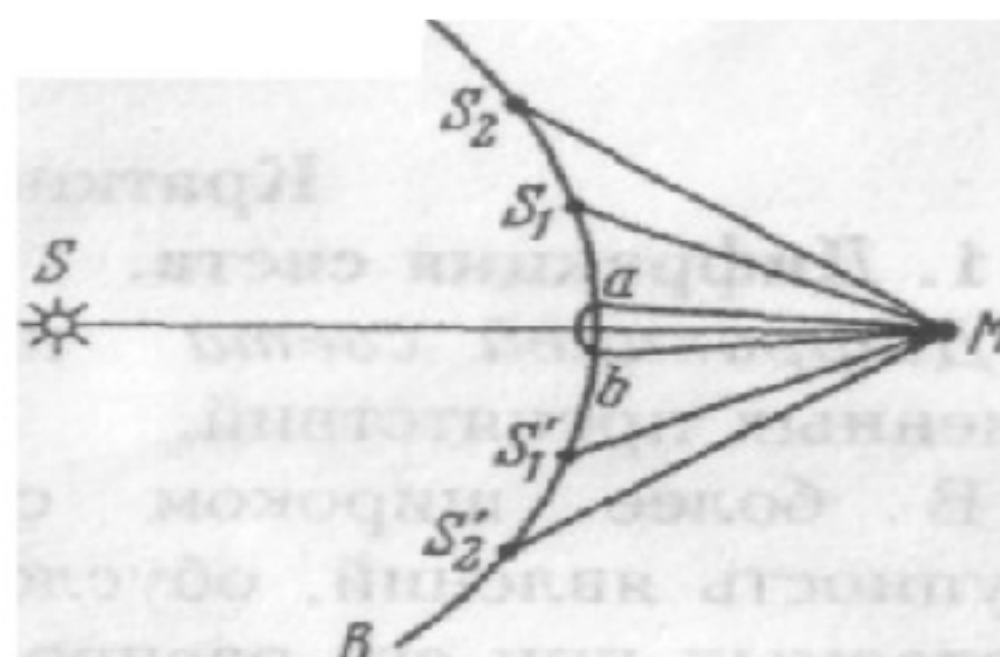


Рис.3

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Принцип Гюйгенса-Френеля: все вторичные источники $S_1, S_2 \dots S_n$, расположенные на поверхности фронта волн, когерентны между собой. Амплитуда и фаза волны в любой точке M пространства - это результат интерференции волн, излучаемых вторичными источниками (рис. 3).

Прямолинейное распространение луча SM , испущенного источником S в однородной среде, объясняется принципом Гюйгенса-Френеля. Все вторичные волны, излучаемые вторичными источниками, находящимися на поверхности фронта волны AB , гасятся в результате интерференции, кроме волн от источников, расположенных на малом участке сферического сегмента ab , перпендикулярного к SM (рис.3). Свет распространяется вдоль узкого конуса с очень малым основанием, т.е. практически прямолинейно.

В ряде дифракционных задач, обладающих осевой симметрией, расчет интерференции вторичных волн может быть сильно упрощен с помощью наглядного геометрического метода разбиения фронта волны на кольцевые участки, называемые зонами Френеля. Разбиение на зоны производится так, чтобы оптическая разность хода от сходственных границ (внутренних или внешних) каждой пары соседних зон до

рассматриваемой точки M равнялась $\frac{\lambda}{2}$. Вторичные волны от сходственных точек двух соседних зон приходят в точку M в противоположных фазах и взаимно ослабляют друг друга при наложении.

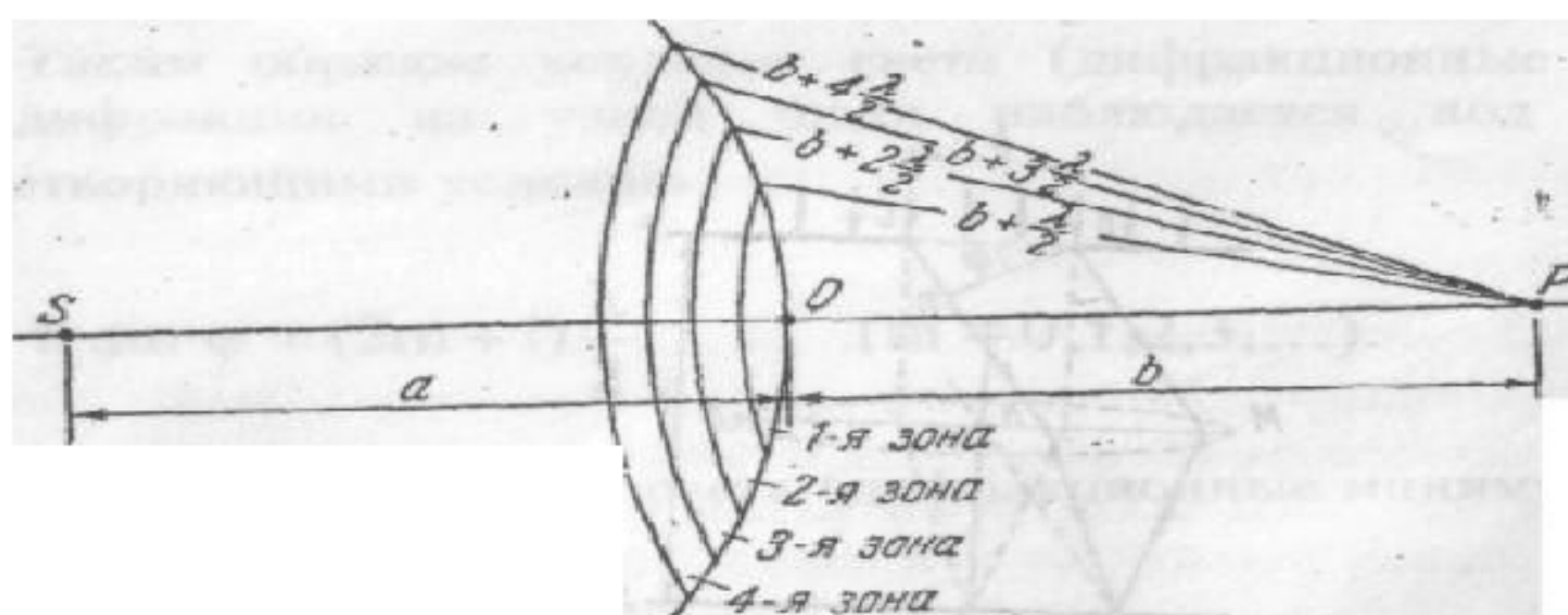


Рис. 4

На рис. 4 показано построение зон Френеля в случае сферической волны возбуждаемой источником S .

Так как a и $b \gg \lambda$, то при не слишком большом k площади первых k зон Френеля одинаковы:

$$S_1 = S_2 = \dots = S_k = \frac{\pi a b}{k}$$

В случае плоского волнового фронта

$$S_1 = S_2 = \dots = S_k = \frac{\pi a^2}{k}$$

Различают два случая дифракции. Если источник света и точка наблюдения P расположены от препятствия настолько далеко, что лучи, падающие на препятствие, и лучи, идущие в точку P образуют практически параллельные пучки, говорят о дифракции Фраунгофера или о дифракции в параллельных лучах. В противном случае говорят о

дифракции Френеля. Дифракцией Френеля называют такие дифракционные задачи, в которых волновые поверхности падающей и

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2. Дифракция света на щели. Дифракционная решетка.

Пусть на непрозрачный экран E , в котором прорезана узкая щель BC , имеющая постоянную ширину $b=BC$ и длину $L \gg b$, падает перпендикулярно к экрану пучок параллельных лучей монохроматического света (рис 5).

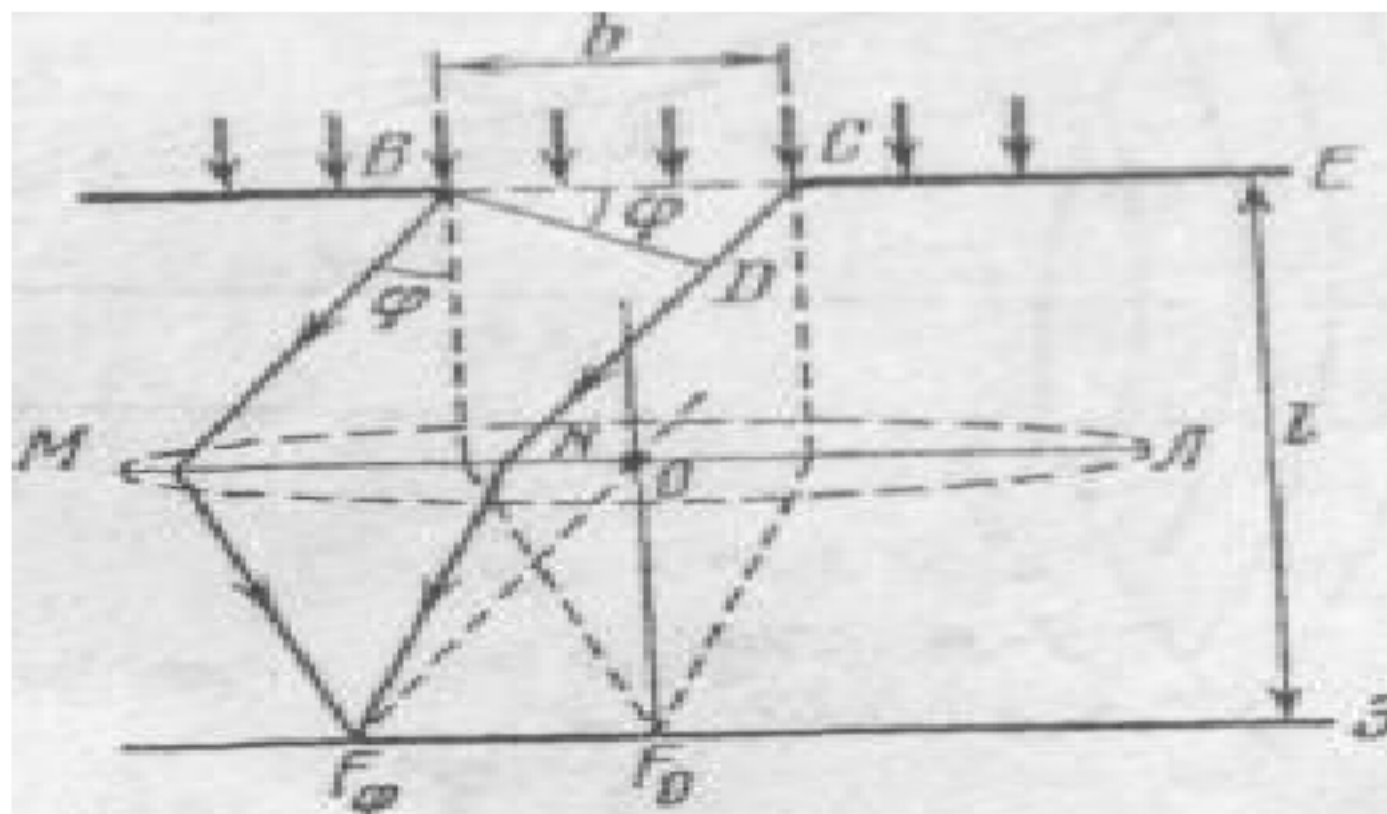


Рис. 5

На экране $\mathcal{E}$, удаленном от щели на расстоянии l , будет наблюдаться явление дифракции. Если бы этого явления не было, то на экране $\mathcal{E}$, установленном в фокальной плоскости собирающей линзы ML , в точке F_0 главного фокуса линзы получилось бы изображение источника света. При дифракции на узкой щели на экране наблюдается интерференционная картина: последовательность размытых изображений источника света, разделенных темными промежутками. В точке F_φ на экране собираются все параллельные лучи, падающие на линзу под углом φ (угол дифракции) к оптической оси OF_0 линзы, перпендикулярной к фронту волны.

Так как вторичные фиктивные источники фронта волн BC точечные, то фронты волн, излучаемых ими сферические, а следовательно, дифрагированные лучи идут во всех направлениях. Выберем те, которые идут под углом φ к направлению падающих лучей. Падая на линзу эти лучи собираются в одной точке F_φ фокальной плоскости.

Мысленно разобьем щель на участки, крайние точки которых посылают лучи с

разностью хода $\frac{b \sin \varphi}{2}$. В этом случае все лучи, посланные первым участком будут погашены лучами второго участка, лучи третьего - лучами четвертого и т.д. Следовательно, если

число участков разбиения четное, т.е. если $\frac{b \sin \varphi}{\lambda} = 2m$, то в точке F_φ будет темно (минимум освещенности). Если же число участков разбиения нечетное, то точка F_φ будет освещена (максимум освещенности).

Таким образом, усиление света (дифракционные максимумы) при дифракции на узкой щели наблюдается под углами φ , удовлетворяющими условию

$$b \sin \varphi = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, (m = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

2

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Число m называется порядком дифракционного максимума или минимума. Величина $\delta = CD = b \sin \varphi$ представляет собой оптическую разность хода между крайними лучами CN и BM , идущими от щели под углом φ (рис.5). В направлении $\varphi=0$ наблюдается самый интенсивный центральный максимум нулевого порядка. В точке F_0 всегда наблюдается усиление света, независимо от значения длины волны λ .

При наблюдении дифракции на щели в белом свете интерференционная картина на экране оказывается окрашенной. В дифракционном максимуме каждого порядка ($m = \text{const}$) ближе к центральному, неокрашенному максимуму оказываются дифракционные максимумы с меньшими длинами волн.

Дифракционной решеткой в оптике называется совокупность большого числа препятствий и отверстий, сосредоточенных в ограниченном пространстве, на которых происходит дифракция света.

Простейшей дифракционной решеткой является система из N одинаковых параллельных щелей в плоском непрозрачном экране ширины b каждая, расположенных на равных непрозрачных промежутках a друг от друга (рис. 6).

Величина $d = b + a$ называется постоянной дифракционной решетки.

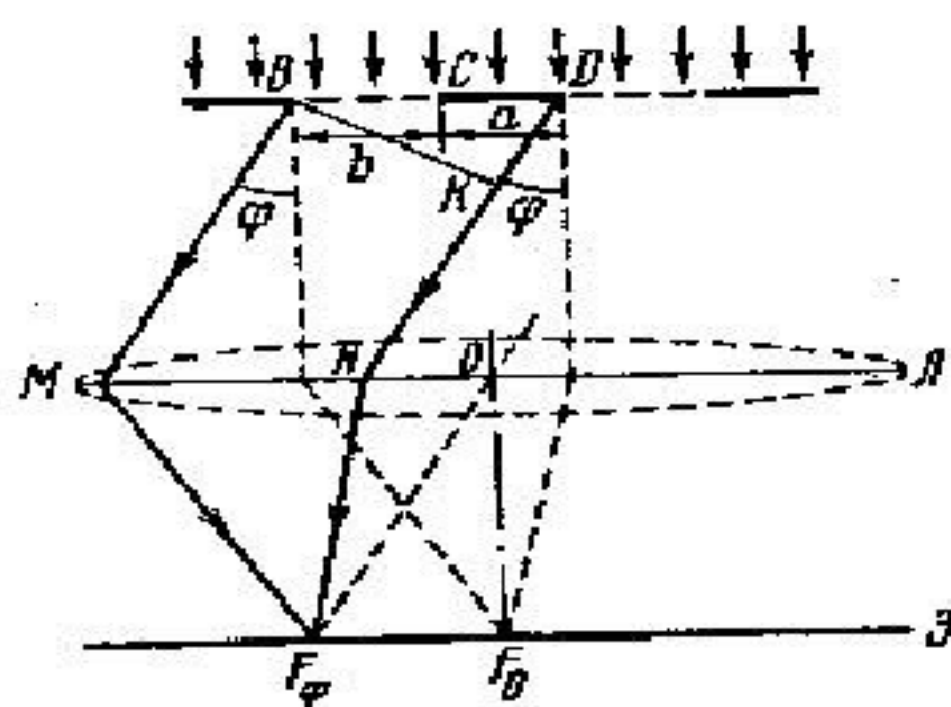


Рис.6

По принципу Гюйгенса-Френеля каждая щель является источником когерентных волн, способных интерферировать друг с другом. Если на дифракционную решетку перпендикулярно к ней падает пучок параллельных лучей света, то под углом дифракции φ на экране $\mathcal{E}$, расположенном в фокальной плоскости линзы, будет наблюдаться система дифракционных максимумов минимумов, полученная в результате интерференции света от различных щелей.

Пусть при падении плоской монохроматической волны на дифракционную решетку лучи, дифрагированные на одной щели дают в точке F_φ максимум освещенности. Это еще не значит, что в точке F_φ будет максимум освещенности, так как лучи посланные этой щелью могут быть погашены лучом от соседней, или наоборот усилены. Если усилены, то в точке F_φ будет большая освещенность, чем от одной щели. Тогда, учитывая условие усиления волн при интерференции, главные максимумы при дифракции на решетке наблюдаются под углами φ удовлетворяющими условию

$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

где $k = 0, 1, 2, 3$ называется порядком главного максимума. Величина $\delta = DK = d \sin \varphi$ является оптической разностью хода между сходственными лучами BM и DN , идущими от соседних щелей (рис.6).

