19. Относительные опредѣлители двупреломленія двуоснаго кристаллическаго вещества.

Е. Д. Стратановича,

(доложено 14 марта).

Уголъ оптическихъ осей двуосныхъ кристалловъ, обозначаемый въ минералогіи 2 V, является, какъ извѣстно, тригонометрическою функціей отъ величинъ главныхъ показателей преломленія даннаго кристалла, отмѣчаемыхъ посредствомъ n_g, n_m и n_p или γ, β, α. Для выраженія функціональной зависимости между 2 V и n_g, n_m и n_p (или γ, β, α) существуетъ нѣсколько формулъ различнаго вида. Однѣ изъ нихъ полныя и точныя, другія—упрощенныя и даютъ не вполнѣ точный результатъ. Напр., въ руководствѣ Розенбуша [1]) находимъ:

$$\cos V = \frac{\alpha}{\beta}\sqrt{\frac{\gamma^2-\beta^2}{\gamma^2-\alpha^2}}$$ (на стр. 96, I, 1),

$$\cos V = \sqrt{\frac{\gamma-\beta}{\gamma-\alpha}}$$ „ „ 289 „ „

$$\cos V = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\varphi_1}$$ (на стр. 97, l, 1),

гдѣ $\cos\varphi = \frac{\beta}{\gamma}$, $\cos\varphi_1 = \frac{\alpha}{\gamma}$.

Въ руководствѣ Дюпарка [2]) приведены, кромѣ полныхъ формулъ (на стр. 79, I части), особенно удобныя для вычисленія сокращенныя (на стр. 80):

$$\operatorname{tang} V = \sqrt{\frac{n_m-n_p}{n_g-n_m}}$$ для оптически-положительныхъ кристалловъ,

$$\operatorname{tang} V = \sqrt{\frac{n_g-n_m}{n_m-n_p}}$$ для оптически-отрицательныхъ кристалловъ.

Если по какой-нибудь изъ этихъ формулъ или прочихъ, оставшихся здѣсь неприведенными, но имѣющихся у тѣхъ же авторовъ, а также, напр. у Грота [1]), у Никитина [2]) и др., производить вычисленія, то очень часто въ результатѣ оказывается значительное несоотвѣтствіе между вычисленною величиною 2 V и дѣйствительно наблюдаемою, при чемъ совершенно безразлично, примѣнены ли полныя формулы, или сокращенныя.

Предлагаю въ первую очередь прослѣдить это на данныхъ, приводимыхъ въ литературѣ.

Для альбита, напр., Розенбушъ [3]) даетъ:
$\gamma - \alpha = 0{,}010$; $\gamma - \beta = 0{,}007$; $\beta - \alpha = 0{,}003$.

По нимъ—

$$\operatorname{tg} V = \sqrt{3/7}$$

$$2\,V = +\,66^\circ\,26'.$$

Между тѣмъ для альбита уголъ 2 V долженъ заключаться въ предѣлахъ отъ 77° до 84°, что и приведено въ той же таблицѣ III f у Розенбуша.

Еще большее расхожденіе истинной величины 2 V и вычисляемой обнаруживается по даннымъ въ таблицахъ М.-Леви [4]):

$$n_g - n_p = 0{,}008$$
$$n_g - n_m = 0{,}006$$
$$n_m - n_p = 0{,}002,$$

а именно:

$$\operatorname{tg} V = \sqrt{1/3}$$

$$2\,V = +\,60^\circ.$$

Не лучше обстоитъ иногда дѣло, если брать для $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$ не трехзначныя а болѣе подробныя выраженія. Возьмемъ, напр.,

---

[1]) H. Rosenbusch und E. A. Wülfing «Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine», 1904—1905.

[2]) L. Duparc et F. Pearce «Traité de technique minéralogique et petrographique», 1907.

[1]) P. Groth «Physikalische Krystallographie», 1895 стр. 91, 124.

[2]) В. В. Никитинъ «Универсальный методъ Федорова» 1911 г., стр. 18—21.

[3]) H. Rosenbusch und E. A. Wülfing, l. c. I, 2, Tab. III f.

[4]) A. Michel Lévy et Alf. Lacroix «Les minéraux des roches», 1888, ст. p. 323.

четырехзначныя для альбита, со стр. 338 въ указанномъ уже сочиненіи Розенбуша (I, 2), съ составомъ $Ab_{95} + An_5$, т. е. для плагіоклаза № 5:

$\alpha = 1{,}5285$ $\beta = 1{,}5321$ $\gamma = 1{,}5387$; $2V = +77°39'$

Вычисленіемъ получаемъ:

$$\operatorname{tg} V = \sqrt{\frac{0{,}0036}{0{,}0066}}$$

$$2V = +72°52'$$

Такое же несоотвѣтствіе результатовъ для альбита № 5 получается, если воспользоваться данными у F. Becke въ его работѣ „Die optischen Eigenschaften der Plagioklase", 1906: вычисляется $2V = +72°52'$ противъ $+78°30'$. Для битовнита $Ab_1 An_3$ (плагіоклазъ № 75) вычисленіе даетъ $2V = -83°37'$, тогда какъ указана величина — 86° (ср. только что названную статью F. Becke въ Tschermack's mineralogische und petrographische Mitteilungen, XXV, стр. 20 и 30).

Остановимся еще на примѣрахъ, касающихся ортоклаза.

Для него, по М.-Леви [1]), $2V = -70°$ при—

$$n_g - n_p = 0{,}007$$
$$n_g - n_m = 0{,}003$$
$$n_m - n_p = 0{,}004$$

Между тѣмъ, по формулѣ

$$\operatorname{tg} V = \sqrt{3/4}$$

уголъ $2V$ вычисляется $= -81°46'$.

Этотъ же самый уголъ вычисленъ въ руководствѣ Никитина [2]) по приближенной формулѣ—

$$2V = -64°38',$$

и по точной формулѣ—

$$2V = -64°26',$$

что обнаруживаетъ значительное уклоненіе отъ угла— 70° [3]).

Подобныхъ примѣровъ можно набрать не мало, но, ограничиваясь приведенными изъ литературы, позволю себѣ, во вторую очередь, констатировать то обстоятельство, что и по собственнымъ моимъ наблюденіямъ при универсально-оптическомъ анализѣ минераловъ также обнаруживается нерѣдко расходимость вычисляемаго и дѣйствительно наблюдаемаго угла оптическихъ осей, несмотря даже на самое тщательное въ нѣкоторыхъ случаяхъ измѣреніе какъ угла $2V$, такъ и величинъ $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$.

[1]) Ibid.

[2]) L. c., стр. 20, гдѣ подразумѣваемый уголъ данъ въ видѣ $V_p = 32°19'$ и $32°13'$.

[3]) Тамъ же, стр. 19, уголъ $V_p = 35°$.

Въ результатѣ иногда оказывается, что найденнымъ для опредѣляемаго минерала величинамъ $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$ нельзя подобрать въ таблицѣ соотвѣтствующаго вычисленнаго по нимъ угла $2V$, хотя сами эти величины въ таблицѣ и находятся въ соотвѣтствіи съ разными другими признаками, служащими для опредѣленія минерала.

Возможными причинами указываемой расходимости являются слѣдующіе источники:

1) коническая рефракція,
2) недостаточность установки оптическихъ осей вслѣдствіе a) нечувствительности погасанія,
   b) неправильно принятаго средняго коэффиціента преломленія,
3) ошибки въ измѣреніи $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ $n_m - n_p$
   вслѣдствіе a) погрѣшностей компенсатора
   b) неправильно высчитанной толщины шлифа.

Причины 1), 2a) и 2b) вліяютъ въ томъ смыслѣ, что ошибка вкрадывается въ измѣреніе угла $2V$. Причины 2b), 3a) и 3b) ведутъ къ ошибкѣ въ измѣреніи величинъ $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$. Слѣдовательно, при вычисленіи по этимъ послѣднимъ величинамъ угла $2V$ у насъ получается невѣрный результатъ, если неправильны исходныя цифры; если же онѣ правильны, то, хотя вычисленный результатъ $2V$ и вѣренъ, все-таки много шансовъ, что съ нимъ не будетъ совпадать выводимый измѣреніемъ уголъ $2V$.

Въ виду всего этого представляется полезнымъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ [4]0) обнаруживать зависимость между измѣренными для какого-нибудь опредѣляемаго минерала величинами $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$ не въ формѣ тригонометрической функціи но въ другой формѣ, а именно—въ видѣ трехъ цифръ, которыя можно было бы назвать *относительными опредѣлителями двупреломленія*.

Предлагаемый терминъ является новымъ для кристаллооптики. Этимъ опредѣлителямъ свойственна такая форма выраженія оптическихъ константъ, съ какою до сихъ поръ не оперировалъ микроскопическій анализъ кристаллическаго вещества. Выводъ предлагаемыхъ опредѣлителей совершенно простъ, а

10) А именно: при условіи, что $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ $n_m - n_p$ опредѣлены не съ большею степенью точности чѣмъ единица въ третьемъ десятичномъ знакѣ, а также при условіи, что съ опредѣленіемъ минерала требуется покончить въ самое короткое время, какъ это обыкновенно и бываетъ при массовыхъ опредѣленіяхъ петрографическаго матеріала.

