

ANNALES
de la Chambre Centrale des poids et mesures.
Deuxième Série. Vol. I.

ВРЕМЕННОКЪ

Главной Палаты мѣръ и вѣсовъ.

ВТОРАЯ СЕРИЯ.

Томъ I. Выпускъ 2.



ПЕТРОГРАДЪ.
Типографія М. П. Фреловой (влад. А. Э. Коллинсъ). Галерная, 6.
1918.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

RECEIVED

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CHICAGO

STUDY CENTER

1000 S. EAST ASIAN BLDG.



UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

Предисловіе.

Въ статьѣ «О правительственной шифрѣ электрическихъ измѣрительныхъ приборовъ» (Временникъ Гл. Палаты м. п. в. Часть 4, 1899 г. стр. 81—121) я писалъ: «приступая къ дѣлу повѣрки нѣкоторыхъ техническихъ электроизмѣрительныхъ приборовъ въ скромной сравнительно обстановкѣ, нельзя однако отказаться отъ мысли найти въ Палатѣ, впоследствии, всѣ условія, необходимыя для приготовленія ею образцовыхъ мѣръ и точныхъ ихъ копій, а равно условія для установленія образцовыхъ способовъ электрическихъ измѣреній. Участвуя въ научной разработкѣ вопросовъ общей метрологіи, Главной Палатѣ не слѣдовало бы уклоняться и отъ разработки спеціального отдѣла метрологіи—электрометрии, требующей по своей повизнѣ оригинальной научной работы». И это нынѣ осуществилось. Вопросъ объ организаціи работъ по приготовленію электрическихъ образцовъ мѣръ удалось поставить на твердую почву послѣ Лондонской Международной Конференціи объ электрическихъ единицахъ 1908 года, исхлопотавъ для этой цѣли необходимыя денежныя средства. До этого въ Палатѣ была произведена только одна работа въ 1899 году М. В. Ивановымъ по изготовленію образцовыхъ элементовъ Латимеръ Кларка. Начиная съ 1909 года моими сотрудниками были произведены рядъ самостоятельныхъ работъ: по изготовленію Вестоновскихъ нормальныхъ элементовъ А. Б. Ферингеръ, по изученію серебрянаго вольтметра для установленія международного ампера И. А. Лебедевымъ и А. Г. Гольдманомъ и по приготовленію ртутныхъ образцовъ международного ома А. Н. Георгіевскимъ и М. Ф. Маликовымъ.

Содержаніе настоящаго выпуска Временника представляет отчетъ о приготовленіи ртутныхъ образцовъ, потребовавшемъ нѣсколькихъ лѣтъ (1909—1913) настойчиваго и кропотливаго труда. Привѣтствуя авторовъ съ превосходнымъ исполненіемъ довѣренной имъ работы, я сожалею, что по независящимъ отъ нихъ обстоятельствамъ отчетъ объ ихъ работѣ встрѣтилъ непреодолимая препятствія къ своевременному появленію въ свѣтъ. Подобныя работы, требующія въ силу своей крайней точности детальнаго изслѣдованія всѣхъ привходящихъ условий, всегда представляютъ шагъ впередъ къ обогащенію метрологическимъ опытомъ, и я считаю долгомъ указать, что однимъ изъ авторовъ было впервые экспериментально изучено вліяніе на сопротивленіе естественнаго искривленія оси стеклянныхъ трубокъ, которое до сихъ поръ не поддавалось учету.

Н. Егоровъ.

5. Ртутные образцы международного ома.

А. Н. Георгиевского и М. О. Маликова.

Глава I. Историческій очеркъ.

Проволочные эталоны. Единица Якоби. — Ртутная единица Siemens'a.—*Electrical Standards Committee*. Установление ома.—Единица В. А.—Парижскій конгрессъ 1881 г. и конференція 1882 и 1884 г.г. Установление легальнаго ома.—Ртутные образцы легальнаго ома.—Эдинбургскій Съездъ Британской Ассоціаціи 1892 г.—Чикагскій конгрессъ 1893 г. Установление международнаго ома.—Первые образцы международнаго ома въ Германіи и въ Англии.—Лондонская конференція 1908 г. Окончательное установление международнаго ома. — Национальные ртутные образцы международнаго ома. Ихъ характеристика. Точность ихъ изготовленія.—Вопросъ объ измѣчивости ртутныхъ образцовъ.—Международныя сравненія ртутныхъ образцовъ.—Вашингтонская техническая коммисія 1910 г.—Международныя сравненія по инициативѣ Национальной Француской Лабораторіи въ 1913 г.—Абсолютная величина международнаго ома.—Литература.

Первыя попытки установить единицу электрическаго сопротивленія относятся къ 40-мъ годамъ прошлаго столѣтія, когда въ связи съ быстро развивавшимся телеграфнымъ дѣломъ возникла потребность въ точныхъ измѣреніяхъ электрическихъ сопротивленій. За единицу сопротивленія принималось при этомъ сопротивление нѣкоторой «образцовой» проволоки изъ опредѣленнаго вещества и опредѣленныхъ размѣровъ. Довольно часто употреблялась мѣдная проволока; размѣры ея задавались либо длиною и сѣченіемъ (единица Ленца 1838 г.—мѣдная проволока № 11 въ 1 футъ длиною), либо длиною и вѣсомъ (единица Wheatstone'a 1843 г.—мѣдная проволока въ 1 футъ длиною

и въ 100 грановъ вѣсомъ); но были также случаи примѣненія желѣзной проволоки, нейзильберовой, серебряной и др. Всѣ эти единицы не получили сколь-нибудь значительнаго распространенія за предѣлами изготовившихъ ихъ лабораторій.

Большій успѣхъ имѣла единица Якоби, который въ 1848 году разослалъ физикамъ своего времени одинаковую мѣдную проволоку въ 25 футовъ длиною и вѣсомъ въ 345 грановъ съ сѣченіемъ около $\frac{3}{4}$ кв. мм. и предложилъ принять ее за образцовую мѣру электрическаго сопротивленія. «Эталоны Якоби» были долгое время въ употребленіи, пока не обнаружилось, что ихъ сопротивленіе мѣняется съ теченіемъ времени.

Проволочные эталоны не удовлетворяли, да и не могли удовлетворить, двумъ основнымъ требованіямъ, которыя по существу дѣла должны предъявляться ко всякому эталону: воспроизводимости и неизмѣяемости. Приготовленіе чистыхъ металловъ, а тѣмъ болѣе сплавовъ опредѣленнаго состава, возможно лишь при высоко развитой технологіи, которой тогда еще не могло быть. Ничтожныя по количеству примѣси, равно какъ столь же ничтожное измѣненіе взаимнаго соотношенія составныхъ частей сплава, уже сильно вліяютъ на величину электрическаго сопротивленія. Помимо того, на сопротивленіе металла или сплава, находящихся въ твердомъ состояніи, вліяетъ ихъ структура, которая зависитъ отъ способа обработки (закалка, отжиганіе, волоченіе, ковка и т. п.) и всегда болѣе или менѣе измѣняется съ теченіемъ времени подъ дѣйствіемъ молекулярныхъ силъ. Проволочные эталоны, удовлетворяя на первыхъ порахъ скромнымъ требованіямъ измѣрительной техники, переставали служить своему назначенію, лишь только увеличивалась точность измѣреній. Оказывалось, что одной и той же единицѣ въ дѣйствительности отвѣчали различныя сопротивленія, смотря по тому, какой образецъ металла случайно былъ взятъ для изготовленія проволоки, и какой промежутокъ времени протекъ съ момента ихъ изготовленія.

Изъ всѣхъ металловъ только ртуть свободна отъ указанныхъ выше недостатковъ: ее сравнительно легко получить въ достаточно чистомъ видѣ, а жидкое состояніе этого металла

исключаетъ возможность измѣненій молекулярной структуры. На удобство ртути, какъ матеріала для эталоновъ сопротивленія, указывалось уже сравнительно давно. Еще въ 1837 году Pouillet пользовался при сравненіи проводимостей стеклянной трубкой опредѣленныхъ размѣровъ, наполненной ртутью. Съ той же цѣлью ртуть предлагалась Marié-Davy и de la Rive'омъ. Но только Werner Siemens'у принадлежитъ огромная заслуга осуществить практически совершенный ртутный эталонъ, который сыгралъ большую роль въ исторіи единицы сопротивленія и въ измѣненномъ видѣ перешелъ въ научный обиходъ нашего времени.

Въ 1860 году Siemens выступилъ съ предложеніемъ принять за единицу электрическаго сопротивленія—сопротивленіе при 0° ртутнаго столба въ 1 метръ длиною и въ 1 кв. мм. поперечнаго сѣченія. Изготовленные въ мастерскихъ Siemens und Halske на основаніи выработанныхъ тамъ приѣмовъ эталоны этой единицы, а также проволочныя копія ихъ, быстро распространились по всей Европѣ и получили всеобщее признаніе на континентѣ.

Въ 1861 году Британская Ассоціація назначаетъ изъ крупныхъ ученыхъ своего времени знаменитую комиссію для изученія вопроса объ электрическихъ единицахъ (Electrical Standards Committee), труды которой начали новую эпоху въ метрологіи. Въ основу своихъ работъ эта комиссія, руководимая William Thomson'омъ (Lord Kelvin), положила абсолютную эл.-магн. систему единицъ, предложенную нѣкогда Gauss'омъ и Weber'омъ. Основными единицами были выбраны сантиметръ, граммъ, секунда (система с. г. с.). Вслѣдствіе малости абсолютной эл.-магн. единицы сопротивленія комиссія приняла, какъ практическую единицу, величину въ 10^9 разъ большую. Эта единица была названа первоначально *омдой* и затѣмъ сокращенно *омомъ*. Можно полагать, что степень 10^9 была выбрана съ цѣлью возможно больше приблизить новую единицу къ единицѣ Siemens'a.

Принявъ въ принципѣ абсолютную единицу, комиссія должна была озаботиться перенесеніемъ чисто теоретическаго опредѣленія на практическую почву. Для этой цѣли могли слу-

жить придуманные еще въ 1852 г. Weber'омъ нѣсколько способовъ, позволявшихъ выражать электрическое сопротивление проволочныхъ катушекъ въ абсолютной мѣрѣ черезъ основныя единицы длины и времени¹⁾. Однако примѣненіе этихъ методовъ было сопряжено съ большими затрудненіями. Связь единицы сопротивленія съ основными единицами выражалась сложными формулами. Въ силу необходимости приходилось ограничиваться большей или меньшей степенью приближенія. Нужно было возможно точнѣе опредѣлить «постоянныя» приборовъ, входившія въ формулы, учесть рядъ побочныхъ обстоятельствъ, влиявшихъ на измѣренія, исключить ошибки наблюденій, и все же, не смотря на сложный расчетъ и принятые предосторожности, точность абсолютныхъ измѣреній получалась во много разъ ниже точности непосредственныхъ сравненій сопротивленій другъ съ другомъ, не говоря уже о простотѣ и быстротѣ послѣднихъ—качествахъ очень цѣнныхъ для техники измѣреній.

Но пойти по пути Siemens'a, т. е. приготовить ртутный эталонъ, а priori задавъ ему такіе размѣры, чтобы его сопротивление возможно ближе подходило къ абсолютной единицѣ, комиссія не рѣшилась главнымъ образомъ по той причинѣ, что какъ и бывшія въ ея распоряженіи проволочныя копи различныхъ эталоновъ Siemens'a, изготовленныхъ на континентѣ, такъ и ртутные эталоны, изготовленные членами комиссіи, обнаруживали плохое согласіе другъ съ другомъ.

Тогда комиссія остановилась на изготовленіи эталоновъ абсолютной единицы въ видѣ проволочныхъ катушекъ. Эта единица получила названіе единицы Британской Ассоціаціи (*B. A. U.*).

Комиссія поручила Matthiessen'у изслѣдовать новыя сплавы и найти лучший матеріалъ для изготовленія эталоновъ *B. A. U.* Изъ многочисленныхъ опытовъ Matthiessen'a оказалось, что всѣмъ требуемымъ условіямъ лучше всего удовлетворялъ сплавъ изъ 2 вѣсовыхъ частей серебра и 1 части платины. Что же касается до абсолютныхъ измѣреній, то комиссія

¹⁾ Абсолютная эл.-магн. единица сопротивленія—одного измѣренія со скоростью.

остановилась на одномъ изъ методовъ Weber'a (равномѣрно вращающаяся въ земномъ полѣ катушка). Необходимые приборы были построены White'омъ по указаніямъ William Thomson'a. Въ 1863 и 1864 г.г. Maxwell, Fleeming Jenkin и Balfour Stewart при помощи этого прибора установили единицу *B. A.* Затѣмъ комиссія изготовила большое число платино-серебряныхъ копій этой единицы, которыя были частью разосланы различнымъ учрежденіямъ, частью проданы; единица *B. A.* была принята во всѣхъ англо-саксонскихъ странахъ.

Въ таблицѣ I приведены единицы сопротивленія, которыя были въ употребленіи въ 1864 году, какъ это отмѣчено комиссіей. Здѣсь мы встрѣчаемъ цѣлый рядъ чисто техническихъ единицъ, служившихъ для выраженія сопротивленій телеграфныхъ линий; онѣ всѣ однообразно опредѣляются и въ полной мѣрѣ обнаруживаютъ недостатки, свойственные проводочнымъ эталонамъ.

Въ 1870 году дѣятельность комиссія закончилась, но работы по абсолютному опредѣленію ома продолжались еще въ теченіе цѣлаго ряда лѣтъ и въ 1878 году Rowland нашель, что единица *B. A.* приблизительно на одинъ процентъ меньше абсолютнаго ома, что не замедлили подтвердить другіе изслѣдователи.

Тѣмъ временемъ первоначальные эталоны Siemens'a были всѣ разбиты; вмѣсто нихъ были изготовлены новые эталоны, уже значительно лучше согласовавшіеся другъ съ другомъ; въ то же время были произведены абсолютныя измѣренія единицы Siemens'a.

Въ 1881 году въ Парижѣ, въ связи съ электрической выставкой, открылся международный конгрессъ электриковъ, на которомъ вопросъ объ установленіи общей системы электрическихъ единицъ былъ впервые предметомъ международного обсужденія. Къ этому времени удержались лишь двѣ единицы сопротивленія: въ Англии и въ родственныхъ ей по языку странахъ—единица *B. A.*, въ Германіи и въ остальныхъ государствахъ Европы—единица Siemens'a. И у той и у другой были свои преимущества и недостатки.

Таблица I.

Определение единицъ.	Названіе.	Сопро- твъ омъ.
Абсолютная $10^7 \frac{\text{футъ}}{\text{сек.}}$ эл.-магн. единица (новое измѣреніе).	Абсолютная $10^7 \frac{\text{футъ}}{\text{сек.}}$ единица.	0,301
Абсолютная $10^7 \frac{\text{футъ}}{\text{сек.}}$ эл.-магн. единица (старое измѣреніе).	Единица Thomson'a.	0,316
Мѣдная проволока въ 25 футовъ длиной и въсомъ въ 345 грановъ.	Единица И коби.	0,628
Абсолютная $10^7 \frac{\text{метръ}}{\text{сек.}}$ эл.-магн. единица, определенная Weber'омъ въ 1862 г.	Абсолютная $10^7 \frac{\text{метръ}}{\text{сек.}}$ единица Weber'a.	0,907
Столъ чистой ртути въ 1 метръ длиной и въ 1 кв. мм. сѣченія при 0°C .	Единица Siemen's'a 1864.	0,944
Столъ чистой ртути въ 1 метръ длиной и въ 1 кв. мм. сѣченія при 0°C .	Единица Siemen's'a (Берлинъ).	0,949
Столъ чистой ртути въ 1 метръ длиной и въ 1 кв. мм. сѣченія при 0°C .	Единица Siemen's'a (Лондонъ).	0,960
Единица Британской Ассоціаціи.	B. A. U. или омъ.	0,9866
Желѣзная проволока въ 1 километръ длиной и въ 4 мм. діаметромъ.	Единица Digneу.	9,14
Желѣзная проволока въ 1 километръ длиной и въ 4 мм. діаметромъ.	Единица Bréquet.	9,63
Желѣзная проволока въ 1 километръ длиной и въ 4 мм. діаметромъ.	Единица Swiss'a.	10,29
Отожженная проволока изъ чистой мѣди въ 1 англ. милю длиной и въ $\frac{1}{16}$ дюйма діаметромъ при $15,5^{\circ}\text{C}$.	Единица Matthiessen'a.	13,40
Особая мѣдная проволока въ 1 англ. милю длиной и въ $\frac{1}{16}$ дюйма діаметр.	Единица Varley.	25,26
Желѣзная проволока въ 1 нѣмецкую милю длиной и въ $\frac{1}{8}$ дюйма діаметр.	Нѣмецкая мпля.	56,65

Съ абсолютной системой, на которой основана единица В. А., былъ связанъ въ то время глубокий теоретическій инте-

рестъ: она позволяла наукѣ связать всевозможныя явленія съ тремя механическими единицами. Однако незначительная точность абсолютныхъ измѣреній являлась большимъ ущербомъ дѣлу. Съ другой стороны, уже чувствовалась нужда въ эталонѣ, воспроизводимости котораго была бы возможна съ высокой степенью точности: при такихъ условіяхъ можно было бы во всемъ мірѣ выражать всѣ измѣренія дѣйствительно въ одной и той же единицѣ—результатъ гораздо болѣе важный, чѣмъ абсолютныя измѣренія съ ихъ ограниченной степенью точности. А этимъ требованіямъ вполне удовлетворяли ртутные эталоны Siemens'a, хотя самый выборъ единицы носилъ случайный характеръ.

При рѣшеніи вопроса объ единицѣ сопротивленія мнѣнія конгресса раздѣлились: William Thomson предложилъ принять единицу *B. A.*, Wiedemann и Helmholtz поддерживали ртутную единицу; вопросъ былъ переданъ въ особую комиссію и усиліями Mascart'a и Fletcher Multon'a удалось достигнуть полного соглашенія. Конгрессъ, признавъ необходимымъ, чтобы теоретическія опредѣленія представлялись вещественными мѣрами, постановилъ считать омъ равнымъ 10^9 абсолютныхъ эл.-магн. с. г. с. единицъ. Полагая далѣе, что ртуть обладаетъ тѣми качествами, которыя должны быть у эталона сопротивленія, конгрессъ постановилъ, чтобы омъ былъ представленъ ртутнымъ столбомъ въ 1 кв. мм. поперечнаго сѣченія при температурѣ 0° , причемъ длина этого столба должна быть опредѣлена назначенной для этой цѣли международной конференціей, которая и собралась въ Парижѣ въ октябрѣ 1882 г.

Но приступивъ къ исполненію возложеннаго на нее конгрессомъ порученія и обсуждая изслѣдованія, произведенныя для опредѣленія сопротивленія ртути въ абсолютной мѣрѣ, конференція скоро убѣдилась, что результаты этихъ работъ плохо согласуются другъ съ другомъ: степень точности въ опредѣленіи ома ртутнымъ столбомъ не достигала даже одного процента. Поэтому конференція не приняла никакого рѣшенія относительно ома, ограничившись лишь пожеланіемъ, чтобы ученые разныхъ государствъ, соединивъ свои усилія, еще разъ

заялись болѣе точнымъ опредѣленіемъ длины ртутнаго столба, и предложила для данной цѣли пять слѣдующихъ абсолютныхъ методовъ:

1. Индукція тока на замкнутую цѣпь (Kirchhoff).
2. Земная индукція (Weber).
3. Затуханіе колебаній подвижныхъ магнитовъ (Weber).
4. Приборъ Британской Ассоціаціи.
5. Способъ Lorenz'a.

Второе собраніе конференціи состоялось, черезъ полтора года, въ апрѣлѣ 1884 г. Конференція обсудила совокупность новыхъ результатовъ; эти результаты оказались опять мало удовлетворительными; по большей части для длины ртутнаго столба, соответствующаго одному ому, получены числа близкія къ 106,3 см., но были числа и меньшія 106 см.; средняя величина была равна 106,02 см. При такомъ положеніи дѣла вельзя было и думать о томъ, чтобы дать окончательное число, но подъ давленіемъ практической необходимости немедленно же установить единицу сопротивленія конференція рѣшила остановиться на числѣ 106 см.,—въ достовѣрности этихъ цифръ не было сомнѣнія,—и установила *легальный омъ*, опредѣливъ его, какъ сопротивленіе ртутнаго столба въ 1 кв. мм. поперечнаго сѣченія и въ 106 см. длиною при температурѣ 0°.

Ртутные образцы легальнаго ома были официально изготовлены одной только Франціей, гдѣ въ 1884 году извѣстный метрологъ René Benoît приготовилъ четыре эталона для Министерства Почтъ и Телеграфовъ. Кромѣ того изготовленіемъ ртутныхъ образцовъ легальнаго ома занимались Lorenz (1885), Strecker и Kohlrausch (1885), Glazebrook и Fitzpatrick (1888), Hutchinson и Wilkes (1889), Salvioni (1889), Passavant (1890) и Lindeck (1891). Нѣкоторые изъ этихъ образцовъ были сравнены другъ съ другомъ. Догн въ очень обстоятельной работѣ, произведенной по порученію президента Государственнаго ФизикоТехническаго Института (Physikalisch-Technischen Reichsanstalt) Helmholtz'a и опубликованной этимъ Институтомъ въ 1893 году, собралъ результаты этихъ измѣреній и, введя нѣкоторыя поправки, перечислялъ

ихъ снова, причемъ оказалось, что изготовленные различными учеными эталоны сходились другъ съ другомъ уже до $0,01\%$. Въ той же работѣ содержится подробный критическій разборъ всѣхъ опытовъ, произведенныхъ для опредѣленія длины ртутнаго столба, соответствующаго одному ому, и сдѣлана сводка результатовъ, полученныхъ изъ этихъ опытовъ. Dorn нашель для длины ртутнаго столба, въ среднемъ, число 106,28 см.

Въ 1892 году съѣздъ Британской Ассоціаціи въ Эдинбургѣ обсуждалъ законодательныя предложенія англійскаго Министерства Торговли (Board of Trade) относительно электрическихъ единицъ. Въ занятіяхъ съѣзда принялъ участіе Helmholtz, который ознакомилъ его членовъ съ работой Dorn'a. Съѣздъ принялъ для ртутнаго столба длину 106,3 см. Кроме того по предложенію Helmholtz'a въ опредѣленіи ома поперечное сѣченіе трубки было замѣнено массой ртути, которую трубка должна была заключать при 0° . Сдѣлано это было съ цѣлью обойти неопредѣленность въ значеніи плотности ртути, происекавшую отъ недостатка въ точныхъ опредѣленіяхъ отношенія метра къ килограмму. Масса ртути была принята равной 14,4521 гр., что соответствуетъ сѣченію въ 1 кв. мм., если для плотности ртути при 0° принять число 13,5956, получаемое изъ всѣхъ лучшихъ опредѣленій. Эдинбургскій съѣздъ предложилъ старую британскую единицу *B. A.* считать равной 0,9866 ома. Вопросъ объ узаконеніи электрическихъ единицъ обсуждался одновременно съ Англійей въ другихъ государствахъ; окончательное рѣшеніе его было перенесено на международный конгрессъ въ Чикаго, состоявшійся въ слѣдующемъ 1893 году.

Чикагскій конгрессъ принялъ безъ всякаго измѣненія опредѣленіе Эдинбургскаго съѣзда и предложилъ заинтересованнымъ государствамъ принять и узаконить, какъ единицу сопротивленія, *международный омъ*, который основанъ на омѣ, равномъ 10^9 абсолютныхъ с. г. с. эл. магн. единицъ, и представляетъ собою сопротивленіе, оказываемое неизмѣняющемуся электрическому току ртутнымъ столбомъ массы 14,4521 гр. постоянного поперечнаго сѣченія и длины 106,3 см. при температурѣ тающаго льда.

Рѣшенія Чикагскаго конгресса послужили исходнымъ пунктомъ для законодательствъ различныхъ государствъ въ области электрическихъ единицъ. При этомъ омъ, какъ первая основная электрическая единица, въ существенныхъ чертахъ всюду былъ принятъ одинаково. Въ своихъ законахъ объ электрическихъ единицахъ Англія (1894), Канада (1894), Соединенные Штаты (1894) точно придерживаются Чикагскаго опредѣленія съ указаніемъ на то, что единица сопротивленія основана на 10^9 с. г. с. эл. магн. единицъ. Франція (1896), Германія (1898), Бельгія и Швейцарія (1909) не дѣлаютъ такого указанія. Въ австрійскомъ законѣ (1900) единица сопротивленія опредѣлена, какъ 10^9 с. г. с. эл. магн. единицъ, которую для *практическихъ* цѣлей можно считать равной сопротивленію, оказываемому постоянному току ртутнымъ столбомъ и т. д. (нѣтъ указанія на одинаковость поперечнаго сѣченія). Венгрія приняла (1907) законъ, тождественный съ австрійскимъ.

Первые ртутные образцы международнаго ома были изготовлены Германіей, гдѣ Государственный Ф.-Т. Институтъ приготовилъ въ 1898 году три эталона въ $\frac{1}{2}$, 1 и 2 международныхъ ома (Jaeger и Kahle), которые оказались въ полномъ согласіи съ двумя эталонами легальнаго ома, изготовленными въ 1891 и 1892 г.г. Jaeger'омъ.

Въ 1902—1904 г.г. 11 образцовъ международнаго ома было изготовлено F. E. Smith'омъ въ англійской Національной Физической Лабораторіи (National Physical Laboratory).

Работы въ Ф.-Т. Институтѣ и въ Національной Лабораторіи выяснили необходимость установить точныя правила, которымъ надлежитъ слѣдовать при изготовленіи ртутныхъ образцовъ. Предварительныя попытки такой спецификаціи были сдѣланы на офиціозномъ совѣщаніи въ Берлинѣ (1905), въ окончательной же формѣ она была выработана Международной конференціей объ электрическихъ единицахъ въ Лондонѣ въ 1908 году.

Лондонская конференція установила единицы международныя независимо отъ абсолютныхъ единицъ. *Абсолютный омъ*, ли просто омъ, опредѣляется ею, какъ 10^9 абсолютныхъ с. г. с.

эл. магн. единиц, а *международный ом*, — как сопротивление, оказываемое неизменяющемуся электрическому току ртутным столбомъ массы 14,4521 гр. постоянного поперечнаго сѣченія и длины 106,300 см. при температурѣ тающего льда. Добавка послѣ цифры 3 двухъ нулей, не измѣняя величины, означаетъ, что при современныхъ методахъ изслѣдованія достигается точность въ $\frac{1}{100000}$, но съ другой стороны ставитъ границу дальнѣйшему приближенію величины ртутнаго эталона къ абсолютному ому; ртутный эталонъ утрачиваетъ непосредственную связь съ абсолютными единицами, которую становится трудно поддерживать въ силу все растущей точности измѣреній, и тѣмъ самымъ ставится въ такое же положеніе, которое давно уже достигнуто относительно метра и килограмма: онъ превращается въ определеннымъ образомъ построенную мѣру, принятую по международному соглашенію.

Омъ есть первая основная электрическая единица; вторая основная единица—амперъ.

До Лондонской конференціи изготовленіе ртутныхъ образцовъ международного ома подвигалось медленно: за 15-лѣтній промежутокъ времени, отдѣляющій эту конференцію отъ Чикагскаго конгресса, установившаго международныя единицы, ртутные образцы были приготовлены только въ Германіи и въ Англіи. Но послѣ того, какъ Лондонская конференція въ окончательной формѣ рѣшила вопросъ объ электрическихъ единицахъ, за изготовленіе ртутныхъ образцовъ почти одновременно принялись національныя лабораторіи ряда государствъ. Въ настоящій моментъ ртутные образцы имѣются въ Англіи, въ Германіи, въ Россіи, въ С.-А. Соединенныхъ Штатахъ, во Франціи и въ Японіи.

О нѣмецкихъ эталонахъ, первыхъ по времени изготовленія, мы уже говорили выше. Эти эталоны не выполняютъ предписаній Лондонской конференціи.

Не выполняютъ предписаній Лондонской конференціи также и англійскіе эталоны, изготовленные въ 1902—1904 г.г., поэтому Национальная Физическая Лабораторія изготовила въ теченіе 1911 и 1912 г.г. новые эталоны согласно спецификаціи. Было приготовлено 14 образцовъ, девять изъ нихъ слу-

жать официальными образцами Англии, а остальные пять предназначались для японскаго правительства и были отосланы въ концѣ 1913 года въ Электротехническую Лабораторію въ Токио.

Съ своей стороны Токійская Электротехническая Лабораторія также изготовила въ 1913—1914 г.г. (J. Obata) пять ртутныхъ образцовъ. Единицу, определяемую всеми десятью образцами, предположено принять за основную единицу сопротивления въ Японіи.

Русскіе эталоны въ количествѣ 6 образцовъ приготовлялись въ Главной Палатѣ мѣръ и вѣсовъ въ теченіе 1910—1913 г.г.; отчетъ объ ихъ изготовленіи составляетъ предметъ настоящей статьи.

Въ С.-А. Соединенныхъ Штатахъ изготовленіе эталоновъ выполнено въ Бюро образцовыхъ мѣръ (Bureau of Standards) въ Вашингтонѣ, но пока еще нѣтъ отчета объ этой работѣ.

Во Франціи до послѣднихъ лѣтъ пользовались ртутными копіями легальнаго ома; для перехода отъ этой единицы къ международному ому служилъ множитель $\frac{106}{106,3}$. Въ настоящее время R. Benoît закончилъ изготовленіе 10 образцовъ международного ома для Центральной Электрической Лабораторіи (Laboratoire Central d'Électricité) въ Парижѣ, которая временно пользуется такъ называемою Вашингтонскою единицею 1910 года.

Изготовленіе ртутныхъ образцовъ представляетъ довольно сложную задачу. Ходъ работъ въ общихъ чертахъ во всѣхъ лабораторіяхъ былъ одинаковъ. Для работъ послѣднихъ годовъ руководящимъ и объединяющимъ началомъ служила спецификація Лондонской конференціи. Въ деталяхъ каждая лабораторія, стремясь достигнуть возможно большей точности, слѣдовала своимъ собственнымъ приемамъ, разсмотрѣніе которыхъ не входитъ въ задачу нашего очерка. Мы ограничимся приведеніемъ двухъ сводныхъ таблицъ (табл. II и III), заключающихъ величины, характеризующія ртутные образцы различныхъ лабораторій.

Таблица II.

Наименование учреждения, изготовившего ртутные образцы.	Обозначение образцов.	Материал трубок.	Длина трубок при 0° мм.	Вес ртути, находящейся в трубке при 0° гр.	Среднее сечение трубок при 0° мм. м.	Поправка на перпендикулярность сечения.	Сопротивление вакуумной трубки при 0°	Переходное сопротивление.	Сопротивление при 0°
Министерство Почт и Телеграфов, Франция. (1884). <i>Delambre omé.</i>	I	Verre dur	575,501	—	0,925698	1,000558	0,989091	0,000908	0,989099
	II	"	949,949	—	0,898825	1,000383	0,991083	0,000921	1,000004
	III	Cristal	1004,900	—	0,949061	1,000181	0,989083	0,000885	0,989979
	IV	"	968,400	—	0,938042	1,000023	0,989093	0,000901	0,989994
Государственный Физико-Технический Институт, Германия. (1891 и 1898).	XI	Jena 16"	808,367	8,98330	0,703124	1,001878	0,908377	0,000977	0,909354
	XIV	"	757,771	7,38518	0,710844	1,000341	0,964782	0,000869	0,965771
	106	"	654,954	11,20122	1,257929	1,000169	0,489885	0,000758	0,490643
	114	"	810,947	8,43914	0,765433	1,000021	0,966632	0,000872	0,967654
	131	"	1009,027	6,00451	0,481151	1,000168	1,974328	0,001219	1,975547
Национальный Физический Лаборатория, Англия. (1902—1904).	M	Verre dur	590,259	—	0,555345	1,000069	0,900946	0,001128	1,001074
	P	Jena 16"	634,981	—	0,597825	1,000104	0,906904	0,001097	1,000401
	T	"	577,249	—	0,548560	1,000008	0,900046	0,001141	1,000187
	U	"	690,731	—	0,584593	1,000058	0,969046	0,001102	1,000148
	V	"	735,090	—	0,691928	1,000199	1,000361	0,001014	1,001375
	W	"	753,210	—	0,714950	1,000085	0,969055	0,001002	1,000057
	X	"	656,388	—	0,617470	1,000033	0,989680	0,001073	1,001053
	Y	"	621,867	—	0,585579	1,000123	0,969155	0,001115	1,000270
	Z	"	685,199	—	0,644493	1,000099	1,000248	0,001048	1,001286
	G	Verre dur	1165,97	—	1,095871	1,000141	1,000275	0,000805	1,00108
	S	"	1194,72	—	1,128762	1,000023	1,000165	0,000795	1,00096

Таблица II (продолженіе).

Названіе учрежденія, изготовляющаго ртутные образцы.	Обозначеніе образцовъ.	Материалъ ртутныхъ.	Длина ртутныхъ при 0° мм.	Всѣхъ ртутныхъ, наполненій ртутныхъ при 0° гр.	Среднее свѣщеніе ртутныхъ при 0° ка. св.	Поправка на неравно- мѣрность свѣщенія.	Средняя длина трубки при 0°.	Переходное свѣщеніе ртутныхъ образцовъ при 0°.	Сокращенное свѣщеніе ртутныхъ образцовъ при 0°.
Национальный Физический Лабораторія. Ан- глич. (1911—1912).	2	Jena 16''	1028,879	13,55401	—	1,000101	—	—	0,999866
	6	"	1058,125	14,33393	—	1,000077	—	—	0,999945
	9	Jena 59''	1000,756	12,82743	—	1,000116	—	—	0,999867
	11	Jena 16''	925,586	11,06797	—	1,000181	—	—	0,999856
	27	Jena 59''	812,187	8,44750	—	1,000073	—	—	0,999771
	8	Verre dur	1188,249	18,07762	—	1,000026	—	—	0,999763
	6	"	1160,500	17,24889	—	1,000128	—	—	0,999838
	1	Jena 16''	1138,576	16,59650	—	1,000029	—	—	0,999861
	130	"	800,722	8,21478	—	1,000073	—	—	0,999673
	137	"	712,293	6,43934	—	1,000008	—	—	0,999480
	5	Verre dur	1068,653	15,46457	—	1,000071	—	—	0,999165
	11	"	1024,146	13,42913	—	1,000070	—	—	0,999879
	12	"	1049,821	14,11154	—	1,000100	—	—	0,999845
13	"	1061,576	14,43214	—	1,000133	—	—	0,999676	
Главная Палата мѣръ и вѣсовъ. Россія. (1910—1913).	1	Verre dur	993,146	12,43082	0,937923	1,000080	0,936837	0,000867	0,999704
	2	"	1000,050	12,89242	0,941508	1,000030	0,939148	0,000875	1,000023
	3	"	977,526	12,23947	0,929038	1,000031	0,939108	0,000885	0,999993
	4	"	1044,477	13,96313	0,983835	1,000056	0,939319	0,000851	1,000170
	5	"	935,649	11,20855	0,886915	1,000021	0,938965	0,000807	0,999872
	6	"	1045,339	13,98698	0,983519	1,000032	0,939240	0,000861	1,000101
Электрохимическая Ла- бораторія. Японія. (1913—1914).	1	Jena 16''	912,895	10,65789	—	1,000021	0,939950	0,000921	1,000871
	3	"	856,008	9,37916	—	1,000031	0,939239	0,000958	1,000217
	4	"	936,451	12,70267	—	1,000052	0,939779	0,000878	1,000657
	5	"	903,239	10,43558	—	1,000079	1,000088	0,000918	1,000956
	6	"	732,940	8,04030	—	1,000033	1,000031	0,000960	1,000124

Таблица III.

	Обозначение образцов.	Сопротивление образцов при 0°		Δ Набл.—Выч.
		Вычисленное.	Наблюденное.	
I. Образцы Министерства Почты и Телеграфов. Франция. (1884). <i>Легальные омы.</i>	I	0,999999	1,000018	+1,9×10 ⁻⁵
	II	1,000004	0,999996	-0,8 "
	III	0,999979	0,999959	-2,0 "
	IV	0,999994	1,000003	+0,9 "
	Среднее	0,999994	0,999994	±1,4×10 ⁻⁶
II. Образцы Государственного Ф. Т. Института. Германия. (1891 и 1898).	XI	0,999954	0,999960	+1,5×10 ⁻⁵
	XIV	0,995771	0,995755	-1,6 "
	106	0,490643	0,490640	-0,3 "
	114	0,997664	0,997684	+2,0 "
	131	1,975547	1,975593	-1,4 "
Среднее	0,992542	0,992542	±1,4×10 ⁻⁵	
III. Образцы Национальной Физической Лаборатории. Англия. (1902—1904).	M	1,001074	1,001080	+0,6×10 ⁻⁵
	P	1,000401	1,000386	-1,5 "
	T	1,000187	1,000194	+0,7 "
	U	1,000148	1,000133	-1,5 "
	V	1,001375	1,001378	+0,3 "
	W	1,000657	1,000669	+1,2 "
	X	1,001053	1,001067	+1,4 "
	Y	1,000270	1,000266	-0,4 "
	Z	1,001296	1,001305	+0,9 "
	G	1,001108	1,001105	-3,0 "
	S	1,00096	1,000973	+1,3 "
Среднее	1,000718	1,000718	±1,2×10 ⁻⁵	
IV. Образцы Национальной Физической Лаборатории. Англия. (1911—1912).	2	0,999866	0,999860	-0,6×10 ⁻⁵
	6	0,999945	0,999937	-0,8 "
	9	0,999567	0,999579	+1,2 "
	11	0,999656	0,999670	+1,4 "
	27	0,999771	0,999761	-1,0 "
	8	0,999763	0,999766	+0,3 "
	G	0,999838	0,999855	+1,7 "
	1	0,999861	0,999858	-0,3 "
	130	0,999673	0,999680	+0,7 "
	137	0,999480	0,999460	-2,0 "
	5	0,999165	0,999171	+0,6 "
	11	0,999879	0,999865	-1,4 "
	12	0,999845	0,999856	+1,1 "
13	0,999676	0,999673	-0,3 "	
Среднее	0,999713	0,999713	±1,0×10 ⁻⁵	

	Обозначение образцовъ.	Сопротивление образцовъ при 0°		Δ Набл.—Выч.
		Вычисленное.	Наблюденное.	
V. Образцы Главной Палаты мѣръ и вѣсовъ. Россія. (1910—1913).	1	0,999704	0,999728	+2,4×10 ⁻⁵
	2	1,000023	1,000046	+2,3 "
	3	0,999993	0,999994	+0,1 "
	4	1,000170	1,000143	-2,7 "
	5	0,999872	0,999861	-1,1 "
	6	1,000101	1,000091	-1,0 "
	Среднее	0,999977	0,999977	±1,6×10 ⁻⁵
VI. Образцы Электротехнической Лаборатори. Японія. (1913—1914).	1	1,000871	1,000847	-2,4×10 ⁻⁵
	3	1,000217	1,000229	+1,2 "
	4	1,000657	1,000676	+1,9 "
	5	1,000958	1,000943	-1,5 "
	6	1,001241	1,001249	+0,8 "
	Среднее	1,000788	1,000789	±1,5×10 ⁻⁵

Таблица III позволяет судить о точности, достигнутой при изготовлении ртутных образцовъ. Сопротивление ртутнаго столба, рассчитанное по размѣрамъ и приведенное къ условиямъ опредѣленія единицы, сопоставлено съ сопротивленіемъ, полученнымъ изъ электрическихъ сравненій образцовъ другъ съ другомъ. Электрическія сравненія даютъ только разности численныхъ значеній двухъ образцовъ. Опредѣленная величина для каждаго получается, если принять равенство средняго арифметическаго изъ вычисленныхъ сопротивленій и средняго арифметическаго изъ сопротивленій наблюденныхъ, что равносильно допущенію взаимной компенсаціи ошибокъ изготовленія. Изъ таблицы III видно, что эти ошибки порядка 10⁻⁵ ома.

Электрическія сравненія эталоновъ, производившіяся время отъ времени послѣ ихъ изготовленія, даютъ нѣкоторыя свѣдѣнія о постоянствѣ ртутныхъ образцовъ. Особенно цѣнны наблюденія R. Benoit, который въ 1905 году вновь сравнилъ другъ съ другомъ четыре своихъ образца; оказалось, что за двадцатилѣтній промежутокъ времени эталоны изъ одного сорта стекла

сохранили свои прежнія отношенія, эталоны же изъ неодинаковаго стекла обнаружили небольшое относительное измѣненіе въ $0,6 \times 10^{-8}$ ома. Наблюденія надъ эталонами Ф.-Т. Института и Национальной Физической Лабораторіи, обнимающія меньшій промежутокъ времени, также указываютъ на ничтожность измѣненій. Эти измѣненія едва ли превышаютъ ошибки, неизбѣжныя при работахъ съ ртутными эталонами; эталоны либо практически совсѣмъ не измѣнились, либо всѣ одинаково измѣнили свою величину. Обнаружить абсолютныя измѣненія было бы возможно, если наново опредѣлить всѣ «постоянныя» трубокъ и вновь вычислить сопротивление: тогда несовпаденіе послѣднихъ величинъ съ первоначальными, полученными при изготовленіи, служило бы мѣрой происшедшихъ измѣненій. Пока такихъ работъ еще не производилось. Другой путь, ведущій къ той же цѣли, — измѣреніе сопротивления ртутныхъ образцовъ въ абсолютной мѣрѣ, при условіи достаточнаго усовершенствованія методовъ абсолютныхъ измѣреній.

Важное значеніе имѣютъ электрическія измѣренія, носящія международный характеръ: они позволяютъ установить взаимныя отношенія, существующія между единицами сопротивленія различныхъ государствъ. Конечно о непосредственномъ сравненіи ртутныхъ образцовъ не можетъ быть и рѣчи вѣдствие того, что ихъ перевозка изъ одной лабораторіи въ другую была бы сопряжена съ огромнымъ рискомъ поломать въ дорогѣ хрупкіе приборы; сравнивались между собой удобныя для перевозки проволочныя копіи, предварительно свѣрненныя съ ртутными прототипами.

При всѣхъ международныхъ сравненіяхъ употреблялись сопротивления изъ манганина (84Cu , 4Ni , 12Mn), получившія въ настоящее время весьма широкое распространеніе. Многократныя изслѣдованія, производившіяся главнымъ образомъ въ Ф.-Т. Институтѣ, показали, что этотъ сплавъ обладаетъ многими цѣнными качествами и въ томъ числѣ малымъ температурнымъ коэффициентомъ, ничтожной термо-электродвижущей силой при сопряженіи съ мѣдью и ничтожной измѣнчивостью съ теченіемъ времени. Манганинъ былъ впервые полученъ въ Ф.-Т. Институтѣ Feussner'омъ и Lindeck'омъ.

Международныя сравненія ртутныхъ образцовъ производились неоднократно, но до 1910 года они носили случайный характеръ, и только въ этомъ году сравненія были произведены по общему плану особой технической комиссіей, состоявшей изъ представителей національныхъ лабораторій Англии, Германіи, Франціи и С.-А. Соединенныхъ Штатовъ, которая работала въ Вашингтонѣ надъ опредѣленіемъ электродвижущей силы нормального элемента Вестона. Представители европейскихъ лабораторій привезли съ собой по нѣсколько марганциновыхъ копій, тщательно свѣренныхъ съ образцами. Эти копій и были взаимно сравнены со всей возможной точностью.

Эталоны Франціи были представлены проволочными катушками, непосредственно свѣренными не съ образцами, а лишь съ тремя ихъ ртутными копіями, которыя были приготовлены Вепoit одновременно съ образцами и тогда же сличены съ послѣдними; эти копій сохранили между собой тѣ же относительныя разности, какія существовали въ моментъ ихъ изготовления. Измѣренія Вашингтонской комиссіи показали, что французскій омъ, насколько онъ представленъ ртутными копіями, круглымъ числомъ на $\frac{1}{10000}$ меньше англійскаго и нѣмецкаго омовъ. Къ сожалѣнію, не имѣется данныхъ, относящихся непосредственно къ образцамъ.

Сравненіе эталоновъ Ф.-Т. Института и Национальной Физической Лабораторіи (старыхъ) показало, что нѣмецкій омъ на $\frac{1}{100000}$ больше англійскаго. Лучшаго согласія нельзя и ждать, оно того же порядка, какъ и точность изготовления эталоновъ.

Вашингтонская комиссія въ виду того, что ко времени ея работъ ртутные образцы международнаго ома были изготовлены только въ Англии и въ Германіи, рѣшила принять за единицу сопротивления среднее изъ величинъ англійскаго и нѣмецкаго омовъ. Этимъ не вносилась сколь-нибудь замѣтная ошибка въ результаты опредѣленія электродвижущей силы элемента Вестона. Изготовление новыхъ ртутныхъ образцовъ согласно снисификаціи Лондонской конференціи, какъ съ полнымъ основаніемъ предполагала комиссія, могло бы вызвать рас-

хождение между Вашингтонской единицей сопротивления и международным омом лишь в пределах двух-трех сотых долей ома.

Въ июлѣ 1913 года Национальная Физическая Лабораторія разослала по двѣ катушки въ тѣ государственныя лабораторіи, гдѣ ожидалась возможность сравнить ихъ съ ртутными образцами: въ Государственный Физико-Технический Институтъ (Шарлотенбургъ), въ Главную Палату мѣръ и вѣсовъ (Петроградъ), въ Центральную Электрическую Лабораторію (Парижъ) и въ Бюро образцовыхъ мѣръ (Вашингтонъ). Имѣлось въ виду опредѣлить взаимныя отношенія, существующія между эталонами различныхъ государствъ, и установить съ возможной точностью разность между абсолютнымъ омомъ (10^9 с. г. с. эд. магн. единицъ) и омомъ международнымъ на основаніи опытовъ по абсолютнымъ измѣреніямъ сопротивленія, которые производятся Р. Е. Smith'омъ въ Национальной Физической Лабораторіи. Къ ноябрю мѣсяцу сравненія вездѣ были закончены, и катушки обратно отосланы въ Национальную Лабораторію. Результаты сравненій приведены въ таблицѣ IV въ видѣ разностей между единицами, помѣщенными въ строкахъ, и единицами, стоящими въ заголовкахъ столбцовъ.

Таблица IV.

	Омъ П. Ф. Л.	Омъ Г. Ф.-Т. П.	Омъ Г. П. н. в. в.	Омъ Б. о. н.
Омъ Национальной Физической Лабораторіи, Англія.	—	$-1,8 \times 10^{-6}$	$+0,5 \times 10^{-6}$	$+1,0 \times 10^{-6}$
Омъ Государственного Ф.-Т. Института, Германія . . .	$+1,8 \times 10^{-6}$	—	+2,3 "	+2,8 "
Омъ Главной Палаты мѣръ и вѣсовъ, Россія	-0,5 "	-2,3 "	—	+0,5 "
Омъ Бюро образцовыхъ мѣръ С. - А. Соединенные Штаты	-1,0 "	-2,8 "	-0,5 "	—

Эталоны, изготовленные въ Японіи, были сравнены въ Электротехнической Лабораторіи въ Токио съ эталонами, изготовленными въ Англии, причемъ оказалось, что величина первыхъ на 0,000008 меньше величины послѣднихъ.

Сравненія манганиновыхъ катушекъ съ ртутными образцами показали, что при точности электрическихъ измѣреній, достигающей одной миллионной доли ома, разница въ численныхъ значеніяхъ, найденныхъ для одной и той же катушки въ отдельныхъ лабораторіяхъ, доходитъ до одной—двухъ стотысячныхъ долей ома. Въ виду трудности оцѣнить абсолютное значеніе ошибокъ изготовленія, лучше всего освободиться отъ этихъ ошибокъ, перенеся ихъ на самую единицу сопротивленія. Такимъ образомъ мы приходимъ къ понятію о *національномъ омѣ*, какъ о такой единицѣ сопротивленія, которая опредѣляется совокупностью ртутныхъ образцовъ, изготовленныхъ въ данной національной лабораторіи, и которая отличается отъ международного ома на нѣкоторую очень малую величину.

Ртутные образцы Англии, Россіи, С.-А. Соединенныхъ Штатовъ и Японіи изготовлялись согласно предписаніямъ Лондонской конференціи и поэтому должны лучше всего выражать величину международного ома. Если же предположить, что величина послѣдняго равна арифметическому среднему изъ величинъ національныхъ омовъ, то каждый изъ національныхъ омовъ выразится въ международномъ слѣдующимъ образомъ:

Омъ Н. Ф. Лабораторіи	= 1,000005	межд. ома.
» Главной Палаты м. и в.	= 1,000000	» »
» Бюро образцовыхъ мѣръ	= 0,999995	» »
» Электротехнической Лабораторіи въ Токио	= 1,000001	» »

Изъ этихъ чиселъ вытекаетъ очевидное заключеніе, что *ртутные образцы вышеуказанныхъ четырехъ государствъ представляютъ одну и ту же единицу сопротивленія.*

За полвѣка существованія ртутныхъ эталоновъ техника ихъ изготовленія совершила громадный прогрессъ: точность современныхъ образцовъ международного ома въ тысячу разъ превышаетъ точность первыхъ эталоновъ Siemens'a.

Ртутные образцы возникли под давлением практической необходимости удовлетворить запросамъ техники и въ этомъ отношеніи оправдали возлагавшіяся на нихъ надежды.

Но утрата связи ртутныхъ образцовъ съ системой абсолютныхъ единицъ не перестаетъ беспокоить научную совѣсть. Омъ международный все же замѣтно отличается отъ ома абсолютнаго. Найти величину этой разницы — задача уже стоящая на пути къ рѣшенію. На первомъ планѣ необходимо поставить работы F. E. Smith'a въ Национальной Физической Лабораторіи, о которыхъ мы уже упоминали выше. Абсолютныя измѣренія производятся имъ по способу, въ основу котораго положенъ методъ Lorenz'a. По тщательности выполнения и по точности результатовъ они не имѣютъ себѣ равныхъ.

Изъ первой недавно законченной (1913) серии опытовъ Smith нашелъ, что сопротивленіе 1 международного ома равно $1,00052 \pm 0,00004$ омамъ (10^9 см./сек.). Если абсолютный омъ представить сопротивленіемъ при 0° ртутнаго столба съ сѣченіемъ въ 1 кв. мм., то длина столба будетъ равна 106,245 см.

