33. Опредѣленіе величины двупреломленія.

В. В. Никитина.

1. Опредѣленіе величины двупрепломленія по отсчетамъ при прямо и обратно параллельномъ положеніи компенсатора и изслѣдуемаго зерна. 2. Степень чувствительности вращающагося компенсатора, компенсатора Siedentopf и кварцеваго и слюдянаго компенсаторовъ Федорова.

(Доложено 29 сентября 1908 г.).

Поводомъ для настоящей работы было порученіе моего уважаемаго учителя Е. С. Федорова, испытать точность предложеннаго имъ новаго метода опредѣленія величины двупреломленія. При этомъ методѣ разность хода интерферирующихъ лучей опредѣляется не приведеніемъ къ *О*, т. е. къ уничтоженію интерференціонной окраски, но доведеніемъ до опредѣленнаго цвѣта, согласно предположенію Е. С. Федорова до такъ называемаго чувствительнаго фіонетоваго 1-го порядка.

Если возьмемъ отсчетъ на компенсаторѣ разъ при параллельности соотвѣтственныхъ главныхъ направленій изслѣдуемаго зерна и компенсатора и другой разъ, повернувъ препаратъ на 90°, т. е. приведя въ параллельное положеніе направленіе наибольшаго коеффиціента преломленія компаратора и—наименьшаго—изслѣдуемаго сѣченія и наоборотъ, то разность отсчетовъ будетъ отвѣчать, очевидно, двойной величинѣ разности хода лучей, развиваемой изслѣдуемымъ сѣченіемъ. Такимъ образомъ этотъ методъ представляетъ двойное преимущество: съ одной стороны точность увеличивается благодаря тому, что мы получаемъ двойную величину, съ другой уже самое названіе „чувствительный“ говоритъ за чувствительность улавливанія момента появленія фіолетоваго цвѣта и связанную съ этимъ точность отсчетовъ.

Все возрастающее вмѣстѣ съ увеличеніемъ точности и легкости опредѣленія, значеніе величины двупреломленія какъ видового признака минерала, побудило меня попутно съ предложенной Е. С. Федоровымъ задачей дать возможно полный отчетъ о предѣлахъ точности работы компенсаторовъ, которыми мы обычно пользуемся въ минералогическомъ кабинетѣ, а также и предоставленнаго въ мое распоряженіе геологомъ А. П. Герасимовымъ очень удобнаго въ работѣ компаратора Siedentopf.

Наиболѣе часто примѣняемый въ нашемъ кабинетѣ компенсаторъ—это кварцевый клинъ, на стеклянномъ основаніи котораго, по мысли Е. С. Федорова, нанесены дѣленія черезъ одинъ миллиметръ [1]). Длина его около 48 миллиметровъ. Предѣлы отвѣчающей различнымъ точкамъ разности хода лучей отъ 100, иногда нѣсколько ниже, до 2100 милліон. миллим. (микро-микроновъ).

Слюдяной компенсаторъ Е. С. Федорова [2]) состоитъ изъ 16 ступеней. Разность хода для первой изъ нихъ около 150 микро-микроновъ для послѣдней около 2050.

Вращающійся кварцевый компенсаторъ [3]) даетъ разность хода отъ *О* до 565 м. м. на 100° поворота.

Въ компенсаторѣ Siedentopf [4]) я изслѣдовалъ два клина [5]). Первый даетъ разность хода отъ 0 до 100 м.м. при 10 дѣленіяхъ и длинѣ 12 милл.. второй даетъ разность хода отъ 1000 до 4500 м. м. при 35 дѣленіяхъ и 16 миллиметр. длинѣ. Увеличеніе окуляра компаратора Siedentopf близко къ таковому же второй чечевицы окуляра R. Fuess № 3, которымъ мы чаще всего пользуемся при работѣ съ кварцевымъ клиномъ Федорова. Дѣленія компенсатора Siedentopf указываютъ прямо въ микронахъ

---

1) Приборъ выполненъ фирмой R. Fuess въ Steglitz. Е. С. Федоровъ предполагалъ вмѣсто миллиметровъ нанести дѣленія въ микронахъ соотвѣтственно разности хода, развиваемой каждой данной точкой компенсатора, но фирма не взялась осуществить мысли автора прибора на дѣлѣ.

2) E. v. Fedorow. Universalmethode und Feldspathstudien. Zeitschrift f. Krystallogr. B. XXVI S. 251 и раньше B. XXV s. 349.

3) Нѣк. нов. приб. и пріемы унив. мет. изсл. Зап. Горн. Инст. Т. I, стр. 44.

4) Centralblatt f. Min. u s. w. 1906. № 23. S. 745.

5) Третьяго клина, отвѣчающаго цвѣтамъ отъ 8-го до 39-го порядка, въ моемъ распоряженіи не было.

разность хода отвѣчающихъ имъ точекъ компенсатора. Въ виду этого я началъ съ провѣрки его и затѣмъ сравненія съ другими компенсаторами.

Для провѣрки имѣвшагося въ моемъ распоряженіи компенсатора Siedentopf я воспользовался свѣтомъ, пропущеннымъ черезъ слой краснаго желатина, для котораго спектроскопъ (мал. спектроск. Цейсса) давалъ длину волны отъ 610 до 690 м.м. Въ таблицѣ I указаны дѣленія (въ микронахъ), которымъ отвѣчаютъ темныя полосы, получившіяся при проведеніи компенсатора черезъ поле микроскопа. Цифры второго столбца указываютъ, какое число дѣленій (десятыхъ микрона) захватывала темная полоса въ ширину.

Таб. I.

0	0,5	2,5	1
0,65	„	3,2	1,5
1,3	„	3,8	„
1,0	„	4,5	2,0

Цифры таблицы показываютъ, что въ предѣлахъ чувствительности наблюденія дѣленія компенсатора отвѣчаютъ дѣйствительной разности хода въ различныхъ точкахъ компенсатора.

Вращающійся компенсаторъ.

Разность хода (p) отвѣчающая различнымъ наклонамъ вращающагося кварцеваго компенсатора опредѣляется кривой, вычерченной по формулѣ

$$p = \frac{\sin^2(\varphi^\circ - I^\circ)\,(Ng - Np)}{\cos I^\circ} = \frac{\sin^2(25^\circ - I^\circ)}{\cos I^\circ}\,0{,}009.$$

гдѣ I° уголъ, образуемый направленіемъ луча въ кварцѣ съ перпендикуляромъ къ плоскости шлифа. Достаточно знать разность хода, отвѣчающую какой нибудь точкѣ этой кривой, чтобы градуировать компенсаторъ.

Представляло большой интересъ сравненіе вычерченной по выше написанной формулѣ кривой съ данными компенсаторовъ, приращеніе разности хода которыхъ связано только съ приращеніемъ пути, проходимаго лучемъ въ компенсаторѣ и, внѣ всякаго сомнѣнія, пропорціонально послѣдней, а при правильности клиновидной формы компенсатора, — также и передвиженію компенсатора. При сравненіи вращающійся компенсаторъ вводился въ прорѣзъ надъ объективомъ, а компенсаторъ Siedentopf замѣнялъ окуляръ, и разность хода, отвѣчающая различнымъ наклонамъ вращающагося компенсатора, опредѣлялась какъ доведеніемъ до 0, такъ и приведеніемъ къ чувствительному фіолетовому, причемъ ось компенсатора Siedentopf устанавливалась подъ угломъ 45° къ главнымъ сѣченіямъ поляризатора, и для полученія прямой параллельности компенсаторовъ Siedentopf поворачивался на 90°. Кварцевый клинъ Федорова помѣщался для достиженія той же цѣли при одномъ наблюденіи на столикѣ микроскопа, вмѣстѣ съ которымъ могъ свободно вращаться; при другомъ наблюденіи, наоборотъ, вращающійся компенсаторъ укрѣплялся неподвижно на универсальномъ столикѣ и вращался вмѣстѣ съ послѣднимъ, наклоненія же достигались наклоненіемъ около оси *I*; а кварцевый клинъ вводился въ прорѣзъ окуляра.

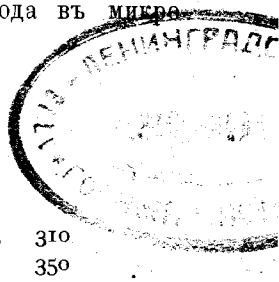
Въ таблицѣ II приведены числа (въ микромикронахъ), полученныя компенсаторомъ Siedentopf при различн. наклонахъ вращающагося компенсатора какъ приведеніемъ къ 0 (второй столбецъ), такъ и по разности отсчетовъ при приведеніи къ фіолетовому (столб. 5) при обратномъ (столб. 3) и прямо параллельномъ (столб. 4) положеніяхъ главныхъ направленій компенсаторовъ.

Таб. II.

60°	25			
55°	25	600	550	25
50°	25	600	575	12
45°	25	575	575	0
40°	0	575	575	0
35°	0	575	575	0
30°	25	575	575	0
25°	25	600	575	12
20°	25	600	550	25
15°	50	625	550	37
10°	50	650	525	62
5°	75	675	500	87

0°	100	700	475	117
5°	150	725	450	137
10°	175	750	425	162
15°	210	775	375	200
20°	250	825	350	238
25°	300	850	300	270
30°	325	900	275	312
35°	375	950	225	362
40°	400	1000	200	400
45°	450	1025	150	437
50°	500	1075	100	487
55°	525	1100	50	520
60°	575	1150	0	570

Таблица III даетъ разности хода, полученныя при помощи кварцеваго клина Федорова приведеніемъ къ о. Столбцы съ второго по четвертый относятся къ четыремъ различнымъ наблюденіямъ, при чемъ показываетъ только число дѣленій компенсатора. Пятый столбецъ содержитъ среднее ариѳметическое изъ всѣхъ четырехъ наблюденій, шестой — отвѣчающую ему разность хода въ микро-микронахъ.



Таб. III.

5°	0	0	0	0	0	85
0°	0,75	0,75	0,75	0,5	0,7	115
5°	1,25	1,25	1,25	1,5	1,3	130
10°	2,25	2	2,25	2,5	2,25	170
15°	3	3	3	3	3	200
20°	4	4	4	4	4	240
25°	4,75	5	5	5	4,9	270
30°	5,75	5,75	5,75	6	5,75	310
35°	6,75	7	6,75	7	6,9	350
40°	7,75	8	8	8	7,9	385
45°	9	9,25	9	9	9,1	440
50°	10,25	10	10,25	10,25	10,2	475
55°	11,75	11,5	11,5	11,5	11,6	530
60°	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	575

На таблицѣ IV приведены результаты двухъ наблюденій при приведеніи къ фіолетовому. Цифры отдѣльныхъ наблюденій относятся къ дѣленіямъ компенсатора. Для средняго ариѳметическаго первый столбецъ какъ при обратно параллельномъ, такъ и прямо параллельномъ положеніи содержитъ также единицы компенсатора, второй микро-микроны. Послѣдній столбецъ содержитъ разность хода въ тѣхъ же единицахъ.

Таб. IV.