между тѣмъ значеніе ихъ чрезвычайно велико въ дѣлѣ индивидуальнаго опредѣленія оптически двуосныхъ минераловъ.

Извѣстно, что при данной толщинѣ d кристаллической пластинки высота x интерференціоннаго цвѣта при скрещенныхъ николяхъ опредѣляется произведеніемъ величины двупреломленія на d:

$$x = (V_e - V_o).\ d;$$

гдѣ V_e — скорость необыкновеннаго, V_o — обыкновеннаго свѣтового луча.

Ограничиваясь, какъ это обыкновенно дѣлается, величинами двупреломленія только для $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$, мы можемъ написать 3 слѣдующихъ равенства:

$$x_1 = (n_g - n_p).\ d$$
$$x_2 = (n_g - n_m).\ d$$
$$x_3 = (n_m - n_p).\ d.$$

Если составить отношенія $x_1 : x_2$, $x_1 : x_3$ и $x_2 : x_3$, то по причинѣ сокращенія d, окажется, что числа, соотвѣтствующія высотѣ интерференціонной окраски для лучей, идущихъ въ направленіи осей n_g, n_m и n_p эллипсоида оптической упругости, относятся между собою, какъ величины двупреломленій:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{n_g - n_p}{n_g - n_m}$$
$$\frac{x_1}{x_3} = \frac{n_g - n_p}{n_m - n_p}$$
$$\frac{x_2}{x_3} = \frac{n_g - n_m}{n_m - n_p}$$

Эти отношенія величины двупреломленія я и предлагаю называть относительными опредѣлителями двупреломленія. Напр., для обыкновенной роговой обманки по константамъ [1]): $n_g - n_p = 0{,}023$, $n_g - n_m = 0{,}011$, $n_m - n_p = 0{,}012$ вычисляемъ, ограничиваясь двумя десятичными:

$\frac{x_1}{x_2} = 0{,}023 : 0{,}011 = 2{,}_{09}$; близко къ 2.

$\frac{x_1}{x_3} = 0{,}023 : 0{,}012 = 1{,}_{92}$; „ „ 2.

$\frac{x_2}{x_3} = 0{,}011 : 0{,}012 = 0{,}_{92}$; „ „ 1.

Полученныя 3 цифры: $2{,}_{09} \cdot 1{,}_{92} \cdot 0{,}_{92}$ или—ради округленія: 2 . 2 . 1 будутъ для роговой обманки относительными опредѣлителями двупреломленія. Будучи ариѳметическими частными отъ константъ $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$, опредѣлители эти являются, конечно, также константами.

Польза выводимыхъ указаннымъ способомъ опредѣлителей въ общемъ ходѣ кристалло-оптическаго анализа несомнѣнна для цѣлей индивидуальнаго опредѣленія минераловъ, какъ это будетъ выяснено въ нижеслѣдующемъ.

Дѣло въ томъ, что хотя величины $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$ и чрезвычайно важны, какъ опредѣлительные признаки, однако пользованіе ими до сихъ поръ ограничивалось наличностью одного изъ 2 условій: 1) должна быть напередъ дана или вообще какимъ-нибудь способомъ измѣрена толщина d изслѣдуемаго шлифа, 2) по близости отъ опредѣляемаго минерала въ шлифѣ долженъ находиться какой-нибудь характерный, хорошо извѣстный минералъ въ родѣ кварца, который могъ бы служить, такъ сказать, эталономъ для сравненія.

При наличности перваго условія измѣряютъ компенсаторомъ высоту цвѣта для сѣченія, содержащаго въ себѣ $n_g\ n_p$, или $n_g\ n_m$, или $n_m\ n_p$, а затѣмъ найденную величину дѣлятъ на d; такимъ образомъ, на основаніи вышеприведенной формулы

$$x = (v_e - v^o)\ d$$

выводится величина двупреломленія $n_g - n_p$, или $n_g - n_m$, или $n_m - n_p$.

При наличности 2-го изъ указанныхъ условій компенсаторомъ измѣряютъ высоту цвѣта какъ для изслѣдуемаго минерала, такъ и для кварца или другого эталона; затѣмъ, подстановка полученныхъ величинъ въ ту же формулу $x = (v_e - v_o)\ d$ даетъ возможность составить пропорцію, въ которой d исключается само собою, а искомая величина двупреломленія минерала вычисляется, исходя изъ двупреломленія кварца (0,009) или другого эталона.

Но сонахожденіе въ шлифѣ вмѣстѣ съ изслѣдуемымъ кристаллическимъ веществомъ также кварца или какого-нибудь другого минерала, который было бы удобно выбрать эталономъ для сравненія, является далеко не частымъ случаемъ и—скорѣе—даже большою рѣдкостью, исключеніемъ. Что же касается разныхъ способовъ измѣренія толщины шлифа, то по причинѣ тонкости и мѣшкотности пріемовъ это дѣло поглощаетъ настолько много времени, что представляетъ собою серьезную помѣху въ случаяхъ массоваго опредѣленія минераловъ, особенно въ петрографическихъ шлифахъ.

Слѣдовательно, пользованіе характерными для кристаллическаго вещества константами $n_g - n_p$ $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$ въ качествѣ опредѣлительныхъ признаковъ иногда неосуществимо по 2 причинамъ: нѣтъ минерала для сравненія или нельзя измѣрить толщину шлифа, такъ что не можетъ быть найдена абсолютная величина двупреломленія.

Вотъ въ этихъ случаяхъ и являются на помощь

[1]) A. Michel Lévy et Alf. Lacroix «Les minéraux des roches» 1888, стр. 145 и 322.

относительные опредѣлители двупреломленія, выводимые вышеуказаннымъ способомъ.

Чтобы найти ихъ для изслѣдуемаго кристаллическаго вещества, не требуется ни знать толщины шлифа d, ни подыскивать въ шлифѣ эталонъ для сравненія. Весь ходъ опредѣленія сводится къ слѣдующимъ немногимъ дѣйствіямъ.

1. Прежде всего должна быть выполнена хорошо извѣстная всѣмъ микроскопистамъ, работающимъ по универсально-теодолитному методу, операція нахожденія осей n_g, n_m и n_p.

Имѣя передъ собою въ результатѣ на сѣткѣ стереографической проекціи положеніе полюсовъ n_g, n_m и n_p, мы легко найдемъ, какія наклоненія и повороты на осяхъ столика надо сдѣлать, чтобы совмѣстить послѣдовательно каждую изъ осей n_g, n_m и n_p изслѣдуемаго минерала съ оптическою осью микроскопа.

2. Достигнувъ только что указаннаго совмѣщенія, ставимъ препаратъ (путемъ поворачиванія о с н о в н о г о [2]) столика микроскопа) въ такое положеніе, чтобы другія двѣ изъ этихъ осей приняли положеніе, діагональное относительно скрещенныхъ николей, и затѣмъ въ обычномъ порядкѣ посредствомъ компенсатора примѣняемъ измѣреніе разностей хода, отвѣчающихъ сѣченіямъ $n_g n_p$, $n_g n_m$ и $n_m n_p$, вводя необходимыя поправки на величину наклона (множить на cos угла наклоненія сырой отсчетъ компенсатора, выраженный въ микромикронахъ).

3. Наконецъ, остается раздѣлить найденныя три разности хода для сѣченій $n_g n_p$, $n_g n_m$ и $n_m n_p$ послѣдовательно другъ на друга въ условленномъ порядкѣ и справиться въ предлагаемой таблицѣ, какому минералу соотвѣтствуютъ найденные относительные опредѣлители двупреломленія.

Измѣряемыя компенсаторомъ три разности хода, отвѣчающія указаннымъ сѣченіямъ, условимся обозначать (въ отличіе отъ истинной величины двупреломленія $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$) посредствомъ Δ_{gp}, Δ_{gm} и Δ_{mp} и прослѣдимъ частные примѣры опредѣленія.

I примѣръ.

Въ шлифѣ горной породы порфироваго типа подвергнуто индивидуальному изслѣдованію зерно минерала, оказавшагося фаялитомъ.

По наложеніи на это зерно шаровыхъ сегментовъ изъ стекла съ коэффиціентомъ преломленія $n = 1{,}55$ опредѣлилось относительное преломленіе около $1{,}_2$. Исправительный кругъ на универсальной діаграммѣ [1]) для истинныхъ угловъ, исправляемыхъ по сырымъ наблюдаемымъ угламъ наклоненія, принятъ $1{,}_{20}$. Слѣдовательно, для минерала коэффиціентъ преломленія опредѣляется:

$$n = 1{,}_2 \cdot 1{,}_{55} = 1{,}_{86}.$$

При такой величинѣ преломленія нахожденіе положенія плоскостей эллипсоида оптической упругости дало слѣдующіе результаты [2]):

[1]) Подъ о с н о в н ы м ъ столикомъ здѣсь и вообще въ нижеслѣдующемъ подразумѣвается обыкновенный столикъ микроскопа въ отличіе отъ универсальнаго. Такъ какъ универсальный прикрѣпляется къ основному столику, то вмѣстѣ съ поворачиваніемъ послѣдняго вокругъ его оси достигается оборотъ всей универсальной системы вокругъ оптической оси микроскопа. Выраженіемъ въ родѣ: „поворотъ основного столика“ вносится удобное техническое упрощеніе въ словоупотребленіе при описаніяхъ пріемовъ универсально-теодолитнаго метода.