Главные максимумы при дифракции на решетке наблюдаются под такими углами φ

$$b \sin \varphi = m\lambda, \quad (m = 0, 1, 2, 3, \dots).$$

Так как если ни одна из щелей не посылает лучей в этом направлении то в соответствующей точке на экране будет темнота.

При наблюдении дифракции в немонохроматическом свете все главные максимумы, кроме центрального нулевого максимума, окрашены. С увеличением длины волны главные максимумы внутри данного порядка располагаются под большими углами от центрального. Радужная полоска, содержащая семь цветов от фиолетового до красного (считается от центрального максимума), называется дифракционным спектром. Дифракционная решетка является одним из простейших достаточно точных устройств для измерения длин волн.

Теория метода и описание установки.

Рассмотрим один из методов определения длины светлой волны при помощи дифракционной решетки. На оптической скамье (или специальной рейке) укрепляется дифракционная решетка Р и перпендикулярно оси подвижная миллиметровая линейка АВ с щелью Щ. Деления линейки, щель и штрихи решетки располагают параллельно друг друга. Щель освещается источником S и рассматривается через решетку глазом (рис. 7). На линейке проецируются изображения главных максимумов и измеряется расстояние l_k между максимумом 1-го порядка и максимумом нулевого порядка (т.е. от щели)

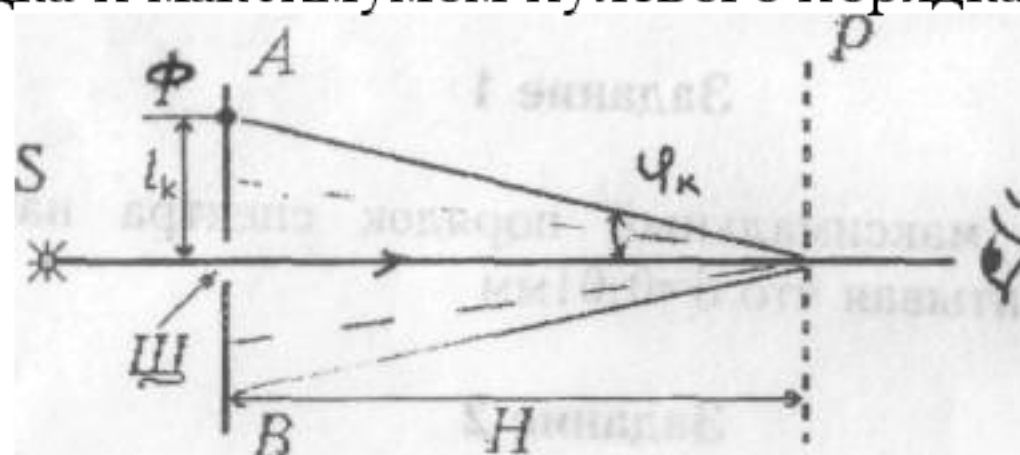


Рис. 7

Ход лучей после дифракционной решетки соответствует ходу лучей на рис. 6. От источника света S через широкую щель в линейке АВ проходит пучок белого света и попадает сначала на дифракционную решетку, а затем в глаз наблюдателя. Лучи, идущие параллельно главной оптической оси хрусталика дают в фокусе центральный (нулевой) максимум F₀ освещенности белым светом.

Лучи, создающие в некоторой точке сетчатки F_φ максимум освещенности каким-либо цветом (например, фиолетовым) падают на хрусталик под углом φ. Следовательно, они видны как бы выходящими из точки Φ, положение которой определяется по шкале линейки АВ.

Таким образом роль линзы Л (см. рис. 6) выполняет хрусталик глаза, который фокусирует параллельные лучи, полученные в результате дифракции (например, лучи М и N) на сетчатой оболочке глаза (играющей роль экрана).

Условие максимума освещенности имеет вид.

$$d \sin \varphi = k \lambda \quad (1)$$

Из рисунка видно, что

$$\sin \varphi = \frac{l_k}{H} \quad (2)$$

Следовательно

$$d = \frac{k l_k}{\sin \varphi} \quad (3)$$

$$\frac{d}{kH} \quad (4)$$

Оборудование и материалы.

Установка с источником света, щелью и дифракционной решеткой.

Указания по технике безопасности.

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности.
2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
4. Не держите на рабочем столе предметы, не требующиеся для выполнения задания.
5. Перед тем, как приступить к работе тщательно изучите её описание, уясните ход выполнения работы.

Задания.

Определить максимальные порядок спектра наблюдаемого в данной работе, учитывая что $d=0.01$ мм.

1. Установить линейку АВ на заданном расстоянии Н от дифракционной решетки ($H > 300$ мм). Включить источник света S и, глядя через дифракционную решетку не щель, провести наблюдение дифракционного спектра.

2. Определение положение lk для синей, зеленой и красной линии слева и справа для 1-го и 2-го порядков спектров.

Результаты занести в таблицу.

3. По формуле (4) вычислить длины волн указанных линий.

4. Указать и оценить основные погрешности данного метода измерения, а также погрешность, допускаемую при использовании формулы (4), а не (3)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ.

$d=0,01$ мм

$H=$ (мм)

Порядок спектра k	lk(мм)					
	Фиолетовый		Зеленый		Красный	
	левый	правый	левый	правый	левый	правый
I						
II						

Содержание отчета.

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект теории, законов, определений, понятий, формул;
- основное оборудование, схема установки;
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- описание по пунктам выполненной работы;
- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);
- оценка погрешностей;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

Контрольные вопросы.

1. Что называется дифракционным светом? Каковы условия наблюдения этого явления.
2. Сформулировать принцип Гюйгенса.
3. Сформулировать принцип Гюйгенса-Френеля.
4. Объяснить с использованием принципа Гюйгенса-Френеля закон прямолинейного распространения света.
5. Что такое «зоны Френеля». Как определяются площади первых зон?
6. Что такое дифракционная решетка? Определить условия дифракции на решетке.
7. Вывести формулу (4).

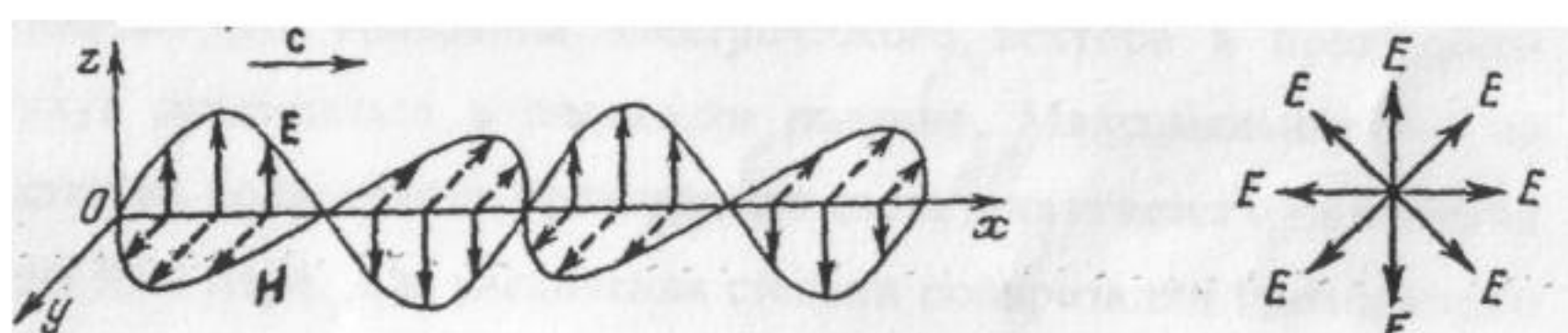
Лабораторная работа № 15

Тема работы. Проверка закона Малюса

Цель работы. Проверить выполнение закона Малюса.

Теоретическая часть.

Как известно, плоская электромагнитная световая волна является поперечной и представляет распространение взаимно перпендикулярных колебаний: вектора напряженности электрического поля E и вектора напряженности магнитного поля H (рис. 1а). Как показывает опыт, физиологическое, фотохимическое, фотоэлектрическое и другие действия света вызываются в основном колебаниями электрического вектора. Вектор E называется световым вектором, и все рассуждения мы ограничим рассмотрением этого вектора. Наличие вектора H подразумевается.



а) б)

рис 1.

Световой пучок, в котором различные направления вектора E в поперечной к направлению распространения волны плоскости равновероятны, называется естественным (рис. 1 б)

Свет, в котором направления колебаний вектора упорядочены каким-либо образом и подчиняются некоторой закономерности, называется поляризованным. Если колебания вектора могут совершаться лишь в одном определенном направлении, то свет называется линейно или плоскополяризованным (рис. 2а).

Если колебания вектора E совершаются так, что его конец описывает круг или эллипс, то свет называется соответственно плоскополяризованным по кругу (рис. 2б) или эллиптически поляризованным (рис. 2в). При линейной поляризации плоскость,

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

содержащая луч и вектор E , называется плоскостью колебаний, или плоскостью поляризации волны.

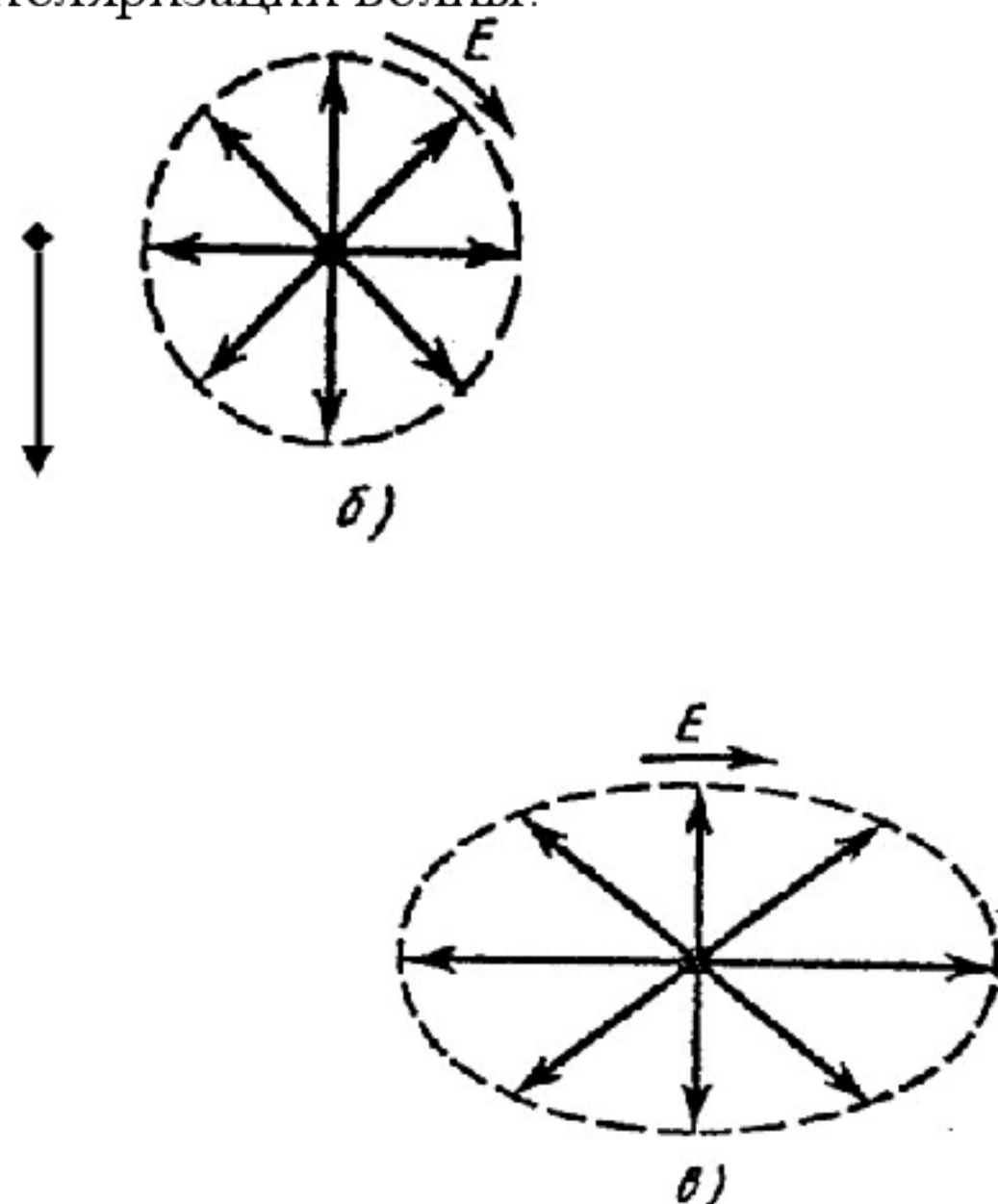


Рис 2.

Для получения линейно поляризованного света применяются специальные оптические приспособления- поляризаторы. Плоскость колебаний электрического вектора в волне, прошедшей через поляризатор, называется плоскостью поляризатора. Для получения плоскополяризованного света используют несколько способов.

а) Отражение света от поверхности диэлектриков.

Отраженный от диэлектрика свет всегда частично поляризован. На рисунке черные точки соответствуют колебаниям вектора E перпендикулярным плоскости падения, а стрелочки - колебаниям в плоскости падения (Рис.3). Степень поляризации отраженного луча зависит от относительного показателя преломления n_1, n_2 и от угла падения α . При падении луча E на плоскость MN под углом Брюстера α_B отраженный луч E_r полностью поляризован. Преломленный луч E_1 поляризован частично. Соотношение $\tan \alpha_B = n_2 / n_1$ называется законом Брюстера. Плоскость колебаний электрического вектора в отраженном свете перпендикулярна плоскости падения.

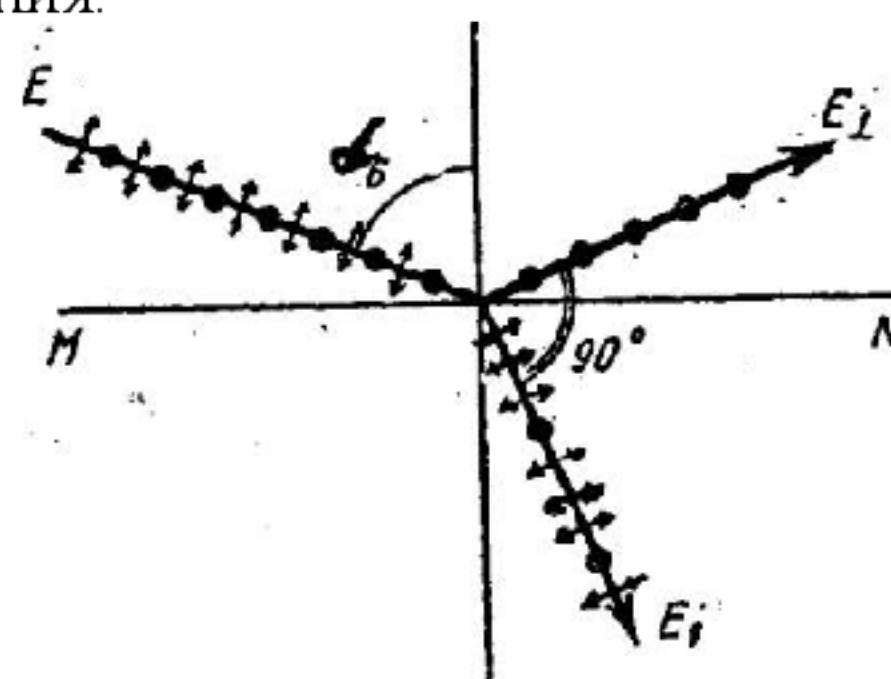


Рис.3

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

б) Поляризация света при отражении от диэлектрической пластинки (стопа Столетова). Поскольку отраженный от диэлектрической пластинки свет частично (или даже полностью) поляризован, проходящий свет также частично поляризуется и становится

смешанным светом. Преимущественные колебания электрического вектора в прошедшем свете будут совершаться в плоскости падения. Максимальная, но не полная степень поляризации проходящего света достигается при падении под углом Брюстера. Для увеличения степени поляризации проходящего света используют стопу стеклянных пластинок (стопу Столетова), расположенных под углом Брюстера к падающему свету. В этом случае можно получить практически полностью поляризованный проходящий свет, так как каждое отражение ослабляет пропущенные колебания, перпендикулярные плоскости падения в определенном отношении.

в) Преломление света в двоякопреломляющих кристаллах.

