

535.375.5

О РАССЕЯНИИ СВЕТА В КРИСТАЛЛАХ *)***Г. С. Ландсберг, Л. И. Мандельштам***

При спектральном исследовании рассеяния света в кварце и исландском шпате было наблюде^{но} следующее явление. Каждая основная линия падающего света (ртутная лампа) сопровождается несколькими сателлитами. Наблюдаются сателлиты, сдвинутые в красную сторону, равно как и симметричные с ними сателлиты, сдвинутые

*) Landsberg G. S., Mandelstam L. I.— Zs. Phys., 1928, Bd. 50, S. 769. Предварительное сообщение о новом явлении в рассеянии света было опубликовано в «Журнале Русск. физ.-хим. об-ва», ч. физ., 1928, т. 60, с. 335; «Naturwissenschaften», 1928, Bd. 16, S. 557; «Compt. Rend. Ac. Sci.» (Paris), 1928, t. 189, p. 109. Воспроизводится по «Избранным трудам» Г. С. Ландсберга.— М.: Изд-во АН СССР, 1958,— с. 101.

в фиолетовую сторону. Вся совокупность спутников может быть разбита на системы. В каждой системе разность $\Delta\nu_i$ между частотами спутника и соответствующей основной линии постоянна для всех основных линий. Истолкование этой закономерности лежит в том, что $\Delta\nu_i$ каждой такой системы соответствует собственной частоте кристалла ν_i . Для кварца установлено пока пять таких систем спутников, а для исландского шпата — две. Для соответствующих длин волн при этом получено: для кварца $\lambda_1 = 21,5$ мкм, $\lambda_2 = 48$ мкм, $\lambda_3 = 81$ мкм, $\lambda_4 = 13,5$ мкм, $\lambda_5 = 9$ мкм; для исландского шпата $\lambda_1 = 9,1$ мкм. Дискутируется связь найденных таким образом собственных частот с инфракрасными частотами кристалла. Установлено, далее, что интенсивность фиолетовых спутников по отношению к красным при повышении температуры возрастает.

В заметке в «Naturwissenschaften»¹ мы коротко сообщили о новом явлении, которое наблюдается при рассеянии света в кристаллах. Это явление заключается в следующем: каждой спектральной линии падающего света в рассеянном свете соответствует не одна линия той же частоты, которую мы назовем основной линией, но еще некоторое количество спутников. Эти спутники в отношении длин волн и интенсивности находятся в определенных закономерных соотношениях с основными линиями.

Явление наблюдалось нами первоначально в кварце. В дальнейшем мы распространили наблюдения на исландский шпат, а также подробнее исследовали явление в кварце.

В этой статье дается более подробное описание условий эксперимента и сообщаются результаты, полученные до настоящего времени. В последних параграфах приводятся некоторые соображения, относящиеся к теоретическому истолкованию явления.

§ 1

Схематическое расположение опыта изображено на рис. 1. В качестве источника служила 110-вольтовая ртутная лампа (Hercus), горевшая при напряжении 70 в и токе 3 а. Две лампы L_1 ($d=80$ мм, $f=450$ мм) и L_2 ($d=50$ мм и $f=250$ мм) отбрасывали резкое изображение интенсивно

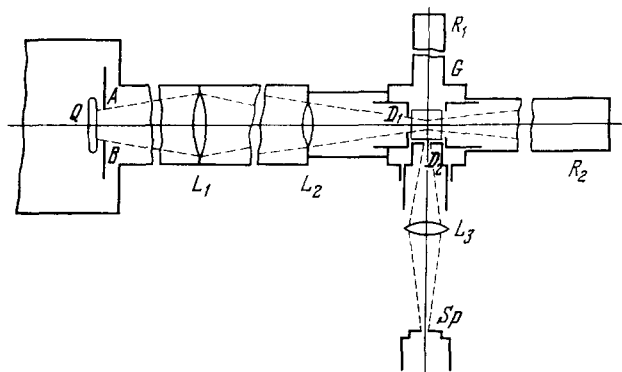


Рис. 1.