[1]) Эту діаграмму см., напр., у Е. С. Федорова въ „Основаніяхъ петрографіи“ 1897, табл. I, или въ „Zeitschrift für Krystallographie etc“. XXVI, Taf. IV; также у Louis Duparc et Francis Pearce „Traité de technique minéralogique et pétrographique“, 1907, I partie, стр. 299.

[2]) Предварительно слѣдуетъ замѣтить, что подъ буквами N, H, M и I подразумѣваются, какъ обыкновенно, оси трехоснаго универсальнаго столика, а именно:

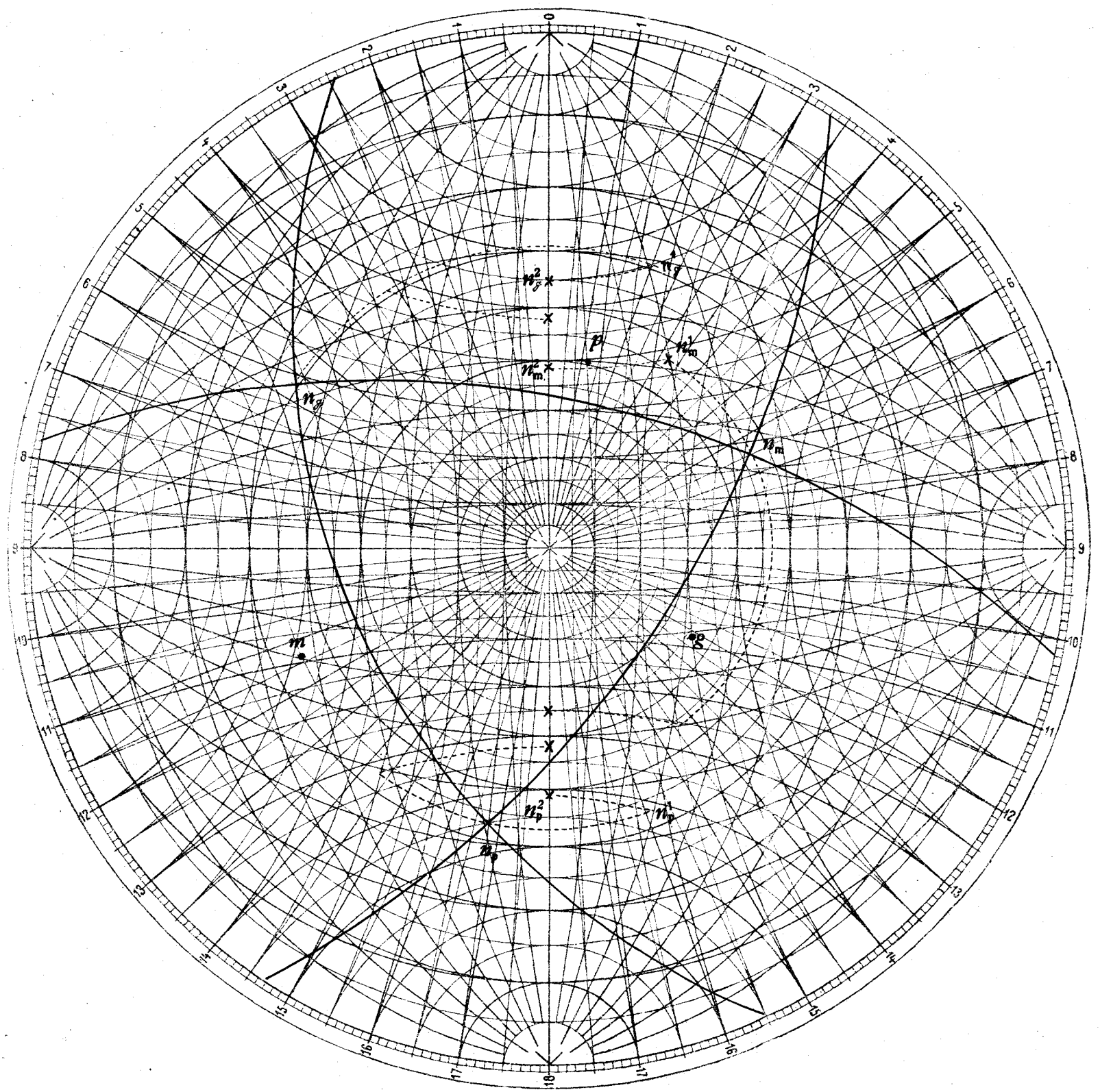
N—та ось, которая при всевозможныхъ поворотахъ и наклонахъ вокругъ прочихъ осей аппарата остается неизмѣнно ⊥—ной къ плоскости стекляннаго круга; N, слѣдовательно, всегда нормальна къ плоскости шлифа, положеннаго на этотъ кругъ;

H—такъ называемая „вспомогательная“ (Hülfsaxe) ось, при помощи которой стеклянный кругъ держится на наружномъ металлическомъ кольцѣ;

M—„подвижная“ (Mobile) ось, всегда ⊥—ная къ плоскости наружнаго кольца, и

I—„неподвижная“ (Immobile) ось, которая покоится на двухъ основныхъ колонкахъ столика.

Отсчеты на лимбахъ универсальнаго столика			
для оси N.	для оси H.		
	сырые.	истинные.	
— 32° 45′	— 36°	— 29° 15′	Для плоскости $n_m n_p$
+ 24° 45′	+ 55° 15′	+ 43° 30′	„ „ $n_g n_p$
+ 78° 15′	— 40° 15′	— 32° 30′	„ „ $n_g n_m$



№ 1.

Къ статьѣ Е. Д. Стратановича „Относительные опредѣлители двупреломленія двуоснаго

По этимъ даннымъ наносимъ истинное положеніе n_g, n_m и n_p на стереографическую сѣтку, при чемъ точками g, m и p отмѣчены центры дугъ, изображающихъ плоскости симметріи эллипсоида по сырымъ (кажущимся) угламъ наклоненія вокругъ H.

Теперь мы имѣемъ передъ собою точныя указанія, что надо сдѣлать, чтобы привести ось n_g, или n_m, или n_p къ совмѣщенію съ оптическою осью микроскопа. Необходимыя для такого совмѣщенія операціи посредствомъ трехоснаго универсальнаго столика общеизвѣстны. Однако, по причинѣ возможности производить требующееся совмѣщеніе двумя совершенно различными путями, полагаю нелишнимъ описать здѣсь подробно тотъ изъ нихъ, который имѣетъ за себя нѣкоторыя преимущества сравнительно съ другимъ, какъ это, по крайней мѣрѣ, вытекаетъ чисто эмпирически изъ собственной моей практики опредѣленія минераловъ универсально-теодолитнымъ методомъ; подразумѣваемыя преимущества будутъ попутно указаны.

По положенію n_g, n_m и n_p на сѣткѣ проекціи (см. черт. № 1) легко заключить, что поворотомъ внутренняго стекляннаго круга, т. е. вокругъ N, на 32°45′ противъ часовой стрѣлки мы можемъ привести, какъ извѣстно, слѣдъ плоскости, содержащей въ себѣ n_m и n_p, къ совпаденію съ осью H столика; при этомъ поворотѣ на 32°45′ истинныя положенія n_m и n_p пройдутъ пути, отмѣченные на сѣткѣ пунктиромъ, и окажутся въ точкахъ n'_m и n'_p. Поставивъ ось H въ положеніе $\perp$ къ неподвижной оси I столика, произведемъ наклоненіе препарата вокругъ H на такой уголъ, чтобы n'_m и n'_p попали въ плоскость $\perp$ къ I; на сѣткѣ истинный уголъ для этого обозначается равнымъ—29°15′. По кругу 1,200 исправительной діаграммы, а еще проще—прямо по положенію на сѣткѣ точки g относительно центра проекціи, найдемъ, что препаратъ долженъ быть наклоненъ на кажущійся уголъ—36°. По выполненіи наклона на—36° оси n_m и n_p приходятъ въ положеніе n^2_m и n^2_p. Наклоненіями въ соотвѣтствующія стороны вокругъ I на истинные углы + 38°15′ и— 51°45′, т. е. на кажущіеся + 47°45′ и - 69°30′, мы достигаемъ желаемаго совмѣщенія сперва n_m, а потомъ n_p съ оптическою осью микроскопа.

Совершенно подобнымъ же способомъ слѣдуетъ затѣмъ оперировать съ каждою изъ двухъ прочихъ плоскостей симметріи эллипсоида оптической упругости.

Ясно, что каждая изъ его осей n_g, n_m и n_p можетъ быть при этомъ приведена къ оси микроскопа по 2 раза: одинъ разъ при оперированіи съ одною изъ симметричныхъ плоскостей, второй разъ—съ другою или съ третьею.

