

Прибор Норренберга

Козлов Александр

Краснощёкова Дарья

30 ноября 2021 г.

1 Первая часть

1.1 Изучение кристалла исландского шпата

1.1.1 Определение направления главной оптической оси

Определили направление главной оптической оси в кристалле исландского шпата. Согласно геометрии кристаллической решётки рассматриваемого кристалла главная оптическая ось будет направлена вдоль кратчайшей пространственной диагонали ромбоэдра (см. рис. 1). Отсюда нашли направление главной оптической оси кристалла (см. рис. 2).

1.1.2 Определение плоскости главного сечения

Главное сечение есть плоскость, образованная главной оптической осью и вектором \mathbf{k} . Определили положение данного сечения (см. рис. 3).

1.1.3 Определение плоскостей колебаний вектора \mathbf{E} в обыкновенной и необыкновенной волне

В необыкновенной волне вектор \mathbf{E} колеблется в главной плоскости, а в обыкновенной - перпендикулярно ей. Из данных соображений находим требуемые плоскости колебаний (см. рис. 3).

1.2 Опыты с полярископом

1.2.1 Двойное лучепреломление естественного света

Пронаблюдали двулучепреломление естественного света. Для этого рассмотрели светящиеся точки на кристалле. Точка, отвечающая обыкновенной волне, неподвижна при небольшом повороте кристалла и если убрать кристалл, остается на прежнем месте, а отвечающая необыкновенной волне смещается.

Вставили в гнездо вместо наглазника анализатор и, вращая его, наблюдали за изменением яркости обеих точек. Чтобы перейти от полного гашения одной точки к полному гашению другой, анализатор нужно было повернуть на 90° . Яркость точек сравнивалась при повороте на 45° . Это значит, что свет в данных точках поляризован линейно в перпендикулярных плоскостях.

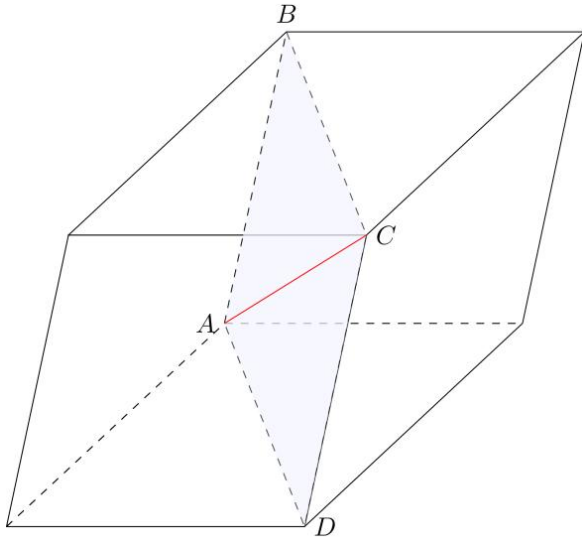


Рис. 1: Кристалл исландского шпата, являющий собой ромбоэдр. Красным отмечена его кратчайшая диагональ.



Рис. 2: Кристалл исландского шпата, предоставленный нам для проведения эксперимента. Штрихованный отрезок обозначает направление главной оптической оси.

1.2.2 Двулучепреломление поляризованного света

Чтобы определить направление колебаний вектора \mathbf{E} , пропускаемых поляризатором полярископа, установили поляризатор между светодиодом и кристаллом, затем, вращая кристалл, выбрали положение, когда одна точка полностью погашена, определили какой волне соответствует данная точка. Так как мы знаем в какой плоскости колеблется вектор \mathbf{E} для данной волны, то мы можем определять плоскость пропускания для поляризатора. Так, плоскость пропускания для обыкновенной волны перпендикулярна главному сечению, а для необыкновенной — параллельна главному сечению.

Пронаблюдали изменение яркости обеих точек при замене наглазника анализатором. Ситуация оказалась аналогична той, которая отмечалась при наблюдении двойного преломления естественного света. Чтобы перейти от полного гашения одной точки к полному гашению другой, анализатор нужно было повернуть на 90° . Чтобы яркость точек стала одинакова, анализатор нужно было повернуть на 45° относительно положения, при котором одна из точек погашена.

2 Вторая часть

2.1 Черное зеркало

По формуле $\tan \varphi_B = n$ для $n \approx 1.5$ получаем, что $\varphi_B = 57^\circ$.