освещенного прямоугольного отверстия AB (20×4 мм²) на то место, где находился кристалл. С помощью вспомогательной диафрагмы достигалось резкое ограничение слабо сходящегося светового пучка.

Высота поперечного сечения пучка в кристалле составляла приблизительно 3 мм, а его ширина (в горизонтальном направлении) 15 мм. Правильную юстировку линз и всей установки можно удобно провести, если сначала на место кристалла поместить кубик из уранового стекла, в котором след светового пучка достаточно ярок. Кристалл находится в непрозрачной камере G (рис. 1). Специальные насадки в виде труб R_1 и R_2 соз-

дают темный фон и препятствуют проникновению паразитного света в направлении наблюдения. Все обычные меры предосторожности (зачернение или покрытие стенок черным бархатом и т. п.), направленные к уменьшению мешающих отражений, разумеется, были соблюдены.

Свет, рассеянный кристаллом, падает на щель кварцевого спектрографа. В нашем распоряжении имелся спектрограф «Fuess» модель В с относительным отверстием 1 : 5. Маленькая диафрагма D_2 защищала щель от возможных отражений в камере и на поверхностях кристалла. При первых снимках щель находилась в непосредственной близости к кристаллу. Позднее мы освещали щель с помощью светосильной кварцевой линзы L_3 , которая отбрасывала резкое изображение диафрагмы D_2 . Благодаря этому выигрывается довольно много света и одновременно достигается возможность удобно исследовать свет, рассеиваемый в различных направлениях. Лучшие снимки мы получили на пластинках «Ilford—Iso-Zennith» и «Monarch».

Проявление велось с помощью гидрохинонового проявителя в течение 6 минут при 19°C в полной темноте. В большинстве случаев при каждом фотографировании спектра рассеянного света на той же пластинке снимался спектр сравнения, который получался посредством отражения от черного бархата или от мела.

§ 2

Уже первые спектрограммы света, рассеянного кристаллом кварца, сделанные при сравнительно коротких экспозициях (примерно до 15 час.), обнаружили явление: рядом с ртутными линиями в рассеянном свете появились новые линии, причем каждая интенсивная основная линия сопровождалась сателлитами.

То обстоятельство, что это же явление точно повторялось с другим кристаллом кварца, а также не подлежащая сомнению закономерность в распределении новых линий, сделали совершенно невероятным предположение, что дело сводится к появлению ложных линий, вызванных непредвиденными отражениями. Несмотря на это, мы считали необходимым проверить эту возможность контрольными опытами. Решающим был для нас следующий опыт. Как известно, резонансная линия $2536,5 \text{ \AA}$ может быть легко поглощена несветящимися ртутными парами. Между рассеивающим кристаллом и щелью спектрографа помещался эвакуированный кварцевый сосуд с ртутными парами, подогревавшийся электрической печкой. Подходящим выбором силы тока в лампе Q и соответствующей регулировкой температуры пара можно достичь полного поглощения линии $2536,5 \text{ \AA}$. Она исчезает из спектрограммы, принадлежащие же ей сателлиты остаются неизменными. Таким образом, им действительно соответствует другая длина волны.

На первых спектрограммах каждая ртутная линия, если она была достаточно интенсивной, появлялась в сопровождении двух сателлитов, сдвинутых в красную сторону. Интенсивность дальше отстоящего более сильного сателлита составляла в среднем по грубой оценке примерно 30% интенсивности основной линии.

Следует упомянуть, что распределение интенсивностей основных линий в спектре рассеянного света сильно сдвинуто в сторону коротких волн по сравнению с распределением в первичном свете (в соответствии, по крайней мере качественном, с законом $1/\lambda^4$). Сразу же удалось установить, что разность частот более интенсивного сателлита и соответствующей основной линии постоянна по всему спектру. Та же закономерность оказалась справедливой и для второго, менее интенсивного сателлита.

