

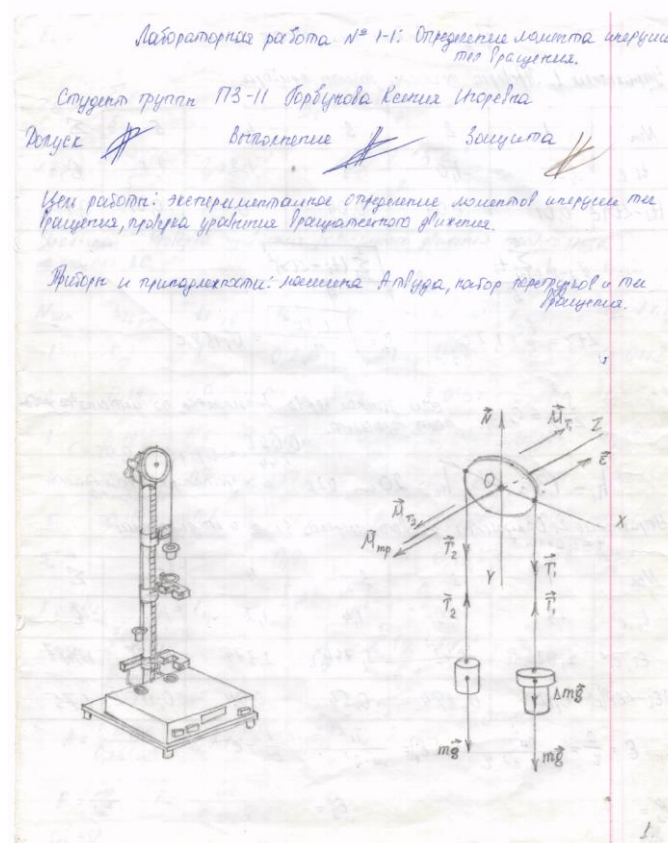
Уважаемые студенты!

Лабораторные занятия проводятся для того, чтобы Вы:

- научились правильно работать с оборудованием, соблюдая технику безопасности,
- правильно снимать показания с приборов,
- грамотно проводить расчёты, полученных экспериментальных данных, правильно записывать ответ с учётом погрешностей измерения,
- правильно заполнять таблицы и строить графики,
- уметь проводить анализ, полученных результатов.
- навыки, полученные при оформлении лабораторных работ, Вам понадобятся при дальнейшем написании курсовых работ и дипломного проекта, а так же при выступлениях на различных конференциях и написании научных работ.

Лабораторные работы оформляются на листочках в клеточку. Каждая работа должна содержать:

- название лабораторной работы,
- информацию об авторе работы,
- целях и задачах эксперимента, а так же об оборудовании, которое использовалось при исследованиях.
- желательно сделать рисунок или разместить фотографию экспериментальной установки.



- номер и цель упражнения,
- таблицы с экспериментальными данными и промежуточными расчётами,
- проверка размерности каждой расчётной величины,
- подстановка величин в расчётную формулу с единицами измерения в системе СИ,
- расчёт погрешностей измерения,
- ответ,
- анализ, полученных результатов.

Порядок выполнения работы

Упражнение 1. Проверка точности работы прибора.

№ п/п	1	2	3	4	5	Σ
t_i, c	1,3	1,0	1,4	1,2	1,1	6
$(t_i - \langle t \rangle)^2, c^2$	0,01	0,04	0,04	0	0,01	0,1

$$\langle t \rangle = \frac{\sum_{i=1}^5 t_i}{5} \quad S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (t_i - \langle t \rangle)^2}{4}}$$

$$\langle t \rangle = \frac{6c}{5} = 1,2c \quad S_t = \sqrt{\frac{0,1c^2}{4}} = 0,158c$$

$$\frac{S_t^2}{\langle t \rangle^2} \leq 0,05. \quad \text{Если данное неравенство выполняется, то установка работает нормально.}$$

$$\frac{0,025}{1,44} = 0,0173 \leq 0,05 \Rightarrow \text{установка работает нормально}$$

$$h_1 = 13 \text{ см} = 0,13 \text{ м} \quad h_2 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