Усовершенствованіе абсолютныхъ измѣреній идетъ рука объ руку съ прогрессомъ въ другихъ областяхъ измѣрительной техники. Пока абсолютныя измѣренія сопротивленій еще уступаютъ въ точности изготовленію ртутныхъ образцовъ, но уже теперь намѣчается нѣсколько путей, по которымъ пойдетъ ихъ дальнѣйшее развитіе. И нѣтъ сомнѣнія, что въ недалекомъ будущемъ точная электрометрія обогатится обширнымъ отдѣломъ, въ которомъ абсолютныя измѣренія сопротивленій займутъ далеко не послѣднее мѣсто.

Дополненіе къ таблицѣ II, стр. 14.

(Замѣствовано изъ Science Abstracts. Sect. A, Vol. 19, 1916. p. 127).

Обозначеніе образц.	Длина трубокъ при 0° , мм.	Вѣсъ ртути, миллигр. при 0° , гр.	Поправка на выравниваніе, мкв. при 0° .	Сопротивленіе образцовъ при 0° .	
Ртутные образцы	1	950,823	11,57474	1,000089	0,999954
Бюро образцовъ, мѣръ	2	962,606	11,86396	1,000066	0,999881
С.-А. Соединен. Штаты	3	969,962	12,04271	1,000047	1,000128
(Изъ Гейсераго стекла)	4	1006,988	12,97495	1,000006	1,000424

Литература.

J.-R. Benoit. Construction des étalons prototypes de résistance électrique du Ministère des Postes et des Télégraphes. Paris. 1885.

E. Dorn. Ueber den wahrscheinlichen Wert des Ohm nach den bisherigen Messungen. Wiss. Abhandl. d. P.-T. Reichsanst. B. 2. 1895, p. 257.

W. Jaeger. Die Quecksilber-Normale der P.-T. Reichsanstalt für das Ohm. Wiss. Abhandl. d. P.-T. Reichsanst. B. 2. 1895, p. 380.

W. Jaeger und Kahle. Die Quecksilber-Normale der P.-T. Reichsanstalt für das Ohm. Wiss. Abhandl. d. P.-T. Reichsanst. B. III. 1900, p. 95.

Fr. A. Wolff. The so-called International Electrical Units. Bull. of the Bureau of Standards. Vol. I, № 1, p. 39.

F. E. Smith. On the Construction of some Mercury Standards of Resistance. The Nat. Phys. Labor. Collect. Resear. Vol. I, 1905, p. 149.

W. Hallock and H. T. Wade. Outlines of the evolution of Weights and Measures. Chapt. IX. International Electrical Units. New-York. 1906, p. 199.

P. Janet. L'Histoire et l'état actuel de la question des unités électriques fondamentales. Journ. de Phys. (4) t. VIII. 1909, p. 529.

Н. Г. Егоровъ. Лондонская Конференция объ электрическихъ единицахъ. Врем. Гл. Палаты м. и в. ч. 10. 1911, стр. 109.

Report to the International Committee on Electrical Units and Standards, of a Special Technical Committee. Washington. 1912.

The National Physical Laboratory. Report for the year 1912, p. 39.

Dr. R. T. Glazebrook. The Ohm, the Amper and the Volt: A Memory of Fifty Years, 1862—1912. Journ. of the Inst. of Electr. Engin. Vol. 50. 1913, p. 560.

J. Obata. Construction of Primary Mercurial Resistance Standards. Proceed. of the Tôkyô Mathem-Phys. Soc. Ser. 2, Vol. VII, № 18, 1914, p. 346.

F. E. Smith. Absolute Measurements of a Resistance by a Method based on that of Lorenz. Philosoph. Transact. of the Royal Soc. of London. Ser. A. Vol. 214, p. 27.

F. A. Wolff, M. P. Schoemaker and C. A. Briggs. Primary Mercurial Resistance Standards. Bull. of the Bureau of Standards. 12. 1915, p. 375.

Глава II. Теорія изготовленія.

Опредѣленіе международнаго ома.—Спецификація для ртутныхъ образцовъ сопротивленія.—Выборъ трубокъ.—Выводъ формулъ. Поправки на неравномѣрность сѣченія и на конечность. Переходное сопротивленіе.—Планъ работы.

По постановленію Лондонской конференціи 1908 г. *международный омъ представляетъ собой сопротивление, оказываемое неизмѣняющемуся электрическому току ртутнымъ столбомъ массы 14,4521 гр. постояннаго поперечнаго сѣченія и длины 106,300 см. при температурѣ тающей льда.* Ртутные образцы международнаго ома должны изготовляться согласно слѣдующему предписанію (specification).

«Стеклянные трубки для ртутныхъ образцовъ сопротивленія должны быть изготовлены изъ такого стекла, при которомъ ихъ размѣры по возможности не измѣнялись бы со временемъ. Трубки должны быть хорошо отождены и выпрямлены. Просвѣтъ трубки долженъ быть по возможности вездѣ одинаковый и круглый съ площадью поперечнаго сѣченія приблизительно «1 кв. мм. Сопротивленіе ртутнаго столба должно быть близко «къ 1 ому.

«Каждая изъ трубокъ должна быть тщательно калибрована; поправка, обусловливаемая неравномѣрностью поперечнаго сѣченія, не должна превосходить $\frac{5}{10000}$ ома.

«Столбъ ртути, заполняющей трубку, слѣдуетъ разсматривать, какъ ограниченный плоскостями, соприкасающимися съ концами трубки.

«Длина оси трубки, масса ртути, наполняющей трубку, и электрическое сопротивленіе ртути опредѣляются при температурѣ по возможности близкой къ 0°, а измѣренія приводятся къ 0°.

«Для электрическихъ измѣреній къ концамъ трубки при-
«соединяются стеклянные сосуды шаровой формы (діаметромъ
«около 4 см.) съ проводниками для главнаго тока и для отвѣт-
«вленія. Эти сосуды должны имѣть цилиндрическіе придатки для
«удобнаго соединенія съ концами трубокъ. Внѣшній край каждаго
«изъ концовъ трубки долженъ совпадать съ продолженіемъ
«внутренней шаровой поверхности соотвѣтствующаго конце-
«вого сосуда. Провода, соприкасающіеся съ ртутью, должны
«быть изъ тонкой платиновой проволоки, впаянной въ стекло.
«Точка входа тока и конецъ трубки должны находиться на
«противоположныхъ концахъ діаметра шара, а проводъ отвѣт-
«вленія — между этими точками въ равномъ разстояніи отъ
«каждой изъ точекъ. Всѣ провода должны быть достаточно
«тонкими, чтобы ихъ теплопроводность не вносила ошибки
«въ сопротивленіе ртути.

«Наполненіе трубки ртутью при электрическихъ сравненіяхъ
«должно производиться при тѣхъ же условіяхъ, какъ и напол-
«неніе при опредѣленіи массы.

«Сопротивленіе, которое надо прибавить къ сопротивленію
«ртутнаго столба, какъ неизбежное влияніе концевыхъ сосудовъ,
«вычисляется по формулѣ

$$A = \frac{0,80}{1063\pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \text{ ома,}$$

«гдѣ r_1 и r_2 радіусы (въ мм.) концевыхъ сѣченій просвѣта трубки.

«Среднее изъ вычисленныхъ сопротивленій по меньшей
«мѣрѣ пяти трубокъ служить для опредѣленія величины еди-
«ницы сопротивленія.

«При сравненіи сопротивленій съ ртутными образцами из-
«мѣренія должны производиться по меньшей мѣрѣ для трехъ
«отдѣльныхъ наполненій трубокъ ртутью».

Трубки для образцовъ Главной Палаты приготовлены изъ
французскаго твердаго стекла *verre dur*¹⁾. Въ 1909 г. париж-

¹⁾ Въ настоящее время техника изготовленія разнаго рода предме-
товъ изъ сплавленнаго кварца значительно подвинулась впередъ; по-
этому надо ожидать, что въ будущемъ капиллярныя трубки изъ кварца,
какъ наиболее всего удовлетворяющія требованію непамятности, зай-
мутъ первенствующее мѣсто.

ский конструктор Vaudin по заказу Палаты выбралъ на основании приближенной калибровки шесть трубокъ, какъ наилучшія изъ всего имѣвшагося у него запаса, составлявшаго 18 кгр. (около 150 трубокъ), тщательно выпрямилъ ихъ и нанесъ на нихъ 1100 миллиметровыхъ дѣлений. Внѣшній діаметръ трубокъ колебался въ предѣлахъ отъ 5 мм. до 6 мм., поперечное сѣченіе канала было близко къ 1 кв. мм. Длина трубокъ равнялась 120 см. Эти шесть трубокъ и послужили для изготовленія ртутныхъ образцовъ.

Сопротивленіе ртутнаго столбика массы M , постоянного сѣченія S и длины L_0 при 0° равно:

$$R = \rho \frac{L_0}{S} = \rho \frac{L_0^3 d_0}{M},$$

гдѣ ρ — коэффициентъ, зависящій отъ выбора единицъ, а d_0 — плотность ртути при 0° . Если L_0 выражено въ миллиметрахъ, S — въ квадратныхъ миллиметрахъ, M — въ миллиграммахъ и R — въ международныхъ омахъ, то согласно опредѣленію международного ома,

$$1 = \rho \frac{1063^3 d_0}{14452,1},$$

откуда

$$\rho d_0 = \frac{14452,1}{1063^3} = 0,01278982$$

и

$$R = 0,01278982 \frac{L_0^3}{M} \dots \dots \dots (1)$$

Въ дѣйствительности сѣченіе канала стеклянной трубки неравномерно. Обозначивъ черезъ s_x поперечное сѣченіе на разстояніи x отъ начала трубки, имѣемъ для сопротивленія при 0° введеннаго въ трубку столбика ртути длины L_0 выраженіе:

$$R = \rho \int_0^{L_0} \frac{dx}{s_x},$$

или

$$R = \frac{\rho}{S} \int_0^{L_0} \frac{dx}{\sigma_x},$$

гдѣ S обозначаетъ значеніе *средняго сѣченія* ¹⁾ канала для

¹⁾ Среднее сѣченіе есть сѣченіе такого цилиндра, длина и объемъ котораго тѣ же, что и у даннаго столбика ртути.

той части трубки, которую занимает данный столбикъ ртути, а σ_x — равное отношенію $\frac{s_x}{S}$, — *относительное сѣченіе* въ данномъ мѣстѣ трубки, выраженное въ среднемъ сѣченіи. Вводя, подобно предыдущему, массу ртутнаго столбика и выражая сопротивление въ международныхъ омахъ, получаемъ:

$$R = 0,01278982 \frac{L_0}{M} \int \frac{dx}{\sigma_x} \dots \dots \dots (2)$$

Вычисленіе по (2) сопротивления столбика ртути, наполняющей данную трубку, вообще говоря, есть задача невозможная, такъ какъ нельзя найти точнаго аналитическаго выраженія для закона измененія сѣченія трубки. Поэтому *практически* приходится прибѣгать къ нѣкоторымъ упрощеніямъ, позволяющимъ сдѣлать расчетъ сопротивления съ достаточной степенью приближенія. Для хорошихъ трубокъ, т. е. такихъ, гдѣ сѣченіе измѣняется вдоль длины трубки *плавно* и *незначительно*, можно допустить, что весь каналъ состоитъ изъ столь небольшихъ отрѣзковъ, что на протяженіи каждаго изъ нихъ измѣненіе сѣченія идетъ въ одну сторону, т. е. или возрастая или убывая. Въ такомъ случаѣ было бы ближе всего къ истинѣ разсматривать каналъ трубки, какъ рядъ примыкающихъ одинъ къ другому усѣченныхъ конусовъ, длина каждаго изъ которыхъ равна l , среднее относительное сѣченіе σ_k , а число конусовъ n . Однако въ цѣляхъ упрощенія вычисленій удобнѣе прибѣгнуть къ двумъ послѣдовательнымъ приближеніямъ и въ первомъ приближеніи считать каналъ составленнымъ изъ ряда элементарныхъ цилиндровъ одинаковой длины l , но различнаго относительнаго сѣченія σ_k , а во второмъ приближеніи ввести поправку на коничность въ видѣ нѣ котораго множителя. Тогда въ первомъ приближеніи будемъ имѣть:

$$R = 0,01278982 \frac{L_0}{M} \sum_1^n \frac{l_0}{\sigma_k},$$

или, принимая во вниманіе, что $l_0 = \frac{L_0}{n}$,

$$R = 0,01278982 \frac{L_0^2}{M} \frac{1}{n} \sum_1^n \frac{1}{\sigma_k} \dots \dots \dots (3)$$

Вопросъ, какую длину выбрать для элементарныхъ цилиндровъ, рѣшается ходомъ относительнаго измѣненія сѣченія канала, а также предѣломъ погрѣшности, допускаемой для образцовъ. Вообще, чѣмъ больше длина элементарнаго цилиндра, тѣмъ меньше должно быть вычисленное сопротивление по сравнению съ дѣйствительнымъ. Въ таблицѣ V приводится расчетъ сопротивления ртути, наполняющей трубку, при послѣдовательномъ уменьшеніи длины элементарныхъ цилиндровъ. Примѣръ относится къ неблагоприятной въ этомъ отношеніи трубкѣ № 1, у которой измѣненія сѣченія самыя большія. Въ первомъ столбцѣ таблицы указано число отрѣзковъ, на которое подраздѣляется ртутный столбикъ, наполняющій трубку между дѣлениями 0 и 1100, во второмъ—длина отрѣзковъ, въ третьемъ—сопротивленіе ртутнаго столбика и въ четвертомъ разности между послѣдующей и предыдущей величинами сопротивления, выраженные въ миллионныхъ доляхъ ома.

Таблица V.

<i>n</i>	<i>l</i> (мм.)	Вычисленное сопротивление въ омахъ.	$\Delta \cdot 10^6$	Наибольш. S_1/S_2	γ_m
1	1100	1,103212		—	—
2	550	1,103217	+ 5	—	1,000001
4	275	1,103288	+ 71	1,020	1,000014
5	220	1,103309	+ 21	1,025	1,000012
10	110	1,103345	+ 36	1,021	1,000004
11	100	1,103345	0	1,019	1,000005
20	55	1,103355	+ 10	1,013	1,000002
22	50	1,103357	+ 2	1,012	1,000002
44	27,5	1,103359	+ 2	1,010	1,000001
55	22	1,103361	+ 2	1,010	1,000001
110	10	1,103362	+ 1	1,008	1,000000

Мы видимъ изъ таблицы, что по мѣрѣ увеличенія числа отрѣзковъ и уменьшенія ихъ длины вычисленное сопротивление замѣтно приближается къ нѣкоторому предѣлу, начиная съ $n = 20$.

При второмъ приближеніи мы предполагаемъ, что каждый изъ отрѣзковъ не цилиндръ, а усѣченный конусъ той же длины l и того же средняго относительнаго сѣченія σ_k , что и вышеупомянутый элементарный цилиндръ. Пусть r_1 и r_2 суть радиусы сѣченій, ограничивающихъ элементарный конусъ. Сопротивленіе каждаго такого конуса равно:

$$R' = \rho \int \frac{dx}{S} = \rho \int \frac{dx}{\pi \left(r_1 + \frac{r_2 - r_1}{l} x \right)^2}$$

Интегрируя послѣднее выраженіе въ предѣлахъ отъ $x = 0$ до $x = l$, получимъ:

$$R' = \rho \int_0^l \frac{dx}{\pi \left(r_1 + \frac{r_2 - r_1}{l} x \right)^2} = \frac{\rho l}{\pi r_1 r_2}$$

Съ другой стороны замѣтимъ, что среднее сѣченіе усѣченнаго конуса есть:

$$S = \frac{1}{3} \pi (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2);$$

и слѣдовательно, сопротивление цилиндра, сѣченіе котораго равно среднему сѣченію конуса, выражается такъ:

$$R'' = \frac{3\rho l}{\pi (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)}$$

Отсюда

$$\gamma = \frac{R'}{R''} = \frac{r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2}{3r_1 r_2} \quad (4)$$

Изъ (4) видно, что $\gamma > 1$, т. е. что сопротивление конуса больше сопротивленія цилиндра той же длины и того же сѣченія, какъ и среднее сѣченіе конуса. Чтобы перейти отъ сопротивленія каждаго изъ элементарныхъ цилиндровъ къ сопротивленію соответствующаго усѣченнаго конуса надо ввести поправочный множитель γ .

Множитель γ может быть вычислен по данным калибровки. Ниже приведена таблица VI, которою можно пользоваться для определения γ , если известны отношения двух сечений S_1 и S_2 , ограничивающих конус. Эта таблица взята из статьи F. E. Smith'a: On the Construction of some Mercury Standards of Resistance ¹⁾.

Таблица VI.

S_1/S_2	γ	S_1/S_2	γ
1,040	1,000131	1,009	1,000007
1,020	1,000033	1,008	1,000005
1,015	1,000019	1,007	1,000004
1,014	1,000016	1,006	1,000003
1,013	1,000014	1,005	1,000002
1,012	1,000012	1,004	1,000001
1,011	1,000010	1,003	1,000001
1,010	1,000008	1,002	1,000000

Сопоставляя (3) и (4), имеем окончательное выражение для сопротивления ртутного столбика, наполняющего трубку:

$$R = 0,01278982 \frac{L_0^2}{M} \cdot \frac{1}{n} \sum_1^n \frac{\gamma_k}{c_k},$$

или

$$R = 0,01278982 \frac{L_0^2}{M} \frac{\gamma_m}{n} \sum_1^n \frac{1}{c_k} \dots \dots (5')$$

где γ_m есть среднее из всех γ_k для n элементарных конусов.

¹⁾ The National Physical Laboratory. Coll. Res. Vol. I, p. 156.

Выраженіе (5') отличается отъ (1) множителями

$$\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{z_k} \text{ и } \gamma_m;$$

первый изъ нихъ мы будемъ называть *поправкой на неравно-
мѣрность сѣченія* и будемъ обозначать буквой C ; второй
множитель γ_m даетъ *поправку на конечность*. Соответственно
этому выраженіе (5') приметъ видъ:

$$R = 0,01278982 C \gamma_m \frac{L a^2}{M} \dots \dots \dots (5)$$

Множитель C , какъ и γ_m , всегда больше единицы. Величины
 γ_m для различнаго числа n отрезковъ, на которые подраздѣлялся
столбикъ, приведены (для трубки № 1) въ шестомъ столбцѣ табли-
цы V, а въ пятомъ столбцѣ указаны соответственные наибольшія
значенія отношенія двухъ сѣченій S_1 и S_2 , ограничивающихъ
элементарные отрезки. Какъ видно изъ таблицы, множитель γ_m
быстро уменьшается по мѣрѣ возрастанія n и при n доста-
точно большомъ дѣлается ничтожно малымъ, такъ что при рас-
четѣ сопротивленія имъ можно пренебречь.

До сихъ поръ при расчетѣ сопротивленія столбика ртути
предполагалось, что его концы представляютъ собой плоско-
сти, ограничивающія трубку. Согласно предписанію Лондон-
ской конференціи сборка ртутнаго образца для электрическихъ
сравненій требуетъ примѣненія особыхъ сферическихъ стеклян-
ныхъ сосудовъ, шлифовываемыхъ къ концамъ трубки. Вве-
деніе концовъ трубки въ ртуть, наполняющую сосуды, вноситъ
нѣкоторое переходное сопротивленіе, обусловливаемое расхожде-
ніемъ линий тока у отверстія трубки. Происходящее отъ этой
причины увеличеніе общаго сопротивленія образца равносильно
удлинению канала трубки соответственно на $a r_1$ и $a r_2$, гдѣ r_1 и r_2
радіусы концевыхъ сѣченій канала, выраженныхъ въ миллимет-
рахъ, a — нѣкоторый коэффициентъ. Этотъ коэффициентъ былъ сна-
чала рассчитанъ теоретически Maxwell'омъ и Rayleigh'емъ, а
затѣмъ его опредѣляли опытнымъ путемъ R. Benoit (0,794), Kohl-

gausch (0,789). Schrader (0,804 и 0,805), F. E. Smith (0,795), Glazebrook и Skinner (0,79). Въ среднемъ $a=0,796 \pm 0,006$. Величина коэффициента зависитъ отъ размѣровъ концевыхъ сосудовъ. Принявъ $a=0,80$ при концевыхъ сосудахъ шаровой формы диаметромъ около 4 см., конференция допустила возможную ошибку въ величинѣ коэффициента въ 1%, что отвѣчаетъ $1/100000$ абсолютной величины сопротивленія ртутныхъ образцовъ. Ошибка не играетъ никакой роли при взаимныхъ сравненіяхъ образцовъ, изготовленныхъ согласно спецификаціи.

Сферическіе сосуды нашихъ образцовъ имѣютъ диаметры около 4 см., какъ это рекомендуется въ спецификаціи конференции.

Полное сопротивленіе ртутнаго образца при температурѣ 0° выразится въ международныхъ омахъ слѣдующимъ образомъ:

$$R_0 = R + \frac{0,8}{1063} \left(\frac{r_1}{\pi r_1^2} + \frac{r_2}{\pi r_2^2} \right) =$$

$$= 0,01278982 C \frac{L_2^3}{M} + \frac{0,8}{1063\pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (6)$$

Итакъ конструктивная часть работы въ существенныхъ своихъ чертахъ сводится къ слѣдующему:

A. Изученіе канала трубокъ (калибровка).

B. Опредѣленіе длины трубокъ при температурѣ 0° (компарированіе).

C. Опредѣленіе массы ртути, наполняющей трубки при температурѣ 0°.

Глава III. Изучение канала трубокъ.

Поправки на калибрь.—Зависимость между относительнымъ сѣченіемъ s и поправками на калибрь.—Исследование шкалы, нанесенной на трубкѣ. Методъ опредѣленія поправокъ дѣлений. Таблица поправокъ.—Значеніе одного среднего дѣленія при 0°. — Калибровка. Методъ Marek-Verloft. Выводъ формулъ. Первое и второе приближенія. Главная и дополнительная калибровки. Калибровка крайнихъ дециметровъ. Точность калибровки. Таблица и кривая поправокъ.—Вычисленіе C и γ .

Калибровка образцовыхъ трубокъ имѣетъ своей задачей найти законъ измѣненія поперечнаго сѣченія ихъ канала. Сущность калибровки, какъ извѣстно, состоитъ въ сравненіи емкостей различныхъ частей канала помощью вводимаго въ него ртутнаго столбика. Если на трубкѣ нанесена шкала, состоящая изъ ряда равноотстоящихъ дѣленій, то объемъ ртутнаго столбика можно условно выражать въ дѣленіяхъ этой шкалы. Будемъ разсматривать два капилляра: одинъ данный, другой воображаемый строго цилиндричный, имѣющій такую же длину и такую же емкость между начальнымъ и конечнымъ дѣленіями шкалы, какъ и данный. Очевидно, что площадь среднего сѣченія даннаго капилляра равна площади сѣченія воображаемаго капилляра. Примемъ за единицу объема емкость, соответствующую одному дѣленію воображаемой цилиндричной трубки. Возьмемъ нѣкоторый отрѣзокъ данной трубки между дѣленіями m и n . Столбикъ ртути, заполняющій въ данной трубкѣ въ точности промежутокъ канала $[m, n]$, будучи переведенъ въ вышеупомянутую воображаемую цилиндричную трубку, займетъ въ послѣдней уже нѣкоторое другое число дѣленій, и чтобы выразить его объемъ въ принятой нами единицѣ, нужно къ отсчетамъ m и n прибавить нѣкоторыя поправки, называемыя *поправками на калибрь*. Такимъ образомъ поправка на калибрь представляетъ собой то число дѣленій, которое слѣдуетъ прибавить къ отсчету, чтобы получить дѣйстви-

тельную емкость части трубки между начальнымъ дѣленіемъ и даннымъ, выраженную въ дѣленіяхъ шкалы. При этомъ поправки для начального и конечнаго дѣлений шкалы равны нулю.

Согласно опредѣленію поправокъ на калибръ емкость трубки между дѣленіями m и n выражается слѣдующимъ образомъ:

$$L_{m,n} = n - m + x_n - x_m,$$

гдѣ x_m и x_n суть поправки на калибръ, соответствующія дѣленіямъ m и n , а $L_{m,n}$ —число дѣлений, которое занималъ бы столбикъ, если бы при той же емкости трубка была строго цилиндрична. Отношеніе

$$\sigma_{m,n} = \frac{n - m + x_n - x_m}{n - m} = 1 + \frac{x_n - x_m}{n - m} \dots (7)$$

представляетъ собой среднее относительное сѣченіе даннаго отръзка капилляра, выраженное въ среднемъ сѣченіи S всей трубки. При безконечномъ уменьшеніи длины отръзка $[m, n]$ выраженіе (7) въ предѣлѣ обращается въ слѣдующее выраженіе для относительнаго сѣченія въ данномъ мѣстѣ капилляра:

$$\sigma_m = 1 + f(m), \dots (7')$$

гдѣ функція $x = f(k)$ представляетъ собой законъ измѣненія поправокъ на калибръ.

До сихъ поръ мы предполагали, что шкала равномерна. Несмотря, однако, на большія достоинства работы Vaudin'a дѣленія на трубкахъ оказались неравноотстоящими, и поэтому для каждой изъ нихъ потребовалось предварительное изученіе ошибокъ дѣлений. Переходимъ къ изложенію этой части работы.

Положимъ, мы имѣемъ шкалу, состоящую изъ n промежутковъ не вполне равныхъ между собою. Обозначимъ первое дѣленіе черезъ 0, второе черезъ 1 и т. д., послѣднее черезъ n . Представимъ себѣ, что кромѣ данныхъ $n + 1$ дѣлений между 0 и n нанесены еще $n + 1$ равноотстоящихъ дѣлений. Пусть далѣе данъ отръзокъ прямой, начало котораго приходится точно противъ дѣленія 0, а конецъ точно противъ нѣкотораго дѣленія k шкалы. Выразимъ его длину числомъ помѣщающихся

въ ней равноотстоящихъ дѣленій; пусть это число равно d . Тогда *поправкой* (y_k) дѣленія k данной шкалы называется то число дѣленій, которое слѣдуетъ прибавить къ данному отсчету k по шкалѣ, чтобы получить число d . Поправки для дѣленій 0 и n шкалы равны нулю. Поправки бываютъ положительными или отрицательными. Поправка, взятая съ обратнымъ знакомъ, называется *ошибкой данного дѣленія*. Очевидно, что ошибки дѣленія обуславливаются съ одной стороны погрѣшностями винта дѣлительной машины, съ другой—всеми случайными причинами, имѣвшими мѣсто при нанесеніи дѣленій. Поэтому ихъ нельзя разсматривать, какъ непрерывную функцію, подобно, напр., поправкамъ на калибръ; нельзя, слѣдовательно, говорить о кривой ошибокъ дѣленій точно также, какъ не можетъ быть и рѣчи объ интерполированіи ошибокъ для промежуточныхъ дѣленій.

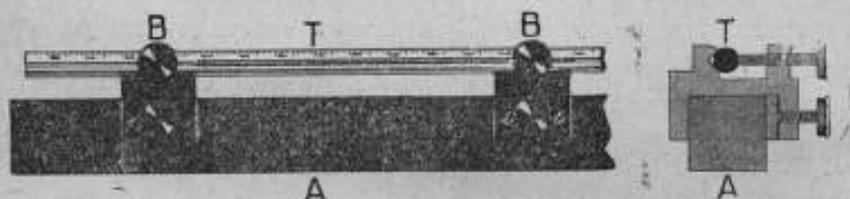


Рис. 1. (1/4 дят. вѣд.).

Методъ опредѣленія поправокъ дѣленій, указанный намъ Директоромъ Международнаго Бюро мѣръ и вѣсовъ R. Benoit, по своему существу ничѣмъ не отличается отъ метода, применяемаго для изученія дѣленій на мѣрахъ длины. Поправки дѣленій для первыхъ трехъ трубокъ (№№ 1, 2 и 3) были опредѣлены въ Международномъ Бюро на универсальномъ компараторѣ. Для трубокъ №№ 4, 5 и 6 эти поправки опредѣлялись въ Палатѣ на большой дѣлительной машинѣ работы Женевскаго Общества.

Трубка T укрѣплялась при измѣреніяхъ на алюминіевомъ брускѣ A (рис. 1.) прямоугольнаго сѣченія при помощи особыхъ зажимовъ B . Брусокъ A устанавливался на тѣлѣжкѣ

компаратора или дѣлительной машины всегда такимъ образомъ, чтобы ось стеклянной трубки пересѣкалась оптическими осями обоихъ микроскоповъ.

Были изучены тѣ дѣленія на трубкахъ, для которыхъ въ послѣдствіи опредѣлялись поправки на калибръ, т. е. каждое дѣленіе кратное 50, а именно: 0, 50, 100, 150 и т. д.

Условимся обозначать символомъ $[m . n]$ промежутокъ между дѣленіями m и n трубки, а поправки для любыхъ дѣленій m и n соответственно черезъ y_m и y_n ; примемъ во вниманіе, что для крайнихъ дѣленій 0 и 1100 поправки равны нулю. Пусть L есть длина всей шкалы $[0 . 1100]$. Тогда по опредѣленію поправки дѣленія:

$$[0 . m] = m + y_m$$

$$[0 . n] = n + y_n$$

Вычитая первое равенство изъ второго, имѣемъ

$$[m . n] = n - m + y_n - y_m \dots \dots \dots (8)$$

Въ томъ случаѣ, когда поправки опредѣляются для дѣленій кратныхъ 50, получимъ:

$$[m . n] = \frac{L}{22} + y_n - y_m \dots \dots \dots (8')$$

Если бы дѣленія были равноотстоящи, то длина каждаго промежутка въ 50 дѣленій была бы $\frac{L}{22}$.

Порядокъ наблюдений былъ слѣдующій. Прежде всего сравнивались между собой $[0 . 550]$ и $[550 . 1100]$, т. е. лѣвая и правая половины трубки. При равноотстоящихъ дѣленіяхъ длина каждой половины шкалы была бы $\frac{L}{2}$. Пусть наблюдения даютъ $[0 . 550] - [550 . 1100] = a$, гдѣ a выражено въ доляхъ дѣленій трубки. Изъ двухъ уравненій:

$$[0.550] + [550.1100] = L$$

$$[0.550] - [550.1100] = a$$

находимъ:

$$\left. \begin{aligned} [0.550] &= \frac{L}{2} + \frac{a}{2} \\ [550.1100] &= \frac{L}{2} - \frac{a}{2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

Слѣдовательно (см. 8) $y_{550} = + \frac{a}{2}$.

Затѣмъ каждыя 50 дѣлений лѣвой половины трубки сравнивались съ произвольно выбраннымъ промежуткомъ $[m'.n']$ правой, и каждыя 50 дѣлений правой половины съ промежуткомъ $[m''.n'']$ лѣвой. Допустимъ, что измѣренія привели къ слѣдующему результату:

$$\left. \begin{aligned} [0.50] - [m'.n'] &= a_1 & [550.600] - [m''.n''] &= a_{12} \\ [50.100] - [m'.n'] &= a_2 & [600.650] - [m''.n''] &= a_{13} \\ [100.150] - [m'.n'] &= a_3 & [650.700] - [m''.n''] &= a_{14} \\ \dots \dots \dots & & \dots \dots \dots & \\ [450.500] - [m'.n'] &= a_{10} & [1000.1050] - [m''.n''] &= a_{21} \\ [500.550] - [m'.n'] &= a_{11} & [1050.1100] - [m''.n''] &= a_{22} \end{aligned} \right\} (10)$$

Остановимся на лѣвой половинѣ равенствъ (10). Для нахождения поправокъ y_{50}, y_{100}, \dots складываемъ равенства; получаемъ:

$$[0.550] - 11 [m'.n'] = \Sigma a \text{ или } [m'.n'] = \frac{[0.550]}{11} - \frac{\Sigma a}{11}$$

Подставляемъ послѣднее выраженіе для $[m'.n']$ въ тѣ равенства, изъ которыхъ оно получено; тогда, принимая во вниманіе (9), имѣемъ:

$$\left. \begin{aligned} [0.50] &= \frac{L}{22} + \frac{a}{22} - \frac{\Sigma a}{11} + a_1 = \frac{L}{22} + A_1 \\ [50.100] &= \frac{L}{22} + \frac{a}{22} - \frac{\Sigma a}{11} + a_2 = \frac{L}{22} + A_2 \\ [100.150] &= \frac{L}{22} + \frac{a}{22} - \frac{\Sigma a}{11} + a_3 = \frac{L}{22} + A_3 \\ \dots \dots \dots & \\ [450.500] &= \frac{L}{22} + \frac{a}{22} - \frac{\Sigma a}{11} + a_{10} = \frac{L}{22} + A_{10} \\ [500.550] &= \frac{L}{22} + \frac{a}{22} - \frac{\Sigma a}{11} + a_{11} = \frac{L}{22} + A_{11} \end{aligned} \right\} (10)$$

Такъ какъ поправка для конечнаго дѣленія 1100 есть нуль, то и y_{1100} должно получиться равнымъ нулю, что служить контролемъ вычислений.

Таблица VII.

Подраздѣленіе на двѣ части.

$[0.550] + [550.1100] = L$	$[0.550] = \frac{L}{2} + 4,12\mu$
$[0.550] - [550.1100] = + 8,25\mu$	$[550.1100] = \frac{L}{2} - 4,12$
	$y_{550} = + 4,12\mu$

Подраздѣленіе на 22 части.

$[0.50]$	$[850.900] + 3,00\mu$	$\frac{L}{22} + 3,03\mu$	$y_0 = 0,00\mu$
$[50.100]$	" - 5,00	" - 4,97	$y_{50} = + 3,03$
$[100.150]$	" + 2,50	" + 2,53	$y_{100} = - 1,94$
$[150.200]$	" - 3,25	" - 3,22	$y_{150} = + 0,60$
$[200.250]$	" + 5,00	" + 5,03	$y_{200} = - 2,61$
$[250.300]$	" + 3,50	" + 3,53	$y_{250} = + 2,42$
$[300.350]$	" + 4,25	" + 4,28	$y_{300} = - 5,95$
$[350.400]$	" - 2,50	" - 2,47	$y_{350} = + 10,24$
$[400.450]$	" + 0,50	" + 0,53	$y_{400} = - 7,77$
$[450.500]$	" - 4,50	" - 4,47	$y_{450} = + 8,31$
$[500.550]$	" + 0,25	" + 0,28	$y_{500} = + 3,84$
			$y_{550} = + 4,12$

$$\begin{aligned}
 [0.550] &= 11 [850.900] + 3,75\mu \\
 [850.900] &= \frac{[0.550]}{11} - 375 \\
 &= \frac{L}{22} + 0,03\mu
 \end{aligned}$$

$[550.600]$	$[200.250] - 0,75\mu$	$\frac{L}{22} + 4,65\mu$	$y_{550} = + 4,12\mu$
$[600.650]$	" - 4,25	" + 1,15	$y_{600} = + 8,77$
$[650.700]$	" - 11,75	" - 6,35	$y_{650} = + 9,92$
$[700.750]$	" - 6,25	" - 0,85	$y_{700} = + 3,56$
$[750.800]$	" - 12,00	" - 6,60	$y_{750} = + 2,72$
$[800.850]$	" - 5,00	" + 0,40	$y_{800} = - 3,89$
$[850.900]$	" - 5,00	" + 0,40	$y_{850} = - 3,49$
$[900.950]$	" + 1,50	" + 6,90	$y_{900} = - 3,09$
$[950.1000]$	" - 1,25	" + 4,15	$y_{950} = + 3,81$
$[1000.1050]$	" + 4,50	" + 9,90	$y_{1000} = + 7,95$
$[1050.1100]$	" - 28,25	" - 17,85	$y_{1050} = + 17,85$
			$y_{1100} = 0,00$

$$\begin{aligned}
 [550.1100] &= 11 [200.250] - 63,50\mu \\
 [200.250] &= \frac{[550.1100]}{11} + 1100 \\
 &= \frac{L}{22} + 5,40\mu
 \end{aligned}$$

Въ качествѣ примѣра приводимъ ходъ вычислений поправокъ дѣлений для трубки № 2 (таблица VII). Длины выражены въ тысячныхъ доляхъ дѣленія, т. е. въ микронахъ.

Для контроля производилось затѣмъ сравненіе между собой промежутковъ въ 2 дециметра. Ходъ сравненія пояснимъ на частномъ случаѣ той же трубки № 2. Въ первомъ столбцѣ таблицы VIII помѣщены сравниваемые промежутки; во второмъ— B означаетъ нѣкоторый постоянный промежутокъ, представляющій собой ничто иное, какъ разстояніе между оптическими осями микроскоповъ, съ которыми сравниваются промежутки въ два дециметра. Числа второго столбца суть избытки длинъ каждаго изъ промежутковъ въ два дециметра надъ промежуткомъ B . Сумма всѣхъ строкъ этого столбца, дѣленная на 10, т. е. $B + 112,4 \mu$ есть среднее изъ всѣхъ 10-ти промежутковъ въ 2 дециметра; обозначимъ ее черезъ M . Заменяя B во второмъ столбцѣ его значеніемъ, выраженнымъ въ M , получаемъ третій столбецъ таблицы. Съ другой стороны, обо-

Таблица VIII.

	Наблюдения.		Вычисления.		Δ
					набл.—вычисл.
[0.200]	$B + 109,8 \mu$	$M - 2,6 \mu$	$B' - 2,6 \mu$	$M - 3,6 \mu$	+ 1,0 μ
[100.300]	" + 117,5	" + 5,1	" + 7,9	" + 6,9	- 1,8
[200.400]	" + 120,5	" + 8,1	" + 10,4	" + 9,4	- 1,3
[300.500]	" + 109,3	" - 3,1	" - 2,1	" - 3,1	0,0
[400.600]	" + 115,5	" + 3,1	" + 1,0	" 0,0	+ 3,1
[500.700]	" + 113,0	" + 0,6	" - 0,3	" - 1,3	+ 1,9
[600.800]	" + 98,0	" - 14,4	" - 12,7	" - 13,7	- 0,7
[700.900]	" + 106,0	" - 6,4	" - 6,7	" - 7,7	+ 1,3
[800.1000]	" + 121,3	" + 8,9	" + 11,8	" + 10,8	- 1,3
[900.1100]	" + 113,0	" + 0,6	" + 3,1	" + 2,1	- 1,5
	$10 B + 1123,9 = 10 M$		$10 B' + 9,8 = 10 M$		Средн. $\pm 1,8 \mu$

значивъ черезъ B' длину промежутка въ два дециметра на равномерной шкалѣ, мы на основаніи найденныхъ выше поправокъ y_{20} , y_{100} и т. д. можемъ составить четвертый столбецъ табл. VIII.

Суммируя строки четвертаго столбца и обозначая, подобно предыдущему, черезъ M среднее изъ всѣхъ промежутковъ, получаемъ пятый столбецъ, который долженъ быть тождественъ съ третьимъ столбцомъ. Разности Δ объясняются ошибками наблюдений и въ среднемъ не превосходятъ двухъ микроновъ.

Какъ будетъ видно дальше, мѣста отрѣзовъ у всѣхъ шести трубокъ лежатъ въ первомъ и послѣднемъ дециметрахъ. Такъ какъ случайный характеръ ошибокъ дѣлений исключаетъ возможность интерполированія поправокъ, то для перваго и послѣдняго дециметровъ производилось дополнительное изслѣдованіе дѣлений черезъ каждый сантиметръ. При этомъ поправки вычислялись первоначально по вышеприведенной схемѣ въ системахъ $[0.100]$ и $[1000.1100]$, а затѣмъ онѣ преобразовывались къ системѣ $[0.1100]$.

Величины a для каждой трубки приводятся въ таблицахъ В (см. Приложение). Въ таблицѣ IX сопоставлены поправки дѣлений для всѣхъ трубокъ. Какъ видно, поправки вообще незначительны и только для крайнихъ дециметровъ достигаютъ $\frac{2}{100}$ дѣл. Общій для всѣхъ трубокъ характеръ распредѣленія поправокъ, особенно въ началѣ и концѣ шкалы, слѣдуетъ приписать ошибкамъ винта дѣлительной машины, которою пользовался Vaudin.

Опредѣленіе длины L_0 промежутка $[0.1100]$ при 0° выполнено на универсальномъ компараторѣ Международнаго Бюро въ Севрѣ, причемъ для сравненій служила образцовая мѣра № 112. Компарированіе производилось при комнатной температурѣ.

Если $N(a, b)_t$ есть длина промежутка на мѣрѣ, съ которымъ сравнивался промежутокъ $[0.1100]$, то компарированіе при температурѣ t приводитъ къ формулѣ:

$$L_t - N(a, b)_t = k,$$

Таблица IX.

m	Универс. компар. Между. Б. и. и. в.			Длительная машина Гл. П.		
	1	2	3	4	5	6
0	0 _p	0 _p	0 _p	0 _p	0 _p	0 _p
10	+ 5	+ 3	+ 2	+ 4	+ 2	+ 3
20	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7
30	+ 4	+ 6	+ 5	+ 10	+ 7	+ 7
40	+ 4	+ 5	+ 3	+ 6	+ 5	+ 6
50	+ 2	+ 3	+ 3	+ 5	+ 4	+ 5
60	+ 1	+ 3	+ 1	+ 2	+ 6	+ 2
70	0	+ 2	+ 2	+ 3	+ 6	+ 5
80	- 2	0	0	- 1	+ 6	+ 3
90	- 3	- 1	- 1	0	+ 5	+ 4
100	- 3	- 1	- 1	- 1	+ 3	+ 4
150	- 3	+ 1	- 1	+ 1	+ 3	+ 7
200	- 7	- 2	0	0	+ 2	+ 6
250	- 4	+ 2	+ 4	+ 4	- 1	+ 9
300	- 2	+ 6	+ 9	+ 5	+ 1	+ 9
350	+ 4	+ 9	+ 15	+ 10	+ 5	+ 14
400	+ 5	+ 7	+ 9	+ 5	+ 5	+ 15
450	+ 3	+ 8	+ 9	+ 6	+ 4	+ 13
500	- 1	+ 3	+ 6	+ 2	- 2	+ 10
550	- 2	+ 4	+ 6	+ 4	- 2	+ 6
600	- 3	+ 9	+ 15	+ 11	+ 3	+ 8
650	- 2	+ 11	+ 14	+ 10	+ 3	+ 7
700	- 1	+ 5	+ 9	+ 19	0	- 4
750	- 4	+ 4	+ 11	+ 15	+ 3	+ 3
800	0	- 2	+ 7	+ 10	- 1	+ 2
850	- 1	- 2	+ 7	+ 12	+ 1	+ 7
900	0	- 2	+ 7	+ 13	+ 3	+ 10
950	+ 4	+ 5	+ 14	+ 17	+ 7	+ 15
1000	+ 3	+ 8	+ 13	+ 13	+ 7	+ 12
1010	+ 7	+ 13	+ 16	+ 14	+ 9	+ 15
1020	+ 9	+ 15	+ 17	+ 18	+ 10	+ 18
1030	+ 10	+ 18	+ 18	+ 19	+ 12	+ 19
1040	+ 12	+ 19	+ 19	+ 22	+ 15	+ 22
1050	+ 11	+ 18	+ 19	+ 21	+ 11	+ 16
1060	+ 9	+ 16	+ 16	+ 21	+ 9	+ 15
1070	+ 17	+ 20	+ 19	+ 22	+ 15	+ 21
1080	+ 18	+ 19	+ 17	+ 24	+ 16	+ 21
1090	+ 12	+ 11	+ 11	+ 19	+ 9	+ 11
1100	0	0	0	0	0	0

гдѣ k выражено въ микронахъ и получается непосредственно изъ отсчетовъ микрометровъ компаратора. Для приведеній къ 0° мы пользовались готовыми таблицами, составленными въ Международномъ Бюро для мѣры № 112, и коэффициентомъ расширенія verge d'or , опредѣленнымъ Guillaume'омъ (см. дальше). Для каждой трубки производилось по 4 серіи наблюденій (таблицы А, см. Приложение). Результаты компарированій приведены въ таблицѣ X, гдѣ λ_0 есть длина одного средняго дѣленія шкалы.

Таблица X.

№ трубки.	L_0	λ_0
1	1099,903 мм.	0,999912 мм.
2	1099,893 "	0,999903 "
3	1099,883 "	0,999894 "
4	1099,924 "	0,999931 "
5	1099,904 "	0,999913 "
6	1099,887 "	0,999897 "

Калибровка трубокъ составляла наиболѣе продолжительную часть работы. Она производилась по методу, разработанному въ *Международномъ Бюро мѣры и вѣсовъ* для нормальныхъ термометровъ и указанному намъ Директоромъ Бюро R. Benoit.

Общій ходъ калибровки былъ слѣдующій.

Главная калибровка состояла въ опредѣленіи поправокъ для 21 *главныхъ дѣленій*: 50, 100, 150 и т. д., т. е. для каждаго дѣленія кратнаго 50 при помощи послѣдовательно вводимыхъ въ трубку ртутныхъ столбиковъ, число которыхъ было 21, а длины—соотвѣственно 50, 100, 150 . . . 1050 дѣленій. Каждый столбикъ наблюдался во всѣхъ послѣдовательныхъ положеніяхъ, при которыхъ его концы располагались непосредственно у главныхъ дѣленій 0, 50, 100 и т. д. Положимъ, что m и n два какихъ либо главныхъ дѣленій, и пусть ртутный столбикъ, длина котораго близка къ $n - m$ дѣленій, распо-

ложенъ какъ разъ между этими дѣленіями; тогда, согласно опредѣленію поправокъ на калибръ,

$$n + \Delta n + x_{n + \Delta n} - (m + \Delta m + x_{m + \Delta m}) = L, \quad (12')$$

гдѣ $m + \Delta m$ и $n + \Delta n$ суть отсчеты по шкалѣ противъ концовъ столбика, $x_{m + \Delta m}$ и $x_{n + \Delta n}$ — поправки на калибръ, соответствующія этимъ отсчетамъ, а L — число дѣлений, которое занималъ бы столбикъ, если бы при той же емкости трубка была строго цилиндрична.

По малости отрѣзковъ Δm и Δn можно въ первомъ приближеніи замѣнить $x_{m + \Delta m}$ и $x_{n + \Delta n}$ черезъ x_m и x_n . Въ такомъ случаѣ получаемъ:

$$\lambda_p + x_m - x_n = a, \quad \dots \dots \dots (12)$$

гдѣ

$$\lambda_p = L - (n - m) \text{ и } a = \Delta n - \Delta m.$$

λ_p есть нѣкоторая длина, постоянная для данного столбика, a — избытокъ длины столбика надъ длиной промежутка (m, n).

Каждое отдѣльное положеніе столбика приводитъ къ одному подобному уравненію. Число подлежащихъ измѣренію положеній всѣхъ 21 ртутныхъ столбиковъ, а слѣдовательно и число уравненій, равно $(2 + 22) \times \frac{21}{2} = 252$. Рѣшеніе уравненій вида (12) даетъ поправки *перваго приближенія*.

При *второмъ приближеніи* слѣдуетъ принять въ расчетъ, что поправка на калибръ представляетъ собой непрерывную функцію $f(k)$ отъ дѣлений шкалы; тогда

$$\left. \begin{aligned} x_{m + \Delta m} &= x_m + f(m) \Delta m \\ x_{n + \Delta n} &= x_n + f(n) \Delta n \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

причемъ $f(m)$ и $f(n)$ суть измѣненія поправокъ на одно дѣленіе шкалы; эти измѣненія легко опредѣляются по кривой поправокъ перваго приближенія.

Подставляя въ (12') вмѣсто $x_{m + \Delta m}$ и $x_{n + \Delta n}$ ихъ значенія изъ (13) приходимъ къ формулѣ:

$$\lambda_p + x_m - x_n = \Delta n + f(n) \Delta n - (\Delta m + f(m) \Delta m). \quad (14')$$

Теперь остается ввести въ формулу (14') поправки дѣлений. Обозначая ихъ соответственно черезъ y_m и y_n , получаемъ:

$$\lambda_p + x_m - x_n = \Delta n + f(n) \Delta n + y_n - (\Delta m + f(m) \Delta m + y_m). \quad (14)$$

Рѣшеніе уравненій вида (14) даетъ поправки второго приближенія, отнесенныя къ равноотстоящимъ дѣленіямъ.

Послѣ главной калибровки производилась *дополнительная* калибровка въ каждомъ изъ 11-ти дециметровъ помощью ртутныхъ столбиковъ длиной въ 20, 40, 60 и 80 дѣлений; полученныя съ ея помощью поправки для каждаго дѣленія кратнаго 20 преобразовывались въ основную систему [0.1100], по извѣстной формулѣ:

$$y_i = y_m + \frac{x_i - x_m + (1 - c)(i - m)}{c}, \quad \text{гдѣ } c = \frac{n + x_n - (m + x_m)}{n + y_n - (m + y_m)}.$$

Для двухъ крайнихъ дециметровъ, гдѣ въ послѣдствіи производился отрѣзъ трубки, калибровка иногда продолжалась еще дальше, черезъ каждый сантиметръ (10 дѣлений).

Трубка при калибровкѣ закрѣплялась на упомянутомъ уже раньше алюминіевомъ брускѣ (рис. 1), который устанавливался на специально для этого изготовленномъ переносномъ компараторѣ, снабженномъ двумя длиннофокусными микроскопами; послѣдніе можно было перемѣщать параллельно оси калибруемой трубки. Большой вѣсъ ртутныхъ столбиковъ и сравнительно малое сопротивленіе канала ихъ перемѣщенію требовало передъ отсчетами установки двухъ противоположныхъ менисковъ столбика на одной и той же высотѣ; это достигалось помощью двухъ подъемныхъ столиковъ, на которые опирались концами алюминіевый брусокъ. Передъ калибровкой, а также всякій разъ, когда замѣчалось загрязненіе стекла и размываніе основанія менисковъ, каналъ трубки промывался, а затѣмъ высушивался. Перемѣщеніе столбика вдоль трубки производилось слѣдующимъ образомъ: на одинъ изъ концовъ калибруемой трубки надѣвалась каучуковая трубка; держа эту послѣднюю одновременно обѣими руками и чередуя сдавливаніе ея въ од-

номъ мѣстѣ съ освобожденіемъ въ другомъ, легко было перемѣщать столбикъ въ желаемомъ направленіи.

Для всѣхъ трубокъ, кромѣ № 5, отсчеты производились на глазъ, причемъ окулярная нить каждаго изъ микроскоповъ располагалась посреди двухъ смежныхъ дѣленій, между которыми приходился конецъ ртутнаго столбика, и оцѣнивалось разстояние рѣзко очерченной линіи касанія ртути со стекломъ отъ соответствующаго дѣленія трубки. Трубка же № 5 калибрована помощью окулярнаго микрометра, и какъ показалъ опытъ, такой способъ отсчета, требующій гораздо больше труда и времени, нежели предыдущій, не увеличиваетъ точности.