	1 наблюденіе.		2 наблюденіе.		Среднее ариѳметическое.				Полу-разность.
	Обрат.	Прям.	Обрат.	Прям.	Обратное.		Прямое.		
60°	12,5	11,5	12,5	11,5	12,5	570	11,5	525	23
55°	12,25	11,5	12	11,5	12,2	560	11,5	530	20
50°	12	11,75	12	11,75	12	545	11,8	545	0
45°	12	11,75	11,75	11,75	11,85	545	11,8	545	0
40°	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	540	11,75	540	0
35°	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	540	11,75	540	0
30°	11,5	11,5	11,75	11,75	11,8	545	11,6	535	5
25°	12	11,25	12	11,25	12	555	11,3	520	18
20°	12,25	11	12,5	11	12,35	560	11	505	28
15°	12,5	10,75	12,75	10,75	12,67	575	10,75	495	40
10°	13	10	13	10	13,05	595	9,95	470	68
5°	13,75	9,5	13,75	9,5	13,75	615	9,5	450	87
0°	14,25	8,75	14,5	8,75	14,37	630	8,75	420	105
5°	15	8	15,25	8	15,12	670	7,95	395	138
10°	16	7,5	16	7,25	16	705	7,37	365	170
15°	17	6,5	17	6,5	17	740	6,5	340	200
20°	18	5,5	18	5,5	17,95	775	5,5	295	240
25°	19	4,5	19	4,5	19	820	4,5	255	283
30°	20	3,5	20	3,5	20,05	865	3,5	220	320
35°	21	2,5	21	2,5	21,05	900	2,5	190	355
40°	22,25	1,5	22	1,5	22,1	940	1,45	140	400
45°	23,25	0	23,5	0	23,37	970			

Таблица V составлена по цифрамъ, полученнымъ какъ приведеніемъ къ *O*, такъ и къ чувствительному фіолетовому при помѣщеніи вращающагося компенсатора на универсальномъ столикѣ и кварцеваго клина Федорова въ прорѣзѣ окуляра.

Таб. V.

Вращ. компенсаторъ.	Приведеніе къ 0. дѣл.	м.м.	Приведеніе къ фіолетов. Обратное. дѣл.	м.м.	Прямое. дѣл.	м.м.	Полуразность. м.м.
40°	—	—	12	550	12	550	0
35°	—	—	12	550	12	550	0
30°	—	—	12	550	12	550	0
25°	—	—	12,5	570	11,75	535	18
20°	—	—	12,75	580	11,5	530	25
15°	—	—	13,25	600	11	505	48
10°	—	—	13,75	620	10,5	490	65
5°	—	—	14,25	630	10	470	80
0°	1	120	15	665	9,25	445	110

Вращ. компенсаторъ.	Приведеніе къ 0. дѣл.	м.м.	Приведеніе къ фіолетов. Обратное. дѣл.	м.м.	Прямое. дѣл.	м.м.	Полуразность. м.м.
$\overline{5}$°	2	160	15,75	690	8,5	410	140
$\overline{10}$°	2,5	185	6,75	730	7,75	380	175
$\overline{15}$°	3,4	215	17,5	760	6,75	350	205
$\overline{20}$°	4,4	255	18,75	810	5,75	305	258
$\overline{25}$°	5,4	290	20	855	5	275	290
$\overline{30}$°	6,3	315	21	900	4	240	330
$\overline{35}$°	7,2	360	21,75	930	2,75	195	368
$\overline{40}$°	8,5	410	23,25	985	1,75	160	413
$\overline{45}$°	9,5	455	24,25	1025	0,75	115	455

Если нанесемъ всѣ полученные результаты графически, принявъ p[1]), $= 0{,}642$ при $I° = 40°$, отвѣчающимъ 420[2]) м.м., то увидимъ, что полученныя кривыя приближаются къ теоретической кривой, вычерченной по формулѣ стран. 374. На фиг. 1 большіе кружки, соединенные сплошной линіей, отмѣчаютъ теоретическую кривую, кружки меньшей величины съ тонкой сплошной линіей—кривую, полученную компенсаторомъ Siedentopf приведеніемъ къ фіолетовому, маленькіе кружки съ пунктирной линіей, состоящей изъ черточекъ болѣе или менѣе одинаковой длины,—кривую полученную кварцевымъ клиномъ приведеніемъ къ фіолетовому при второмъ наблюденіи (по даннымъ таб. V). Сплошные черные кружки съ пунктирной линіей, состоящей изъ черточекъ и точекъ, отмѣчаютъ кривую, полученную кварцевымъ клиномъ при приведеніи къ фіолетовому при первомъ наблюденіи (таб. IV). Кресты отвѣчаютъ точкамъ кривыхъ, полученныхъ разными компенсаторами при приведеніи къ *0*. При этомъ большіе кресты соотвѣтствуютъ компенсатору Siedentopf, малые — компенсатору Федорова, изъ нихъ прямой крестъ отвѣчаетъ второму наблюденію (таб. V) косой—первому (таб. III).

Присматриваясь къ кривымъ фиг. 1, мы прежде всего можемъ отмѣтить близость къ теоретической кривыхъ, точки которыхъ отмѣчены кружкомъ, т.е. кривыхъ полученныхъ по новому методу Федорову. Близость эта сравнительно съ кривыми, получен-

---

[1]) См. стран. 374.

[2]) Среднее изъ 4 наблюденій по разности хода при привед. къ фіолетовому. При этомъ соотвѣтственныя величины p и отвѣчающая имъ разность хода ep для другихъ угловъ наклона будутъ:

I° въ кварцѣ.	I° въ воздухѣ.	p при Ng—Np=1.	ep микро-микр.	I° въ кварцѣ.	I° въ воздухѣ.	p при Ng—Np=1.	ep микро-микр.
25°	40°55′	0,000	0	$\overline{5}$°	$\overline{7}$°45′	0,251	164,2
20°	32°00′	0,008	5,2	$\overline{10}$°	$\overline{15}$°36′	0,334	218,5
15°	23°39′	0,031	20,3	$\overline{15}$°	$\overline{23}$°39′	0,428	280
10°	15°36′	0,068	44,5	$\overline{20}$°	$\overline{32}$°00′	0,532	348
5°	7°45	0,117	78,8	$\overline{25}$°	$\overline{40}$°55′	0,648	423,8
0°	0°00′	0,179	117,1	$\overline{30}$°	$\overline{50}$°48′	0,775	507
				$\overline{35}$°	$\overline{62}$°45′	0,916	599,3

ными приведеніемъ къ *0*, отмѣченными крестиками, бросается въ глаза только для начальныхъ частей кривыхъ. Начиная съ 20° всѣ кривыя болѣе или менѣе приближаются къ теоретической кривой, и мѣстами приведеніе къ *0*, даетъ даже болѣе близкія точки, чѣмъ болѣе точный методъ. Первоначально я готовъ былъ приписывать это расхожденіе погрѣшностямъ вращающагося компенсатора, именно незамѣченной мной неправильности въ положеніи указателя, отсчитывающаго углы поворота, или чему нибудь подобному. Это казалось тѣмъ бо̀лѣе вѣроятнымъ, что между наблюденіемъ, результаты котораго приведены на таб. II, и опредѣленіемъ разности хода, отвѣчающей $\overline{4}0°$, прошло около двухъ мѣсяцевъ. Но повтореніе наблюденій убѣждаетъ въ противномъ. На таб. VI приведены цифры наблюденія съ компенсаторомъ Siedentopf, отдѣленнаго отъ первыхъ также большимъ промежуткомъ времени.

Таб. VI.

Вращающійся компенсаторъ.	Приведеніе къ 0.	Приведеніе къ фіолетов. Обратн. парал. 1 набл.	Обратн. парал. 2 набл.	Прям. парал. 1 набл.	Прям. парал. 2 набл.	Полуразность. 1 набл.	Полуразность. 2 набл.
60°	25	600	590	560	550	20	20
50°	20	575	580	575	575	0	2,5
40°	10	580	580	580	575	0	2,5
30°	10	580	575	580	575	0	0
20°	30	610	610	550	550	30	30
10°	70	640	640	525	510	57	65
0°	125	700	680	470	475	115	102,5
$\overline{1}0°$	190	750	750	400	410	175	170
$\overline{2}0°$	260	825	820	325	330	250	245
$\overline{3}0°$	340	910	900	250	260	330	320
$\overline{4}0°$	420	1000	1000	160	175	420	412,5
$\overline{5}0°$	500	1080	1080	90	80	495	500
$\overline{6}0°$	575	1150		0		575	

Сравнивая ихъ съ цифрами таб. II, мы увидимъ, что многія цифры сходятся. Такъ напр. сходятся цифры, полученныя приведеніемъ къ *0* для $\overline{5}0°$ и $\overline{5}0°$. Очень близко совпадаютъ другъ съ другомъ почти всѣ цифры, полученныя при приведеніи къ фіолетовому при обратно параллельномъ положеніи.

Сходится еще большое число цифръ начальныхъ наблюденій прямо параллельнаго положенія, но начиная съ $\overline{1}0°$ до $\overline{4}0°$ всѣ цифры новыхъ наблюденій значительно ниже, что и создаетъ разницу въ опредѣленіи значенія наклона $\overline{4}0°$. Для $\overline{5}0°$ цифры уже значительно ближе, а для $\overline{6}0°$ совпадаютъ. Такія расхожденія могутъ быть объяснены только различіемъ впечатлительности глаза къ границѣ фіолетоваго и синяго, которой я пользовался всегда для отсчета на компенсаторѣ.

Если бы мы нанесли на фиг. 1 точки, отвѣчающія послѣдней таблицѣ VI, то увидѣли бы, что большинство ихъ упадетъ на теоретическую кривую.

Итакъ **въ предѣлахъ точности наблюденія кривая, лежащая въ основѣ градуированья вращающагося компенсатора и отвѣчающая приблизительной формулѣ** $\rho = \frac{' \sin^2(\gamma_0 - I)}{\cos I}(Ng - Np)$, **—правильна.**

Задача опредѣленія чувствительности вращающагося компенсатора теперь значительно упрощается. Достаточно для этой цѣли путемъ повторныхъ наблюденій въ различныхъ участкахъ кривой установить предѣлы колебаній въ показаніяхъ компенсатора и взять на кривой соотвѣтствующее имъ различіе въ разности хода лучей въ микро-микронахъ. Начнемъ съ положенія *0* кривой. Прямое приведеніе къ оптической оси, т. е. къ наибольшей темнотѣ, даетъ цифры таблицы VII.

Табл. VII.