Упражнение 2. Определение углового ускорения блока и его диаметра.
 $\gamma = 0,045 \text{ м}$

№ п/п	1	2	3	4	5	Σ
t_i, c	1,3	1,0	1,4	1,2	1,1	6
E_i, c^2	2,023	3,42	1,744	2,374	2,825	12,387
$(E_i - \langle E \rangle)^2, c^4$	0,2	0,884	0,54	0,011	0,1156	1,75

$$E = \frac{a}{r} = \frac{h_2^2}{2h_1 t^2 r} \quad [E] = \frac{m^2}{m \cdot c^2 \cdot m} = \frac{1}{c^2} = c^{-2}$$

$$E_4 =$$

$$E_5 =$$

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_{i=1}^5 E_i}{5}$$

$$\langle E \rangle = \frac{12,387c^2}{5} = 2,48c^2$$

$$S_E = \frac{\sum_{i=1}^5 (E_i - \langle E \rangle)^2}{4}$$

$$S_E = \frac{1,75c^4}{4} = 0,4375c^4$$

Упражнение 3. Проверка выполнения равноускоренного движения шарика при падении на высоте ВС.

$\Delta h_2 \approx 1 \text{ см}$

№ п/п	$h_{2i}, \text{м}$	t_i, c	$x_i, \text{м}$	y_i, c	$x_i^2, \text{м}^2$	$x_i \cdot y_i, \text{м} \cdot c$	$(y_i - \langle y \rangle)^2, c^2$
1	0,2	1	0,2	0,21	0,04	0,2	0,0112
2	0,19	0,9	0,19	0,9	0,0361	0,171	0,0025
3	0,18	0,8	0,18	0,8	0,0324	0,144	0,000024
4	0,17	0,7	0,17	0,7	0,0289	0,119	0,00358
5	0,16	0,6	0,16	0,6	0,0256	0,096	0,0132
Σ			0,9		0,163	0,73	0,05

$$x_i = h_{2i} \quad y_i = t_i \quad [A] = \frac{m \cdot c}{m^2} = \frac{c}{m}$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^5 x_i^2}$$