Когда время экспозиции было выбрано большим, на спектрограмме появились новые линии. Теперь и относительно менее интенсивные основные линии сопровождались спутниками.

Последние спектрограммы для кварца были получены при времени экспозиции около 100 час. с узкой (около $1/20$ мм) щелью. На них обнаруживаются 72 новые (т. е. не содержащиеся в ртутном спектре) линии, которые без труда могут быть все подразделены на пять систем, так что внутри каждой системы разность частоты спутника и основной линии постоянна по абсолютной величине.

Систематизация существенно облегчалась тем, что при малых временах экспозиции ясно выступали только две интенсивные системы. Из них был надежно установлен закон $\Delta\nu_i = \text{const}$, который затем служил основой для систематизации остальных линий.

При этом выявилось следующее обстоятельство, которое кажется нам весьма существенным, а именно: что наряду с «красными» спутниками в рассеянном свете существуют и «фиолетовые» спутники. Они располагаются по отношению к основным линиям симметрично с красными, но значительно менее интенсивны и поэтому ясно выступают только у наиболее интенсивных основных линий. Промеры спектрограммы производились с помощью компаратора «Hilger». Для расчета длин волн использовалась интерполяционная формула Гартмана².

§ 3. РАССЕЯНИЕ В КВАРЦЕ

Мы имели два кристалла кварца. Их размеры были $25 \times 30 \times 30$ и $20 \times 40 \times 40$ мм³. В одном из этих кристаллов при облучении ультрафиолетовым светом наблюдалась заметная флюоресценция, другой был от нее свободен.

Количество спутников в рассеянном свете, их положение по отношению к основным линиям, их относительная интенсивность (последняя,

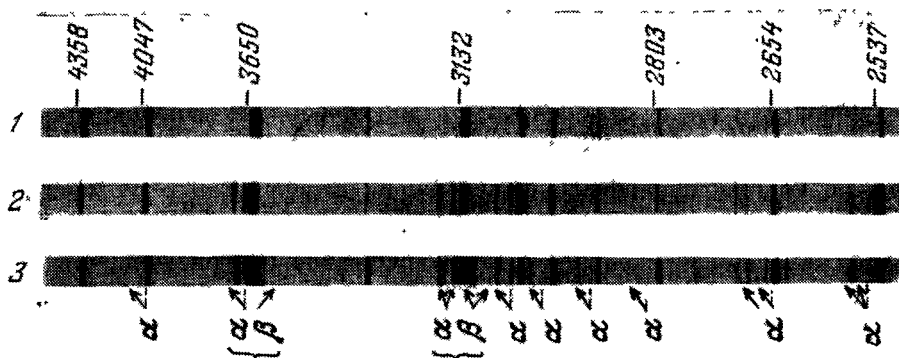


Рис. 2. Спектр света, рассеянного в кварце (двукратное увеличение). 1 — спектр сравнения; 2 и 3 — спектры рассеянного света, снятые при 20 и 210 °С (экспозиция 105 час.); α — красные спутники, β — фиолетовые спутники

конечно, лишь по грубой оценке) были в обоих случаях одинаковы. Влияния ориентировки кристаллических осей по отношению к направлению падающего света не было замечено.

Фотография, приведенная на рис. 2, воспроизводит такой спектр рассеянного света. Разумеется, изображение не воспроизводит всех особенностей негатива.

Результаты измерений сведены в табл. I — V. Числовые данные показывают, что внутри каждой системы разность частот действительно должна считаться постоянной.

Подавляющее большинство снимков сделано для перпендикулярно рассеянного света. Из соображений, которых здесь мы не будем подробно касаться, нам казалось желательным исследовать и свет, рассеянный в других направлениях.