Въ виду большого числа столбиковъ поправки на менискъ можно было не принимать въ расчетъ, такъ какъ эти поправки въ среднемъ исключаются и не оказываютъ вліянія на результаты калибровки, которая заключается, собственно говоря, въ сравненіи относительныхъ емкостей различныхъ частей трубки.

Такъ какъ при калибровкѣ мы не пользовались ванной постоянной температуры, то для устраненія температурныхъ вліяній каждое положеніе ртутнаго столбика наблюдалось два раза: одинъ разъ при послѣдовательномъ перемѣщеніи столбика отъ меньшихъ къ большимъ дѣленіямъ, а другой разъ при обратномъ движеніи. Среднее изъ избытковъ a' и a'' , соответствующихъ двумъ наблюденіямъ одного и того же положенія столбика, принималось за a (см. формулу 12).

Поправки для главныхъ дѣленій сначала вычислялись по методу Thiesen'a, и по нимъ, а также по преобразованнымъ поправкамъ дополнительной калибровки, вычерчивались кривыя поправокъ перваго приближенія; по этимъ кривымъ вычислялись измѣненія $\Delta_1 f(k)$ поправокъ черезъ 10 дѣленій шкалы въ одну сторону отъ дѣленія k , а затѣмъ — измѣненіе $\Delta_2 f(k)$ поправокъ тоже черезъ 10 дѣленій по другую сторону. Среднее $\frac{\Delta_1 f(k) + \Delta_2 f(k)}{2}$, дѣленное на 10, принималось за измѣненіе $f'(k)$ поправокъ черезъ одно дѣленіе шкалы около точки k . Таблица XI содержитъ значенія $10 \cdot f'(k)$ для главныхъ дѣленій всѣхъ шести трубокъ. (Числа выражены въ дѣленіяхъ шкалы).

Таблица XI.

Давленіе.	Нахлѣненіе поправокъ черезъ 10 давленій.					
	Трубка № 1.	Трубка № 2.	Трубка № 3.	Трубка № 4.	Трубка № 5.	Трубка № 6.
0	+0,270	+0,013	-0,112	+0,105	-0,047	-0,130
50	+0,224	+0,015	-0,049	+0,105	-0,055	-0,041
100	+0,121	+0,010	-0,068	+0,038	-0,092	+0,009
150	+0,005	-0,027	+0,050	+0,001	-0,027	+0,022
200	-0,064	-0,033	+0,055	-0,037	-0,050	-0,027
250	-0,021	+0,059	+0,116	-0,032	-0,058	-0,032
300	+0,001	+0,094	+0,070	-0,038	-0,016	+0,016
350	-0,024	+0,053	+0,083	-0,088	-0,016	+0,056
400	-0,049	+0,049	-0,042	-0,113	+0,027	+0,169
450	-0,073	+0,015	-0,048	-0,116	+0,081	+0,104
500	-0,064	-0,002	-0,046	-0,134	+0,067	+0,042
550	-0,050	-0,032	+0,015	-0,082	+0,015	+0,072
600	-0,051	-0,041	+0,000	-0,067	-0,005	+0,031
650	-0,100	-0,073	-0,002	-0,008	+0,017	-0,003
700	-0,188	-0,062	+0,024	-0,016	-0,008	-0,021
750	-0,178	-0,082	+0,054	+0,028	+0,015	-0,016
800	-0,127	-0,080	-0,029	+0,061	-0,056	-0,060
850	-0,159	+0,022	-0,039	+0,100	+0,049	-0,006
900	+0,014	+0,100	-0,136	+0,083	+0,063	-0,003
950	+0,070	+0,071	-0,028	+0,043	+0,060	+0,006
1000	+0,104	+0,066	-0,023	+0,060	-0,014	-0,034
1050	+0,200	-0,010	+0,079	+0,084	-0,007	-0,106
1100	+0,272	-0,034	+0,108	+0,127	+0,008	-0,172

Числа каждаго столбца этой таблицы, уменьшенные въ 10 разъ, представляютъ собой значенія $f'(k)$ (см. форм. 14). Какъ

видно, послѣднія незначительны и только у концовъ трубки № 1 достигаютъ $\frac{2}{100}$ дѣленія шкалы.

Уравненія (14) рѣшались методомъ Marek-Benoit. Схему рѣшеній уравненій читатель можетъ найти въ статьѣ А. Н. Георгіевскаго «Калибровка капилляровъ»¹⁾.

Результаты дополнительной калибровки еще разъ преобразовывались въ основную систему. Окончательныя поправки на калибръ, отнесенныя къ системѣ равноотстоящихъ дѣленій, приведены въ табл. XII. Разность между поправками 1-го и 2-го приближеній для нашихъ трубокъ едва доходитъ до 0,02 дѣл.

Въ таблицахъ *C*, *E*, *F*, *G*, (см. Приложение) приводятся протоколы всѣхъ калибровокъ. Таблица *C* относится къ главной калибровкѣ. Въ первомъ столбцѣ указано главное дѣленіе m , у котораго помѣщался лѣвый конецъ каждаго ртутнаго столбика. Въ слѣдующихъ столбцахъ указаны отсчеты Δm и Δn для всего ряда послѣдовательно увеличивающихся ртутныхъ столбиковъ, причемъ Δm и Δn представляетъ собой среднее изъ двухъ отсчетовъ, соответствующихъ двумъ одинаковымъ положеніямъ. Таблица *E* относится къ дополнительной калибровкѣ черезъ 20 дѣленій, а *F* и *G* къ калибровкамъ крайнихъ дециметровъ черезъ 10 дѣленій. Въ этихъ таблицахъ указаны величины $a = \Delta m - \Delta n$, соответствующія различнымъ положеніямъ всѣхъ ртутныхъ столбиковъ.

Если подставить вычисленныя значенія для x_m , x_n и λ_r въ уравненіе (14), то разность между правой частью уравненія и полученнымъ числомъ дастъ *погрѣшность наблюденія*. Таблица *D* (см. Приложение) содержитъ среднія погрѣшности наблюденій; изъ послѣднихъ можно вывести вѣроятныя погрѣшности, какъ наблюденія, такъ и поправокъ на калибръ²⁾. Однако самымъ вѣрнымъ способомъ оцѣнки точности результатовъ является повторная калибровка одной и той же трубки, что и было сдѣлано съ трубкой № 6. Таблица XIII содержитъ результаты трехъ главныхъ калибровокъ, произведенныхъ двумя наблюдателями.

¹⁾ Временникъ Г. П. Серія II, Вып. 1, стр. 29.

²⁾ Travaux et Mémoires, Vol. V, p. 21—29. 1886.

Таблица XIII.

Трубка № 6.

Длина.	Декабрь 1910 г. Наблюд. М. О. Маликовъ.		Апрѣль 1911 г. Наблюд. А. Н. Г. и М. О. М.		Августъ 1911 г. Наблюд. А. Н. Георгиев- скій.		Среднее.
	Поправки (дѣл.).	$\Delta \cdot 10^3$	Поправки (дѣл.).	$\Delta \cdot 10^3$	Поправки (дѣл.).	$\Delta \cdot 10^3$	
0	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
50	-0,515	+ 6	-0,520	+ 3	-0,534	-11	-0,523
100	-0,625	+14	-0,634	+ 5	-0,659	-20	-0,639
150	-0,513	+17	-0,537	+ 3	-0,549	-19	-0,580
200	-0,560	+14	-0,575	+ 1	-0,588	-14	-0,574
250	-0,695	+14	-0,711	- 2	-0,722	-13	-0,709
300	-0,779	+10	-0,793	- 4	-0,794	- 5	-0,789
350	-0,621	+ 8	-0,625	+ 4	-0,640	-11	-0,629
400	-0,041	+ 5	-0,041	+ 5	-0,056	-10	-0,046
450	+0,656	+16	+0,641	+ 1	+0,622	-18	+0,640
500	+0,968	+11	+0,961	+ 4	+0,942	-15	+0,957
550	+1,254	+15	+1,238	- 1	+1,224	-14	+1,239
600	+1,519	+ 9	+1,510	0	+1,502	- 8	+1,510
650	+1,625	+11	+1,608	- 6	+1,609	- 5	+1,614
700	+1,484	+ 8	+1,479	+ 3	+1,465	-11	+1,476
750	+1,873	+ 2	+1,861	-10	+1,878	+ 7	+1,871
800	+1,209	+ 4	+1,208	+ 3	+1,197	- 8	+1,205
850	+1,042	+ 6	+1,040	+ 4	+1,026	-10	+1,036
900	+1,042	+ 8	+1,037	+ 3	+1,022	-12	+1,034
950	+1,054	- 2	+1,061	+ 5	+1,053	- 3	+1,056
1000	+0,966	+ 4	+0,961	- 1	+0,960	- 2	+0,962
1050	+0,639	+ 4	+0,634	- 1	+0,633	- 2	+0,635
1100	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
		Ср. + 9		Ср. + 1		Ср. -10	$\Delta = \pm 7.10^{-3}$

Поправки средняго столбца относятся къ калибровкѣ, произведенной совместно обоими наблюдателями, и какъ видно изъ таблицы, онѣ ближе всего къ арифметическому среднему (последній столбецъ) изъ результатовъ всѣхъ трехъ калибровокъ. Эти поправки приняты за окончательныя поправки для трубки № 6. Разности Δ между поправками каждой изъ калибровокъ и ихъ арифметическимъ среднимъ показываютъ, что средняя погрѣшность результата не выходитъ за предѣлы $\pm 1/100$ дѣл. Средняя погрѣшность наблюденія, какъ это видно изъ таблицы D (см. Приложение), вдвое больше этой величины.

Ходъ измѣненія поправокъ на калибръ для каждой изъ трубокъ представленъ кривыми рис. 2—7. Кривыя вычерчены по результатамъ второго приближенія. Цифры, стоящія у ординатъ слѣва, указываютъ величины поправокъ въ дѣленіяхъ шкалы.

На тѣхъ же рис. 2—7 вычерчены относительныя сѣченія σ_k (ломанная линія), выраженыя въ среднемъ сѣченіи S всей трубки ($S = 1$). Цифры, стоящія у ординатъ справа, указываютъ величины σ_k .

Вертикальныя пунктирныя линіи въ первомъ и последнемъ дециметрахъ обозначаютъ тѣ мѣста, гдѣ внослѣдствіи у трубокъ были отрѣзаны лишніе концы.

Сообразно характеру измѣненія какъ поправокъ на калибръ, такъ и сѣченій, всѣ шесть трубокъ могутъ быть раздѣлены на двѣ категоріи. Однѣ изъ нихъ (№ 1 и № 4) имѣютъ большія колебанія въ величинахъ поправокъ и сѣченій при общемъ плавномъ ходѣ кривыхъ. У остальныхъ трубокъ (№№ 2, 3, 5 и 6) колебанія въ поправкахъ и въ сѣченіяхъ невелики, но ходъ ихъ измѣненій сложенъ.

Таблица XIII и формула (7) позволяютъ вычислить поправки на неравнобѣрность сѣченія и на коничность:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{\sigma_k} \text{ и } \gamma_n$$

для той части канала, которая заключается между дѣленіями 0 и 1100.

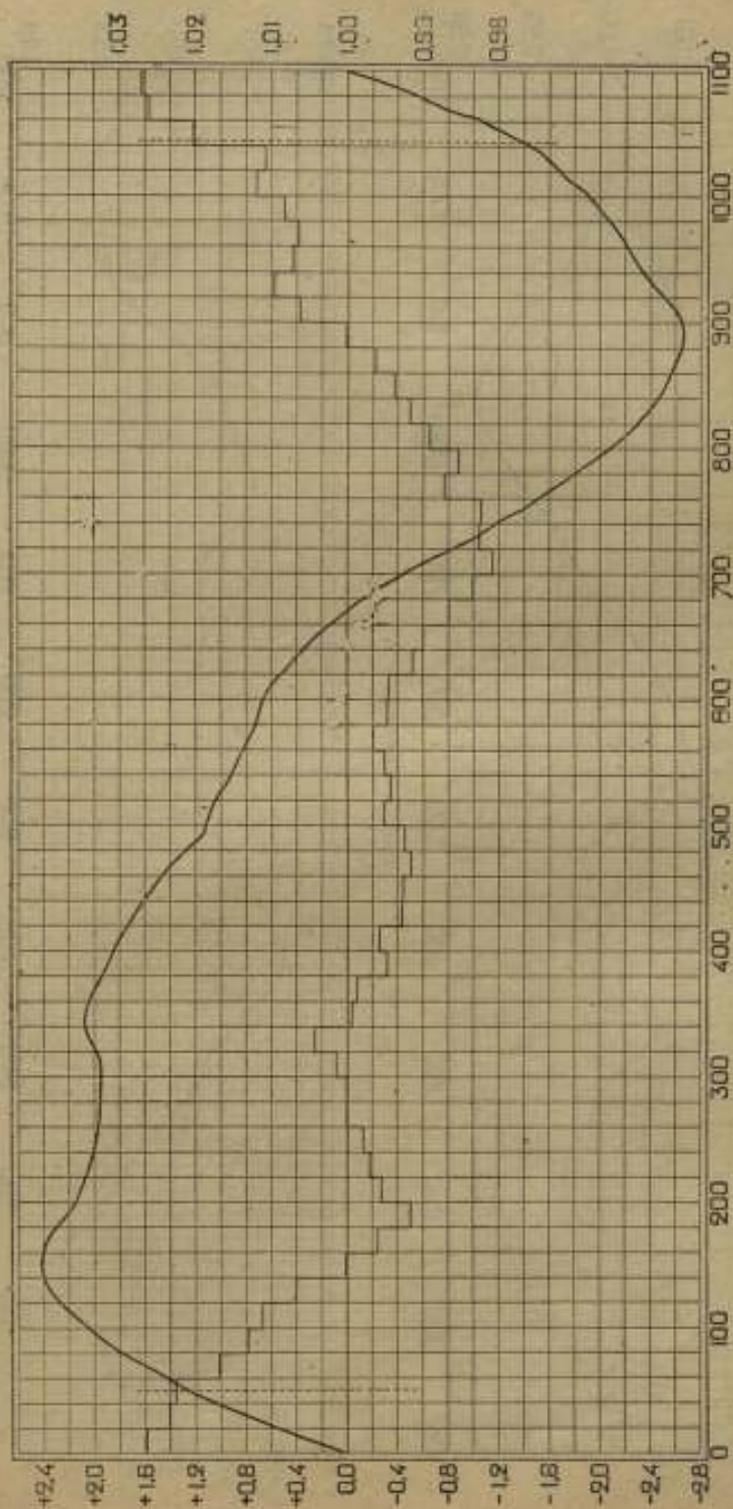


Рис. 2. Трубка № 1.

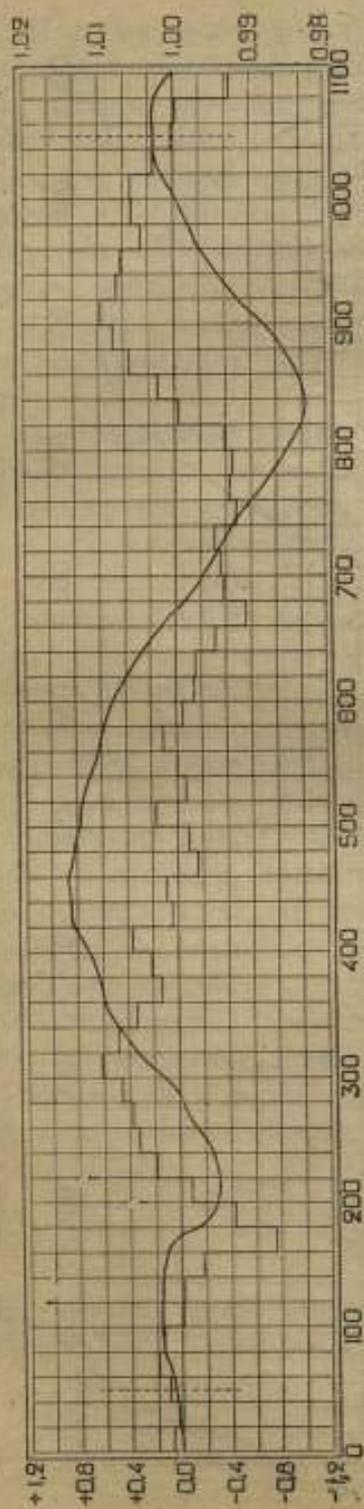


Рис. 3. Трубка № 2.

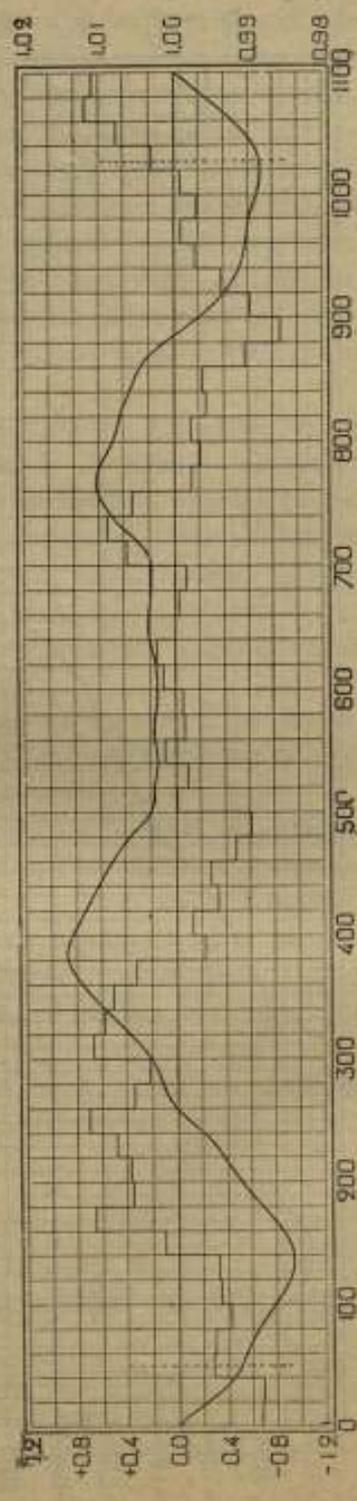


Рис. 4. Трубка № 3.

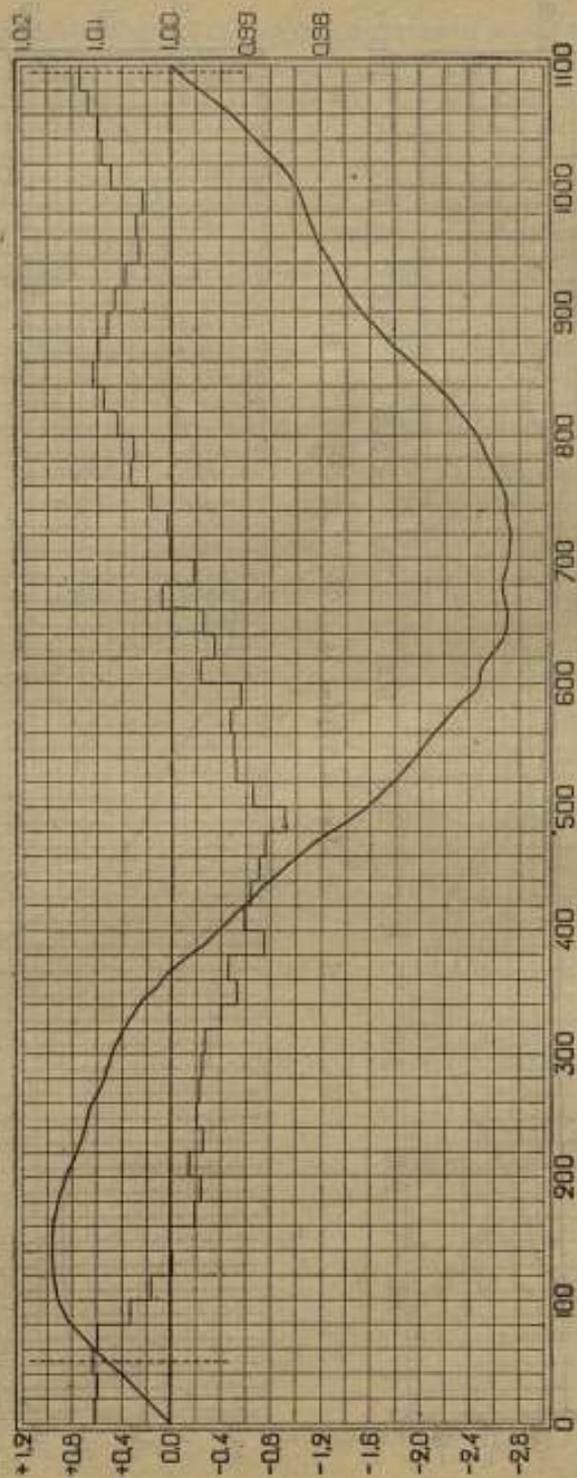


Рис. 5. Трубка № 4.

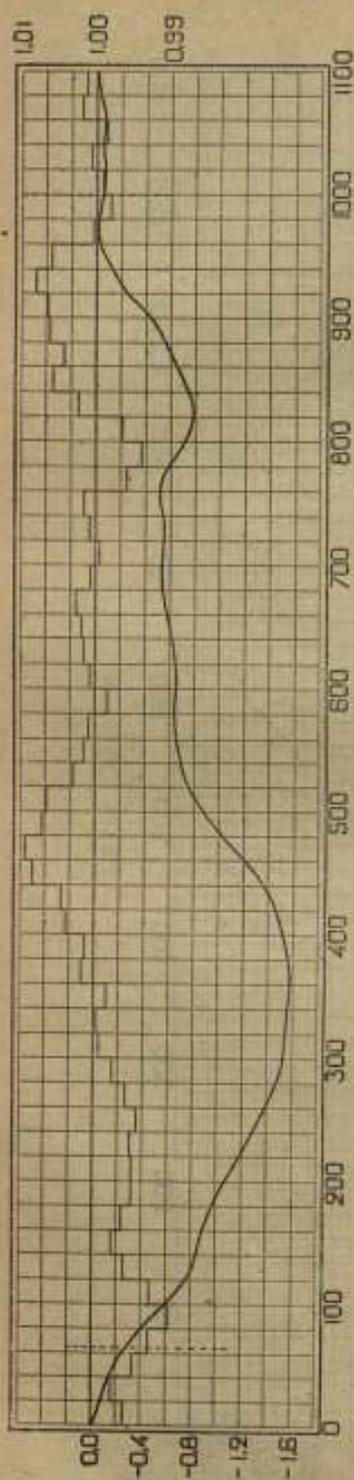


Рис. 6. Труба № 5.

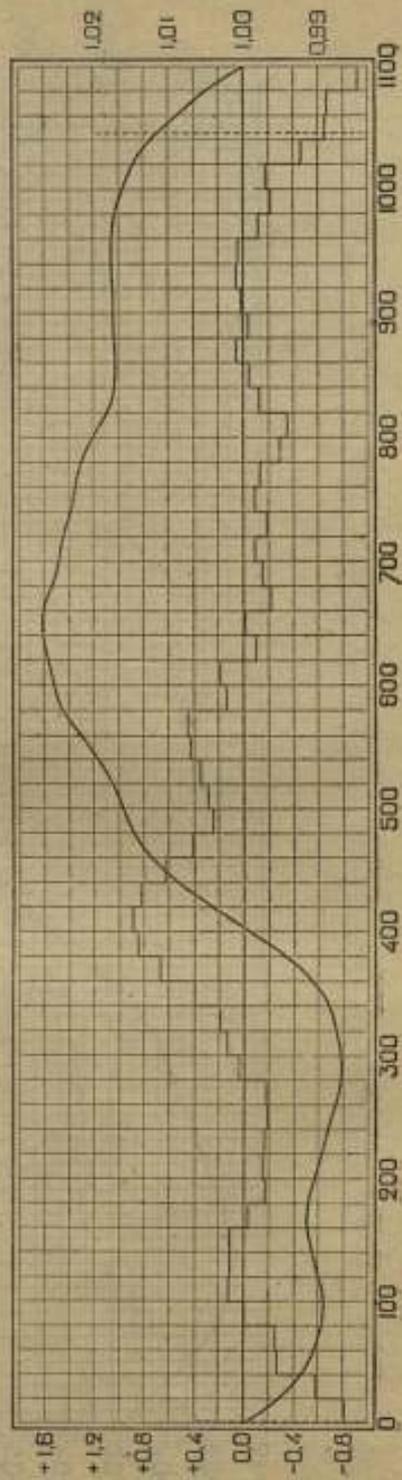


Рис. 7. Труба № 6.

Эти поправки для всех трубок приведены в таблицѣ XIV. Второй столбецъ таблицы относится къ случаю подраздѣленія трубки на 11 элементарныхъ отрезковъ, третій—на 22 отрезка

Таблица XIV.

№№ трубокъ.	$n = 11;$ $n - m = 100$ дѣл.		$n = 22;$ $n - m = 50$ дѣл.		$n = 55;$ $n - m = 20$ дѣл.	
	C	γ_m	C	γ_m	C	γ_m
1	1,000120	1,000005	1,000131	1,000002	1,000135	1,000001
2	1,000021	1,000002	1,000027	1,000001	1,000030	1,000000
3	1,000029	1,000003	1,000038	1,000002	1,000044	1,000001
4	1,000057	1,000003	1,000059	1,000001	1,000060	1,000000
5	1,000014	1,000001	1,000017	1,000001	1,000019	1,000000
6	1,000031	1,000007	1,000037	1,000002	1,000040	1,000000

и четвертый — на 55 отрезковъ. Легко видѣть, что уже подраздѣленіе на 22 части обезпечиваетъ поправкѣ C достаточную точность и даетъ для γ_m ничтожно малое значеніе. Поправки C очень близки къ единицѣ, что свидѣтельствуетъ о хорошихъ качествахъ трубокъ Vaudin'a.

Глава IV. Приготовление образцовых трубок.

Формула для расчета сопротивления ртути, наполняющей трубку. — Очистка ртути. — Мытье трубок. — Определение объема, соответствующего одному среднему делению. — Точки отреза. — Шлифовка концов трубок. — Множители C для образцовых трубок.

Съченія всѣхъ шести трубокъ Vaudin'a таковы, что для каждой изъ нихъ длина ртутнаго столбика, отвѣчающая одному ому, лежитъ въ предѣлахъ отъ 900 до 1100 мм.; а такъ какъ нанесенная на каждой трубкѣ миллиметровая шкала состоитъ изъ 1100 дѣлений, то сопротивление ртути, наполняющей трубку между крайними дѣлениями 0 и 1100, больше, чѣмъ нужно для образца. Предварительнымъ расчетомъ можно опредѣлить тѣ мѣста, гдѣ трубка должна быть отрѣзана. Вычисленіе сопротивления ртутнаго столба требуетъ знанія M — массы ртути въ объемѣ трубки, какъ это слѣдуетъ изъ формулъ (3) и (5). Однако для предварительныхъ расчетовъ, пока лишніе концы трубокъ еще не удалены, удобнѣе опредѣлить опытнымъ путемъ не массу M , а значеніе средняго сѣченія S канала, или, вѣрнѣе, среднюю емкость v_0 при 0° , отвѣчающую одному дѣленію равномерной шкалы. При этомъ для вычисленія сопротивления должна служить иная формула, чѣмъ (3) или (5).

Если подраздѣлить трубку на элементарные отрѣзки длиной въ l дѣлений, то сопротивление ртути, наполняющей каждый изъ отрѣзковъ, при температурѣ 0° равно:

$$r = \frac{\lambda_0}{1063} \cdot \frac{1}{V \frac{1}{\lambda_0}}$$

Здѣсь V — объемъ рассматриваемаго отрѣзка въ куб. мм., а λ_0 — длина одного средняго дѣленія при 0° .

Согласно определению поправок на калибръ

$$V = v_0 (l + x_n - x_m),$$

гдѣ x_n и x_m — поправки на калибръ для начального и конечнаго дѣленія разсматриваемаго цилиндра.

Отсюда:

$$r = \frac{(H_0)^2}{1063 v_0} \cdot \frac{1}{l + x_n - x_m}.$$

Сопротивленіе всей ртути выразится суммой:

$$R = \frac{\lambda_0^2}{1063 v_0} \sum \frac{l^2}{l + x_n - x_m} \dots \dots \dots (15)$$

Сравнивая эту формулу съ равнозначущей формулой (3), мы видимъ, что выраженіе, стоящее подъ знакомъ суммы, есть ничто иное, какъ множитель C . Значенія для λ_0 приведены въ таблицѣ X; величины C могутъ быть вычислены на основаніи таблицы XII; значенія же для v_0 необходимо опредѣлить.

Въ виду важной роли, которую играетъ чистота ртути и состояніе поверхности канала въ настоящей и дальнѣйшихъ стадіяхъ изготовленія образцовъ, мы предварительно разсмотримъ этотъ вопросъ съ нѣкоторыми подробностями.

Слѣдуетъ различать двѣ степени загрязненія ртути: присутствіе въ ней металловъ или другихъ постороннихъ примѣсей и присутствіе растворенныхъ газовъ. Очищенная обычнымъ способомъ, т. е. простой перегонкой въ пустотѣ, ртуть можетъ считаться вполне чистой для лабораторныхъ цѣлей, но уже незначительныя слѣды металлическихъ примѣсей въ сильной степени вліяютъ на ея проводимость. Поэтому, когда дѣло идетъ о точныхъ измѣреніяхъ сопротивленія, особенное вниманіе должно быть направлено на окисленіе этихъ примѣсей (медленное продуваніе горячаго воздуха, раствореніе кислотами и т. п.).

Что касается до растворенныхъ въ ртути газовъ, то послѣдніе вообще увеличиваютъ ея сопротивленіе. Ленцъ¹⁾ на-

¹⁾ Известія СПб. Технологическаго Института, 1883 и 1884 гг., стр. 331.

блюдалъ въ одной изъ пробъ ртути, содержащей растворенный воздухъ, значительное увеличеніе сопротивленія (на 0,042⁰/₀), но Dougl¹⁾ считаетъ сомнительнымъ этотъ результатъ и склоненъ объяснить его ошибкой, допущенной при наполненіи трубки. Strecker нашелъ, что сопротивленіе ртути послѣ ея встряхиванія съ воздухомъ измѣняется не болѣе, чѣмъ на 0,004⁰/₀. Laas понизилъ этотъ предѣлъ до 0,001⁰/₀. Подобные же результаты получили Mascart, de-Nerville и R. Benoit. Во всякомъ случаѣ надежнѣе брать ртуть непосредственно изъ перегоннаго аппарата, безъ лишнихъ переливаній въ воздухъ. Однако намъ нерѣдко приходилось пользоваться ртутью изъ запаса ея, стоявшаго на воздухѣ нѣсколько дней, но насколько можно судить по даннымъ наблюденій, различные сорта нашего дистиллата дали результаты, отличающіеся между собой во всякомъ случаѣ менѣе, чѣмъ величинами погрѣшностей наблюденій.

Передъ употребленіемъ въ дѣло ртуть очищалась нами слѣдующимъ образомъ. Сначала она пропусклась тонкой струей три раза черезъ столбъ разведенной азотной кислоты высотой въ 1,5 метра. Послѣ этого она дважды промывалась въ дистиллированной водѣ и для осушки сливалась подъ слой крѣпкой сѣрной кислоты. Слѣды сѣрной кислоты устранялись пропусканіемъ ртути тонкой струей черезъ стеклянку, наполненную кусками ѣдкаго кали. Наконецъ ртуть перегонялась въ пустотѣ одинъ разъ²⁾.

Еще большее вліяніе на сопротивленіе оказываетъ чистота канала трубки. Здѣсь идетъ рѣчь не столько о простомъ загрязненіи стекла, легко устранимомъ промываніемъ, сколько о способности стекла конденсировать на своей поверхности влагу изъ окружающаго воздуха. Эта влага уменьшаетъ просвѣтъ трубки. Какъ показали изслѣдованія Voigt'a, Warburg'a и Parkes'a³⁾, вполне сухое стекло, внесенное въ атмосферу насыщеннхъ водяныхъ паровъ при 15° С., покрывается слоемъ

¹⁾ Wiss. Abhandl. d. P.-T. Reichsanst. B. II. 1835, p. 366.

²⁾ F. E. Smith показалъ, что повторныя перегонки ртути не оказываютъ вліянія на сопротивленіе (The National Physical Laboratory Collect. Resear. Vol. I, p. 201).

³⁾ Proc. of the Phys. Soc. Vol. XVIII, 1913. p. 410.

влаги въ 0,134 μ . Этотъ слой достигаетъ своей максимальной толщины по прошествіи двухъ недѣль, хотя уже къ концу первыхъ полусутокъ его толщина равна половинѣ максимальнаго значенія. Простой расчетъ показываетъ, что слой какого-либо вещества, равномерно покрывающій поверхность канала трубки длиной въ 1 метръ и сѣченіемъ въ 1 кв. мм., при толщинѣ всего въ $\frac{1}{100}$ μ уже настолько суживаетъ ея просвѣтъ, что сопротивление ртутнаго столба, введеннаго въ трубку, увеличивается на 0,003% — величину, превышающую погрѣшность, допустимую для образцовъ. Слой влаги почти исчезаетъ при сильномъ прогреваніи стекла (до 300° С.), но этотъ процессъ является для трубокъ настолько же рискованнымъ, насколько нежелательнымъ по причинѣ термическаго послѣдствія въ стеклѣ. Для устраненія вреднаго вліянія газоваго слоя на поверхности стекла трубку слѣдуетъ наполнять ртутью въ пустотѣ или, еще лучше, передъ наполненіемъ выдерживать ея определенное число часовъ подъ уменьшеннымъ давленіемъ.

Однако всегда есть возможность получить постоянные результаты независимо отъ того, какимъ способомъ производится удаленіе газоваго слоя съ поверхности канала. Для этого необходимо производить одинаковымъ способомъ чистку трубокъ и наполнять ихъ ртутью въ строго одинаковыхъ условіяхъ, какъ при опредѣленіи массы ртути, такъ и при электрическихъ сравненіяхъ. Дѣйствительно, уменьшеніе просвѣта трубокъ, одинаковое въ обоихъ случаяхъ, въ равной степени уменьшаетъ и массу ртути, и сопротивление ртутнаго столба, а слѣдовательно, сопротивление образца, вычисленное по формулѣ (6) будетъ вполне соответствовать сопротивленію, найденному изъ опыта.

Трубки передъ наполненіемъ ртутью всегда промывались однимъ и тѣмъ же способомъ, рекомендованнымъ Велпитъ: черезъ вертикально закрѣвленную трубку пропускалась азотная кислота, затѣмъ дважды-дистиллированная вода, затѣмъ нѣсколько капель амміака для нейтрализаціи слѣдовъ кислоты, послѣ чего трубки обильно промывались дважды-дистиллированной водой. Трубки сушились при комнатной температурѣ посред-

ствомъ пропускающаго черезъ нихъ въ теченіе 1—2 часовъ струи воздуха; предварительно проходившаго черезъ крѣпкую стрѣнную кислоту.

Емкость v_0 опредѣлялась слѣдующимъ способомъ. Въ трубку вводился ртутный столбикъ, почти заполняющій ее, и при помощи микроскоповъ измѣрялась его длина въ различныхъ положеніяхъ. Трубка, закрѣпленная на подставкѣ рис. 1, помѣщалась въ ванну опредѣленной температуры. Для трубокъ №№ 1, 2 и 3 служила водяная ванна, для остальныхъ трехъ — воздушная. Наполненіе ртутью производилось всасываніемъ помощью водяного насоса. Во избѣжаніе паралактической ошибки, являвшейся слѣдствіемъ непараллельности между собой осей микроскоповъ, послѣдніе переставлялись, такъ что половина отсчетовъ производилась при одномъ расположеніи микроскоповъ (A и B) и половина при другомъ (B и A). У каждаго конца ртутнаго столбика дѣлалось по два отсчета: для вершины и для основанія мениска; отсчеты производились такимъ же способомъ, какъ и при калибровкѣ. Поправка на менискъ вычислялась по приближенной формулѣ ¹⁾

$$w = \frac{h}{2} \left(1 + \frac{h^2}{3\rho^2} \right) \dots \dots \dots (16)$$

гдѣ w — объемъ мениска въ дѣленіяхъ шкалы, h — высота мениска и ρ — радіусъ сѣченія канала. Высота мениска колебалась при наблюденіяхъ въ предѣлахъ отъ 0,19 до 0,31 дѣленія. Среднее изъ двухъ отсчетовъ для основанія и вершины мениска даетъ первый членъ поправки $\frac{h}{2}$, второй членъ $\frac{h^2}{6\rho^2}$ для нашихъ трубокъ составляетъ + 0,008 дѣл. Длина столбика для каждаго расположенія микроскоповъ опредѣлялась въ десяти различныхъ его положеніяхъ. Затѣмъ ртуть выливалась въ стеклянный стаканчикъ и взвѣшивалась.

Пусть m и n суть среднія изъ двухъ отсчетовъ у каждаго изъ концовъ столбика, x_m и x_n —соотвѣтствующія поправки на

¹⁾ R. T. Glazebrook, Phil. Trans. A. 1888 и F. E. Smith. The National Physical Laboratory. Collect. resëar. Vol. I, p. 158.

калибрь, y_n и y_m — поправки дѣлений, тогда

$$L_t = n + x_n + y_n - (m + x_m + y_m) + 2 \times 0,008 = N_t + 0,016$$

представить изъ себя выраженную въ равноотстоящихъ дѣленіяхъ длину при t° ртутнаго столбика при условіи, что онъ ограниченъ съ обоихъ концовъ плоскостями.

Если α — объемный коэффициентъ расширения ртути, а β — линейный коэффициентъ расширения стекла, то при охлажденіи до 0° объемъ столбика уменьшится въ $(1 + \alpha t)$ разъ, но такъ какъ сѣченіе трубки уменьшится въ $(1 + 2\beta t)$ разъ, а дѣленія шкалы въ $(1 + \beta t)$ разъ, то столбикъ займетъ при 0° число равноотстоящихъ дѣлений:

$$N_0 = \frac{N_t (1 + 3\beta t)}{1 + \alpha t},$$

и длина ртутнаго столбика при указанномъ выше условіи будетъ равна

$$L_0 = (N_0 + 0,016) \text{ дѣл.}$$

Если p — вѣсъ столбика, приведенный къ пустотѣ, и δ_0 — плотность ртути при 0° , то

$$v_0 = \frac{p (1 + \alpha t)}{\delta_0 (N_t (1 + 3\beta t) + 0,016)} \dots \dots (17)$$

Входяція въ формулу (17) величины p , N_t и t , представляющія результаты наблюденій, приведены для каждой трубки въ таблицахъ *H* (см. Приложение). Величина δ_0 принята равной 13,5956. Для α и β взяты числа, найденныя Charppuis (ртуть) и Guillaume'омъ (verre dur):

$$\alpha = 10^{-6} (181690 - 2,951 t + 0,1145 t^2)$$

$$\beta = 10^{-6} (7626 + 3,62 t).$$

Для большей точности и для контроля измѣреній емкость v_0 опредѣлялась по наблюденіямъ надъ двумя или тремя столбиками, и изъ всѣхъ опредѣленій бралось среднее.

Таблица XV содержитъ эти среднія значенія v_0 .

Таблица XV.

	Трубка № 1.	Трубка № 2.	Трубка № 3.	Трубка № 4.	Трубка № 5.	Трубка № 6.
v_0 (куб. мм.)	0,937830	0,941432	0,920544	0,983778	0,880896	0,983308

Отступленія значеній v_0 , полученныхъ для каждого столбика въ отдѣльности, отъ средняго значенія лежатъ въ предѣлахъ $\pm 1,4 \times 10^{-3}$ куб. мм.

Пользуясь формулой (15), мы можемъ теперь рассчитать, какую длину нужно придать каждой трубкѣ, чтобы приготовленный изъ нея образецъ имѣлъ величину, равную единицѣ. Сдѣлать это можно только помощью послѣдовательнаго приближенія, такъ какъ при заданной напередъ одной точкѣ отрѣза неизвѣстными величинами являются двѣ: длина трубки и поправка на калибръ у другой точки отрѣза. За одну изъ этихъ точекъ лучше всего взять главное дѣленіе, для котораго поправка на калибръ опредѣляется непосредственно калибровкой.

Примѣненіе формулы (15) покажемъ на частномъ случаѣ трубки № 1.

Для этой трубки $\lambda_0 = 0,999912$ мм.; $v_0 = 0,937830$ куб. мм.

Слѣдовательно:

$$\frac{\lambda_0^2}{v_0} = 1,066104 = K.$$

Изъ формулы (6) видно, что сопротивленіе образца складывается изъ сопротивленія ртутнаго столба, заключеннаго въ трубкѣ, и изъ переходнаго сопротивленія:

$$A = \frac{0,80}{1063 \pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right).$$

Поэтому образцовая трубка должна быть такой длины, чтобы сопротивленіе наполняющей ее ртути было меньше одного международнаго ома на величину переходнаго сопротивленія. Для

вычисления послѣдняго предположимъ, что $r_1 = r_2 = r$ — радиусу средняго сѣченія трубки. Тогда:

$$r = \sqrt{\frac{v_0}{\pi \lambda_0}} = 0,54639$$

и, съ достаточной степенью приближенія,

$$A = \frac{1,6}{1000 \pi r} = 0,000932 \text{ ргуг. ед. } ^1).$$

Слѣдовательно, сопротивление ртути, наполняющей трубку, должно быть:

$$R_1 = 1,06300 - 0,000932 = 1,062068 \text{ ргуг. ед.}$$

За точку отрѣза въ первомъ дециметрѣ примемъ дѣленіе 50 и вычислимъ мѣсто отрѣза въ послѣднемъ дециметрѣ.

Сопротивленіе ртути между	0	и	1100	=	$K \times 1,100145$	=	1,172868		
»	»	»	0	»	50	=	$K \times 0,048813$	=	0,052040
»	»	»	1050	»	1100	=	$K \times 0,048761$	=	0,051984
»	»	»	50	»	1050	=			$1,068844 = R_1'$

Первое приближеніе.

$$n = 1050 \qquad R_1 - R_1' = -0,006776$$

$$n = 1050 - \frac{0,006776}{0,001066104} = 1043,644.$$

Расчетъ сопротивленія отъ 50 до 1043,644:

$n = 1043,644$	$x_n = -1,397$
$m = 1050$	$x_m = -1,270$
$n - m = -6,356$	$x_n - x_m = -0,127$
$(n - m)^2 = 40,399$	$n - m + x_n - x_m = -6,483$

$$R_1'' = 1,068844 - 0,001066104 \frac{40,399}{6,483} = 1,062200.$$

¹⁾ Для упрощенія вычисленій удобнѣе выразить сопротивленіе не въ омахъ, а въ ртутныхъ единицахъ Сименса $\left(\frac{1 \text{ метръ}}{1 \text{ кв. мм.}} \right)$.

Второе приближение.

$$m = 1043,644 \quad R_1 - R_1'' = -0,000132$$

$$n = 1043,644 - \frac{0,000132}{0,001066104} = 1043,520.$$

Расчет сопротивления отъ 50 до 1043,520:

$$\begin{array}{r} n = 1043,520 \\ m = 1050 \\ \hline n - m = -6,480 \\ (n - m)^2 = 41,990 \end{array} \quad \begin{array}{r} x_n = -1,399 \\ x_m = -1,270 \\ \hline x_n - x_m = -0,129 \\ n - m + x_n - x_m = -6,609 \end{array}$$

$$R_1''' = 1,068844 - 0,001066104 \frac{41,990}{6,609} = 1,062071.$$

Третье приближение.

$$m = 1043,520 \quad R_1 - R_1''' = -0,000003$$

$$n = 1043,520 - \frac{0,000003}{0,001066104} = 1043,517.$$

Расчет сопротивления отъ 50 до 1043,517:

$$\begin{array}{r} n = 1043,517 \\ m = 1050 \\ \hline n - m = -6,483 \\ (n - m)^2 = 42,029 \end{array} \quad \begin{array}{r} x_n = -1,399 \\ x_m = -1,270 \\ \hline x_n - x_m = -0,129 \\ n - m + x_n - x_m = -6,612 \end{array}$$

$$R_1'''' = 1,068844 - 0,001066104 \frac{42,029}{6,612} = 1,062068.$$

$$R_1 - R_1'''' = 0,000000.$$

Такимъ образомъ трубка № 1 должна быть отръзана у дѣленія 1043,517. Ея длина при 0° должна равняться:

$$(1043,517 - 50,000) \times 0,999912 = 993,430 \text{ мм.}$$

Таблица XVI содержит результаты подобных расчетов для всех шести трубок.

Таблица XVI.

№№ трубок.	Начальное дѣленіе.	Конечное дѣленіе.	Длина при 0° мм.
1	50,000	1043,517	993,430
2	50,000	1050,144	1000,047
3	50,000	1027,673	977,569
4	50,000	1094,371	1044,299
5	64,143	1000,000	935,776
6	0,000	1045,239	1045,131

Сначала удалялись лишніа части трубки. Для этого на разстояніи около 1 мм. отъ намѣченной точки на трубкѣ дѣлался глубокой круговой надрѣзъ при помощи особой стальной пилки, смачивавшейся при работѣ растворомъ камфоры въ скипидарѣ. По этому надрѣзу трубка ломалась руками. Избытокъ въ 1 мм. на каждомъ концѣ оставлялся для того, чтобы у выходныхъ отверстій образцовой трубки не было зазубринъ, случайно образовавшихся на мѣстѣ излома. Этотъ избытокъ сошлифовывался.

Первая трубка шлифовалась въ-ручную съ помощью двухъ латунныхъ дисковъ; у одного изъ нихъ было въ центрѣ круглое отверстие, въ которое вставлялся шлифуемый конецъ трубки. Трубка располагалась горизонтально, одной рукой она постепенно подавалась впередъ, другая рука притирала наждакомъ диски другъ къ другу, сошлифовывая вмѣстѣ съ тѣмъ слой за слоемъ концевую поверхность. Въ виду того, что при подобномъ способѣ шлифовки трудно сдѣлать концевую поверхность плоской, рѣвно какъ въ виду отсутствія контроля надъ постепеннымъ ходомъ работы, шлифовка остальныхъ трубокъ была произведена на шлифовальномъ станкѣ, къ которому былъ прилаженъ приборъ, изображенный на рис. 8 и 9.

Трубка *T* проходитъ сквозь втулку *B*, снабженную внизу

дискомъ *C*; нижняя поверхность диска перпендикулярна къ оси втулки *B*. Этотъ дискъ при работѣ опирался на дискъ *C'* шлифовальнаго станка. Въ дискѣ *C* устроены эбонитовые зажимы *a*, посредствомъ которыхъ закрѣпляется шлифуемый конецъ трубки *T*; при помощи винтовъ *b* трубку можно было закрѣпить такъ, чтобы ея ось проходила черезъ центръ диска.

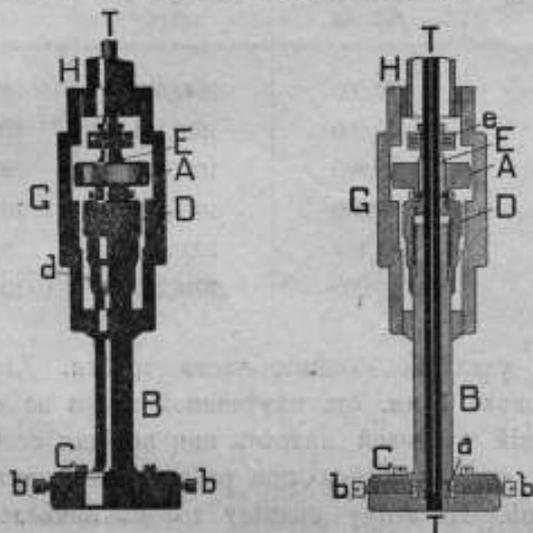


Рис. 8. ($\frac{1}{2}$ nat. вел.).

На верхній конецъ втулки *B*, снабженный микрометрической рѣзбой, навинченъ барабанъ *D*, перемѣщеніе котораго вдоль втулки *B* отсчитывается по шкалѣ *d* до нѣсколькихъ сотыхъ долей миллиметра. При вращеніи барабана *D* вмѣстѣ съ нимъ перемѣщается вверхъ и внизъ эбонитовая втулка *E*, которая закрѣпляется посредствомъ зажимовъ *e* на трубкѣ *T*, такъ что вращеніе барабана перемѣщаетъ также и трубку (при условіи, что зажимы *a* не закрѣплены), чѣмъ достигается подача на дискъ *C* определенной части ея длины. Головка *A* служить для вращенія трубки во втулкѣ *B*.

Этотъ приборъ посредствомъ обоймы *G* соединенъ съ латунной трубкой *H*, предохраняющей трубку *T* отъ поломки въ случаѣ какихъ-либо неосторожныхъ движеній со стороны работающаго. Трубка *H* укрѣплена на шлифовальномъ станкѣ

при помощи шарнирного механизма *L* и стоек *K*. Назначение шарнирного механизма — удерживать трубку в вертикаль-

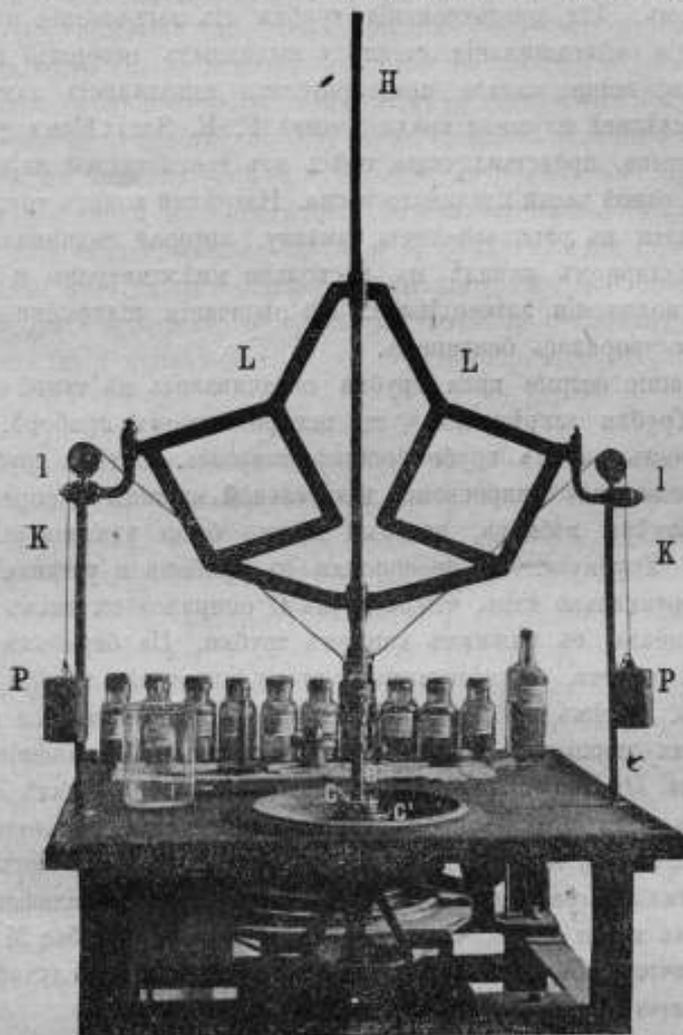


Рис 9. (1/2 пат. вел.).