Некоторые кристаллы (исландский шпат, кварц, слюда и др.), а также некоторые изотропные вещества (под действием механических нагрузок или электрических полей) обладают свойством двойного лучепреломления. Преломляясь в таком кристалле, световой луч разделяется на два линейно поляризованных луча со взаимно перпендикулярными направлениями колебаний. Один из лучей называется обыкновенным и обозначается буквой *o*, а второй -необыкновенный и обозначается буквой *e*. Обыкновенный луч удовлетворяет обычному закону преломления и лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью. Для необыкновенного луча отношение синусов угла падения и угла преломления не остается постоянным при изменении угла падения.

Кроме того, необыкновенный луч, как правило, не лежит в плоскости падения и отклоняется от луча *O* даже при нормальном падении света. Отклоняя один из лучей в сторону, можно получить плоскополяризованный луч. Так устроена, например призма Николя (рис.4). Две естественные грани кристалла исландского шпата срезаются так, чтобы уменьшить угол между поверхностями до 68° .

Затем кристалл распиливается на две части по плоскости *BD* под углом 90° к новым граням. После полировки поверхности распила склеиваются канадским бальзамом, имеющим показатель преломления *n*, удовлетворяющий условию $n_e < n < n_o$, где n_o и n_e - показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного луча.

Падая под углом, больше предельного, на плоскость *BD*, обыкновенный луч претерпевает полное внутреннее отражение на границе шпат - бальзам. Необыкновенный луч, для которого, выходит из призмы линейно поляризованным.

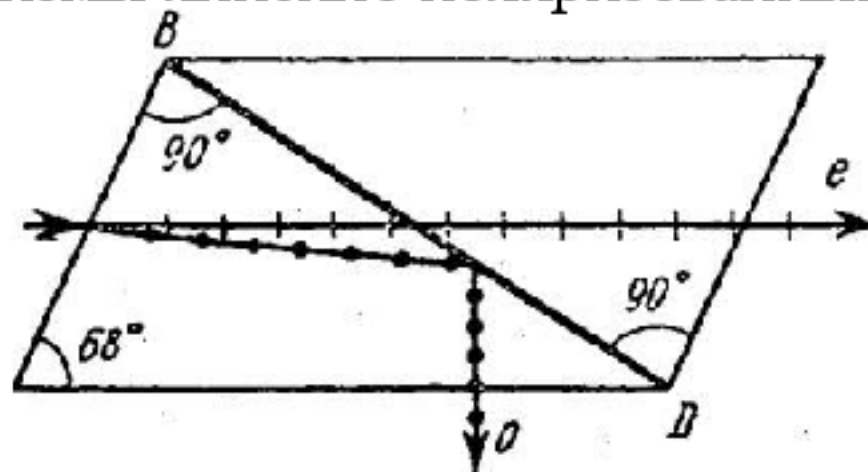


Рис.4

г) Поглощение света в дихроических пластинках.

У некоторых двоякопреломляющих кристаллов (например, турмалина) коэффициенты поглощения света для двух взаимно перпендикулярных поляризованных лучей отличаются настолько сильно, что уже при небольшой толщине кристалла один из лучей гасится практически полностью и из кристалла выходит линейно поляризованный пучок света. Это явление называется дихроизмом. В настоящее время дихроические пластинки изготавливают в виде тонких пленок - поляроидов, имеющих широкое применение. В большинстве случаев они состоят из множества маленьких (толщиной до 0,3 мм) двоякопреломляющих кристаллов сернокислого йодистого хинина-герапатита, находящихся в связующей среде - прозрачной пленки.

Для исследования характера и степени поляризации света применяют устройства, называемые анализаторами. В качестве анализаторов используют тоже устройства, которые служат для получения линейно-поляризованного света (поляризаторы).

Пусть на поляризатор падает плоскополяризованный свет амплитуды A_0 и интенсивностью I_0 (Рис. 5). Сквозь поляризатор пройдет составляющая колебания с амплитудой $A = A_0 \cos \alpha$, где α - угол между плоскостью колебаний падающего света и плоскостью поляризатора. А так как интенсивность света пропорциональна квадрату его амплитуды, то интенсивность прошедшего света определяется выражением $I = I_0 \cos^2 \alpha$.

Это соотношение носит название закона Малюса.

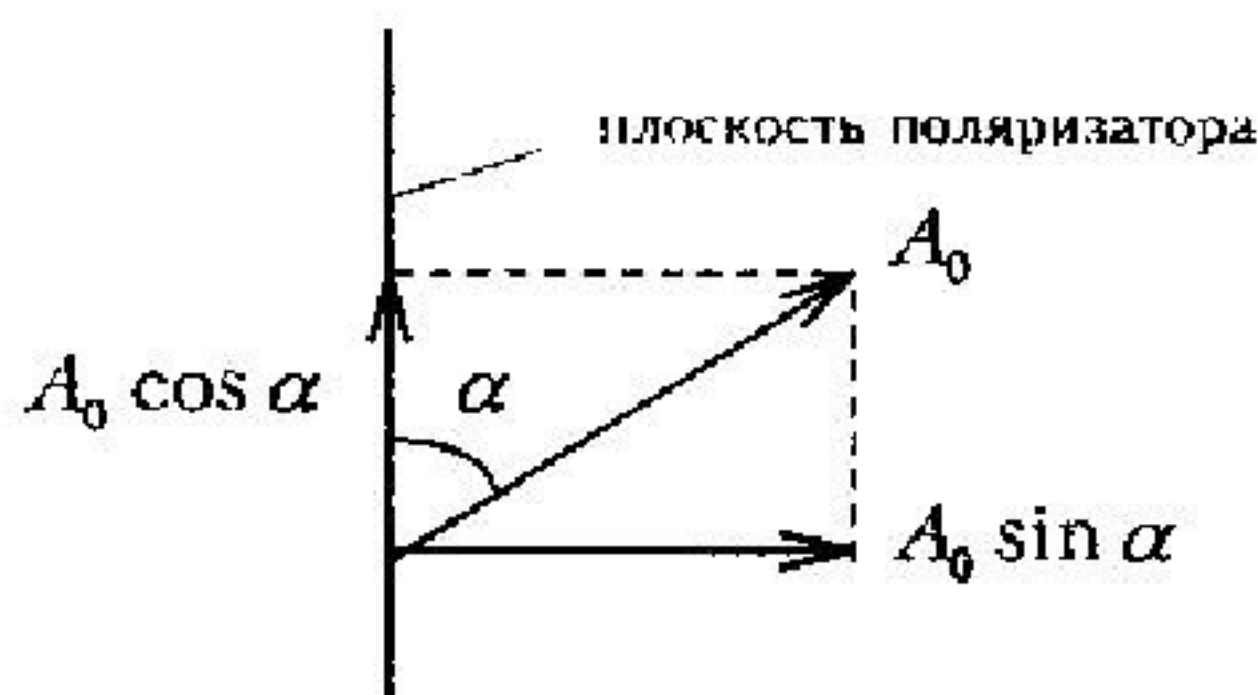


Рис. 5

Поставим на пути естественного луча поляризатор Р и анализатор А (рис.6). Из поляризатора выйдет плоскополяризованный свет, интенсивность которого составит половину интенсивности естественного света, т.е. $I_1 = I_0 / 2$. Согласно закону Малюса из анализатора выйдет свет интенсивностью: $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$ (где α - угол между плоскостями поляризатора и анализатора). Таким образом, интенсивность света, прошедшего через

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

поляризатор и анализатор равна

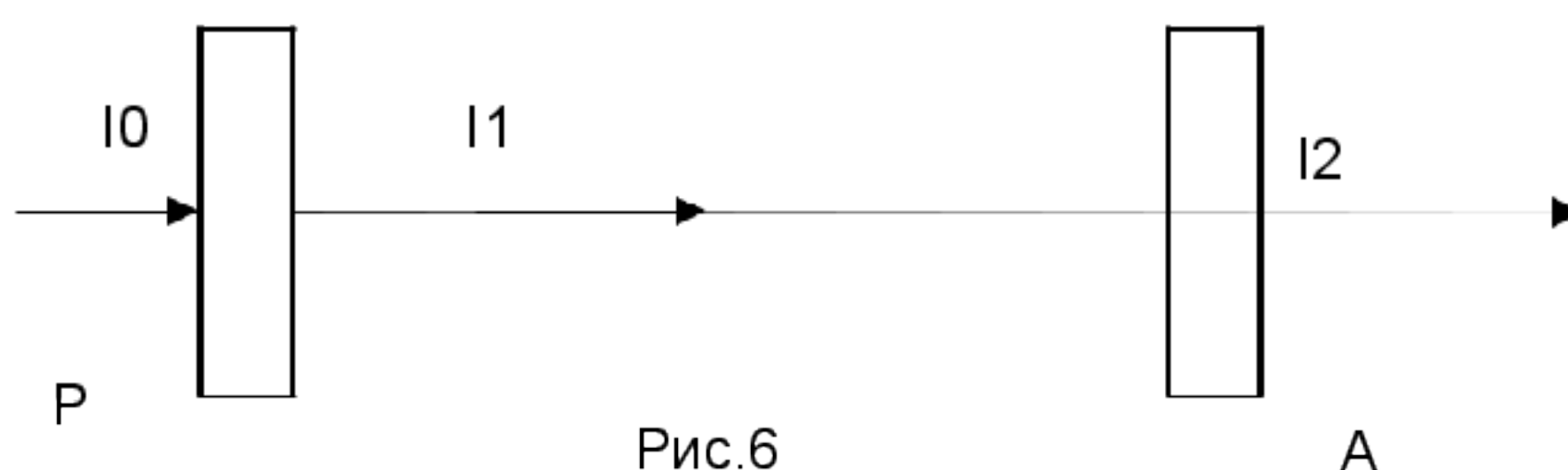


Рис.6

Описание установки.

В настоящей работе для получения и исследования линейного поляризованного света применяют поляроиды. Они изготавливаются из очень мелких кристаллов турмалина или герпатита, нанесенных на целлулоидную пленку. Оптические оси кристаллов специальным образом ориентируют в одном направлении. Кристаллы турмалина

пропускают свет только с определенной ориентацией светового вектора и почти полностью поглощают составляющие светового вектора к направлению оси кристалла. Схема установки приведена на Рис 7.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ВФ

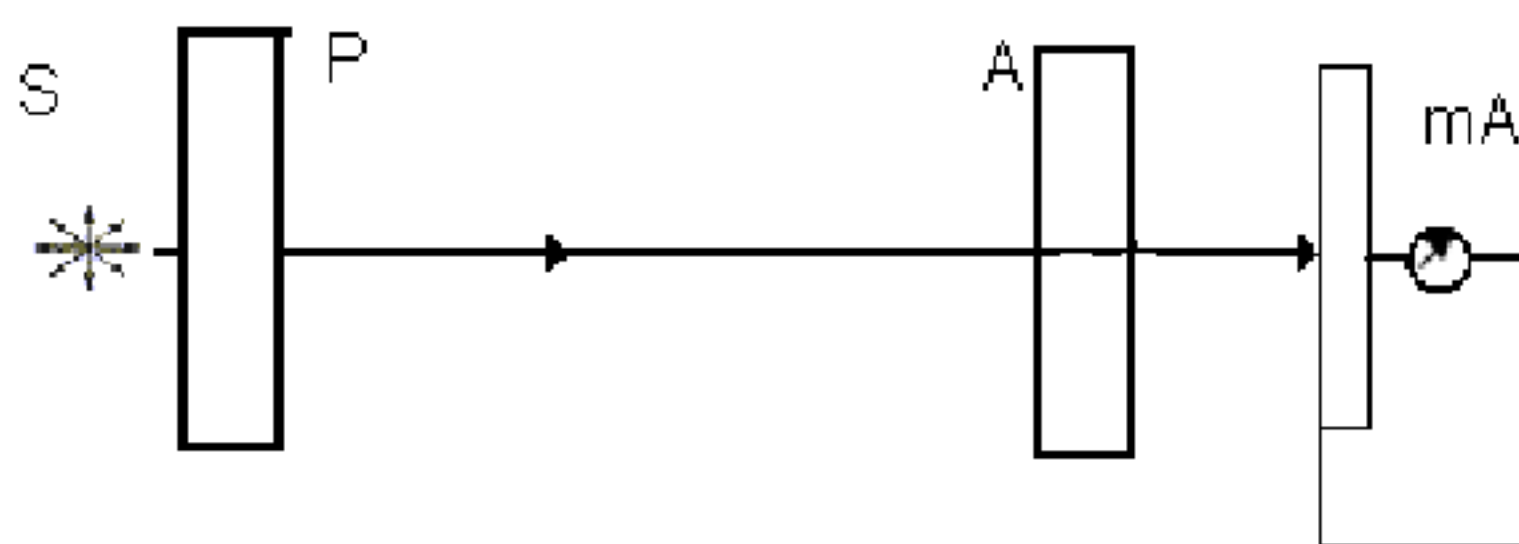


Рис. 7

Свет от источника света S проходит через неподвижный поляризатор P. Анализатор A закреплен во вращающемся диске. Угол поворота анализатора измеряется по шкале диска, разделенной на 360 делений. Пройдя поляризатор и анализатор, свет падает на вентильный фотоэлемент ВФ (солнечный элемент). При не очень больших освещенностях сила фототока пропорциональна световому потоку. Величина фототока измеряется микроамперметром. Между поляризатором и анализатором имеется камера, в которую можно помещать образцы для наблюдения явления фотоупругости и интерференции поляризованных лучей.

Оборудование и материалы.

1. Установка для проверки закона Малюса. 2. Источник света. 3. Микроамперметр.

Указания по технике безопасности.

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности.
2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
4. Не держите на рабочем столе предметы, не требующиеся для выполнения задания.
5. Перед тем, как приступить к работе тщательно изучите её описание, уясните ход выполнения работы.

Задания.

1. Включить источник света.
2. Вращая анализатор, добиться максимального отброса стрелки микроамперметра (А может быть следует добиваться минимального? Почему? Чему равен угол в этом случае?).
3. Записывают показания микроамперметра и в дальнейшем, поворачивая анализатор, через 10 градусов записывают соответствующие значение тока.
4. Каким образом по полученным данным можно убедиться в правильности закона Малюса? Какие графики из ниже перечисленных следует построить для проверки закона? (выбор аргументировать)

$$I=f(\varphi), I_2=f(\varphi), \quad \frac{I}{I_0} f(\varphi), \quad \frac{I}{I_0} f(\cos \varphi), \quad \frac{I}{I_0} f(\cos^2 \varphi)$$

5. Построить график зависимости.
6. Сделать вывод.

Результаты измерений.

α	I	$\cos \alpha$	$\cos 2\alpha$
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ			

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Содержание отчета.
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект основных законов, определений, понятий, формул;
- основное оборудование, схема установки;
- описание по пунктам выполненной работы;
- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);
- оценка погрешностей;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

Контрольные вопросы.

1. Что представляет из себя световая волна?
2. Какие действия оказывает свет? Благодаря чему это возможно?
3. Что такое поляризация? Какой свет называют естественным? Поляризованным?
4. Опишите виды поляризации.
5. Перечислите способы получения поляризованного света.
6. Сформулируйте закон Малюса.
7. Какие данные в работе позволяют убедиться в справедливости закон Малюса ? (ответ сформулируйте).

Лабораторная работа №

16 Тема работы. Изучение внешнего фотоэффекта

Цель работы. Определение скорости полета пули с помощью физического маятника.

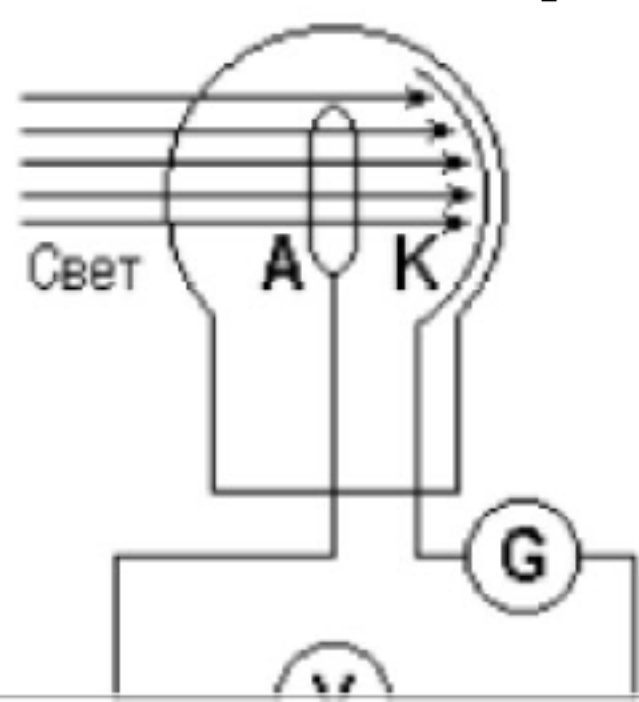
Теоретическая часть.

Различают три вида фотоэффекта:

Внешним фотоэффектом называется вырывание электронов из вещества под действием электромагнитного излучения. Внешний фотоэффект наблюдается преимущественно в проводниках.