Въ этомъ и заключается одно изъ преимуществъ рекомендуемаго способа сравнительно съ другимъ способомъ приведенія n_g, n_m и n_p къ оптической оси микроскопа: каждая изъ величинъ разности хода лучей Δ^{gp}, Δ_{gm} и $_{mp}$ можетъ быть измѣрена въ двухъ различныхъ положеніяхъ препарата, такъ что оба измѣренія контролируютъ другъ друга, что несомнѣнно очень полезно въ крайне деликатномъ дѣлѣ измѣренія компенсаторами разностей $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$.

Второе преимущество заключается въ томъ, что послѣ приведенія къ оси микроскопа плоскости, содержащей $n_g n_p$, или $n_g n_m$, или $n_m n_p$, мы можемъ сразу же поставить препаратъ въ положеніе наибольшаго освѣщенія между + николями: само собою оказывается, что долженъ быть сдѣланъ каждый разъ поворотъ препарата именно на 45° посредствомъ основного столика микроскопа. Между тѣмъ при другомъ способѣ совмѣщенія приходится предварительно продѣлывать еще одну неизбѣжную операцію: установку на темноту, а эта операція, какъ извѣстно, требуетъ, для достаточной точности результата, неоднократныхъ отсчетовъ угловъ затемнѣнія. Такимъ образомъ, имѣется на лицо преимущество въ томъ смыслѣ, что выгадывается время и не затрачивается вниманіе на лишнія операціи.

Продолжимъ далѣе ознакомленіе съ нашимъ частнымъ примѣромъ.

Сдѣланныя компенсаторомъ шесть измѣреній разностей хода лучей Δ_{gp}, Δ_{gm} и Δ_{mp} дали слѣдующіе результаты:

	Плоскость симметріи эллипсоида опт. упр.	Величина угловъ наклоненія		Сырыя показанія компенсатора въ микромикронахъ.	Величина угловъ для исправленія показаній компенсатора.	Исправлен. показанія компенс. въ микромикр.
		кажущихся.	истинныхъ.			
Δ_{gp}	$n_g\ n_m$	— 50°	— 45° 30′	930	54° 30′	591
	$n_p\ n_m$	+ 47°	+ 43° 15′	950		
Δ_{gm}	$n_p\ n_m$	— 50° 30′	— 46° 45′	805	56°	480
	$n_g\ n_p$	— 52°	— 47° 30′	835		
Δ_{mp}	$n_g\ n_p$	+ 46° 15′	+ 42° 30′	200	54° 15′	111
	$n_g\ n_m$	+ 48° 15′	+ 44° 30′	185		

Въ этой таблицѣ подъ рубрикой, озаглавленной: „плоскость симметріи эллипсоида опт. упр.“, дается указаніе на то, какая именно изъ симметричныхъ плоскостей его приведена въ положеніе $\perp$ къ оси I универсальнаго столика.

Если приведена въ такое положеніе плоскость, напр., $n_g\ n_m$, то, наклоняя препаратъ посредствомъ лимба I на кажущійся уголъ 45°30′ (въ направленіи —, какъ это слѣдуетъ по сѣткѣ проекціи), мы получимъ возможность примѣнить компенсаторъ для измѣренія величины Δ_{gp}; съ помощью же наклоненія въ обратную сторону посредствомъ того же лимба I на 77° у насъ получится возможность измѣрить компенсаторомъ величину Δ_{mp}.

Вообще при установкѣ каждой изъ плоскостей симметріи эллипсоида на $\perp$ къ I дѣлается, послѣ надлежащихъ поворотовъ, измѣреніе двухъ изъ величинъ Δ_{gp}, Δ_{gm} и Δ_{mp}.

Получаются въ результатѣ 6 цифръ, которыя и приведены въ графѣ 5-ой. Подвергаемъ ихъ необходимымъ исправленіямъ на величину угловъ наклоненія осей n_g, n_m и n_p къ нормали шлифа, т. е. множимъ сырыя показанія компенсатора въ микромикронахъ на cos истинныхъ угловъ, приведенныхъ въ графѣ 6-ой. Это достигается проще всего, какъ извѣстно, графически со вполнѣ достаточной степенью точности. Такъ исправленныя показанія компенсатора должны, конечно, оказаться совпадающими между собою по 2, а сумма двухъ разностей хода Δ_{gm} и Δ_{mp} равною разности хода Δ_{gp}. Ясно, что осуществленіе только что отмѣченныхъ требованій означало бы полнѣйшую точность выполненія всѣхъ необходимыхъ операцій какъ по установкѣ n_g, n_m и n_p въ изслѣдуемомъ сѣченіи минерала, такъ и особенно по измѣренію въ немъ Δ_{gp}, Δ_{gm} и Δ_{mp}.

Въ приводимомъ примѣрѣ I возможная точность достигнута не была по причинѣ слишкомъ большого наклона 77° (вмѣсто этого угла пришлось довольствоваться меньшимъ), и потому въ результатѣ получились несходящіяся данныя, какъ видно изъ послѣдней графы таблицы. Но я намѣренно выбралъ именно такой примѣръ, чтобы показать, что для вывода относительныхъ опредѣлителей двупреломленія вовсе и не требуется непремѣнно добиваться вполнѣ сходящихся данныхъ: они могутъ быть только б. или м. приближенными и все-таки давать отъ взаимнаго дѣленія другъ на друга 3 цифры, вполнѣ характерныя, чтобы служить дѣлу индивидуальнаго опредѣленія оптически-двуосныхъ минераловъ. При болѣе тщательномъ выполненіи всѣхъ операцій мы получили бы и лучшіе результаты, — вплоть до полнаго выполненія требованія, что $\Delta_{gp} = \Delta_{gm} + \Delta_{mp}$.

Получивъ, какъ въ нашемъ примѣрѣ, не вполнѣ сходящіяся показанія компенсатора, выбираемъ ихъ такъ, чтобы они возможно ближе удовлетворяли только что приведенному равенству.

Такъ,—

I) для Δ_{gp}, слѣдуетъ принять 900,
II) „ Δ_{gm}, вмѣсто 178 и 170, возьмемъ . . 174,
III) „ Δ_{mp}, „ 730 и 670, „ . . 726.

Составляя отношенія въ условленномъ порядкѣ, а именно—I : II, I : III и II : III, получимъ относительные опредѣлители двупреломленія—

$$5{,}17 \cdot 1{,}24 \cdot 0{,}24.$$

По нимъ, въ связи съ найденною величиною $\bar{n} = 1{,}86$ находимъ въ таблицѣ опредѣлителей, что изслѣдуемый минералъ—фаялитъ.

II примѣръ.

Въ шлифѣ плагіоклазовой породы изслѣдуется простой (не двойниковый) кристаллъ безъ видимыхъ слѣдовъ спайности.

По наложеніи на плагіоклазы шаровыхъ сегментовъ изъ стекла съ коэффиціентомъ преломленія $n = 1{,}55$ не приходится дѣлать поправки на преломленіе. Поэтому, по непосредственнымъ отсчетамъ на лимбахъ универсальнаго столика дѣлаемъ соотвѣтствующія построенія n_g, n_m и n_p на сѣткѣ проекціи.

Для примѣра избранъ такой случай расположенія плоскостей симметріи эллипсоида оптической упругости относительно сѣченія шлифа, когда только двѣ изъ нихъ могутъ быть приведены на столикѣ въ положеніе $\perp$ къ его оси J; 3-ья же изъ нихъ, а именно плоскость $n_g n_p$ (см. сѣтку на черт. № 2), сравнительно мало наклонена къ плоскости шлифа. Въ этомъ случаѣ компенсаторомъ можетъ быть измѣрена только одна изъ трехъ величинъ Δ_{gp}, Δ_{gm}, Δ_{mp}; въ нашемъ примѣрѣ—именно: $n_g - n_p$, какъ легко возможно убѣдиться по сѣткѣ. Здѣсь измѣреніе Δ_{gp} можетъ быть произведено также въ двухъ разныхъ положеніяхъ препарата: путемъ установки нормально къ J, какъ плоскости $n_g n_m$, такъ потомъ и плоскости $n_m n_p$ (или сперва $n_m n_p$, потомъ $n_g n_m$).

Чтобы получить цифровыя величины въ микромикронахъ также для Δ_{gm} и Δ_{mp}, намъ надо перейти къ другому зерну въ томъ же шлифѣ. Отыскиваемъ положеніе осей эллипсоида оптической упругости. Возможно, что и во 2-мъ зернѣ онѣ окажутся расположенными, какъ въ 1-мъ; точно также можетъ случиться, что въ немъ найдемъ случай расположенія наиболѣе благопріятнаго (каждая изъ 3 симметричныхъ плоскостей эллипсоида допускаетъ приведеніе къ $\perp$ относительно оси J). Но возможенъ и такой случай, когда на 2-мъ зернѣ намъ удастся измѣрить только одну изъ величинъ Δ_{gm} или Δ_{mp}. На сѣткѣ № 2 приведенъ въ примѣръ именно такой случай, при чемъ оси эллипсоида для 2-го зерна помѣчены на ней n'_g, n'_m и n'_p. Получивъ величину Δ_{gm} по 2-му зерну, мы должны, наконецъ, найти еще Δ_{mp}. Для этого слѣдуетъ воспользоваться еще 3-мъ зерномъ (или 4-мъ и т. д.), если будутъ получаться случайно снова Δ_{gp} и Δ_{gm}. Однако, возможно также поступить гораздо проще, а именно: по найденнымъ двумъ изъ величинъ Δ_{gp}, Δ_{gm} и Δ_{mn}, послѣ исправленія ихъ на величину угла наклоненія n_g, n_m и n_p къ нормали шлифа, опредѣлить третью ариѳметически на основаніи равенства $_{gp} = \Delta_{gm} + \Delta_{mp}$.