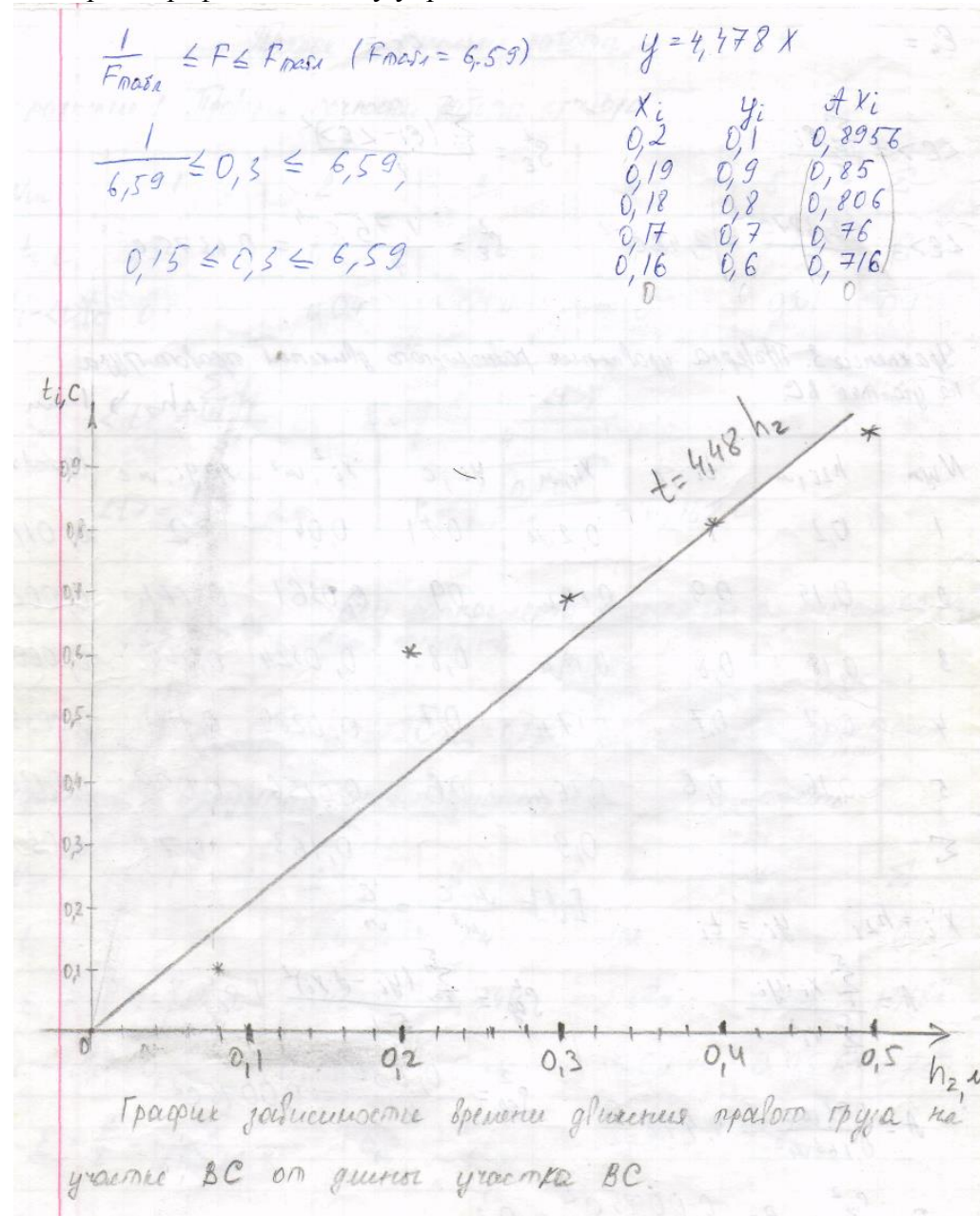
$$S_{xy}^2 = \frac{\sum_{i=1}^5 (y_i - \langle y \rangle)^2}{5-1} \quad [S_{xy}^2] = c^2$$

$$A = \frac{0,73 \text{ м} \cdot c}{0,163 \text{ м}^2} = 4,478 \frac{c}{\text{м}} \quad S_{xy}^2 = \frac{0,03c^2}{4} = 0,0075c^2$$

$$F = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}^2} \quad F = \frac{0,0075c^2}{0,025c^2} = 0,3$$

$$S_{xx}^2 = S_x^2$$

- при необходимости должен быть построен график к данному упражнению



Общие правила оформления лабораторной работы

В работе должны присутствовать следующие важные моменты:

1. грамотно заполнены таблицы:

- таблица должна быть пронумерована и желательно подписана. В ней должны быть проставлены все единицы измерения (обычно в системе СИ),
- числа в каждом столбце (или в строке) должны быть заполнены с одинаковой точностью (одинаковым числом цифр после запятой)

Таблица 2

$N_{изм}$	T_i, c	$S_{\langle T \rangle}, c$	l, m	$S_{\langle l \rangle}, m$	$\langle g \rangle, \frac{m}{c^2}$	$S_g, \frac{m}{c^2}$
1	1.79	$4.4 \cdot 10^{-2}$	1.15	0.025	10.25	0.13
2	1.84					
3	1.75					
4	1.82					
5	1.78					
Σ	8.94					

2. должен быть представлен полный расчёт каждой величины (все пять раз расчёт одной и той же величины делать не обязательно. Мне необходимо увидеть грамотный расчёт хотя бы один раз, так как все остальные вычисления Вы делаете аналогично. Если ошибка в одном расчёте, то и в остальных тоже самое).