При *внутреннем фотоэффекте* электроны под действием света теряют связь со своими атомами и молекулами, но остаются внутри вещества. Такой вид фотоэффекта возможен только в полупроводниках.

Вентильный фотоэффект заключается в возникновении фото-э.д.с. при освещении контакта двух разных полупроводников или полупроводника и металла без наличия внешнего электрического поля.



В данной работе для изучения закономерностей внешнего фотоэффекта используют вакуумный фотоэлемент. Он представляет собой стеклянный откачанный сферический баллон, в центре которого расположен анод А в виде кольца или пластинки (рис.1). Часть внутренней поверхности баллона покрыта тонким слоем металла, который служит *фотокатодом*. На рис.1. изображена принципиальная схема, с помощью которой исследуется внешний фотоэффект. Между **анодом** и **катодом** источник тока создает электрическое поле. Так как электрическая цепь замкнута, то при отсутствии света электрический ток через фотоэлемент не идет. При освещении катода свет вырывает из него электроны, которые под действием сил электрического

Рис. 1

поля движутся к аноду. В цепи появляется электрический ток, называемый *фототоком*. Сила фототока измеряется гальванометром **G**, напряжение между анодом **A** и фотокатодом **K** — вольтметром **V**. Изменяя напряжение с помощью потенциометра **P**, находят зависимость силы фототока от напряжения — вольтамперную характеристику. На рис. 2 изображена вольтамперная характеристика вакуумного фотоэлемента. При $U = 0$ (между катодом и анодом электрического поля нет) сила фототока все равно не равна нулю. Это обусловлено тем, что электроны, вырванные светом из катода, имеют некоторую начальную скорость **V** (а значит, и кинетическую энергию) и часть из них может достигать анода и при отсутствии электрического поля.

Если увеличивать напряжение между катодом и анодом (подавая отрицательный потенциал на катод, а на анод — положительный), будет увеличиваться сила тока. Это объясняется тем, что теперь электроны, которые при $U = 0$ не достигали анода, под действием сил электрического поля притягиваются к аноду.

Из графика видно, что при некотором значении $U = U_n$ сила фототока достигает наибольшего значения, получившего название тока насыщения I_n . Дальнейшее увеличение напряжения уже не вызывает роста силы тока. Это значит, что все электроны, вырванные светом из катода, достигают анода. Если за единицу времени свет вырывает из фотокатода n электронов, то ток насыщения будет равен

$$I_n = e n, \quad (1)$$

где e — заряд электрона.

Если поменять полярность электронов, то есть подать на **катод** положительный потенциал, а на **анод** — отрицательный, то электрическое поле будет тормозить движение электронов от катода к аноду. За счет работы сил электрического поля ($A_E = eU$) кинетическая энергия движущихся электронов будет уменьшаться. Если первоначальная кинетическая энергия электрона W_k будет больше работы электрического поля ($W_k > A_E$), электроны будут достигать анода, в цепи будет идти ток. При $W_k = eU$ электроны анода не достигнут и ток прекратится. Наименьшее напряжение, при котором прекращается фототок, называется задерживающим.

При $U = U_z$ даже самые быстрые электроны, имеющие максимальную скорость, не достигают анода. В этих условиях

$$eU_z = \frac{mv_{\max}^2}{2}. \quad (2)$$

Таким образом, измеряя на опыте U_z , можно вычислить максимальную кинетическую энергию электронов, вылетающих из катода.

Оборудование и материалы.

При изучении закономерностей фотоэффекта в работе используется вакуумный фотоэлемент, принципиальная схема включения которого в электрическую цепь приведена на рис. 4.

1. Фотоэлемент **Ф**, светофильтр **СФ** и источник света (спектральная ртутная лампа) **Л** помещены в закрытый контейнер. Свет от лампы, проходя через светофильтр **СФ**, становится монохроматическим и, падая на катод фотоэлемента, вызывает фотоэффект. Микроамперметр **μA** измеряет силу фототока, а вольтметр **V** — напряжение на фотоэлементе.

2. Установка состоит из объекта исследования и устройства измерительного, выполненного конструктивно законченных изделий, устанавливаемых на лабораторном столе и соединяемых между собой кабелем.

3. Объект исследования конструктивно выполнен в виде сборного корпуса, в котором

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

установлены осветитель (спектральная ртутная лампа) с источником питания, блок интерференционных светофильтров №1 ($\lambda=407$ мкм), №2 ($\lambda=435$ мкм), №3 ($\lambda=546$ мкм), №4 ($\lambda=578$ мкм) и устройство регулировки освещенности. Положение "0" блока светофильтров соответствует прохождению света без светофильтров и может применяться для снятия интегральных вольтамперных и люксамперных характеристик, а положение "5" - перекрывает лампу и используется для установки ноля. К корпусу с помощью кронштейна прикреплен усилитель фототока, на верхнюю крышку которого устанавливаются сменные фотоприемники с фотоэлементами Ф-8 и Ф-13. При установке фотоприемников их приемное окно совмещается с выходным окном осветителя и закрывают при помощи бленды.

На передней панели объекта исследования находятся сетевой выключатель с индикатором включения сети. На задней панели объекта исследования расположены клемма заземления, держатели предохранителей и сетевой шнур с вилкой. На боковой стенке расположено выходное окно осветителя и устройства для смены интерференционных светофильтров и регулировки освещенности. На боковых поверхностях усилителя фототока расположены соединительный шнур с разъемом для подключения объекта исследования к устройству измерительному и регуляторы баланса усилителя ГРУБО и ТОЧНО.

Объект исследования с помощью сетевого шнура подключается к сети 220 В, 50 Гц.

4. Устройство измерительное выполнено в виде конструктивно законченного изделия. В нем применена однокристалльная микро - ЭВМ с соответствующими дополнительными устройствами, позволяющими производить измерение тока фотоэлемента, установленного в объекте исследования, устанавливать и измерять питающие напряжения на фотоэлементе, а также осуществлять функции управления установкой (установка режимов прямого или обратного измерения и т.п.). В состав устройства измерительного входят также источники его питания.

На передней панели устройства измерительного размещены следующие органы управления и индикации: кнопка ПРЯМАЯ - ОБРАТНАЯ с соответствующими индикаторами - предназначена для включения прямого или обратного режимов измерения; кнопки "+", "-" и СБРОС - предназначены для регулировки напряжения на фотоэлементе и его сброса в ноль; индикаторы В и мкА - предназначены для индикации значений величин напряжения на фотоэлементе и фототока в процессе работы. На задней панели устройства измерительного расположены выключатель СЕТЬ, клемма заземления, держатели предохранителей (закрываются предохранительной скобой), сетевой шнур с вилкой и разъем для подключения объекта исследования.

Устройство измерительное с помощью сетевого шнура подключается к сети 220 В, 50 Гц.

5. Принцип действия установки основан на измерении тока через фотоэлемент при изменении полярности и величины приложенного к нему напряжения и изменения спектрального состава и величины освещенности катода фотоэлемента.

6. В процессе выполнения лабораторных работ снимаются зависимости тока через фотоэлемент от приложенного к нему напряжения. При этом меняется полярность напряжения (т.е. отдельно снимаются прямая и обратная ветви вольтамперной характеристики фотоэлемента). Характеристики снимаются при различных значениях освещенности и при изменении длины волны освещения фотоэлемента. По результатам измерений строятся семейства вольтамперных характеристик и, используя соответствующие методы расчета, численно оценивается значение постоянной Планка.

Указания по технике безопасности.

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила

2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: 2. Шебухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
4. Не держите на рабочем столе предметы, не требующиеся для выполнения задания.
5. Перед тем, как приступить к работе тщательно изучите её описание, уясните ход выполнения работы.

Задания.

Построение вольтамперной характеристики фотоэлемента.

1. Установите на объект исследования фотоприемник с исследуемым фотоэлементом и задвиньте бленду осветителя в окно фотоэлемента.
 2. Подключите сетевые шнуры устройства измерительного и объекта исследования к сети и включите устройство измерительное выключателем СЕТЬ на его задней панели. При этом должен загореться индикаторы ОБРАТНАЯ, В и мкА устройства измерительного. На индикаторе В должны установиться нули (допускается индикация до значения 2 младшего разряда). После 5 минутного прогрева ручками УСТАНОВКА НУЛЯ на объекте исследования установить нулевое значение на индикаторе мкА устройства измерительного.
 3. Включите объект исследования выключателем СЕТЬ на его передней панели. При этом должен загореться индикатор СЕТЬ объекта исследования.
 4. Дать лампе осветителя прогреться в течение 15 мин.
 5. С помощью кнопки ПРЯМАЯ - ОБРАТНАЯ выбрать необходимый режим измерения.
 6. Установить светофильтр №1 поворотом диска блока СФ.
 7. Изменяя значения напряжения через 0,5 В с помощью кнопок "+" и "-" и считывая показания фототока с индикатора "мкА" получите данные для построения вольтамперной характеристики.
 8. Устанавливая диск со светофильтрами в положение "5" и проверяя установку нуля тока при нулевом значении напряжения, повторите действия по пп. 5...7 настоящего раздела для других светофильтров (СФ2-СФ4).
- Примечание 1: При необходимости с помощью поворота кольца, расположенного на выходном окне объекта исследования можно изменять освещенность фотоэлемента.
- Примечание 2: При определении запирающего напряжения фотоэлемента необходимо нулевое значение тока считывать при уменьшении напряжения от нулевого значения до значения запирающего напряжения, а не наоборот. Не рекомендуется также устанавливать значение напряжения ниже запирающего.
9. По окончании работы необходимо отключить питание установки выключателями СЕТЬ (на задней панели устройства измерительного и передней панели объекта исследования) и отключить сетевые вилки устройства измерительного и объекта исследования от питающей сети.
 10. Режим работы установки прерывистый - через каждые 45 минут работы перерыв на 15-20 мин.

СФ №1	U, В I, мкА																		
СФ №2	U, В I, мкА																		
СФ №3	U, В I, мкА																		
СФ №4	U, В I, мкА																		

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	$I, \text{мкА}$													
--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

По данным таблицы 1 построить вольтамперную характеристику, то есть график зависимости силы фототока I (абсцисса) от напряжения на фотоэлементе U (ордината).

Таблица 1

Определение работы выхода электрона, красной границы фотоэффекта и постоянной Планка

1. С помощью кнопки ПРЯМАЯ - ОБРАТНАЯ выбрать режим измерения ОБРАТНАЯ (не делаем установку нуля как в первой части работы!).
2. Изменяя значения напряжения с помощью кнопок "+" и "-" установить показания индикатора фототока "мкА" равным 0. Занести полученное значение задерживающего напряжения U_z в таблицу 2.
3. Повторить пункты 1 и 2 для других светофильтров.
4. По полученным экспериментальным значениям U_z рассчитать:
 - а) кинетическую энергию фотоэлектронов: $W_k = e \cdot U_z$
 - б) работу выхода электронов:

$$A_{\text{вых}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} - e \cdot U_z$$

$$A_{\text{вых}}^{\text{max}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{\text{max}}}$$

- в) красную границу фотоэффекта:

Таблица 2

№ п/п	, мкм	$U_z, \text{В}$	W_k 10^{-19}Дж	$A_{\text{вых}},$ 10^{-19}Дж max, МкМ

5. По полученным данным построить график зависимости U_z от ν , где $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

$$\text{tg } \alpha = \frac{\Delta U_z}{\Delta \nu} = \frac{h}{e}$$

6. Используя полученный график, вычислить по формуле $h = e \cdot \text{tg } \alpha$ и оценить погрешность измерений.

Содержание отчета.

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект основных законов, определений, понятий, формул;

- основные законы, определения, понятий, формул, установки;

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);

- оценка погрешностей;

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

Контрольные вопросы.

1. Что называется фотоэффектом? Какие бывают виды фотоэффекта?
2. В чем заключаются законы фотоэффекта?
3. Как связаны длина волны и частота фотона?
4. Какая именно особенность фотоэффекта не может быть объяснена с точки зрения волновой теории света?
5. Запишите и объясните уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
6. Что называется красной границей фотоэффекта и от чего она зависит?
7. От чего зависит максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?
8. Нарисуйте и объясните вольтамперную характеристику фотоэффекта.
9. На чем основан способ определения красной границы фотоэффекта в данной работе?

Лабораторная работа № 17

Тема работы. Изучение энергетического спектра электронов

Цель работы. Определение длины пробега элементарных частиц в воздухе при атмосферном давлении и определение максимальной энергии бета-частиц при помощи метода поглощения.

Теоретическая часть.

Явление радиоактивности было обнаружено Беккерелем (1890 г.). Он заметил, что некоторые вещества, содержащие уран, обладают замечательной особенностью самопроизвольно, без всякого внешнего воздействия, излучать лучи, способные проходить сквозь непрозрачные для видимого света вещества.

Радиоактивное излучение бывает трех видов: α -лучи, β -лучи и γ -лучи.

α -лучи представляют поток ядер гелиевых атомов, или, иными словами, поток гелиевых ионов с зарядом $+2e$.

Тождественность α -лучей с потоком гелиевых ядер была установлена с помощью следующего опыта, произведенного Содди.

Сосуд А (рис. 1) с помощью тонкой стеклянной перегородки G разделялся на две части В и С. В части В помещалось радиоактивное вещество F, излучающее α -лучи. Перегородка G подбиралась такой

толщины, чтобы α -лучи могли проходить сквозь нее. Другая часть этого сосуда С соединялась через кран К с вакуумным насосом, и в этой части создавалось достаточно сильное разрежение.

В трубке Н, соединенной с сосудом С, помещались два электрода D, E, с помощью которых можно было вызвать разряд в трубке Н. Вакуум в сосуде С создавался столь высокий, что при приложении к D и E разности потенциалов в несколько сотен вольт электрический разряд не возникал. После откачки сосуд А отсоединялся от насоса. Спустя несколько дней, однако, после приложения разности потенциалов между D и E возникал электрический разряд, интенсивность которого с течением времени возрастала.

В трубке Н, соединенной с сосудом С, помещались два электрода D, E, с помощью которых можно было вызвать разряд в трубке Н. Вакуум в сосуде С создавался столь высокий, что при приложении к D и E разности потенциалов в несколько сотен вольт электрический разряд не возникал. После откачки сосуд А отсоединялся от насоса. Спустя несколько дней, однако, после приложения разности потенциалов между D и E возникал электрический разряд, интенсивность которого с течением времени возрастала.

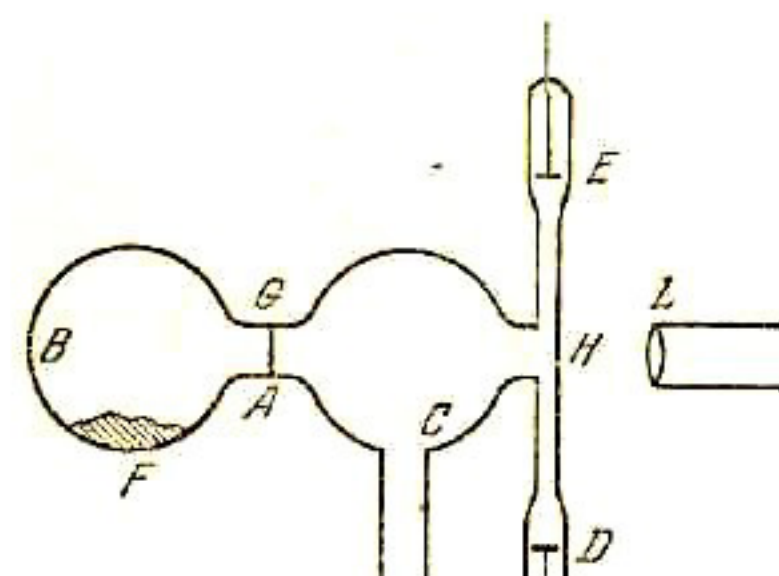


Рис.1 Опыт Содди

В трубке Н гелия не было, но сюда из В проникали α -частицы, излучаемые радиоактивным препаратом. Поскольку в результате такого проникновения в трубке С появились атомы гелия, то, следовательно, α -частицы и являются гелием, правда, не атомами, а ядрами гелия. Ядра гелия (α -частицы) захватывают из окружающей среды 2 электрона и превращаются в «нормальные» атомы гелия. Итак, α -частицы являются ядрами атомов гелия.

Характерной величиной их является энергия. Энергия α -частиц велика — порядка нескольких миллионов электронвольт. Различные радиоактивные вещества излучают α -частицы различной энергии, но все α -частицы, излученные данным радиоактивным веществом, имеют вполне определенную энергию.

β -лучи являются потоком отрицательно заряженных частиц. Знак - (минус) при букве β подчеркивает, что эти частицы несут отрицательный заряд. Отношение $\frac{m}{e}$ для них оказалось в точности таким же, как и для электронов. β -лучи являются в действительности потоком электронов. Отличие β -лучей от обычных катодных лучей не качественное, а количественное. Энергия электронов

β -лучей значительно превосходит энергию катодных лучей и имеет величину порядка миллиона электронвольт.