Въ нашемъ примѣрѣ $\Delta_{gp} = 215$ и $\Delta_{gm} = 145$, Δ_{mp} окажется $= 70$ микромикронамъ.

Вообще возможно обходиться при выводѣ относительныхъ опредѣлителей двупреломленія фактически измѣреніемъ только двухъ изъ величинъ Δ_{gp}, или Δ_{gm}, или Δ_{mp}, а 3-ю вычислять по нимъ. Это допустимо особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда пріобрѣтена почему либо увѣренность, что двѣ изъ нихъ получены съ достаточной степенью точности. При отсутствіи же послѣдняго условія измѣреніе компенсаторомъ также и 3-ей величины имѣетъ особую цѣнность, какъ контролирующій актъ, могущій установить, пригодны ли вообще всѣ 3 сдѣланныя измѣренія разностей хода лучей, или не пригодны.

Итакъ, въ разсматриваемомъ примѣрѣ мы получили въ микромикронахъ:

215 для Δ_{gp} измѣреніемъ,
145 „ Δ_{gm} „
70 „ Δ_{mp} по разности.

По такимъ величинамъ вычисляются слѣдующіе опредѣлители двупреломленія:

$$1{,}48 \cdot 3{,}07 \cdot 2{,}07 \cdot$$

Плагіоклазъ опредѣляется, какъ альбитъ.

По поводу индивидуальнаго опредѣленія тѣсной группы плагіоклазовъ посредствомъ относительныхъ опредѣлителей двупреломленія, чему былъ только что приведенъ примѣръ, нельзя не указать на слѣдующее обстоятельство.

Сѣченія плагіоклазовъ въ микроскопическихъ препаратахъ (шлифахъ), не обнаруживающія подъ микроскопомъ слѣдовъ двойниковаго сростанія или спайности, не могутъ служить, какъ извѣстно, объектомъ для индивидуальнаго опредѣленія по угловымъ константамъ между осями n_g, n_m, n_p и двойниковою осью B, или нормалью къ (010) или къ (001). Практика показываетъ, что такіе объекты въ шлифахъ остаются не использованными на универсальномъ столикѣ. Но вѣдь этотъ столикъ, особенно трехосный, даетъ возможность почти моментально разобраться въ положеніи n_g, n_m и n_p, какъ бы сѣченіе шлифа ни пришлось черезъ кристаллъ. Слѣдовательно, съ введеніемъ въ обиходъ универсально-теодолитнаго метода предлагаемыхъ константъ подъ

названіемъ „относительные опредѣлители двупреломленія“, приложимость метода распространяется на тѣ случаи, въ которыхъ до сихъ поръ приходилось отказываться отъ пользованія универсальнымъ столикомъ.

Но и при обычныхъ индивидуальныхъ опредѣленіяхъ плагіоклазовъ по универсальному методу встрѣчаются случаи, когда относительные опредѣлители двупреломленія окончательно разрѣшаютъ вопросъ о № плагіоклаза. Вспомнимъ, что при альбитовомъ двойниковомъ законѣ [двойниковая плоскость (010)] для двухъ группъ плагіоклаза, а именно: съ одной стороны, для альбита и близкихъ къ нему нумеровъ до № 18, и съ другой стороны, для андезина и близкихъ къ нему нумеровъ, вообще отъ № 36 до № 18, оптическіе константы въ видѣ угловыхъ координатъ n_g, n_m, n_p относительно $\perp$ (010) вполнѣ совпадаютъ, такъ что №№ 0 — 18 не могутъ быть отличимы отъ №№ 18—36 посредствомъ этихъ константъ. Для устраненія двусмысленности рѣшенія въ подобномъ случаѣ обыкновенно рекомендуется примѣнять одинъ изъ слѣдующихъ двухъ вспомогательныхъ пріемовъ: опредѣляютъ или 1) уголъ оптическихъ осей ($2V = +77°$ до $84°$ для альбита; $2V = 90°$ до $80°$ для андезина), или 2) величину двупреломленія ($n_g - n_p = 0{,}010$ для альбита $n_g - n_p = 0{,}006$ для андезина), и затѣмъ, по найденной величины 2V или $n_g - n_p$, разрѣшаютъ въ окончательномъ видѣ вопросъ о № плагіоклаза. Что касается величины угла оптическихъ осей, то — по крайней мѣрѣ—собственный мой массовый опытъ различенія №№ 0—18 отъ №№ 18—36 плагіоклазовъ убѣждаетъ меня въ ненадежности пользованія ею. Относительно же другого вспомогательнаго отличительнаго признака—величины двупреломленія—слѣдуетъ имѣть въ виду, что пользованіе имъ возможно только при наличности нѣкоторыхъ особыхъ условій, какъ указано уже въ началѣ настоящей статьи (сонахожденіе съ плагіоклазомъ кварца и т. д.). Поэтому, въ случаѣ двусмысленности рѣшенія между №№ 0—18 и №№ 18—36 наиболѣе примѣнимымъ является выводъ для изслѣдуемаго плагіоклаза относительныхъ опредѣлителей двупреломленія. Въ самомъ дѣлѣ, для альбита они $= 1{,}43 \cdot 3{,}33 \cdot 2{,}33$, тогда какъ для андезина $= 3{,}00 \cdot 1{,}50 \cdot 0{,}50$.

По поводу только что приведенныхъ величинъ $3{,}00 \cdot 1{,}50 \cdot 0{,}50$ умѣстно здѣсь попутно отмѣтить расходимость данныхъ у разныхъ авторовъ о двупреломленіи для нѣкоторыхъ минераловъ. Такъ, $3{,}00 \cdot 1{,}50 \cdot 0{,}50$ вычисляется для андезина по данным у Розенбуша [1]; по даннымъ же у М.-Леви [2]) найдемъ для андезина $2{,}33 \cdot 1{,}75 \cdot 0{,}75$. Между тѣмъ именно столько же ($2{,}33 \cdot 1{,}75 \cdot 0{,}75$) вычисляется, по Розенбушу, для олигоклаза, а не для андезина. Далѣе, большое расхожденіе данныхъ о двупреломленіи оказывается у разныхъ авторовъ для анортита: вычисливъ по Розенбушу, получаемъ относительные опредѣлители двупреломленія $3{,}25 \cdot 1{,}44 \cdot 0{,}44$, а по М.-Леви — $1{,}71 \cdot 2{,}40 \cdot 1{,}40$. Собственно говоря, у М.-Леви въ указанномъ сочиненіи [2]) приведены для анортита не полныя данныя: тамъ имѣется только 0,013 для $n_g - n_p$; но въ другихъ работахъ М.-Леви и Лякруа встрѣчаются полныя данныя [3]), по которымъ и вычислены относительные опредѣлители двупреломленія, оказавшіеся $1{,}71 \cdot 2{,}40 \cdot 1{,}40$. Нѣтъ основанія пренебрегать данными, ведущими къ этимъ опредѣлителямъ, столь рѣзко расходящимся съ опредѣлителями $3{,}25 \cdot 1{,}44 \cdot 0{,}44$, которые выводятся по Розенбушу. Обращаясь къ новѣйшему источнику разныхъ справокъ о минералахъ — къ замѣчательному во всѣхъ отношеніяхъ труду Грота „Химическая кристаллографія“, находимъ тамъ [1]) для двупреломленія анортита данныя, по которымъ относительные опредѣлители вычисляются, какъ $2{,}58 \cdot 1{,}63 \cdot 0{,}63$.

III. Примѣръ.

Третьимъ примѣромъ примѣненія относительныхъ опредѣлителей двупреломленія намъ послужитъ случай, интересный въ томъ отношеніи, что оставшійся продолжительное время въ моей практикѣ неизвѣстнымъ минералъ удалось отнести къ опредѣленной индивидуальности (эденитъ) послѣ того, какъ были найдены для него относительные опредѣлители двупреломленія.

Минералъ этотъ наблюдается (рѣдко) въ видѣ обломковъ въ вулканическомъ туфѣ Богословскаго Урала, среди обломковъ роговой обманки, пироксена и плагіоклаза.