Соответственно с этим и спектрограммы рассеяния были сняты под

Таблица I

Первая система спутников в кварце:

Время экспозиции 93^h. Красные спутники достаточно интенсивны, фиолетовые значительно слабее

Красные спутники		Основные линии	Фиолетовые спутники		Красные спутники		Основные линии	Фиолетовые спутники	
$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\lambda\text{Å}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\lambda\text{Å}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$
1,37	+88,5	4358,3	—	—	1,41	+40,0	2893,6	—	—
1,41	+78,5	4046,8	-73,5	1,37	1,40	+37,0	2803,5	—	—
1,38	+62,9	3663,3	-61,0	1,39	1,39	+35,5	2752,8	—	—
1,41	+63,5	3650,2	-59,2	1,35	1,41	+33,4	2653,7	-32,2	1,39
1,42	+54,1	3341,5	—	—	1,38	+29,7	2536,5	—	—
1,38	+45,8	3131,8	-45,3	1,41	1,38	+29,9	2534,8	—	—
1,40	+46,3	3125,6	-45,6	1,42	1,38	+28,5	2482,0	—	—
1,38	+42,4	3023,5	—	—					
1,42	+42,2	2967,3	-41,3	1,43	$\Delta\nu_m=1,395 \cdot 10^{13}$			$\Delta\nu_m=1,394 \cdot 10^{13}$	

Среднее значение: $\nu_1 = (1,395 \pm 0,005) \cdot 10^{13}$. Соответствующая длина волны: $\lambda_1 = 21,5 \text{ мкм}$.

Таблица II

Вторая система спутников в кварце:

Время экспозиции 93^h. Красные спутники интенсивны, фиолетовые заметно слабее

Красные спутники		Основные линии	Фиолетовые спутники		Красные спутники		Основные линии	Фиолетовые спутники	
$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\lambda, \text{Å}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\lambda, \text{Å}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$
0,63	+40,2	4358,3	-36,7	0,59	0,63	+19,4	3023,5	-19,2	0,64
	*)	4046,8	-33,4	0,60	0,63	+18,5	2967,3	-17,5	0,60
0,62	+28,1	3663,3	-29,3	0,66	0,64	+17,8	2893,6	—	—
0,65	+28,9	3650,2	-28,8	0,66	0,63	+16,5	2803,5	—	—
0,64	+23,8	3341,5	-21,3	0,58	0,64	+16,1	2752,8	—	—
0,63	+20,6	3131,8	-18,9	0,58	0,62	+14,7	2653,7	—	—
	**)	3125,6	-21,6	0,67	$\Delta\nu_m=0,633 \cdot 10^{13}$			$\Delta\nu_m=0,62 \cdot 10^{13}$	

Среднее значение: $\nu_2 = (0,63 \pm 0,01) \cdot 10^{13}$. Соответствующая длина волны: $\lambda_2 = 48 \text{ мкм}$.

*) Соответствующий красный спутник перекрывается ртутной лампой 4078 Å.
 **) Соответствующий красный спутник совпадает с спутником из третьей системы и не может быть точно измерен.

Таблица III

Третья система спутников в кварце:

Время экспозиции 93^h. Красные спутники довольно слабы. Интенсивность фиолетовых спутников того же порядка. Вследствие мешающего действия почернения, обусловленного лежащими вблизи основными линиями, измерения здесь значительно менее точны, чем в табл. I и II

Красные спутники		Основные линии $\lambda, \text{Å}$	Фиолетовые спутники		Красные спутники		Основные линии $\lambda, \text{Å}$	Фиолетовые спутники	
$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$		$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$		$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$
0,31	+19,7	4358,3	-21,2	0,34	0,40	+11,9	2967,3	-10,8	0,37
0,36	+19,9	4046,8	-21,4	0,40	0,38	+10,7	2893,6	—	—
0,42	+15,5	3341,5	-12,5	0,34	0,38	+9,86	2803,5	—	—
0,39	+12,8	3131,8	-12,5	0,38	0,32	+7,96	2752,8	—	—
0,38	+12,3	3125,6	—	—	0,30	+0,02	2653,7	-8,87	0,38
0,38	+11,7	3023,5	-12,6	0,42	$\Delta\nu_m = 0,366 \cdot 10^{13}$			$\Delta\nu_m = 0,376 \cdot 10^{13}$	

Среднее значение: $\nu_3 = (0,37 \pm 0,01) \cdot 10^{13}$. Соответствующая длина волны: $\lambda_3 = 81 \text{ мкм}$.