$$\begin{aligned}
 [T_i - \langle T \rangle] &= c - c = [c] & T_1 - \langle T \rangle &= 1.79c - 1.78c = 0.01c, \\
 [(T_i - \langle T \rangle)^2] &= c^2 - c^2 = [c^2] & (T_1 - \langle T \rangle)^2 &= (0.01c)^2 = 0.0001c^2 = 10^{-4}c^2
 \end{aligned}$$

Перед этим необходимо проверить размерность этой величины, подставив в исходную формулу вместо чисел их единицы измерения и провести соответствующие преобразования:

$$\begin{aligned}
 S_g^2 &= \left(\frac{4\pi^2}{\langle T \rangle^2} \right)^2 S_l^2 + \left(\frac{-8\pi^2 l}{\langle T \rangle^3} \right)^2 S_T^2 + \left(\frac{8\pi l}{\langle T \rangle^2} \right)^2 S_\pi^2; \\
 [S_g^2] &= \left(\frac{1}{c^2} \right)^2 M^2 + \left(\frac{M}{c^3} \right)^2 c^2 + \left(\frac{M}{c^2} \right)^2 1 = \frac{1}{c^4} M^2 + \frac{M^2 c^2}{c^6} + \frac{M^2}{c^4} = \frac{M^2}{c^4} + \frac{M^2}{c^4} + \frac{M^2}{c^4} = \left[\frac{M^2}{c^4} \right].
 \end{aligned}$$

А затем привести расчёты с подстановкой единиц измерения (все формулы в физике записаны в расчёте на международную систему единиц СИ):

$$S_g^2 = \left(\frac{4 \cdot 3,14^2}{(1,78c)^2} \right)^2 \cdot (0,025M)^2 + \left(-\frac{8 \cdot 3,14^2 \cdot 1,15M}{(1,78c)^3} \right)^2 \cdot (4,4 \cdot 10^{-2} c)^2 + \left(\frac{8 \cdot 3,14 \cdot 1,15M}{(1,78c)^2} \right)^2 \cdot (4,4 \cdot 10^{-2} c)^2 = 0,169 \frac{M^2}{c^4}$$

$$S_g^2 = 0,169 \frac{M^2}{c^4}$$

3. грамотно записан окончательный ответ:

$$g = (10,25 \pm 0,13) \frac{M}{c^2}$$

При записи результата измерений в стандартной форме необходимо соблюдать следующие правила:

1. погрешность измерений Δx необходимо округлять до двух значащих цифр, если первая из них единица, и до одной значащей цифры во всех остальных случаях.

2.. при записи среднего значения $\langle x \rangle$ после запятой необходимо оставлять столько же знаков после запятой, сколько и в погрешности.

Более подробно прочитайте в статье "правила построения графиков и заполнения таблиц", которая есть в папке "Для студентов дневного обучения", далее «Лабораторная работа 0-1».

4. Необходимо определить относительную погрешность Вашего эксперимента.

Относительной погрешностью приближенного числа называется отношение абсолютной погрешности приближенного числа Δx к его среднему значению $\langle x \rangle$:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle} \cdot 100\%$$

Если оценка погрешности результата физического измерения не сделана, то можно считать, что измеряемая величина вообще неизвестна, поскольку погрешность может, вообще говоря, быть того же порядка, что и сама измеряемая величина или даже больше.