γ -лучи, не отклоняемые ни магнитным, ни электрическим полем, не несут электрического заряда. По своей природе γ -лучи аналогичны рентгеновым лучам, но отличаются от них большей величиной квантов.

Как уже указывалось, радиоактивное излучение производит сильное ионизирующее и фотохимическое действие и по этому действию может быть регистрируемо. Так как отдельные частицы, входящие в состав радиоактивного излучения (α -частицы, β -частицы, γ -кванты), обладают большой энергией, порядка миллиона электронвольт, то представляется возможность наблюдать и регистрировать не только радиоактивное излучение в целом, но и отдельные частицы, входящие в состав этого излучения.

Наиболее часто для регистрации и наблюдения отдельных быстрых частиц применяют три метода:

а) Камера Вильсона. В главе VI был указан принцип действия камеры Вильсона и показаны фотографии путей α -частиц. Камера Вильсона пригодна и для наблюдения путей β -частиц. Значительное усовершенствование в метод камеры Вильсона было внесено Д. В. Скобелевым.

Скобелев поместил камеру Вильсона в магнитное поле. Магнитное поле искривляет траекторию β -частиц. В случае, когда β -частица движется перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, ее траекторией

$$R = \frac{m c u}{e H}$$

является окружность радиуса

где u - скорость частицы, H - напряженность магнитного поля, e - заряд электрона, c - скорость света. В камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, треки электронов представляют части окружностей. По величине радиуса этой окружности можно определить скорость электрона.

6) **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН** **ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**
 Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Существуют два варианта счетчиков: счетчик с острием (счетчик Гейгера-Мюллера).

Счетчик с нитью (рис.2) представляет цилиндр С, по оси которого натянута нить АВ - тонкая металлическая проволока. Нить в электрическом отношении изолируется от корпуса счетчика С. Счетчик наполняют газом при небольшом давлении.

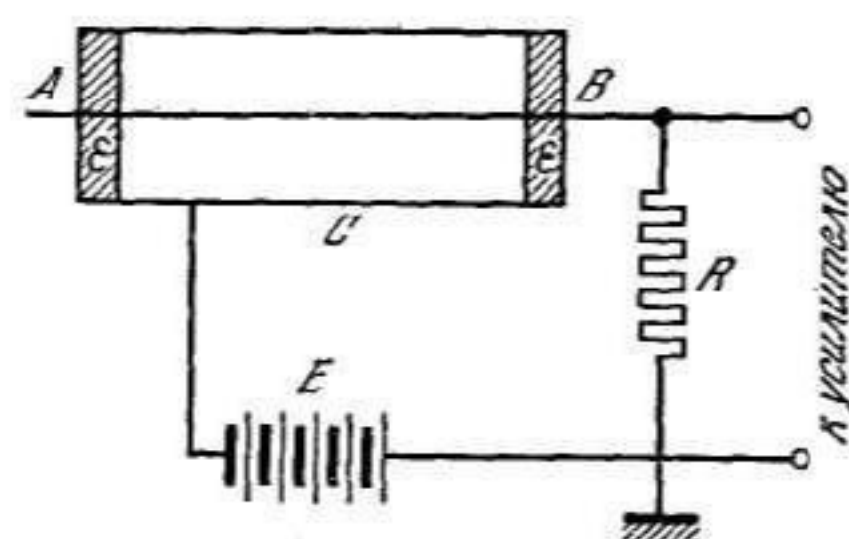


Рис.2 Схема устройства счетчика Гейгера-Мюллера

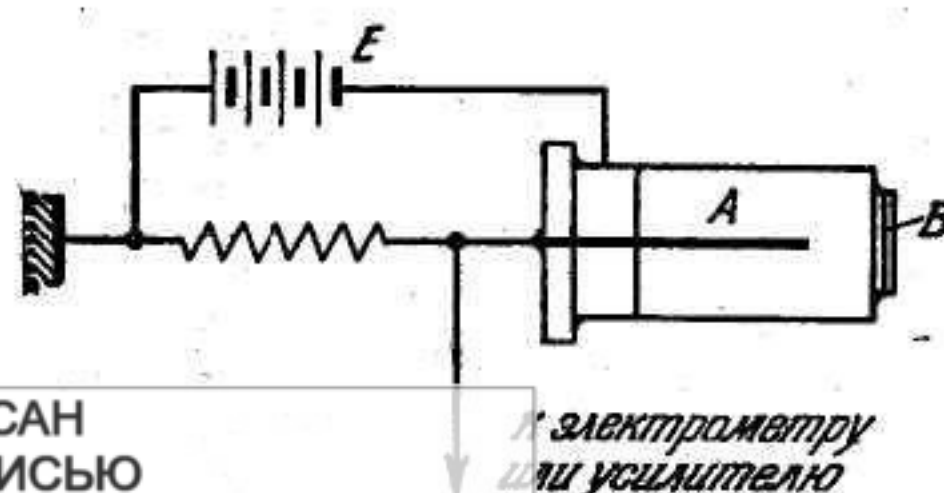
Между нитью и цилиндрическим корпусом счетчика с помощью батареи Е или специального выпрямительного устройства создают электрическое поле

Такого напряжения, при котором в счетчике может развиваться коронный разряд. Коронный разряд начнет развиваться, если в пространстве между нитью и корпусом окажутся заряженные частицы. Поэтому коронный разряд возникает в счетчике всякий раз, когда в него проникнет ионизирующая частица-электрон или α -частица. Такая частица, двигаясь внутри счетчика, производит ионизацию газа, вследствие чего и возникает коронный разряд. Последовательно с нитью счетчика подключается сопротивление R, величину которого подбирают так, чтобы при развитии коронного разряда на этом сопротивлении возникало достаточное падение потенциала. Если это падение потенциала окажется достаточным (около сотни вольт), то возникший в счетчике коронный разряд прервется.

По возникшему в счетчике Гейгера импульсу тока и судят о том, что через счетчик прошла ионизирующая частица. Наша промышленность выпускает так называемые установки типа «Б», содержащие аппаратуру, необходимую для питания счетчиков, усилитель, с помощью которого импульс тока в счетчике усиливается до такой величины, что приводит в действие реле нумератора, предназначенного для отсчета числа возникших в счетчике Гейгера импульсов. Для того чтобы счетчик Гейгера «сработал», ионизирующая частица должна проникнуть внутрь его - пройти через стенки. Если излучение поглощается стенками счетчика, то применяют для регистрации таких частиц либо очень тонкие стенки, либо специальные тонкие окошки.

В торцевых счетчиках нить заменяется иглой А. В передней стенке счетчика делается отверстие В, закрываемое фольгой нужной толщины (рис. 3).

Счетчики Гейгера применяются и для счета γ -квантов, γ -кванты вызывают в стенках счетчика фотоэлектрический эффект или комптон-эффект. Вырванные из стенок счетчика фото- и комптон-электроны и возбуждают разряд в счетчике.



торцевого счетчика.

в) Метод толстослойной фотопластинки. Метод толстослойных фотопластинок был разработан Мысовским и Ждановым. Ими изготавливались специальные фотопластинки с утолщенным слоем фотоэмульсии (50—300 мк). α -частицы при движении в таком слое вызывают разложение бромистого серебра только в тех зернах, через которые они прошли. После проявления такой пластинки в ней возникают «дорожки» из осадившегося серебра, хорошо видимые в микроскопе. Каждая такая дорожка представляет собой след двигавшейся частицы. По величине пробега α -частицы можно определить ее энергию.

Толстослойные фотопластинки пригодны для регистрации не только α -лучей, но и других сильно ионизирующих частиц - протонов, дейтронов. В настоящее время изготавливаются и такие фотопластинки, в которых можно обнаруживать следы частиц не столь сильно ионизирующих, в частности, электронов большой энергии.

Оборудование и материалы.

В работе используется торцовый счетчик Гейгера-Мюллера. Исследуемый радиоактивный источник в герметической капсуле размещен на держателе, свободно перемещающемся по скамье относительно счетчика. Для измерения расстояния между счетчиком и образцом на скамье установлена измерительная линейка, а на держателе образца нанесена риска. Поглотителем бета-частиц является набор тонких алюминиевых пластин, помещенных на специальном держателе. Толщина каждой пластины указана на кольце держателя.

Указания по технике безопасности.

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности.
2. Лабораторные работы могут проводиться только под руководством и наблюдением преподавателя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
4. Не держите на рабочем столе предметы, не требующиеся для выполнения задания.
5. Перед тем, как приступить к работе тщательно изучите её описание, уясните ход выполнения работы.

Задания.

1. Включить приборы установки и дать им прогреться в течение 10 мин.
2. Установить на счетчике рабочее напряжение и определить «фон» счетчика.
3. Поместить в «домик» исследуемый источник бета-излучения и определить начальную интенсивность бета-излучения при отсутствии поглотителя.



4. Используя набор алюминиевых пластин, снять зависимость интенсивности бета-излучения от толщины d поглотителя. Построить по полученным данным кривую поглощения.

5. В целях более точного определения максимального пробега экстраполяцию необходимо произвести по графику кривой поглощения (по оси ординат откладывают значения $\ln I$, а по оси абсцисс – d).

6. Используя формулу (8) и найденное путем экстраполяции значение определить величину максимальной энергии бета-частиц.

7. Оценить погрешность результатов.

Снятие зависимости интенсивности элементарных частиц от расстояния до источника излучения

1. Включить установку в сеть установить время регистрации 10 секунд.

3. Установить начальное расстояние R между сцинтилляционным экраном и препаратом, соответствующее нулевой точке шкалы.

4. Используя установку, определить интенсивность I элементарных частиц для начального расстояния R .

5. Увеличить расстояние между экраном и препаратом на 0,5 см и повторить измерения интенсивности.

6. Продолжая увеличивать расстояния R через 0,5 см, повторять измерения интенсивности элементарных частиц по всей длине линейки прибора.

7. По полученным данным построить график зависимости $I = f(R)$ и определить средний пробег R_0 , экстраполированный R_3 и параметр разброса s .

8. Продифференцировав графически полученную кривую $I = f(R)$ определить

$$\frac{dI}{dR} = \psi(R)$$

средний пробег R_0 как абсциссу максимума кривой:

9. Оценить погрешность результатов.

Содержание отчета.

Отчет по лабораторным работам должны содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- конспект основных законов, определений, понятий, формул;
- основное оборудование, схема установки;
- описание по пунктам выполненной работы;
- результаты измерений и расчетов (таблицы, графики);
- оценка погрешностей;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по результатам выполненной работы, дата, подпись.

Контрольные вопросы.

1. Что такое радиоактивность? Виды радиоактивного излучения.

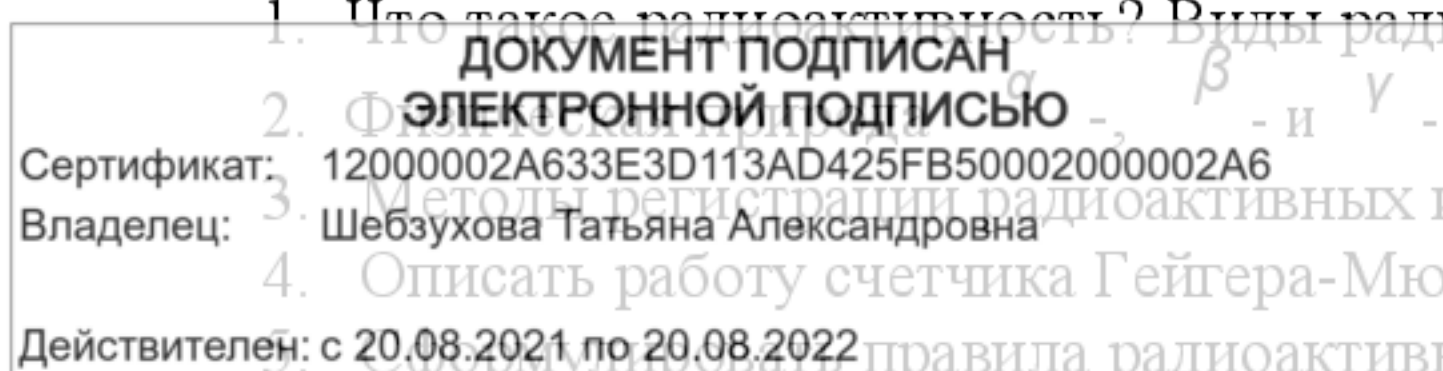
2. Формулы для расчета активности α , β и γ - излучений.

3. Методы регистрации радиоактивных излучений.

4. Описать работу счетчика Гейгера-Мюллера.

5. Сформулировать правила радиоактивного излучения.

6. Записать формулу радиоактивного распада. Почему классический метод не



- объясняет природу α -распада?
7. Описать α -распад с позиций квантовой механики.
 8. Описать β -распад с позиций квантовой механики.
 9. В чем заключается метод определения длины свободного пробега элементарной частицы в данной работе?
 10. Записать формулу Гейгера.
 11. В чем заключается метод определения энергии элементарных частиц (метод поглощения)?

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1.2 Перечень основной литературы:

1. Физика для вузов: механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Никеров. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 136 с. : табл., граф., схем. - ISBN 978-5-394-00691-3;-URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450772>
2. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика : в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм. – 304 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235732>
3. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика : в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. – 232 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=460883>

5.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Лекции по учебной дисциплине «Основы теоретической физики». Электродинамика. [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.И. Кухарь. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2017. — 57 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70731.html>
2. Никеров, В.А. Физика: современный курс / В.А. Никеров. – 2-е изд. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 452 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453287>.

$$m_2 a = m_2 g - T_2 \dots$$

$$\dots \frac{m_1 + m_2}{M_1 M_2} \cdot \frac{RT}{(m_1 + m_2) \cdot p} \dots a_1$$

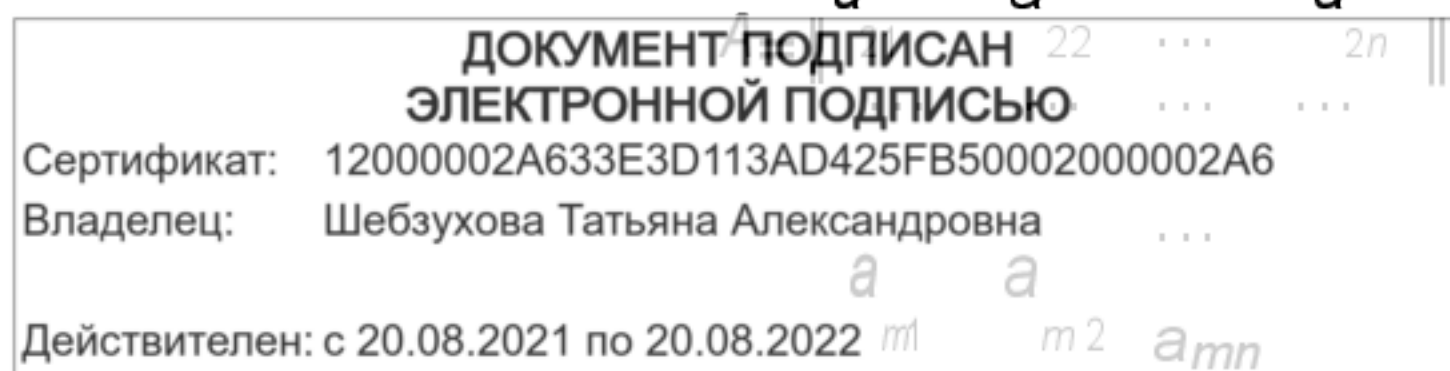
$$\begin{matrix} a & a & a \\ 11 & 12 & 1n \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a & a & a \\ 22 & \dots & 2n \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a & a \\ 11 & 12 & n \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a & a & a \\ 21 & 22 & \dots & 2n \end{matrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$



$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 5 \\ 4 & 1 & 3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & -1 & -3 \\ 1 & 2 & 4 \end{pmatrix},$$

$$\begin{matrix} 1+2 & -2+1 & 5-3 & 3-12 \\ 1+2 & -2+1 & 5-3 & 3-12 \end{matrix}$$

$$A+B=C = \begin{pmatrix} 4+1 & 1-2 & 3+4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & -1 & 7 \end{pmatrix}.$$

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -2 & 3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}$$

$$X = B - A = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 2 & 4 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -2 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}. \quad A = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 3 & 5 \end{pmatrix}, \alpha = 3,$$

$$\alpha A = \begin{pmatrix} 3 & 2 & -1 \\ 6 & -3 \end{pmatrix} \quad c_{ij} = a_{i1} b_{1j} + a_{i2} b_{2j} + \dots + a_{in} b_{nj} = \sum_{k=1}^n a_{ik} b_{kj}$$

$$A \cdot B = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 3 & 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \cdot (-2) + 3 \cdot 3 & 1 \cdot (-1) + 3 \cdot 5 \\ -2 \cdot 1 + 1 \cdot (-2) + 2 \cdot 3 & 1 \cdot 1 + 2 \cdot 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -11 & 14 \\ 4 & 11 \end{pmatrix}$$

$$B \cdot A = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ -2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \cdot 1 + 5 \cdot (-1) & 3 \cdot 2 + 5 \cdot 3 \\ -2 \cdot 1 - 1 \cdot 1 & 2 \cdot (-2) + 1 \cdot 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 21 \\ -3 & -1 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad \Delta(A) = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}$$