Спутники ярких линий 3650 и 3663 Å отсутствуют в таблице, так как они перекрываются с другими основными линиями или спутниками.

Таблица IV

Четвертая система спутников в кварце:

Время экспозиции 93^h. Красные спутники очень слабы, фиолетовые не наблюдаются

Красные спутники		Основ-ные линии $\lambda, \text{Å}$	Фиолетовые спутники	
$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$		$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$
2,06	+97,3	3663,3	—	—
2,08	+95,0	3650,2	—	—
2,42	+81,4	3131,8	—	—
2,36	+78,8	3125,6	—	—

$\Delta\nu_m = 2,23 \cdot 10^{13}$

Среднее значение: $\nu_4 = (2,2 \pm 0,1) \cdot 10^{13}$. Соответствующая длина волны: $\lambda_4 = 13,5 \text{ мкм}$.

Таблица V

Пятая система спутников в кварце:

Время экспозиции 93^h. Красные спутники очень слабы, фиолетовые не наблюдаются

Красные спутники		Основ-ные линии $\lambda, \text{Å}$	Фиолетовые спутники	
$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$		$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$
3,27	+150,2	3663,3	—	—
3,45	+117,5	3131,8	—	—
3,49	+118,2	3125,6	—	—
3,36	+81,4	2653,7	—	—
3,34	+73,5	2534,8	—	—

$\Delta\nu_m = 3,38 \cdot 10^{13}$

Среднее значение: $\nu_5 = (3,4 \pm 0,4) \cdot 10^{13}$. Соответствующая длина волны: $\lambda_5 = 9 \text{ мкм}$.

углами около 120 и 60° с направлением первичного пучка. Никаких отличий в положении спутников при этом обнаружено не было. Изменяется ли распределение интенсивностей, мы в настоящее время сказать не можем.

§ 4. РАССЕЙНИЕ В ИСЛАНДСКОМ ШПАТЕ

Исландский шпат до настоящего времени исследован нами меньше, чем кварц. Имевшийся у нас кусок исландского шпата не свободен от включений и неоднородностей. Кроме того, он обладает весьма интенсивной флуоресценцией, которая простирается примерно до 3200 Å

и существенно затрудняет исследование спектральной области в окрестности $\lambda = 3650 \text{ \AA}$ (рис. 3).

Чтобы ослабить фосфоресценцию, мы заставляли освещающий пучок проходить через черное стекло (Heraeus), которое практически прозрачно

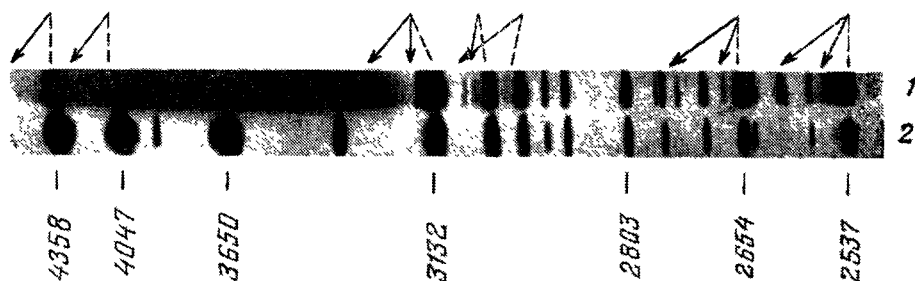


Рис. 3. Спектр света, рассеянного в исландском шпате (двукратное увеличение). 1 — спектр рассеянного света, снятый при 20 °С (экспозиция 46 час.); 2 — спектр сравнения.