номъ положеніи при свободномъ движеніи системы по диску *C'*. Въсь системы уравнивался грузами *P*. Систему можно привести въ горизонтальное положеніе, ослабивъ гайки *I*; это положеніе удобно для вкладыванія и выниманія трубки и для наблюденія за ходомъ шлифовки.

Начальная грубая шлифовка производилась посредствомъ мелкихъ сортовъ карборунда, окончательная—самымъ тонкимъ наждакомъ. Для предохраненія трубки отъ загрязненія и во избѣжаніе выкрашиванія стекла у выходныхъ отверстій при шлифовкѣ концы канала предварительно заполнялись замазкой; послѣдней служила предложенная F. E. Smith'омъ вязкая мастика, представляющая смѣсь изъ трехъ частей парафина и одной части пчелинаго воска. Нагрѣтый конецъ трубки погружался въ расплавленную замазку, которая поднималась въ капиллярномъ каналѣ на нѣсколько миллиметровъ и въ такомъ положеніи затвердѣвала. По окончаніи шлифовки замазка растворялась бензиномъ.

Внѣшніе острые края трубки обтачивались на тупой конусъ. Трубка закрѣплялась въ шлифовальномъ приборѣ, и поверхность излома грубо сошлифовывалась. Затѣмъ трубку переносили подъ микроскопы дѣлительной машины и опредѣляли размѣры избытка, который нужно было удалить шлифовкой. Трубку снова переносили въ приборъ и устанавливали вертикально такъ, чтобы дискъ *C* опирался на дискъ *C'* одновременно съ нижнимъ концомъ трубки. На барабанѣ *D* дѣлался отсчетъ, соответствующій этому положенію трубки въ приборѣ. Затѣмъ избытокъ постепенно сошлифовывался небольшими порціями, подаваемыми на дискъ *C'* вращеніемъ барабана *D*. Подача регулировалась отсчетами по шкалѣ *d*.

Шлифовка обыкновенно заканчивалась, когда достигалось приближеніе къ намѣченнымъ мѣстамъ до нѣсколькихъ сотыхъ долей миллиметра. Однако въ нѣкоторыхъ случаяхъ шлифовку пришлось вести далѣе, чѣмъ слѣдуетъ (особенно у трубки № 1), для уничтоженія царапинъ у выходнаго отверстія, случайно образовавшихся во время работы.

Съ концевыхъ поверхностей трубокъ были сдѣланы фотографическіе снимки, которые дали возможность убѣдиться въ равномерности шлифовки и въ отсутствіи изъяновъ у выходныхъ отверстій. Форма отверстій довольно близка къ кругу, наибольшія неправильности замѣчены у трубокъ № 1 и № 2. Рис. 10—12 представляютъ фотографіи концевыхъ поверхностей трубокъ № 1, № 4 и № 5 при увеличеніи въ 7 разъ (лѣ-

вое изображение — начало трубки, правое — конец трубки). У трубки № 1 самое неправильное отверстие; у трубки № 4 — наибольшее по размерам, а у трубки № 5 — наименьшее.

По окончании шлифовки трубка еще раз переносилась под микроскопы дѣлительной машины для опредѣленія дѣйствительнаго положенія мѣстъ отрѣза. Эти мѣста были опредѣлены съ точностью до 0,01—0,02 дѣленія. Измѣненіе поправки на калибръ черезъ 1 дѣленіе не превышаетъ 0,03, поэтому ошибка въ опредѣленіи точекъ отрѣза не скажется на расчетѣ сопротивленія. Въ таблицѣ XVII приведены начальныя и конечныя дѣленія отшлифованныхъ трубокъ и соответствующія имъ поправки на калибръ; послѣднія необходимы для вычисленія поправки $C_{обр.}$ на неравномерность сѣченія.

Таблица XVII.

№№ трубокъ.	Начальное дѣленіе.	Поправка на калибръ.	Конечное дѣленіе.	Поправка на калибръ.
1	50,14	+1,219	1043,37	-1,402
2	50,12	+0,045	1050,28	+0,154
3	49,96	-0,500	1027,62	-0,679
4	50,08	+0,506	1094,63	-0,066
5	64,29	-0,278	1000,02	-0,046
6	0,16	-0,002	1045,61	+0,686

Какъ мы уже знаемъ, поправка $C_{обр.}$ выражается формулой:

$$C_{обр.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_k'}$$

гдѣ $\sigma_k' = \frac{s_k}{S'}$ есть сѣченіе, отнесенное къ среднему сѣченію S' образцовой трубки. Согласно опредѣленію средняго сѣченія имѣемъ:

$$S' = \frac{1}{n} \sum s_k, \dots \dots \dots (18')$$

гдѣ s_k , какъ и выше, — сѣченіе каждаго изъ элементарныхъ

отрѣзковъ. Если S —среднее сѣченіе трубки между дѣленіями 0 и 1100 и σ_k —сѣченіе отнесенное къ S , то

$$s_k = S \sigma_k \dots \dots \dots (19)$$

и, слѣдовательно,

$$S' = \frac{S}{n} \sum_1^n \sigma_k \dots \dots \dots (18)$$

На основаніи (18) и (19) имѣемъ:

$$C_{\text{оср.}} = \frac{1}{n^2} \sum_1^n \sigma_k \sum_1^n \frac{1}{\sigma_k} \dots \dots \dots (20')$$

Пусть каналъ образцовой трубки состоитъ изъ цѣлаго числа n равныхъ элементарныхъ отрѣзковъ и изъ двухъ меньшихъ отрѣзковъ по концамъ, составляющихъ a -ую и b -ую часть элементарнаго отрѣзка. Тогда формулу (20') можно представить такъ:

$$C_{\text{оср.}} = \frac{1}{(a+n+b)^2} \left(a \sigma_a + \sum_1^n \sigma_k + b \sigma_b \right) \left(\frac{a}{\sigma_a} + \sum_1^n \frac{1}{\sigma_k} + \frac{b}{\sigma_b} \right) (20)$$

Такъ какъ въ формулѣ (20) σ_a , σ_b и σ_k отнесены къ среднему сѣченію трубки между дѣленіями 0 и 1100, то $C_{\text{оср.}}$ вычисляется непосредственно по даннымъ калибровки согласно формулѣ (7).

Поправки $C_{\text{оср.}}$ для всѣхъ образцовыхъ трубокъ содержатся въ таблицѣ XVIII.

Таблица XVIII.

	Трубка № 1.	Трубка № 2.	Трубка № 3.	Трубка № 4.	Трубка № 5.	Трубка № 6.
$C_{\text{оср.}}$. .	1,000080	1,000030	1,000031	1,000056	1,000021	1,000032



1862

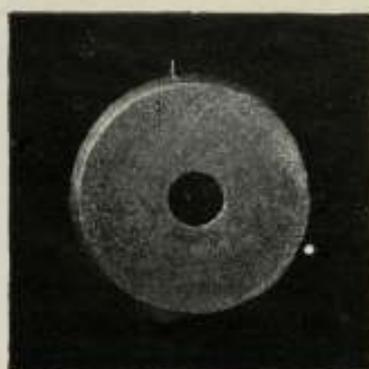
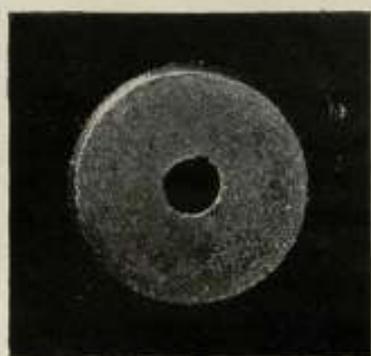


Рис. 10. Трубка № 1.

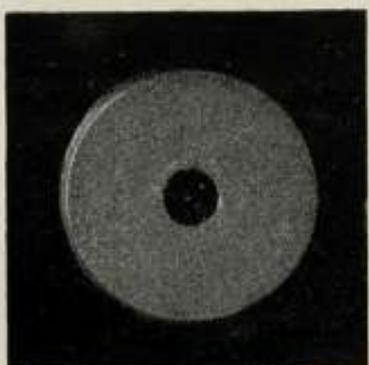
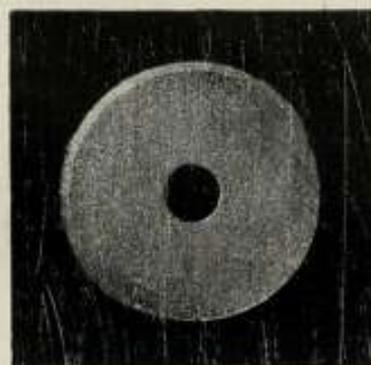


Рис. 11. Трубка № 4.

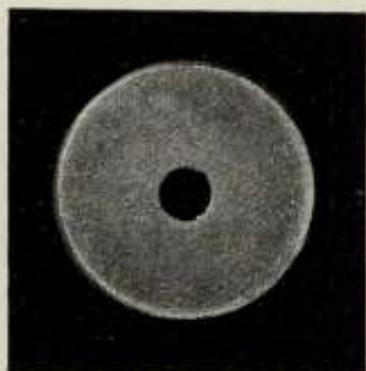


Рис. 12. Трубка № 5.

Глава V. Опредѣленіе длины L_0 .

Компарированіе. Контакты. Образцовыя мѣры длины. Периоды наблюдений. Результаты компарированія. — Искривленіе оси трубокъ. Методъ исслѣдованія. Кривыя, изображающія оси трубокъ. Поправка на искривленіе оси.

Длина трубокъ при 0° была опредѣлена при помощи универсальнаго компаратора Главной Палаты работы Troughton'a и Sims'a. Измѣренія производились при температурѣ близкой къ 0° , какъ это требуется спецификаціей. Мѣра длины и образцовая трубка помѣщались въ общей мѣдной ваннѣ, которая служила для сличенія мѣръ въ водѣ. Ванна раздѣлена продольной перегородкой на два отдѣленія: въ одномъ отдѣленіи устанавливалась мѣра длины, въ другомъ — ближе къ наблюдателю — на высотѣ мѣры помѣщалась трубка въ V-образномъ желобѣ, тщательно выстроганномъ на бронзовой подставкѣ. На трубку накладывались по всей ея длинѣ свинцовыя грузики съ цѣлью выправить случайный прогибъ ея.

Для охлажденія воды служилъ ледъ, помѣщавшійся въ особыхъ отдѣленіяхъ на концахъ ванны. Вращающаяся электрическая турбинка вызывала циркуляцію воды изъ одного отдѣленія въ другое черезъ слой льда. Перемѣшиваніе начиналось приблизительно за полчаса до наблюдений и прекращалось передъ самымъ началомъ отсчетовъ на все время, пока они производились. Температура воды и погруженныхъ въ нее мѣры и трубки измѣрялась четырьмя термометрами, установленными по-парно у трубки и у мѣры на уровнѣ послѣднихъ. Отсчеты термометровъ производились при помощи микроскопа. Для устраненія температурныхъ колебаній во время наблюдений ванна сверху закрывалась стеклами и станиоловой бумагой, причемъ оставлялись небольшія окошки для отсчетовъ

показаній термометровъ и для наводки нитей микрометровъ на соответствующіе штрихи у мѣры и у трубки.

Изъ первыхъ же опытовъ пришлось убѣдиться, что наводкой нитей на края трубки не достигается достаточная точность вслѣдствіе отсутствія симметріи поля зрѣнія (наводка нитей на линію, раздѣляющую свѣтлую и темную части поля) и вслѣдствіе неопредѣленности положенія визируемой точки относительно оси трубки. Для увеличенія точности была примѣнена пара дополнительныхъ контактовъ, которые, будучи приложены къ концамъ трубки, касались послѣдней у выходныхъ отверстій; на контактахъ нанесены штрихи для наводки нитей микрометровъ. Длина трубки опредѣляется такимъ образомъ

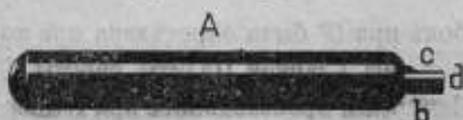


Рис. 13. (нат. вел.).

разностью двухъ величинъ: разстоянія между двумя штрихами, взятыми по одному на обоихъ контактахъ, когда послѣдніе расположены по концамъ трубки и касаются концевыхъ плоскостей опредѣленными точками, и разстоянія между тѣми же штрихами, когда послѣ удаленія трубки контакты придвинуты другъ къ другу до соприкосновенія въ тѣхъ же самыхъ точкахъ, которыми они касались трубки.

На рис. 13 изображенъ одинъ изъ контактовъ. *А* представляетъ цилиндръ около 5 см. длинной и 7,5 мм. діаметромъ, съ одной стороны у него имѣется цилиндрической придатокъ *В* около 5 мм. длинной и 3,4 мм. діаметромъ, причемъ оси обоихъ цилиндровъ совпадаютъ; на придаткѣ имѣется тщательно отполированная площадка, на которой были нанесены штрихи. Оба контакта были выточены сразу изъ одного куска инвара ¹⁾, сразу же на нихъ была сдѣлана площадка, и уже послѣ этого они были разрѣзаны. Конецъ *d* отшлифованъ въ видѣ шаровой поверхности радіуса въ 2 см. Этотъ способъ изготовленія былъ примѣненъ для избѣжанія ошибокъ въ случаѣ, если

¹⁾ Сплавъ (36,5 Ni + 63,5 Fe).

оси сближенных контактов не окажутся на одной прямой, и вершины d слегка найдут друг на друга. При помещении трубки и контактов в V -образный желоб контакты касаются концевых плоскостей трубки приблизительно на 0,7 мм выше края выходного отверстия.

Рис. 14 изображает площадки сдвинутых до соприкосновения контактов с нанесенными на них штрихами; штрихи обозначены условно номерами. Для наблюдений были выбраны наиболее отчетливые крайние штрихи, обозначенные на рисунке цифрой 4. Контакты прижимались к трубке мельхиоровыми пружинками, укрепленными на подставке.

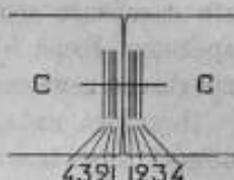


Рис. 14.

При определении длины трубок мы пользовались двумя образцовыми мерами: платино-иридиевой полусаженю

$\frac{Pt - Ir}{\text{полусажень \# 4}}$ 1894 — для трубок длиннее одного метра и

инварным метром М 318 — для трубок короче метра. На

первой мере, на которой нанесены полусажень, метр, аршин, дюйм и части названных единиц, были взяты следующие

промежутки: 1) для трубки № 2 — промежуток между делениями, соответствующими $\frac{1}{2}$ дециметра и $10\frac{1}{2}$ дециметра

$[\frac{1}{2} \text{ Д} \cdot 10\frac{1}{2} \text{ Д}]$; 2) для трубки № 4 — промежуток между делением, нанесенным на 1 мм. влево от нулевого и

делением, соответствующим 41,1 дюйма $[-1 \text{ мм} \cdot 41,1 \text{ дм.}]$

и 3) для трубки № 6 — промежуток $[0 \cdot 41,2 \text{ дм.}]$. На метр М 318, подразделенном на миллиметры, взяты три промежутка: 1) для трубки № 1 промежуток $[0 \cdot 994]$, 2) для трубки № 3 —

$[0 \cdot 978]$ и 3) для трубки № 5 — $[0 \cdot 936]$.

Величины указанных выше промежутков при 0° следующие:

$$\begin{array}{l} \text{Полусажень \# 4} \left\{ \begin{array}{l} [\frac{1}{2} \text{ Д} \cdot 10\frac{1}{2} \text{ Д}] = 999,9953 \text{ мм.} \\ [-1 \text{ мм} \cdot 41,1 \text{ дм.}] = 1044,7823 \text{ »} \\ [0 \cdot 41,2 \text{ дм.}] = 1046,3208 \text{ »} \end{array} \right. \\ \\ \text{Метр М 318} \dots \dots \dots \left\{ \begin{array}{l} [0 \cdot 994] = 994,0002 \text{ »} \\ [0 \cdot 978] = 977,9981 \text{ »} \\ [0 \cdot 936] = 935,9989 \text{ »} \end{array} \right. \end{array}$$

Величина промежутка [$\frac{1}{3} D \cdot 10^{\frac{1}{3}} D$], основного для мѣры П 4, была опредѣлена Ф. И. Блумбахомъ при работѣ по возобновленію прототиповъ. Остальные промежутки были изучены специально для сличенія трубокъ при помощи образцового инварнаго дециметра D 40, эталонированнаго въ Международномъ Бюро мѣръ и вѣсовъ. Длина мѣры М 318 была опредѣлена немедленно по окончаніи компарированія трубокъ¹⁾.

Порядокъ наблюденій былъ совершенно одинаковъ съ тѣмъ, который примѣняется въ Главной Палатѣ при сличеніи мѣръ длины. Съ приемами работы насъ ознакомилъ Ф. И. Блумбахъ, взявшій на себя трудъ произвести параллельно съ нами измѣренія длинъ всѣхъ шести трубокъ; благодаря этому мы имѣемъ двойной рядъ наблюденій, обеспечивающій достаточную точность.

Наблюденія начинались отсчетомъ показаній четырехъ термометровъ, далѣе слѣдовали отсчеты микрометровъ на мѣрѣ длины, причемъ дѣлалось по 6 отсчетовъ каждого микрометра; затѣмъ подъ микроскопами устанавливалась трубка, и производилось по 12 отсчетовъ каждого микрометра на выбранныхъ дѣленіяхъ контактовъ; мѣсто трубки снова занимала мѣра, и снова производилось по 6 отсчетовъ, а затѣмъ отсчитывались показанія термометровъ во второй разъ. Послѣ этого наблюденія повторялись въ прежнемъ порядкѣ и заканчивались третьимъ отсчетомъ показаній термометровъ. Всего, слѣдовательно, для каждого дѣленія производилось по 24 отсчета, изъ всѣхъ отсчетовъ бралось среднее. Вся серія отсчетовъ продолжалась около 15 минутъ. Въ таблицѣ XIX приведенъ взятый на удачу протоколъ наблюденій, иллюстрирующій одну изъ 96 такихъ серій.

Длина трубки опредѣлялась при четырехъ различныхъ положеніяхъ ея въ V-образномъ желобѣ, отличавшихся ориентировкой нанесенныхъ на ея поверхности дѣленій: дѣленія вверху (I положеніе), дѣленія внизу (II положеніе), дѣленія сбоку

¹⁾ Длина инварной мѣры не остается постоянной. По наблюденіямъ Н. И. Адамовича и Ф. И. Блумбаха длина М 318 при 0° въ апрѣлѣ 1907 г. равнялась 999,9985 мм., въ іюлѣ 1910 г. — 1000,0016 мм., въ апрѣлѣ 1911 г. — 1000,0032 мм. и, наконецъ въ періодъ компарированія трубокъ — въ маѣ 1913 г. — 1000,0053 мм.; среднее годовое удлиненіе мѣры М 318 = 1 м.

въ ту или другую сторону по отношенію къ I положенію (III и IV положенія); очевидно, что каждое положеніе достигалось вращеніемъ трубки вокругъ оси на 90° . Это было необходимо въ виду неполной перпендикулярности концевыхъ плоскостей трубки къ ея оси. При вращеніи трубки ошибки, будучи то положительными, то отрицательными, взаимно исключаются. Для каждаго положенія оба наблюдателя производили по двѣ независимыхъ серіи отсчетовъ.

Если L — длина трубки, l — разстояніе между штрихами сближенныхъ контактовъ, $N [a. b]$ — длина промежутка между дѣленіями a и b мѣры, m — средній отсчетъ лѣваго микрометра для трубки, m_1 — то же для мѣры, n и n_1 соответствующіе средніе отсчеты праваго микрометра, то компарированіе при температурѣ t даетъ:

$$L_t = N [a. b]_t + (m - m_1) x - (n - n_1) y - l. \quad (21')$$

или, полагая

$$(m - m_1) x - (n - n_1) y = k,$$

$$L_t = N [a. b]_t + k - l. \quad (21)$$

x и y — значенія одного оборота микрометровъ; въ нашемъ случаѣ:

$$x = y = 50 \mu.$$

Если α — коэффициентъ линейнаго расширенія трубокъ, β — коэффициентъ линейнаго расширенія мѣры, то, такъ какъ t близко къ 0° ,

$$L_0 = N [a. b]_0 \{1 + (\beta - \alpha) t\} + k - l. \quad (22)$$

Коэффициенты α и β были взяты слѣдующіе:

Для трубокъ $\alpha = + 0,00000714$ ¹⁾.

Для полусаженіи П 4 $\beta = + 0,00000865$ ²⁾.

Для метра М 318 $\beta = + 0,00000167$ ³⁾.

¹⁾ По опредѣленію Ф. И. Блумбаха, произведенному въ Главной Палатѣ въ апрѣлѣ 1911 г. для трубокъ № 5 и № 6. Въ отдѣльности получены слѣдующія числа:

$$\text{Для трубки № 5 . . . } \alpha = + (718 + 0,018 T) \times 10^{-6}$$

$$\text{Для трубки № 6 . . . } \alpha = + (709 + 0,02 T) \times 10^{-6}$$

$$\text{Въ среднемъ . . . } \alpha = + (714 + 0,019 T) \times 10^{-6}.$$

²⁾ По опредѣленію Международнаго Бюро мѣръ и вѣсовъ для чистой платины.

³⁾ По опредѣленію Н. И. Адамовича и Ф. И. Блумбаха въ апрѣлѣ 1907 года.

Величины k — разности между длиной (трубка + контакты) и длиной мѣры, — выраженные въ микронахъ, а также среднія температуры трубки и мѣры приведены въ таблицахъ *K* (см. Приложение). Изъ этихъ таблицъ мы видимъ, что расхожденія между числами k при различныхъ положеніяхъ трубки, вызванныя неполной перпендикулярностью къ оси концевыхъ плоскостей, достигаютъ въ некоторыхъ случаяхъ (трубка № 4) почти 0,04 мм., тогда какъ для чиселъ, соответствующихъ одному и тому же положенію, предѣломъ расхожденія является 1 μ , каковая величина въ то же время представляетъ предѣлъ расхожденія между соответствующими рядами чиселъ, полученныхъ каждымъ наблюдателемъ независимо, т. е. является предѣломъ точности при опредѣленіи длины трубокъ.

Величина l , т. е. расстояние между штрихами сближенныхъ до соприкосновенія контактовъ, была измѣрена три раза; измѣренія показали, что l оставалось неизмѣннымъ, какъ это видно изъ таблицы XX.

Таблица XX.

	Наблюдатель Ф. И. Блумбахъ.	Наблюдатель М. О. Маликовъ.
Начало компарированія	$l = 686,9 \mu$	$l = 688,2 \mu$
Средина »	686,8 μ	688,2 μ
Конецъ »	686,9 μ	688,3 μ
	686,9 μ	688,2 μ

Разница въ 1,3 μ между числами обоихъ наблюдателей имѣла тенденцію сохраниться почти при всѣхъ наблюденіяхъ; ее можно отнести на счетъ такъ называемаго «личнаго уравненія» наблюдателя и объяснить тѣмъ, что каждый наблюдатель, визируя штрихи контактовъ, старался при всѣхъ наблю-

деніяхъ отыскивать одну и ту же картину въ полѣ зрѣнія микроскопа (положеніе и видъ штриховъ, ихъ освѣщеніе и т. п.). Это личное уравненіе исключается само собой при вычитаніи длины l изъ общей длины ($L + l$).

Длины трубокъ L_0 , выраженныхъ въ мм., приведены въ таблицѣ XXI.

Таблица XXI.

	Трубка № 1.	Трубка № 2.	Трубка № 3.	Трубка № 4.	Трубка № 5.	Трубка № 6.
L_0 (мм.)	993,146	1000,050	977,556	1044,477	935,649	1045,329

Длина трубки, опредѣленная при помощи компаратора, представляетъ разстояніе *по прямой* двухъ конечныхъ точекъ ея оси. Сама ось, т. е. линія, соединяющая центры поперечныхъ сѣченій, при этомъ можетъ оказаться и не прямой линіей, что представляется весьма вѣроятнымъ, имѣя въ виду, что поперечное сѣченіе значительно мѣняется при переходѣ отъ одной точки къ другой.

Легко убѣдиться изъ простаго осмотра, что искривленіе оси у трубокъ незначительно, хотя напередъ нельзя сказать, какъ это искривленіе отразится на величинѣ электрическаго сопротивленія ртути. На необходимость учесть вліяніе кривизны оси при изготовленіи образцовъ обратилъ вниманіе F. E. Smith¹⁾. Онъ приводитъ примѣръ, показывающій, въ какой степени могутъ отразиться на сопротивленіи образца ничтожныя уклоненія оси отъ прямой линіи. Smith рассчиталъ, что при волнообразномъ характерѣ осевой линіи, точки перегиба которой находятся на равномъ разстояніи въ 0,7 см. а уклоненія отъ прямой составляютъ только 0,015 мм., сопротивленіе будетъ въ 1,000036 разъ больше, чѣмъ при прямой оси. Если эту ось начертить на бумагѣ, то невооруженнымъ

¹⁾ F. E. Smith. The National Physical Laboratory Coll. Res. Vol. I, p. 159.

глазомъ ее нельзя отличить отъ прямой линіи. Но онъ остановился передъ трудностью получить необходимыя свѣдѣнія экспериментальнымъ путемъ, который одинъ только могъ привести къ дѣйствительному рѣшенію интересующей насъ задачи. Мы подошли къ ея рѣшенію слѣдующимъ образомъ.

Главнѣйшее препятствіе къ изученію микрометромъ формы ртутнаго столба, заключеннаго въ трубку, представляетъ преломляющее дѣйствіе цилиндрическихъ стѣнокъ трубки. Устранить это препятствіе мы могли бы, подобравъ прозрачную жидкость, коэффициентъ преломленія которой одинаковъ съ коэффициентомъ преломленія стѣнокъ трубки. Погружая въ эту жидкость трубку, наполненную ртутью, мы какъ бы замѣняемъ естественную цилиндрическую форму трубки искусственной призматической. При разсматриваніи ртутнаго столбика сверху внизъ преломляющее дѣйствіе стѣнокъ трубки будетъ равно нулю; ртутный столбикъ будетъ намъ казаться такимъ, какъ если бы онъ совершенно не былъ заключенъ въ трубку.

Были опредѣлены коэффициенты преломленія трубокъ (у трубки № 5) и ряда различныхъ жидкостей. Измѣренія показали, что лучше всего подходитъ для нашей цѣли нитробензолъ ($C_6H_5NO_2$): его коэффициентъ преломленія ($n = 1,555$) близокъ къ коэффициенту преломленія трубокъ ($n = 1,552$). Нитробензолъ представляетъ собой прозрачную жидкость зеленоватаго цвѣта и хорошо смывается виннымъ спиртомъ; работа съ нимъ однако не особенно привлекательна благодаря его сильному запаху и ядовитымъ парамъ. Тѣмъ не менѣе ее удалось благополучно закончить, произведя всѣ наблюденія въ изолированной хорошо провѣтриваемой комнатѣ.

Положимъ, что трубка, наполненная ртутью и погруженная въ нитробензолъ, перемѣщается, подъ неподвижно установленнымъ микроскопомъ, въ горизонтальномъ направленіи параллельно своей оси. Въ полѣ зрѣнія микроскопа мы увидимъ увеличенное изображеніе ртутнаго столбика. Расположимъ нить микрометра параллельно краевой линіи столбика и будемъ наводить ее на эту линію въ равноотстоящихъ точкахъ трубки. Мы получимъ рядъ отсчетовъ, которые обозначимъ черезъ $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$. На основаніи ихъ построимъ кривую, вы-

бравъ для послѣдней наиболѣе удобный масштабъ. Эта кривая, очевидно, будетъ изображать проекцію по лучу зрѣнія на горизонтальную плоскость визированной нами границы ртутнаго столбика.

Повернемъ трубку вокругъ оси на 180° , чтобы въ полѣ зрѣнія микроскопа мѣсто предыдущей краевой линіи столбика заняла діаметрально противоположная краевая линія, и заставимъ трубку снова пройти подъ микроскопомъ тотъ же путь и въ томъ же порядкѣ, какъ и въ первый разъ. Мы получимъ для тѣхъ же равноотстоящихъ точекъ трубки новый рядъ отсчетовъ, которые обозначимъ теперь черезъ $a_0', a_1', a_2', \dots, a_n'$. Эти отсчеты позволяютъ построить проекцію на ту же плоскость второй границы ртутнаго столбика.

Вычертимъ кривыя слѣдующимъ образомъ: за ось абсциссъ примемъ прямую, соединяющую первую и послѣднюю точки проекціи; легко видѣть, что координатами первой кривой будутъ числа:

$$0; (a_1 - a_0) - \frac{a_n - a_0}{n}; (a_2 - a_0) - \frac{2(a_n - a_0)}{n}; \dots$$

$$\dots (a_n - a_0) - \frac{n(a_n - a_0)}{n} = 0,$$

и, соответственно, второй:

$$0; (a_1' - a_0') - \frac{a_n' - a_0'}{n}; (a_2' - a_0') - \frac{2(a_n' - a_0')}{n}; \dots$$

$$\dots a_n' - a_0' - \frac{n(a_n' - a_0')}{n} = 0.$$

У координатъ второй кривой перемѣнимъ знаки на обратные, другими словами, повернемъ всю кривую на 180° вокругъ оси абсциссъ. Обѣ кривыя примутъ теперь такое же взаимное расположеніе, какъ и краевыя линіи ртутнаго столбика, изображеніемъ которыхъ онѣ служатъ. Линія, соединяющая середины разстояній соответствующихъ точекъ обѣихъ кривыхъ, будетъ изображать проекцію оси трубки на общую плоскость кривыми.

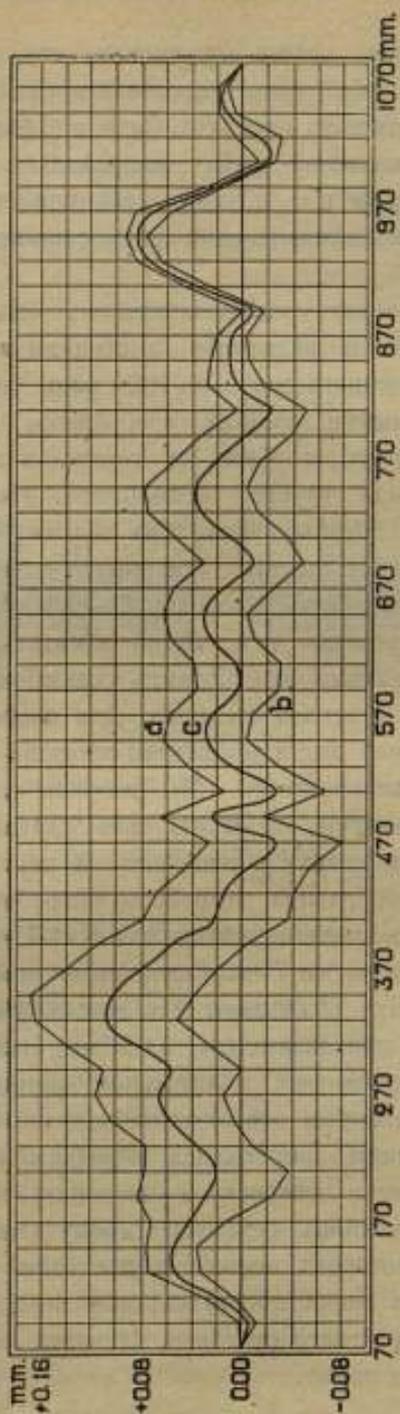


Рис. 15. Трубка № 4.

Это построение имѣетъ ту выгоду, что при немъ уничтожается самъ собой рядъ систематическихъ погрѣшностей, источникомъ которыхъ могутъ быть неправильности подставки, поддерживающей трубку, неправильности продольнаго перемѣщенія трубки и т. п., такъ какъ при вращеніи второй кривой онѣ также мѣняютъ свой знакъ и компенсируютъ другъ друга.

Рис. 15 посвящаетъ вышеназложенное; онѣ относится къ трубкѣ № 4. Чтобы рельефнѣе выступали изгибы кривыхъ, масштабъ для ординатъ взять въ 1000 разъ больше, чѣмъ для абсциссъ. Ломанными линіями изображены проекціи краевыхъ линій ртутнаго столбика на горизонтальную плоскость для случая, когда трубка расположена дѣленіями кверху. Точки излома соотвѣтствуютъ тѣмъ точкамъ трубки, у которыхъ производились отсчеты; ломанная *a* относится къ одной краевой линіи столбика, ломанная *b* — къ другой. Кривая *c* представляетъ проекцію оси. Легко замѣтить, что видъ кривыхъ почти одинаковъ, это служитъ указаніемъ на несомнѣнное искривленіе ртутнаго столбика. Для полнаго представленія о формѣ осевой линіи достаточно проекцій на двѣ взаимноперпендикулярныя плоскости. Мы выбрали плоскостями проекціи горизонтальную плоскость для случая расположенія трубки дѣленіями кверху и плоскость ей перпендикулярную.

На рис. 16 изображено устройство нитробензоловой ванны. Дномъ ея служитъ алюминіевый брусокъ *B* съ *V*-образнымъ желобомъ, въ которомъ трубка *T* закрѣплялась посредствомъ зажимовъ *a*. Боковыя стѣнки *C* сдѣланы изъ стекла. Нитробензолъ покрывалъ трубку приблизительно на 5 мм. Ванна укрѣплялась на подвижной платформѣ дѣлительной машины такъ, чтобы перемѣщеніе платформы совершалось параллельно оси трубки. На стойкѣ машины закрѣплялся неподвижно одинъ изъ ея микроскоповъ, нити микроскопа располагались параллельно оси. Ртутный столбикъ освѣщался сбоку электрической лампочкой; при нѣкоторомъ положеніи послѣдней въ полѣ зрѣнія микроскопа была видна тонкая свѣтлая линія, расположенная у самаго края ртутнаго столбика. Наводка нитей производилась на свѣтлую линію.

Для установки микроскопа на фокусъ служило особое приспособленіе, благодаря которому избѣгалось измененіе въ положеніи микроскопа или какихъ-либо другихъ частей системы, что было крайне желательно въ виду малости измѣряемыхъ величинъ. Дѣйствіе этого приспособленія понятно изъ рис. 16. Къ концу ванны придѣланъ цилиндрической резервуаръ D съ



Рис. 16. ($\frac{1}{2}$ нат. вел.).

либо обратно вытѣснялась изъ резервуара въ ванну. Вслѣдствіе этого или уменьшалась, или увеличивалась толщина преломляющаго слоя жидкости, расположеннаго на пути лучей, идущихъ въ микроскопъ.

Передъ погруженіемъ въ ванну трубка наполнялась ртутью, и концы ея заклеивались замазкой. Трубка устанавливалась въ ваннѣ дѣленіями кверху (I положеніе). Наблюденія начинались наводкой нитей на яркую черту ртутнаго столбика у начала трубки и отсчетомъ микрометра; затѣмъ платформа дѣлительной машины передвигалась на 2 сантиметра, производился отсчетъ и т. д. отсчеты слѣдовали черезъ каждые 2 сантиметра до тѣхъ поръ, пока подъ микроскопъ не подходилъ конецъ ртутнаго столбика. Трубка устанавливалась дѣленіями внизъ (II положеніе), и при такомъ ея положеніи дѣлался рядъ отсчетовъ въ прежнемъ порядкѣ. Послѣ этого наблюденія производились еще разъ для обоихъ положеній. Двойной рядъ наблюденій служилъ контролемъ того, что трубка принимаетъ

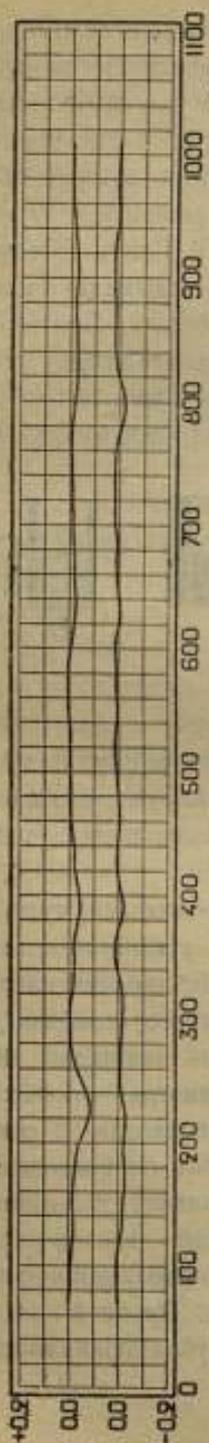


Рис. 17. Трубка № 1.

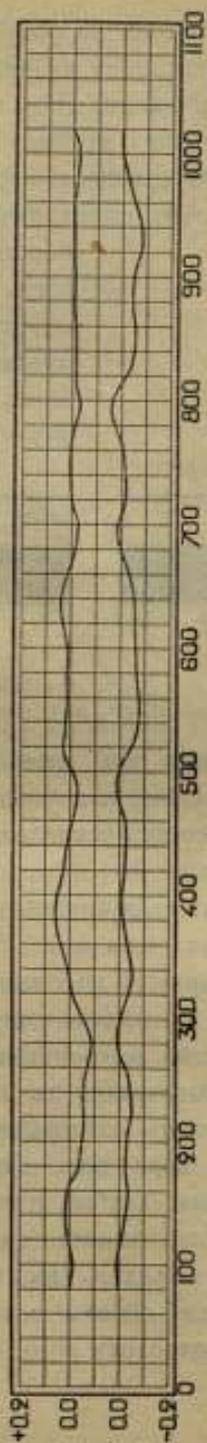


Рис. 18. Трубка № 2.

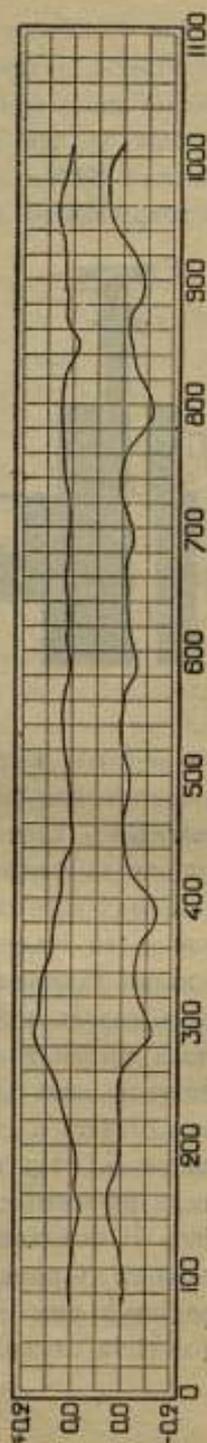


Рис. 19. Трубка № 3.

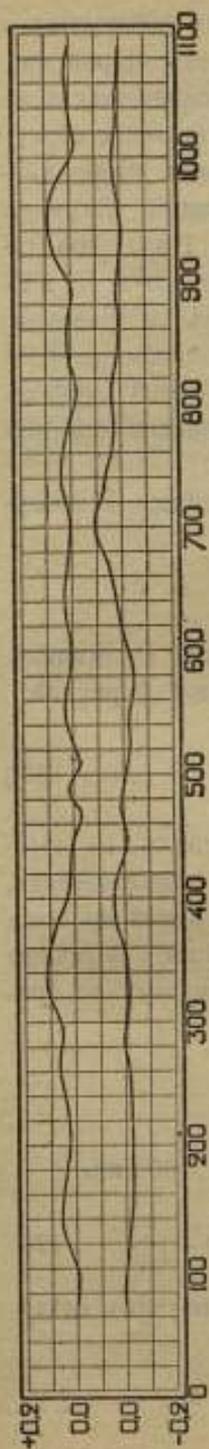


Рис. 20. Трубка № 4.

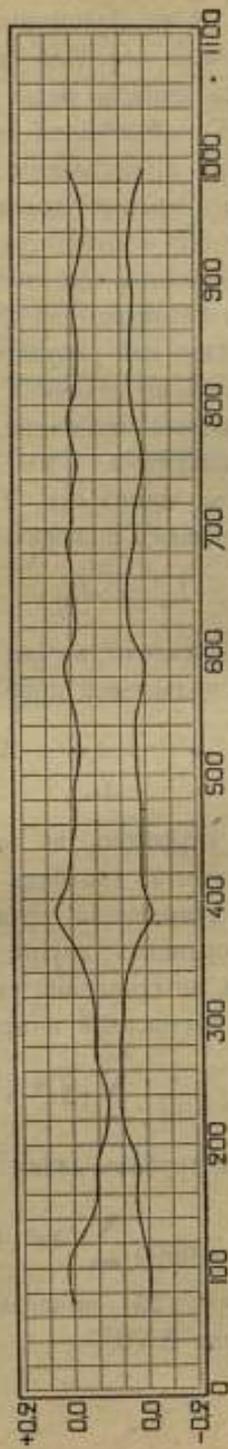


Рис. 21. Трубка № 5.

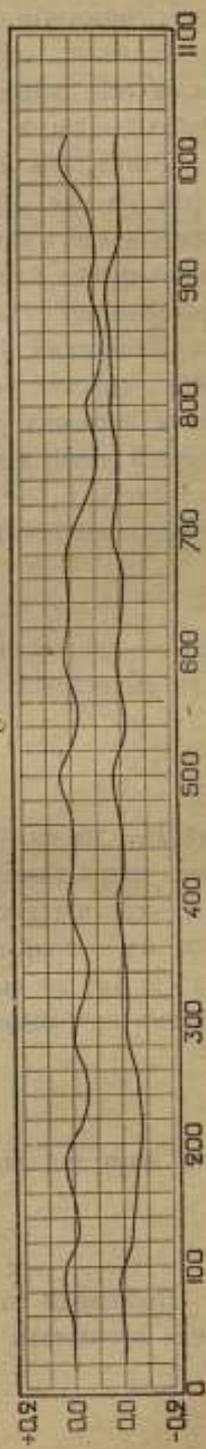


Рис. 22. Трубка № 6.

послѣ вращенія одни и тѣ же положенія. Этими наблюденіями опредѣлялась одна проекція оси. Для опредѣленія второй проекціи оси производились двойные ряды совершенно такихъ же наблюденій при III и IV положеніяхъ трубки (дѣленія сбоку).

Результаты измѣреній представлены кривыми, изображенными на рис. 17 — 22. Верхняя кривая каждой діаграммы представляетъ проекцію оси, соответствующую I и II положеніямъ трубки, нижняя — проекцію оси, соответствующую III и IV положеніямъ. Ординаты увеличены въ 200 разъ по сравненію съ абсциссами. Какъ видно изъ рисунковъ, искривленіе оси у всѣхъ трубокъ выражается по величинѣ и по формѣ одинаковымъ образомъ; абсолютныя величины отклоненій оси отъ прямой линіи не превышаютъ 0,15 мм.

Пусть L_0' — истинная длина оси, L_0 — длина, найденная компарированіемъ; мы можемъ положить:

$$L_0' = \nu L_0,$$

гдѣ ν — поправочный множитель весьма близкій къ единицѣ. Для вычисленія его воспользуемся приближенной формулой:

$$\nu = \frac{\sum \sqrt{l^2 + \Delta x^2 + \Delta y^2}}{L_0}; \dots \dots \dots (23')$$

гдѣ $l = 20$ мм. — длина отрѣзковъ по оси абсциссъ, на которые подраздѣлялся ртутный столбикъ при наблюденіяхъ, Δx — соответствующія приращенія ординатъ одной проекціи оси, Δy — приращенія ординатъ другой проекціи. Величины Δx^2 и Δy^2 весьма малы по сравненію съ l^2 , поэтому по правиламъ приближенныхъ вычисленій получаемъ:

$$\nu = 1 + \frac{1}{40 L_0} \sum (\Delta x^2 + \Delta y^2),$$

или, округляя для всѣхъ трубокъ длину L_0 до 1000 мм.,

$$\nu = 1 + \frac{1}{40000} \sum (\Delta x^2 + \Delta y^2) \dots \dots \dots (23)$$

Производя по формулѣ (23) вычисленія, получимъ слѣдующіе результаты (Таблица XXII).

Таблица XXII.

	Трубка № 1.	Трубка № 2.	Трубка № 3.	Трубка № 4.	Трубка № 5.	Трубка № 6.
v . .	1,000000	1,000001	1,000002	1,000001	1,000001	1,000001

Поправочные множители весьма мало отличаются от единицы, они означают удлинение оси трубок всего на $0,0001\%$ —величину, лежащую за пределами точности изготовления образцов. Этими поправками мы можем пренебречь. Наше исследование еще раз указывает на удачный выбор трубок.

Глава VI. Опредѣленіе массы M .

Способъ Smith'a. Описание способа. Ходъ наблюдений.—Вспомогательные капилляры.—Образцовыя гири.—Результаты.

Описанный въ главѣ IV способъ опредѣленія объема v_0 одного средняго дѣленія можетъ служить также и для опредѣленія массы M ртути, наполняющей трубку при 0° . Въ самомъ дѣлѣ, зная длину L_0 трубки и длину λ_0 одного средняго дѣленія, легко найти число среднихъ дѣленій, заключающихся въ длинѣ L_0 , а такъ какъ упомянутый способъ непосредственно даетъ массу ртути въ объемѣ одного средняго дѣленія, то произведеніе этой величины на число дѣленій приводитъ къ искомому значенію массы M . Воспользоваться однимъ и тѣмъ же способомъ для рѣшенія сразу двухъ задачъ было бы весьма желательно въ цѣляхъ сокращенія работы. Однако этотъ косвенный способъ не пригоденъ для точнаго опредѣленія массы ртути, такъ какъ онъ вноситъ въ окончательный результатъ всѣ ошибки, сдѣланныя при опредѣленіи L_0 , λ_0 , поправокъ на калибръ и поправокъ на менискъ. Въ 1908 г. Smith предложилъ новый весьма остроумный методъ, при помощи котораго непосредственно опредѣляется масса ртути, наполняющей при 0° всю трубку.

Ртуть вводится въ систему трехъ трубокъ (рис. 23): образцовой T и двухъ вспомогательныхъ капилляровъ A , плотно смыкаемыхъ съ трубкой T при помощи зажимовъ ab . Въ мѣстѣ соединенія сѣченіе канала у трубокъ A приблизительно равно сѣченію канала образцовыхъ трубокъ. Среднія вертикально расположенныя части трубокъ A имѣютъ весьма малый просвѣтъ (около 0,024 кв. мм.) и на нихъ нанесено по 100 мил-

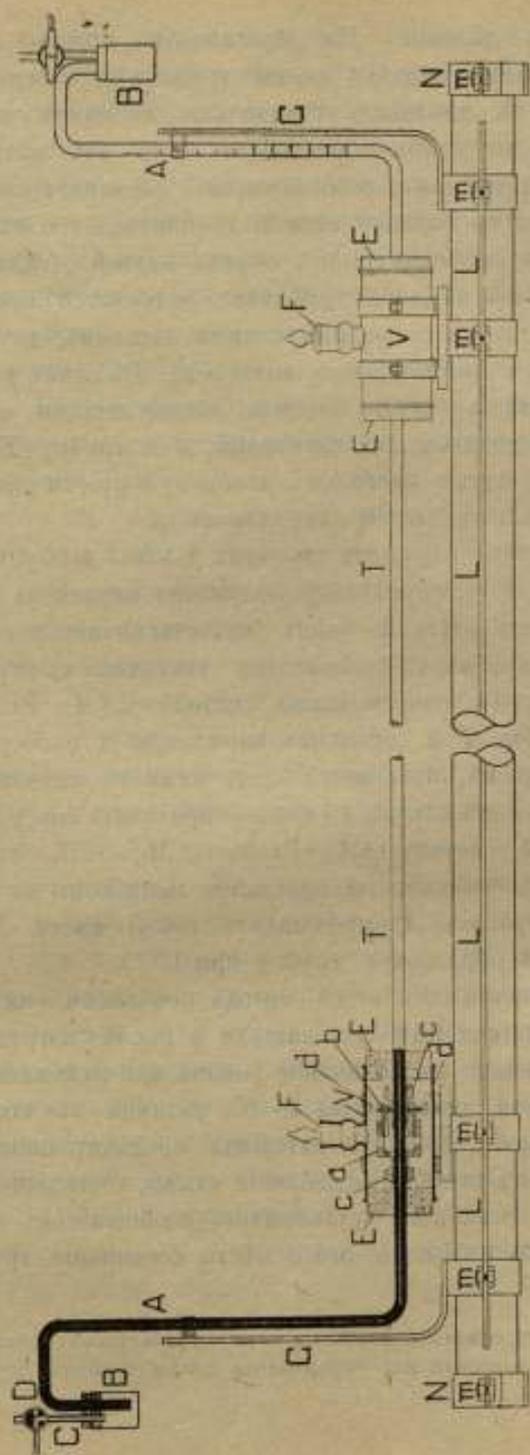


Рис. 23 (1/2, нат. вел.).

лиметровыхъ дѣлений. На протяженіи шкалы капилляры прокалиброваны. Верхніе концы трубокъ *A* изогнуты внизъ и входятъ въ маленькіе стаканчики *B* черезъ пробки *C*. Черезъ тѣ же пробки проходитъ одна изъ вѣтвей тройниковъ *D* съ краномъ, позволяющимъ соединять полость стаканчика либо съ верхней вѣтвью тройника, либо съ боковой, либо совсѣмъ разъединять отъ обѣихъ вѣтвей. Одна изъ свободныхъ вѣтвей каждаго тройника соединяется посредствомъ каучуковой трубки съ разряжающимъ насосомъ, другая вѣтвь сообщается съ атмосфернымъ воздухомъ. Въ одинъ изъ стаканчиковъ наливается ртуть, которая манипуляціями съ тройниками *D* переводится въ капилляры *A* и трубку *T*. Система наполняется ртутью настолько, чтобы ея мениски приходились у калиброванныхъ частей капилляровъ *A*.