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\begin{matrix} a & a & a \\ 11 & 12 & 13 \end{matrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{vmatrix} = a_{11} a_{22} a_{33} + a_{21} a_{32} a_{13} + a_{12} a_{23} a_{31} - a_{31} a_{22} a_{13}$$

$$- a_{11} a_{32} a_{23} - a_{21} a_{12} a_{33}$$

$$\begin{matrix} a & a & a \\ 12 & 13 & 11 \\ a_{22} & a_{23} & a_{21} \end{matrix} \begin{vmatrix} a & a & a \\ 11 & 12 & 13 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & a & a \\ 12 & 13 & 11 \\ a_{22} & a_{23} & a_{21} \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a & a & a \\ 11 & 12 & 13 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= a_{11} A_{11} + a_{12} A_{12} + a_{13} A_{13} ; & \Delta &= a_{11} A_{11} + a_{12} A_{12} + a_{13} A_{13} \\ \Delta &= a_{21} A_{21} + a_{22} A_{22} + a_{23} A_{23} ; & \Delta &= a_{12} A_{12} + a_{22} A_{22} + a_{32} A_{32} \\ \Delta &= a_{31} A_{31} + a_{32} A_{32} + a_{33} A_{33} ; & \Delta &= a_{13} A_{13} + a_{23} A_{23} + a_{33} A_{33} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} = \\ &= a_{11} (a_{22} a_{33} - a_{23} a_{32}) - a_{12} (a_{21} a_{33} - a_{23} a_{31}) + a_{13} (a_{21} a_{32} - a_{22} a_{31}) = \\ &= a_{11} a_{22} a_{33} + a_{12} a_{31} a_{23} + a_{13} a_{21} a_{32} - a_{11} a_{23} a_{32} - a_{12} a_{33} a_{21} - a_{13} a_{31} a_{22} \end{aligned}$$

$$\begin{matrix} 1 & -1 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & -1 & 4 \\ 2 & 3 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 0 & 5 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1+1 \\ | = 1 \cdot (-1) | 3 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1-14 \\ 1 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1+2 \\ 3 | + (-1) \cdot (-1) | 2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} -1 & 4 \\ 1 & 3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 4 \\ 2 & 3 & 3 \\ 3 & 1 & 5 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1 & 1 & -1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 0 \end{matrix}$$

$$+ 1(5+0-9-12-0+10) + 2(15+8+9-36-3-10) - 3(0-2+3+9-0-1) =$$

$$13 - 6 + 2 \cdot (-17) - 3 \cdot 9 = 13 - 6 - 34 - 27 = -54$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\begin{vmatrix} 1 & -1 & 2 & 3 \\ 0 & 2 & -3 & 1 \\ 0 & 5 & -3 & -3 \end{vmatrix} = a_{11} A_{11} = 1 \cdot \begin{vmatrix} 2 & -3 & 1 \\ 5 & -3 & -3 \end{vmatrix} = 24 - 30 + 36 + 12 - 36 - 60 = -54$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 5 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix} A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} -3 & 2 & -1 \\ 5 & 6 & 1 \\ -2 & 1 & -7 \end{pmatrix} B = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 1 \\ -3 & 2 & 1 \\ 8 & -3 & 2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 3 & 7 \\ 8 & 26 & 56 \end{vmatrix}, \Delta = \begin{vmatrix} 2 & 4 & 5 \\ 3 & 1 & -1 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x & y & z \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & -4 \end{pmatrix} \quad 3-46 \quad 2 \ 0 \ 0 \quad x^2 \ y^2 \ z^2 \quad 1 \ 1 \ 1+b$$

$$\begin{vmatrix} 4 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 5 \\ 2 & 4 & 3 & 1 \end{vmatrix}, \Delta = \begin{vmatrix} -1 & 5 & 3 & -2 \\ -4 & 2 & 7 & 2 \\ -5 & 1 & 1 & 5 \\ 0 & 4 & 2 & -1 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} 1 & -1 & 2 & 3 & -2 \\ 1 & 1 & -1 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & -2 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & -2 & 3 \\ -2 & 1 & 3 & 4 & 5 \end{vmatrix}$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \quad \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad \overline{A}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} & b_m \end{pmatrix} \quad x_1, x_2, x_3 \quad \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2, \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3, \end{cases} \quad \begin{cases} 2x_1 + x_2 - 3x_3 = -5, \\ x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 17, \\ x_1 + x_2 + 3x_3 = 4. \end{cases}$$

$$A = \begin{vmatrix} 2 & 1 & -3 \\ 1 & -2 & 2 \\ 1 & 1 & 3 \end{vmatrix} = -12 + 2 - 3 - 6 - 4 - 3 = -26.$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$A_{11} = \begin{vmatrix} -2 & 2 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = -8, \quad A_{21} = -\begin{vmatrix} 1 & -3 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = -6, \quad A_{31} = \begin{vmatrix} 1 & -3 \\ -2 & 2 \end{vmatrix} = -4, \\ A_{12} = -\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = -1, \quad A_{22} = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = 9, \quad A_{32} = -\begin{vmatrix} 2 & -3 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = -7, \\ X = A^{-1}B \quad A_{13} = \begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = 3, \quad A_{23} = -\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = -1, \quad A_{33} = \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & -2 \end{vmatrix} = -5, \quad A^{-1}$$

$$A^{-1} = -\frac{1}{26} \begin{pmatrix} -8 & -6 & -4 \\ -1 & 9 & -7 \\ 3 & -1 & -5 \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = -\frac{1}{26} \begin{pmatrix} -8 & -6 & -4 \\ -1 & 9 & -7 \\ 3 & -1 & -5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -5 \\ 17 \\ 4 \end{pmatrix} = -\frac{1}{26} \begin{pmatrix} -78 \\ 130 \\ -52 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -5 \\ 2 \end{pmatrix},$$

$$x_1 = 3, \quad x_2 = -5, \quad x_3 = 2. \quad \Delta \neq 0 \quad x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} \quad \begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_3 = -4 \\ 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 = 2 \\ 4x_1 - 7x_2 - 5x_3 = -5 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 3 & 2 & 5 \\ 4 & -7 & -5 \end{vmatrix} \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} -4 & -2 & 1 \\ 2 & 2 & 5 \\ -5 & -7 & -5 \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 1 \\ 3 & 2 & 5 \\ 4 & -5 & -5 \end{vmatrix} \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & -2 & -4 \\ 3 & 2 & 2 \\ 4 & -7 & -5 \end{vmatrix}$$

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-74}{-74} = 1, \quad x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-148}{-74} = 2, \quad x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{74}{-74} = -1$$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 2 & 1 & -3 & -5 \\ 1 & -2 & 2 & 17 \\ 1 & 1 & 3 & 4 \end{array} \right) \xrightarrow{\overline{S_1} \leftrightarrow \overline{S_3}} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 3 & 4 \\ 1 & -2 & 2 & 17 \\ 2 & 1 & -3 & -5 \end{array} \right) \xrightarrow{\substack{-\overline{S_1} + \overline{S_2} \\ -2\overline{S_1} + \overline{S_3}}} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 3 & 4 \\ 0 & -3 & -1 & 13 \\ 0 & -1 & -9 & -13 \end{array} \right) \xrightarrow{\overline{S_2} \leftrightarrow \overline{S_3}} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 3 & 4 \\ 0 & -1 & -9 & -13 \\ 0 & -3 & -1 & 13 \end{array} \right)$$

$$\xrightarrow{\overline{S_2} + \overline{S_3}} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 3 & 4 \\ 0 & -1 & -9 & -13 \\ 0 & -3 & -1 & 13 \end{array} \right) \xrightarrow{-3\overline{S_2} + \overline{S_3}} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 3 & 4 \\ 0 & -1 & -9 & -13 \\ 0 & 0 & 26 & 52 \end{array} \right).$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_3 = 4, \\ -x_2 - 9x_3 = -13, \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 = 2, \\ x_2 = 13 - 9x_3 = -5, \\ x_3 = 4 - x_2 - 3x_1 = 3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11 \end{cases}$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 + 3x_2 - 4x_3 = 20 \\ 3x_1 - 2x_2 - 5x_3 = 6 \end{cases} \quad \begin{cases} 2x_1 - x_2 - x_3 = 4 \\ 3x_1 + 4x_2 - 2x_3 = 11 \\ 3x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 11 \end{cases} \quad \begin{cases} 2x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 6x_4 = 18 \\ 4x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 7x_4 = 24 \\ 3x_1 + 2x_2 + 8x_3 + 5x_4 = 13 \\ 2x_1 + 8x_2 + 7x_3 + 3x_4 = 6 \end{cases} \quad y = f(x) \\ \lim_{x \rightarrow a} f(x) = A$$

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = A, \lim_{x \rightarrow a} g(x) = B \quad \lim_{x \rightarrow a} C \cdot f(x) = C \cdot \lim_{x \rightarrow a} f(x) = C \cdot A$$

$$\lim_{x \rightarrow a} (C \cdot f(x)) = C \cdot \lim_{x \rightarrow a} f(x) = C \cdot A \quad \lim_{x \rightarrow a} (f(x) + g(x)) = \lim_{x \rightarrow a} f(x) + \lim_{x \rightarrow a} g(x) = A + B$$

$$\lim_{x \rightarrow a} (f(x) \cdot g(x)) = \lim_{x \rightarrow a} f(x) \cdot \lim_{x \rightarrow a} g(x) = A \cdot B \quad \lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}{\lim_{x \rightarrow a} g(x)} = \frac{A}{B} \quad \lim_{x \rightarrow a} g(x) \neq 0$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1, \quad \lim_{x \rightarrow 0} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{12x^2 + 5x}{-4x^2 + 7} = -3, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\infty}{\infty} = \frac{\infty}{\infty}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{12x^2 + 5x}{-4x^2 + 7} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{12 + \frac{5}{x}}{-4 + \frac{7}{x^2}} = \frac{12 + 0}{-4 + 0} = -3, \quad \lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^3 - 4x^2 - 3x + 18}{x^3 - 5x^2 + 3x + 9} = \frac{0}{0}$$

$$\begin{aligned} x^3 - 4x^2 - 3x + 18 &= (x-3)(x^2 - x - 6) = (x-3)(x-3)(x+2) = (x-3)^2(x+2) \\ x^3 - 5x^2 + 3x + 9 &= (x-3)(x^2 - 2x - 3) = (x-3)(x-3)(x+1) = (x-3)^2(x+1) \\ 0 \quad \frac{x^3 - 4x^2 - 3x + 18}{x^3 - 5x^2 + 3x + 9} &= \frac{(x-3)^2(x+2)}{(x-3)^2(x+1)} = \frac{x+2}{x+1} = \frac{5}{4} \end{aligned}$$

$$\lim_{x \rightarrow 3} \frac{\sqrt{x+13} - 2\sqrt{x+1}}{\frac{3}{x^2} - 9} = \frac{0}{0}$$

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\begin{aligned}
 \lim_{x \rightarrow 3} \frac{\sqrt{x+13} - 2\sqrt{x+1}}{x^2 - 9} &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{(\sqrt{x+13} - 2\sqrt{x+1})(\sqrt{x+13} + 2\sqrt{x+1})}{(x-3)(x+3)(\sqrt{x+13} + 2\sqrt{x+1})} = \\
 &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{-3x + 9}{(x-3)^3 (x+3)^3 (\sqrt{x+13} + 2\sqrt{x+1})} = \\
 &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{-3(x-3)}{(x-3)^3 (x+3)^3 (\sqrt{x+13} + 2\sqrt{x+1})} = \\
 &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{-3}{(x+3)^3 (\sqrt{x+13} + 2\sqrt{x+1})} = 0
 \end{aligned}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x}{4x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{3 \sin 3x}{4 \cdot 3x} = \frac{3}{4} \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x}{3x} = \frac{3}{4} \cdot \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x \sin x}{1 - \cos x}$$

$$2 \sin^2 \frac{x}{2} = 1 - \cos x; \quad \sin x = 2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2},$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x \sin x}{1 - \cos x} = \left[\frac{0}{0} \right] = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x \cdot 2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2}}{2 \sin^2 \frac{x}{2}} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x \cos \frac{x}{2}}{\sin \frac{x}{2}} =$$

$$= \frac{2 \lim_{x \rightarrow 0} \cos \frac{x}{2}}{\frac{1}{2} \cdot \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{x}{2}}{\frac{x}{2}}} = \frac{2 \cdot 1}{\frac{1}{2} \cdot 1} = 4$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x-1}{3x+4} = 1$$

$$\frac{3x-1}{3x+4} = \frac{1 - \frac{1}{3x}}{1 + \frac{4}{3x}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1 - \frac{1}{3x}}{1 + \frac{4}{3x}} = 1$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3x-1}{3x+4} \right)^{2x-1} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{3}{3x} \right)^{2x-1} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{3}{3x} \right)^{2x}$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
 Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{-3x}\right)^{-3x - \frac{2}{3}} = e^{-\frac{10}{3}} = \frac{1}{e^{\frac{10}{3}}}$$

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{2x^2 + x - 1}{2x^2 + 5x - 3} = \frac{1}{-}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{x^2 + 1} + \sqrt{x}}{\sqrt[4]{x^3 + x} - x^2} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{\sin 2x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x^2} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\operatorname{tg} x - \sin x}{x^3} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x^2 + 2}{2x^2 - 1} \right)^{x^2}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} (1 + 2x)^{\frac{5}{x}} = f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} = \frac{u'}{u^2}$$

$$(a^u)' = a^u \cdot \ln a \cdot u'$$

$$(e^u)' = e^u \cdot u' \quad (\log_a u)' = \frac{u'}{u \cdot \ln a} \quad (\ln u)' = \frac{u'}{u} \quad (\sin u)' = \cos u \cdot u' \quad (\cos u)' = -\sin u \cdot u'$$

$$(\operatorname{tg} u)' = \frac{u'}{\cos^2 u} = \frac{u'}{\sin^2 u} \quad (\arcsin u)' = \frac{u'}{\sqrt{1-u^2}} \quad (\arccos u)' = -\frac{u'}{\sqrt{1-u^2}}$$

$$(\operatorname{arctg} u)' = \frac{u'}{1+u^2} \quad (\operatorname{arcctg} u)' = -\frac{u'}{1+u^2} \quad y = f(x) \quad f''(x) = (f'(x))' = y''(x)$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = y^{(2)}(x) \quad \frac{d^n y}{dx^n} = y^{(n)}(x) \quad y = \cos^2(x^2)$$

$$y' = 2 \cos(x^2) \cdot (\cos(x^2))' = 2 \cos(x^2) \cdot (-\sin(x^2)) \cdot (x^2)' = -2x \cdot \sin(2x^2)$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$y' = -\frac{(\sqrt{x})'}{\sqrt{x}} = -\frac{\frac{1}{2\sqrt{x}}}{\sqrt{x}} = -\frac{1}{2x}$$

$$y = \arcsin \sqrt{x} \quad \sqrt{1-(\sqrt{x})^2} = \sqrt{1-x} \quad 2\sqrt{x-x^2} \quad y = \ln(\operatorname{arctg} \sqrt{x-1})$$

$$y' = \frac{(\operatorname{arctg} \sqrt{x-1})'}{\operatorname{arctg} \sqrt{x-1}} = \frac{1}{\operatorname{arctg} \sqrt{x-1}} \cdot \frac{(\sqrt{x-1})'}{1+(\sqrt{x-1})^2} = \frac{1}{\operatorname{arctg} \sqrt{x-1}} \cdot \frac{1}{2\sqrt{x-1}}$$

$$y = \operatorname{Intg} \frac{x}{2} - \frac{x}{\sin x}$$

$$y' = \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{x}{2}} \cdot \frac{1}{\cos^2 \frac{x}{2}} \cdot \frac{1}{2} - \frac{\sin x - x \cos x}{\sin^2 x} = \frac{1}{2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2}} - \frac{\sin x - x \cos x}{\sin^2 x} = \frac{\sin x - \sin x + x \cos x}{\sin^2 x} = \frac{x \cos x}{\sin^2 x}$$

$$y = \operatorname{arctg} \frac{2x}{1-x^2}$$

$$y' = \frac{1}{\left[1 + \frac{4x^2}{(1-x^2)^2}\right]} \cdot \frac{8x^3(1-x^2) - (-8x^7)2x^2}{(1-x^2)^2} = \frac{(1-x^2)^2(8x^3 - 8x^{11} + 16x^{11})}{(1+x^2)^2(1-x^2)^2} = \frac{8x^3 + 8x^{11}}{(1+x^2)^2} = \frac{8x^3(1+x^8)}{(1+x^2)^2} = \frac{8x^3}{1+x^8}$$