	Отдѣльныя наблюденія.										Среднее арифметическое.		Наибольшая ошибка.
Слабый дневной свѣтъ.	43°	46°	46°	45°	46°	49°	48°	46°	48°	46°	46°,4	45°,3	3°,4	8°,3
	42	41	44	38	35	45	36	43	36	46	40, 1		5, 1	
	44	44	46	41	42	44	43	46	45	42	43, 7		2, 7	
	46	48	45	43	48	46	43	41	46	45	45, 1		4, 1	
Полный „ „	42	46	42	44	43	42	45	42	43	43	43, 2	44°,05	2, 8	3°,95
	46	44	46	45	43	46	42	47	48	42	44, 9		3, 1	
Ярко освѣщенное небо.	41	42	45	44	39	41	41	41	46	40	42	42°	4,	4
	46	38	41	46	39	46	39	41	43	41	42		4,	
Прямой солнечн. свѣтъ.	40	37	40	40	36	37	42	40	39	44	39, 5	39,°8	4, 5	4,2
	41	41	39	37	40	41	41	41	39	41	40, 1		3, 1	

Среднее арифметическое изъ всѣхъ 100 наблюденій 42°,7. Максимальная разница съ отдѣльными наблюденіями 7°,7, что отвѣчаетъ приблизительно 5 микро-микронамъ, но она наблюдается только для одного изъ 100 наблюденій. Для 5% наблюденій она достигаетъ 6°,3 или 3,3 м.м. Средняя (квадратичная) ошибка m=3°,12 или 0,8 м.м., средняя арифметическая ошибка μ=2°,7, вѣроятная ошибка r=2°,3.

Для отдѣльныхъ группъ наблюденій ошибки получатъ слѣдующія значенія: для первыхъ 40 наблюденій $r = 2°,3 = 2°,7$, $m = 3°,72$, $\mu = 2°,65$; для полнаго дневнаго свѣта $r = 1°,95$, $m = 1°,88$, $\mu = 1°,66$; для наблюденій при ярко освѣщенномъ небѣ $r = 2°$, $m = 2°,56$ и $\mu = 2°,2$; наконецъ, для прямого солнечнаго свѣта $r = 1°,2$, $m = 1°,89$ и $\mu = 1°,46$ [1]). Величина максимальной ошибки для наблюденій при слабомъ освѣщеніи достигаетъ 8°,3 или около 5 м.м. Для шестидесяти наблюденій при хорошемъ освѣщеніи максимальная ошибка не превосходила 4°, 2 или 2 м.м.

Для того, чтобы составить представленіе о чувствительности вращающагося компенсатора въ другихъ частяхъ кривой, опредѣлялась разность хода въ зернахъ хіолита одного шлифа обычной толщины, которымъ придавалась та или другая интерференціонная окраска наклоненіемъ около оси I универсальнаго столика. Такимъ путемъ были получены цифры таблицы VIII.

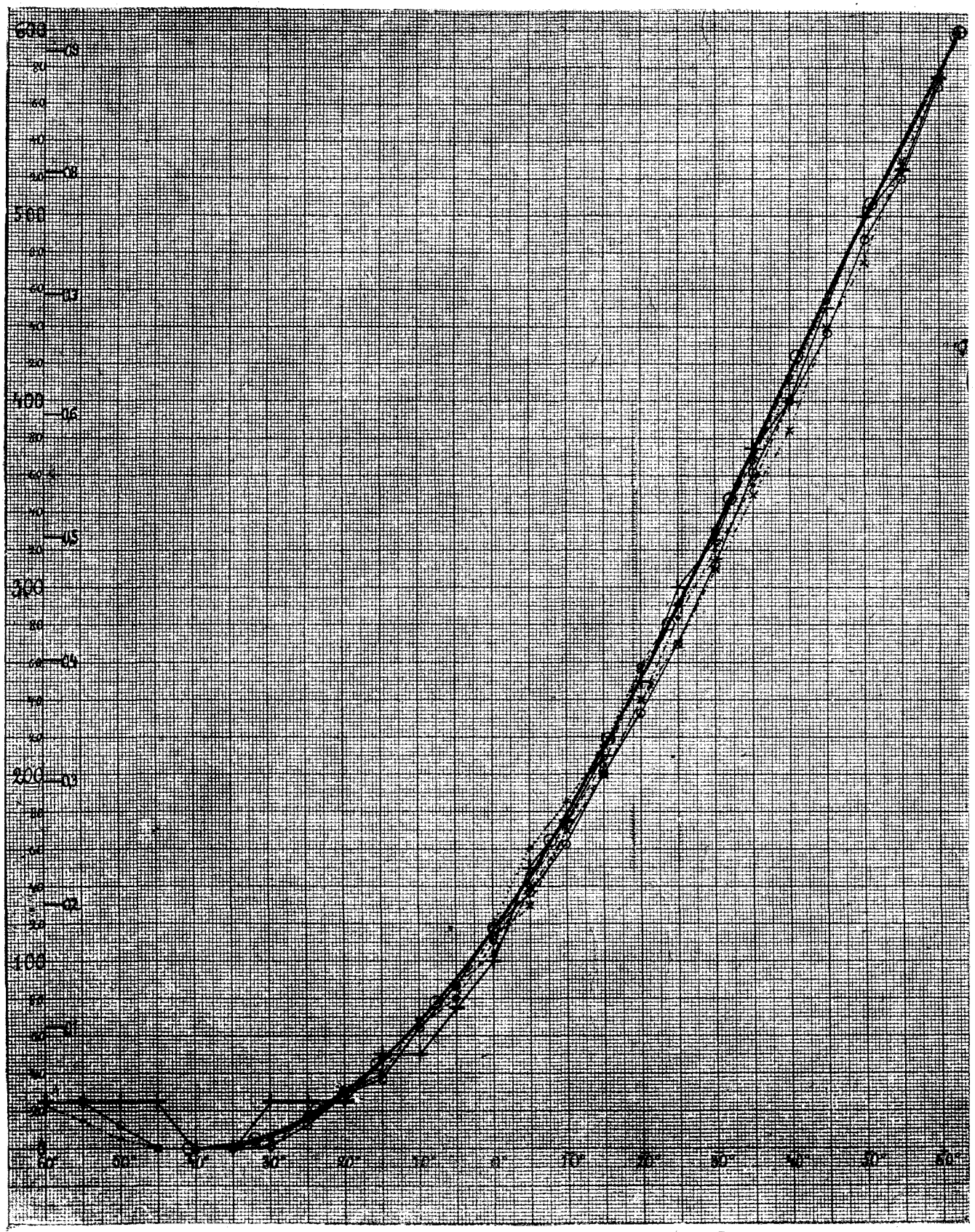
---

[1]) При изслѣдованіи ошибокъ я вездѣ пользовался, указаніями курса маркшейдерскаго искусства В. И. Баумана (ч. III, стр. 19 и слѣд.). Вѣроятную ошибку r получимъ, если расположимъ отдѣльныя ошибки въ возрастающій рядъ и возьмемъ значеніе ошибки, равно удаленной отъ обоихъ концовъ,

0°3, 0°,3 0°,3 0°,3 0°,3 0°,3 0°,3 0°,3 0°,3 0°,3 0°,7 0°,7 0°,7 0°,7 0°,7 0°,7 0°,7 0°,7 0°,7 0°,7 1°,3 1°,3 1°,3 1°,3 1°,3 1°,3 1°,3 1°,3 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 1°,7 2°,3 2°,3 2°,3 2°,3 2°,3 2°,3 2°,3 2°,7 2°,7 2°,7 2°,7 2°,7 2°,7 2°,7 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,3 3°,7 3°,7 3°,7 3°,7 3°,7 3°,7 4°,3 4°,7 4°,7 5°,3 5°,3 5°,3 5°,3 5°,3 5°,7 5°,7 5°,7 6°,3 6°,7 6°,7 6°,7 7°,7.

Отсюда вѣроятная ошибка r, отвѣчающая 50-ой и 51-ой ошибкамъ, =2°,3. Точность $h = \frac{\rho}{r}$, гдѣ $\rho = 0,4769$. Откуда $h = 0,207$. Если возьмемъ выраженія h въ функціи средней ошибки m, = корню квадратному изъ суммы квадратовъ ошибокъ, дѣленной на число ихъ, и арифметической средней μ, то получимъ $h = \frac{1}{m\sqrt{2}} = 0,227$ и $h = \frac{1}{\mu\sqrt{\pi}} = 0,209$. Довольно большая близость величинъ h, вычисленныхъ по различнымъ формуламъ, показываетъ что наши ошибки довольно близко отвѣчаютъ понятію „случайныхъ ошибокъ“. Если вычислимъ соотвѣтственныя значенія h для отдѣльныхъ группъ наблюденій, получимъ несравненно болѣе грубые результаты. Такъ для 40 наблюденій при слабомъ дневномъ свѣтѣ $h = \frac{\rho}{r} = 0,191$; $h = \frac{1}{m\sqrt{2}} = 0,199$ и $h = \frac{1}{\mu\sqrt{\pi}} = 0,213$. Для 20 наблюденій при полномъ дневномъ свѣтѣ $h = \frac{\rho}{r} = 0,245$, $h = \frac{1}{m\sqrt{2}} = 0,376$ и $h = \frac{1}{\mu\sqrt{\pi}} = 0,340$. Для 20 наблюденій при ярко освѣщенномъ небѣ $h = \frac{\rho}{r} = 0,239$; $h = \frac{1}{m\sqrt{2}} = 0,276$ и $h = \frac{1}{\mu\sqrt{\pi}} = 0,256$. Наконецъ для 20 наблюденій при прямомъ солнечномъ свѣтѣ $h = \frac{\rho}{r} = 0,397$; $h = \frac{1}{m\sqrt{2}} = 0,374$ и $h = \frac{1}{\mu\sqrt{\pi}} = 0,386$.

Фиг. 1.



Таб. VIII.

Отдѣльныя наблюденія.										Среднее ариѳметическ.	Максимальн. ошибка. °	м.м.	Средняя ошибка. °	м.м.	Средняя ариѳм. ошибка. °	м.м.
20°	20°	20°	20°	20°	20°	19°	21°	20	20°	20°	1	3	0.4	1,2	0,2	0,6
10	10	<11 [1]	<11	10	10	<11	10	<10	10	10,2	0,3	1,3	0,2	0,9	0,2	1,2
1	1	1	<1	1	1	>1	1	1	1	1	0,5	2,8	0,2	1,3	0,1	0,6
>9	>9	9	9	9	9	9	9	9	9	9,1	0,4	2,7	0,2	1,3	0,2	1,2
>19	>19	>19	>19	>19	19	19	19	19	19	19,2	0,3	2,2	0,3	2,2	0.3	2,0
<29	<29	29	29	<29	>29	29	28	29	<29	28,5	1	7,7	0,5	3,8	0,3	2,8
43	43	42 1/2	43	42 1/2	43	43	43	43	43	42,9	0,4	3.4	0.2	1,4	0,2	1,3

Выраженіе величины ошибки въ микро-микрон. получено при помощи кривой фиг. 1. Пользуясь ею легко получить среднюю величину въ м.м. одного градуса для участковъ отъ 40—30°, 30°—20° и т. д. и изъ этихъ послѣднихъ получить, какъ среднюю изъ двухъ смежныхъ, величину 1° для точекъ кривой, отвѣчающихъ 20°, 10°, 0° и т. д. Величина максимальной ошибки достигаетъ 7,7. Но такъ какъ это имѣетъ мѣсто только для одного изъ 70 наблюденій, для всѣхъ же другихъ ошибка меньше 4 м.м., то можемъ сказать, что вообще **при внимательной работѣ съ вращающимся компенсаторомъ ошибка не превосходитъ 4 микро - микронъ. Средняя (квадратичная) ошибка для точекъ, съ очень малой разностью хода, близкой къ 0,** [2]) **меньше 1 м.м., для всей остальной части кривой она близка къ 2 м.м.** [3]).