Заменили стандартный анализатор черным зеркалом и установили его под углом, близ-

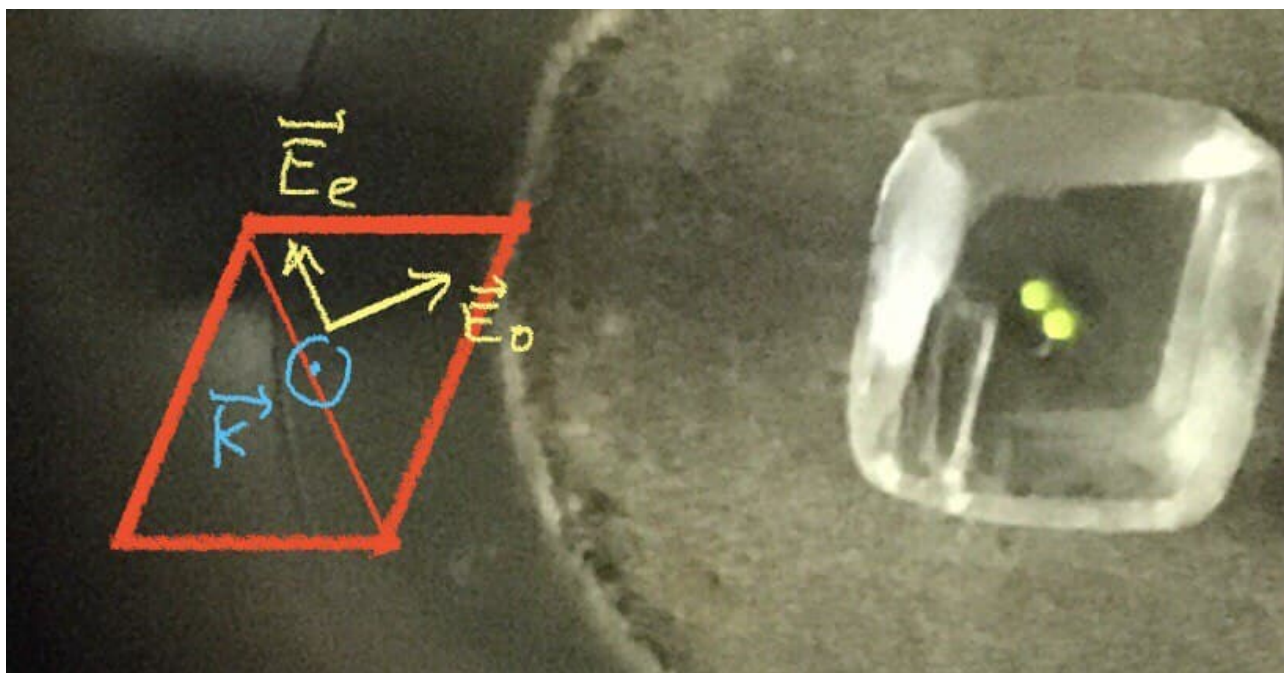


Рис. 3: Наблюдение двулучепреломления в кристалле исландского шпата и определение главного сечения. Кроме того, указаны направления колебаний \mathbf{E} в обыкновенной и необыкновенной волне.

ким к предполагаемому углу Брюстера. Далее повернули зеркало так, чтобы достичь максимальной и минимальной интенсивности наблюдаемого белого света (положения определяли по относительной ориентировке горизонтальных осей вращения поляризующего и чёрного зеркала).

Опытным путём выяснили относительную ориентировку горизонтальных осей вращения поляризующего и чёрного зеркала, при которой наблюдается максимум интенсивности белого света, нашли ориентировки и для минимума интенсивности. Когда оси были перпендикулярны, интенсивность оказывалась минимальной и была максимальна при параллельных осях (см. рис. 4).

2.2 Стопа стеклянных пластин

Провели ровно те же самые действия, что и для черного зеркала, для стопы стеклянных пластин. Установили, что интенсивность света, наоборот, максимальна при параллельных осях вращения поляризующего зеркала и стопы стеклянных пластин и минимальна при перпендикулярных осях.

2.3 Объяснение наблюдаемых явлений

Рассмотренные выше результаты можно объяснить следующим образом. Свет, отраженный от поляризационного зеркала, поляризован в плоскости этого зеркала. Чёрное зеркало отражает свет, поляризованный в плоскости черного зеркала. Стопа стеклянных пластин отражает свет, поляризованный в плоскости, перпендикулярной к плоскости стопы.