Сперва для него было констатировано:

1) моноклинная сингонія,
2) оптическій характеръ +,
3) уголъ оптическихъ осей $2V = +52°$,
4) показатель преломленія $n = 1{,}68$ до $1{,}63$,

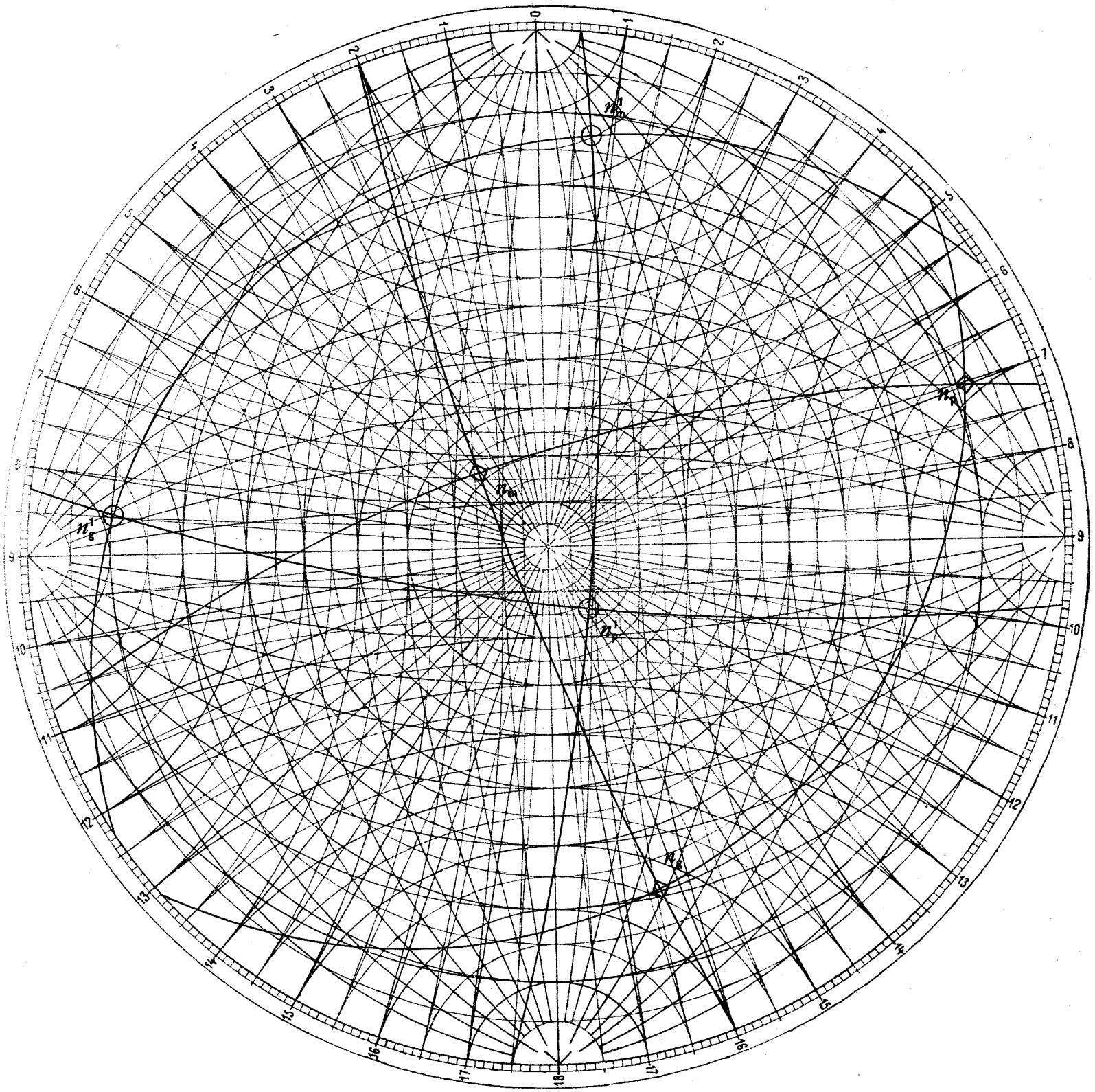
---

[1]) H. Rosenbusch und E. A. Wülfing «Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien» 1905, I, **2**, Tab. III f.

[2]) A. Michel Lévy et Alf. Lacroix «Les minèraux des roches» 1888, стр. 323.

[3]) Ср. C. Hintze «Handbuch der Mineralogie» 1897 II B., стр. 1442.

[1]) P. Groth «Chemische Kristallographie», 1908, II Teil, стр. 282.



№ 2. Къ статьѣ Е. Д. Стратановича „Относительные опредѣлители двупреломленія двуоснаго кристаллическаго вещества".

5) уголъ $n_g \wedge [001] = 15°$,

6) плеохроизма нѣтъ.

Принимая во вниманіе малую величину угла $n_g \wedge [001]$, казалось нормальнымъ отнести минералъ къ семейству амфиболовъ. При этомъ положительный оптическій характеръ его при $2V = 52°$ дѣлалъ возможнымъ признать паргаситъ, если бы не отсутствіе плеохроизма; да и вообще достаточно ясно было, что здѣсь не паргаситъ. Измѣрить абсолютную величину двупреломленія нельзя, потому что другіе минералы въ томъ же шлифѣ (плагіоклазъ и пироксенъ) сами индивидуально не опредѣляются: первый—по причинѣ мутности, 2-й за отсутствіемъ минерала, который могъ бы послужить эталономъ для сравненія. Только послѣ вывода относительныхъ опредѣлителей двупреломленія возможно установить достаточно полно свойства изслѣдуемаго минерала.

Оказалось (при n принятомъ за = 1,65 или при исправительномъ кругѣ 1,0625):

	Плоскость симметріи эллипсоида опт. упр.	Величина угловъ наклоненія: кажущихся	Величина угловъ наклоненія: истинныхъ	Сырыя показанія компенсатора въ микромикронахъ.	Величина угловъ для исправленія показаній компенсатора.	Исправлен. показанія компенс. въ микромикр.
Δ_{gp}	$n_g\ n_m$	— 45° 30′	— 35° 45′	1310	46° 30′	900
	$n_p\ n_m$	+ 47° 45′	+ 38° 15′	1310		900
Δ_{gm}	$n_p\ n_m$	— 69° 30′	— 51° 45′	335	57° 30′	178
	$n_g\ n_p$	— 54° 15′	— 42° 45′	313		170
Δ_{mp}	$n_g\ n_p$	+ 62°	+ 47° 15′	1490	60° 45′	730
	$n_g\ n^m$	+ 77°	+ 54° 15′	1370		670

По исправленнымъ показаніямъ компенсатора составляемъ слѣдующія отношенія:

$$\frac{\Delta_{gp}}{\Delta_{gm}} = \frac{n_g - n_p}{n_g - n_m} = 1{,}23$$

$$\frac{\Delta_{gp}}{\Delta_{mp}} = \frac{n_g - n_p}{n_m - n_p} = 5{,}32$$

$$\frac{\Delta_{gm}}{\Delta_{mp}} = \frac{n_g - n_m}{n_m - n_p} = 4{,}32.$$

Относительные опредѣлители двупреломленія = = 1,23 . 5,32 . 4,32 . По нимъ минералъ, въ связи съ вышеприведенными признаками, несомнѣнно одинъ изъ амфиболовъ и долженъ быть отнесенъ къ разряду такъ называемыхъ обыкновенныхъ роговыхъ обманокъ (gemeine Hornblende), а именно къ той разновидности, которая извѣстна подъ названіемъ эденитъ.

Эденитъ не содержится въ прилагаемой таблицѣ относительныхъ опредѣлителей двупреломленія. Онъ пропущенъ по той причинѣ, что тамъ вообще приводятся лишь тѣ минералы, которые входятъ въ таблицы Розенбуша [1]), М. Леви [2]) и Федорова [3]). Въ таблицахъ, данныхъ этими авторами, эденитъ не приведенъ. Но у Розенбуша въ текстѣ [4]) указано, что эдениты представляютъ собою одну изъ разновидностей обыкновенныхъ роговыхъ обманокъ.

Въ видѣ примѣчанія считаю нужнымъ, однако, указать на возможность недоразумѣнія по поводу оптической характеристики минерала, опредѣленнаго на предыдущихъ строчкахъ, какъ эденитъ. Общепринято приписывать обыкновеннымъ роговымъ обманкомъ отрицательный характеръ (ср. M.-Lévy, „Les minéraux des roches“, Федоровъ, „Основанія петрографіи“, Weinschenk, „Die gesteinsbildenden Mineralien“); въ нашемъ же случаѣ опредѣлился знакъ минерала положительный. Тѣмъ не менѣе отношу минералъ къ обыкновеннымъ роговымъ обманкамъ на томъ основаніи, что у Розенбуша (также и у Hintze [5]) нѣтъ для эденита указанія, что его знакъ —, но за то въ таблицахъ Розенбуша отмѣчено $\mp$ для оптическаго характера именно „gemeine Hornblende“ (Mikroskopische Physiographie etc., I, 2, 1905, Tab. III d).

[1]) Rosenbusch, l. c., Tab. III a—f.

[2]) Michel Lévy, l. c., стр. 322—327.

[3]) Федоровъ» Основанія петрографіи», 1897, стр. 226—229.

[4]) Rosenbusch, l, c., I B., 2, стр. 234.

[5]) C. Hintze, l. c., стр. 1195.

Покончивъ съ частными примѣрами вывода относительныхъ опредѣлителей двупреломленія и индивидуальнаго опредѣленія по нимъ минераловъ, обратимся къ разсмотрѣнію прилагаемой таблицы.