Относительно малая чувствительность наблюденія въ точкахъ, близкихъ къ оптической оси компенсатора сравнительно съ болѣе удаленными точками, гдѣ разность хода возрастаетъ несравненно быстрѣе, показываетъ, что мы мало выиграли бы, уменьшая толщину кварцевой пластинки компенсатора. Но, вѣроятно, удалось бы еще повысить чувствительность вращающагося компенсатора, замѣнивши кварцъ минераломъ, не обнаруживающимъ вращенія плоскости поляризаціи и съ болѣе слабымъ двупреломленіемъ, напримѣръ однороднымъ берилломъ, нефелиномъ. Вращеніе плоскости поляризаціи ясно чувствуется, несмотря на малую толщину пластинки, при наблюденіи въ прямыхъ солнечныхъ лучахъ: поле остается все время довольно ярко освѣщеннымъ и окрашено блѣдно-фіолетовымъ цвѣтомъ, смѣняющимся при поворотѣ анализатора противъ часовой стрѣлки (смотря сверху) красно-оранжевымъ и затѣмъ желтымъ цвѣтомъ, при поворотѣ въ обратную сторону фіолетовая окраска смѣняется блѣдно-голубой.

[1]) Знаки <и> ставились въ томъ случаѣ, когда разница была меньше 1°. При подсчетѣ средняго ариѳмет. и величины ошибокъ этотъ знакъ приравнивался къ ½.

[2]) 40° по компенсатору.

[3]) Для семи цифръ пятнадцатаго столбца табл. VIII; она равна 1,9 м.м.

Кварцевые компенсаторы Федорова и Siedentopf.

Примѣненіе метода повторныхъ наблюденій надъ однимъ и тѣмъ же объектомъ для опредѣленія чувствительности и точности этихъ компенсаторовъ очень затруднено тѣмъ, что показаніе компенсатора мы читаемъ въ полѣ микроскопа въ моментъ самого наблюденія и потому при повтореніи трудно освободиться отъ вліянія предшествующаго наблюденія. Можно пользоваться только наблюденіями, сильно удаленными во времени, сравненіемъ цифръ, полученныхъ разными методами, т. е. приведеніемъ къ *0* и къ чувствительному фіолетовому. Наконецъ, здѣсь мы можемъ непосредственно судить о степени дробности интерполированья между дѣленіями компаратора.

По отношенію къ разсматриваемымъ компенсаторамъ интересно также убѣдиться, на сколько форма ихъ приближается къ дѣйствительной формѣ клина. Нѣкоторое понятіе объ этомъ можетъ дать сравненіе ихъ между собой. На табл. IX приведены результаты опредѣленій разности хода компараторомъ Siedentopf для дѣленій двухъ кварцевыхъ клиньевъ №№ 1374 и 1495 [1]).

[1]) №№ микроскоповъ, къ которымъ они принадлежатъ.

Таб. IX.

Дѣленія клина.	№ 1374	№ 1495		№ 1374	№ 1495		№ 1374	№ 1495
	Микро - микрон.			Микро-микрон.			Микро - микрон.	
0	100	75	16	700	725	32	1350	1450
1	125	125	17	750	750	33	1400	1500
2	150	175	18	775	800	34	1450	1550
3	200	225	19	825	850	35	1500	1600
4	250	275	20	850	875	36	1550	1600
5	300	300	21	900	925	37	1600	1650
6	350	325	22	925	975	38	1650	1700
7	375	375	23	975	1000	39	1700	1700
8	400	400	24	1000	1050	40	1750	1750
9	450	450	25	1050	1100	41	1800	175
10	500	500	26	1100	1150	42	1850	
11	525	525	27	1100	1200	43	1900	
12	550	575	28	1150	1250	44	1950	
13	600	600	29	1200	1300	45	2000	
14	625	650	30	1250	1350	46	2050	
15	650	675	31	1300	1400	47	2100	

Результаты сравненія тѣхъ же двухъ кварцевыхъ клиньевъ между собой сведены на табл. X. Цифры таблицы показываютъ только число дѣленій компенсаторовъ.

Таб. X.

№ 1374	№ 1495	№ 1374	№ 1495	№ 1374	№ 1495	№ 1374	№ 1495
1	1	13	<13	25	$23^1/_2$	37	>35
2	2	14	14	26	$<24^1/_2$	38	<37
3	<3 [1]	15	<15	27	>25	39	>38
4	$>3^1/_2$	16	$>15^1/_2$	28	>26	40	>40
5	$4^1/_2$	17	$16^1/_2$	29	>27	41	$41^1/_2$
6	<6	18	$17^1/_2$	30	>28	42	<43
7	$6^1/_2$	19	$18^1/_2$	31	>29	43	<44
8	$7^1/_2$	20	>19	32	30	44	<45
9	<9	21	>20	33	31	45	>46
10	<10	22	21	34	32	46	$47^1/_2$
11	11	23	<22	35	<33	47	
12	<12	24	<23	36	34		

На фиг. 2 результаты того и другого наблюденія выражены графически. Верхнія кривыя построены по даннымъ табл. IX. Пересѣкающаяся съ ними прямая проведена такъ, чтобы она проходила черезъ возможно большее число общихъ точекъ кривыхъ. Цифры при ординатахъ отмѣчаютъ число микроновъ, повторяя надписи компаратора Siedentopf. Нижнія прямая и кривая отвѣчаютъ табл. X. Масштабъ для ординатъ подобранъ здѣсь для удобства сравненія обоихъ наблюденій такъ, чтобы прямыя были параллельны. Начало ординатъ для каждой группы кривыхъ различно. Расхожденіе показаній кварцевыхъ клиньевъ № 1495 и № 1374 и характеръ этого расхожденія ясно указываютъ, что поверхность клиньевъ довольно сильно удаляется отъ формы плоскости. Какъ и слѣдовало ожидать, разность между ординатами соотвѣтствующихъ точекъ обѣихъ группъ кривыхъ болѣе или менѣе одинакова. Небольшія уклоненія слѣдуетъ приписать недостаточной чувствительности наблюденія. Различіе въ величинѣ ординатъ, отвѣчающихъ однимъ и тѣмъ же абсциссамъ, достигаетъ 100 микро-микр. Различіе это мѣстами создано неправильностями поверхности обоихъ компенсаторовъ и—разныхъ знаковъ, какъ напримѣръ между 30 и 40 дѣленіями. Это видно изъ положенія кривыхъ на верхней діаграммѣ, гдѣ онѣ расходятся по обѣ стороны прямой, отвѣчающей приблизительно гипотетической правильной поверхности клина, эквивалентнаго компенсаторамъ. Въ точкѣ, отвѣчающей 27 дѣленію всѣ 100 м. м. составляютъ повидимому, погрѣшность формы одного клина, если только форма клина компенсатора Siedentopf правильна. О послѣднемъ можно заклю-

[1]) Знаки >и< отвѣчаютъ разницѣ, меньшей $^1/_2$ промежутка между дѣленіями.

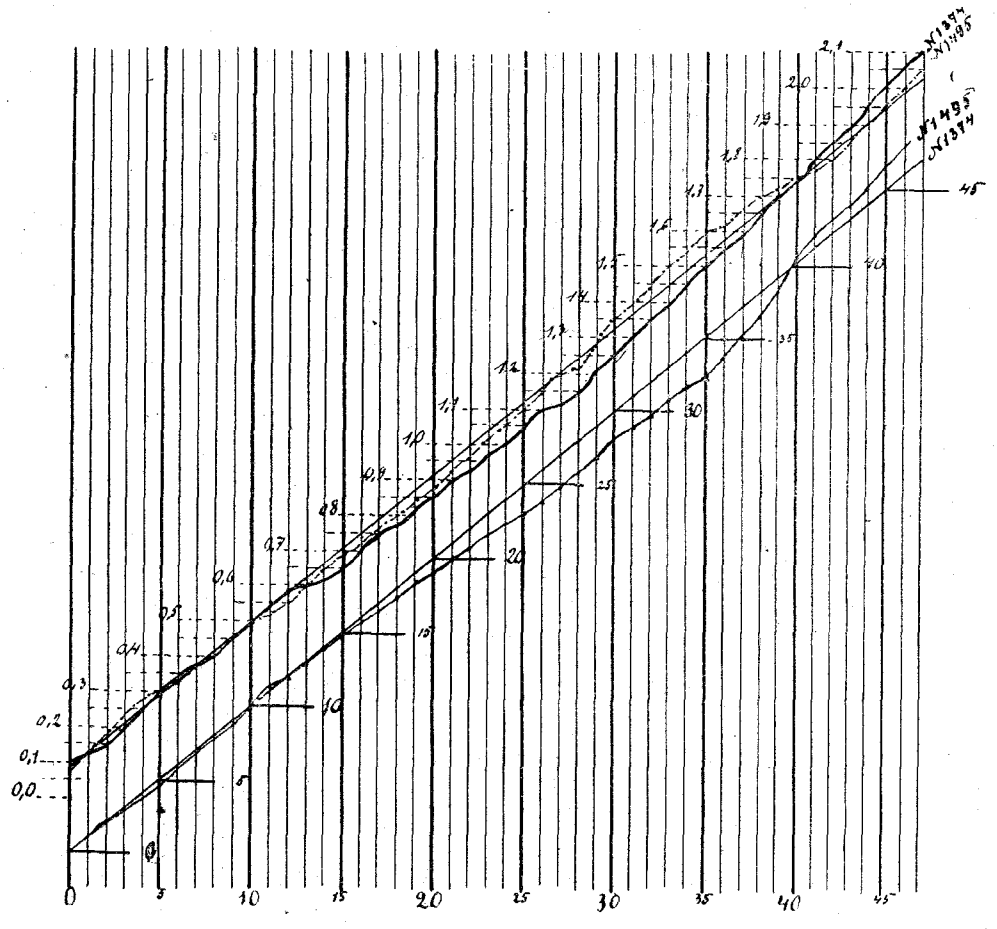
чать съ нѣкоторой вѣроятностью, исходя изъ того, что кривыя обоихъ наблюденій очень подобны другъ другу.

Только въ части отъ 12 до 26 дѣленія, повидимому наблюдается выпуклость на поверхности компенсатора Siedentopf, потому что здѣсь обѣ кривыя по одну сторону средней прямой, и мѣстами разстояніе между ними меньше разстоянія ихъ до соотвѣтственныхъ точекъ этой прямой.

Компенсаторъ Siedentopf.