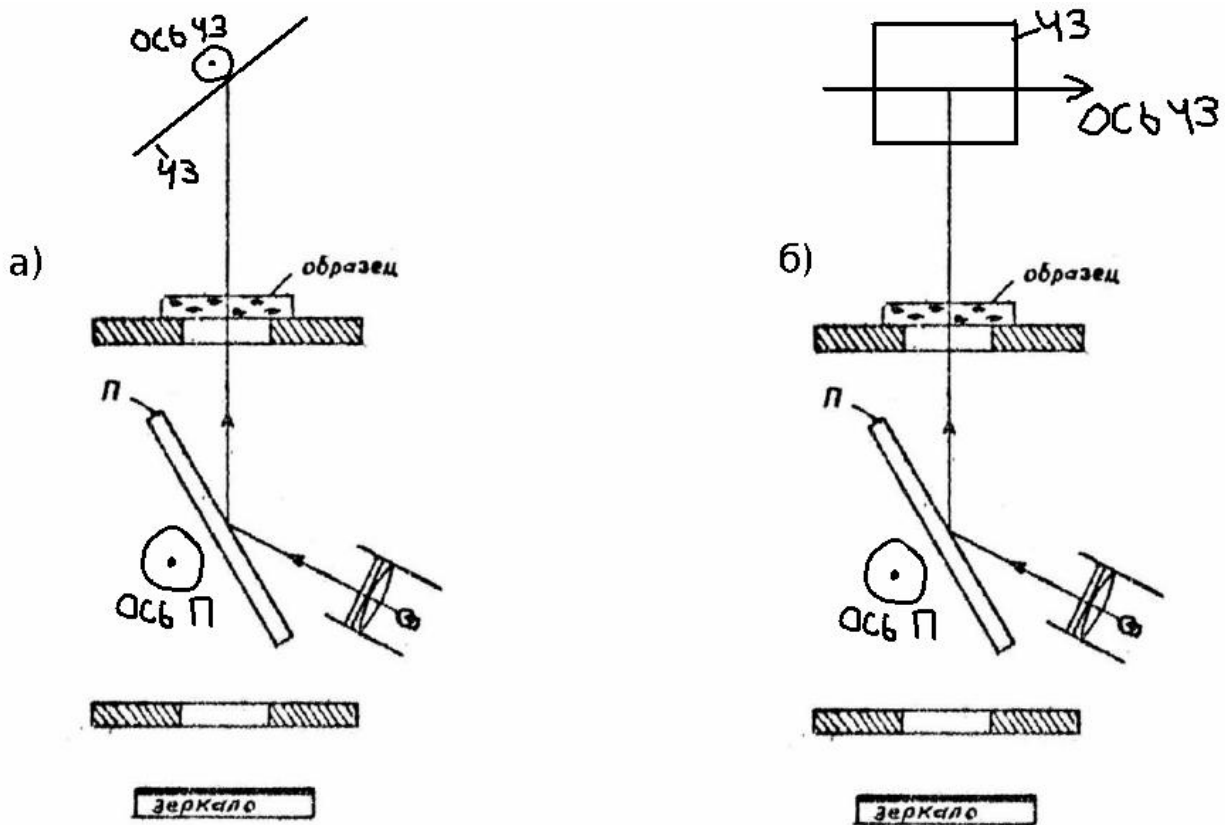


Рис. 4: Ориентировка горизонтальных осей вращения поляризующего и чёрного зеркал. Когда оси перпендикулярны (б), интенсивность белого света минимальна, а при параллельных осях (а) — максимальна.

3 Третья часть

3.1 Определение типа пластинок

Ставили анализатор на затемнение. Помещали интересующую нас пластинку на средний столик. Вращали пластинку и смотрели за изменением интенсивности картины. Если интенсивность не меняется, то оптическая ось перпендикулярна срезу. Это кварцевые пластины. Если наблюдается изменение интенсивности, то оптическая ось параллельна срезу. Это пластинки в $\lambda/2$ и $\lambda/4$. Было выявлено 2 кварцевые пластины и 3 пластины-кандидата в пластинки $\lambda/2$ и $\lambda/4$.

3.2 Опыты с пластинками в $\lambda/2$ и $\lambda/4$

Поместили пластинки в $\lambda/2$ и $\lambda/4$ между скрещенными николями на среднем столике. Убедились на опыте, что гашение поля зрения происходит 4 раза за оборот, через каждые 90° . Наблюдения вели в белом свете.

Из пластин с оптической осью, параллельной срезу, выявили пластины в $\lambda/2$ и $\lambda/4$. Для этого верхний анализатор поставили на затемнение, положили пластину на средний сто-

№	Светофильтр	Изменение интенсивности	Тип пластины
1	Красный	Меняется очень слабо	Не определено
	Зеленый	Меняется очень слабо	Не определено
	Белый свет	Меняется цвет	Не определено
2	Красный	Не меняется	$\lambda/4$
	Зеленый	Меняется очень слабо	Не определено
	Белый свет	Меняется цвет	Не определено
3	Красный	Не меняется	$\lambda/4$
	Зеленый	Меняется очень слабо	Не определено
	Белый свет	Меняется цвет	Не определено
4	Красный	Меняется очень слабо	Не определено
	Зеленый	Меняется цвет	Не определено
	Белый свет	Меняется цвет	Не определено
5	Красный	Меняется (у половины)	$\lambda/2$
	Зеленый	Меняется (у половины)	$\lambda/2$
	Белый свет	Меняется цвет	Не определено
6	Красный	Меняется	$\lambda/2$
	Зеленый	Меняется цвет	Не определено
	Белый свет	Меняется цвет	Не определено

Таблица 1: Таблица результатов наблюдений за изменением интенсивности света.