Если есть возможность сравнить Ваши результаты с уже известными табличными значениями, то необходимо определить относительную погрешность Вашего эксперимента относительно табличного значения:

$$\varepsilon = \frac{\langle x \rangle_{\text{эксперимента}} - x_{\text{табличное}}}{x_{\text{табличное}}} \cdot 100\%$$

и провести анализ этой относительной ошибки (велика она или незначительна). Если погрешность оказывается значительной, то необходимо указать, с чем это, по Вашему мнению, связано:

Относительная погрешность нашего эксперимента составляет:

$$\varepsilon = \frac{|g_{\text{практика}} - g_{\text{теория}}|}{g_{\text{теория}}} \cdot 100\% = \frac{10,25 \frac{M}{c^2} - 9,81 \frac{M}{c^2}}{9,81 \frac{M}{c^2}} \cdot 100\% = 4,5\%$$

Вывод: Полученное значение ускорения свободного падения незначительно отличается от теоретического значения

5. грамотно построены графики:

- на концах осей графика должны быть указаны откладываемые физические величины и их размерности,
 - грамотно выбран масштаб (обычно с ценой деления, равной приблизительно удвоенной абсолютной погрешности измерения данной величины $2\Delta x$, которая откладывается на этой оси).
- Масштабные деления на оси наносят так, чтобы удобно было наносить экспериментальные данные и снимать показания с графика. Для этого цену деления на оси обычно делают так, чтобы она составляла 1, 2, 5 единиц (или 0.1, 0.2, 0.5, или 10, 20, 50 и т.д.) измеряемой по оси величины.
- график должен быть подписан.

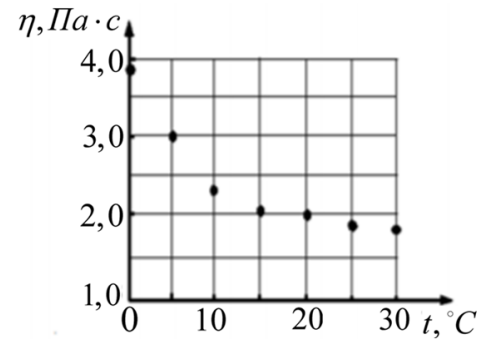


Рис. 1 Зависимость коэффициента динамической вязкости воды от её температуры

Более подробно всё описано в статье «Правила построения графиков и заполнения таблиц», которая есть на сайте vinoglyadov.ucoz.ru в папке "Для студентов дневного обучения", далее «Лабораторная работа 0-1».

Пример оформления конспекта лекций

Одним из важнейших навыков работы с информацией является навык грамотного конспектирования изучаемой информации. Конспект правильно писать разноцветными пастами. Каждый цвет имеет свою смысловую задачу и помогает ориентироваться в вашем конспекте.

Обычно красной пастой выделяются названия тем, законов, определений, выделяются формулы и важные замечания. Конспект пишется для того, чтобы было легко изучить данный материал, поэтому важные моменты сопровождаются поясняющими рисунками, которые несут дополнительную информацию к формулам и определениям.

Формулы должны содержать пояснения входящих в них величин и единицы их измерения. Следует помнить, что все формулы в современных учебниках по физике записаны в международной системе СИ.

Физика лекции
студентки гр. ФМк-21
Волобуева Екатерина
Введение

Оптика. Уравнение Максвелла 12.02

Д/з §26.1-26.5 Д-л §69-71 Евт.

В 60-е года 19 века Максвелл обобщив законы электростатики и магнетизма разраб. закон теории **единого электромагнитного поля**

Она решает основную задачу электродинамики — зная распределение токов и электрич. зарядов в пространстве можно найти поля создав. ими и т.д.

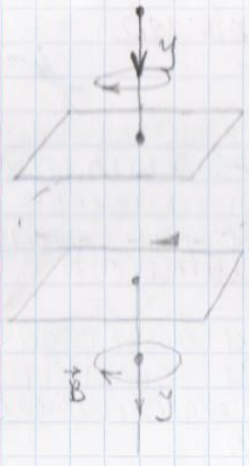
Прежде чем записать свои ур-я, Максвелл ввел понятие **топосмещения**, разграничивающего.

Ток смещения

Рассмотрим конденсатор цепи постоянного и переменного тока. Наблюдения показывают:

1. Постоянный ток конденсатор не пропускает
2. Переменный ток конденсатор пропускает, т.е. в цепи существует ток. Это означает, что происходит постоянно перемещение заряда конденсатора

Во время перезарядки C одинак. по величине ил. сущ. ил. только вогнут. подогнутых проводков с токами, ил. вокруг C , где токопроводимости нет.