Названія минераловъ приведены въ ней (въ графѣ 1-ой) съ соблюденіемъ того же самаго порядка, который принятъ въ таблицахъ, приложенныхъ къ сочиненію Розенбуша „Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine“, 1905, B. I, zweite Hälfte, Tab. IIIa, IIIb, IIIc, IIId, IIIe, IIIf.

Въ графѣ 2-ой сведены вычисленія относительныхъ опредѣлителей двупреломленія, сдѣланныя по даннымъ для $\gamma - \alpha$ (т. е. $n_g - n_p$), для $\gamma - \beta$ (т. е. $n_g - n_m$) и для $\beta - \alpha$ (т. е. $n_m - n_p$) въ только что отмѣченныхъ таблицахъ.

Въ 3-ей графѣ представлены также относительные опредѣлители двупреломленія, вычисленные совершенно тѣмъ же способомъ, какъ и для 2-ой графы, но только по даннымъ М.-Леви, приводимымъ въ указанныхъ выше работахъ.

Въ 4-ой графѣ—также относительные опредѣлители двупреломленія, вычисленныя одинаковымъ же способомъ, какъ для графъ 3-ей и 2-ой, но по даннымъ, имѣющимся у C. Hintze „Handbuch der Mineralogie“ и у P. Groth „Chemische Krystallographie“. При этомъ въ 4-ой графѣ поставлены опредѣлители только въ томъ случаѣ, если они отличаются отъ опредѣлителей, вычисленныхъ по Розенбушу или М.-Леви.

Въ послѣдней—5-ой графѣ—отмѣчено, откуда именно почерпнуты данныя, послужившія для вычисленія относительныхъ опредѣлителей двупреломленія въ четвертой графѣ. Буквы G. и H. означаютъ выше указанныя сочиненія Грота и Хинце, римская цифра — томъ сочиненія, а послѣдняя цифра—страницу.

Прослѣживая цифры таблицы, мы видимъ, что число повтореній всѣхъ трехъ величинъ въ этихъ опредѣлителяхъ для различныхъ минераловъ ограничивается только двумя, тремя случаями. Но и въ случаяхъ одинаковыхъ опредѣлителей для разныхъ минеральныхъ индивидовъ почти всегда можно воспользоваться какимъ-нибудь особенно характернымъ для минерала признакомъ, чтобы вполнѣ отличить разные индивиды. Такъ, напр., опредѣленныя для фаялита величины 5,00 . 1,25 . 0,25 мы находимъ въ таблицахъ также для лазулита и для біотита; однако, по характерной спайности или по сравнительно болѣе слабому, чѣмъ у фаялита преломленію сразу же глазъ отличаетъ біотитъ отъ фаялита, а лазулитъ проявилъ бы намъ свое отличіе отъ тѣхъ минераловъ голубымъ оттѣнкомъ въ плео-хроичныхъ цвѣтахъ.

Случаи совпаденія относительныхъ опредѣлителей двупреломленія у разныхъ минераловъ настолько единичны, что не являются помѣхой для пользованія предлагаемой таблицей. Дѣйствительное затрудненіе опредѣлить по ней минералъ вызывается только въ тѣхъ (немногихъ, правда), случаяхъ, когда для одного и того же индивида приводятся разными авторами несовпадающія данныя для разностей хода лучей. Напр., для роговой обманки—

по М.-Леви [1]) $n_g - n_p = 0{,}023$; $n_g - n_m = 0{,}011$; $n_m - n_p = 0{,}012$,

по Розенбушу [2]) $n_g - n_p = 0{,}016$; $n_g - n_m = 0{,}013$; $n_m - n_p = 0{,}003$.

И т. п. Но отсутствіе для нѣкоторыхъ минераловъ прочно установленныхъ оптическихъ константъ въ связи съ дѣйствительно вѣрнымъ химическимъ составомъ есть вообще недостатокъ современнаго состоянія кристаллооптики, и, несомнѣнно, это только временный недостатокъ. При дальнѣйшемъ улучшеніи свѣденій о величинѣ $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$ будутъ исправляться также и относительные опредѣлители двупреломленія оптически-двуоснаго кристаллическаго вещества.

Чтобы дать возможность быстрѣе оріентироваться въ современныхъ противорѣчивыхъ свѣденіяхъ о $n_g - n_p$, $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$ у разныхъ авторовъ, въ предлагаемой таблицѣ относительные опредѣлители свѣдены въ три отдѣльныя параллельныя графы.

---

[1]) Michel Lévy, l. c., стр. 145 (Hornblende commune) и 322.

[2]) H. Rosenbusch, l. c., Tab. IIId (Gem. Hornblende).

ТАБЛИЦА

относительныхъ опредѣлителей двупреломленія оптически-двуосныхъ минераловъ.

Составилъ **Е. Д. Стратановичъ**.

Брукитъ	1,01 · 52,66 · 51,66			
Діаспоръ	1,71 · 2,40 · 1,40	1,71 · 2,40 · 1,40		
Гидраргиллитъ.	—	—	1 · ∞ · ∞	G. I, 122
Арагонитъ.	39,00 · 1,03 · 0,03	38,75 · 1,03 · 1,03		
Ангидритъ.	1,16 · 7,33 · 6,83			
Гипсъ	1,29 · 4,50 · 3,50	1,29 · 4,50 · 3,50	1,43 · 3,33 · 2,33	G. II, 407
Монацитъ	1,02 · 45,00 · 44,00			
Лазулитъ	5,14 · 1,24 · 0,24	5,14 · 1,24 · 0,24		
Андалузитъ, хіастолитъ	2,20 · 1,83 · 0,83	2,20 · 1,83 · 0,83		
Силлиманитъ, фибролитъ	1,05 · 22,00 · 21,00	1,11 · 10,50 · 9,50		
Дистенъ, кіанитъ . . .	1,71 · 2,40 · 1,40	2,00 · 2,00 · 1,00		
Топазъ	1,50 · 3,00 · 2,00	1,25 · 5,00 · 4,00	1,44 · 3,25 · 2,25	G. II, 262
Дюмортіоритъ	3,66 · 1,37 · 0,37			
Грандидіеритъ	12,33 · 1,09 · 0,09			
Сапфиринъ	2,50 · 1,66 · 0,66			
Ставролитъ	2,00 · 2,00 · 1,00	2,00 · 2,00 · 1,00		
Датолитъ	2,75 · 1,57 · 0,57	2,75 · 1,57 · 0,57		
Аксинитъ	3,33 · 1,43 · 0,43	2,25 · 1,80 · 0,80	2,33 · 1,43 · 0,43	G. II, 743
Призматинъ	13,00 · 1,08 · 0,08			
Оливинъ.	1,84 · 2,19 · 1,19	2,89 · 2,12 · 1,12		
Фаялитъ	5,00 · 1,25 · 0,25			
Форстеритъ	—			
Монтичеллитъ	2,33 · 1,54 · 0,54			
Гумитъ	—	1,60 · 2,67 · 1,67		
Хондродитъ	1,60 · 2,66 · 1,66			
Клиногумитъ.	—			
Титановый оливинъ . .	1,33 · 3,66 · 2,66			
Кордіеритъ	2,25 · 1,80 · 0,80	2,33 · 1,75 · 0,75		
Лавзонитъ	1,27 · 4,75 · 3,75			
Пренитъ	1,43 · 3,30 · 2,30	1,42 · 3,30 · 2,30		

Эпидоты.	Пистацитъ	6,40 · 1,18 · 0,18			
	Клиноцоизитъ	1,33 · 4,00 · 3,00			
	Пьемонтитъ	6,40 · 1,18 · 0,18			
	Ортитъ, алланитъ				
	Цоизитъ	1,12 · 9,00 · 8,00	1,00 · ∞ · ∞		
	Мозандритъ	1,33 · 4,00 · 3,00			
	Джонструпитъ	1,33 · 4,00 · 3,00			
	Велеритъ	2,60 · 1,62 · 0,62	2,60 · 1,62 · 0,62		
	Титанитъ	1,07 · 15,57 · 14,57		1,07 · 15,17 · 14,17 1,06 · 17,62 · 16,62	G. II, 257
	Волластонитъ	7,50 · 1,15 · 0,15	7,00 · 1,17 · 0,17	7,50 · 1,15 · 0,15 7,00 · 1,17 · 0,17	G. II, 238
Пироксены.	Энстатитъ	1,50 · 3,00 · 2,00	1,80 · 2,25 · 1,25	1,50 · 3,00 · 2,00 1,80 · 2,25 · 1,25	G. II, 235
	Бронзитъ	1,80 · 2.25 · 1.25	—		
	Гиперстенъ	4,33 · 1,30 · 0,30	4,33 · 1,30 · 0,30		
	Діопсидъ	1,32 · 4,14 · 3,14	1,32 · 4,14 · 3,14		
	Діаллагъ	1,32 · 4,14 · 3,14	1,69 · 12,00 · 11,00		
	Магн. діопсидъ	1,32 · 4,14 · 3,14			
	Геденбергитъ	1,36 · 3,80 · 2,80	1,32 · 4,14 · 3,14		
	Авгитъ	1,32 · 4,17 · 3,17	1,38 · 3,67 · 2,67		
	Эгиринъ-авгитъ	1,32 · 4,14 · 3,14			
	Эгиринъ	3,57 · 1,39 · 0,39			
	Акмитъ	3,57 · 1,39 · 0,39			
	Жадеитъ	—			
	Сподуменъ, трифанъ	1,60 · 2,67 · 1,67	1,60 · 2,67 · 1,67		
Амфиболы.	Антофиллитъ	1,60 · 2,67 · 1,67	1,60 . 2,67 · 1,67	1,10 · 11,00 · 10,00	G. II, 236
	Жедритъ	2,62 · 1,62 · 0,62			
	Тремолитъ	2,17 · 1,86 · 0,86	2,08 · 1,93 · 0,93		
	Актинолитъ	2,70 · 1,59 · 0,59	2,78 · 1,56 · 0,58		
	Грюнеритъ	—	—		
	Обыкн. рогов. обманка	1,23 · 5,33 · 4,33	2,09 · 1,92 · 0,92		
	Базальтингъ. рогов. обманка	2,67 · 1,60 · 0,60	2,67 · 1,60 · 0,60		
	Паргаситъ	1,43 · 3,33 · 2,33	1,51 · 2,71 · 1,71		