$$\frac{x}{x^2-2}$$

$$y = \sqrt[4]{(3+4\sqrt[3]{2}x)^3} \quad y = \sqrt[4]{1+x^2} \quad y = \operatorname{arctg} 1+x^2 \quad y = \ln \sqrt{(6-2x^2)^3}$$

$$y = \ln \operatorname{Intg} x \quad y = e^{\operatorname{arcsin} \frac{x}{x_0}} \quad y = f(x) \quad x_0 \quad x_0 \quad y = f(x) \quad x_0 \quad x \neq x_0$$

$$f(x) < f(x_0) \quad f(x) > f(x_0) \quad y_{\max} = f(x_{\max}) \quad y_{\min} = f(x_{\min}) \quad y = f(x)$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$x_0 \quad x_0 \quad x \quad x_0 \quad f'(x) \quad x_0 \quad f'(x)$$

$$f''(x_0) < 0 \quad x_0 \quad f''(x_0) > 0 \quad x_0 \quad x_0$$

$$\lim_{x \rightarrow a-0} f(x) = +\infty \text{ (или } -\infty \text{)}$$

$$x \rightarrow a-0$$

$$\lim_{x \rightarrow a+0} f(x) = +\infty \text{ (или } -\infty \text{)}$$

$$f(x_0) = 0 \quad f''(x) \neq 0 \quad f''(x) \neq 0 \quad x \rightarrow a+0 \quad x \rightarrow +\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = k \text{ и } \lim_{x \rightarrow +\infty} [f(x) - k \cdot x] = b$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} \left(\frac{f(x)}{x} = k \text{ и } \lim_{x \rightarrow -\infty} [f(x) - k \cdot x] = b \right) \cdot k = 0 \text{ и } b \neq \infty$$

$$y = \frac{3x^2 - x + 2}{x - 2} \quad D(y) = (-\infty; 2) \cup (2; +\infty) \quad x_0 = 2$$

$$\lim_{x \rightarrow x_0-0} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2-0} \frac{3x^2 - x + 2}{x - 2} = \frac{12}{-0} = -\infty$$

$$x \rightarrow x_0-0 \quad x \rightarrow 2-0 \quad x-2 \quad \left[-0 \right] \quad x_0 = 2$$

$$k = \lim_{\substack{x \rightarrow +\infty \\ (x \rightarrow -\infty)}} \frac{f(x)}{x} = \lim_{\substack{x \rightarrow +\infty \\ (x \rightarrow -\infty)}} \frac{3x^2 - x + 2}{(x - 2)x} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] = \left| \begin{array}{l} \text{разделим числитель} \\ \text{и знаменатель на } x^2 \end{array} \right| =$$

$$= \lim_{\substack{x \rightarrow +\infty \\ (x \rightarrow -\infty)}} \frac{3 - \frac{1}{x} + \frac{2}{x^2}}{1 - \frac{2}{x}} = 3;$$

$$b = \lim_{\substack{x \rightarrow +\infty \\ (x \rightarrow -\infty)}} [f(x) - k \cdot x] = \lim_{\substack{x \rightarrow +\infty \\ (x \rightarrow -\infty)}} \left(\frac{3x^2 - x + 2}{x - 2} - 3x \right) = \lim_{\substack{x \rightarrow +\infty \\ (x \rightarrow -\infty)}} \frac{3x^2 - x + 2 - 3x^2 + 6x}{x - 2} =$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{5x + 2}{x - 2} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{5 + \frac{2}{x}}{1 - \frac{2}{x}} = 5$$

$$y = \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{2}x^2 - 2x \quad y = \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{2}x^2 - 6x$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: (X12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$y = \frac{x^4}{12} - 2x^2 \quad y = x^3 - 5x^2 + 3x - 5 \quad y = \frac{2-x^2}{x+3} \quad y = \frac{5x^2+2x-1}{1-x}$$

$$y = \frac{x^3}{3(x+2)^2} \quad y = 3x(1-x^2) \quad P(A) = \frac{m}{n} \quad P(\Omega) = \frac{m}{n} = \frac{n}{n} = 1$$

$$P(\emptyset) = \frac{m}{n} = \frac{0}{n} = 0 \quad 0 < m < n \quad 0 < \frac{m}{n} < 1 \quad 0 < P(A) < 1 \quad 0 \leq P(A) \leq 1$$

$$P(A) = \frac{mesg}{mesG} \quad \Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_6\} \quad \Omega, A = \{\omega_2, \omega_4, \omega_6\} \quad P(A) = \frac{m}{n} = \frac{5+2}{1000} = 0,007.$$

$$W(A) = \frac{3}{90} = \frac{1}{30} \quad P(A+B) = P(A) + P(B) \quad P(AB) = P(A) \cdot P(B).$$

$$P(A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_n) = P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot \dots \cdot P(A_n) \quad P(AB) = P(A|B) \cdot P(B)$$

$$P(A) = \frac{10}{30} = \frac{1}{3} \quad P(B) = \frac{5}{30} = \frac{1}{6} \quad P(A+B) = P(A) + P(B) = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$$

$$P(\Omega) = P(A) + P(\bar{A}) = 1 \quad P(\bar{A}) = 1 - P(A) \quad p = 0,3$$

$$q = 1 - p = 1 - 0,3 = 0,7 \quad \bar{A} \quad A = A_1 + A_2 + A_3, \quad A_1, A_2, A_3$$

$$P(A) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3) = 0,15 + 0,23 + 0,17 = 0,55$$

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A) = 0,45 \quad P_n(k) = P_5(3) \quad p^k q^{n-k} \quad C_n^k \quad P_n(k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

$$P_n(k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} \quad p = 0,75 \quad p = 0,75 \quad q = 1 - p = 1 - 0,75 = 0,25$$

$$P_6(4) = C_6^4 p^4 q^2 = C_6^2 p^4 q^2 = \frac{6 \cdot 5}{1 \cdot 2} (0,75)^4 \cdot (0,25)^2 = \frac{1215}{4096} \approx 0,297$$

$$P_n(\hat{m}) \geq P_n(\hat{m} - 1) \quad P_n(\hat{m}) \geq P_n(\hat{m} + 1) \quad p + q = 1 \quad (n - \hat{m} + 1)p \geq \hat{m}q$$

$$(\hat{m} + 1)q \geq (n - \hat{m})p \quad m^p - q \leq \hat{m} \leq np + p \quad n = 50 \quad k = 30 \quad p = 0,1 \quad P_{50}(30)$$

$$\frac{50!}{30!20!}$$

$$20! = 24329020 \cdot 10^{11} \quad P_n(k) \quad y = \frac{1}{\sqrt{npq}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} = \frac{1}{\sqrt{npq}} \cdot \varphi(x) \quad x = \frac{k-np}{\sqrt{npq}}$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad \varphi(-x) = \varphi(x) \quad \varphi(x) \quad P_n(k) \approx \frac{1}{\sqrt{npq}} \cdot \varphi(x) \quad x = \frac{k-np}{\sqrt{npq}}$$

$$n=400 \quad k=80 \quad p=0,2 \quad q=0,8 \quad P_{400}(80) \approx \frac{1}{\sqrt{400 \cdot 0,2 \cdot 0,8}} \cdot \varphi(x) = \frac{1}{8} \cdot \varphi(x)$$

$$x = \frac{k-n}{\sqrt{npq}} = \frac{80-400 \cdot 0,2}{8} = 0 \quad \varphi(0) = 0,3989$$

$$P_{400}(80) = \frac{1}{8} \cdot 0,3989 = 0,04986 \quad P_n(k_1, k_2) \quad k_1 \quad k_2 \quad k_1 \quad k_2 \quad P_n(k_1, k_2)$$

$$P_n(k_1, k_2) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad x_1 = \frac{k_1-np}{\sqrt{npq}} \quad x_2 = \frac{k_2-np}{\sqrt{npq}}$$

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad \Phi(x) \quad x \geq 0 \quad x < 0 \quad \Phi(x) \quad \Phi(-x) = -\Phi(x) \quad \Phi(x)$$

$$P_n(k_1, k_2) \approx \Phi(x_2) - \Phi(x_1) \quad x_1 = \frac{k_1-np}{\sqrt{npq}} \quad x_2 = \frac{k_2-np}{\sqrt{npq}} \quad p=0,2$$

$$n=400 \quad k_1=70 \quad k_2=100 \quad p=0,2 \quad q=0,8 \quad P_{400}(70, 100) \approx \Phi(x_2) - \Phi(x_1)$$

$$x_1 = \frac{k_1-np}{\sqrt{npq}} = \frac{70-400 \cdot 0,2}{\sqrt{400 \cdot 0,2 \cdot 0,8}} = -1,25 \quad x_2 = \frac{k_2-np}{\sqrt{npq}} = \frac{100-400 \cdot 0,2}{\sqrt{400 \cdot 0,2 \cdot 0,8}} = 2,5$$

$$P_{400}(70, 100) \approx \Phi(2,5) - \Phi(-1,25) = \Phi(2,5) + \Phi(1,25) \quad \Phi(x) \quad \Phi(2,5) = 0,4938$$

$$\Phi(1,25) = 0,3944 \quad P_{400}(70, 100) \approx 0,4938 + 0,3944 = 0,8882 \quad (p \leq 0,1) \quad np \rightarrow \infty$$

$$\lambda = np = 5000 \cdot 0,0002 = 1 \quad P_{5000}(3) = \frac{1^3}{3!} e^{-1} = \frac{1}{6e} \approx 0,06 \quad x_1, x_2, \dots, x_n$$

$$p_1, p_2, \dots, p_n \quad M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n \quad M(X) = \sum_{i=1}^{\infty} x_i p_i$$

$$M(X) = 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,3 = 3,9 \quad X - M(X)$$

$$D(X) = M[X - M(X)]^2 \quad D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2$$

$$M(X) = 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,6 + 5 \cdot 0,3 = 3,5 \quad X^2 x_i^2$$

$$M(X^2) = 4 \cdot 0,1 + 9 \cdot 0,6 + 25 \cdot 0,3 = 13,3$$

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2 = 13,3 - (3,5)^2 = 1,05 \quad \sigma(X) = \sqrt{D(X)}$$

x_i			
p_i			

$$M(X) = 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,5 = 6,4 \quad M(X^2)$$

$$M(X^2) = 4 \cdot 0,1 + 9 \cdot 0,4 + 100 \cdot 0,5 = 54$$

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2 = 54 - (6,4)^2 = 13,04$$

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)} = \sqrt{13,04} \approx 3,61 \quad (a, b) \quad X < x \quad F(x) \quad F(x) \quad F(x) \quad F(x)$$

$$F(x) = x/4 + 1/4 \quad \text{при } 0 < x < 1$$

$$F(x) = P(X < x) \quad F(x) \quad (0, 2)$$

$$P(0 < X < 2) = F(2) - F(0) \quad F(x) = x/4 + 1/4$$

$$F(2) - F(0) = (2/4 + 1/4) - (0/4 + 1/4) = 1/2 \quad P(0 < X < 2) = 1/2 \quad f(x)$$

$$F(x) \quad f(x) = F'(x) \quad (a, b) \quad P(a < X < b) = \int_a^b f(x) dx$$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ 2x & \text{при } 0 < x \leq 1 \\ 0 & \text{при } x > 1 \end{cases} \quad (0, 1)$$

$$P(0,5 < X < 1) = \int_{0,5}^1 2x dx = x^2 \Big|_{0,5}^1 = 1 - 0,25 = 0,75 \quad f(x) \quad F(x)$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(z) dz \quad [a, b] \quad M(X) = \int_a^b x f(x) dx \quad [a, b]$$

$$\int_a^b x^2 f(x) dx - [M(X)]^2$$

$$D(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx - [M(X)]^2 \quad \sigma(X) = \sqrt{D(X)}$$

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ x & \text{при } 0 < x \leq 1 \\ 1 & \text{при } x > 1 \end{cases} \quad f(x) = F'(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ 1 & \text{при } 0 < x \leq 1 \\ 0 & \text{при } x > 1 \end{cases}$$

$$M(X) = \int_0^1 x \cdot 1 \cdot dx = x^2/2 \Big|_0^1 = 1/2$$

$$D(X) = \int_0^1 x^2 \cdot 1 \cdot dx - [1/2]^2 = x^3/3 \Big|_0^1 - 1/4 = 1/12$$

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)} = \sqrt{1/12} \approx 0,29$$

$$F(\rho, b) = \sum_{i=1}^n (Y_i - y_i)^2 \quad F(\rho, b) = \sum_{i=1}^n (\rho x_i + b - y_i)^2$$

$$\frac{\partial F}{\partial \rho}$$

$$\frac{\partial F}{\partial \rho} = 2 \sum_{i=1}^n (\rho x_i + b - y_i) x_i = 0$$

$$\rho_{yx} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

x_i				
y_i				

$$\rho_{yx} = (5 \cdot 26,975 - 15 \cdot 8,15) / (5 \cdot 57,5 - 15^2) = 0,202$$

$$b = (57,5 \cdot 8,15 - 15 \cdot 26,975) / (5 \cdot 57,5 - 15^2) = 1,024$$

$$y = 0,202x + 1,024$$

x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

$\sum_{i=1}^n x_i$	$\sum_{i=1}^n y_i$	$\sum_{i=1}^n x_i^2$	$\sum_{i=1}^n x_i y_i$
n_x	n_y	n_{xy}	n_{xy}
X	Y	n	n
n_x	n_y	n_{xy}	n

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad \rho_{yx} \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

$$b = \bar{y} - \bar{x} \rho_{yx} \quad \rho_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2}$$

$$\sigma_x / \sigma_y \sim \sigma_y \quad \rho_{yx} = r_B \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \quad \bar{y}_X - \bar{y} = r_B \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (X - \bar{X})$$

$$\bar{X} - \bar{x} = r_B \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (y - \bar{y})$$

$$x_1 = 4, p_1 = 0,5, x_2 = 6, p_2 = 0,3, x_3 = 3, p_3 = 0,2, M(X) = 8$$

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x \leq -1 \\ \frac{1}{4}x + \frac{1}{4} & -1 < x \leq 5 \\ 1 & x > 5 \end{cases}$$

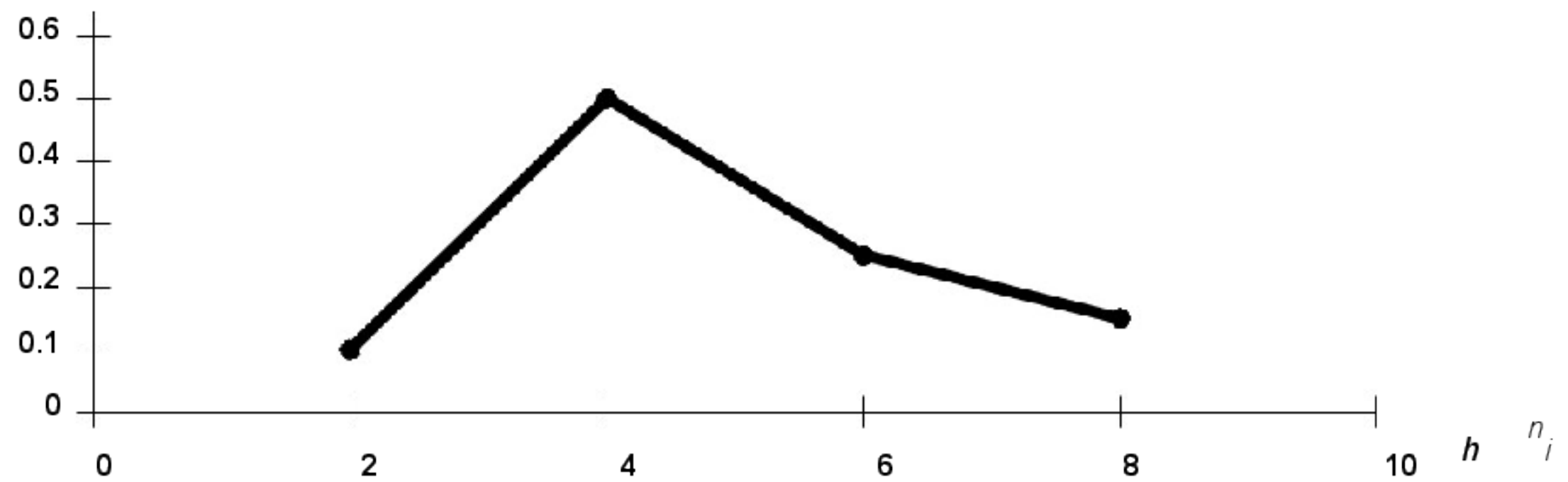
$$x_1 = -1, x_2 = 0, x_3 = 1, M(X) = 0,1, M(X^2) = 0,9, p_1, p_2, p_3$$