только для спектральной области от 3100 до 3800 \AA . После этого на относительно слабом фоне фосфоресценции можно было легко установить спутники, принадлежащие линии $\lambda = 3650 \text{ \AA}$.

Таблица VI

Первая система спутников в исландском шпате:

Время экспозиции 46^h. Красные спутники весьма интенсивны

Красные спутники		Основ-ные линии	Красные спутники		Основ-ные линии
$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{ \AA}$		$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{ \AA}$	
3,20	+212,8	4358,3	3,31	+86,2	2752,8
3,24	+184,9	4046,0	3,31	+83,1	2699,7
3,31	+112,3	3131,8	3,30	+79,9	2653,7
3,33	+112,6	3125,6	3,25	+71,8	2536,5
3,34	+101,4	2967,3	3,25	+71,8	2534,8

$\Delta\nu_m = 3,284 \cdot 10^{13}$

Среднее значение: $\nu_1 = (3,284 \pm 0,014) \cdot 10^{13}$. Соответствующая длина волны: $\lambda_1 = 9,1 \text{ мкм}$.

Спутники, соответствующие ярким основным линиям 3650 и 3663 \AA , не могли быть достаточно хорошо измерены вследствие мешающей фосфоресценции.

Таблица VII

Вторая система спутников в исландском шпате:

Время экспозиции 46^h. Красные спутники интенсивны

Красные спутники		Основ-ные линии	Красные спутники		Основ-ные линии
$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{ \AA}$		$\Delta\nu \cdot 10^{-13}$	$\Delta\lambda, \text{ \AA}$	
0,84	+53,8	4558,3	0,88	+24,9	2893,6
0,88	+29,1	3131,8	0,85	+22,7	2803,2
0,92	+30,2	3125,6	0,90	+23,0	2752,8
0,85	+26,1	3023,5	0,86	+21,2	2699,7

$\Delta\nu_m = 0,872 \cdot 10^{13}$

Среднее значение: $\nu_2 = (0,87 \pm 0,01) \cdot 10^{13}$. Соответствующая длина волны: $\lambda_2 = 34 \text{ мкм}$ (см. примечание к табл. VI).

Всего мы нашли для исландского шпата 18 линий, которые могут быть распределены в две системы.

Для более точного исследования наш кристалл оказался недостаточно хорошим. Дальнейшие исследования мы предполагаем провести с лучшим кристаллом.

Возможно, что при этих наблюдениях будет целесообразно применить другой источник, содержащий меньшее количество линий. Следует также заметить, что интенсивность сателлитов по отношению к основным линиям была в наших опытах с исландским шпатом меньше, чем у кварца. Однако вследствие упоминавшейся неоднородности использованного кристалла отсюда нельзя делать никаких дальнейших заключений.

Результаты измерений для исландского шпата сведены в табл. VI и VII.

Другие кристаллы до настоящего времени нами изучены еще мало. С помощью находившихся в нашем распоряжении мало пригодных кусков каменной соли и плавикового шпата мы пока не получили никаких результатов. Наилучшим способом для исследования мелких кристаллов будет, по всей вероятности, погружение их в жидкость с показателем преломления, приблизительно равным показателю преломления кристалла. Появление сателлитов при рассеянии света в кварце наблюдалось нами до публикаций Рамана и Кришнана³, которые описали изменение длины волны в свете, рассеянном некоторыми парами и жидкостями. Весьма вероятно, особенно согласно наблюдениям, которые в последнее время сообщены Кабанном и Дором⁴, что в обоих случаях речь идет принципиально об одном и том же явлении.