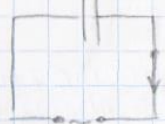
Что это источники
этого МП?

Максвелл предложил след. соотношение:

Если между обкладками С
нах. диэлектрик, то
при переключении под дейст-
вием ЭП происходит прирост
связанного электрич. заря-
да, кот. можно рассмат-
ривать как ЭП, кот.

Максвелл назвал **током смещения**

Найдем его величину на примере
плоского С



П.к. С подключаем к ИТ наведов,
то по проводам и через С дви-
жем тем же оном и тот же
по величине ЭП

$$i = i_{\text{смаи}} = \frac{dq}{dt}$$

$$\text{п.к. } \begin{cases} q = Cu \\ C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \end{cases} \Rightarrow i = i_{\text{смаи}} = \frac{dCu}{dt} = C \frac{du}{dt} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \frac{du}{dt}$$

сила тока, смещение

$$j_{\text{смаи}} = \frac{i_{\text{смаи}}}{S} = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} \frac{du}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\epsilon \epsilon_0 u}{d} \right) = \frac{d}{dt} (\epsilon \epsilon_0 E) = \frac{dD}{dt},$$

где $D = \epsilon \epsilon_0 E$ - электрич. смещение

Если учесть векторный хар-р, то $j_{\text{смаи}} = \frac{dD}{dt}$
п.к. $D = \epsilon \epsilon_0 E + P$, где P - вектор поляризации
 $[P] = \frac{q \cdot l}{m^2} \Rightarrow$

$$\frac{dD}{dt} = \epsilon_0 \frac{dE}{dt} + \frac{dP}{dt} \quad (1)$$

Из анализа ур-я (1) следует, что ток смеще-
ния, текущий через конденсатор, состоит
из 2-х слагаемых.

① $\frac{dP}{dt}$ - плотность тока поляризации (связано со смещением электрич. зарядов в диэлектрике)

② $\epsilon_0 \frac{dE}{dt}$ - плотность тока смещения в вакууме (не связана со смещением зарядов в диэлектрике, а обусловлена изменением электрич. поля)

Из ур-я (1) следует важнейший вывод о том, что ток смещения может создавать не только движ. связанные заряды в диэлектрике, но и изменяемая во времени ЭП.

Ток смещения имеет наз-ся поток вектора плотности тока смещ. через произвольную пов-ть S

$$i_{\text{смаи}} = \int_S \vec{j}_{\text{смаи}} d\vec{S} = \int_S \frac{dD}{dt} d\vec{S}$$

Ток смещения в вакууме

По своей природе ток смещ. в вакууме - это изменяющаяся во времени ЭП. Токан оно названо потому, что:

1. Как и ток проводимости, изменяющ. ЭП создает вокруг себя МП

2. Имеет размерность тока

Уравнения Максвелла

Ур-я Максвелла играют в электромагнетизме такую же роль, как 3 закона Ньютона в динамике и значаща в термодинамике

УМ в интегральной и дифференциальных формах

Уравнения Максвелла в интегр. форме (пояснее ур-я)

1УМ: $\oint_L \vec{E}_{\text{век}} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$ 3-й Фарадей $\equiv$

$$\oint_L \vec{E}_{\text{век}} d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \quad 1УМ$$

Физ. смысл 1УМ: переменное МП порождает вокруг себя вихревое ЭП

2УМ: $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = I + I_{\text{векс.}}$ $\equiv$ закон полного тока для МП в в-ве

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S} \quad 2УМ$$

Физ. смысл 2УМ: МП создается не только токами проводимости, но и изменяющ. во времени ЭП.

3УМ: $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum q_{\text{векс.}} = \tau$ Гаусса для ЭП в диэ.

