

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Факультет физики

Лабораторная работа

«Изучение поляризованного света»

Работу выполнил студент 3 курса
Захаров Сергей Дмитриевич



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Москва
2020

Содержание

1. Цели работы	2
2. Порядок выполнения работы	2
2.1. Определение поляризации света от источника	2
2.2. Проверка справедливости закона Малюса	2
2.3. Определение главного направления пластинок $\lambda/4$ и $\lambda/2$ по отношению к входно- му поляризатору	3
2.4. Определение типа ($\lambda/2$ или $\lambda/4$) неизвестной пластинки	4
2.5. Определение величины угла Брюстера пластинки и проверка справедливости фор- мул Френеля	4
3. Выводы	5

1. Цели работы

Перед началом работы были поставлены следующие задачи:

- 1) Определить поляризацию света от лазера.
- 2) Экспериментально проверить закон Малюса.
- 3) Определить главные направления пластинок $\lambda/2$ и $\lambda/4$ по отношению к входному поляризатору. Определить поляризацию прошедшего света.
- 4) Определить тип неизвестной пластинки.
- 5) Определить угол Брюстера для темного стекла. Определить его показатель преломления.
- 6) Экспериментально проверить формулы Френеля.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Определение поляризации света от источника

Для того, чтобы определить поляризацию света, на пути света от источника был установлен поляризатор, после чего начали вращать последний. Если бы у света была круговая поляризация, то значение интенсивности бы от этого не менялось; если бы поляризация была чисто линейной, то минимальное значение интенсивности оказалось бы равным нулю. В реальности же были получены следующие значения:

$$I_{max} = 493 \text{ мВт}$$

$$I_{min} = 239 \text{ мВт}$$

Исходя из этого сделаем вывод, что свет от лазера имеет линейную + естественную поляризацию.

2.2. Проверка справедливости закона Малюса

Для проверки справедливости указанного закона, после уже установленного поляризатора был установлен еще один. Из-за того, что после поляризатора получается линейно поляризованный свет, становится возможным определить положение второго поляризатора, при котором его главное направление совпадает с главным направлением первого, просто определив, при каком положении достигается максимум интенсивности проходящего света. Затем, для подтверждения закона Малюса, достаточно постепенно увеличивать угол между главными направлениями, что и было сделано.

Результаты измерений можно увидеть на графике. Видно, что они в целом соответствуют предсказанным согласно закону Малюса значениям:

$$I = I_0 \cos^2 \Delta\alpha \quad (1)$$

Результаты измерений приведены на графике (1).