Остановимся сначала надъ выясненіемъ степени чувствительности компенсатора при приведеніи къ *O*. Сопоставимъ въ слѣдующей таблицѣ XI среднія величины изъ данныхъ таб. II и VI и, цифры ихъ наибольшаго расхожденія съ данными отдѣльныхъ наблюденій и величинами возрастанія разности хода на каждые 10° вращающагося компенсатора какъ полученныя компараторомъ Siedentopf, такъ и взятыя непосредственно съ діаграммы фиг. 1. Въ виду подтвержденія сравненіемъ компенсаторовъ правильности кривой, легшей въ основу вращающагося компенсатора, можемъ съ полной увѣренностью взять даваемыя ею величины приращенія разности хода, какъ единицы для сравненія съ цифрами отдѣльныхъ наблюденій [1]).

Фиг. 2.



1) Воспользоваться для этой цѣли непосредственно показаніями точекъ кривой, отвѣчающихъ 60°, 50° и т. д. менѣе удобно, такъ какъ при этомъ на величину ошибки можетъ вліять постоянная разница въ градуировкѣ сравниваемыхъ компенсаторовъ, за отсутствіе которой трудно ручаться. При вычитаніи вліяніе этой постоянной ошибки отпадаетъ.

Таб. XI.

Вращ. компенс.	Арифм. среднее. м.м.	Наибольш. ошибка. м.м.	Прираш. разн. ход. 1 набл. м.м.	2 набл. м.м.	Прираш. теорет. м.м.	Наибольш. ошибка. м.м.	Вѣроятн. ошиб. r.	Средняя ошиб. m.	Ариф. ср. ошиб. μ
60°	25	0	0	—5	—23	23			
50°	22,5	2,5	—25	—10	— 7	18			
40°	5	5	25	0	7	18			
30°	17,5	7,5	0	20	23	23	$r = 4$		
20°	27,5	2,5	25	40	37	12	или		
10°	60	10	50	55	50	5		11,1	8
0°	112,5	12,5	75	65	62	13	$r = \rho\sqrt{2}.m$ [1]		
10°	182,5	7,5	75	70	73	3	$= 7,5$		
20°	255	5	75	80	79	4			
30°	332,5	7,5	75	80	84	9			
40°	410	10	100	80	84	16			
50°	500	0	75	75	76	1			
60°	575	0							

23

Цифры третьяго и седьмаго столбца даютъ величину ошибки въ отдѣльныхъ случаяхъ наблюденій. Чувствительность компенсатора Siedentopf должна быть болѣе или менѣе одинаковой по всей длинѣ каждаго клина и можетъ только уменьшиться при удаленіи отъ 0, но не увеличиться. Такимъ образомъ мы можемъ воспользоваться цифрами 7-го столбца для сужденія о чувствительности перваго клина компенсатора съ такимъ же удобствомъ какъ будто бы это были цифры отдѣльныхъ наблюденій. При этомъ условіи эти цифры дадутъ намъ значительно болѣе полную картину, чѣмъ цифры столбца 3-го, гдѣ мы по малому числу наблюденій не можемъ довѣрять арифметическому среднему и слѣдовательно не можемъ судить съ достовѣрностью о величинѣ ошибки. Обращаясь къ столбцу 7-му, можно отмѣтить, что наибольшая ошибка достигаетъ въ 2 случаяхъ или въ 8% [2])—23 микро-микр., въ 20% она= или выше 18 микро-микр.

Переходя отъ непосредственныхъ цифръ наблюденій къ разности ихъ, необходимо задаться вопросомъ, не измѣнитъ ли это величины ошибокъ. Можно предвидѣть, что наибольшая ошибка при этомъ возрастетъ и могла бы возрасти въ два раза, если бы цифра наибольшей ошибки повторялась и при томъ въ двухъ смежныхъ наблюденіяхъ съ различнымъ знакомъ. Такъ какъ это очень мало вѣроятно, то нужно ожидать, что возрастаніе максимальной ошибки будетъ менѣе значительно. Величины вѣроятной и среднихъ ошибокъ не должны претерпѣть очень значительнаго измѣненія, такъ какъ при вычитаніи вѣроятность повышенія ошибокъ, связанная съ различіемъ знака вычитаемой ошибки не больше вѣроятности пониженія ошибокъ при одинаковыхъ знакахъ. Принимая это во вниманіе, можемъ сказать, что при приведеніи къ *o* максимальная ошибка перваго клина компенсатора Siedentopf вѣроятно будетъ не меньше 15 м. м. (средняя между 12, 5 м.м. и 18 м.м.). Величины же вѣроятной, средней квадратичной и средней арифметической ошибокъ будутъ отвѣчать цифрамъ таблицы.

Таб. XII.

	Наблюденія 1	2	3	Среднее арифм.	Наибольш. ошибка.	Приращеніе разн. ход. на 10° 1 набл.	2 набл.	3 набл.	теорет.	Наибольш. ошибка.
60°		20	20	20	0	—25	—20	—17,5	—23	5,5
50°	0	0	2,5	0,8	1,7	0	0	0	—7	7
40°	0	0	2,5	0,8	1,7	0	0	—2,5	7	9,5
30°	0	0	0	0	0	25	30	30	23	7
20°	25	30	30	28,3	3,3	37	27	35	37	10
10°	62	57	65	61,3	4,3	55	58	37,5	50	12,5
0°	117	115	102,5	111,5	9	45	60	67,5	62	17
10°	162	175	170	169	7	76	75	75	73	3
20°	238	250	245	244,3	6,3	74	80	75	79	5
30°	312	330	320	320,7	9,3	78	90	92	84	8
40°	400	420	412	410,7	10,7	87	75	78	84	9
50°	487	495	500	494	7	83	80		76	7
60°	570	575		572,5	2,5					

[1]) $\rho = 0,47694$.
[2]) 24 цифры наблюденій.

Сопоставимъ теперь въ слѣдующей таблицѣ XII среднія величины, полученныя изъ трехъ наблюденій (см. таб. II и VI) при приведеніи къ фіолетовому, съ результатами отдѣльныхъ наблюденій. Выведемъ въ столбцѣ 6-мъ величины наибольшаго расхожденія съ цифрами отдѣльныхъ наблюденій. Затѣмъ получимъ, въ столбцахъ съ 7-го по 9-ый, величины, приращенія разности хода на каждые 10° и сравнимъ ихъ по прежнему съ теоретическими (столб. 10) величинами.

Расположимъ ошибки, полученныя изъ сравненія цифръ 2-го, 3-го и 4-го столбцовъ съ отвѣчающимъ имъ арифметическимъ среднимъ (ст. 5-ый) въ возрастающій рядъ: 0 0 0 0 0 0,7 0,7 0,8 0,8 1 1 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 2,3 2,5 2,5 3,3 3,5 3,7 4,3 4,8 5,5 5,7 6 6 6,3 7 7 7,2 8,7 9 9,2 9,3 10,8. 19-ая ошибка, отвѣчающая вѣроятной ошибкѣ r,=2,5 м.м. Средняя ошибка m=4,5 м.м. и сред. арифм. ошибка n=3,7. Вычисляя соотвѣтственныя величины h, получимъ $h=\frac{\rho}{r}=0{,}190$, $h=\frac{1}{m\sqrt{2}}=0{,}157$ и $h=\frac{1}{\mu\sqrt{\pi}}=0{,}152$. Двѣ послѣднія цифры очень близки, и только первая значительно удаляется отъ нихъ.

Рядъ ошибокъ, отвѣчающій столбцамъ 7, 8 и 9 будетъ: 0 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 4 4 5 5 5,5 5,5 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8 9 9,5 10 12,5 17. Отсюда r=6 м.м., m = 6,6 м.м. и μ=5,7 м.м, $h=\frac{\rho}{r}=0{,}079$, $h=\frac{1}{m\sqrt{2}}=0{,}107$ и, наконецъ, $h=\frac{1}{\mu\sqrt{\pi}}=0{,}099$. Разница въ точности при примѣненныхъ нами двухъ методахъ сравненія огромная — почти въ два раза. Единственнымъ объясненіемъ этому можетъ быть малое число наблюденій и въ силу этого несоотвѣтствіе арифметическаго средняго дѣйствительной разницѣ хода.

По непосредственному впечатлѣнію на глазъ, въ предѣлахъ дѣленій перваго клина компенсатора можно довольно свободно устанавливать пятыя доли дѣленія. Какъ упомянуто на стран. 373 этотъ клинъ имѣетъ 10 дѣленій и отвѣчающая имъ разность хода отъ 0 до 1000 микро-микр. Отсюда ошибка перваго клина компенсатора всегда меньше $\frac{1000}{50}=20$ микро-микр., что болѣе или менѣе отвѣчаетъ и даннымъ наблюденія. Дѣленія второго клина значительно мельче. Въ немъ 35 дѣленій на 16 миллим. протяженія тогда, какъ 10 дѣленій перваго занимаютъ 12 миллим. Не смотря на то рѣзкость темной линіи благодаря большому углу клина настолько возрастаетъ, что оказывается возможнымъ интерполировать и въ предѣлахъ этихъ малыхъ дѣленій также до $\frac{1}{4}$дѣленія. Отсюда ошибка второго клина менѣе $\frac{3500}{35.4}=25$ микро-микр.

Такимъ образомъ можемъ сказать, что **максимальная ошибка при работѣ компенсаторомъ Siedentopf не больше 15 микро-микр., для разности хода отъ 0 до 1000 микро-микрон. и не превосходитъ 20 микро-микрон. для разности хода отъ 1000 до 4500 м. м. Средняя ошибка наблюденія около 11 микро-микрон. При работѣ по методу Федорова, т. е. при опредѣленіи по разности показаній и при приведеніи къ фіолетовому I порядка, средняя ошибка наблюденія падаетъ до 6,6 микро-микрон., а максимальная — до 11 м. м. Для второго клина можно ожидать въ этомъ случаѣ, что максимальная ошибка будетъ около 13 м. м., средняя около 7 м. м.**

Кварцевый клинъ Федорова.

Въ этомъ приборѣ темная полоса еще шире и обладаетъ еще менѣе опредѣленными контурами, чѣмъ въ компенсаторѣ Siedentopf, поэтому можно различать, не смотря на крупность дѣленій, только $\frac{1}{4}$ доли дѣленія и то съ меньшей опредѣленностью [1]), чѣмъ для предшествующаго компенсатора. По даннымъ таблицы IX можемъ видѣть, что 46 дѣленіямъ клина отвѣчаетъ емкость отъ 125 до 2050—2100 микро-микр., равная приблизительно 1950 м.м. Откуда максимальная ошибка компенсатора$=\frac{1950}{46.4}=10{,}6$ мм.

Но, если обратимся къ результатамъ наблюденій, увидимъ, что ошибка выше. Сопоставимъ въ таблицѣ XIII всѣ результаты наблюденій (выраженные въ микро-микр.), какъ 4 наблюденій таб. III, къ сожалѣнію, слѣдовавшихъ одно за другимъ и потому несвободныхъ отъ вліянія другъ на друга, такъ и одного таб. V и, наконецъ, еще одного наблюденія, разновременнаго какъ съ четыремя первыми, такъ и съ наблюденіемъ таб. V.

[1]) Результатъ понижается здѣсь еще тѣмъ, что дѣленія нанесены не посреди клина, а сбоку.

Таб. XIII.