Если систему окружить тающимъ льдомъ, дать установиться температурѣ 0° и, опредѣливъ положеніе менисковъ въ капиллярахъ, вылить ртуть въ одинъ изъ стаканчиковъ съ гарантеей известнымъ вѣсомъ, то взвѣшивание стаканчика съ ртутью даетъ массу M_1 ртути, наполняющей систему *ATA*. Если далѣе, удаливъ трубку *T* и соединивъ капилляры *A* непосредственно другъ съ другомъ, произвести надъ ними тѣ же манипуляціи, что и въ первомъ случаѣ, то можно опредѣлить массу M_0 ртути, наполняющей систему *AA*. Разность $M_1 - M_0$ съ соответствующими поправками на положеніе менисковъ въ вспомогательныхъ трубкахъ *A*, представитъ собой массу M ртути, наполняющей образцовую трубку при 0° ¹⁾.

При осуществленіи этого метода необходимо имѣть стыкъ вполне непроницаемый для воздуха и послѣ погруженія системы въ тающій ледъ. Вообще говоря при охлажденіи на 20° (отъ комнатной температуры до 0°) разница въ коэффициентахъ расширенія стекла и матеріала соединительныхъ зажимовъ повлечетъ за собой ослабленіе стыка, достаточное уже для того, чтобы чрезъ него установилось сообщеніе съ вѣшнимъ воздухомъ. Во избѣжаніе этого мѣста соединенія трубокъ пе-

¹⁾ Слѣдуетъ отмѣтить аналогію между указаннымъ методомъ и методомъ, примененнымъ для опредѣленія длины трубокъ.

обходимо окружить ртутью, которая, благодаря своему значительному частичному сдвигу, встречает большое сопротивление при просачивании сквозь стык. На рис. 23 изображены цилиндрические сосуды V , внутри которых помещаются места соединения трубок вместе с зажимами ab . Сосуды V с боков плотно прикрываются резиновыми пробками E , снабженными в центре отверстиями для пропуска соединяемых трубок, и наполняются ртутью через горло F , закрываемое притертой пробкой.

Вся система укрепляется на никелированной латуной подставке. Последняя состоит из трубки L , вдоль которой могут на кольцах скользить подставки сосудов V , стойки G , поддерживающие капилляры A , поддержки для трубки T , не изображенные на рисунке, и установочные ножки N . Кольца закрепляются в любых положениях винтами m .

На рис. 23 изображены соединительные зажимы Smith'a с изменениями, сделанными Venoit. Они состоят из двух навинчивающихся одна на другую галалитовых ¹⁾ частей a и b . Часть a насаживается на капилляр A , часть b — на трубку T . При помощи хомутиков c трубки закрепляются в зажимах и удерживаются в них трением. Чтобы избежать при свинчивании вращения одной из трубок относительно другой, часть a зажима сделана двойной, как это видно из рисунка. Центрирование трубок производится винтами d . Однако зажимами описанной формы мы пользовались лишь при предварительных опытах. Неудобство их в том, что свинчивание почти всегда сопровождается вращением одной из соединяемых трубок, так что при соединении всех трех трубок свинчивание одного из зажимов вызывает развинчивание другого зажима. Мы придали зажиму форму, не требующую вращательных движений (рис. 24). Зажим состоит из двух галалитовых муфт a , насаживаемых на трубки. Хомутики b с винтами d служат для закрепления муфт, в последних сделаны продольные прорезы для более тесного соприкосновения с трубками.

¹⁾ Галалит — продукт, получаемый из казеина.

Муфты охватываются желѣзными пластинками *c*; каждая пластинка снабжена по угламъ двумя отверстиями и двумя штифтами, расположенными попарно по диагоналямъ; у одной изъ пластинокъ штифты заканчиваются рѣзбой съ гайкой *e*. При соединеніи пластинокъ штифты одной входятъ въ отверстия другой. Поверхностямъ соприкосновения муфты и пластинокъ придана форма общей шаровой поверхности. Точное совмѣщеніе каналовъ соединяемыхъ трубокъ достигается надлежащимъ поворотомъ, сдвигомъ или наклономъ одной изъ муфтъ относительно другой.

Образцовая трубка и вспомогательные капилляры предварительно промывались и высушивались. Всѣ трубки соединя-

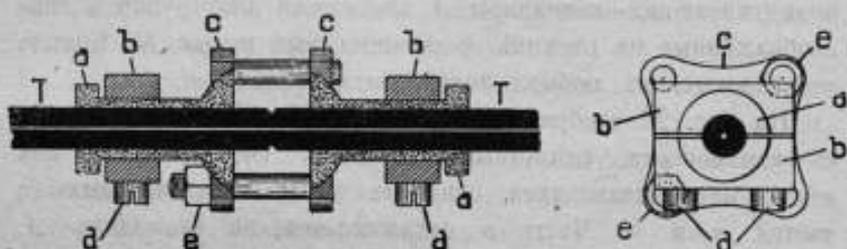


Рис. 24. (нат. вел.).

лись зажимами и устанавливались на подставкѣ. Верхніе вѣтви тройниковъ *D* сообщались съ водоструйнымъ разрѣжающимъ насосомъ. Въ лѣвый стаканчикъ наливалась ртуть, и онъ присоединялся къ концу капилляра *A* такъ, чтобы конецъ капилляра не былъ погруженъ въ ртуть. Полости стаканчиковъ, а вмѣстѣ съ ними и каналы трубокъ, сообщались съ воздушнымъ насосомъ и выдерживались въ теченіе одного часа подъ уменьшеннымъ давленіемъ въ 20 — 30 мм. ртутнаго столба. При этомъ давленіи всегда производилось наполненіе трубокъ ртутью.

Для наполненія системы ртутью оба крана закрывались, стаканчикъ съ ртутью поднимался настолько, чтобы конецъ капилляра возможно глубже погрузился въ ртуть, правый кранъ сообщался снова съ воздушнымъ насосомъ, а лѣвый съ атмосфернымъ воздухомъ. Подъ дѣйствіемъ внѣшняго давленія ртуть начинала входить въ трубки. Если стыкъ былъ наде-

жень, то ртуть двигалась сплошнымъ столбомъ. Обыкновенно этого сразу не достигалось, и ртутный столбъ, дойдя до соединенія, разбивался на четки. Тогда, не разбирая зажима, поджимались болты, или измѣнялось взаимное положеніе соприкасающихся поверхностей до тѣхъ поръ, пока не достигалось непроницаемое для воздуха соединеніе трубокъ. Получить надежное соединеніе очень небольшихъ поверхностей — самая трудная часть работы, требовавшая много терпѣнія, осторожности и времени. Здѣсь можно было дѣйствовать только ощупью. Соприкасающіяся части должны быть соединены крѣпко и правильно, чтобы давленіе было распределено равномерно по всей поверхности соприкосновенія. Въ противномъ случаѣ стыкъ окажется проницаемымъ для воздуха, и есть опасность раздавить конецъ трубки. Послѣ наполненія правый кранъ сообщался съ воздухомъ. На зажимы надвигались сосуды *V* вмѣстѣ съ закрывающими ихъ боковыми пробками, и въ сосуды наливалась ртуть. Случалось изрѣдка, что послѣ погруженія трубокъ въ ледъ ртуть въ боковыхъ капиллярахъ падала вслѣдствіе вытеканія изъ канала въ сосудъ *V* черезъ ослабѣвшій стыкъ. Тогда не оставалось другого выбора, какъ удалить ледъ, разобрать трубки, высушить ихъ, вновь собрать и наполнить.

Ртуть въ капиллярахъ доводилась до такой высоты, чтобы послѣ охлажденія до 0° мениски расположились у верхнихъ дѣлений шкалы. Система помѣщалась въ мѣдную ванну и окружалась толченымъ льдомъ. Для предохраненія образцовой трубки отъ случайныхъ поломокъ надъ ней располагался мѣдный щитокъ. Вертикальныя части капилляровъ окружались льдомъ до высоты ртутныхъ менисковъ. По лѣвую руку наблюдателя всегда располагался капилляръ № 1, по правую — капилляръ № 2.

Отсчеты начинались спустя 1—2 часа послѣ погруженія трубокъ въ ледъ, когда устанавливалась температура 0° . Они производились при помощи катетометровъ. Положеніе ртутныхъ менисковъ во время наблюденій измѣнялось пять разъ; измѣненіе достигалось небольшимъ перемѣщеніемъ всего ртутнаго столба манипуляціями съ кранами тройниковъ. Для каждого

положенія менисковъ дѣллось по 1 или по 2 отчета у каждаго капилляра. Вся серія наблюденій состояла такимъ образомъ изъ 5 или 10 двойныхъ отсчетовъ. Къ отчетамъ прибавлялись соответствующія поправки на калибрь согласно таблицъ XXIII.

Таблица XXIII.

Дѣленіа.	Поправки на калибрь.	
	Капилляръ № 1.	Капилляръ № 2.
0	0,00	0,00
10	-0,01	0,00
20	-0,05	-0,01
30	-0,01	-0,02
40	+0,07	-0,04
50	+0,16	-0,09
60	+0,22	-0,12
70	+0,22	-0,12
80	+0,18	-0,08
90	+0,11	-0,03
100	0,00	0,00

Калибровка капилляровъ была произведена помощью девяти ртутныхъ столбиковъ длиною въ 10, 20 . . . 90 дѣленій (таблица N, см. Приложение).

Затѣмъ ртуть изъ трубокъ выливалась въ правый стаканчикъ, который предварительно тщательно освобождался отъ всякихъ слѣдовъ ртути. Выливаніе ртути, а также ея дальнѣйшее переливаніе въ стаканчикъ, предназначенный для взвѣшивания, производились съ крайней предосторожностью. Потеря капельки ртути, едва замѣтной на глазъ, либо присутствіе лишней капельки, незамѣченной при осмотрѣ стаканчиковъ, могутъ чувствительно исказить результатъ наблюденія.

Ртуть взвѣшивалась на точныхъ вѣсахъ Nemetz'a № 2

до 50 гр. помощью никелевого разновѣса № 477. Необходимыя для взвѣшиваній гирьки были эталонированы (таблица Р, см. Приложение) методомъ, указаннымъ Bepoit въ статьѣ «L'étalonnage de séries de poids» ¹⁾. Для эталонирования служили три гири нормального платино-иридиевого разновѣса (работы Oertling'a), записаннаго въ инвентарѣ Главной Палаты подъ № 266 ²⁾:

$$E \frac{\text{Pt. Ir.}}{20 \text{ гр.}} = 20 \text{ гр.} - 1,619 \text{ mgr.}$$

$$E \frac{\text{Pt. Ir.}}{1000 \text{ mgr.}} = 1000 \text{ mgr.} - 0,10039 \text{ mgr.}$$

$$E \frac{\text{Pt. Ir.}}{1 \text{ mgr.}} = 1 \text{ mgr.} + 0,02129 \text{ mgr.}$$

Истинный вѣсъ гирекъ № 477 приведенъ въ таблицѣ XXIV ³⁾.

Таблица XXIV.

(10) гр.=9999,663 mgr.	(500) mgr.=500,048 mgr.	(5) mgr.=5,031 mgr.
(5) » =5001,630 »	(200) » =200,016 »	(2) » =2,025 »
(2) » =1999,892 »	(200 [*]) » =200,017 »	(2 [*]) » =2,007 »
(2 [*]) » =1999,712 »	(100) » =100,013 »	(1) » =1,020 »
(1) » =1000,093 »	(50) » = 50,014 »	(1 [*]) » =1,024 »
(1 [*]) » = 998,852 »	(20) » = 19,979 »	(0,5) » =0,555 »
	(20 [*]) » = 19,966 »	(0,5 [*]) » =0,528 »
	(10) » = 10,036 »	

При взвѣшиваніяхъ (способъ Gauss'a) стаканчикъ и гири мѣнялись мѣстами на чашкахъ вѣсовъ по пяти разъ. Положе-

¹⁾ Travaux et Mémoires. Vol. XIII.

²⁾ Временникъ Гл. П. ч. 1. 1894, стр. 92; ч. 2, 1895, стр. 146.

³⁾ Знакомъ (*) обозначены а) гирьки, у которыхъ имѣется нить на головкахъ и б) разновѣски, имѣющія либо два загнутыхъ, либо два срезанныхъ уголка. Разновѣски въ (0,5) mgr. представляютъ каждая разность въ вѣсѣ двухъ никелевыхъ пластинокъ, изъ которыхъ одна на $\frac{1}{2}$ mgr. тяжелѣе другой.

не равновѣсія опредѣлялось изъ отсчетовъ пяти послѣдовательныхъ колебаній стрѣлки. Чувствительность измѣрялась при каждой новой операци и была въ среднемъ равна 0,17 мгр. на 1 дѣленіе шкалы, чѣмъ обезпечивалась взвѣшиваніямъ точность до 0,02 мгр. Приведеніе къ пустотѣ производилось по формулѣ:

$$p = p' \left\{ 1 + 0,0012 \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{\delta} \right) \right\},$$

гдѣ p — искомый вѣсъ ртути, p' — истинный вѣсъ гирь, $d = 13,5956$ — плотность ртути, $\delta = 8,76$ — плотность никелеваго разновѣса, найденная нами опытнымъ путемъ.

Если p_1 — вѣсъ ртути, наполняющей систему изъ образцовой трубки и двухъ капилляровъ по ея концамъ (ATA), p_2 — вѣсъ ртути, наполняющей систему изъ двухъ сомкнутыхъ вмѣстѣ капилляровъ (AA), s_1 — сумма отсчетовъ ртутныхъ менисковъ, исправленная на калибръ, для системы ATA , s_2 — сумма отсчетовъ для системы AA и m — вѣсъ ртути въ объемѣ одного дѣленія капилляровъ, то для массы ртути, наполняющей при 0° данную образцовую трубку, имѣемъ формулу:

$$M = (p_1 - s_1 m) - (p_2 - s_2 m) \dots \dots (24)$$

Величина m была опредѣлена изъ двойного ряда наблюденій (таблица N , см. Приложение) по способу, указанному въ главѣ IV для опредѣленія объема v_0 образцовыхъ трубокъ. m оказалось для обоихъ капилляровъ почти одинаковымъ, какъ это видно изъ таблицы XXV. При вычисленіяхъ принято среднее: $m = 0,3195$ мгр.

Таблица XXV.

№№ капилляровъ.	Вѣсъ ртути въ объемѣ одного дѣленія въ мгр.		
	1-й столбикъ.	2-й столбикъ.	Среднее.
1	0,3191	0,3189	0,319
2	0,3199	0,3198	0,320

Для каждой трубки было произведено по три независимых наполнений ртутью (для трубки № 5 два). Наполнения системы *AA* производились непосредственно передь или послѣ наполнения соответствующей системы *ATA*. Капилляры нѣсколько разъ при работѣ подвергались поломкѣ, поэтому для нихъ значеніе выраженія $(p_2 - s_2 m)$ было различнымъ.

Величины p_1 , p_2 , s_1 и s_2 , входящія въ формулу (24), приведены въ таблицахъ *L* (см. Приложение); въ этихъ таблицахъ заключаются также нѣкоторыя подробности, относящіяся къ взвѣшиваніямъ. Въ таблицѣ XXVI сопоставлены массы ртути *M*, полученныя при отдѣльныхъ наполненіяхъ. За окончательныя величины для *M* приняты среднія. *M* выражено въ mgr.

Таблица XXVI.

№№ трубокъ.	1-е напол- неніе.		2-е напол- неніе.		3-е напол- неніе.		Среднее. <i>M</i>
	<i>M</i>	Δ	<i>M</i>	Δ	<i>M</i>	Δ	
1	12630,80	-0,02	12630,79	-0,03	12630,87	+0,05	12630,82
2	12802,60	+0,18	12802,38	-0,04	12802,29	-0,13	12802,42
3	12233,48	+0,01	12233,52	+0,05	12233,42	-0,05	12233,47
4	13963,15	+0,02	13963,16	+0,08	13963,06	-0,05	13963,13
5	11208,58	+0,03	11208,52	-0,03	—	—	11208,55
6	13987,00	+0,02	13986,94	-0,04	13987,00	+0,02	13986,98

Какъ видно изъ таблицы, погрѣшность наблюденія въ среднемъ не превышаетъ $\pm 0,05$ mgr., что отвѣчаетъ $\pm 0,0004\%$ всей массы *M*.

Глава VII. Электрическія измѣренія.

Концевые сосуды.—Переходное сопротивление.—Сборка и наполненіе образцовъ.—Вычисленные значенія образцовъ въ международныхъ омахъ.—Оцѣнка точности изготовленія.—Образцовыя марганцовыя копіи М 4044 и М 4046.—Электрическія сравненія. Методъ сравненія. Результаты.—Сравненія катушекъ Н. Ф. Л. №№ 164 и 209 съ М 4044 и М 4046.

Приготовленіе образцовыхъ трубокъ заканчивалось пришлифовкой къ нимъ концевыхъ сосудовъ. На рис. 25 изображены

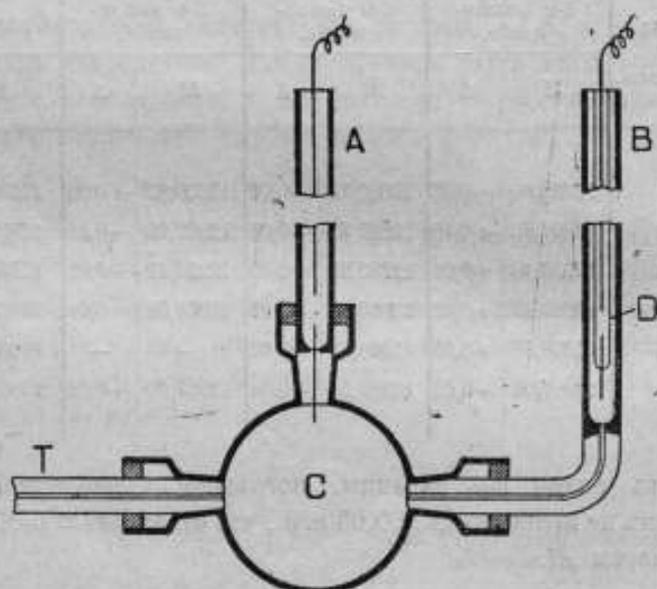


Рис. 25. ($\frac{1}{2}$ нат. вел.).

детали соединенія шарового сосуда *C* съ трубками *T*, *A* и *B*. Сосудъ *C* снабженъ сверху и съ боковъ цилиндрическими при-датками, которые оканчиваются расширеніями. *T*—образцовая трубка; черезъ трубку *B* производилось наполненіе образца

ртутью, и она служила для подведения тока къ образцу: съ этой цѣлью въ трубку *B* погружался электродъ, состоящій изъ тонкой стеклянной трубочки *D* съ впаянной въ нее снизу платиновой проволочкой. Эта трубочка, непосредственно погружавшаяся въ ртуть образца, сама наполнялась ртутью, и уже въ послѣднюю опускалась мѣдная амальгамированная проволока, посредствомъ которой образецъ вводился въ измерительную цѣпь. Трубка *A* представляетъ потенциальный проводъ, она оканчивается внизу впаянной платиновой проволокой, входящей въ ртуть шара *C*. Трубка *A* наполнялась въ нижней своей части ртутью, въ ртуть погружалась мѣдная амальгамированная проволока. Такимъ образомъ ртуть, наполняющая образецъ, не могла прийти въ соприкосновеніе съ мѣдью. Расширенія закрывались резиновыми пробками и заливались парафиномъ для герметичности соединеній трубокъ съ сосудомъ *C*.

Пришлифовка трубокъ къ сосуду *C* производилась въ-ручную при помощи двухъ металлическихъ шаблоновъ: конуса съ небольшимъ угломъ для сосуда и соответствующаго конического углубленія для трубокъ. Послѣ того, какъ шаблоны придавали шлифовываемымъ частямъ коническія поверхности, послѣднія притирались другъ къ другу мелкимъ наждакомъ, причемъ шлифовка образцовой трубки доводилась до совпаденія ея вѣшняго края съ продолженіемъ внутренней шаровой поверхности сосуда *C*.

Переходное сопротивление, обусловливаемое погруженіемъ концовъ образцовой трубки въ сосуда, какъ мы знаемъ, выражается формулой:

$$A = \frac{0,8}{1063\pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \dots \dots \dots (25)$$

Входящія въ эту формулу радіусы r_1 и r_2 концевыхъ сѣченій канала трубки вычисляются съ достаточной степенью точности по формулѣ:

$$s = \pi r^2 = S \left(1 + \frac{\Delta x}{\Delta k} \right), \dots \dots \dots (26)$$

гдѣ $\frac{\Delta x}{\Delta k}$ представляетъ собой измененіе поправокъ на калибръ черезъ одно дѣленіе шкалы у конечныхъ точекъ трубки и можетъ

быть определено изъ таблицы XI. S —площадь въ кв. мм. среднего сѣченія трубки между дѣлениями 0 и 1100; она вычисляется по формулѣ:

$$S = \frac{M}{d_0 [L_0 + (x_s - x_a) \lambda_0]} \dots \dots \dots (27)$$

Здѣсь M —масса ртути, наполняющей трубку при 0° , d_0 —плотность ртути при 0° , L_0 и λ_0 —соответственно длины при 0° образцовой трубки и одного дѣленія, а x_a и x_s поправки на калибръ въ точкахъ отреза. Площадь S близка къ единицѣ, ошибка въ опредѣленіи $\frac{\Delta x}{\Delta k}$ не превышаетъ 0,002, следовательно относительная погрѣшность въ опредѣленіи s не болѣе 0,2%, а въ опредѣленіи r не болѣе 0,1%. Такъ какъ переходное сопротивление для всѣхъ трубокъ равно приблизительно 0,001 ома, то на основаніи вышесказаннаго, погрѣшность въ опредѣленіи этого сопротивления не превыситъ 0,000001 ома.

Величины S , r_1 , r_2 и A , вычисленныя на основаніи формулъ (25), (26) и (27) приведены въ таблицѣ XXVII.

Таблица XXVII.

№№ трубокъ.	S кв. мм.	r_1 мм.	r_2 мм.	A межд. омъ.
1	0,937923	0,5530	0,5519	0,000867
2	0,941508	0,5479	0,5476	0,000875
3	0,920638	0,5401	0,5422	0,000885
4	0,983835	0,5625	0,5632	0,000851
5	0,880915	0,5277	0,5292	0,000907
6	0,983519	0,5559	0,5567	0,000861

Передъ сборкой всѣ трубки промывались и высушивались. Каждый образецъ монтировался на своемъ латунномъ никкелированномъ штативѣ (рис. 26). Образцовая трубка T всей длиной лежитъ на поломѣ бруска L квадратнаго сѣченія (на рис. изображена лѣвая часть штатива). Сосудъ C закрѣпляется

на салазках *m* посредством пластинки *b*, надвигающейся на верхнее горло сосуда *C*, и винтов *cc*, нижняя часть сосуда лежит в сферическом углублении, сделанном на салазках. Между стеклом и металлом находятся резиновые прокладки. Пружинки *kk* регулируют давление зажима на шар. Трубка *A* удерживается в вертикальном положении стойкой *e*, ко-

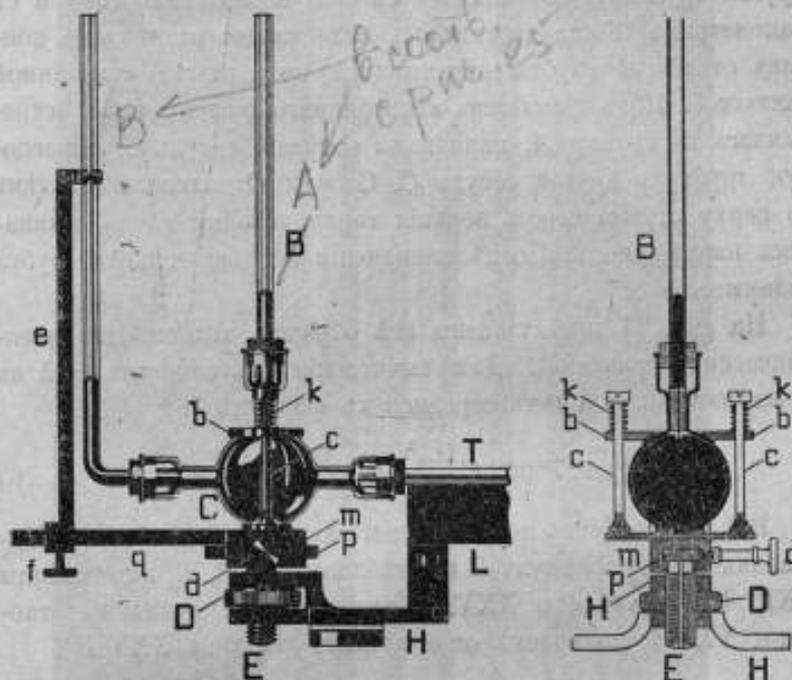


Рис. 26. (1/2, nat. вел.).

торая свободно перемещается по стержню *q*, прикрепленному к салазкам *m*; винтом *f* стойка закрепляется в желаемом положении. Салазки *m* имеют продольное перемещение по площадке *p* и могут быть неподвижно закреплены винтом *d*. Площадка *p* скреплена с подъемным винтом *E*, который посредством гайки *D* регулирует высоту салазок и обеспечивает надлежащую степень соприкосновения образцовой трубки с верхней плоскостью бруска *L*. Штатив опирается на ножки *H*.

Наполнение образца ртутью производилось при комнатной

температурѣ и подѣ тѣмъ же уменьшеннымъ давленіемъ, какъ и при опредѣленіи массы ртути M . Къ одной изъ трубокъ A припаивалась вспомогательная стеклянная трубка, изогнутая свободнымъ концомъ книзу. Этотъ конецъ оттягивался въ тонкую трубочку, запаивался и погружался въ стаканъ съ ртутью, валитой въ количествѣ достаточномъ для наполненія образца. Другая трубка A соединялась съ воздушнымъ насосомъ и съ манометромъ. Когда достигалось надлежащее разрѣженіе, кончикъ оттянутой трубки отламывался подѣ ртутью стеклянной захваткой. Подѣ дѣйствіемъ атмосфернаго давленія ртуть устремлялась въ трубку A , наполняла сосѣдній сосудъ C , образцовую трубку и другой сосудъ C . Сосуды C доливались затѣмъ до верху ртутью черезъ верхнія горла, которыя снова заливались парафиномъ. Послѣ наполненія вспомогательная трубка отламывалась.

На рис. 27 представлены всѣ образцы, готовые для электрическихъ сравненій. Для вычисленія ихъ сопротивленій въ международныхъ омахъ вернемся къ формулѣ (6):

$$R = 0,01278982 C \frac{L_0^2}{M} + \frac{0,8}{1063 \pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \dots (6)$$

Всѣ входящая въ нее величины намъ теперь извѣстны. Подставляя въ эту формулу C изъ таблицы XVIII, L_0 изъ таблицы XXI, M изъ таблицы XXVI и второй членъ суммы изъ таблицы XXVII, получаемъ окончательно (таблица XXVIII):

Таблица XXVIII.

Обозначеніе образцовъ.	Сопротивленіе въ межд. омахъ.
1	0,999704
2	1,000023
3	0,999993
4	1,000170
5	0,999872
6	1,000101
Среднее	0,999977

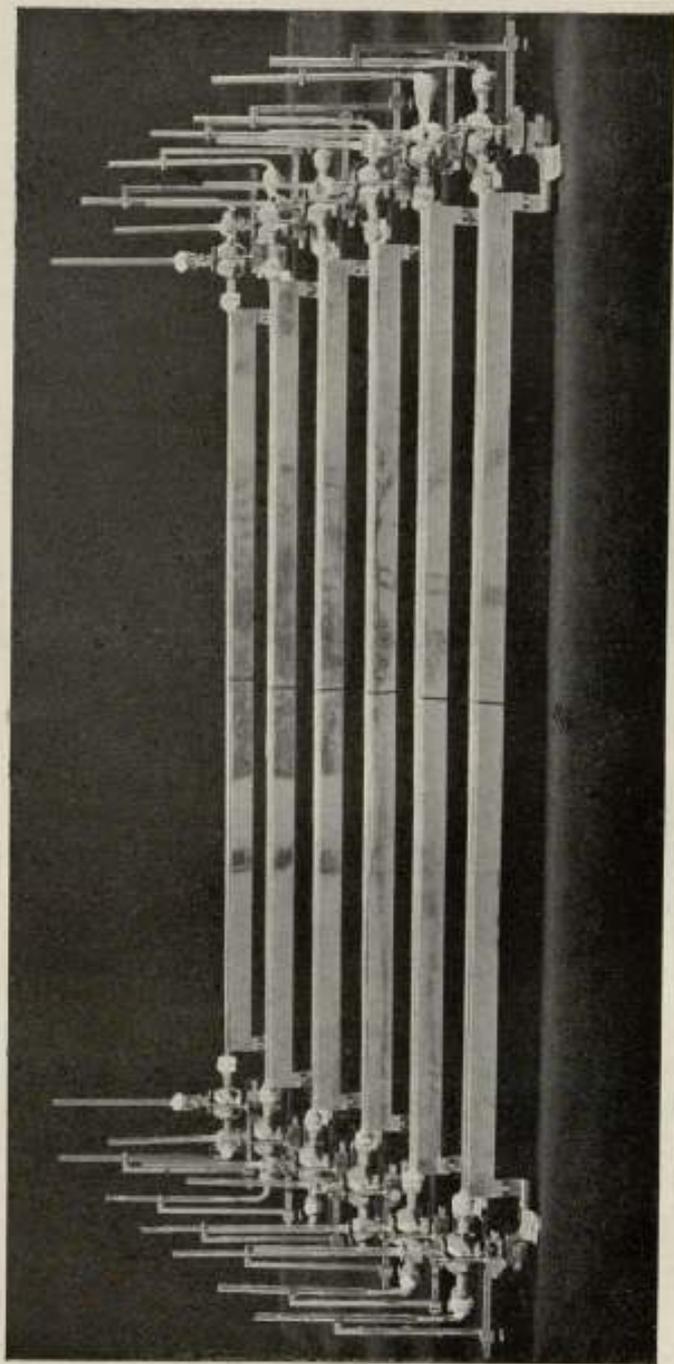
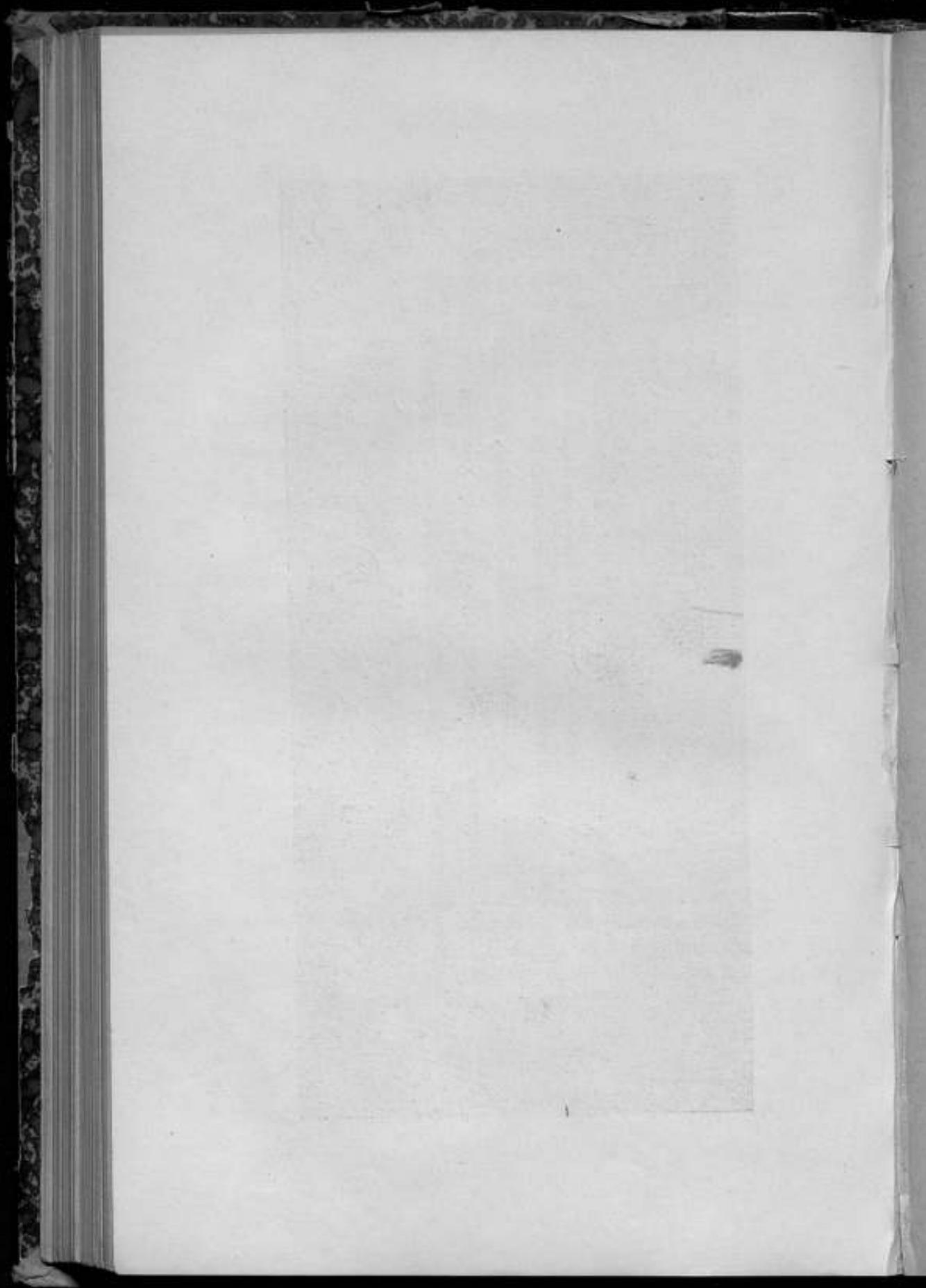


FIG. 27.



Вычисленные значения ртутных образцов заключаютъ въ себѣ нѣкоторыя погрѣшности, неизбежныя при калибровкѣ, компарированіи, опредѣленіи массы ртути и т. д. Изученіе относительной точности каждой стадіи работы приводитъ къ выводу, что погрѣшности, слагаясь могутъ въ худшемъ случаѣ достигнуть 2—3 стотысячныхъ долей ома, именно:

въ опредѣленіи поправки на калибръ . . .	$\varepsilon = \pm 1,8 \times 10^{-5}$
» » длина трубки . . .	$\varepsilon = \pm 0,2 \times 10^{-5}$
» » массы ртути . . .	$\varepsilon = \pm 0,4 \times 10^{-5}$
Всего . . .	$\varepsilon = \pm 2,4 \times 10^{-5}$

Для дѣйствительной оцѣнки величины ошибокъ изготовленія остается произвести электрическія сравненія образцовъ непосредственно другъ съ другомъ, или при помощи образцовыхъ проволочныхъ катушекъ. Мы избрали второй путь, причемъ пользовались марганциновыми катушками М 4044 и М 4046 въ одинъ омъ каждая, приобретенными въ 1908 году отъ О. Wolff'a. Съ цѣлью обезпечить катушкамъ постоянство сопротивленій первоначальные латунные ихъ футляры съ отверстиями были замѣнены футлярами безъ отверстій съ тщательно притертыми пробками въ эбонитовыхъ крышкахъ, а внѣшніе мѣдные стержни снабжены потенциальными зажимами. Въ такомъ видѣ катушки остаются всегда залитыми масломъ; при электрическихъ сравненіяхъ онѣ помѣщались съ вынутыми пробками въ масляныя ванны. Температура отсчитывалась по термометру, опущенному внутрь черезъ отверстие для пробки. Сравненія между собой катушекъ М 4044 и М 4046, произведенныя въ 1913 и 1915 гг., констатируютъ малую измѣнчивость ихъ сопротивленій. Разность (М 4044 — М 4046), приведенная къ температурѣ 18° С, составляла:

въ октябрѣ 1913 г.	$+ 1,5 \times 10^{-6}$ ома
въ декабрѣ 1915 г.	$+ 0,9 \times 10^{-6}$ »

Измѣненіе сопротивленія катушекъ съ температурою было изучено въ предѣлахъ между 18° С и 30° С, причемъ полу-

чены слѣдующія параболическія зависимости:
для М 4044:

$$R_t = R_{18} + [19,4(t - 18) - 0,47(t - 18)^2] \times 10^{-6}$$

для М 4046:

$$R_t = R_{18} + [18,6(t - 18) - 0,42(t - 18)^2] \times 10^{-6}$$

(28)

При электрическихъ сравненіяхъ мы пользовались методомъ компенсаціи, имѣющимъ передъ другими точными методами то преимущество, что онъ не требуетъ предварительныхъ опредѣленій вспомогательныхъ сопротивленій. Рис. 28 представляетъ

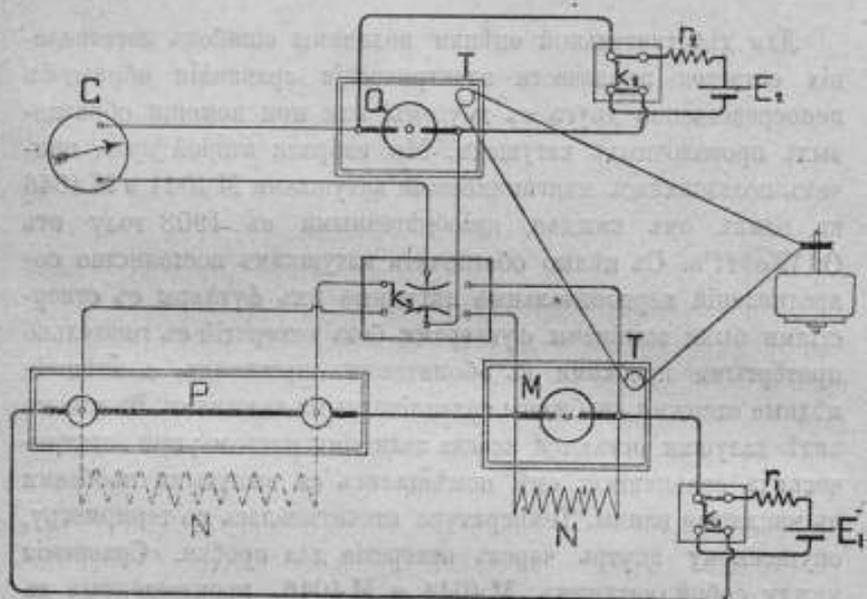


Рис. 28.

собой общую схему расположенія приборовъ. Главная цѣпь состоитъ изъ аккумулятора E_1 , ртутнаго образца P и сравниваемой съ нимъ марганцовой катушки M въ 1 омъ. N —магазинъ сопротивленій до 100000 омъ, помѣщаемый въ отвѣтвленія параллельно P или M смотря по тому, которое изъ нихъ больше. Аккумуляторъ E_2 и марганцовая катушка Q

въ 1 омъ составляютъ вторую цѣпь. Сопротивленія M и Q погружены въ масляныя ванны; T —турбинки для перемѣшиванія масла, приводимыя въ дѣйствіе электрическимъ моторомъ. Образецъ помещался въ луженую мѣдную ванну и окружался толченымъ льдомъ. Ванна въ свою очередь находилась въ деревянномъ ящикѣ отдѣленной отъ него воздушной прослойкой. Измѣренія начинались спустя 2 часа послѣ погруженія образца въ ледъ.

Сопротивленіе изоляціи, измѣрявшееся между ртутью, наполняющей образецъ, и электродомъ, опущеннымъ рядомъ въ ледъ, колебалось въ отдѣльныхъ случаяхъ отъ 60 до 300 мегомовъ въ зависимости отъ продолжительности пребыванія образца во льду и прочности слоя парафина, покрывающаго резиновыя пробки.

Ртутные коммутаторы k_1 и k_2 позволяли мѣнять направленіе токовъ въ обѣихъ цѣпяхъ, r_1 и r_2 —балластные сопротивленія около 200 омовъ каждое. Сила тока въ обѣихъ цѣпяхъ составляла около 0,02 ампера. G —гальванометръ du Bois и Rubens'a; всѣ четыре его катушки съ сопротивленіемъ въ 20 омовъ были соединены параллельно, такъ что общее сопротивленіе гальванометра равнялось 5 омамъ. Чувствительность гальванометра при разстояніи шкалы въ 2 метра была 4×10^{-9} ампера, что соответствуетъ 2×10^{-8} вольта на 1 дѣленіе шкалы. Гальванометръ былъ установленъ на подвѣсѣ Julius'a. Несмотря на всѣ принятыя предосторожности дрожаніе зеркальца и смѣщеніе нуля гальванометра заставили насъ отказаться отъ дневныхъ сравненій и перенести ихъ на промежутокъ времени отъ 1 часа ночи до 5 часовъ утра, когда стихаетъ уличное движеніе.

Переключатель k_2 позволялъ ввести въ цѣпь гальванометра либо ртутный образецъ P , либо катушку M . Чтобы исключить вліяніе термотоковъ, для каждаго положенія переключателя k_2 отклоненія зеркальца гальванометра наблюдались при двухъ положеніяхъ коммутаторовъ k_1 и k_2 . Обозначимъ эти отклоненія соответственно черезъ α_{MI} и α_{MII} для катушки M и α_{PI} и α_{PII} для образца P , и пусть a_M и a_P суть тѣ слагающія отклоненій, которыя обуславливаются неполной компен-

сащей напряженій въ вѣтви гальванометра, а b_M и b_P — слагающія отклоненій, возникающія отъ термоэлектродвижущихъ силъ.

Тогда при одномъ положеніи (I) коммутаторовъ k_1 и k_2

$$\alpha_{MI} = a_M + b_M \quad \text{и} \quad \alpha_{PI} = a_P + b_P \dots (29)$$

Подобнымъ же образомъ при положеніи II коммутаторовъ k_1 и k_2 имѣемъ:

$$\alpha_{MII} = -a_M + b_M \quad \text{и} \quad \alpha_{PII} = -a_P + b_P \dots (30)$$

Изъ (29) и (30) слѣдуетъ:

$$\alpha_{MI} - \alpha_{PI} = a_M - a_P + b_M - b_P \dots (31)$$

$$\alpha_{MII} - \alpha_{PII} = -a_M + a_P + b_M - b_P \dots (32)$$

Вычитая (32) изъ (31), получаемъ:

$$\alpha_{MI} - \alpha_{PI} - (\alpha_{MII} - \alpha_{PII}) = 2(a_M - a_P) = 2d \dots (33)$$

При равенствѣ сопротивленій M и P разность $a_M - a_P$ должна быть равна нулю. На дѣлѣ никогда не бываетъ этого равенства сравниваемыхъ сопротивленій, и поэтому приходится прибѣгать къ интерполированію по отклоненіямъ зеркала гальванометра. Если въ отвѣтвленіи параллельно большому изъ сопротивленій введено нѣкоторое сопротивленіе одинъ разъ N' (см. рис. 28) такое, что

$$a'_M - a'_P = d',$$

а другой разъ N'' ($N' > N''$) такое, что

$$a''_M - a''_P = d'',$$

то при достаточно малыхъ отклоненіяхъ зеркала гальвано-

метра имѣемъ слѣдующія формулы:

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{MN'}{M+N'} - \frac{d'}{d'-d''} \left(\frac{MN'}{M+N'} - \frac{MN''}{M+N''} \right), \text{ если } P < M \\ \text{и} \\ M &= \frac{PN'}{P+N'} - \frac{d'}{d'-d''} \left(\frac{PN'}{P+N'} - \frac{PN''}{P+N''} \right), \text{ если } P > M \end{aligned} \right\} \quad (34')$$

Такъ какъ N' и N'' лежали въ предѣлахъ отъ 3000 до 100000 омъвъ, а M и P отличались отъ единицы не болѣе, чѣмъ на 0,0003, то можно принять приближенно

$$\frac{MN'}{M+N'} = M - \frac{1}{N'} \quad \text{и} \quad \frac{MN''}{M+N''} = M - \frac{1}{N''} \quad ^1)$$

и соотвѣтственно

$$\frac{PN'}{P+N'} = P - \frac{1}{N'} \quad \text{и} \quad \frac{PN''}{P+N''} = P - \frac{1}{N''}.$$

Тогда формулы 34' примутъ слѣдующій видъ:

$$\left. \begin{aligned} P &= M - \frac{1}{N'} - \frac{d'}{d'-d''} \left(\frac{1}{N''} - \frac{1}{N'} \right) \text{ для случая } P < M \\ M &= P - \frac{1}{N'} - \frac{d'}{d'-d''} \left(\frac{1}{N''} - \frac{1}{N'} \right) \quad \text{»} \quad \text{»} \quad P > M \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (34)$$

Для примѣра приводимъ протоколъ сравненія марганцовой катушки М 4044 при температурѣ t съ ртутнымъ образцомъ № 3 (таблица XXIX). Сопротивленія N включались параллельно М 4044 ($M > P$).

¹⁾ Дѣйствительно, полагая $M = 1 + \varepsilon$, имѣемъ

$$\frac{MN}{M+N} = M - \frac{(1+\varepsilon)^2}{N} + \frac{(1+\varepsilon)^2}{N^2} - \dots$$

Въ самомъ неблагопріятномъ случаѣ $M = 1,0003$ ($\varepsilon = 0,0003$) и $N = 3000$,

$$\text{тогда} \quad \frac{MN}{M+N} - \left(M - \frac{1}{N} \right) = -\frac{2\varepsilon + \varepsilon^2}{3000} + \frac{(1+\varepsilon)^2}{3000^2} - \dots < 3 \times 10^{-7}$$

т. е. мы дѣлаемъ ошибку менѣе $0,3 \times 10^{-6}$ ома — величины, лежащей за предѣлами точности нашихъ измѣреній.

Таблица XXIX.

4 ноября 1913 г.

$N'_{4044} = 100000$										
M4044	221	211	205	212,3 = α'_{MI}	262	265	269	265,3 = α'_{MII}	$t_H = 18^{\circ},35$	
№ 3	145	139		142,0 = α'_{PI}	200	203		201,5 = α'_{PII}		
				+70,3				+63,8		
$d' = +6,5$										
$N'_{4044} = 50000$										
M4044	191	181	176	182,7 = α''_{MI}	276	279	280	278,3 = α''_{MII}	$t_H = 18^{\circ},35$	
№ 3	118	113		115,5 = α''_{PI}	209	209		209,0 = α''_{PII}		
				+67,2				+63,3		
$d'' = -2,1$										

Примѣняя первую формулу (34) находимъ:

$$\begin{aligned}
 |N_3|_0 &= |M 4044|_{18^{\circ},35} - \frac{1}{100000} - \frac{6,5}{6,5 + 2,1} \left(\frac{1}{50000} - \frac{1}{100000} \right) = \\
 &= |M 4044|_{18^{\circ},35} - 17,5 \times 10^{-6}.
 \end{aligned}$$

Для каждаго изъ шести ртутныхъ образцовъ было произведено по три серии сравненій соответственно тремъ наполненіямъ ртутью. Протоколы всѣхъ этихъ сравненій можно найти въ таблицахъ *M* (см. Приложение), а результаты приводятся въ таблицѣ XXX.

Таблица XXX.

		а. С р я в н е н и я М 4044.				
		1-е наполнение.	2-е наполнение.	3-е наполнение.	Среднее.	
М 4044 ₁₈ —	№ 1 ₀ =	+ 286 × 10 ⁻⁶ м. о.	+ 284 × 10 ⁻⁶ м. о.	+ 277 × 10 ⁻⁶ м. о.	+ 282 × 10 ⁻⁶ м. о.	
	№ 2 ₀ =	- 36 × 10 ⁻⁶ » »	- 35 × 10 ⁻⁶ » »	- 34 × 10 ⁻⁶ » »	- 35 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 3 ₀ =	+ 15 × 10 ⁻⁶ » »	+ 21 × 10 ⁻⁶ » »	+ 14 × 10 ⁻⁶ » »	+ 17 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 4 ₀ =	- 129 × 10 ⁻⁶ » »	- 131 × 10 ⁻⁶ » »	- 132 × 10 ⁻⁶ » »	- 131 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 5 ₀ =	+ 149 × 10 ⁻⁶ » »	+ 159 × 10 ⁻⁶ » »	+ 140 × 10 ⁻⁶ » »	+ 149 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 6 ₀ =	- 76 × 10 ⁻⁶ » »	- 78 × 10 ⁻⁶ » »	- 87 × 10 ⁻⁶ » »	- 80 × 10 ⁻⁶ » »	
		б. С р я в н е н и я М 4046.				
		1-е наполнение.	2-е наполнение.	3-е наполнение.	Среднее.	
М 4046 ₁₈ —	№ 1 ₀ =	+ 286 × 10 ⁻⁶ м. о.	+ 285 × 10 ⁻⁶ м. о.	+ 277 × 10 ⁻⁶ м. о.	+ 283 × 10 ⁻⁶ м. о.	
	№ 2 ₀ =	- 33 × 10 ⁻⁶ » »	- 29 × 10 ⁻⁶ » »	- 36 × 10 ⁻⁶ » »	- 33 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 3 ₀ =	+ 17 × 10 ⁻⁶ » »	+ 20 × 10 ⁻⁶ » »	+ 15 × 10 ⁻⁶ » »	+ 18 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 4 ₀ =	- 129 × 10 ⁻⁶ » »	- 132 × 10 ⁻⁶ » »	- 131 × 10 ⁻⁶ » »	- 131 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 5 ₀ =	+ 152 × 10 ⁻⁶ » »	+ 162 × 10 ⁻⁶ » »	+ 140 × 10 ⁻⁶ » »	+ 151 × 10 ⁻⁶ » »	
	№ 6 ₀ =	- 74 × 10 ⁻⁶ » »	- 75 × 10 ⁻⁶ » »	- 86 × 10 ⁻⁶ » »	- 78 × 10 ⁻⁶ » »	

Суммируя первый и послѣдній столбцы этой таблицы и дѣля полученныя суммы на 6, мы приходимъ къ двумъ уравненіямъ, изъ которыхъ опредѣляются значенія обѣихъ катушекъ въ международныхъ омахъ:

$$|M 4044|_{18^{\circ}} = \frac{\Sigma |P|_0}{6} + 34 \times 10^{-6} \text{ межд. ома.}$$

$$|M 4046|_{18^{\circ}} = \frac{\Sigma |P|_0}{6} + 35 \times 10^{-6} \text{ » »}$$

Входящее въ эти равенства выраженіе $\frac{\Sigma |P|_0}{6}$ представляетъ собой среднее арифметическое изъ вычисленныхъ сопротивленій образцовъ; имъ какъ разъ и опредѣляется, согласно спецификаціи, величина единицы сопротивленія. Для нашихъ образцовъ $\frac{\Sigma |P|_0}{6} = 0,999977$ межд. ома (см. таблицу XXVIII), такимъ образомъ сопротивленія катушекъ при 18° C равны:

$$\begin{array}{l} M 4044 \dots\dots\dots 1,000011 \text{ межд. ома} \\ M 4046 \dots\dots\dots 1,000012 \text{ » } \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} M 4044 \\ M 4046 \end{array}} \right\} \dots\dots (35)$$

Величины (35) и числа послѣдняго столбца таблицы XXX позволяютъ найти наблюденныя сопротивленія ртутныхъ образцовъ, опредѣляемыя совокупностью всѣхъ электрическихъ сравненій (таблица XXXI).