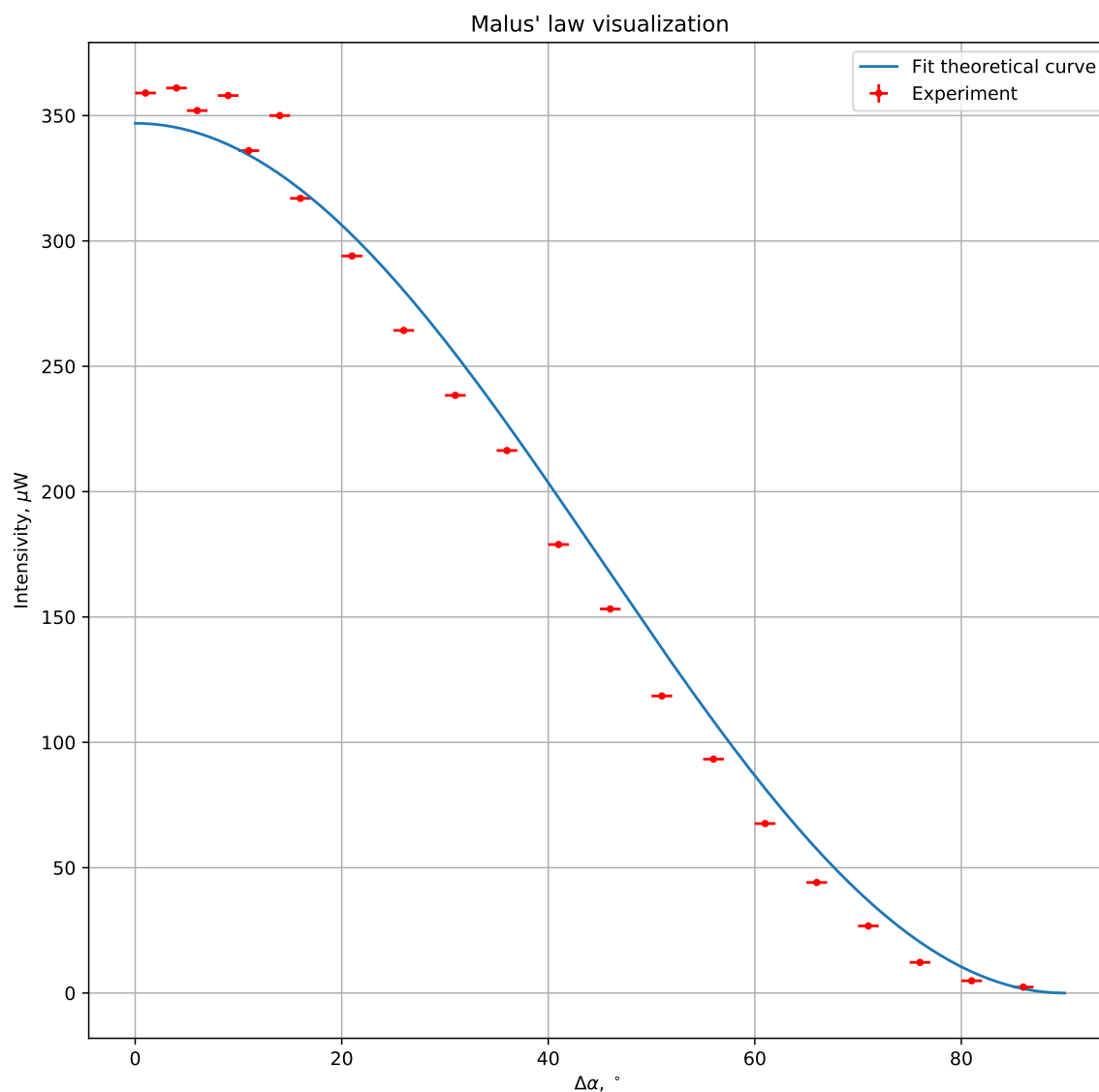


Рис. 1. Зависимость интенсивности проходящего света от угла между главными направлениями поляризаторов (иллюстрация закона Малюса).

2.3. Определение главного направления пластинок $\lambda/4$ и $\lambda/2$ по отношению к входному поляризатору

Чтобы определить главное направление пластинок, второй поляризатор был установлен таким образом, чтобы оказаться скрещенным с первым. В таком случае (в идеальной ситуации) интенсивность света, падающего на измеритель интенсивности, оказывается равной нулю.

При работе с пластинкой $\lambda/2$, если ее главное направление оказывается под углом 45° к направлению поляризации линейно поляризованного света, то направление поляризации изме-

няется на 90° . В таком случае, при прохождении второго поляризатора мы увидим максимум интенсивности. Именно это и было сделано и именно это и получилось пронаблюдать.

Это подтверждается следующими минимальными и максимальными значениями интенсивности:

$$\begin{aligned} I_{max} &= 281 \pm 0.1 \text{ мВт} \\ I_{min} &= 5.27 \pm 0.1 \text{ мВт} \end{aligned}$$

При работе же с четвертьволновой пластинкой, при тех же условиях, поляризация света переходит в круговую. В таком случае, при повороте второго поляризатора, интенсивность света, проходящего через него, не должна изменяться. Это подтверждается и наблюдениями:

$$\begin{aligned} I_{max} &= 174 \pm 0.1 \text{ мВт} \\ I_{min} &= 158 \pm 0.1 \text{ мВт} \end{aligned}$$

2.4. Определение типа ($\lambda/2$ или $\lambda/4$) неизвестной пластинки

Для того, чтобы определить тип пластинки, можно воспользоваться методами, изложенными выше. Путем последовательных поворотов пластинки, мы убедились, что перед нами пластинка $\lambda/2$. Это становится ясно, если увидеть минимальные и максимальные значения интенсивности (при условии, что поляризаторы были скрещены):

$$\begin{aligned} I_{max} &= 300 \pm 0.1 \text{ мВт} \\ I_{min} &= 17.3 \pm 0.1 \text{ мВт} \end{aligned}$$

2.5. Определение величины угла Брюстера пластинки и проверка справедливости формул Френеля

Для того, чтобы определить угол Брюстера, необходимо определить, при каком угле падения и положении поляризатора достигается минимальная интенсивность отраженного света (который поляризован линейно после прохождения поляризатора). Эта ситуация будет соответствовать углу падения, равному углу Брюстера, а поляризация будет соответствовать случаю p -поляризации.