Вращающ.	Отдѣльныя наблюденія. 1	2	3	4	5	6	Ариф. средн.	Макс. ошиб.	Ар. ср. ошиб.	Приращ. разнаго хода на кажд. 10°. 1	2	3	4	5	6	теор.	Макс. ошиб.	Ар. ср. ошиб.
5°	85	85	85	85	—	—	85	0	0									
0°	115	115	115	105	120	120	115	10	3,7	60	55	60	75	65	75	62	13	6,7
$\overline{5}$°	130	130	130	145	160	160	142,5	17,5	12,5									
$\overline{10}$°	175	170	175	180	185	195	180	15	6,7	65	70	65	60	70	55	73	18	9
$\overline{15}$°	200	200	200	200	215	215	205	10	6,7									
$\overline{20}$°	240	240	240	240	255	250	244,2	10,8	2,6	65	65	65	70	60	90	79	19	13,5
$\overline{25}$°	270	280	280	280	290	300	283,3	16,7	7,8									
$\overline{30}$°	305	305	305	310	315	340	313,3	26,7	9,4	75	95	95	80	95	90	84	11	8,7
$\overline{35}$°	345	355	345	355	360	365	355,8	10,8	6,1									
$\overline{40}$°	380	400	400	400	410	430	403,3	26,7	11,1	100	70	80	80	—	—	84	16	9,5
$\overline{45}$°	435	440	435	435	455	470	445	25	11,7									
$\overline{50}$°	480	470	480	480	—	—	477,5	7,5	2,5	85	95	85	85	—	—	76	19	11,5
$\overline{55}$°	540	535	535	535	—	—	536,2	3,8	1,8									
$\overline{60}$°	565	565	565	505	—	—	565	0	0									

Обращаясь къ непосредственнымъ цифрамъ шести наблюденій и располагая ошибки въ возрастающій рядъ, получимъ: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0,8 08, 1,2 1,2 1,2 1,7 2,5 2,5 2,5 2,5 3,3 3,3, 3,3 3,3 3,3 3,3 3,3 3,8 4,2 4,2 4,2 4,2 4,2 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5,8, 6,7 6,7 7,5 8,3 8,3 8,3 9,2 10 10 10 10 10 10 10 10 10,8 10,8 10,8 12,5 12,5 12,5 13,3, 15 16,7 17,5 17,5 23,3 25 26,7 26,7. Тридцать восьмая ошибка, равная 5, будетъ отвѣчать величинѣ вѣроятной ошибки r. Средняя квадратичная ошибка $m = 8{,}7$ м. м. и средняя арифмет. $\mu = 6{,}7$ м. м. Отсюда $h = \frac{\rho}{r} = \frac{0{,}47694}{5} = 0{,}0954$, $h = \frac{1}{m\sqrt{2}} = 0{,}0813$ и $h = \frac{1}{\mu\sqrt{\pi}} = 0{,}0842$.

Если обратимся къ приращенію разности хода (вторая половина таблицы XIII) получимъ рядъ ошибокъ: 2 2 3 3 3 4 4 4 6 7 8 8 9 9 9 9 9 11 11 11 11 13 13 13 14 14 14 14 16 18 19 19. Отсюда $r = 9$ м. м., $m = 10{,}6$ м. м. и $u = 9{,}7$ м. м. Соотвѣтственныя величины h будутъ: $h = \frac{\rho}{r} = 0{,}0530$, $h = \frac{1}{m\sqrt{2}} = 0{,}0667$ и $h = \frac{1}{\mu\sqrt{\pi}} = 00582$. Различіе въ величинѣ h въ обоихъ случаяхъ также очень значительно. Здѣсь мы имѣемъ довольно большое число наблюденій и потому представляетъ интересъ, какъ измѣнятся величины ошибки если мы будемъ сравнивать цифры приращенія разности хода не съ теоретическимъ приращеніемъ, а съ среднимъ арифметическимъ изъ 6 наблюденій. Если предположенія, высказанныя на стр. 382, справедливы, то здѣсь мы получимъ значительныя различія только для величины максимальной ошибки. Величины арифметич. средняго приращенія съ точностью до одного микро-микр. будутъ: 65, 64, 69, 88, 82 и 87. Ошибки: 0 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 4 4 4 4 5 5 6 6 7 7 7 8 8 9 9 10 10 10 12 18 21. Наибольшая ошибка, равная 21 м. м., не только не возрасла но убыла. Вѣроятная ошибка $r = 5$ м. м., средняя квадратичная $m = 7{,}6$ м. м. и средн. арифм. $\mu = 5{,}9$ м. м. Откуда видимъ, что вѣроятная ошибка осталась та же, а среднія ошибки даже уменьшились.

Таб. XIV.

Вращ. комп.	Отдѣльн. набл. 1	2	3	Арифм. средн.	Макс. ошибк.	Средн. ошибк.	Прираш. разн. хода на 10°. 1	2	3	Теор.	Макс. ошибк.	Средн. ошибк.
60°	23											
55°	20,1						—18			—23	5	
50°	5											
45°	0						—5			—7	2	
40°	0	0	7,5	2,5	5							
35°	0	0	0	0	0		5	0	—7,5	7	14,5	
30°	5	0	0	1,5	3,5							
25°	18	18	17,5	17,6	0,4		23	25	32,5	23	9,5	
20°	28	25	32,5	29,5	4,5							
15°	40	48	47,5	45,1	5,1		40	40	45	37	8	
10°	68	65	77,5	70,2	7,3							6,7
5°	87	80	100	89	11,0		37	45	42,5	50	13	
0°	105	110	120	111,5	8,5							
$\overline{5}°$	138	140	152	143,3	8,7	4,8	65	65	62	62	3	
$\overline{10}°$	170	175	182	175,7	6,3							
$\overline{15}°$	200	205	217	207,3	9,7		70	83	78	78	10	
$\overline{20}°$	240	258	260	252,7	12,7							
$\overline{25}°$	283	290	298	290,3	8,3		86	72	70	70	9	
$\overline{30}°$	326	330	330	328,7	2,7							
$\overline{35}°$	355	368	380	367,7	12,7		74	83	87	84	10	
$\overline{40}°$	400	413	412	408,3	8,3							
$\overline{45}°$	480	455	467	467,3	12,7							

Максимальная и арифметическая ошибка понижаются при этомъ методѣ наблюденія почти въ томъ же отношеніи, какъ и для компаратора Siedentopf.

Резюмируя все вышеизложенное, можемъ сказать, что **ошибка при опредѣленіи разности хода кварцевымъ клиномъ Федорова можетъ достигать 20 и въ рѣдкихъ случаяхъ 25 микро-микр. Средняя ошибка наблюденія около 10 м. м. При опредѣленіи по разности отсчетовъ при чувствит. фіолетовомъ I-го порядка максимальная ошибка падаетъ до 13 микро-микр. при величинѣ средней около 6 микро-микр.** Послѣдній методъ можетъ быть примѣненъ только въ предѣлахъ отъ 0 до 475—500 микро-микр. Эту цифру получимъ, если вычтемъ изъ разности хода, отвѣчающей чувствительному фіолетовому; разность хода, отвѣчающую нулевому дѣленію компенсатора.

Сравнивая результаты, даваемые компенсаторами Федорова и Siedentopf, можемъ сказать, что чувствительность и точность работы съ ними одна и таже. Между тѣмъ углы кварцеваго клина въ томъ и другомъ очень различны. Дѣйствительно, въ компенсаторѣ Федорова на 1 мил. длины разность

хода увеличивается въ среднемъ на 42,5 микро-микр., въ маломъ кварцевомъ клинѣ компенсатора Siedentopf на 100 м. м. и въ большомъ на 218 м. м. Это обстоятельство говоритъ за то, что нельзя увеличить чувствительность компенсаторовъ такого рода, дѣлая ихъ еще болѣе пологими, такъ какъ съ уменьшеніемъ величины приращенія разности хода на единицу длины клина сильно уменьшается рѣзкость границъ темной полосы и затрудняется точное опредѣленіе ея положенія между дѣленіями компенсатора.

Слюдяный компенсаторъ Федорова.

Ступенчатый слюдяный компенсаторъ, особенно широко примѣнявшійся въ нашемъ минералогическомъ кабинетѣ, въ настоящее время быстро вытѣсняется кварцевымъ клиномъ. Причиной этого является съ одной стороны сравнительная трудность интерполированья между показаніями отдѣльныхъ ступеней, съ другой частое несовершенство изготовленія компенсаторовъ, именно расхожденіе главныхъ направленій отдѣльныхъ листковъ слюды, иногда на столько значительное, что для болѣе высокихъ ступеней компенсатора совершенно нельзя получить темноты. Понятно, что при такомъ грубомъ изготовленіи компенсатора опредѣленіе становится также очень грубымъ.

Въ таб. XV сопоставлены опредѣленія помощью кварцеваго клина Федорова разности хода, отвѣчающей отдѣльнымъ ступенямъ двухъ слюдяныхъ компенсаторовъ. Для перваго опредѣленія произведены какъ приведеніемъ къ *0*, такъ и къ фіолетовому. Въ послѣднемъ случаѣ только для первыхъ трехъ ступеней можно было получить числа по разности отсчетовъ въ двухъ положеніяхъ компенсатора, остальные же уже сами по себѣ давали интерференціонную окраску, близкую къ фіолетовому 1-го порядка или выше. Для полученія цифръ для этихъ ступеней изъ отсчета при обратно-параллельномъположеніи вычитались 575 микро-микр., отвѣчающіе разности хода, обусловливающей фіолетовую окраску. Для первыхъ трехъ ступеней перваго компенсатора въ пятомъ столбцѣ приведены и цифры, полученныя вращающимся компенсаторомъ. Наконецъ въ 6-мъ и 7-мъ столбцахъ содержатся

Таб. XV.

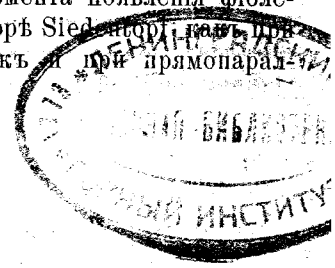
	1 слюдян. компенсаторъ.			2 слюд. комп.			
Ступени компенс.	Кварцевый клинъ. Привед. къ 0.	Привед. къ фіол.	Арифм. Средне.	Вращ. компенс.	Прираш. разн. ход. на ступ.	Кв. клинъ. Привед. къ 0.	Прираш. разн. ход. на ступ.
1	150	157	153,5	154	154	140	140
2	270	275	272,5	285	131	245	105
3	400	410	405	417	132	400	165
4	530	535	532,5	540	123	540	140
5	675	675	675		135	640	100
6	765	785	775		100	765	125
7	920	935	927,5		152,5	900	145
8	1030	1050	1040		112,5	1020	120
9	1165	1180	1172,5		132,5	1170	150
10	1295	1330	1312,5		140	1300	130
11	1385	1400	1392,5		80	1410	110
12	1550				165	1550	140
13	1685				135	1615	65
14	1800				115	1750	135
15	1910				110	1880	130
16	2050				140	2030	150

цифры приращенія разности хода для каждой изъ пластинокъ слюды, входящихъ въ составъ компенсатора, особо. Нельзя, конечно, придавать этимъ цифрамъ абсолютнаго значенія, но все же различіе въ толщинѣ отдѣльныхъ пластинокъ слюды несомнѣнно: 6-ая (100 м. м.), 11-я (80 м. м.) и 14-ая и 15-ая (115 м. м. и 110 м. м.) перваго компенсатора точно такъ же, какъ 5-ая и въ особенности 13-ая пластинка второго значительно тоньше всѣхъ остальныхъ. Такая неравномѣрность затрудняетъ отсчетъ и дѣлаетъ необходимой предварительную детальную градуировку другимъ компенсаторамъ.