§ 5

Что касается истолкования явления, то мы ограничимся здесь лишь несколькими общими соображениями. Позже мы предполагаем еще раз вернуться к этому.

Из таблиц с несомненностью следует, что каждая система сателлитов характеризуется постоянной разностью частот по отношению к соответствующим основным линиям.

На языке теории световых квантов, который здесь весьма удобен, это означает, как известно, следующее. Если $h\nu$ — энергия падающего кванта, а $h\nu'$ — энергия рассеянного кванта, то $h\nu - h\nu'$ есть энергия, отданная кристаллу. Так как эта величина имеет постоянное значение для каждой системы, то можно принять, что речь идет о возбуждении собственного колебания кристалла с частотой

$$\nu_i = \nu - \nu'. \quad (1)$$

Если, наоборот, собственное колебание отдает квант падающему свету, то получается фиолетовый сателлит и соотношение (1) имеет вид $\nu' - \nu = \nu_i$. Таким образом, для всей совокупности сателлитов получается зависимость $\nu' = \nu \pm \nu_i$. Это совпадает, между прочим, с соображением, высказанным много лет назад Смекалем⁵ по отношению к рассеянию света отдельными молекулами.

Теория Крамерса и Гейзенберга⁶ приводит, как известно, к тем же частотным соотношениям. В нашем случае, возможно, речь идет частично о собственных колебаниях атомных комплексов, частично же это могут быть колебания решетки.

Как сказано выше, сателлиты, сдвинутые в фиолетовую сторону, расположены симметрично красным по отношению к основной линии. Однако их интенсивность значительно меньше, и они могли наблюдаться поэтому только у более интенсивных основных линий. Следует, однако, предположить, что их возникновение представляет собою общее явление.

Из числовых данных, содержащихся в табл. I—V, для длин волн собственных колебаний в кварце получаются следующие значения:

$$\lambda_1 = 21,5 \text{ мкм}, \lambda_2 = 48 \text{ мкм}, \lambda_3 = 81 \text{ мкм}, \lambda_4 = 13,5 \text{ мкм}, \lambda_5 = 9 \text{ мкм}.$$

Значения λ_1 , λ_4 , λ_5 почти совпадают со значениями, полученными по методу остаточных лучей.

Действительно, максимумы отражения для кварца лежат, как известно, вблизи $\lambda = 20,7$; $8,7$ и $12,8$ мкм.

При этом следует иметь в виду, что, как показал Фёрстерлинг⁷, максимумы отражения оказываются сдвинутыми по отношению к собственным колебаниям в сторону меньших длин волн.

Теория Фёрстерлинга относится к простому случаю одной-единственной полосы поглощения. Условия в кварце гораздо сложнее. Сдвиг у $\lambda = 20,7$ мкм может быть очень грубо оценен в несколько процентов.

Что касается остальных значений λ_2 и λ_3 , то кривые Рубенса и Либиха⁸ в соответствующих местах не имеют максимумов. Следует, однако, отметить, что в областях от $\lambda = 3,5$ до 56 мкм и от $\lambda = 74$ до 110 мкм кривые не были проведены по действительно измеренным точкам, а интерполированы. Было бы желательно исследовать эти области подробнее.

Что касается исландского шпата, то табл. VI и VII дают для него два собственных колебания, соответствующих значениям $\lambda_1 = 9,1$ мкм и $\lambda_2 = 34$ мкм.

В инфракрасном спектре исландского шпата известны несколько максимумов отражения⁹. Между ними легко найти такие, которые весьма близки к найденным нами. Это — максимум отражения при $\lambda = 8,80$ мкм, наблюдаемый Матосси, и линия $\lambda = 30$ мкм, измеренная еще Либихем и Рубенсом¹⁰.

Вопрос о наличии в рассеянном свете систем сателлитов, соответствующих многим другим, частью сильно выраженным максимумам, которые характерны для исландского шпата, может быть решен только дальнейшими подробными исследованиями. Было бы очень интересно исследовать и другие кристаллы, содержащие группу CO_3 (например, арагонит, доломит и им подобные).