лик, выбрали светофильтр (красный/зеленый) и вращая пластину, добились затемнения верхнего анализатора. Затемнение проявляло один из лучей (обыкновенный или необыкновенный). Далее аккуратно, стараясь не сдвинуть пластину, повернули средний столик на 45° . Вращая верхний анализатор, наблюдали за изменением интенсивности поля.

Результаты наблюдений за изменением интенсивности света приведены в таблице 1.

4 Четвёртая часть

4.1 Вращение плоскости поляризации в кристаллах кварца

Сперва требовалось найти кварцевые пластинку, перпендикулярную оптической оси. Для этого мы поставили верхний анализатор на затемнение, клали пластинки на средний столик и далее меняли пластинки, пока не нашли ту, при вращении которой в верхнем анализаторе всегда было светло.

Далее мы определяли угол и направление вращения плоскости поляризации. Для чего сначала ставили верхний анализатор на затемнение, потом совместили нулевые отметки на верхнем столике, далее поместили пластинку, перпендикулярную оптической оси, на средний столик (через анализатор стал виден свет), затем поворачивали верхний столик по часовой стрелке до гашения в верхнем анализаторе. Угол поворота поляризации для красного светофильтра составил 90° , а в зелёном свете — 120° .

Кроме того, при вращении анализатора наблюдали чередование цветов в кварцевой пластинке. Цвета чередовались следующим образом: красный, желтый, зелёный синий,

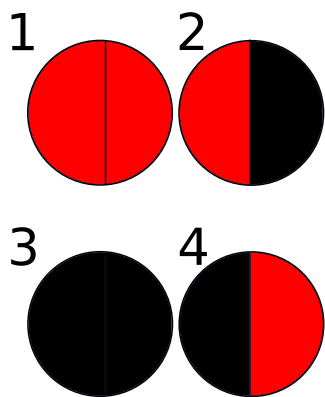


Рис. 5: Наблюдаемая картина в красном светофильтре при вращении анализатора.

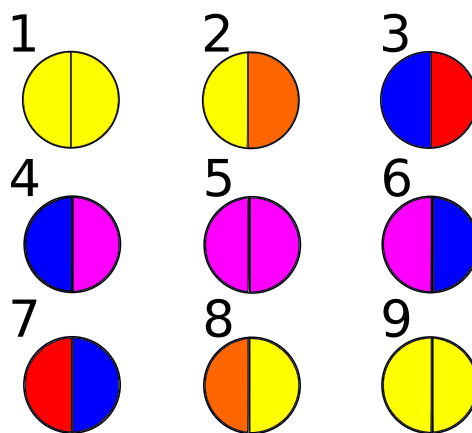


Рис. 6: Наблюдаемая картина в белом свете при вращении анализатора.

фиолетовый, опять красный и так далее.

4.2 Опыты с бикварцем

Убедились в том, что половинки бикварца поворачивают плоскость поляризации в противоположных направлениях. Для этого выбрали красный светофильтр, положили бикварц на средний столик и, вращая анализатор, наблюдали, как меняется интенсивность в половинках бикварца. Результаты наблюдений изображены на рисунке 5 и на рисунке 6.

4.3 Опыты с удвоителем Норренберга

Перешли к прибору Норренберга, настроенному по схеме удвоителя. Убедились, что при этом пластинка $\lambda/4$ (исследовали пластинку номер 3) ведёт себя как пластинка $\lambda/2$ в красном светофильтре. Для этого совместили нули подвижной и неподвижных шкал на нижнем столике, затем поставили анализатор на затемнение, потом поместили рассматриваемую пластинку на нижний столик, далее вращением столика добились затемнения анализатора, после чего повернули столик на 45° и при вращении анализатора наблюдали за изменением интенсивности света.

Интенсивность менялась таким образом, что два раза за полный оборот наступало полное гашение света. Значит, падающий свет был линейно поляризован, как при прохождении через пластинку $\lambda/2$. Причина такого странного явления кроется в том, что свет проходит через исследуемую пластинку два раза, набирая каждый раз разность фаз $\pi/2$, в итоге набирается разность фаз, кратная π .

Пронаблюдали за вращением поляризации кварцевой пластинки в красном светофильтре. Для этого выполнили следующий ряд действий. Прежде всего установили анализатор

на затемнение и положили пластинку на нижний столик. Анализатор остался затемненным, несмотря на то, что свет начал пропускаться через кварцевую пластинку. Значит, плоскость поляризации не повернулась.

Такой результат объясняется тем, что свет проходит через пластинку дважды в противоположных направлениях. Таким образом, плоскость поляризации поворачивается на один и тот же угол, но в противоположные стороны, что в итоге даёт нулевой угол поворота.