Е. С. Федоровъ считалъ возможнымъ устанавливать при помощи слюднаго компенсатора различія въ разности хода, отвѣчающія $^1/_8$ ступени [1]). Но это сравнительно съ обычными условіями интерполированья для другихъ компенсаторовъ трудно даже тогда, когда толщина пластинокъ одинакова и, какъ выражается Е. С. Федоровъ, измѣненіе толщины ступеней слѣдуетъ арифметической прогрессіи, и совершенно недостижимо, когда компенсаторъ построенъ такъ несовершенно, какъ только что изслѣдованные нами. Въ этомъ случаѣ точность опредѣленія не идетъ дальше $^1/_4$ ступени или 25—35 м. м.

Новый методъ Федорова.

Остановимся еще нѣсколько на новомъ методѣ Е. С. Федорова опредѣленія по разности отсчетовъ при фіолетовомъ 1-го порядка. Мы видѣли (стр. 383 и 385), что точность работы при этомъ методѣ значительно возрастаетъ. Количественно уменьшеніе величины средней ошибки можетъ быть выражено приблизительно отношеніемъ 11,1: 6,6 = 1,7 для компенсатора Siedentopf и 1,65 для кварцеваго клина Федорова. Точность возрастаетъ въ среднемъ въ 1,7 раза. Естественно возникаетъ вопросъ, связано ли это возрастаніе точности только съ тѣмъ, что здѣсь мы непосредственно получаемъ двойную величину разности хода, или же и границы такъ называемаго чувствительнаго фіолетоваго цвѣта 1-го порядка улавливаются точнѣе, чѣмъ темной полосы. Вычислимъ, пользуясь цифрами таблицъ II и VI приращеніе разности хода на каждые 10° вращающаяся компенсатора, исходя изъ момента появленія фіолетовой окраски въ компенсаторѣ Siedentopf, какъ при обратно параллельномъ, такъ и при прямопараллельномъ положеніи.



Таб. XVI.

Вращ.	1 наблюденіе.		2 наблюденіе.		3 наблюденіе.		Теоретическ.	Максим.
компенс.	Обратн.	Прям.	Обратн.	Прям.	Обратн.	Прям.		ошибка.
60°—50°			—25	—15	—10	—25	—23	13
50°—40°	—25	0	5	— 5	0	0	— 7	12
40°—30°	0	0	0	0	—5	0	7	12
30°—20°	25	25	30	30	35	25	23	12
20°—10°	50	25	30	25	30	40	37	13
10°— 0°	50	50	60	55	40	35	50	15
0°—10°	50	50	50	70	70	65	62	12
10°—20°	75	75	75	75	70	70	73	3
20°—30°	75	75	85	75	80	70	79	9
30°—40°	100	75	90	90	100	85	84	16
40°—50°	75	100	80	70	80	95	84	16
50°—60°	75	100	70	90			76	24

Величина максимальной ошибки достигаетъ 24 микро-микр. въ одномъ изъ 68 случаевъ, для 6% всего числа наблюденій она равна 15 м.м. и выше. Если вычислимъ величины средней арифметической ошибки при обратно параллельномъ положеніи, получимъ 7,6 м.м. Для прямо параллельнаго положенія она = 7,3. Въ среднемъ для всѣхъ наблюденій средняя арифметическая ошибка = = 7,4 м.м

На слѣдующей таблицѣ XVII сопоставлены цифры приращенія разности хода, полученныя при тѣхъ же условіяхъ кварцевымъ клиномъ Федорова. Основой для этой таблицы послужили какъ цифры табл. IV, [1]) такъ и двухъ другихъ наблюденій.

[1]) Universalmeth. u. Feldspathstud. S. 252. Zeitschr. f. Kr. B. XXVI H. 3.

1) Изъ таб. IV здѣсь взяты среднія цифры.

Таб. XVII.

Вращ. компенс.	1 наблюденіе. Обрат.	Прям.	2 наблюденіе. Обрат.	Прям.	3 наблюденіе. Обрат.	Прям.	Теорет.	Максим. ошибка.
60°—50°	—25	—15					—23	8
50°—40°	— 5	0					— 7	7
40°—30°	5	5	—15	0	0	0	7	22
30°—20°	15	30	30	35	30	20	23	12
20°—10°	35	35	40	40	40	40	37	3
10°— 0°	35	50	50	50	45	45	50	15
0°—10°	75	55	65	55	65	65	62	13
10°—20°	70	70	85	70	80	75	73	12
20°—30°	80	75	70	70	90	65	79	14
30°—40°	85	80	90	75	85	80	84	9

Здѣсь величина максимальной ошибки достигаетъ 22 въ одномъ изъ 52 случаевъ; для 6% всего числа наблюденій она не меньше 14 микро-микр. Величина средней арифметической ошибки при обратно параллельномъ положеніи достигаетъ 5,8, при прямо параллельномъ положеніи 5,2 м.м. Средняя арифметическая ошибка для полнаго числа наблюденій = 5,5 микро-микр.

Сравнивая эти цифры съ результатами, полученными какъ при приведеніи къ O, такъ и по разности отсчетовъ при приведеніи къ фіолетовому, не можемъ не замѣтить большого приближенія ихъ къ послѣднимъ. Для компенсатора Федорова онѣ почти совпадаютъ. Это указываетъ на то, что **точность улавливанья границъ, „чувствительнаго" фіолетоваго I-го порядка превосходитъ точность опредѣленія положенія темной полосы при приведеніи къ 0.** Къ сожалѣнію, нашихъ наблюденій недостаточно для установленія точнаго соотношенія между тѣми и другими цифрами. Во всякомъ случаѣ очевидно, что **Приведеніе къ 0 всегда можетъ быть съ выгодой замѣнено приведеніемъ къ чувствительному фіолетовому I-го порядка.**

При этомъ, если поляризаціонная окраска изслѣдуемаго сѣченія ниже фіолетовой I-го порядка, слѣдуетъ производить измѣреніе при прямо параллельномъ положеніи, если выше, то, при обратно параллельномъ положеніи главныхъ направленій компенсатора и изслѣдуемаго сѣченія. Въ томъ и другомъ случаѣ для возможной точности результата необходимо каждый разъ опредѣлять разность хода, отвѣчающую той интерференціонной окраскѣ, которую мы принимаемъ за чувствительную фіолетовую, такъ какъ съ одной стороны мѣняется сама окраска съ измѣненіемъ источника свѣта, съ другой непостоянна во времени и цвѣтовая впечатлительность глаза.

Наиболѣе точный методъ опредѣленія разности хода лучей по разности отсчетовъ при приведеніи къ фіолетовому можетъ быть примѣненъ для компенсаторовъ съ измѣняющейся толщиной только въ предѣлахъ отъ 0 до 575 микро-микр. т. е. въ тѣхъ же предѣлахъ, въ которыхъ удобно можно воспользоваться вращающимся компенсаторомъ, дающимъ еще болѣе точные результаты при прямомъ приведеніи къ 0. Къ сожалѣнію, воспользоваться методомъ Федорова при работѣ и съ этимъ компенсаторомъ и тѣмъ еще болѣе увеличить точность даваемыхъ имъ результатовъ нельзя, такъ какъ чувствительный фіолетовый 1-го порядка это наивысшая, достижимая имъ окраска, и какъ бы мала ни была разность хода изслѣдуемаго минерала, мы уже не получимъ фіолетовой окраски при обратно параллельномъ положеніи зерна и компенсатора. Нельзя воспользоваться для этого компенсатора и приведеніемъ къ фіолетовому при прямо параллельномъ положеніи, такъ какъ фіолетовая окраска достигается здѣсь при невыгодномъ для наблюденія предѣльномъ наклонѣ компенсатора. За то **можемъ воспользоваться при работѣ съ вращающимся компенсаторомъ простымъ приведеніемъ къ фіолетовому при обратно параллельномъ положеніи для сѣченій, окраска которыхъ выходитъ за предѣлы компенсатора, но не выше 1000—1100 микро-микр., при чемъ точность отсчетовъ будетъ не меньше 4 микро-микр.**

Изъ вышесказаннаго самъ собой вытекаетъ вопросъ, нельзя ли воспользоваться при работѣ по методу Федорова, т. е. при наблюденіи въ двухъ различныхъ положеніяхъ вмѣсто фіолетоваго 1-го порядка другой интерференціонной окраской, болѣе высокой или болѣе низкой. Для выясненія этого вопроса произведенъ рядъ повторныхъ наблюденій, при которыхъ замѣчались дѣленія компенсатора, отвѣчающія ряду произвольно выбранныхъ возможно

болѣе опредѣленныхъ интерференціонныхъ цвѣтовъ. Наблюденія производились съ перерывами, чтобы по возможности ослабить вліяніе ихъ другъ друга. Кромѣ того для ознакомленія съ вліяніемъ различныхъ источниковъ свѣта наблюденія совершались какъ при дневномъ освѣщеніе (таб. XVIII), такъ и, при другихъ источникахъ свѣта, находившихся у меня подъ руками, именно: лампа Нернста въ 50 свѣчей (таб. XIX), танталова лампа въ 50 свѣчей (таб. XX) и калильная лампа съ угольной нитью въ 10 свѣчей (таб. XXI). Въ каждой изъ таблицъ вслѣдъ за цифрами 4 отдѣльныхъ наблюденій идетъ столбецъ, содежащій выводимое изъ нихъ арифметическое среднее число дѣленій, за нимъ (6 столбецъ), отвѣчающая ему разность хода въ микро-микр. и, наконецъ, 7-ой столбецъ содержитъ цифры наибольшей разности между показаніями отдѣльныхъ наблюденій и среднимъ арифметическимъ.

Таб. XVIII.

	Отдѣльн. наблюд.				Ариф. средн.		Макс.
	1	2	3	4	Дѣл.	М.м.	ошиб.
Бѣлый . .	4	3,5	3,5	3	3,5	220	20
Ярко-желт.	7,5	7	7	7,5	7,25	375	10
Фіолет. . .	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	540	0
Синій . . .	13,5	13,5	13	13	13,25	595	10
Голубой . .	16	15	15,5	15,5	15,5	680	20
Желтый . .	20,5	19,5	19,5	19,5	19,75	850	30

	Отдѣльн. наблюд.				Ариф. средн.		Макс.
	1	2	3	4	Дѣл.	М.м.	ошиб.
Фіолетов. .	26,5	26	26,5	26,5	26,4	1105	16
Изумр.-зел.	29,5	29	29,5	29	29,25	1220	10
Розовый . .	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	1570	0
Сѣр. зелен.	40,5	40,5	41	41	40,75	1785	10
Розовый . .	47	47	47	47	47	2100	0

Таб. XIX.