Амфиболы.	Главкофанъ	18,00 · 1,06 · 0,06			
	Арфведзонитъ	—	21,00 · 1,05 · 0,05		
	Рихтеритъ	—	2,18 · 1,85 · 0,85		
Слюды.	Мусковитъ	12,66 · 1,09 · 0,09	14,00 · 1,08 · 0,08		
	Парагонитъ	оч. близк. къ мусков.			
	Лепидолитъ	—			
	Біотитъ, лепидомеланъ.	5,00 · 1,25 · 0,25			
	Циннвальдитъ, литіонитъ	5,00 · 1,25 · 0,25			
	Флогопитъ	8 · 1,00 · 0,00	—	00 · 1,00 · 0,00	G. II, 545
	Аномитъ	5,00 · 1,25 · 0,25			
	Каолинъ	—			
	Астрофиллитъ	1,89 · 2,20 · 120	1,50 · 2,20 · 1,20		
	Лампрофиллитъ	1,89 · 2,20 · 1,20			
	Клинохлоръ	1,10 · 11,00 · 10,00	1,87 · 3,67 · 2,67		
	Пеннинъ	—			
	Делесситъ	1,10 · 11,00 · 10,00			
	Хризотилъ	—			
	Антигоритъ	11,00 · 1,10 . 0,10	11,00 · 1,10 · 0,10		
	Баститъ	—			
	Талькъ	∞ · 1,00 · 0			
	Хлоритоидъ, оттрелитъ, сисмондинъ	—			
	Главконитъ	—			
	Халцедонъ	1,37 · 3,66 · 2,66			
	Псевдо-халцедонъ	—			
	Луссатитъ и кварцинъ.	—	—	1,37 · 3,66 · 2,66	G. I, 88
Полевые шпаты.	Тридимитъ	—	—	1,13 · 8,40 · 7,40	G. I, 89
	Ортоклазъ	3,00 · 1,50 · 0,50	2,33 · 1,75 · 0,75	3,05 · 1,48 · 0,48	G. II,274
	Санидинъ	—			
	Цельзіанъ	2,00 · 2,00 · 1,00			
	Гіалофанъ	2,50 · 1,66 · 0,66			
	Микроклинъ	2,33 · 1,75 · 0,75	2,00 · 2,00 · 1,00		
	Анортоклазъ	6,00 · 1,20 · 0,20	7,00 · 1,17 · 0,17		

Полевые шпаты.	Альбитъ	1,43 · 3,33 · 2,33	1,33 · 4,00 · 3,00	1,43 · 3,33 · 2,33	G. II, 273
	Олигоклазъ-альбитъ	1,80 · 2,25 · 1,25			
	Олигоклазъ	2,33 · 1,75 · 0,75	2,00 · 2,00 · 1,00		
	Андезинъ	3,00 · 1,50 · 0,50	2,33 · 1,75 · 0,75		
	Лабрадоръ	1,60 · 2,67 · 1,67	1,60 · 2,67 · 1,67		
	Битовнитъ	1,60 · 2,67 · 1,67			
	Анортитъ	3,25 · 1,44 · 0,44	1,71 · 2,40 · 1,40	2,58 · 1,63 · 0,63	G. II, 282
	Баритъ-плагіоклазъ				
Цеолиты.	Натролитъ	1,33 · 4,00 · 3,00	1,33 · 4,00 · 3,00		
	Томсонитъ	1,23 · 4,58 · 3,58	1,23 · 4,58 · 3,58		
	Гейландитъ (стильбитъ), листоватый цеолитъ	1,17 · 7,00 · 6,00	1,17 · 7,00 · 6,00	1,07 · 14,40 · 13,40	G. II, 286
	Стильбитъ, десминъ, лучистый цеолитъ	3,00 · 1,50 · 0,50	3,00 · 1,50 · 0,50		
	Эпистильбитъ	1,25 · 5,00 · 4,00	5,00 · 1,25 · 0,25		
	Сколецитъ				
	Филлипситъ				
	Гармотомъ	2,50 · 1,67 · 0,67	2,50 · 1,67 · 0,67		
	Ломонтитъ	12,00 · 1,09 · 0,09	12,00 · 1,09 · 0,09		

Поясненіе къ діаграммѣ.

Цифры, приведенныя въ таблицѣ относительныхъ опредѣлителей двупреломленія, сопоставлены на прилагаемой діаграммѣ ради наглядности и удобства пользованія ими.

На этой діаграммѣ исходными линіями служатъ 3 прямыя линіи съ дѣленіями: одна справа, другая—параллельная ей—слѣва—и третья—посединѣ между ними. Величины отношеній $\frac{n_g - n_p}{n_g - n_m}$ отложены по правой прямой, на концахъ которой стоятъ отмѣтки $n_g - n_p$ и $n_g - n_m$. Лѣвая, параллельная ей прямая съ отмѣтками $n_g - n_p$ и $n_m - n_p$ на концахъ, служитъ для выраженія величины отношеній $\frac{n_g - n_p}{n_m - n_p}$. Дѣленія третьей, т. е. средней линіи, выражаютъ намъ отношеніе $\frac{n_g - n_m}{- n_{\leq}}$.

Что касается распредѣленія точекъ на указываемыхъ линіяхъ, то оно получено слѣдующимъ образомъ: отношенія, которыми выражаются въ таблицѣ относительные опредѣлители двупреломленія, замѣнены для діаграммы обратными отношеніями. Такъ, напр., для кордіерита въ таблицѣ находимъ опредѣлители 2,25 · 1,80 · 0,80, а на діаграммѣ откладываемъ:

на правой линіи, вмѣсто 2,25 обратное число 12,25.
„ лѣвой „ „ 1,80 „ „ 11,80.
„ средней „ „ 1,80 „ „ 10,80.

При найденныхъ по такому способу точкахъ дѣленія этихъ линій надписаны все-таки не обратныя а прямыя числа, при чемъ во избѣжаніе загроможденія чертежа цифрами проставлены изъ нихъ только нѣкоторыя, б. или м. округленныя.

На взятомъ примѣрѣ кордіерита прослѣдимъ, дальше ходъ графическаго построенія діаграммы.

Проводимъ прямую отъ найденной точки 2,25 къ той точкѣ, при которой написано $n_m - n_p$, и отъ точки 1,80 къ той, при которой стоитъ $n_g - n_m$. Взаимное пересѣченіе такъ прочерченныхъ прямыхъ линій опредѣляетъ на діаграммѣ точку, соотвѣтствующую данному минералу кордіериту. При основаніи перпендикуляра, опущеннаго изъ найденной точки на третью прямую, находимъ величину для послѣдняго изъ трехъ опредѣлителей двупреломленія 0,—80 въ нашемъ случаѣ.

Построенныя по только что изложеннымъ пріемамъ точки на предлагаемой діаграммѣ распредѣляются, какъ—по крайней мѣрѣ—непосредственно это видно, въ нѣкоторомъ стройномъ порядкѣ — по дугѣ [1]), при чемъ получается возможность по ней предугадать оптическія свойства еще не открытыхъ двуосныхъ минераловъ: весьма вѣроятно, что для такихъ минераловъ относительные опредѣлители двупреломленія ихъ будутъ давать при построеніи на діаграммѣ точки, распредѣленныя между извѣстными уже точками на той же дугѣ нашей діаграммы. Слѣдовательно, и обратно: взявъ какую-нибудь точку между уже извѣстными на этой дугѣ, мы можемъ ожидать, что она соотвѣтствуетъ неизвѣстному еще минералу, и по найденнымъ опредѣлителямъ можемъ вычислить величину угла оптическихъ осей на основаніи извѣстныхъ формулъ, которыя были приведены въ началѣ настоящей статьи.

[1]) Параболы, какъ доказывается въ статьѣ *Е. С. Федорова* «Существенное усовершенствованіе схемъ трехугольной и тетраэдрической».