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV \quad 3УМ$$

где $[\rho] = \frac{\text{Кл}}{\text{м}^3}$
объемная плотность ЭЗ

Физ. смысл 3УМ: оно показав, что несомненно ЭП и в-е. свободных электр. зарядов

4УМ: $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$ Гаусса для МП

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad 4УМ$$

Физ. смысл 4УМ: оно показав, что в природе не сущ. магнитных зарядов.

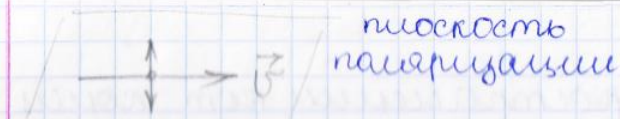
Из анализа 1 и 2 УМ следует, что переменное МП порождает ЭП, а переменное ЭП порождает магнитное П.е. Э и М поля неразрывно связаны друг с другом и в-е. просто проявлением единого **электромагнитного поля**

4УМ в векторном виде с 8 скалярными ур-ями с 12 неизвестными. Тотому чтобы 4 ур-я М можно было решить, их дополняют макс. мажорв. **материальными ур-ями**:

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E}$$

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$$

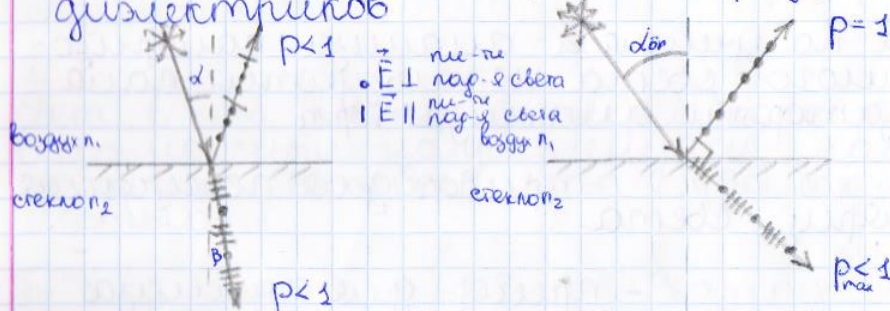
$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$



плоскость, которая совпадает с плоскостью поляризации света, прошедшего через поляризатор. Аналогично для анализатора.

2) Способы получения линейно-поляризованного света

1) Поляризация света при отражении и преломлении на границе раздела 2-х диэлектриков



$$\tan \alpha_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad \text{— Закон Брюстера}$$

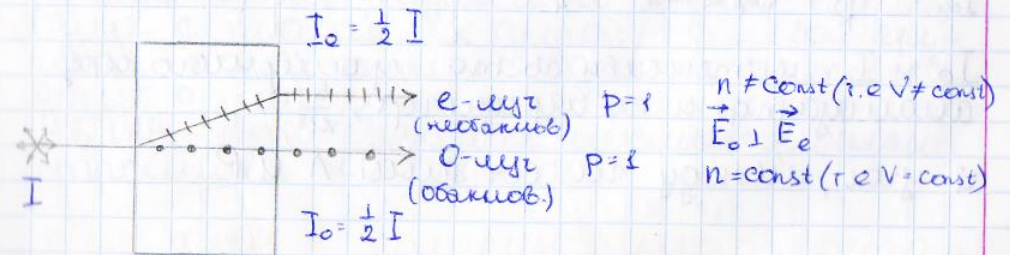
$\alpha_{\text{Бр}}$ — угол Брюстера (угол, при котором наблюдается 100% поляризация отраженного света) преломленной луч при этом остается частично поляризов., но с максимальной поляризацией P_{max} . Угол между отражен. и преломленным лучами = 90°

2) Поляризация света при явлении двойного лучепреломления

Двойное лучепреломление (дл) назыв. явление разделения падающего на анизотропную среду (например, кристалл) светового луча, которое характеризуется показателями преломления n среды от направления падающего E в световой волне

У кристаллов, обладающих одной осью (одноосные кристаллы: исландский шпатель) или двумя (двуосные кристаллы: слюда) направлениями, в которых происходит разделение луча не наблюдается. Это направление в кристалле назыв. **оптической осью кристалла**

Главными сечениями (главной n -тью) кристалла назыв. n -ть, проходящая через направление падения светового луча и оптич. ось кристалла.



o-луч — обыкновенный луч. Он подчиняется законам геометрии оптики.