	Отдѣльн. наблюд.				Ариф. средн.		Макс.
					Дѣл.	М.м.	ошиб.
Бѣлый . .	2,5	3	3,5	3	3	200	20
Желт. . . .	6,5	7,5	6,5	7	6,9	350	24
Фіолет. . .	12,75	12,5	12,5	12,5	12,6	565	6
Голубой . .	14	15	14,5	15	14,6	650	24
Желтый . .	19,5	20,5	19,5	21	20	860	41

	Отдѣльн. наблюд.				Ариф. средн.		Макс.
					Дѣл.	М.м.	ошиб.
Розовый . .	26,5	27	26,5	26,5	26,75	1120	10
Изумр. зел.	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	1230	0
Розовый . .	38	38	38	38	38	1650	0
Зеленый .	42	42	42,5	42,5	42,25	1860	10

Таб. XX.

	Отдѣльн. набл.				Ариф. средн.		Макс.
	1	2	3	4	Дѣл.	М.м.	ошиб.
Бѣлый . .	3	4	3,5	3,5	3,5	215	20
Желтый . .	7,5	7,5	7	6,5	7,1	360	24
Фіолетовый	12,25	12,5	12,25	12,5	12,35	555	6
Синій . . .	13,25	13,5	13,25	13,5	13,35	590	6
Голубой . .	15	15	15,5	16	15,4	675	24

	Отдѣльн. набл.				Ариф. средн.		Маск.
	1	2	3	4	Дѣл.	М.м.	ошиб.
Желтый . .	20	21	20,5	21,5	20,75	885	30
Розовый . .	26,5	27	26,5	26,5	26,6	1120	16
Изумр. зел.	29,5	30	29,5	30	29,75	1240	10
Розовый . .	38	38,5	38	38,5	38,25	1665	10
Зеленый . .	42	42	42	42	42	1855	0

Таб. XXI.

	Отдѣльн. набл.				Ариф. средн.		Макс.
	1	2	3	4	Дѣл.	М.м.	ошиб.
Бѣлый . .	3	3	2,5	2,5	2,75	195	10
Желт. . . .	7,5	6,5	7	7	7	350	20
Фіолет. . .	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	565	0
Голуб. . .	15	15,5	14,5	15	15	660	20
Желт. . . .	19	20,5	20	20	19,9	855	37

	Отдѣльн. набл.				Ариф. средн.		Макс.
	1	2	3	4	Дѣл.	М.м.	ошиб.
Розовый . .	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	1110	0
Изумр. зел.	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	1235	0
Розовый . .	38	38	38	38,5	38,1	1655	16
Зеленый .	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	1880	0
Розовый . .	47		47		47	2100	0

Изъ этого ряда наблюденій мы видимъ что большое постоянство въ отсчетахъ наблюдается не только для чувствительнаго фіолетоваго 1-го порядка, но также и для нѣкоторыхъ другихъ цвѣтовъ въ особенности для зеленаго, отвѣчающаго разности хода около 1215—1230 микро-микр. Къ сожалѣнію сравненіе цифръ, полученныхъ приведеніемъ къ желтому, отвѣчающему 850 микро-микр., и къ границѣ фіолетоваго и зеленаго, отвѣчающей 1170 микро-микр., съ цифрами, приведенными на таб. XV, даетъ неособенно хорошіе результаты.

Выбираемъ изъ таб. XV наиболѣе точныя цифры.

Таб. XXII.

№№ ступеней.	По таблицѣ XV.	Привед. къ желт.	Максимал. ошибка.	Привед. къ зелен.	Максимал. ошибка.
1	154	135	19	130	24
2	285	247	38	280	5
3	417	380	37	415	2
4	540	515	25	530	10
5	675	642	33	682	7
6	775	750	25	775	0
7	927,5	925	2,5	892	35,5

Цифры таб. XXII довольно ясно показываютъ значительно большую чувствительность зеленаго 3-го порядка сравнительно съ желтымъ 2-го порядка, но и для перваго наблюдаются такія рѣзкія расхожденія, какъ 24 и 35,5 микро-микр., съ какими мы не встрѣчались при приведеніи къ чувствительному фіолетовому.

Въ заключеніе повторю еще разъ всѣ вмѣстѣ немногочисленные выводы этой работы. **Наибольшей чувствительностью изъ изслѣдованныхъ нами компенсаторовъ обладаетъ вращающійся компенсаторъ. При работѣ съ нимъ средняя (квадратичная) ошибка отъ 1 до 2 микро-микр. максимальная 4 микро-микр. Примѣнимъ онъ въ предѣлахъ отъ 0 до 550 микро-микр. при приведеніи къ 0 и отъ 550 до 1100 микро-микр. при приведеніи къ чувствительному фіолетовому 1-го порядка. На второмъ мѣстѣ по чувствительности стоятъ кварцевый клинъ Федорова и компенсаторъ Siedentopf, при работѣ съ которымъ средняя ошибка около 11 микро-микр., максимальная — не превосходитъ 20—25 микро-микр. Въ предѣлахъ отъ 0 до 475—500 микро-микр. для компенсатора Федорова и отъ 0 до 575 микро-микр. для компенсатора Siedentopf средняя ошибка можетъ быть понижена до 6,7 микро-микр. и максимальная ошибка до 13—15 микро-микр. Точность опредѣленій разности хода при помощи ступенчатаго слюдяного компенсатора обыкновенно не превосходила 25 — 35 микр.-микр.**

Не безынтересно дать себѣ отчетъ въ томъ, какъ отзывается та или другая чувствительность компенсатора на опредѣленіи величины двупреломленія. Разность хода, отвѣчающая сѣченіямъ $NgNp$ [1]) различныхъ минераловъ равна произведенію величины двупреломленія—$Ng—Np$ на толщину шлифа.

Въ прилагаемой таб. XXIII сопоставлены для нѣсколькихъ наиболѣе обычныхъ минераловъ величина двупреломленія, соотвѣтствующая разность хода—Δ въ микро-микр. и величина максимальной и арифм. средней ошибки въ % величины двупреломленія, для толщины шлифа $e = 0{,}02$ и $0{,}03$, миллиметра и для различныхъ компенсаторовъ: Вр.-вращающагося, Ф. S—кварцеваго клина Федорова и компаратора Siedentopf, близкихъ другъ къ другу по чувствительности, и Сл. — слюдяного компенсатора Федорова въ томъ несовершенномъ видѣ, къ какому принадлежитъ большинство приборовъ этого рода выпущенныхъ фирмой R. Fuess. Цифры компенсаторовъ съ измѣняющейся толщиной относятся къ результатамъ, полученнымъ приведеніемъ къ О.

Таб. XXIII.

Минералы.	Ng—Np	Δ при e=00,2—00,3 м.м.	Максимальная ошибка. Вр. %	ФS %	Сл. %	Средн. арифм. ош. Вр. %	ФS %
Апатитъ	0,004	180—270	5—3,5	25—17	44—29	2—1	11—7,5
Нефел., бериллъ	0,005		4—3	20—13	35—23	1,5—1	9—6
Альбитъ	0,006		3,5—2	17—11	29—19	1	7,5—5
Кварцъ	0,009		2—1,5	11—7	19—13	1—0,5	5—3
Амфиб. и пирокс.	0,025		1,—05	4—3	7—5	<0,5	2—1
Слюды	0,042		0,5—<0,5	2—1,5	4—3		1—<1

1) Наибольшаго и наименьшаго коеффиціентовъ преломленія.

Такъ какъ величину двупреломленія мы получаемъ, раздѣляя разность хода, указываемую компенсаторомъ, на толщину, то само собой разумѣется, раздѣляя величину максимальной ошибки на толщину пластинки (или точнѣе на длину пути проходимаго лучемъ въ изслѣдуемомъ зернѣ минерала), мы получимъ возможность судить о томъ, за какой десятичный знакъ можно ручаться при опредѣленіи величины двупреломленія тѣмъ или другимъ компенсаторомъ. Въ верхней строкѣ таблицы XXIV помѣщены цифры толщины шлифа въ сотыхъ доляхъ миллиметра, отъ 2 до 8, т. е. почти для всѣхъ размѣровъ толщины шлифа, при которой еще можно работать.

Въ верхней строкѣ каждаго ряда, отвѣчающаго тому или другому компенсатору помѣщена величина наибольшей ошибки, въ нижней—средней арифметической.

Для компенсаторовъ Федорова и Siedentopf приведены общія цифры для арифметической средней ошибки такъ какъ ея размѣры мало разнятся, но двѣ цифры для максимальной ошибки, причемъ верхняя относится къ компенсатору Федорова, нижняя къ компенсатору Siedentopf.

Таб. XXIV.

		2	3	4	5	6	7	8
Вращающ. компенсаторъ.		0,0002 0,000075	0,00013 0,00005	0,0001 0,00004	0,00008 0,00003	0,00007 0,000025	0,00006 0,00002	0,00005 0,00002
Федоровъ. Siedentopf.	Приведеніе къ 0.	0,001— —0,0012 0,00045	0,0007— —0,0008 0,0003	0,0005— —0,0006 0,0002	0,0004— —0,0005 0,0002	0,0003— —0,0004 0,00015	0,0003— —0,00045 0,0001	0,00025— —0,0003 0,0001
	Приведеніе къ фіолетовому.	0,00065— —0,00075 0,00027— —0,0003	0,0004— —0,0005 0,00018— —0,0002	0,0003— —0,0004 0,00014— —0,00015	0,00025— —0,0003 0,00011— —0,00012	0,0002— —0,00025 0,00019— —0,00015	0,0002— —0,0002 0,00008— —0,00009	0,00015— 0,0002 0,00007— —0,000075

Резюмируя цифры таблицы, можемъ сказать, что при толщинѣ шлифа равной 0,02 мил., независимо отъ величины погрѣшностей въ опредѣленіи этой толщины нельзя ручаться больше, чѣмъ за половину единицы третьяго десятичнаго знака при работѣ съ вращающимся компенсаторомъ и больше, чѣмъ за цѣлую единицу того же третьяго десятичнаго знака при работѣ съ компенсаторомъ Федорова или Siedentopf. При толщинѣ шлифа равной 0,04 мил., нельзя ручаться больше, чѣмъ за единицу четвертаго десятичнаго знака для вращающагося компенсатора и больше, чѣмъ за половину 3-го десятичнаго знака для компенсаторовъ Федорова и Siedentopf. Наконецъ, при толщинѣ шлифа равной 0,08 мил., нельзя ручаться больше, чѣмъ за половину единицы четвертаго десятичнаго знака для вращающагося компенсатора и больше, чѣмъ за 0,3 третьяго десятичнаго знака для компенсаторовъ съ измѣняющейся толщиной.

Для освѣщенія вопроса о величинѣ погрѣшности въ опредѣленіи толщины я не располагаю достаточно полнымъ матеріаломъ.