Таблица XXXI.

Обозначеніе образцовъ.	Сопротивленіе образцовъ при 0° въ межд. омахъ.		
	Сравненія съ M 4044.	Сравненія съ M 4046.	Среднее.
1	0,999728	0,999729	0,999728
2	1,000046	1,000045	1,000046
3	0,999994	0,999994	0,999994
4	1,000142	1,000143	1,000143
5	0,999862	0,999861	0,999861
6	1,000091	1,000090	1,000091

Сравнивая числа послѣдняго столбца этой таблицы съ соответствующими числами таблицы XXVIII, мы опредѣлимъ ошибки изготовленія образцовъ (таблица XXXII). Послѣдній

Таблица XXXII.

Обозначеніе образцовъ.	Сопротивленія образцовъ при 0°.		Δ набл.—вычисл.
	Наблюденныя.	Вычисленныя.	
1	0,999728	0,999704	$+2,4 \times 10^{-5}$
2	1,000046	1,000023	+2,3
3	0,999994	0,999993	+0,1
4	1,000143	1,000170	-2,7
5	0,999861	0,999872	-1,1
6	1,000091	1,000101	-1,0
Среднее . .	0,999977	0,999977	$\pm 1,6 \times 10^{-5}$

столбецъ таблицы содержитъ разности между наблюденными и вычисленными сопротивленіями. Средняя разность ($\pm 1,6 \times 10^{-5}$) опредѣляетъ точность, достигнутую при изготовленіи образцовъ.

Окончаніе настоящей работы совпало съ возможностью немедленнаго сравненія нашихъ ртутныхъ образцовъ съ образцами другихъ Лабораторій благодаря присланнымъ въ Главную Палату въ юль 1913 года двумъ манганиновымъ катушкамъ Национальной Физической Лабораторіи (см. стр. 19). Эти катушки, за №№ 164 и 209, были изготовлены въ Национальной Лабораторіи въ 1906—1908 гг. Передъ отсылкой онѣ были подрегулированы и герметически залиты масломъ. Катушки были сравнены 25 октября 1913 года съ катушками М4044 и М4046 (таблица Q, см. Приложение); измѣренія дали слѣдующіе результаты (таблица XXXIII).

Таблица XXXIII.

№№ катушек Н. Ф. Л.	Сопротивленія въ омахъ Г. П. при 20°С.		
	Сравненія съ М4044.	Сравненія съ М4046.	Среднее.
164	1,000045	1,000044	1,000044
209	1,000068	1,000069	1,000069

Для приведенія къ температурѣ 20° С служили формулы, данныя Национальной Физической Лабораторіей.

$$\begin{aligned} \text{для № 164: } R_{20^{\circ}+t} &= R_{20^{\circ}} + 6,9t \times 10^{-6} - 0,50t^2 \times 10^{-6} \\ \text{» № 209: } R_{20^{\circ}+t} &= R_{20^{\circ}} + 11,0t \times 10^{-6} - 0,32t^2 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

Какъ впоследствии обнаружилось, сопротивленія всѣхъ катушекъ Н. Ф. Л., разосланныхъ въ различныя Лабораторіи, за 4 мѣсяца значительно измѣнились, но эти измѣненія происходили почти пропорціонально времени, что исключаетъ возможность серьезной ошибки въ результатахъ сравненій. Въ таблицѣ XXXIV приведены сопротивленія катушекъ № 164 и № 209, выраженные въ единицѣ Н. Ф. Л. для различныхъ моментовъ времени до и послѣ сравненій ихъ въ Главной Палатѣ, и курсивомъ указаны величины, которыя онѣ должны были имѣть въ моментъ сравненія.

Таблица XXXIV.

Время измѣреній.	Сопротивленія въ омахъ Н. Ф. Л. при 20°С.	
	№ 164.	№ 209.
10 июля 1913 г.	1,000015	1,000032
25 октября 1913 г.	1,000041	1,000062
11 ноября 1913 г.	1,000047	1,000068
28 » 1913 г.	1,000050	1,000072
17 декабря 1913 г.	1,000052	1,000074

Сравнивая величины сопротивленія для 25 октября, имѣемъ:

$$\begin{array}{l}
 \text{для № 164} \dots \left\{ \begin{array}{l} 1,000044 \text{ ома Г. П.} \\ 1,000041 \text{ » Н. Ф. Л.} \end{array} \right\} + 3 \times 10^{-6} \\
 \text{» № 209} \dots \left\{ \begin{array}{l} 1,000069 \text{ » Г. П.} \\ 1,000062 \text{ » Н. Ф. Л.} \end{array} \right\} + 7 \times 10^{-6} \\
 \hline
 + 5 \times 10^{-6}
 \end{array}$$

Отсюда слѣдуетъ, что единица сопротивленія Главной Палаты меньше единицы сопротивленія Национальной Физической Лабораторіи на 0,000005 ома.

Въ концѣ 1913 г. катушка М 4046 была переслана въ Государственный Ф.-Т. Институтъ въ Шарлотенбургѣ, гдѣ была сравнена 9 января 1914 года съ ртутными образцами. Измѣренія показали, что сопротивленіе М 4046 при $18^{\circ}\text{C} = 0,999989$ ома Г. Ф. Т. И. По измѣреніямъ же въ Главной Палатѣ сопротивленіе М 4046 при $18^{\circ}\text{C} = 1,000012$ ома Г. П., т. е. единица сопротивленія Главной Палаты меньше единицы сопротивленія Государственного Ф.-Т. Института на 0,000023 ома, что совпадаетъ съ результатомъ, полученнымъ Национальной Физической Лабораторіей (см. таблицу IV).

Съ изготовленіемъ ртутныхъ образцовъ закончена первая часть основной работы Главной Палаты по установленію единообразія электрическихъ мѣръ въ Россіи. Какъ показали международныя сравненія, русская единица сопротивленія практически находится въ полномъ согласіи съ единицей сопротивленія другихъ государствъ, чѣмъ обеспечивается международное единообразіе электрическихъ мѣръ. Организованная въ 1909 г. Управляющимъ Главной Палатой проф. Н. Г. Егоровымъ, эта работа потребовала много труда и времени. Авторы выражаютъ свою искреннюю благодарность Н. Г. Егорову, довѣрившему имъ исполненіе работы, за его вниманіе и совѣты, а также всѣмъ учрежденіямъ и лицамъ, въ той или иной мѣрѣ оказавшимъ содѣйствіе успѣшному ея окончанію.

Приложение.

Таблицы А. Определение величины среднего дѣленія шкалы.—
Таблицы В. Определение поправки дѣлений.—Таблицы С. Главная калибровка.—Таблицы D. Погрѣшности наблюдений.—Таблицы Е. Дополнительная калибровка.—Таблицы F. Калибровка перваго дециметра.—
Таблицы G. Калибровка послѣдняго дециметра.—Таблицы H. Определение объема, соответствующаго одному среднему дѣленію.—Таблицы K. Определение длины трубки при 0°.—Таблицы L. Определение массы ртути, наполняющей трубку при 0°.—Таблицы M. Электрическія сравненія образцовъ.—Таблица N. Изученіе капилляровъ № 1 и № 2.—
Таблица P. Эталонированіе разновѣса № 477.—Таблица Q. Сравненіе катушек Н. Ф. Л. № 164 и № 209 съ M 4044 и M 4046.

Ртутный образецъ № 1.

Таблица А. Определение величины среднего дѣленія шкалы.

Универсальный компараторъ Межд. Бюро мѣръ и вѣсовъ.

18. VIII. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

t_H	k
18,750	-115,6 μ
18,761	-114,7
18,755	-115,5
18,744	-115,0
18,752	-115,2 μ
Приведеніе къ 0°: + 6,6	
[$N 1$] ₀ - R_0 = -108,6 μ	

Таблица В. Определение поправки деления.

Универсальный компаратор. Межд. Бюро мѣръ и вѣсовъ.

10—11. VIII. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

Поправка для среднего деления.		Сравнение 24-см. промежуточных.			
		[м. н.]	а	[м. н.]	а
$\frac{[0,550] + [550,1100]}{[0,550] - [550,1100]} = L$ $[0,550] = \frac{L}{2} - 1,6 \mu$ $[550,1100] = \frac{L}{2} + 1,6 \mu$ $\mu_{550} = -1,6 \mu$		[0,200] 1100,300 230,400 300,500 400,600]	+ 48,3 μ + 58,3 + 67,5 + 52,3 + 48,5	[500,700] 600,800 700,900 800,1000 900,1100]	+ 55,5 μ + 56,0 + 56,5 + 59,3 + 53,3
Сравнение 5-см. промежуточных, съ промежуточною [850 . 900].		Сравнение 1-см. промежуточных, съ последним делениемъ съ промежуточною [790 . 800].			
[м. н.]	а	[м. н.]	а	[м. н.]	а
[0 . 50] [50 . 100] [100 . 150] [150 . 200] [200 . 250] [250 . 300] [300 . 350] [350 . 400] [400 . 450] [450 . 500] [500 . 550]	+ 1,8 μ - 5,0 - 6,3 - 5,3 + 1,3 + 1,0 + 5,5 - 0,5 - 1,8 - 4,8 - 1,0	[550 . 600] 600 . 650 650 . 700 700 . 750 750 . 800 800 . 850 850 . 900 900 . 950 950 . 1000 1000 . 1050 1050 . 1100]	- 3,5 μ - 3,3 - 2,0 - 6,3 + 0,8 - 3,0 - 1,3 + 1,5 - 3,8 + 5,0 - 14,5	[1000 . 1010] 1010 . 1020 1020 . 1030 1030 . 1040 1040 . 1050 1050 . 1060 1060 . 1070 1070 . 1080 1080 . 1090 1090 . 1100]	+ 3,3 μ + 0,3 + 0,3 + 0,5 - 2,5 - 3,5 + 5,8 - 0,3 - 8,5 - 13,8
Сравнение 5-см. промежуточных, съ промежуточною [550 . 600].		Сравнение 1-см. промежуточных, съ промежуточною [200 . 250].			
[м. н.]	а	[м. н.]	а	[м. н.]	а
[0 . 50] [50 . 100] [100 . 150] [150 . 200] [200 . 250] [250 . 300] [300 . 350] [350 . 400] [400 . 450] [450 . 500] [500 . 550]	+ 1,8 μ - 5,0 - 6,3 - 5,3 + 1,3 + 1,0 + 5,5 - 0,5 - 1,8 - 4,8 - 1,0	[550 . 600] 600 . 650 650 . 700 700 . 750 750 . 800 800 . 850 850 . 900 900 . 950 950 . 1000 1000 . 1050 1050 . 1100]	- 3,5 μ - 3,3 - 2,0 - 6,3 + 0,8 - 3,0 - 1,3 + 1,5 - 3,8 + 5,0 - 14,5	[1000 . 1010] 1010 . 1020 1020 . 1030 1030 . 1040 1040 . 1050 1050 . 1060 1060 . 1070 1070 . 1080 1080 . 1090 1090 . 1100]	+ 3,3 μ + 0,3 + 0,3 + 0,5 - 2,5 - 3,5 + 5,8 - 0,3 - 8,5 - 13,8

Таблица С (окончание).

m	800 дтл.		850 дтл.		900 дтл.		950 дтл.		1000 дтл.		1050 дтл.	
	Δm	Δn										
0	+0,445	-0,650	+0,505	+1,190	+0,240	-0,130	+0,120	+0,320	+0,210	-0,090	+0,395	+0,605
50	-0,410	+0,120	-1,090	+1,010	-0,180	+0,205	-0,540	+0,465	-0,100	+0,120	-0,475	-0,320
100	-0,540	+0,975	-1,265	+1,330	-0,590	+0,270	-0,530	+0,610	-0,125	-0,335		
150	-0,775	+0,725	-1,225	+1,330	-0,210	+0,325	-0,480	-0,185				
200	-0,490	+0,370	-0,675	+0,930	+0,715	-0,245						
250	-0,035	+0,085	-0,615	-0,475								
300	+0,830	-0,365										

Таблица D. Погрешности наблюдений.

Предельн погрѣшн.	Число погрѣшн.
0,000—0,009	76 или 30,2%
0,010—0,019	56 » 22,2
0,020—0,029	49 » 19,4
0,030—0,039	28 » 11,1
0,040—0,049	27 » 10,7
0,050—0,059	8 » 3,2
0,060—0,069	4 » 1,6
0,070—0,079	3 » 1,2
0,080—0,089	1 » 0,4
Средн. погрѣшн. 0,021	252 или 100%

Таблица Е. Дополнительная калибровка.

16-17. VIII. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

m	[0 . 100]				[100 . 200]				[200 . 300]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,26	- 0,93	- 1,58	- 0,78	+ 0,56	- 0,23	- 0,52	+ 0,75	+ 0,89	+ 0,21	+ 0,03	+ 1,13
20	+ 0,30	- 0,82	- 1,34	- 0,57	+ 0,65	- 0,01	- 0,20	+ 1,07	+ 0,86	+ 0,21	- 0,08	+ 1,06
40	+ 0,32	- 0,66	- 1,18		+ 0,72	+ 0,17	+ 0,08		+ 0,85	+ 0,17	- 0,13	
60	+ 0,40	- 0,41			+ 0,87	+ 0,37			+ 0,84	+ 0,15		
80	+ 0,52				+ 0,97				+ 0,84			

m	[300 . 400]				[400 . 500]				[500 . 600]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,80	+ 0,02	- 0,22	+ 0,99	+ 0,92	+ 0,33	+ 0,18	+ 1,55	+ 0,90	+ 0,28	+ 0,22	+ 1,37
20	+ 0,76	+ 0,09	- 0,14	+ 1,11	+ 0,96	+ 0,40	+ 0,24	+ 1,63	+ 0,96	+ 0,28	+ 0,18	+ 1,32
40	+ 0,84	+ 0,25	+ 0,09		+ 0,94	+ 0,42	+ 0,24		+ 0,92	+ 0,27	+ 0,15	
60	+ 0,87	+ 0,26			+ 0,96	+ 0,42			+ 0,88	+ 0,27		
80	+ 0,91				+ 0,93				+ 0,96			

Таблица E (продолжение).

m	[600 . 700]				[700 . 800]				[800 . 900]			
	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,94	+ 0,38	+ 0,32	+ 1,80	+ 1,17	+ 0,85	+ 0,97	+ 2,34	+ 1,02	+ 0,46	+ 0,28	+ 1,57
20	+ 1,01	+ 0,49	+ 0,48	+ 2,00	+ 1,16	+ 0,83	+ 0,80	+ 2,26	+ 0,97	+ 0,38	+ 0,22	+ 1,31
40	+ 1,02	+ 0,58	+ 0,65		+ 1,14	+ 0,78	+ 0,80		+ 0,93	+ 0,32	+ 0,09	
60	+ 1,06	+ 0,74			+ 1,10	+ 0,68			+ 0,88	+ 0,21		
80	+ 1,11				+ 1,10				+ 0,85			

m	[900 . 1000]				[1000 . 1100]			
	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.
	$\Delta n - \Delta m$							
0	+ 0,66	- 0,17	- 0,61	+ 0,41	+ 0,55	- 0,38	- 1,00	- 0,38
20	+ 0,66	- 0,22	- 0,63	+ 0,36	+ 0,52	- 0,48	- 1,25	- 0,69
40	+ 0,64	- 0,15	- 0,58		+ 0,34	- 0,82	- 1,59	
60	+ 0,64	- 0,25			+ 0,24	- 0,90		
80	+ 0,63				+ 0,22			

Таблица Н. Определение объема, соответствующаго одному среднему делению.

29. IX—5. X. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

1-ый столбикъ.				2-ой столбикъ.			
AB		BA		AB		BA	
t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t
11°,841	990,551	11°,876	990,534	12°,917	983,934	12°,947	983,963
	990,670		990,536		983,967		983,962
	990,545		990,558		983,944		983,975
	990,578		990,566		983,491		983,963
	990,566		990,523		983,982		983,974
	990,552		990,595		983,963		984,001
	990,560		990,586		983,973		983,953
	990,529		990,633		983,961		982,989
	990,560		990,597		983,966		983,916
	990,553		990,518		983,978		983,939
	990,528		990,569		984,000		983,968
	990,564		990,506		983,962		983,992
	990,538		990,529		983,985		983,976
	990,544		990,556		984,001		983,940
11°,915	990,566	11°,921	990,632	12°,998	984,005	13°,049	983,921
11°,878	990,560	11°,899	990,596	12°,957	983,974	12°,998	983,962
Ср. $t_H = 11,889$; Ср. $N_t = 990,563$				Ср. $t_H = 12,978$; Ср. $N_t = 983,968$			
$p = 12005,04$ мгр.				$p = 12519,68$ мгр.			

Таблица К. Определение длины трубки при 0°.

2-5. IV. 1913.

Наблюд. Ф. И. Б. и М. Ф. М.

Положения трубки.	t	k	t	k
I	+ 0°,346	- 165,5 μ .	+ 0°,343	- 165,3 μ .
I	+ 0,246	- 166,1	+ 0,359	- 165,3
II	+ 0,234	- 164,9	+ 0,360	- 163,8
II	+ 0,215	- 164,9	+ 0,281	- 164,3
III	+ 0,230	- 164,8	+ 0,254	- 165,9
III	+ 0,199	- 165,4	+ 0,253	- 163,9
IV	+ 0,247	- 165,5	+ 0,242	- 166,8
IV	+ 0,261	- 165,8	+ 0,240	- 166,6
	+ 0°,235	- 165,5	+ 0°,293	- 165,2
	- 0°,111	- 686,9	- 0°,111	- 688,2
	$t_H = + 0°,124$	$k-l = - 852,4 \mu$	$t_H = + 0°,182$	$k-l = - 853,4 \mu$
Среднее: $t_H = + 0°,153$; $k-l = - 852,9 \mu$				

Таблица L. Определение массы ртути, наполняющей трубку при C.
Наблюд. А. Н. Г. и М. О. М.
I. VII. 1913; 17—25. XI. 1911.

а. Капилляр № 1. — Трубка № 1. — Капилляр № 2.			б. Капилляр № 1. — Капилляр № 2.					
Первое наполнение.		Второе наполнение.	Третье наполнение.		Четвертое наполнение.			
Капилл. № 1.	Капилл. № 2.	Капилл. № 1.	Капилл. № 2.	Капилл. № 1.	Капилл. № 2.			
Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.			
79,76	174,95	93,26	66,71	134,78	92,52			
90,00	174,88	93,28	66,73	134,76	92,52			
81,26	174,41	91,50	66,90	134,78	91,72			
82,04	174,34	91,50	66,90	134,76	91,72			
83,14	174,36	93,96	66,54	134,73	90,52			
85,00	174,36	95,94	66,54	134,73	93,32			
88,86	174,38	94,06	65,46	134,78	91,72			
90,80	174,38	94,10	65,45	134,78	91,72			
91,04	174,42	91,60	66,50	134,81	93,30			
91,50	174,40	91,60	66,48	134,79	91,72			
Среднее: 174,38			Среднее: 134,77			Среднее: 100,74		

$A = [стаканчик].$ $B = [2] гр. + (500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (20) + (1) мгр.$ AB $-10,25 д\mu.$			$A = [стаканчик].$ $B = [2] гр. + (500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (20) + (1) мгр.$ BA $+8,18 д\mu.$			$A = [стаканчик].$ $B = [2] гр. + (500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (20) + (1) мгр.$ BA $+8,93 д\mu.$			$A = [стаканчик].$ $B = [2] гр. + (500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (20) + (1) мгр.$ BA $+8,93 д\mu.$		
$+8,41 д\mu.$ $-10,47 >$ $-10,36 д\mu.$ $A - B = -10,36 + 8,41 = -1,95 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$			$-11,43 д\mu.$ $+8,22 >$ $+8,20 д\mu.$ $A - B = -10,30 + 8,20 = -2,10 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$			$-12,40 д\mu.$ $+8,95 >$ $+8,93 д\mu.$ $A - B = -12,40 + 8,93 = -3,47 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$			$-12,40 д\mu.$ $+9,08 >$ $+9,02 д\mu.$ $A - B = -12,40 + 9,02 = -3,38 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$		
$-11,32 д\mu.$ $+7,92 д\mu.$ $-11,42 >$ $-11,31 >$ $-11,35 д\mu.$ $A - B = -11,35 + 7,80 = -3,55 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$			$+10,53 д\mu.$ $+10,40 >$ $+10,67 >$ $+10,51 д\mu.$ $A - B = -10,51 + 8,85 = -1,66 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$			$+13,63 д\mu.$ $+13,73 >$ $+13,72 >$ $+13,69 д\mu.$ $A - B = -13,69 + 13,52 = -0,17 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$			$+9,74 д\mu.$ $+9,74 >$ $+9,60 >$ $+9,70 д\mu.$ $A - B = -9,70 + 9,70 = 0 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$		
$-1,78 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$ $[P]_{\text{полн.}} = 14987,58 мгр.$ Привед. к пустоте: $-0,72 >$ $P_1 = 14986,86 мгр.$			$+0,83 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$ $[P]_{\text{полн.}} = 14991,60 мгр.$ Привед. к пустоте: $-0,74 >$ $P_1 = 14990,86 мгр.$			$+0,08 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$ $[P]_{\text{полн.}} = 14975,01 мгр.$ Привед. к пустоте: $-0,74 >$ $P_1 = 14974,27 мгр.$			$-0,96 д\mu.$ $1 д\mu. = 0,170 мгр.$ $[P]_{\text{полн.}} = 2351,85 мгр.$ Привед. к пустоте: $-0,13 >$ $P_2 = 2351,73 мгр.$		

Таблица М. Электрическія сравненія.

1-11-15, XI, 1913.

Наблюд. А. Н. Г. и М. О. М.

Положенія катушки.	Сравненіе съ М 4044.			Сравненіе съ М 4046.		
	а) Первое наполненіе.					
	$N_{[4044]}=3350$ $t_H = 18^{\circ},42$	$N_{[4044]}=3450$	$N_{[4044]}=3350$ $t_H = 18^{\circ},62$	$N_{[4046]}=4000$ $t_H = 18^{\circ},35$	$N_{[4046]}=3700$	$N_{[4046]}=3400$ $t_H = 18^{\circ},55$
I М	208,5	216,0	174,5	237,5	205,5	161,5
I Р	152,0	130,5	88,5	128,5	101,5	54,0
	+ 56,5	+ 85,5	+ 91,0	+ 109,0	+ 104,0	+ 107,5
II М	208,5	199,5	231,5	217,5	228,5	259,0
II Р	144,5	123,5	131,5	133,5	137,0	151,0
	+ 64,0	+ 76,0	+ 100,0	+ 84,0	+ 91,5	+ 108,0
	$d' = -7,5$	$d'' = +9,5$	$d''' = -9,0$	$d' = +25,0$	$d'' = +12,5$	$d''' = -0,5$
б) Второе наполненіе.						
	$N_{[4044]}=3400$ $t_H = 18^{\circ},43$	$N_{[4044]}=3540$	$N_{[4044]}=3380$ $t_H = 18^{\circ},45$	$N_{[4046]}=3070$ $t_H = 18^{\circ},11$	$N_{[4046]}=3750$	$N_{[4046]}=3500$ $t_H = 18^{\circ},23$
I М	233,5	219,5	252,0	207,5	268,5	282,5
I Р	212,5	225,5	238,0	216,5	266,5	285,5
	+ 21,0	+ 24,0	+ 17,0	- 9,0	+ 2,0	- 3,0
II М	277,5	252,5	239,5	300,5	234,0	220,0
II Р	235,0	223,0	219,0	290,5	240,5	225,5
	+ 22,5	+ 19,5	+ 20,5	+ 10,0	- 6,5	- 5,5
	$d' = -1,5$	$d'' = +5,5$	$d''' = -3,5$	$d' = -19,0$	$d'' = +8,5$	$d''' = +2,5$

Таблица М (продолжение).

Положение кондукторов.	Сравнение съ М 4044.			Сравнение съ М 4046.		
	с) Третье наполнение.					
	$N_{[4044]}=3500$ $t_H = 19^{\circ},43$	$N_{[4044]}=3300$	$N_{[4044]}=3500$ $t_H = 19^{\circ},47$	$N_{[4046]}=3500$ $t_H = 19^{\circ},31$	$N_{[4046]}=3300$	$N_{[4046]}=3500$ $t_H = 19^{\circ},31$
I М	258,0	254,0	259,5	266,5	263,5	268,0
I Р	249,0	248,0	248,0	255,0	256,0	255,0
	+ 9,0	+ 6,0	+ 11,5	+ 11,5	+ 7,5	+ 13,0
II М	286,5	291,5	292,0	283,0	289,5	286,0
II Р	285,0	286,0	289,0	278,0	279,0	279,0
	+ 1,5	+ 8,5	+ 3,0	+ 5,0	+ 10,5	+ 7,0
	$d' = + 7,5$	$d'' = - 2,5$	$d''' = + 8,5$	$d' = + 6,5$	$d'' = - 3,0$	$d''' = + 6,0$

Ртутный образец № 2.

Таблица А. Определение величины среднего удлиения шкалы.

Универсальный компаратор. Межд. Бюро мѣръ и ъзѣвъ.

24. VI. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

t_H	k
16,281	- 124,5 μ
16,308	- 125,4
16,324	- 125,7
16,338	- 124,7
$19^{\circ},313$	- 125,1 μ
Приведение къ 0°: + 0,0	
(N_2) ₀ - R_2 = - 119,1 μ	

Таблица В. Определенные поправки дльцин.

Универсальный компаратор Менд. Бюро мѣръ и ѣсовъ.

Наблюд. А. Н. Г.

27—30, VI, 1909.

Поправка для среднего дльцин.		Сравненіе 20-см. промежутокъ.	
[m. n]	a	[m. n]	a
[0, 550] + [550, 1100] = L		[500, 700]	+ 113,0
[0, 550] - [550, 1100] = + 8,2 μ.		[600, 800]	+ 98,0
$[0, 550] = \frac{L}{2} + 4,1 \mu.$		[700, 900]	+ 106,0
[550, 1100] = $\frac{L}{2} - 4,1 \mu.$		[800, 1000]	+ 121,3
$y_{550} = + 4,1 \mu.$		[900, 1100]	+ 113,0
Сравненіе 5-см. промежутковъ съ промежутокъ [850, 900].		Сравненіе 1-см. промежутковъ пераго дльцинъ съ промежутокъ [300, 310].	
[m. n]	a	[m. n]	a
[0, 50]	+ 3,0 μ	[10, 10]	+ 2,6 μ
[50, 100]	- 5,0	[10, 20]	+ 3,3
[100, 150]	+ 2,5	[20, 30]	- 0,3
[150, 200]	- 3,3	[30, 40]	- 1,0
[200, 250]	+ 5,0	[40, 50]	- 2,8
[250, 300]	+ 8,5	[50, 60]	- 0,9
[300, 350]	+ 4,3	[60, 70]	+ 0,1
[350, 400]	- 2,5	[70, 80]	+ 2,5
[400, 450]	+ 0,5	[80, 90]	- 0,2
[450, 500]	- 4,5	[90, 100]	- 0,3
[500, 550]	+ 0,3		
Сравненіе 5-см. промежутковъ съ промежутокъ [200, 250].		Сравненіе 1-см. промежутковъ послѣдняго дльцинъ съ промежутокъ [790, 800].	
[m. n]	a	[m. n]	a
[550, 600]	- 0,8 μ	[1000, 1010]	+ 5,9 μ
[600, 650]	- 4,3	[1010, 1020]	+ 3,7
[650, 700]	- 11,8	[1020, 1030]	+ 3,7
[700, 750]	+ 6,3	[1030, 1040]	+ 2,8
[750, 800]	- 12,0	[1040, 1050]	0,0
[800, 850]	- 5,0	[1050, 1060]	- 0,7
[850, 900]	+ 5,0	[1060, 1070]	+ 4,9
[900, 950]	+ 1,5	[1070, 1080]	+ 0,1
[950, 1000]	- 1,3	[1080, 1090]	- 6,6
[1000, 1050]	+ 4,5	[1090, 1100]	- 9,9
[1050, 1100]	- 23,3		

Таблица С. Главная калибровка.

4-7. VII. 1909 г.

Наблюд. А. Н. Г.

m	50 д.л.		100 д.л.		150 д.л.		200 д.л.		250 д.л.	
	Δm	Δn								
0	+0,225	+0,600	+0,240	+0,715	+0,425	-0,700	+0,305	-0,490	+0,300	+1,230
50	+0,150	+0,445	-0,355	+0,335	+0,460	-0,220	+0,305	-0,550	-0,380	+0,290
100	-0,135	+0,290	-0,525	+0,600	+0,445	-0,250	+0,435	-0,660	-0,115	+0,270
150	-0,490	+0,370	-0,800	+0,175	+0,415	-0,550	+0,680	-0,795	-0,105	+0,090
200	-0,085	+0,205	-0,045	+0,130	+0,880	-1,000	+0,395	-1,075	+0,115	-0,225
250	-0,040	+0,050	+0,010	-0,010	+1,015	-0,880	+0,580	-1,185	+0,135	-0,070
300	-0,010	-0,035	0,000	+0,040	+0,960	-0,825	+1,000	-0,730	-0,060	+0,155
350	-0,085	+0,165	-0,085	+0,185	+0,565	-0,635	+0,580	-0,660	-0,665	+0,070
400	-0,010	+0,220	-0,345	+0,210	+0,525	-0,435	+0,510	-0,390	-0,630	+0,615
450	-0,340	+0,090	-0,340	+0,555	+0,090	-0,615	+0,155	-0,300	-0,750	+1,025
500	-0,150	+0,340	-0,345	+0,530	+0,225	-0,225	+0,115	0,000	-1,180	+0,895
550	-0,230	+0,215	-0,450	+0,610	-0,100	-0,210	0,000	+0,030	-0,970	+1,365
600	-0,340	+0,265	-0,800	+0,470	+0,005	-0,015	-0,145	+0,180	-1,065	+1,200
650	-0,420	+0,365	-0,665	+0,720	-0,055	0,000	-0,065	-0,005	-0,725	+0,925
700	-0,370	+0,270	-0,615	+0,740	0,000	-0,215	+0,315	-0,300	-0,635	+0,210
750	-0,215	+0,570	-0,645	+0,465	+0,220	-0,535	+0,565	-0,735	-0,245	+0,065
800	-0,110	+0,460	-0,020	+0,470	+0,670	-0,940	+0,805	-1,210	+0,105	-0,220
850	-0,180	-0,055	-0,085	-0,175	+0,880	-1,140	+1,130	-1,160	+0,025	-0,220
900	+0,015	+0,015	+0,065	+0,030	+0,995	-0,885	+1,210	-0,620		
950	-0,110	-0,015	0,000	+0,155	+1,165	-0,170				
1000	-0,170	+0,055	-0,750	-0,170						
1050	-0,575	-0,025								

Таблица С (продолжение).

m	550 д.л.		600 д.л.		650 д.л.		700 д.л.		750 д.л.	
	Δm	Δn								
0	+0,270	-0,530	+0,365	-0,300	+1,020	-0,740	+0,295	-0,180	+0,505	-0,315
50	+0,275	-0,355	+0,235	-0,110	+0,815	-0,500	+0,015	-0,025	+0,190	-0,205
100	+0,070	-0,095	-0,190	+0,050	+0,540	-0,430	-0,150	+0,335	+0,065	-0,040
150	-0,120	+0,075	-0,265	+0,205	+0,300	-0,225	-0,265	+0,300	+0,305	-0,130
200	+0,065	+0,095	-0,205	+0,275	+0,580	-0,290	0,000	-0,220	+0,565	-0,715
250	-0,185	+0,350	-0,225	+0,440	+0,375	-0,650	+0,270	-0,230	+0,725	-0,725
300	-0,485	+0,490	-0,290	+0,360	+0,700	-0,395	+0,220	-0,245	+0,520	-0,810
350	-0,600	+0,490	-0,300	+0,365	+0,685	-0,315	+0,110	-0,110	+0,400	-0,340
400	-0,460	+0,355	-0,195	+0,375	+0,550	-0,475	-0,470	-0,355		
450	-0,335	+0,370	-0,275	+0,290	+0,135	-0,570				
500	-0,250	+0,195	-0,765	-0,080						
550	-0,625	-0,125								

Таблица С. (окончаніе).

m	800 дѣл.		850 дѣл.		900 дѣл.		950 дѣл.		1000 дѣл.		1050 дѣл.	
	Δm	Δn										
0	+0,345	+0,715	+0,225	-0,265	+0,240	-0,185	+0,360	+0,950	+0,675	+0,765	+0,200	+0,550
50	+0,035	+0,580	+0,425	-0,265	+0,465	-0,340	-0,360	+0,060	+0,635	+0,555	-0,850	-0,340
100	+0,145	+0,495	+0,475	-0,535	+0,475	-0,495	-0,410	0,000	-0,865	-0,590		
150	0,000	-0,085	+0,720	-0,540	+0,575	-0,580	-0,660	-0,225				
200	+0,325	-0,460	+0,960	-0,950	+0,815	-0,585						
250	+0,600	-0,315	+0,715	-0,945								
300	+0,240	-0,170										

Таблица D. Погрѣшности наблюденій.

Предѣлы погрѣшн.	Число погрѣшн.
0,000—0,009	72 или 28,6%
0,010—0,019	56 » 22,2
0,020—0,029	37 » 14,7
0,030—0,039	40 » 15,9
0,040—0,049	20 » 7,9
0,050—0,059	16 » 6,3
0,060—0,069	8 » 3,2
0,070—0,079	2 » 0,8
0,080—0,089	0 » 0
0,090—0,099	1 » 0,4
Средн. погрѣшн. 0,021	252 или 100%

Таблица Е. Дополнительная калибровка.

13—14. VII. 1909.

Наблюд. А. И. Г.

m	[0 . 100]				[100 . 200]				[200 . 300]			
	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+0,05	+0,15	-0,30	+0,24	+0,06	+0,22	-0,18	+0,78	+0,07	+0,09	-0,40	+0,17
20	+0,06	+0,12	-0,35	+0,28	+0,08	+0,23	-0,01	+0,94	+0,01	-0,05	-0,60	-0,03
40	+0,06	+0,08	-0,42		+0,13	+0,48	+0,10		-0,08	-0,07	-0,68	
60	0,00	+0,09			+0,32	+0,53			-0,12	-0,14		
80	+0,05				+0,17				-0,16			

m	[300 . 400]				[400 . 500]				[500 . 600]			
	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.	20 дтл.	40 дтл.	60 дтл.	80 дтл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	-0,22	-0,22	-0,80	-0,08	-0,08	+0,01	-0,44	+0,27	+0,08	+0,24	-0,18	+0,61
20	-0,11	-0,16	-0,55	+0,06	0,01	+0,11	-0,25	+0,48	+0,12	+0,30	-0,14	+0,76
40	-0,07	+0,02	-0,51		-0,05	+0,17	-0,21		+0,07	+0,22	-0,14	
60	-0,01	+0,02			+0,07	+0,18			+0,04	+0,20		
80	-0,03				+0,08				+0,09			

Таблица Е (продолженіе).

m	[600 . 700]				[700 . 800]				[800 . 900]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,10	+ 0,34	+ 0,11	+ 1,05	+ 0,12	+ 0,27	0,00	+ 0,94	+ 0,15	+ 0,21	- 0,19	+ 0,40
20	+ 0,13	+ 0,40	+ 0,18	+ 1,03	+ 0,10	+ 0,34	+ 0,06	+ 0,97	+ 0,04	+ 0,10	- 0,49	+ 0,12
40	+ 0,22	+ 0,47	+ 0,19		+ 0,18	+ 0,42	+ 0,19		- 0,02	- 0,08	- 0,63	
60	+ 0,26	+ 0,43			+ 0,19	+ 0,43			- 0,05	- 0,18		
80	+ 0,17				+ 0,22				- 0,15			

m	[900 . 1000]				[1000 . 1100]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$							
0	- 0,15	- 0,27	- 0,82	- 0,16	- 0,11	- 0,09	- 0,49	+ 0,23
20	- 0,08	- 0,21	- 0,71	- 0,10	- 0,09	+ 0,08	- 0,35	+ 0,57
40	- 0,06	- 0,14	- 0,69		+ 0,04	+ 0,08	- 0,15	
60	- 0,05	- 0,05			+ 0,03	+ 0,21		
80	- 0,10				+ 0,21			

Таблица Н. Опредѣленіе объема, соответствующаго одному среднему дѣленію.

24—26. X. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

Столбикъ № 1.				Столбикъ № 2.			
AB		BA		AB		BA	
t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t
8°,931	990,136	8°,939	990,158	9°,141	985,254	9°,141	985,174
	990,104		990,145		985,262		985,152
	990,115		990,138		985,250		985,175
	990,152		990,169		985,287		985,187
	990,104		990,150		985,255		985,210
	990,164		990,150		985,257		985,152
	990,102		990,140		985,236		985,171
	990,140		990,123		985,259		985,164
	990,133		990,175		985,252		895,177
	990,149		990,116		985,268		985,163
	990,152		990,152		985,266		985,186
	990,138		990,137	9°,299	985,343	9°,299	985,223
	990,145		990,145				
	990,132		990,147				
8°,929	990,120	8°,941	990,163				
8°,930	990,132	8°,940	990,147	9°,220	985,266	9°,220	985,178
Ср. $t_H = 8°,935$; Ср. $N_t = 990,140$				Ср. $t_H = 9°,220$; Ср. $N_t = 985,222$			
$p = 12654,89$ мгр.				$p = 12591,91$ мгр.			

Таблица К. Определение длины трубки при 0°.

5-8. II. 1913.

Наблюд. Ф. Н. Б. и М. Ф. М.

Положение трубки.	t	k	t	k
I	+ 0°,309	+ 748,3 μ.	+ 0°,303	+ 749,9 μ.
I	+ 0,212	+ 747,8	+ 0,249	+ 750,9
II	+ 0,205	+ 738,6	+ 0,232	+ 740,8
II	+ 0,256	+ 738,0	+ 0,227	+ 738,2
III	+ 0,198	+ 744,0	+ 0,231	+ 747,2
III	+ 0,199	+ 743,6	+ 0,242	+ 746,4
IV	+ 0,215	+ 735,4	+ 0,206	+ 736,5
IV	+ 0,203	+ 735,3	+ 0,204	+ 737,7
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	+ 0°,211	+ 741,4	+ 0°,237	+ 743,4
	- 0°,111	- 686,9	- 0°,111	- 688,2
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	$t_H = + 0°,160$	$k - l = + 54,5 \mu.$	$t_H = + 0°,126$	$k - l = + 55,2 \mu.$
Среднее: $t_H = + 0°,113$; $k - l = + 54,8 \mu.$				

Таблица М. Электрическія сравненія.

4-13-16. XI. 1913.

Наблюд. А. Н. Г. и М. О. М.

Положенія коммутаторовъ.	Сравненіе съ М4044.			Сравненіе съ М4046.		
	а) Первое наполненіе.					
	$N_{[2]} = 50000$ $t_H = 18^\circ, 27.$	$N_{[2]} = 30000.$	$N_{[2]} = 33300$ $t_H = 18^\circ, 29.$	$N_{[2]} = 100000$ $t_H = 18^\circ, 17.$	$N_{[2]} = 50000.$	$N_{[2]} = 33300$ $t_H = 18^\circ, 22.$
I M	237,0	239,5	252,0	247,5	300,5	235,5
I P	218,5	216,5	227,0	224,5	274,0	199,0
	+ 18,5	+ 23,0	+ 25,0	+ 23,0	+ 26,5	+ 36,5
II M	261,5	252,5	249,5	189,5	145,0	199,5
II P	236,0	230,0	224,0	151,5	111,0	163,0
	+ 25,5	+ 22,5	+ 25,5	+ 38,0	+ 34,0	+ 36,5
	$d' = - 7,0$	$d'' = + 0,5$	$d''' = - 0,5$	$d' = - 15,0$	$d'' = - 7,5$	$d''' = 0,0$
б) Второе наполненіе.						
	$N_{[2]} = 50000$ $t_H = 18^\circ, 83.$	$N_{[2]} = 33300.$	$N_{[2]} = 50000$ $t_H = 18^\circ, 89.$	$N_{[2]} = 50000$ $t_H = 18^\circ, 52.$	$N_{[2]} = 33300.$	$N_{[2]} = 50000$ $t_H = 18^\circ, 63.$
I M	215,5	254,0	215,5	243,0	246,5	245,0
I P	200,0	232,0	225,0	231,0	224,0	222,0
	+ 15,5	+ 22,0	+ 20,5	+ 17,0	+ 22,5	+ 23,0
II M	330,5	263,0	269,5	267,0	274,0	276,0
II P	313,0	249,0	268,0	250,0	256,0	252,0
	+ 17,5	+ 14,0	+ 21,5	+ 17,0	+ 18,0	+ 24,0
	$d' = - 2,0$	$d'' = + 8,0$	$d''' = - 1,0$	$d' = 0,0$	$d'' = + 4,5$	$d''' = - 1,0$

Таблица М (продолжение).

Положения поперечного.	Сравнение съ М4044.			Сравнение съ М4046.		
	с) Третье наполнение.					
	$N_{[2]}=50000$ $t_H=18^{\circ},80.$	$N_{[2]}=33300.$	$N_{[2]}=50000$ $t_H=18^{\circ},85.$	$N_{[2]}=50000$ $t_H=18^{\circ},66.$	$N_{[2]}=33300.$	$N_{[2]}=50000$ $t_H=18^{\circ},60.$
IM	240,5	243,5	248,0	249,0	275,0	296,5
IP	262,0	260,0	266,0	275,0	297,0	310,0
	<u>- 21,5</u>	<u>- 16,5</u>	<u>- 18,0</u>	<u>- 26,0</u>	<u>- 22,0</u>	<u>- 23,5</u>
II M	200,0	208,5	207,0	233,5	200,5	193,0
II P	229,0	230,0	225,0	253,0	225,0	213,0
	<u>- 20,0</u>	<u>- 21,5</u>	<u>- 18,0</u>	<u>- 19,5</u>	<u>- 24,5</u>	<u>- 20,0</u>
	$d' = - 1,5$	$d'' = + 5,0$	$d''' = 0,0$	$d' = - 6,5$	$d'' = + 2,5$	$d''' = - 3,5$

Ртутный образец № 3.

Таблица А. Определение величины среднего дѣленія шкалы.

Универсальный компараторъ Межд. Бюро мѣръ и вѣсовъ.

26. VI. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

t_H	k
16°,149	- 134,7 μ
16,188	- 134,5
16,220	- 134,9
16,206	- 134,7
<u>16°,206</u>	<u>- 134,7 μ</u>
Приведение къ 0° : + 6,0	
[\mathcal{N} 3] $_{0^{\circ}}$ - R_0 = - 128,7 μ	

Таблица В. Определение поправки дьлений.

36. VI—3. VII. 1909. Универсальный компараторъ Межд. Бюро мѣръ и вѣсовъ. Наблюд. А. И. Г.

Поправка для среднего дьления.		Сравнение 20-см. промежутокъ.			
[m. n]	a	[m. n]	a	[m. n]	a
$\frac{[0. 550] + [550. 1100]}{[0. 550]} - \frac{L}{[550. 1100]} = + 11,2 \mu$ $\frac{[0. 550]}{2} = \frac{L}{2} + 5,6 \mu$ $\frac{[550. 1100]}{2} = \frac{L}{2} - 5,6 \mu$ $\mu_{\text{до}} = + 5,6 \mu$		Сравнение 1-см. промежутокъ.			
[m. n]	a	[m. n]	a	[m. n]	a
[0. 200]	+ 152,0 μ	[500. 700]	+ 154,5 μ		
[100. 300]	+ 161,3	[600. 800]	+ 144,2		
[200. 400]	+ 161,3	[700. 900]	+ 152,5		
[300. 500]	+ 149,9	[800. 1000]	+ 157,7		
[400. 600]	+ 158,7	[900. 1100]	+ 145,5		
Сравнение 5-см. промежутокъ съ промежутокъ [850. 900].		Сравнение 1-см. промежутокъ между последнимъ дециметра съ промежутокъ [790. 800].			
[m. n]	a	[m. n]	a	[m. n]	a
[0. 50]	+ 1,8 μ	[1000. 1010]	+ 3,2 μ		
[50. 100]	- 4,8	[1010. 1020]	+ 2,3		
[100. 150]	- 1,0	[1020. 1030]	+ 1,7		
[150. 200]	+ 0,5	[1030. 1040]	+ 2,3		
[200. 250]	+ 3,8	[1040. 1050]	+ 0,8		
[250. 300]	+ 4,3	[1050. 1060]	- 1,9		
[300. 350]	+ 6,3	[1060. 1070]	+ 3,1		
[350. 400]	- 7,0	[1070. 1080]	- 0,5		
[400. 450]	- 0,3	[1080. 1090]	- 5,3		
[450. 500]	- 3,8	[1090. 1100]	- 10,0		
[500. 550]	- 2,0				

Таблица С (продолжение).

m	550 дтл.		600 дтл.		650 дтл.		700 дтл.		750 дтл.	
	Δm	Δn								
0	+0,340	+0,565	+0,185	+0,260	+0,330	+0,600	+0,250	+0,075	+0,255	+1,320
50	-0,030	-0,275	+0,030	-0,455	-0,220	-0,430	+0,355	-0,640	-0,305	+0,350
100	+0,310	-0,280	+0,385	-0,385	+0,330	-0,530	+0,730	-0,505	-0,325	+0,225
150	+0,120	-0,505	+0,570	-0,570	+0,640	-0,225	+0,570	-0,565	-0,460	+0,495
200	+0,480	-0,220	+0,365	-0,350	-0,030	-0,290	+0,405	+0,155	-0,895	+0,795
250	+0,215	+0,055	+0,095	-0,065	-0,350	+0,275	-0,060	+0,470	-1,160	+1,125
300	-0,110	+0,230	-0,375	+0,315	-0,465	+0,780	-0,505	+0,470	-1,335	+1,060
350	-0,655	+0,610	-0,630	+0,830	-0,740	+1,095	-0,600	+0,695	-2,540	-0,230
400	-0,705	+1,155	-0,670	+1,075	-0,895	+1,000	-1,115	-0,180		
450	-0,895	+0,765	-0,250	+1,160	-1,340	-0,225				
500	-0,300	+0,870	-0,840	-0,385						
550	-1,045	-0,430								

Таблица D. Погрешности наблюдений.

Пределы погрешностей.	Число погрешностей.
0,000 — 0,009	78 или 30,9%
0,010 — 0,019	62 » 24,6
0,020 — 0,029	40 » 15,9
0,030 — 0,039	43 » 17,1
0,040 — 0,049	14 » 5,5
0,050 — 0,059	7 » 2,8
0,060 — 0,069	8 » 3,2
Средн. погрешн. 0,020	252 или 100%

Таблица Е. Дополнительная калибровка.

Наблюд. А. Н. Г.

m	[0 . 100]				[100 . 200]				[200 . 300]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	0,64	0,45	0,23	0,21	0,80	0,82	0,72	1,15	1,04	1,18	1,29	1,63
20	0,65	0,58	0,35	0,27	0,85	1,01	1,04	1,41	1,02	1,33	1,33	1,59
40	0,76	0,73	0,41		0,99	1,27	1,21		1,09	1,26	1,23	
60	0,75	0,67			1,10	1,29			0,98	1,15		
80	0,74				1,00				0,99			

m	[300 . 400]				[400 . 500]				[500 . 600]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	1,03	1,32	1,31	1,65	0,82	0,78	0,51	0,58	0,82	0,94	0,77	1,00
20	1,06	1,26	1,25	1,34	0,79	0,76	0,42	0,46	0,82	0,98	0,77	1,01
40	1,06	1,22	0,99		0,81	0,72	0,33		0,92	0,97	0,79	
60	0,97	1,01			0,75	0,63			0,86	0,97		
80	0,85				0,76				0,87			

Таблица E (продолжение).

m	[600 . 700]				[700 . 800]				[800 . 900]			
	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	-0,85	-0,99	-0,83	-1,04	-1,00	-1,22	-1,16	-1,41	-0,78	-0,84	-0,54	-0,63
20	-0,90	-0,96	-0,82	-1,00	-1,04	-1,20	-1,06	-1,21	-0,76	-0,79	-0,39	-0,45
40	-0,85	-0,95	-0,72		-0,98	-1,02	-0,75		-0,82	-0,66	-0,19	
60	-0,85	-0,91			-0,83	-0,85			-0,72	-0,47		
80	-0,92				-0,76				-0,62			

m	[900 . 1000]				[1000 . 1100]			
	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.
	$\Delta n - \Delta m$							
0	-0,65	-0,59	-0,35	-0,59	-0,87	-0,95	-0,94	-1,43
20	-0,72	-0,77	-0,58	-0,75	-0,96	-1,12	-1,24	-1,70
40	-0,82	-0,85	-0,65		-1,04	-1,32	-1,38	
60	-0,87	-0,89			-1,08	-1,38		
80	-0,84				-1,06			

Таблица Н. Определение объема, соответствующаго одному среднему дѣленію.

16—18. X. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

1-ый столбикъ.				2-ой столбикъ.			
AB		BA		AB		BA	
t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t
13°,019	991,838	13°,066	991,883	12°,731	971,549	12°,769	971,590
	991,865		991,934		971,570		971,616
	991,882		991,919		971,549		971,568
	991,873		991,892		971,519		971,571
	991,887		991,850		971,563		971,611
	991,864		991,836		971,532		971,561
	991,857		991,879		971,554		971,587
	991,891		991,872		971,571		971,566
	991,862		991,864		971,568		971,539
	991,856		991,883		971,586		971,613
	991,877		991,876		971,602		971,586
	991,885		991,839		971,560		971,553
	991,874		991,847		971,571		971,547
	991,878		991,837		971,560		971,525
13°,126	991,870	13°,151	991,835	12°,771	971,550	12°,800	971,521
13°,072	991,871	13°,109	991,870	12°,751	971,560	12°,784	971,570
Ср. $t_H = 13,090$; Ср. $N_t = 991,870$				Ср. $t_H = 12,768$; Ср. $N_t = 971,565$			
$p = 12387,68$ мгр.				$p = 12134,59$ мгр.			