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6	Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна	Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022
--	---	--

n_x						$n = 100$

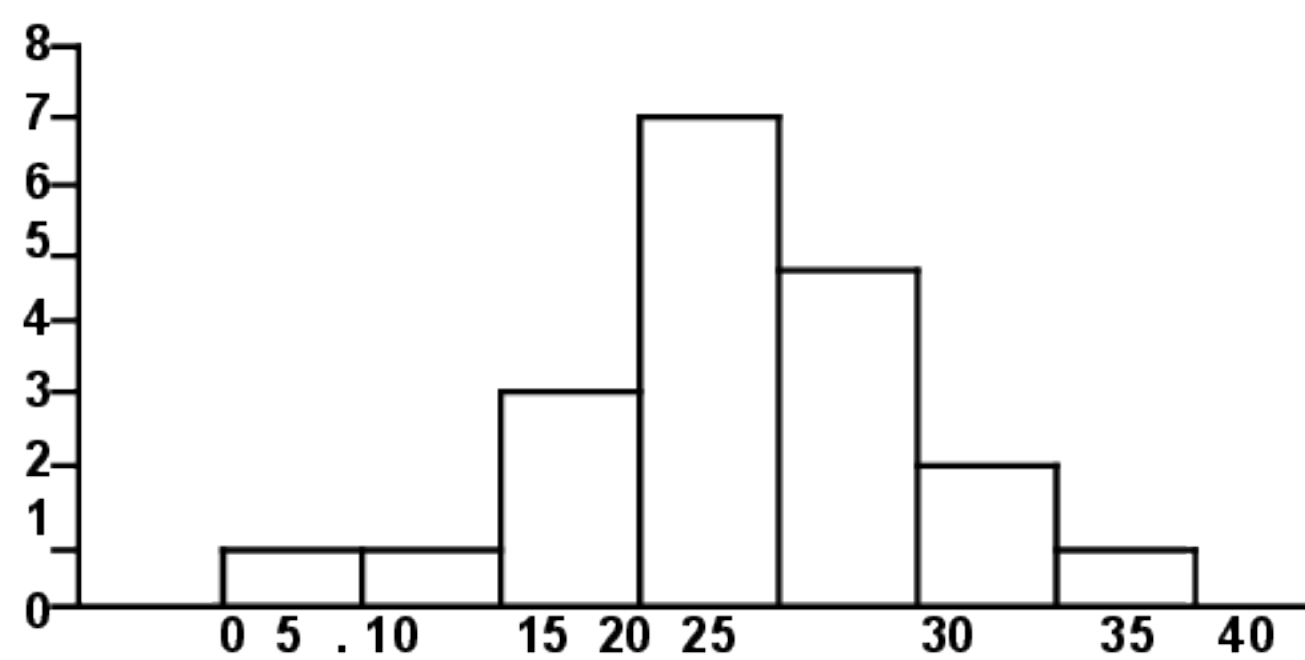
$N=1000 \quad n=100 \quad (x_1; n_1) \quad (x_2; n_2) \quad (x_k; n_k) \quad x_i \quad n_i$
 $(x_i; n_i) \quad (x_1; W_1) \quad (x_2; W_2) \quad (x_k; W_k)$

x_i			
W			



$h \quad n_i/h \quad n_i/h \quad hn_i/h=n_i$

	n_i	n_i/h



$hW_i/h=W_i \quad x_1 \quad x_2 \quad x_n \quad n \quad x_1 \quad x_2 \quad x_n \quad x_1 \quad x_2 \quad x_n$
 $X=(x_1+x_2+\dots+x_n)/n \quad \theta \quad \theta=\theta(n)=\theta(x_1, x_2, \dots, x_n)$
 $X=(x_1+x_2+\dots+x_N)/N \quad x_1 \quad x_2 \quad x_k \quad N$
 $N_1+N_2+\dots+N_k=N \quad x_1 \quad x_2 \quad x_k \quad n_1 \quad n_2 \quad n_k$
 $X_s=(x_1+x_2+\dots+x_n)/n$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
 Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$n_1 + n_2 + \dots + n_k = n \quad \bar{x}_B = (x_{11}n_1 + x_{22}n_2 + \dots + x_{kk}n_k) / n$$

$$\bar{x}_B = \left(\sum_{i=1}^k x_i n_i \right) / n \quad D_B = x_1^2 n_1 + x_2^2 n_2 + \dots + x_k^2 n_k$$

$$D_B = \left(\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_B)^2 n_i \right) / n$$

$$N_1 + N_2 + \dots + N_k = N \quad D_B = \left(\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_B)^2 N_i \right) / N \quad \sigma_B = \sqrt{D_B}$$

x_i			
N_i			

$$\bar{x}_B = \frac{2 \cdot 8 + 4 \cdot 9 + 5 \cdot 10 + 6 \cdot 3}{8 + 9 + 10 + 3} = \frac{120}{30} = 4$$

$$D_B = \frac{2(2-4)^2 \cdot 8 + 4(4-4)^2 \cdot 9 + 5(5-4)^2 \cdot 10 + 6(6-4)^2 \cdot 3}{30} = \frac{54}{30} = 1,8$$

$$\sigma_B = \sqrt{D_B} = \sqrt{1,8} \approx 1,34 \quad D_B = x_1^2 n_1 + x_2^2 n_2 + \dots + x_k^2 n_k$$

$$D_B = \frac{\sum_{i=1}^k x_i^2 n_i - n \bar{x}_B^2}{n-1} \quad \sigma_B = \sqrt{D_B}$$

x_i			
n_i			

$$\bar{x}_B = \frac{1 \cdot 20 + 2 \cdot 15 + 3 \cdot 10 + 4 \cdot 5}{20 + 15 + 10 + 5} = \frac{100}{50} = 2$$

$$D_B = \frac{(1-2)^2 \cdot 20 + (2-2)^2 \cdot 15 + (3-2)^2 \cdot 10 + (4-2)^2 \cdot 5}{50} = \frac{50}{50} = 1$$

$$\sigma_B = \sqrt{D_B} = \sqrt{1} = 1 \quad MD = \frac{n-1}{n} D_B$$

$$n/(n-1) \cdot \frac{n}{n-1} D_B = \frac{n}{n-1} \cdot \frac{n}{n-1} \left(\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_B)^2 n_i \right) / (n-1)$$

$$M(s) = M\left(\frac{n}{n-1} D_B\right) = \frac{n}{n-1} \cdot \frac{n-1}{n} D_B = D_B \quad \theta^- \theta$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Щербухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$P(|\theta - \theta| < \delta) = \gamma$$

$$P(\theta - \delta < \theta < \theta + \delta) = \gamma$$

$$\theta \quad \gamma \quad \sigma \quad a \quad \bar{x} \quad a \quad \gamma \quad \bar{x} \quad \bar{X} \quad \bar{x} \quad X_1 \quad X_2 \quad \dots \quad X_n \quad X_1 \quad X_2 \quad \dots \quad X_n$$

$$a \quad \sigma \quad \bar{X} \quad \sigma \quad \sigma / \sqrt{n} \quad P(|\bar{X} - a| < \delta) = \gamma$$

$$M(X) = a$$

$$D(X) = \sigma^2$$

$$\sigma \quad \bar{X} \quad \sigma \quad \sigma / \sqrt{n} \quad P(|\bar{X} - a| < \delta) = 2\Phi(t) - 1$$

$$X \quad \bar{x} \quad \sigma \quad () = \sqrt{n}$$

$$P(|\bar{X} - a| < t \sigma / \sqrt{n}) = 2\Phi(t) - 1$$

$$t = \delta \sqrt{n} / \sigma \quad \delta = t \sigma / \sqrt{n}$$

$$\Phi(t) = \gamma / 2 \quad P(\bar{x} - t \sigma / \sqrt{n} < a < \bar{x} + t \sigma / \sqrt{n}) = \gamma$$

$$(\bar{x} - t \sigma / \sqrt{n}, \bar{x} + t \sigma / \sqrt{n}) \quad a \quad \delta = t \sigma / \sqrt{n} \quad t \quad \sigma = 3 \quad a \quad \bar{x}$$

$$n = 36 \quad \gamma = 0,95 \quad \Phi(t) = 0,475 \quad t = 1,96$$

$$\delta = t \sigma / \sqrt{n} = (1,96 \cdot 3) / \sqrt{36} = 0,98 \quad (\bar{x} - 0,98; \bar{x} + 0,98) \quad \bar{x} = 4,1$$

$$\bar{x} - 0,98 = 4,1 - 0,98 = 3,12 \quad \bar{x} + 0,98 = 4,1 + 0,98 = 5,08$$

$$P(X = x_i) = (1 - p)^{n - x_i} \cdot p^{x_i} \quad P(X = x_i) = (1 - p)^{n - p} \cdot p^{p} \quad n = 50$$

$$\Theta \quad \Theta_0 \quad \Theta = \Theta_0 \quad H_0 \quad H_1 \quad a = 10 \quad H_1 \quad a \neq 10$$

$$H_0 \quad \sigma \quad H_2 \quad \lambda > 5 \quad H_i \quad \lambda = b_i \quad K \quad K \quad F = s_1^2 / s_2^2 \quad K_{набл}$$

$$s^2 = 20 \quad F = s_1^2 / s_2^2 = 20 / 5 = 4 \quad K \quad k \quad K > k$$

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$K > k_{кр} \quad |K| > k_{кр} \quad P(K > k_{кр}) = \alpha \quad P(K < -k_{кр}) = \alpha$$

$$P(K < k_1) + P(K > k_2) = \alpha \quad -k_{кр} \quad k_{кр} > 0$$

$$P(K < -k_{кр}) = P(K > k_{кр}) \quad P(K > k_{кр}) = \alpha/2 \quad \beta \quad 1-\beta \quad 1-\beta$$

$$\beta = \frac{U}{V} \quad X^2 \quad k_1 \quad k_2 \quad F = \frac{U/k_1}{V/k_2} \quad F \quad k_1 \quad k_2 \quad c_0 = \frac{\Gamma(k_1/2) \Gamma(k_2/2)}{\Gamma\left(\frac{k_1+k_2}{2}\right)} k_1^{k_1/2} k_2^{k_2/2}$$

$$F \quad k_1 \quad k_2 \quad X \quad Y \quad n_1 \quad m \quad \bar{x} \quad \bar{y} \quad H_0 \quad M(X) = M(Y) \quad H_1 \quad M(X) \neq M(Y)$$

$$M(\bar{x}) = M(X) \quad M(\bar{y}) = M(Y) \quad H_0 \quad M(\bar{x}) = M(\bar{y}) \quad H_1 \quad M(\bar{x}) > M(\bar{y})$$

$$Z = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{D(X)/n + D(Y)/m}} \quad H_0 \quad M(X) = M(Y) \quad H_1 \quad M(X) \neq M(Y)$$

$$P(Z > z_{кр}) = \alpha/2 \quad P(Z < -z_{кр}) = \alpha/2 \quad \Phi(z_{кр}) = (1-\alpha)/2$$

$$P(Z > z_{кр}) = \alpha/2 \quad P(Z < -z_{кр}) = \alpha/2 \quad \Phi(z_{кр}) = (1-\alpha)/2$$

$$M(X) > M(Y) \quad Z \quad P(Z > z_{кр}) = \alpha \quad \Phi(z_{кр}) = (1-2\alpha)/2$$

5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям по дисциплине «Физика».
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика».

5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> - ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно-библиотечная система IPRbooks
3. <http://e.lanbooks.com> - Электронно-библиотечная система Лань

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические рекомендации

по организации самостоятельной работы обучающихся

по дисциплине «ФИЗИКА»

для студентов направления подготовки /специальности

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

- Введение
- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «ФИЗИКА»
 - 2 План-график выполнения самостоятельной работы
 - 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
 - 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
 - 5 Список рекомендуемой литературы.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Физика»

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

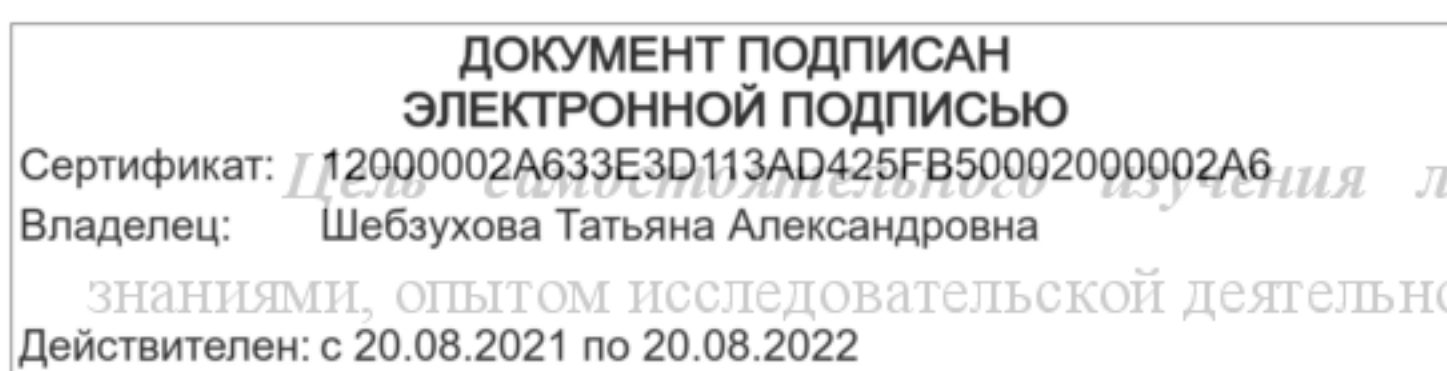
Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач.



Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;

- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения контрольной работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовой работы.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-1} Основы естественнонаучных и инженерных наук, методов математического анализа и моделирования. ИД-2 _{ОПК-1} Применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	Знает основные физические явления и законы механики, электротехники, теплотехники, оптики и ядерной физики и их математическое описание; методы анализа физических явлений в технических устройствах и системах; Умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач. Владеет знаниями физических явлений, элементарных основ оптики, квантовой механики и атомной физики.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
1 семестр					
ОПК-1 ИД-1 _{ОПК-1} ИД-2 _{ОПК-1}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-18	Конспект	84,24	9,36	93,6
	Подготовка к лекциям	Конспект	0,54	0,06	0,6
	Подготовка к лабораторным занятиям	отчет	1,62	0,18	1,8
Итого за 1 семестр:			86,4	9,6	96

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное

чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их

просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

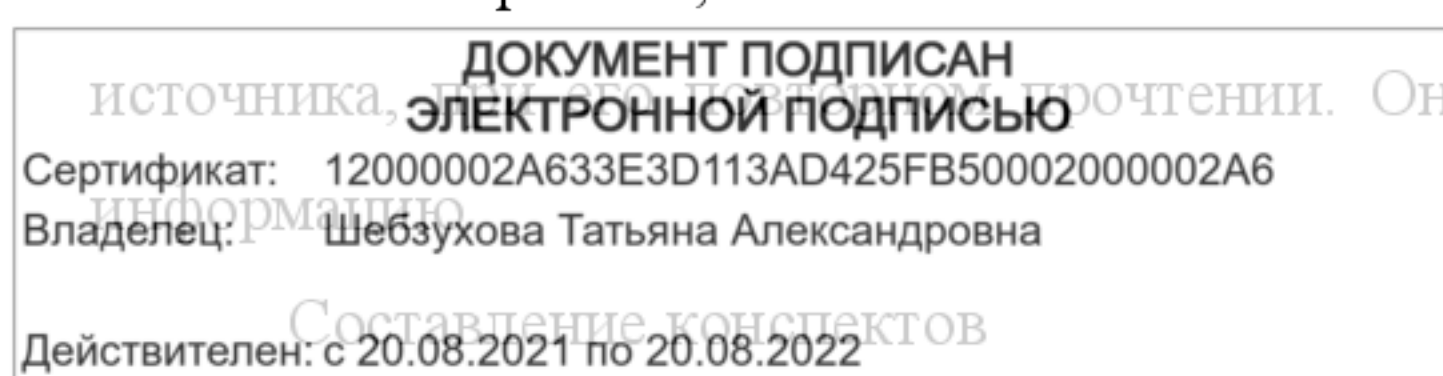
Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом



Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции.

Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы:

1. Дмитриева Е.И. Физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.И. Дмитриева. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 143 с. — 978-5-4486-0445-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79822.html>
2. Никеров, В.А. Физика: современный курс : учебник / В.А. Никеров. - 2-е изд. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. - 452 с. : ил. - ISBN 978-5-394-02349-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453287>

Перечень дополнительной литературы:

1. Романова, В.В. Физика: примеры решения задач : учебное пособие / В.В. Романова. - Минск : РИПО, 2017. - 348 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-985-503-737-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=487974>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
3. <http://elibrary.ru/> - eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022