§ 6

Для теоретического истолкования явления нам представляется очень важным вопрос об интенсивности сателлитов. Соответствующие количественные опыты сейчас проводятся. Предварительно мы можем сообщить о некоторых качественных результатах. Оказалось, что интенсивность красных сателлитов по отношению к соответствующей основной линии убывает с возрастанием длины волны. По совсем грубой оценке интенсивность сильнейшего сателлита в кварце составляет примерно 50% интенсивности основной линии для $\lambda = 2536,5 \text{ \AA}$ и приблизительно 20% для линии $\lambda = 4358,3 \text{ \AA}$.

Далее мы смогли установить, что интенсивность фиолетовых сателлитов для наименьших значений ν_i (частота собственных колебаний в кристалле) хотя и меньше, но того же порядка, что и интенсивность соответствующих красных сателлитов, и что отношение этих интенсивностей заметно убывает с возрастанием ν_i .

Если принять во внимание, что для рассматриваемых инфракрасных частот значение $h\nu_i$ того же порядка, что и kT , то это обстоятельство становится объяснимым. Кроме того, простые соображения приводят к тому вероятному заключению, что интенсивность фиолетовых сателлитов должна сильно возрастать с температурой, чего, напротив, не должно быть для красных сателлитов. Для проверки этого заключения был сделан

снимок (время экспозиции 96 час.) при температуре 220° С. Чтобы сделать возможной оценку интенсивности, на ту же пластинку были сняты марки интенсивности. Полученные результаты могут быть истолкованы следующим образом.

Интенсивность основных линий линейно возрастает с абсолютной температурой, как это должно быть согласно классической теории¹¹. Интенсивность красных сателлитов, наоборот, не возрастает, что указывает, между прочим, на наличие здесь некогерентного излучения. Интенсивность фиолетовых сателлитов, и это следует особенно подчеркнуть, возрастает с температурой значительно сильнее, чем интенсивность основных линий, как это было предусмотрено теоретически. Вопросы, затронутые здесь лишь коротко, мы предполагаем рассмотреть более подробно позднее.

В заключение следует заметить, что описанное выше явление сможет оказать, вероятно, ценные услуги при изучении атомных сил в кристаллах.

Мы хотели бы воспользоваться случаем и выразить здесь сердечную благодарность М. Леонтовичу за его большую помощь при проведении этой работы.

Институт теоретической физики
I Московского государственного университета
9.VI 1928 г.

Поступило в редакцию
12.VII 1928 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Naturwissenschaften*, 1928, Bd. 28, S. 557.
2. Hartmann J.—*Zs. Instrum.*, 1929, Bd. 19, S. 57.
3. Raman C. V., Krishnan K. S.—*Nature*, 1928, v. 121, p. 501, 619, 711.
Raman C. V.—*Ind. J. Phys.*, 1928, v. 3, p. 2.
4. Cabannes J., Daure P.—*C.R. Ac. Sci.*, 1928, t. 186, Nr. 23.
5. Smekal A.—*Naturwissenschaften*, 1923, Bd. 11, S. 873.
6. Kramers H. A., Heisenberg W.—*Zs. Phys.*, 1925, Bd. 31, S. 681.
Born M. *Probleme der Atomdynamik*.—Berlin: 1926.—S. 82.
7. Försterling K.—*Ann. d. Phys.*, 1920, Bd. 61, S. 577.
8. Liebisch Th., Rubens H.—*Ber. Berl. Akad.*, 1921, S. 216.
9. Matossi F.—*Zs. Phys.*, 1928, Bd. 48, S. 616.
10. Liebisch Th., Rubens H.—*Ber. Berl. Akad.*, 1919, S. 198.
11. Landsberg G.—*Zs. Phys.*, 1928, Bd. 45, S. 442.