В результате угол Брюстера оказался равен:

$$\theta_B = 60 \pm 0.5^\circ$$

Отсюда несложно сделать вывод о показателе преломления вещества:

$$n = \tan \theta_B \approx 1.73 \pm 0.11$$

Чтобы проверить формулы Френеля, достаточно, не меняя положения поляризатора (чтобы не менять p -поляризацию), изменить угол падения. После этого (для проверки второй формулы

для s -поляризации), необходимо повернуть поляризатор на 90° , чтобы поменять поляризацию на s -поляризацию, и сделать то же самое, после чего сравнить их с результатами, полученными с помощью упомянутых формул Френеля:

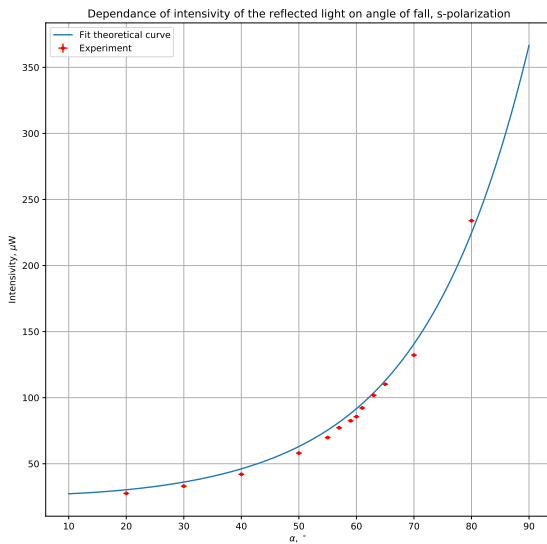
$$I_{rs} = \left| \frac{n_1 \cos \alpha - n_2 \cos \gamma}{n_1 \cos \alpha + n_2 \cos \gamma} \right|^2 I_0 \quad (2)$$

$$I_{rp} = \left| \frac{n_1 \cos \gamma - n_2 \cos \alpha}{n_1 \cos \gamma + n_2 \cos \alpha} \right|^2 I_0 \quad (3)$$

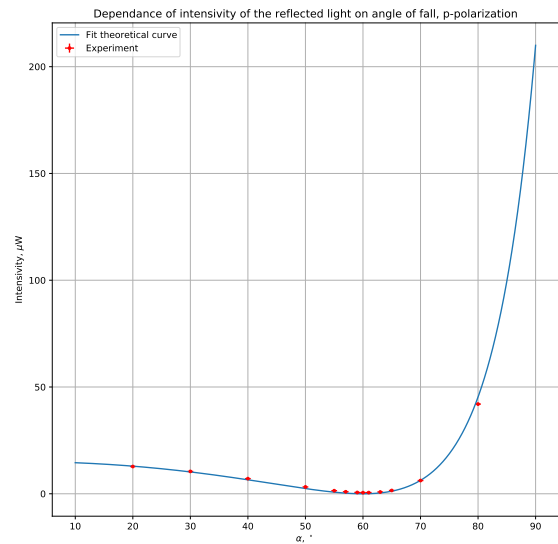
В данном случае мы можем с достаточной точностью сказать, что $n_1 = 1$, а $\cos \gamma$ можно найти по формуле Снеллиуса:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma \quad (4)$$

С учетом всего вышесказанного, в ходе работы был получен следующий график:



(a)



(b)

Рис. 2. Зависимость интенсивности отраженного света от угла падения на затемненное стекло в случае (а) s -поляризации (б) p -поляризации.

3. Выводы

- 1) В ходе работы было определено, что излучение от лазера имеет преимущественно линейную поляризацию с примесью естественного света.
- 2) Был экспериментально подтвержден закон Малюса.
- 3) Экспериментально были определены главные направления полуволновой и четвертьволновой пластинок. Кроме того, были определены поляризации света после прохождения каждой из пластин.

- 4) Было экспериментально установлено, что неизвестная пластинка является полуволновой пластинкой.
- 5) Был определен угол Брюстера для предложенного темного стекла: $\theta_B = 60 \pm 0.5^\circ$. Исходя из этого, был вычислен показатель преломления стекла: $n \approx 1.73 \pm 0.11$.
- 6) Наконец, были экспериментально подтверждены формулы Френеля.