Таблица К. Определение длины трубки при 0°.

5-9, IV, 1913.

Наблюд. Ф. И. В. и М. Ф. М.

Положения трубки.	t	k	t	k
I	+ 0°,229	+ 252,4 μ .	+ 0°,264	+ 252,9 μ .
I	+ 0,269	+ 253,2	+ 0,242	+ 252,4
II	+ 0,246	+ 241,9	+ 0,222	+ 241,6
II	+ 0,241	+ 240,8	+ 0,234	+ 242,2
III	+ 0,224	+ 241,0	+ 0,282	+ 242,5
III	+ 0,230	+ 240,9	+ 0,277	+ 241,5
IV	+ 0,261	+ 248,2	+ 0,239	+ 248,8
IV	+ 0,228	+ 248,4	+ 0,269	+ 248,7
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	+ 0°,241	+ 245,8	+ 0°,254	+ 246,7
	- 0°,111	- 686,9	- 0°,111	- 688,2
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	$t_H = + 0°,130$	$k-l = - 441,1 \mu$	$t_H = + 0°,143$	$k-l = - 441,5 \mu$
<hr/>				
Среднее: $t_H = + 0°,137$; $k-l = - 441,3 \mu$.				

Таблица L. Определение массы ртути, находящейся в трубке при С.

27. IV—I. V. 1912.

Наблюд. М. Θ. М.

а. Капилляр № 1. — Трубка № 3. — Капилляр № 2.			б. Капилляр № 1. — Капилляр № 2.		
Первое наполнение.		Второе наполнение.	Третье наполнение.		Первое наполнение.
Капилл. № 1.	Капилл. № 2.	Капилл. № 1.	Капилл. № 2.	Капилл. № 1.	Капилл. № 2.
Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.
88,15	80,61	78,80	62,38	143,58	77,71
88,14	80,61	78,80	62,38	143,57	82,48
89,00	88,66	75,52	70,00	143,55	83,65
89,00	88,66	75,52	70,00	143,55	80,87
88,39	85,22	79,18	72,74	143,51	79,32
88,40	85,22	79,18	72,75	143,51	81,74
87,88	80,84	75,13	78,85	143,49	78,48
87,88	80,84	75,13	78,85	143,49	82,50
81,85	86,79	85,36	68,30	143,57	77,68
81,85	86,80	85,36	68,30	143,57	82,50

Среднее 168,77

Среднее 159,16

Среднее 143,54

Среднее 153,61

Среднее 160,31

$A = [стаканчик + ртуть]$
 $B = [2] гр. + (500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (2) + (1) мгр.$
 BA
 AB

+ 8,63 дм.	+ 8,63 дм.	+ 8,30 дм.	+ 8,80 дм.	+ 9,28 дм.
- 11,46 дм.	- 11,58 дм.	- 11,46 дм.	- 11,37 дм.	- 11,32 дм.
+ 8,59 »	+ 8,67 »	+ 8,68 »	+ 8,72 »	+ 9,01 »
- 11,42 »	- 11,50 »	- 11,37 »	- 11,44 »	- 11,62 »
+ 8,68 »	+ 8,62 »	+ 8,65 »	+ 8,83 »	+ 9,30 »
+ 8,65 дм.	+ 8,64 дм.	+ 8,57 дм.	+ 8,78 дм.	+ 9,19 дм.
- 11,44 дм.	- 11,54 дм.	- 11,43 дм.	- 11,41 дм.	- 11,47 дм.
$A - B = + 8,65 - 11,44 = - 2,79$	$A - B = + 8,64 - 11,54 = - 2,90$	$A - B = + 8,57 - 11,43 = - 2,86$	$A - B = + 8,78 - 11,41 = - 2,63$	$A - B = + 9,19 - 11,47 = - 2,28$
$= - 1,40 дм.$	$= - 1,45 дм.$	$= - 1,43 дм.$	$= - 1,31 дм.$	$= - 1,14 дм.$
1 дм. = 0,174 мгр.	1 дм. = 0,173 мгр.	1 дм. = 0,171 мгр.	1 дм. = 0,171 мгр.	1 дм. = 0,170 мгр.

$A = [стаканчик + ртуть]$
 $B = [(10) + (5) + (2)] гр. + (500) + (50) + (20) + (20) + (2) + (1) мгр.$
 BA
 AB

+ 12,05 дм.	+ 12,05 дм.	+ 10,95 дм.	+ 10,89 дм.	+ 11,00 дм.
- 8,89 дм.	- 8,89 дм.	- 10,95 дм.	- 9,98 дм.	- 10,15 дм.
+ 12,12 »	+ 12,05 »	+ 10,05 »	+ 10,85 »	+ 10,90 »
- 8,81 »	- 10,80 »	- 10,93 »	- 10,00 »	- 10,99 »
+ 12,07 дм.	+ 12,07 дм.	+ 10,88 дм.	+ 10,89 дм.	+ 10,96 дм.
- 8,85 дм.	- 8,85 дм.	- 10,88 дм.	- 9,99 дм.	- 10,12 дм.
$A - B = + 12,07 - 8,85 = + 3,22$	$A - B = + 12,07 - 8,85 = + 3,22$	$A - B = + 10,88 - 10,88 = 0$	$A - B = + 10,89 - 9,99 = + 0,90$	$A - B = + 10,96 - 10,12 = + 0,84$
$= + 1,61 дм.$	$= - 0,42 дм.$	$= + 0,45 дм.$	$= - 0,33 дм.$	$= + 0,42 дм.$
1 дм. = 0,174 мгр.	1 дм. = 0,173 мгр.	1 дм. = 0,171 мгр.	1 дм. = 0,171 мгр.	1 дм. = 0,170 мгр.
$[P]_{\text{пол.}} = 14582,80 мгр.$	$[P]_{\text{пол.}} = 14579,45 мгр.$	$[P]_{\text{пол.}} = 14574,68 мгр.$	$[P]_{\text{пол.}} = 2343,90 мгр.$	$[P]_{\text{пол.}} = 2346,03 мгр.$
Присед. к нулю: - 0,70 »	Присед. к нулю: - 0,70 »	Присед. к нулю: - 0,70 »	Присед. к нулю: - 0,11 »	Присед. к нулю: - 0,11 »
$P_1 = 14582,10 мгр.$	$P_1 = 14578,75 мгр.$	$P_1 = 14573,98 мгр.$	$P_2 = 2343,79 мгр.$	$P_2 = 2345,91 мгр.$

Таблица М. Электрическія сравненія.

4-13-16. XI. 1913.

Наблюд. А. В. Г. и М. О. М.

Положенія кондукторовъ.	Сравненіе съ М 4044.			Сравненіе съ М 4046.		
	а) Первое наполненіе.					
	$N_{[4044]}=100000$ $t_H = 18^{\circ},35$	$N_{[4044]}=50000$	$N_{[4044]}=30300$ $t_H = 18^{\circ},40$	$N_{[4046]}=33300$ $t_H = 18^{\circ},28$	$N_{[4046]}=75000$	$N_{[4046]}=33300$ $t_H = 18^{\circ},42$
I М	212,5	182,5	213,5	200,5	250,5	225,5
I Р	142,0	115,5	143,0	160,5	203,5	180,0
	+ 70,5	+ 67,0	+ 70,5	+ 40,0	+ 47,0	+ 45,5
II М	265,5	278,5	240,5	258,5	221,0	228,0
II Р	201,5	209,0	165,0	213,5	179,5	180,0
	+ 64,0	+ 69,5	+ 75,5	+ 45,0	+ 41,5	+ 48,0
	$d' = + 6,5$	$d'' = - 2,5$	$d''' = - 5,0$	$d' = - 5,0$	$d'' = + 5,5$	$d''' = - 3,5$
б) Второе наполненіе.						
	$N_{[4044]}=25000$ $t_H = 18^{\circ},61$	$N_{[4044]}=30000$	$N_{[4044]}=50000$ $t_H = 18^{\circ},73$	$N_{[4046]}=50000$ $t_H = 18^{\circ},81$	$N_{[4046]}=33300$	$N_{[4046]}=25000$ $t_H = 18^{\circ},85$
I М	281,0	289,0	300,0	257,5	256,0	261,5
I Р	275,0	279,0	287,0	238,0	241,0	250,0
	+ 6,0	+ 10,0	+ 13,0	+ 19,5	+ 15,0	+ 11,5
II М	242,0	229,0	233,0	237,0	243,0	245,5
II Р	229,0	229,0	227,0	237,0	230,0	234,0
	+ 13,0	+ 10,0	+ 6,0	+ 10,0	+ 13,0	- 14,5
	$d' = - 7,0$	$d'' = 0,0$	$d''' = + 7,0$	$d' = + 9,5$	$d'' = + 2,0$	$d''' = - 3,0$

Таблица М (продолжение).

Показания компаратора.	Сравнение с М 4044.			Сравнение с М 4046.		
	с) Третье выполнение.					
	$N_{[4044]}=30000$ $t_H = 18^{\circ},43$	$N_{[4044]}=50000$	$N_{[4044]}=30000$ $t_H = 18^{\circ},52$	$N_{[4046]}=30000$ $t_H = 18^{\circ},72$	$N_{[4046]}=50000$	$N_{[4046]}=30000$ $t_H = 18^{\circ},68$
I М	317,0	327,5	322,5	246,0	287,5	276,0
I Р	299,0	303,0	303,0	224,0	261,0	254,0
	+ 18,0	+ 24,5	+ 19,5	+ 22,0	+ 26,5	+ 22,0
II М	284,5	284,0	286,5	330,5	266,5	302,5
II Р	258,0	261,0	258,0	304,0	245,0	276,0
	+ 26,5	+ 23,0	+ 28,5	+ 26,5	+ 21,5	+ 26,5
	$d' = - 8,5$	$d'' = + 1,5$	$d''' = - 9,0$	$d' = - 4,5$	$d'' = + 6,0$	$d''' = - 4,5$

Ртутный образец № 4.

Таблица А. Определение величины среднего деления шкалы.

Универсальный компаратор Межд. Бюро меръ и весовъ.

14. VIII. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

t_H	k
18,546	- 96,0 μ
18,580	- 94,4
18,601	- 93,5
18,623	- 94,0
18,628	- 93,9
18,596	- 94,4 μ
	Приведение к 0° : + 6,6
	$[N_3]_0 - P_0 = - 87,8 \mu$

Таблица С (окончаніе).

m	800 дѣл.		850 дѣл.		900 дѣл.		950 дѣл.		1000 дѣл.		1050 дѣл.	
	Δm	Δn										
0	+0,465	+1,245	+0,310	+0,550	+0,300	+0,520	+0,275	+0,165	+0,240	+0,730	+0,220	+0,310
50	-0,335	+0,545	-0,120	+0,190	-0,175	+0,225	-0,160	+0,100	-0,265	+0,335	-0,170	-0,190
100	-0,325	+0,505	-0,165	+0,195	-0,310	+0,270	-0,080	+0,070	-0,610	-0,200		
150	-0,365	+0,215	-0,155	+0,085	-0,155	+0,085	+0,155	-0,195				
200	-0,195	-0,005	+0,130	-0,250	+0,325	-0,145						
250	+0,225	-0,125	+0,650	-0,390								
300	+0,520	-0,600										

Таблица D. Погрѣшности наблюденій.

Пределы погрѣшн.	Число погрѣшн.
0,000—0,009	72 или 28,6%
0,010—0,019	61 » 24,2
0,020—0,029	49 » 19,4
0,030—0,039	34 » 13,5
0,040—0,049	20 » 7,9
0,050—0,059	7 » 2,8
0,060—0,069	3 » 1,2
0,070—0,079	2 » 0,8
0,080—0,089	3 » 1,2
0,090—0,099	1 » 0,4
Средн. погрѣшн. 0,022	252 или 100%

Таблица Е. Дополнительная калибровка.

9-16 . XI . 1910.

Наблюд. М. О. М.

m	[0 . 100]				[100 . 200]				[200 . 300]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,45	- 0,50	- 0,73	- 0,74	+ 0,63	- 0,14	- 0,32	0,00	+ 0,74	+ 0,02	- 0,05	+ 0,32
20	+ 0,44	- 0,50	- 0,80	- 0,64	+ 0,66	- 0,09	- 0,18	+ 0,15	+ 0,76	+ 0,04	0,00	+ 0,36
40	+ 0,45	- 0,52	- 0,73		+ 0,66	- 0,03	- 0,15		+ 0,75	+ 0,05	- 0,02	
60	+ 0,50	- 0,41			+ 0,73	+ 0,05			+ 0,75	+ 0,07		
80	+ 0,59				+ 0,76				+ 0,77			

m	[300 . 400]				[400 . 500]				[500 . 600]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,77	+ 0,11	+ 0,32	+ 0,65	+ 0,89	+ 0,35	+ 0,58	+ 0,95	+ 0,89	+ 0,33	+ 0,33	+ 0,76
20	+ 0,81	+ 0,24	+ 0,44	+ 0,80	+ 0,92	+ 0,35	+ 0,64	+ 1,05	+ 0,84	+ 0,26	+ 0,29	+ 0,75
40	+ 0,84	+ 0,32	+ 0,56		+ 0,96	+ 0,39	+ 0,70		+ 0,85	+ 0,25	+ 0,27	
60	+ 0,91	+ 0,40			+ 0,95	+ 0,48			+ 0,84	+ 0,27		
80	+ 0,93				+ 1,01				+ 0,88			

Таблица Е (продолженіе).

m	[600 . 700]				[700 . 800]				[800 . 900]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,32	+ 0,12	+ 0,15	+ 0,20	+ 0,19	- 0,15	- 0,32	- 0,15	+ 0,07	- 0,41	- 0,75	- 0,66
20	+ 0,32	+ 0,04	+ 0,05	+ 0,20	+ 0,22	- 0,19	- 0,42	- 0,22	+ 0,07	- 0,49	- 0,82	- 0,70
40	+ 0,27	+ 0,01	0,00		+ 0,17	- 0,22	- 0,46		+ 0,05	- 0,51	- 0,81	
60	+ 0,23	- 0,04			+ 0,14	- 0,26			+ 0,05	- 0,47		
80	+ 0,31				+ 0,12				+ 0,05			

m	[900 . 1000]				[1000 . 1100]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$							
0	+ 0,05	- 0,36	- 0,56	- 0,39	+ 0,07	- 0,46	- 0,78	- 0,70
20	+ 0,09	- 0,29	- 0,49	- 0,34	+ 0,03	- 0,44	- 0,81	- 0,77
40	+ 0,15	- 0,29	- 0,44		+ 0,07	- 0,56	- 0,87	
60	+ 0,15	- 0,26			+ 0,01	- 0,50		
80	+ 0,16				+ 0,04			

Таблица G. Калибровка последнего дециметра.

1-2. VI. 1911.

Наблюд. М. О. М.

m	10 дѣл.	20 дѣл.	30 дѣл.	40 дѣл.	50 дѣл.	60 дѣл.	70 дѣл.	80 дѣл.	90 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$								
1000	-0,740	+0,840	+0,050	+0,830	-0,830	-0,130	0,000	-0,665	-0,800
1010	-0,735	+0,800	+0,020	+0,800	-0,830	-0,145	-0,040	-0,670	-0,855
1020	-0,780	+0,810	+0,010	+0,760	-0,870	-0,145	-0,075	-0,730	
1030	-0,730	+0,830	+0,030	+0,765	-0,880	-0,190	-0,070		
1040	-0,745	+0,795	-0,020	+0,770	-0,900	-0,210			
1050	-0,760	+0,790	-0,065	+0,725	-0,940				
1060	-0,765	+0,775	-0,040	+0,710					
1070	-0,735	+0,760	-0,055						
1080	-0,775	+0,770							
1090	-0,785								

Таблица II Определение объема, соответствующая одному среднему делению.

Наблюд. А. Н. Г. и М. О. М.

26-28. V. 1911.

1-й столбикъ.				2-ой столбикъ.				3-й столбикъ.			
AB		BA		AB		BA		AB		BA	
t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t
20,068	1006,939	18,638	1006,766	19,653	980,149	19,810	980,030	19,908	992,415	19,661	998,434
	1006,922		1006,755		980,155		980,012		998,428		998,430
20,058	1006,961	18,785	1006,806	19,648	980,132	19,840	980,163	19,908	998,981	19,701	998,454
	1006,947		1006,782		980,137		980,184		998,419		998,460
20,068	1006,938	18,888	1006,783	19,685	980,116	19,853	980,059	19,891	998,420	19,716	998,478
	1006,916		1006,757		980,138		980,017		998,416		998,467
20,078	1006,911	19,215	1006,846	19,703	980,118	19,898	980,066	19,863	998,399	19,716	998,440
	1006,943		1006,808		980,122		980,046		998,397		998,443
20,098	1006,928	19,225	1006,864	19,768	980,073	19,925	980,166	19,878	998,405	19,723	998,475
	1006,898		1006,876		980,183		980,132		998,417		998,434
20,074	1006,923	18,964	1006,812	19,691	980,132	19,865	980,088	19,888	998,407	19,703	998,451
$C_p, t_H = 19^{\circ}.518; C_p, N_t = 1006.873.$				$C_p, t_H = 19^{\circ}.778; C_p, N_t = 980.110.$				$C_p, t_H = 19^{\circ}.795; C_p, N_t = 998.429.$			
$p = 13425.54$ мгр.				$p = 13067.87$ мгр.				$p = 12312.99$ мгр.			

Таблица К. Определение длины трубки при 0° .

13-15. II. 1913.

Наблюд. Ф. П. Б. и М. Ф. М.

Положение трубки.	t	k	t	k
I	+ 0°,230	+ 403,3 μ .	+ 0°,238	+ 404,9 μ .
I	+ 0,229	+ 402,5	+ 0,242	+ 403,8
II	+ 0,211	+ 365,1	+ 0,232	+ 365,8
II	+ 0,198	+ 364,9	+ 0,245	+ 365,6
III	+ 0,244	+ 372,2	+ 0,191	+ 374,1
III	+ 0,232	+ 371,7	+ 0,222	+ 374,1
IV	+ 0,211	+ 385,6	+ 0,202	+ 387,0
IV	+ 0,228	+ 386,0	+ 0,221	+ 387,0
	+ 0°,223	+ 381,4	+ 0°,224	+ 382,8
	- 0°,111	- 686,9	- 0°,111	- 688,2
	$t_H = + 0^{\circ},112 \quad k - l = - 395,5 \mu.$		$t_H = + 0^{\circ},113 \quad k - l = - 395,4 \mu.$	
Среднее: $t_H = + 0^{\circ},113; \quad k - l = - 395,4 \mu.$				

29. III-14. IV. 1912.

Таблица L. Определение массы

а. Капилляр № 1. — Трубка № 4. — Капилляр № 2.																																						
Первое наполнение.			Второе наполнение.			Третье наполнение.																																
Капил. № 1.	Капил. № 2.	ϵ_1	Капил. № 1.	Капил. № 2.	ϵ_1	Капил. № 1.	Капил. № 2.	ϵ_1																														
Отсчет.	Отсчет.		Отсчет.	Отсчет.		Отсчет.	Отсчет.																															
82,12	85,31	167,54	78,68	88,50	167,33	76,42	88,75	165,33																														
82,12	85,32	167,55	78,68	88,50	167,33	76,41	88,75	165,32																														
83,58	83,85	167,52	82,75	84,45	167,30	79,72	85,53	165,38																														
83,58	83,86	167,53	82,76	84,45	167,31	79,71	85,55	165,39																														
89,42	78,15	167,59	83,50	83,75	167,35	89,73	75,67	165,41																														
89,43	78,16	167,61	83,50	83,75	167,35	89,73	75,67	165,41																														
75,25	92,12	167,56	78,55	88,64	167,34	82,32	83,00	165,41																														
75,25	92,13	167,57	78,55	88,65	167,35	82,32	83,00	165,41																														
84,42	83,08	167,58	85,57	81,70	167,34	78,57	86,66	165,38																														
84,42	83,08	167,58	85,58	81,70	167,35	78,57	86,66	165,38																														
Среднее: 167,56			Среднее: 167,33			Среднее: 165,38																																
$A = [\text{стаканчикъ}].$ $B = [2] \text{ гр.} + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (2) + (1)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 8,10 дѣл.</td><td>- 10,62 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 7,91 »</td><td>- 10,52 »</td></tr> <tr><td>+ 8,2 »</td><td>- 10,52 »</td></tr> <tr><td>+ 8,01 дмл.</td><td>- 10,57 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 8,01 - 10,57}{2} = - 1,29 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,182 мгр.			BA	AB	+ 8,10 дѣл.	- 10,62 дѣл.	+ 7,91 »	- 10,52 »	+ 8,2 »	- 10,52 »	+ 8,01 дмл.	- 10,57 дмл.	$A = [\text{стаканчикъ}].$ $B = [2] \text{ гр.} + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (2) + (1)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 9,02 дѣл.</td><td>- 11,68 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 8,98 »</td><td>- 11,74 »</td></tr> <tr><td>+ 8,98 »</td><td>- 11,74 »</td></tr> <tr><td>+ 8,99 дмл.</td><td>- 11,71 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 8,99 - 11,71}{2} = - 1,36 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,177 мгр.			BA	AB	+ 9,02 дѣл.	- 11,68 дѣл.	+ 8,98 »	- 11,74 »	+ 8,98 »	- 11,74 »	+ 8,99 дмл.	- 11,71 дмл.	$A = [\text{стаканчикъ}].$ $B = [2] \text{ гр.} + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (2) + (1)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 8,88 дѣл.</td><td>- 11,57 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 8,90 »</td><td>- 11,73 »</td></tr> <tr><td>+ 8,96 »</td><td>- 11,73 »</td></tr> <tr><td>+ 8,91 дмл.</td><td>- 11,65 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 8,91 - 11,65}{2} = - 1,37 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,175 мгр.			BA	AB	+ 8,88 дѣл.	- 11,57 дѣл.	+ 8,90 »	- 11,73 »	+ 8,96 »	- 11,73 »	+ 8,91 дмл.	- 11,65 дмл.
BA	AB																																					
+ 8,10 дѣл.	- 10,62 дѣл.																																					
+ 7,91 »	- 10,52 »																																					
+ 8,2 »	- 10,52 »																																					
+ 8,01 дмл.	- 10,57 дмл.																																					
BA	AB																																					
+ 9,02 дѣл.	- 11,68 дѣл.																																					
+ 8,98 »	- 11,74 »																																					
+ 8,98 »	- 11,74 »																																					
+ 8,99 дмл.	- 11,71 дмл.																																					
BA	AB																																					
+ 8,88 дѣл.	- 11,57 дѣл.																																					
+ 8,90 »	- 11,73 »																																					
+ 8,96 »	- 11,73 »																																					
+ 8,91 дмл.	- 11,65 дмл.																																					
$A = [\text{стаканчикъ} + \text{ртуть}].$ $B = [(10) + (5) + (2) + (2)] \text{ гр.} + [(200) + (100) + (2) + (2)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 10,48 дѣл.</td><td>- 9,11 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 10,48 »</td><td>- 9,14 »</td></tr> <tr><td>+ 10,44 »</td><td>- 9,14 »</td></tr> <tr><td>+ 10,47 дмл.</td><td>- 9,13 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 10,47 - 9,13}{2} = + 0,67 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,190 мгр. $[P_1]_{\text{полн.}} = 16312,34 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотѣ: - 0,78 » $P_1 = 16311,56 \text{ мгр.}$			BA	AB	+ 10,48 дѣл.	- 9,11 дѣл.	+ 10,48 »	- 9,14 »	+ 10,44 »	- 9,14 »	+ 10,47 дмл.	- 9,13 дмл.	$A = [\text{стаканчикъ} + \text{ртуть}].$ $B = [(10) + (5) + (2) + (2)] \text{ гр.} + [(200) + (100) + (2) + (2)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 10,88 дѣл.</td><td>- 10,45 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 11,13 »</td><td>- 10,40 »</td></tr> <tr><td>+ 11,18 »</td><td>- 10,40 »</td></tr> <tr><td>+ 11,06 дмл.</td><td>- 10,42 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 11,06 - 10,42}{2} = + 0,32 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,177 мгр. $[P_1]_{\text{полн.}} = 16312,28 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотѣ: - 0,78 » $P_1 = 16311,50 \text{ мгр.}$			BA	AB	+ 10,88 дѣл.	- 10,45 дѣл.	+ 11,13 »	- 10,40 »	+ 11,18 »	- 10,40 »	+ 11,06 дмл.	- 10,42 дмл.	$A = [\text{стаканчикъ} + \text{ртуть}].$ $B = [(10) + (5) + (2) + (2)] \text{ гр.} + [(200) + (100) + (2) + (2)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 7,08 дѣл.</td><td>- 14,40 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 7,18 »</td><td>- 14,52 »</td></tr> <tr><td>+ 7,12 »</td><td>- 14,52 »</td></tr> <tr><td>+ 7,13 дмл.</td><td>- 14,46 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 7,13 - 14,46}{2} = - 3,67 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,175 мгр. $[P_1]_{\text{полн.}} = 16311,58 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотѣ: - 0,78 » $P_1 = 16310,80 \text{ мгр.}$			BA	AB	+ 7,08 дѣл.	- 14,40 дѣл.	+ 7,18 »	- 14,52 »	+ 7,12 »	- 14,52 »	+ 7,13 дмл.	- 14,46 дмл.
BA	AB																																					
+ 10,48 дѣл.	- 9,11 дѣл.																																					
+ 10,48 »	- 9,14 »																																					
+ 10,44 »	- 9,14 »																																					
+ 10,47 дмл.	- 9,13 дмл.																																					
BA	AB																																					
+ 10,88 дѣл.	- 10,45 дѣл.																																					
+ 11,13 »	- 10,40 »																																					
+ 11,18 »	- 10,40 »																																					
+ 11,06 дмл.	- 10,42 дмл.																																					
BA	AB																																					
+ 7,08 дѣл.	- 14,40 дѣл.																																					
+ 7,18 »	- 14,52 »																																					
+ 7,12 »	- 14,52 »																																					
+ 7,13 дмл.	- 14,46 дмл.																																					

ртути, наполняющей трубку при 0°.

Наблюд. М. Θ. М.

б. Капилляр № 1. — Капилляр № 2.																																						
Первое наполнение.			Второе наполнение.			Третье наполнение.																																
Капил. № 1.	Капил. № 2.	ϵ_2	Капил. № 1.	Капил. № 2.	ϵ_2	Капил. № 1.	Капил. № 2.	ϵ_2																														
Отсчет.	Отсчет.		Отсчет.	Отсчет.		Отсчет.	Отсчет.																															
75,32	86,08	161,56	65,77	65,62	131,49	82,78	89,72	172,63																														
81,62	79,82	161,53	61,81	69,60	131,51	86,52	86,00	172,60																														
85,15	76,87	161,56	64,39	67,00	131,49	86,33	86,22	172,63																														
80,76	80,72	161,57	61,80	69,58	131,48	89,33	83,28	172,66																														
76,98	84,48	161,60	65,02	66,35	131,47	83,32	89,20	172,65																														
Среднее: 161,56			Среднее: 131,49			Среднее: 172,63																																
$A = [\text{стаканчикъ}].$ $B = [2] \text{ гр.} + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (2) + (1)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 8,05 дѣл.</td><td>- 10,82 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 8,05 »</td><td>- 10,88 »</td></tr> <tr><td>+ 7,99 »</td><td>- 10,88 »</td></tr> <tr><td>+ 8,03 дмл.</td><td>- 10,85 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 8,03 - 10,85}{2} = - 1,41 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,182 мгр.			BA	AB	+ 8,05 дѣл.	- 10,82 дѣл.	+ 8,05 »	- 10,88 »	+ 7,99 »	- 10,88 »	+ 8,03 дмл.	- 10,85 дмл.	$A = [\text{стаканчикъ} + \text{ртуть}]_1 + [\text{ртуть}]_2.$ $B = [(5) + (2)] \text{ гр.} + [(500) + (100) + (50) + (20) + (2) + (1)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 7,72 дѣл.</td><td>- 11,25 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 7,80 »</td><td>- 11,27 »</td></tr> <tr><td>+ 7,70 »</td><td>- 11,27 »</td></tr> <tr><td>+ 7,74 дмл.</td><td>- 11,26 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 7,74 - 11,26}{2} = - 1,76 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,180 мгр. $[P_2]_{\text{полн.}} = 2336,95 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотѣ: - 0,11 » $P_2 = 2336,84 \text{ мгр.}$			BA	AB	+ 7,72 дѣл.	- 11,25 дѣл.	+ 7,80 »	- 11,27 »	+ 7,70 »	- 11,27 »	+ 7,74 дмл.	- 11,26 дмл.	$A = [\text{стаканчикъ} + \text{ртуть}]_1 + [\text{ртуть}]_2 + [\text{ртуть}]_3.$ $B = [10] \text{ гр.} + [(20) + (5) + (2)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 8,33 дѣл.</td><td>- 10,85 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 8,34 »</td><td>- 10,87 »</td></tr> <tr><td>+ 8,38 »</td><td>- 10,87 »</td></tr> <tr><td>+ 8,35 дмл.</td><td>- 10,86 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 8,35 - 10,86}{2} = - 1,26 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,182 мгр. $[P_2]_{\text{полн.}} = 2350,18 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотѣ: - 0,11 » $P_2 = 2350,07 \text{ мгр.}$			BA	AB	+ 8,33 дѣл.	- 10,85 дѣл.	+ 8,34 »	- 10,87 »	+ 8,38 »	- 10,87 »	+ 8,35 дмл.	- 10,86 дмл.
BA	AB																																					
+ 8,05 дѣл.	- 10,82 дѣл.																																					
+ 8,05 »	- 10,88 »																																					
+ 7,99 »	- 10,88 »																																					
+ 8,03 дмл.	- 10,85 дмл.																																					
BA	AB																																					
+ 7,72 дѣл.	- 11,25 дѣл.																																					
+ 7,80 »	- 11,27 »																																					
+ 7,70 »	- 11,27 »																																					
+ 7,74 дмл.	- 11,26 дмл.																																					
BA	AB																																					
+ 8,33 дѣл.	- 10,85 дѣл.																																					
+ 8,34 »	- 10,87 »																																					
+ 8,38 »	- 10,87 »																																					
+ 8,35 дмл.	- 10,86 дмл.																																					
$A = [\text{стаканчикъ} + \text{ртуть}].$ $B = [5] \text{ гр.} + [(200) + (100) + (20) + (10) + (5) + (2) + (2)] \text{ мгр.}$ <table border="0"> <tr><td>BA</td><td>AB</td></tr> <tr><td>+ 12,83 дѣл.</td><td>- 6,14 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 12,75 »</td><td>- 6,09 »</td></tr> <tr><td>+ 12,72 »</td><td>- 6,12 дѣл.</td></tr> <tr><td>+ 12,77 дмл.</td><td>- 6,12 дмл.</td></tr> </table> $A - B = \frac{+ 12,77 - 6,12}{2} = + 3,33 \text{ дмл.}$ 1 дѣл. = 0,183 мгр. $[P_1]_{\text{полн.}} = 2346,61 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотѣ: - 0,11 » $P_1 = 2346,50 \text{ мгр.}$			BA	AB	+ 12,83 дѣл.	- 6,14 дѣл.	+ 12,75 »	- 6,09 »	+ 12,72 »	- 6,12 дѣл.	+ 12,77 дмл.	- 6,12 дмл.																										
BA	AB																																					
+ 12,83 дѣл.	- 6,14 дѣл.																																					
+ 12,75 »	- 6,09 »																																					
+ 12,72 »	- 6,12 дѣл.																																					
+ 12,77 дмл.	- 6,12 дмл.																																					

Таблица М. Электрическія сравненія.

11-13-22. XI. 1913.

Наблюд. А. Н. Г. и М. О. М.

Положенія коммутатора.	Сравненіе съ М4044.			Сравненіе съ М4046.		
	а) Первое наполненіе.					
	$N_{[4]} = 5000$ $t_H = 18^{\circ},62.$	$N_{[4]} = 10000$	$N_{[4]} = 8500$ $t_H = 18^{\circ},71.$	$N_{[4]} = 8500$ $t_H = 18^{\circ},74.$	$N_{[4]} = 8200$	$N_{[4]} = 9000$ $t_H = 18^{\circ},79.$
I M	229,5	225,5	242,0	235,5	239,0	250,0
I P	177,0	207,0	216,0	206,0	207,0	223,0
	+ 52,5	+ 18,5	+ 26,0	+ 29,5	+ 32,0	+ 27,0
II M	247,0	251,5	240,0	241,5	250,0	249,0
II P	252,0	220,0	214,0	212,0	224,0	218,0
	- 5,0	+ 31,5	+ 26,0	+ 29,5	+ 26,0	+ 31,0
	$d' = + 57,5$	$d' = - 13,0$	$d'' = 0,0$	$d' = 0,0$	$d'' = + 6,0$	$d'' = - 4,0$
б) Второе наполненіе.						
	$N_{[4]} = 8500$ $t_H = 18^{\circ},58.$	$N_{[4]} = 8000.$	$N_{[4]} = 8500$ $t_H = 18^{\circ},61.$	$N_{[4]} = 8500$ $t_H = 18^{\circ},73.$	$N_{[4]} = 8000.$	$N_{[4]} = 8500$ $t_H = 18^{\circ},70.$
I M	244,5	259,0	269,5	256,5	262,5	264,5
I P	208,0	223,0	226,0	234,0	231,0	234,0
	+ 36,5	+ 46,0	+ 43,5	+ 22,5	+ 31,5	+ 30,5
II M	304,0	290,5	289,5	264,0	267,0	272,5
II P	261,0	247,0	242,0	240,0	242,0	240,0
	+ 43,0	+ 43,5	+ 47,5	+ 24,0	+ 25,0	+ 32,5
	$d' = - 6,5$	$d'' = + 2,5$	$d'' = - 4,0$	$d' = - 1,5$	$d' = + 6,5$	$d'' = - 2,0$

Таблица М (продолжение).

Положения констатиоровъ.	Сравненіе съ М4044.			Сравненіе съ М4046.		
	с) Третье наполненіе.					
	$N_{[4]} = 10000$ $t_H = 20^\circ, 19.$	$N_{[4]} = 12000.$	$N_{[4]} = 10000$ $t_H = 20^\circ, 23.$	$N_{[4]} = 10000$ $t_H = 20^\circ, 11.$	$N_{[4]} = 12000$	$N_{[4]} = 10000$ $t_H = 20^\circ, 15.$
I M	225,0	215,0	214,0	217,5	214,5	211,5
I P	209,0	203,0	195,0	195,0	196,0	187,0
	+ 16,0	+ 12,0	+ 19,0	+ 22,5	+ 18,5	+ 24,5
II M	228,0	226,5	221,5	221,0	221,0	222,0
II P	215,0	204,0	207,0	200,0	193,0	198,0
	+ 13,0	+ 22,5	+ 14,5	+ 21,0	+ 28,0	+ 24,0
	$d' = + 3,0$	$d'' = - 10,5$	$d''' = + 4,5$	$d' = + 1,5$	$d'' = - 9,5$	$d''' = + 0,5$

Ртутный образец № 5.

Таблица А. Опредѣленіе величины средняго дѣленія шкалы.

Универсальный компараторъ Межд. Бюро мѣръ и вѣсовъ.
15. VIII. 1909.

Наблюд. А. Н. Г.

t_H	k
18°, 410	- 113,6 μ
18, 422	- 114,7
18, 433	- 114,2
18, 457	- 113,9
18°, 430	- 114,1 μ
Приведеніе къ 0°: + 6,6	
[№ 5] - $R_0 = - 107,5 \mu$	

Таблица В. Опредѣленіе поправки дѣлений.

Дѣлительная машина Гл. Палаты мѣръ и вѣсовъ.

Наблюд. А. Н. Г.

3-18. IX. 1910.

Поправка для среднего дѣленія.		Сравненіе 20-ск. промежуточныхъ.			
[m. n]	a	[m. n]	a	[m. n]	a
[0. 550] + [550. 1100] = L		[500. 700]	+ 292,5 μ	Сравненіе 1-ск. промежу-	
[3. 550] - [550. 1100] = -3,4 μ.		[600. 800]	+ 291,1	точныхъ послѣднего дециметра	+ 293,8 μ
[0. 550] = $\frac{L}{2}$ - 1,7 μ.		[700. 900]	+ 296,7	съ промежуточкомъ [690. 700].	+ 286,9
[550. 1100] = $\frac{L}{2}$ + 1,7 μ.		[800. 1000]	+ 287,5		+ 292,0
$y_{250} = -1,7 \mu.$		[900. 1100]	+ 286,5		+ 299,6
					+ 297,8
Сравненіе 5-ск. промежуточныхъ съ промежуточкомъ [850. 900].		Сравненіе 5-ск. промежуточныхъ съ промежуточкомъ [300. 250].		Сравненіе 1-ск. промежуточныхъ послѣднего дециметра съ промежуточкомъ [400. 410].	
[m. n]	a	[m. n]	a	[m. n]	a
[0. 50]	+ 3,1 μ	[550. 600]	+ 6,3 μ	[10. 10]	+ 2,8 μ
[50. 100]	- 2,0	[600. 650]	+ 0,5	[10. 20]	+ 3,8
[100. 150]	- 1,5	[650. 700]	- 0,8	[20. 30]	+ 0,7
[150. 200]	- 2,6	[700. 750]	+ 4,3	[30. 40]	- 0,5
[200. 250]	- 3,7	[750. 800]	- 1,9	[40. 50]	+ 0,2
[250. 300]	- 0,4	[800. 850]	+ 4,0	[50. 60]	+ 1,9
[300. 350]	+ 2,8	[850. 900]	+ 3,7	[60. 70]	- 0,2
[350. 400]	- 1,0	[900. 950]	+ 6,3	[70. 80]	- 0,1
[400. 450]	- 2,3	[950. 1000]	+ 2,5	[80. 90]	- 1,5
[450. 500]	- 7,4	[1000. 1050]	+ 5,5	[90. 100]	- 2,3
[500. 550]	- 1,3	[1050. 1100]	- 9,8		

Таблица С (окончаніе).

m	800 дѣл.		850 дѣл.		900 дѣл.		950 дѣл.		1000 дѣл.		1050 дѣл.	
	Δm	Δn										
0	+0,274	+1,804	+0,395	+0,896	+0,235	+0,963	+0,320	+0,594	+0,330	+0,027	+0,144	+0,482
50	-0,759	+0,541	-0,327	-0,266	+0,105	+0,285	+0,010	+0,125	+0,207	-0,252	-0,315	-0,193
100	-0,186	+0,393	+0,549	-0,155	+0,170	-0,084	+0,189	-0,117	+0,647	-0,271		
150	+0,112	+0,068	+0,575	-0,417	+0,162	-0,342	+0,358	-0,207				
200	+0,025	-0,191	+0,598	-0,570	+0,270	-0,495						
250	+0,337	-0,195	+0,744	-0,730								
300	+0,130	-0,580										

Таблица D. Погрѣшности наблюдений.

Пределъ погрѣши.	Число погрѣши.
0,000—0,009	102 или 40,5%
0,010—0,019	68 » 27,0
0,020—0,029	53 » 21,0
0,030—0,039	16 » 6,3
0,040—0,049	9 » 3,6
0,050—0,059	1 » 0,4
0,060—0,069	1 » 0,4
0,070—0,079	1 » 0,4
0,080—0,089	1 » 0,4
Средн. погрѣши. 0,016	232 или 100%

Таблица Е. Дополнительная калибровка.

28. V-3. VI. 1910.

Наблюд. А. Н. Г.

m	[0 . 100]				[100 . 200]				[200 . 300]			
	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,27	+ 0,66	+ 0,74	+ 0,97	+ 0,28	+ 0,77	+ 0,80	+ 0,98	+ 0,31	+ 0,68	+ 0,83	+ 1,00
20	+ 0,23	+ 0,69	+ 0,80	+ 1,10	+ 0,25	+ 0,63	+ 0,74	+ 0,92	+ 0,28	+ 0,71	+ 0,83	+ 0,95
40	+ 0,28	+ 0,78	+ 0,96		+ 0,23	+ 0,67	+ 0,74		+ 0,29	+ 0,68	+ 0,77	
60	+ 0,31	+ 0,87			+ 0,22	+ 0,72			+ 0,25	+ 0,64		
80	+ 0,36				+ 0,27				+ 0,20			

m	[300 . 400]				[400 . 500]				[500 . 600]			
	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,21	+ 0,54	+ 0,52	+ 0,58	+ 0,10	+ 0,29	+ 0,17	+ 0,07	+ 0,02	+ 0,24	+ 0,26	+ 0,35
20	+ 0,18	+ 0,56	+ 0,46	+ 0,57	+ 0,07	+ 0,24	+ 0,05	- 0,01	+ 0,10	+ 0,38	+ 0,33	+ 0,49
40	+ 0,20	+ 0,51	+ 0,42		- 0,02	+ 0,14	0,00		+ 0,13	+ 0,41	+ 0,44	
60	+ 0,15	+ 0,44			- 0,03	+ 0,18			+ 0,17	+ 0,43		
80	+ 0,14				+ 0,01				+ 0,21			

Таблица E (продолженіе).

m	[600 . 700]				[700 . 800]				[800 . 900]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	+ 0,15	+ 0,46	+ 0,41	+ 0,44	+ 0,18	+ 0,50	+ 0,47	+ 0,65	+ 0,23	+ 0,53	+ 0,38	+ 0,38
20	+ 0,15	+ 0,44	+ 0,35	+ 0,49	+ 0,12	+ 0,47	+ 0,53	+ 0,75	+ 0,12	+ 0,34	+ 0,22	+ 0,23
40	+ 0,14	+ 0,45	+ 0,39		+ 0,09	+ 0,53	+ 0,66		+ 0,05	+ 0,33	+ 0,16	
60	+ 0,14	+ 0,47			+ 0,22	+ 0,66			+ 0,07	+ 0,26		
80	+ 0,18				+ 0,27				+ 0,03			

m	[900 . 1000]				[1000 . 1100]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$							
0	+ 0,03	+ 0,24	+ 0,16	+ 0,15	+ 0,16	+ 0,49	+ 0,48	+ 0,52
20	+ 0,01	+ 0,20	+ 0,27	+ 0,31	+ 0,12	+ 0,49	+ 0,41	+ 0,50
40	+ 0,07	+ 0,31	+ 0,45		+ 0,17	+ 0,44	+ 0,40	
60	+ 0,14	+ 0,48			+ 0,90	+ 0,40		
80	+ 0,14				+ 0,60			

Таблица G. Калибровка последнего дециметра.

4-5. VI. 1910.

Наблюд. А. Н. Г.

m	10 д.л.	20 д.л.	30 д.л.	40 д.л.	50 д.л.	60 д.л.	70 д.л.	80 д.л.	90 д.л.
	$\Delta n - \Delta m$								
1000	+ 0,27	+ 0,98	+ 0,47	+ 0,78	+ 0,52	+ 0,90	- 0,91	- 0,07	+ 0,28
1010	+ 0,27	+ 0,92	+ 0,47	+ 0,77	+ 0,45	+ 0,88	- 0,97	- 0,03	+ 0,23
1020	+ 0,28	+ 0,97	+ 0,49	+ 0,75	+ 0,45	+ 0,86	- 0,91	- 0,01	
1030	+ 0,26	+ 0,98	+ 0,49	+ 0,71	+ 0,42	+ 0,84	- 0,90		
1040	+ 0,30	+ 0,95	+ 0,41	+ 0,71	+ 0,45	+ 0,85			
1050	+ 0,28	+ 0,92	+ 0,41	+ 0,68	+ 0,42				
1060	+ 0,26	+ 0,91	+ 0,40	+ 0,65					
1070	+ 0,26	+ 0,88	+ 0,35						
1080	+ 0,23	+ 0,85							
1090	+ 0,26								

Таблица Н. Определение объема, соответствующая одному среднему делению.

1-7. XII. 1910.

Наблюд. А. Н. Г. и М. Θ. М.

1-ый столбикъ.		2-ой столбикъ.		3-ий столбикъ.	
t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t
20 ^o ,692	966,500	20 ^o ,745	1039,940	20 ^o ,842	1042,537
20 ^o ,674	966,497	20 ^o ,948	1040,028	20 ^o ,990	1042,567
20 ^o ,759	966,519	21 ^o ,063	1039,968	20 ^o ,807	1042,568
20 ^o ,797	966,486	21 ^o ,138	1040,014	20 ^o ,762	1042,563
20 ^o ,757	966,497	20 ^o ,790	1039,905	20 ^o ,842	1042,586
20 ^o ,808	966,550	20 ^o ,858	1039,890	21 ^o ,128	1042,647
20 ^o ,797	966,480	20 ^o ,933	1040,070	21 ^o ,540	1042,581
20 ^o ,759	966,480	20 ^o ,980	1040,060	21 ^o ,497	1042,572
20 ^o ,806	966,508	21 ^o ,115	1039,958	21 ^o ,445	1042,631
20 ^o ,739	966,513	21 ^o ,118	1039,993	21 ^o ,328	1042,573
-----	-----	-----	-----	-----	-----
20 ^o ,759	966,503	20 ^o ,971	1039,983	21 ^o ,118	1042,582
$p = 11536,64$ мгр.		$p = 12413,14$ мгр.		$p = 12444,14$ мгр.	

Таблица К. Определение длины трубки при θ° .

9-11. IV. 1913.

Наблюд. Ф. Н. Б. и М. Ф. М.

Положение трубки.	t	k	t	k
I	+ 0°,227	+ 350,2 μ .	+ 0°,269	+ 351,6 μ .
I	+ 0,240	+ 350,2	+ 0,278	+ 352,3
II	+ 0,221	+ 326,2	+ 0,245	+ 326,6
II	+ 0,217	+ 324,4	+ 0,278	+ 324,7
III	+ 0,262	+ 345,6	+ 0,249	+ 340,9
III	+ 0,219	+ 345,0	+ 0,244	+ 340,4
IV	+ 0,276	+ 332,0	+ 0,255	+ 333,0
IV	+ 0,249	+ 332,6	+ 0,238	+ 332,4
	+ 0°,239	+ 338,3	+ 0,257	+ 337,7
	- 0°,111	- 686,9	- 0,111	- 688,3
	$t_H = + 0^{\circ},128 \quad k-l = - 348,6 \mu.$		$t_H = + 0^{\circ},146 \quad k-l = - 350,5 \mu.$	
Среднее: $t_H = + 0^{\circ},137; \quad k-l = - 349,5 \mu.$				

Таблица М. Электрическія сравненія.

2-11-15. N1. 1913.

Наблюд. А. Н. Г. и М. О. М.

Положенія коммутаторовъ.	Сравненіе съ М 4044.			Сравненіе съ М 4046.		
	а) Первое наполненіе.					
	$N_{[4044]}=6000$ $t_H=18^{\circ},52$	$N_{[4044]}=8000$	$N_{[4044]}=5750$ $t_H=18^{\circ},39$	$N_{[4046]}=6000$ $t_H=18^{\circ},71$	$N_{[4046]}=7000$	$N_{[4046]}=6050$ $t_H=18^{\circ},68$
I М	249,0	294,5	210,5	236,5	244,0	242,5
I Р	229,0	257,5	189,0	207,5	208,0	214,0
	+ 20,0	+ 37,0	+ 21,5	+ 29,0	+ 36,0	+ 28,5
II М	208,5	185,5	282,0	255,5	244,0	251,0
II Р	182,5	172,5	248,0	223,5	231,0	231,5
	+ 26,0	+ 13,0	+ 34,0	+ 32,0	+ 23,0	+ 29,5
	$d' = - 6,0$	$d'' = + 24,0$	$d''' = - 12,5$	$d' = - 3,0$	$d'' = + 13,0$	$d''' = - 1,0$
б) Второе наполненіе.						
	$N_{[4044]}=6000$ $t_H=18^{\circ},68$	$N_{[4044]}=5550$	$N_{[4044]}=6000$ $t_H=18^{\circ},81$	$N_{[4046]}=6000$ $t_H=18^{\circ},80$	$N_{[4046]}=5550$	$N_{[4046]}=6000$ $t_H=18^{\circ},90$
I М	228,5	221,5	223,0	257,0	279,0	284,0
I Р	223,5	219,0	216,0	251,0	279,0	279,0
	+ 5,0	+ 2,5	+ 7,0	+ 6,0	0,0	+ 5,0
II М	271,0	278,5	275,0	218,0	206,5	202,0
II Р	269,0	270,0	271,0	218,5	203,0	202,0
	+ 2,0	+ 8,5	+ 4,0	- 0,5	+ 3,5	0,0
	$d' = + 3,0$	$d'' = - 6,0$	$d''' = + 3,0$	$d' = + 6,5$	$d'' = - 3,5$	$d''' = + 5,0$

Таблица М (продолжение).

Положения кондукторов.	Сравнение съ М 4044.			Сравнение съ М 4046.		
	в) Третье наложение.					
	$N_{[4044]}=6000$ $t_H = 18^{\circ},83$	$N_{[4044]}=7000$	$N_{[4044]}=6500$ $t_H = 18^{\circ},87$	$N_{[4046]}=6500$ $t_H = 19^{\circ},07$	$N_{[4046]}=6000$	$N_{[4046]}=6600$ $t_H = 19^{\circ},09$
I М	261,0	276,5	268,0	273,5	275,0	290,0
I Р	245,0	250,0	243,0	244,0	250,0	260,0
	+ 16,0	+ 26,5	+ 25,0	+ 29,5	+ 25,0	+ 30,0
II М	249,0	242,0	257,5	251,5	243,5	233,5
II Р	224,0	223,0	231,0	225,0	211,0	208,0
	+ 25,0	+ 19,0	+ 26,5	+ 26,5	+ 32,5	+ 25,5
	$d' = - 9,0$	$d' = + 7,5$	$d'' = - 1,5$	$d' = + 3,0$	$d'' = - 7,5$	$d'' = + 4,5$

Ртутный образец № 6.

Таблица А. Определение величины среднего дѣленія шкалы.