$\vec{E}$ колеблется $\perp$ главной n -ти кристалла. n_o и v_o не зависят от направления распр. света в кристалле

e-луч — необыкновенный, т.к. не подчиняется законам геометрии оптики

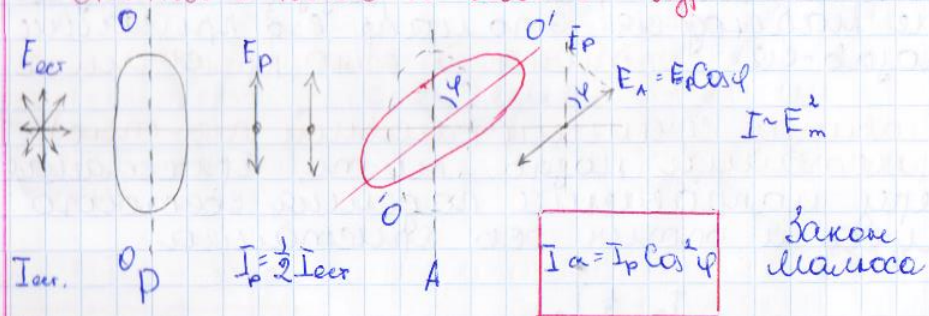
Ее является в пути главного сечения кристалла n_e и n_o зависят от направления распространения света в кристалле

При распространении света вдоль оптич. осей кристалла $n_o = n_e$ (т.е. $v_o = v_e$) и явление двойного лучепреломления не наблюдается.

Поларизация света при дифракции

Дифракционные дифракционные на световые явления, при этом среда, обладающая оптической анизотропией, взаимодействует с лучами с разной степенью поляризации

Опыт с пластинкой турмалина



I_{α} и I_p - интенсивности света, прошедшего через анализатор и поляризатор, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

φ - угол, между осью сечения A и P

Оптически активные вещества

Оптически активными (ОА) назыв. в-ва, при прохождении через кот. плоско-поляризуемого света, происходит поворот плоскости поляризации

Например, твердые ОАВ (кварц, сахар)

жидкие ОАВ (р-р сахара в воде, скипидар)

Опыт показал, что:

1) для ОА кристаллов $\varphi = \alpha l$, где φ - угол поворота плоскости поляризации света, рад
 α - удельная постоянная вращения, $\frac{\text{рад}}{\text{м}}$
 l - путь, пройденный светом в ОА кристалле, м

2) для ОА жидкостей $\varphi = [\alpha] \rho l$ (меток)
 $[\alpha]$ - удельная постоянная вращения $\frac{\text{рад} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}}$
 ρ - плотность жидкости $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 l - путь, пройденный светом в ОА жидкости, м

3) для ОА растворов $\varphi = [\alpha] C l$
 $[\alpha]$ - удельная постоянная вращения, $\frac{\text{рад} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}}$
 C - массовая кон-а раство. в-ва, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

ОА является особым видом двойного лучепреломления в ОА в-вах происходит разделение падающего луча на 2, один с правой, а другой - с левой круговой поляризацией одинаковой амплитудой, но с разными скоростями распространения в ОАВ. Это связано с неинвентивным строением молекул ОАВ

Применение поляризованного света

1) сахариметр (для опрес. сахара в р-ре)

2) поляризационные фильтры фото и кино

3) поляризационные очки (солнцезащитные), стерео кино

Конспект Ваших лекций, представленный на зачёте или экзамене, повысит вероятность получения положительной оценки на экзамене, так как свидетельствует о профессиональном подходе Вашего изучения данного предмета (по крайней мере, по физике).

Всем удачи. До встречи.