Универсальный компараторъ Межд. Бюро мѣръ и вѣсовъ.
15. VIII. 1909. Наблюд. А. В. Г.

t_H	k
18,519	-131,8 μ
18,535	-132,2
18,556	-131,7
18,556	-131,8
<u>18,541</u>	<u>-131,9 μ</u>
Приведение къ 0°: + 6,6	
[№ 6] ₂ - B ₂ = -125,3 μ	

Таблица В. Определение поправки дѣлений.

94. XI. 1910, 12. III. 1911. Дѣлительная машина Гг. Паллаи и др. и вѣсы. Наблюд. А. Н. Г. и М. Ф. М.

Поправка для среднего дѣленія.		Сравненіе 20-см. промежутокъ.			
[m. n]	a	[m. n]	a	[m. n]	a
[0. 550] + [550. 1100] = L.		[0. 200]	+ 156,2 μ	[500. 700]	+ 134,5 μ
[0. 550] - [550. 1100] = + 11,8 μ.		[100. 300]	+ 155,9	[600. 800]	+ 143,6
[0. 550] = $\frac{L}{2}$ + 5,9 μ.		[300. 400]	+ 159,0	[700. 900]	+ 161,7
[550. 1100] = $\frac{L}{2}$ - 5,9 μ.		[300. 500]	+ 151,5	[800. 1000]	+ 160,1
$\frac{y_{550}}{2} = + 5,9 \mu.$		[400. 600]	+ 142,5	[900. 1100]	+ 137,5
Сравненіе 5-см. промежутковъ съ промежутокъ [850. 900].		Сравненіе 1-см. промежутковъ перваго дециметра промежутковъ [550. 560].		Сравненіе 1-см. промежутковъ послѣдняго дециметра съ промежутокъ [550. 560].	
[m. n]	a	[m. n]	a	[m. n]	a
[0. 50]	+ 0,5 μ	[0. 10]	+ 3,7 μ	[1000. 1010]	+ 4,4 μ
[50. 100]	- 4,8	[10. 20]	+ 4,8	[1010. 1020]	+ 3,9
[100. 150]	- 0,8	[20. 30]	+ 0,8	[1020. 1030]	+ 2,9
[150. 200]	- 5,6	[30. 40]	- 0,1	[1030. 1040]	+ 3,7
[200. 250]	- 1,4	[40. 50]	- 0,9	[1040. 1050]	- 3,8
[250. 300]	- 3,9	[50. 60]	- 1,6	[1050. 1060]	+ 1,1
[300. 350]	+ 2,0	[60. 70]	+ 4,1	[1060. 1070]	+ 7,5
[350. 400]	- 3,1	[70. 80]	- 0,3	[1070. 1080]	+ 2,6
[400. 450]	- 2,4	[80. 90]	+ 2,2	[1080. 1090]	- 8,3
[450. 500]	- 8,5	[90. 100]	+ 1,4	[1090. 1100]	- 9,0
[500. 550]	- 6,2				

Таблица С (окончаніе).

m	800 дѣл.		850 дѣл.		900 дѣл.		950 дѣл.		1000 дѣл.		1050 дѣл.	
	Δm	Δn										
0	+1,030	-1,040	+0,430	-0,290	+0,560	-0,560	+0,365	-0,785	+0,245	-0,655	+0,720	+0,340
50	+1,250	-1,180	+0,640	-0,655	+0,305	-1,315	+0,770	-0,775	+0,445	-0,625	-0,325	-0,605
100	+1,260	-1,285	+0,715	-0,700	+0,325	-1,355	+0,730	-0,590	+0,290	-0,290		
150	+1,255	-1,180	+0,580	-0,615	+0,635	-0,640	+0,255	-0,335				
200	+1,205	-1,185	+0,235	-0,700	+0,320	-0,315						
250	+1,035	-1,195	-0,060	-0,440								
300	+0,585	-1,070										

Таблица D. Погрѣшности наблюденій.

Пределы погрѣши.	Число погрѣши.
0,000—0,009	104 или 41,2%
0,010—0,019	84 » 33,3
0,020—0,029	39 » 15,5
0,030—0,039	15 » 6,0
0,040—0,049	9 » 3,6
болѣе 0,050	1 » 0,4
<i>Средн. погрѣши. 0,014</i>	<i>252 или 100%</i>

Таблица Е. Дополнительная калибровка.

16-18. XII. 1910.

Наблюд. М. О. М.

m	[0 . 100]				[100 . 200]				[200 . 300]			
	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	-0,030	-0,065	+0,740	+1,095	-0,395	-0,915	+0,000	+0,400	-0,255	-0,680	+0,485	+0,740
20	-0,110	-0,190	+0,500	+0,880	-0,385	-0,915	+0,040	+0,525	-0,230	-0,700	+0,530	+0,660
40	-0,250	-0,355	+0,320		-0,355	-0,845	+0,120		-0,220	-0,670	+0,490	
60	-0,250	-0,415			-0,295	-0,725			-0,250	-0,750		
80	-0,290				-0,260				-0,305			

m	[300 . 400]				[400 . 500]				[500 . 600]			
	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.	20 д.л.	40 д.л.	60 д.л.	80 д.л.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	-0,360	-0,910	+0,080	+0,025	-0,570	-1,340	-0,445	-0,390	-0,360	-1,005	-0,005	-0,005
20	-0,375	-1,005	-0,095	-0,230	-0,565	-1,250	-0,265	-0,170	-0,410	-1,060	-0,060	+0,095
40	-0,450	-1,145	-0,320		-0,515	-1,100	-0,080		-0,440	-1,070	-0,025	
60	-0,535	-1,310			-0,440	-0,990			-0,450	-0,985		
80	-0,560				-0,375				-0,345			

Таблица Е (продолжение).

m	[600 . 700]				[700 . 800]				[800 . 900]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$											
0	-0,355	-0,880	+0,265	+0,490	-0,265	-0,720	+0,460	+0,690	-0,160	-0,635	+0,510	+0,660
20	-0,315	-0,840	+0,425	+0,660	-0,245	-0,695	+0,495	+0,745	-0,270	-0,735	+0,395	+0,565
40	-0,265	-0,690	+0,510		-0,260	-0,740	+0,585		-0,290	-0,805	+0,330	
60	-0,210	-0,640			-0,230	-0,645			-0,315	-0,500		
80	-0,225				-0,185				-0,265			

m	[900 . 1000]				[1000 . 1100]			
	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.	20 дѣл.	40 дѣл.	60 дѣл.	80 дѣл.
	$\Delta n - \Delta m$							
0	-0,290	-0,815	+0,310	+0,510	-0,230	-0,580	+0,760	+1,160
20	-0,330	-0,795	+0,350	+0,600	-0,150	-0,450	+0,950	+1,400
40	-0,325	-0,740	+0,445		-0,060	-0,370	+1,140	
60	-0,250	-0,655			-0,050	-0,255		
80	-0,220				+0,040			

Таблица II. Определение объема, соответствующая одному среднему диаметру.

Наблюд. М. О. М.

5-12. V. 1911.

1-й столбецъ.				2-ой столбецъ.				3-й столбецъ.			
AB		BA		AB		BA		AB		BA	
t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t	t_H	N_t
18,025	1003,064	18,047	1003,148	16,889	998,840	17,194	998,882	17,566	986,248	17,656	986,275
	1003,046		1003,145		998,845		998,890		986,249		986,275
	1003,064	18,070	1003,125	16,889	998,824	17,314	998,881	17,564	986,257	17,681	986,290
18,035	1003,070		1003,111		998,853		998,884		986,263		986,306
	1003,084	17,757	1003,050	16,906	998,878	17,344	998,896	17,581	986,228	17,686	986,313
	1003,081		1003,052		998,873		998,904		986,253		986,324
18,037	1003,083	17,760	1003,077	16,924	998,871	17,416	998,899	17,590	986,265	17,716	986,312
	1003,073		1003,072		998,878		998,900		986,265		986,315
18,027	1003,040	17,782	1003,058	16,961	998,853	17,444	998,906	17,604	986,244	17,749	986,353
	1003,049		1003,052		998,848		998,888		986,248		986,338
18,031	1003,065	17,883	1003,089	16,914	998,856	17,342	998,893	17,681	986,252	17,698	986,310
Ср. $t_H = 17^{\circ},957$; Ср. $N_t = 1003,077$				Ср. $t_H = 17^{\circ},128$; Ср. $N_t = 998,875$				Ср. $t_H = 17^{\circ},639$; Ср. $N_t = 986,281$			
$p = 13371,86$ мтр.				$p = 13317,88$ мтр.				$p = 13148,72$ мтр.			

Таблица К. Определение длины трубки при 0°.

16—20. II. 1913.

Наблюд. Ф. Н. Б. и М. О. М.

Положения трубки.	<i>t</i>	<i>k</i>	<i>t</i>	<i>k</i>
I	+ 0°,191	— 299,6 μ.	+ 0°,256	— 300,4 μ.
I	+ 0°,233	— 301,0	+ 0°,231	— 299,8
II	+ 0°,226	— 285,0	+ 0°,240	— 284,7
II	+ 0°,213	— 285,8	+ 0°,249	— 284,8
III	+ 0°,215	— 298,9	+ 0°,243	— 298,2
III	+ 0°,205	— 298,6	+ 0°,242	— 298,7
IV	+ 0°,222	— 293,4	+ 0°,244	— 291,6
IV	+ 0°,204	— 292,6	— 0°,234	— 293,1
	+ 0°,213	— 294,4	+ 0°,243	— 293,9
	— 0°,111	— 686,9	— 0°,111	— 688,2
	$t_H = + 0°,102$	$k-l = - 981,3 \mu.$	$t_H = + 0°,132$	$k-l = - 982,1 \mu.$
Среднее: $t_H = + 0°,117$; $k-l = - 981,7 \mu.$				

Таблица I. Определение массы ртути, наполняющей трубку при С.

10-21. III. 1912.

Наблюд. М. О. М.

а. Капилляр № 1. - Трубка № 6. - Капилляр № 2.			б. Капилляр № 1. - Капилляр № 2.										
Первое наполнение.		Второе наполнение.	Третье наполнение.		Первое наполнение.								
Капилл. № 1.	Капилл. № 2.	Капилл. № 1.	Капилл. № 2.	Капилл. № 1.	Капилл. № 2.								
Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.	Отсчет.								
82,91	82,72	165,72	80,65	154,96	74,38	85,50	160,04	75,61	73,60	149,31	70,84	138,72	
82,91	82,72	165,72	80,65	154,97	74,38	85,50	160,04	75,61	73,60	149,31	70,84	138,72	
89,40	76,30	165,71	83,16	154,96	71,11	88,72	160,02	68,24	80,87	149,26	75,42	138,71	
89,40	76,30	165,71	83,16	154,96	71,11	88,72	160,02	68,25	80,87	149,27	75,42	138,71	
80,35	85,23	165,71	79,70	154,97	81,80	78,08	160,05	72,68	76,48	149,28	73,54	138,72	
80,35	85,24	165,72	79,70	154,97	81,89	78,08	160,05	72,68	76,48	149,28	73,54	138,72	
88,24	82,41	165,73	82,61	154,98	88,25	71,82	160,05	72,72	76,45	149,29	73,82	138,72	
88,23	82,42	165,73	82,61	154,97	88,25	71,82	160,05	72,72	76,46	149,30	73,82	138,72	
83,50	82,15	165,73	75,17	154,98	74,72	85,20	160,08	78,33	70,89	149,29	62,47	138,75	
83,50	82,14	165,72	75,17	154,98	74,70	85,20	160,05	78,32	70,89	149,28	68,47	138,75	
Среднее: 163,72			Среднее: 154,97			Среднее: 160,05			Среднее: 149,29			Среднее: 138,73	
$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [2] гр. + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (2) + (1)] мгр.$ $BA = + 6,78 дмл.$ $AB = - 9,55 дмл.$ $A - B = + 6,74 дмл. - 9,55 = - 2,81 дмл.$ $1 дмл. = 0,183 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [2] гр. + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (2) + (1)] мгр.$ $BA = + 8,00 дмл.$ $AB = - 10,88 дмл.$ $A - B = + 7,98 дмл. - 10,88 = - 2,90 дмл.$ $1 дмл. = 0,181 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [2] гр. + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (2) + (1)] мгр.$ $BA = + 7,38 дмл.$ $AB = - 10,20 дмл.$ $A - B = + 7,02 дмл. - 10,25 = - 3,23 дмл.$ $1 дмл. = 0,180 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [5] + (2) гр. + [(500) + (200) + (100) + (50) + (20) + (10) + (2) + (1)] мгр.$ $BA = + 11,63 дмл.$ $AB = - 7,03 дмл.$ $A - B = + 11,77 дмл. - 7,03 = 4,74 дмл.$ $1 дмл. = 0,180 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [2] гр. + [(500) + (200) + (200) + (50) + (20) + (20) + (20) + (2) + (1)] мгр.$ $BA = + 7,38 дмл.$ $AB = - 10,20 дмл.$ $A - B = + 7,02 дмл. - 10,25 = - 3,23 дмл.$ $1 дмл. = 0,180 мгр.$	
$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [(10) + (5) + (2) + (2)] гр. + [(300) + (100) + (20) + (10) + (2)] мгр.$ $BA = + 12,94 дмл.$ $AB = - 7,12 дмл.$ $A - B = + 12,86 дмл. - 7,12 = 5,74 дмл.$ $1 дмл. = 0,183 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [(10) + (5) + (2) + (2)] гр. + [(200) + (100) + (20) + (10) + (2)] мгр.$ $BA = + 10,17 дмл.$ $AB = - 9,63 дмл.$ $A - B = + 10,30 дмл. - 9,63 = 0,67 дмл.$ $1 дмл. = 0,181 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [(10) + (5) + (2) + (2)] гр. + [(200) + (100) + (20) + (10) + (2)] мгр.$ $BA = + 8,38 дмл.$ $AB = - 11,58 дмл.$ $A - B = + 8,50 дмл. - 11,58 = - 3,08 дмл.$ $1 дмл. = 0,181 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [(2) + (2) + (1)] гр. + [(200) + (100) + (20) + (20) + (1) + (1)] мгр.$ $BA = + 8,78 дмл.$ $AB = - 9,73 дмл.$ $A - B = + 8,69 дмл. - 9,73 = - 1,04 дмл.$ $1 дмл. = 0,180 мгр.$			$A = [стаканчик] + [ртуть].$ $B = [(2) + (2) + (1)] гр. + [(200) + (100) + (20) + (20) + (1) + (1)] мгр.$ $BA = + 8,78 дмл.$ $AB = - 9,73 дмл.$ $A - B = + 8,69 дмл. - 9,73 = - 1,04 дмл.$ $1 дмл. = 0,180 мгр.$	
$[P]_{\text{пол.}} = 16340,77 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотам: $- 0,78$			$[P]_{\text{пол.}} = 16338,97 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотам: $- 0,78$			$[P]_{\text{пол.}} = 16344,48 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотам: $- 0,71$			$[P]_{\text{пол.}} = 2347,85 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотам: $- 0,71$			$[P]_{\text{пол.}} = 2344,37 \text{ мгр.}$ Привед. к пустотам: $- 0,71$	

Таблица М. Электрическія сравненія.

6-13-15, XI. 1913.

Наблюд. А. П. Г. и М. О. М.

Полъненія конденсаторовъ.	Сравненіе съ М 4044.			Сравненіе съ М 4046.		
	а) Первое наполненіе.					
	$N_e = 15000$ $t_H = 18,77$	$N_e = 20000$	$N_e = 18000$ $t_H = 18,79$	$N_e = 18000$ $t_H = 18,70$	$N_e = 20000$	$N_e = 15000$ $t_H = 18,79$
I M	236,0	223,0	226,5	236,0	235,0	233,5
I P	208,5	199,0	194,5	199,5	200,5	191,5
	+ 27,5	+ 24,0	+ 32,0	+ 36,5	+ 34,5	+ 42,0
II M	225,5	228,5	228,5	226,0	223,5	223,5
II P	200,5	195,5	191,5	185,0	179,0	184,0
	+ 25,0	+ 33,0	+ 37,0	+ 41,0	+ 44,5	+ 39,5
	$d' = + 2,5$	$d'' = - 9,0$	$d''' = - 5,0$	$d' = - 4,5$	$d'' = - 10,0$	$d''' = + 2,5$
б) Второе наполненіе.						
	$N_e = 15000$ $t_H = 18,88$	$N_e = 18000$	$N_e = 15000$ $t_H = 18,90$	$N^* = 15000$ $t_H = 18,61$	$N_e = 18000$	$N_e = 15000$ $t_H = 18,67$
I M	276,5	280,0	282,0	291,0	293,5	295,5
I P	274,0	280,0	277,0	285,0	290,0	286,0
	+ 2,5	0,0	+ 5,0	+ 6,0	+ 3,5	+ 9,5
II M	248,0	250,5	261,0	255,5	264,0	265,5
II P	247,0	246,0	259,0	251,0	232,0	258,0
	+ 1,0	+ 4,5	+ 2,0	+ 4,5	+ 12,0	+ 7,5
	$d' = + 1,5$	$d'' = - 4,5$	$d''' = + 3,0$	$d' = + 1,5$	$d'' = - 8,5$	$d''' = + 2,0$

Таблица М (продолжение).

Положения кондукторов.	Сравнение с М 4044.			Сравнение с М 4046.		
	с) Третье наполнение.					
	$N_s = 16000$ $t_H = 19,26$	$N_s = 13000$	$N_s = 15000$ $t_H = 19,28$	$N_s = 15000$ $t_H = 19,18$	$N_s = 13000$	$N_s = 16000$ $t_H = 19,23$
IM	264,0	261,0	261,5	280,0	267,5	280,0
IP	261,0	252,0	256,0	279,0	261,0	258,0
	+ 3,0	+ 9,0	+ 5,5	+ 1,0	+ 6,5	+ 2,0
II M	253,5	252,5	253,0	233,0	235,5	245,5
II P	247,0	251,0	248,0	231,0	236,0	241,0
	+ 6,5	+ 1,5	+ 5,0	+ 2,0	- 0,5	+ 4,5
	$d' = -3,5$	$d'' = +7,5$	$d''' = +0,5$	$d' = -1,0$	$d'' = +7,0$	$d''' = -2,5$

Таблица N. Изучение капилляровъ.

27. IX-10. X. 1910; 3-6. III. 1911.

Наблюд. А. Н. Г.

m	К а п и л л я р ы № 1.										Определение веса ртути въ объёмъ 1 среднего дѣленія.		
	К а з н б р о в к а.										1-ый столбикъ.	2-ой столбикъ.	
	10 дѣл.	20 дѣл.	30 дѣл.	40 дѣл.	50 дѣл.	60 дѣл.	70 дѣл.	80 дѣл.	90 дѣл.	90 дѣл.			
	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$	$\Delta n - \Delta m$
0	+ 0,842	+ 0,237	+ 0,272	- 0,802	- 0,640	+ 0,663	+ 0,547	+ 0,322	- 0,575	$L = 94,48$ дѣл.	$L = 56,28$ дѣл.		
10	+ 0,847	+ 0,212	+ 0,217	- 0,890	- 0,717	+ 0,635	+ 0,565	+ 0,385	- 0,482	94,47	56,27		
20	+ 0,772	+ 0,080	+ 0,055	- 0,977	- 0,740	+ 0,657	+ 0,615	+ 0,462		94,46	56,24		
30	+ 0,732	+ 0,015	+ 0,042	- 0,947	- 0,675	+ 0,760	+ 0,732			94,47	56,27		
40	+ 0,720	+ 0,030	+ 0,120	- 0,818	- 0,495	+ 0,942				94,46	56,29		
50	+ 0,762	+ 0,112	+ 0,200	- 0,682	- 0,302					94,50	56,31		
60	+ 0,807	+ 0,217	+ 0,302	- 0,495						94,48	56,26		
70	+ 0,877	+ 0,285	+ 0,497							94,48	56,26		
80	+ 0,905	+ 0,357								94,45	56,23		
90	+ 0,932									94,45	56,23		
											Ср. 94,47 дѣл.	Ср. 56,26 дѣл.	
											m = 30,05 мгр.	m = 17,88 мгр.	

t = 20° C.

Таблица N (продолжение).

m		К а б р о в к а										№ 2.		Определение веса ртути в объеме 1 среднего дм.в.л.	
		10 дм.в.л.	20 дм.в.л.	30 дм.в.л.	40 дм.в.л.	50 дм.в.л.	60 дм.в.л.	70 дм.в.л.	80 дм.в.л.	90 дм.в.л.					
		$\Delta n - \Delta m$	1-ый столбик.	2-ой столбик.											
0		- 0,620	+ 0,967	+ 0,687	+ 0,192	+ 0,252	+ 0,325	- 0,367	- 0,530	- 0,630		$L = 98,42$ дм.в.л.	$L = 90,15$ дм.в.л.		
10		- 0,600	+ 0,970	+ 0,690	+ 0,237	+ 0,265	+ 0,335	- 0,402	- 0,587	- 0,662		98,39	90,15		
20		- 0,612	+ 0,985	+ 0,735	+ 0,267	+ 0,277	+ 0,302	- 0,467	- 0,620			98,37	90,18		
30		- 0,597	+ 1,015	+ 0,780	+ 0,242	+ 0,245	+ 0,237	- 0,500				98,36	90,15		
40		- 0,562	+ 1,020	+ 0,755	+ 0,175	+ 0,165	+ 0,205					98,40	90,18		
50		- 0,562	+ 0,985	+ 0,660	+ 0,077	+ 0,070						98,40	90,18		
60		- 0,595	+ 0,885	+ 0,560	+ 0,022							98,38	90,16		
70		- 0,642	+ 0,870	+ 0,532								98,37	90,19		
80		- 0,657	+ 0,860									98,37	90,19		
90		- 0,622										98,41	90,20		
												Ср. 98,39 дм.в.л.	Ср. 90,17 дм.в.л.		
												m = 31,37 мгр.	m = 28,75 мгр.		

 $t = 20^{\circ} C.$

Таблица Р. Эталонирование разновѣсы № 477.

31. I—II, II, 1911.

Наблюд. М. О. М.

е) Вѣсы Эргана до 2 гр.			
τ_0	вѣсъ чашечекъ для гирь.	Чувствит. вѣсовъ: $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ дѣл.} = 0,00705 \text{ мгр. при нагрузкѣ въ 1 гр.} \\ 1 \text{ дѣл.} = 0,00649 \text{ мгр. при нагрузкѣ въ 1 мгр.} \end{array} \right.$	
τ			
A	B	A - B	t
$E \frac{Pt. Ir.}{1000 \text{ мгр.}} + \tau_0$	$[(500) + (200) + (200') + (100)] \text{ мгр.} + \tau$	- 13,391 дѣл.	16 ^o ,71
$E \frac{Pt. Ir.}{1000 \text{ мгр.}} + \tau$	$[(500) + (200) + (200') + (100)] \text{ мгр.} + \tau_0$	- 18,725	16,82
$E \frac{Pt. Ir.}{1000 \text{ мгр.}} + \tau_0$	$[(500) + (200) + (200') + (100)] \text{ мгр.} + \tau$	- 14,085	16,98
$E \frac{Pt. Ir.}{1000 \text{ мгр.}} + \tau$	$[(500) + (200) + (200') + (100)] \text{ мгр.} + \tau_0$	- 15,809	17,17
$E \frac{Pt. Ir.}{1 \text{ мгр.}} + \tau_0$	(1) мгр. + τ	+ 1,636	17,18
$E \frac{Pt. Ir.}{1 \text{ мгр.}} + \tau$	(1) мгр. + τ_0	- 1,203	17,27
$E \frac{Pt. Ir.}{1 \text{ мгр.}} + \tau_0$	(1) мгр. + τ	+ 2,172	17,42
$E \frac{Pt. Ir.}{1 \text{ мгр.}} + \tau$	(1) мгр. + τ_0	- 1,226	17,32

Таблица Р (продолжение).

b) Вѣсы I. Nemetz'a № 2 до 50 гр. Миллиграммовый разновѣсъ. Чувств. вѣсовы: 1 дѣл. = 0,164 мгр.			
A	B	A - B	t
(500)	(200)+(200)+(100)	+ 0,02 дѣл.	
(500)	(200)+(200)+(100)	0,00	
(200)+(100)	(200)+(50)+(20)+(20)+(10)	+ 0,11	
(200)+(50)+(20)+(20)+(10)	(200)+(100)	- 0,13	
(200)+(50)	(200)+(20)+(20)+(10)	+ 0,22	
(200)+(20)+(20)+(10)	(200)+(50)	- 0,20	
(200)	(200)	- 0,02	
(200)	(100)+(50)+(20)+(20)+(10)	+ 0,06	
(200)	(100)+(50)+(20)+(20)+(10)	+ 0,035	
(100)	(50)+(20)+(20)+(10)	+ 0,09	
(50)	(20)+(20)+(10)	+ 0,195	
(20)+(10)	(20)+(5)+(2)+(2)+(1)	- 0,225	
(20)+(5)+(2)+(2)+(1)	(20)+(10)	+ 0,35	
(20)+(5)	(20)+(2)+(2)+(1)	- 0,05	
(20)+(2)+(2)+(1)	(20)+(5)	+ 0,225	
(20)	(20)	+ 0,075	
(20)	(10)+(5)+(2)+(2)+(1)	- 0,85	
(20)	(10)+(5)+(2)+(2)+(1)	- 0,94	
(10)	(5)+(2)+(2)+(1)	- 0,23	
(5)	(2)+(2)+(1)	- 0,12	
(2)+(1)	(2)+(0,5)+(0,5)	- 0,27	
(2)+(0,5)+(0,5)	(2)+(1)	+ 0,49	
(2)+(0,5)	(2)+(0,5)	+ 0,285	
(2)+(0,5)	(2)+(0,5)	- 0,06	
(2)	(2)	+ 0,105	
(2)	(1)+(0,5)+(0,5)	- 0,49	
(2)	(1)+(0,5)+(0,5)	- 0,595	
(1)	(0,5)+(0,5)	- 0,38	
(0,5)	(0,5)	+ 0,145	
(1)	(1)	- 0,015	
(1)	(0,5)+(0,5)	- 0,375	
(1)	(1)	- 0,04	
(1)	(0,5)+(0,5)	- 0,365	

Таблица Р (окончаніе).

е) Вѣсы I. Nemetz'a № 2 до 50 гр. Граммовый разновѣсъ.			
Чувствит. вѣсовы: 1 дѣл. = 0,166 при нагрузкѣ въ 5 гр.			
1 дѣл. = 0,171 " " " 10 "			
1 дѣл. = 0,171 " " " 20 "			
A	B	A - B	t
E $\frac{P_t}{20 \text{ гр.}}$	(10) + (5) + (2) + (2) + (1)	-(1,0197 mgr. + 0,278 дѣл.)	21°,17
E $\frac{P_t}{20 \text{ гр.}}$	(10) + (5) + (2) + (2) + (1)	-(1,0197 mgr. + 0,271 дѣл.)	21°,11
(10)	(5) + (2) + (2) + (1)	-(1,0197 mgr. + 0,375 дѣл.)	
(10)	(5) + (2) + (2) + (1)	-(1,0197 mgr. + 0,377 дѣл.)	
(5)	(2) + (2) + (1)	+(1,0197 mgr. + 5,51 дѣл.)	
(5)	(2) + (2) + ($\Sigma 1$) = [(500) + (200) + (200) + (100)] mgr.	+(1,0197 mgr. + 5,49 дѣл.)	
(2) + (1)	(2) + ($\Sigma 1$)	+ 1,045 дѣл.	
(2) + ($\Sigma 1$)	(2) + (1)	+ 1,07	
(2)	(2)	+ 1,12	
(2)	(1) + ($\Sigma 1$)	- 1,775	
(2)	(1) + ($\Sigma 1$)	- 2,90	
(1)	($\Sigma 1$)	- 0,025	
(1)	(1)	+ (0,555 mgr. + 4,18 дѣл.)	
(1)	($\Sigma 1$)	-(0,555 mgr. + 4,13 дѣл.)	
(1)	(1)	+(0,555 mgr. + 4,135 дѣл.)	
(1)	($\Sigma 1$)	-(0,555 mgr. + 4,135 дѣл.)	

Таблица Q. Сравнение катушек Н. Ф. Л. № 164 и № 209 с М 4044 и М 4046.

Наблюд. А. В. Г. и М. Ф. М.

24-25. X. 1913.

		I. Катушка № 164.			
		а) Сравнение с М 4044.			
Положения конструктора.		$N_{[164]} = 20000$	$N_{[164]} = 100000$	$N_{[164]} = 200000$	$N_{[164]} = 1000000$
		$t_{H[164]} = 19^{\circ}44$ $t_{M[4044]} = 19^{\circ}28$	$t_{H[164]} = 19^{\circ}44$	$t_{M[4044]} = 19^{\circ}42$ $t_{M[4044]} = 19^{\circ}31$	$t_{H[164]} = 19^{\circ}43$ $t_{M[4044]} = 19^{\circ}33$
I 164		222,6	280,5	233,8	250,8
I M		282,6	278,4	241,9	247,9
		- 10,0	+ 2,1	- 8,1	+ 2,9
II 164		255,8	230,5	272,5	220,8
II M		243,7	227,8	258,9	217,8
		+ 12,1	+ 2,8	+ 13,6	+ 3,0
		$d = -22,1$	$d = -0,7$	$d = -21,7$	$d = -0,1$

Таблица Q (продолжение).

		1. Катюшка № 164.				
		b) Сравнение с М 4046.				
Позиция по катюшкам.	$N_{(1046)} = 20000$	$N_{(1046)} = 100000$	$N_{(164)} = 20000$	$N_{(164)} = 20000$	$N_{(164)} = 20000$	$N_{(164)} = 100000$
	$t_{\text{II}(1046)} = 19^{\circ} 68$ $t_{\text{II}(1046)} = 19^{\circ} 50$	$t_{\text{II}(164)} = 19^{\circ} 68$ $t_{\text{II}(164)} = 19^{\circ} 50$				
I 164	251,3	251,4	300,8	316,1	308,7	347,4
I М	232,7	275,3	298,5	325,0	318,3	347,0
	+ 18,6	+ 6,1	+ 2,3	- 8,9	- 9,6	+ 0,4
II 164	287,5	278,5	272,3	271,6	266,8	243,3
II М	302,7	282,5	268,0	256,4	252,1	239,7
	- 15,2	- 4,0	+ 4,3	+ 15,2	+ 14,7	+ 3,6
	$d = + 33,8$	$d = + 10,1$	$d = - 2,0$	$d = - 24,1$	$d = - 24,3$	$d = - 3,2$

Таблица Q (продолжение).

		2. Катюшка № 209.			
		а) Сравнение с М 4044.			
Положения контуров.	$N_{[209]} = 100000$	$N_{[209]} = 20000$	$N_{[209]} = 100000$	$N_{[209]} = 100000$	$N_{[209]} = 20000$
		$t_{M[209]} = 19^{\circ},47$ $t_{M[4044]} = 19^{\circ},06$			
I 209	223,1	265,2	288,3	230,8	259,9
I М	316,8	270,8	282,5	223,1	264,7
	+ 6,3	- 5,6	+ 5,8	- 2,3	- 4,8
II 209	221,4	313,6	201,9	231,8	236,5
II М	228,8	210,2	207,6	226,7	231,1
	- 7,4	+ 3,4	- 5,7	+ 5,1	+ 5,4
	$d = + 13,7$	$d = - 9,0$	$d = + 11,5$	$d = - 7,4$	$d = - 10,2$
					$d = + 13,1$
					- 6,0
					+ 5,4

Таблица Q (окончаніе).

		2. Катюшка № 209.				
		б) Сравненіе съ М 4046.				
		$N_{[4046]} = 20000$ $t_{M[209]} = 19^{\circ} 34$ $t_{M[4046]} = 16^{\circ} 36$	$N_{[209]} = 20000$	$N_{[209]} = 100000$ $t_{M[209]} = 19^{\circ} 39$ $t_{M[4046]} = 19^{\circ} 00$	$N_{[209]} = 100000$	$N_{[209]} = 20000$ $t_{M[209]} = 19^{\circ} 41$ $t_{M[4046]} = 19^{\circ} 04$
Показни конкурентов.		$N_{[4046]} = 100000$				
I 209		260,9	242,4	333,8	222,7	287,9
I М		248,1	244,2	324,0	214,9	292,4
		+ 12,8	- 1,8	+ 9,8	+ 7,8	- 4,5
II 209		140,6	185,6	159,3	216,3	203,1
II М		151,2	190,3	165,4	222,0	198,4
		- 10,6	+ 5,3	- 6,1	- 5,7	+ 4,7
		$d = + 23,4$	$d = - 7,1$	$d = + 15,9$	$d = + 13,5$	$d = - 9,2$

ОГЛАВЛЕНИЕ

2-го выпуска тома I 2-ой серии Временника Главной Палаты
Мѣръ и Вѣсовъ.

СТРАИ.

Предисловіе.

5. *А. Н. Георіевскій и М. О. Маликовъ.* Ртутные образцы международного ома.

Глава I. Историческій очеркъ 1—22

Проволочные эталоны. Единица Якоби. — Ртутная единица Siemens'a. — Electrical Standards Committee. Установленіе ома. — Единица В. А. — Парижскій конгрессъ 1881 г. и конференція 1882 и 1884 г.г. Установленіе легальнаго ома. — Единбургскій Съездъ Британской Ассоціаціи 1892 г. — Чикагскій конгрессъ 1893 г. Установленіе международного ома. — Первые образцы международного ома въ Германіи и въ Англіи. — Лондонская конференція 1908 г. Окончательное установленіе международного ома. — Национальные ртутные образцы международного ома. Ихъ характеристика. Точность ихъ изготовленія. — Вопросъ объ измѣнчивости ртутныхъ образцовъ. — Международныя сравненія ртутныхъ образцовъ. — Вашингтонская техническая комисиія 1910 г. — Международныя сравненія по инициативѣ Национальной Физической Лабораторіи въ 1913 г. — Абсолютная величина международного ома. — Литература.

Глава II. Теорія изготовленія 23—31

Опредѣленіе международного ома. — Спецификація для ртутныхъ образцовъ сопротивленія. — Выборъ трубокъ. — Выводъ формулъ. Поправки на неравномѣрность сѣченія и на коничность. — Переходное сопротивленіе. — Планъ работы.

Глава III. Изученіе канала трубокъ 32—55

Поправки на калибръ. — Зависимость между относительнымъ сѣченіемъ σ , и поправками на калибръ. — Исслѣдованіе шкалы, нанесенной на трубки. Методъ опредѣленія поправокъ дѣленій. Таблица поправокъ. — Значеніе одного средняго дѣленія при 0°. — Калибровка. Методъ Marek-Venoit. Выводъ формулъ. Первое

и второе приближенія. Главная и дополнительная калибровки. Калибровка крайних дециметровъ. Точность калибровки. Таблица и кривая поправокъ. — Вычисленіе C и γ .

Глава IV. Приготовленіе образцовыхъ трубокъ . . . 56—70

Формула для расчета сопротивленія ртути, наполняющей трубку. — Очистка ртути. — Мытье трубокъ. — Определеніе объема, соответствующаго одному среднему дѣленію. — Точки отрыва. — Шлифовка концовъ трубокъ. — Множители C для образцовыхъ трубокъ.

Глава V. Определеніе длины L_0 71—87

Компарированіе. Контакты. Образцовыя мѣры длины. Порядокъ наблюдений. Результаты компарированія. — Искривленіе оси трубокъ. Методъ изслѣдованія. Кривыя, изображающія ось трубокъ. Поправка на искривленіе оси.

Глава VI. Определеніе массы M 88—97

Способъ Smith'a. Описаніе способа. Ходъ наблюдений. — Вспомогательные капилляры. — Образцовыя гири. — Результаты.

Глава VII. Электрическія измѣренія 98—113

Концевые сосуды. — Переходное сопротивленіе. — Сборка и наполненіе образцовъ. — Вычисленныя значенія образцовъ въ международныхъ омахъ. — Оцѣнка точности изготовленія. — Образцовыя марганцовыя копія M 4044 и M 4046. — Электрическія сравненія. Методъ сравненія. Результаты. — Сравненія катушекъ Н. Ф. Л. №№ 164 и 209 съ M 4044 и M 4046.

Приложеніе 114—206

Таблицы А. Определеніе величины средняго дѣленія шкалы. — Таблицы В. Определеніе поправокъ дѣлений. — Таблицы С. Главная калибровка. — Таблицы D. Погрѣшности наблюдений. — Таблицы E. Дополнительная калибровка. — Таблицы F. Калибровка перваго дециметра. — Таблицы G. Калибровка послѣдняго дециметра. — Таблицы H. Определеніе объема, соответствующаго одному среднему дѣленію. — Таблицы K. Определеніе длины трубки при 0° . — Таблицы L. Определеніе массы ртути, наполняющей трубку при 0° . — Таблицы M. Электрическія сравненія образцовъ. — Таблица N. Изученіе капилляровъ № 1 и № 2. — Таблица P. Эталонированіе разновѣса № 477. — Таблица Q. Сравненіе катушекъ Н. Ф. Л. № 164 и № 209 съ M 4044 и M 4046.

Table des matières de la 2-me partie, 2-me série, vol. I, des Annales (Wremennik) de la Chambre Centrale des poids et mesures.

Pages.

Préface.

5. *A. N. Gueorguiewsky et M. Th. Malikoff.* Les étalons mercuriels de l'ohm international.

Chapitre I. Esquisse historique 1

L'évolution de l'unité de résistance électrique, en partant des bobines de fil en usage entre 1830 et 1840, aboutit, stimulée par les exigences de l'industrie, à la constitution de l'ohm international et de l'étalon mercuriel qui en représente la mesure matérielle. Les étalons mercuriels, dûs à l'idée de Werner Siemens (1860), reçurent une forme définitive à la Conférence de Londres en 1908, grâce à l'établissement des principes à suivre dans la construction des étalons. C'est d'après ces principes qu'ont été construits les étalons de l'Angleterre, de la Russie, des États-Unis et du Japon. Les comparaisons internationales de ces étalons furent effectuées en 1913 à l'aide des bobines de manganine envoyées par le National Physical Laboratory aux laboratoires centraux des divers États. Si l'on adopte pour la valeur de l'ohm international la moyenne arithmétique des valeurs des ohms nationaux, ceux-ci s'expriment en ohms internationaux de la manière suivante:

L'ohm du National Physical Laboratory (Angleterre) = 1,000005 ohms int.

L'ohm de la Chambre Centrale des poids et mesures (Russie) = 1,000000 ohms int.

L'ohm du Bureau of Standards (États-Unis) = 0,999995 ohms int.

L'ohm du Laboratoire Électrotechnique (Japon) = 1,000001 ohms int.

Il s'ensuit comme conclusion évidente que les étalons mercuriels de quatre États énoncés représentent une même unité de résistance électrique.

Chapitre II. Théorie de la construction des étalons 23

La spécification de la Conférence de Londres (1908) a servi de principe directeur pour le travail. Les tubes

employés, au nombre de six, étaient fait de verre dur et fournis par Baudin. Ils avaient un diamètre extérieur de 5 à 6 mm., une longueur de 120 cm. et une section intérieure voisine de 1 mm². Une division millimétrique a été tracée sur ces tubes, sur une longueur de 1100 mm. Pour calculer l'effet des irrégularités de la section de tube sur la résistance, les corrections suivantes étaient considérées: C —le facteur de calibre, calculé en supposant le canal du tube composé de cylindres élémentaires contigus, et γ_m —une correction pour la conicité, comme une seconde approximation à la vraie forme du canal. Le calcul a montré que la correction γ_m pouvait être négligée pour les six tubes considérés.

Chapitre III. Étude du canal des tubes 32

Le calibrage a été fait par la méthode appliquée au Bureau International des Poids et Mesures pour les thermomètres normaux. Le calibrage principal a été fait de 50 en 50 divisions au moyen de 21 colonnes de mercure successivement introduites dans le tube, et dont les longueurs étaient respectivement de 50, 100, 150 . . . 1050 divisions environ. Le calibrage principal est complété par une série des calibrages complémentaires dans chacun des 11 décimètres, effectués avec quatre colonnes de mercure de 20, 40, 60 et 80 divisions. Les corrections trouvées pour chaque division multiple de 20 étaient transformées en système principal [0.1100]. Le calibrage a été prolongé quelquefois plus loin par 10 divisions dans les deux décimètres extrêmes, dont les bouts en excès furent coupés par la suite. Pour la résolution du système des équations, on a fait usage de la méthode de Marek-Benoît. L'erreur résiduelle moyenne ne dépassait pas 0,02 divisions, l'erreur moyenne de résultat était contenue dans les limites de $\pm 0,01$ divisions. En même temps les erreurs des divisions tracées sur le tube ont été étudiées. Ces erreurs, négligeables en général et n'atteignant 0,02 division que pour le dernier décimètre, ont été prises en considération dans le calcul des corrections de calibre, et les corrections de calibre rapportées de cette manière aux divisions équidistantes. L'étude des premiers trois tubes a été faite au Bureau international des Poids et Mesures sous la direction de M. R. Benoît. Les corrections des divisions sont données dans le tableau IX (p. 41) et les corrections de calibre dans le tableau XII (p. 48). La variation des corrections de calibre est représentée pour les six tubes par les courbes des fig. 2-7; les chiffres placés du côté gauche de l'ordonnée représentent les valeurs des corrections, en divisions de l'échelle. Les lignes brisées sont les sections relatives,

la section moyenne de toute le tube étant prise pour unité. Les chiffres placés du coté droit de l'ordonnée donnent les valeurs de sections.

Chapitre IV. Préparation des tubes étalons 56

Pour déterminer par le calcul les points auxquels le tube devait être coupé pour que l'étalon qu'il allait former eût exactement la valeur de l'unité, le volume correspondant à une division équidistante a été déterminé, avec une approximation suffisante, par la méthode de M. Benoit. Cette méthode qui s'applique avec avantage au cas d'un tube qui n'a pas encore été coupé, consiste à introduire dans le tube une colonne de mercure qui ne le remplit pas complètement et à en mesurer la longueur, en la déplaçant successivement dans diverses positions. La colonne est ensuite versée dans un petit verre et pesée. Le quotient du poids par la longueur exprimée en divisions de l'échelle donne, en tenant compte des corrections de calibre et de ménisque ainsi que de la réduction de température, le volume correspondant à une division moyenne à 0°. Le jaugage de trois d'entre les tubes a été fait au Bureau international. Après avoir coupé les tubes à 1 millimètre en dehors des points indiqués par le calcul, on en a rodé les deux extrémités à l'aide d'une machine à polir et de l'appareil représenté par les fig. 8 et 9. La fig. 8 indique les détails de la partie inférieure de l'appareil, laquelle supportait l'extrémité du tube *T* destinée à être rodée; la fig. 9 représente le dispositif qui soutenait le tube dans une position convenable. On a pu obtenir ainsi un travail rapide et sûr produisant une surface terminale plane, en même temps qu'un contrôle commode de la marche progressive du travail. Les fig. 10—12 représentent les surfaces terminales agrandies 7 fois des tubes N° 1, 4 et 5. Le tube N° 1 possède les ouvertures les plus irrégulières, le tube N° 4 les plus grandes et le tube N° 5 les plus petites.

Chapitre V. Mesure de la longueur L_0 71

La longueur L_0 de chaque tube a été déterminée au moyen du comparateur universel de Troughton et Simms à une température voisine du zéro. Les règles étalons dont on s'est servi dans ce but étaient la demi-

sagène en platine iridié $\frac{Pt - Ir}{\text{уоыс. № 4}}$ 1894 et le mètre d'invar

M 318. Les subdivisions nécessaires ont été étudiées au moyen du décimètre normal d'invar D 40 étalonné au Bureau international des Poids et Mesures. Au cours des comparaisons on a employé une paire de contacts d'invar appliqués aux extrémités du tube et touchant ses surfaces terminales à 0,7 mm. au dessus de l'ouverture. L'un des

contacts est représenté sur la fig. 13 en grandeur naturelle. Le bout *d*, poli en forme de sphère de rayon égal à 2 cm. est en contact avec le tube, *c* est une surface plane portant quatre traits (fig. 14). La longueur du tube a été déterminée ainsi par une différence de deux valeurs: la distance entre deux traits pris par un sur chaque contact, lorsque ces derniers sont disposés aux extrémités du tube et en touchent les surfaces terminales, et la distance entre ces mêmes traits, quand après avoir enlevé le tube on rapproche les contacts de manière à ce qu'ils se touchent par les points où ils touchaient auparavant le tube. La précision de cette comparaison était de 1μ environ.

La courbure de l'axe du tube (c'est-à-dire de la ligne menée par les centres des sections du canal du tube) a été soumise à une étude spéciale. L'idée de la méthode a consisté à annuler l'effet réfractif des parois cylindriques du tube en plongeant ce dernier dans un liquide, dont l'indice de réfraction était égal à celui de verre dur. Si l'on regarde de haut en bas une colonne de mercure remplissant le tube, l'effet réfractif du tube est nul et on peut par conséquent étudier directement la forme de la colonne au moyen d'un micromètre. Le liquide employé était le nitrobenzol dont l'indice est $n = 1,555$, tandis que pour les tubes on avait $n = 1,552$. La fig. 16 représente le dispositif employé. Une barre d'aluminium formait le fond du bain; elle était munie d'une rigole en forme de V, où le tube était fixé au moyen des pièces *a*. Les parois latérales étaient en verre. *D*—D'est un dispositif de mise au point, destiné à faire varier la couche du liquide traversée par les rayons allant au microscope; grâce à ce dispositif, on évitait de changer la position du microscope, ce qui aurait pu influencer défavorablement la précision des mesures. Le bain était placé sur le chariot mobile d'une machine à diviser de sorte que le déplacement du chariot s'effectuait parallèlement à l'axe du tube; les fils du micromètre étaient également parallèles à l'axe. La colonne de mercure était éclairée latéralement par une lampe à incandescence, et l'on voyait dans le champ du microscope une ligne lumineuse fine, disposée près du bord de la colonne. On visait le micromètre sur cette ligne lumineuse aux points équidistants de la colonne. La série des lectures ainsi obtenues permit de construire une courbe qui représente la projection horizontale de la limite de la colonne de mercure. En tournant le tube de 180° autour de son axe et en étudiant au micromètre la limite diamétralement opposée aux mêmes points équidistants, on pouvait construire une courbe qui représentait la projection de cette autre limite sur le même plan horizontal. De ces deux courbes, on déduisit la projec-

tion de l'axe du tube sur un plan horizontal pour une position déterminée du tube (position dans laquelle les divisions se trouvent en haut). Une autre projection de l'axe du tube a été déterminée pour une position du tube tourné à 90° autour de l'axe par rapport à la première position. Ces deux projections perpendiculaires l'une à l'autre sont représentées pour les six tubes par les courbes des fig. 17—22. Les ordonnées sont augmentées 200 fois par rapport aux abscisses. Les écarts absolus de l'axe par rapport à une droite ne dépassent pas 0,15 mm. Si L_0' est la longueur vraie du tube à 0° et L_0 la longueur trouvée à l'aide du comparateur, on a

$$L_0' = vL_0$$

où v est le facteur dû à la courbure de l'axe. Les valeurs de cette correction sont indiquées dans le tableau XXII (p. 87); on y voit que la correction v est négligeable pour tous les six tubes.

Chapitre VI. Détermination de la masse M 88

La détermination de la masse M du mercure remplissant le tube à zéro a été faite par la méthode de M. Smith. Cette méthode ingénieuse consiste à introduire une colonne de mercure dans un système (fig. 23) formé par le tube étalon T et par deux tubes capillaires auxiliaires A serrés contre les extrémités du tube T au moyen de pièces dont l'une est représentée sur la fig. 24. Près de la jonction, la section des tubes A est voisine de celle du tube étalon; les tubes A sont ensuite pliés à angle droit et terminent par des capillaires très fins et calibrés. Le tube T et une partie des tubes latéraux sont remplis par du mercure au moyen d'une pompe à vide et plongés dans la glace. Après avoir déterminé la position des ménisques dans les capillaires, on transvase le mercure dans un petit verre par l'extrémité du capillaire et on le pèse. Le tube T est ensuite enlevé et les tubes A serrés directement l'un contre l'autre; les mêmes manipulations sont alors répétées. La différence entre les poids du mercure dans les deux cas donne, après introduction des corrections convenables dues à la hauteur des ménisques dans les capillaires, le poids de mercure remplissant le tube seul. Les pesées ont été faites au moyen de la balance de Nemetz N° 2 (portée 50 gr., sensibilité 0,17 mgr. environ pour une division du cadran) et de la série de poids en nickel, étalonnés au moyen de la série des poids en platine iridié d'Oertling N° 266. Les remplissages ont été faits sous une pression de 20 à 30 mm. de mercure. On a fait trois remplissages indépendants pour chaque tube. Les erreurs résiduelles n'ont pas excédé $\pm 0,05$ mgr.

	Étalon N ^o 1.	Étalon N ^o 2.	Étalon N ^o 3.	Étalon N ^o 4.	Étalon N ^o 5.	Étalon N ^o 6.
Longueur du tube à zéro, mm.	993,146	1000,050	977,556	1044,477	985,649	1045,389
Masse de mercure remplissant le tube à zéro, gr.	12,63082	12,90242	12,23347	13,96313	11,20855	13,99698
Section moyenne du tube à zéro, mm ²	0,937923	0,941508	0,920638	0,983835	0,880915	0,983519
Facteur de calibre	1,000080	1,000030	1,000031	1,000056	1,000021	1,000032
Correction pour la courbure de l'axe du tube	1,000000	1,000001	1,000002	1,000001	1,000001	1,000001
Résistance du mercure remplissant le tube à zéro, ohms int.	0,968837	0,999148	0,999108	0,999319	0,998965	0,999240
Résistance d'épauonnement, ohms int.	0,000867	0,000675	0,000885	0,000651	0,000907	0,000861
Résistance de l'étalon à zéro, ohms int.	0,999704	1,000023	0,999993	1,000170	0,999572	1,000101

Chapitre VII. Mesures électriques 98

Les réceptifs terminaux joints aux extrémités des tubes étalons pour introduire la colonne mercurielle dans un circuit sont représentés sur la fig. 25. L'étalon est monté sur un support représenté sur la fig. 26 (partie gauche du support). Les six étalons prêts pour les mesures électriques sont représentés sur la fig. 27. Les principaux résultats relatifs aux six étalons, disséminés dans les parties diverses de cet ouvrage, sont rassemblés dans le tableau p. 214.

La moyenne des résistances théoriques de six étalons est égale 0,999977 ohms int. Les comparaisons électriques des étalons ont été faites au moyen de deux bobines normales de manganine *M* 4044 et *M* 4046 à 1 ohm, fournies par O. Wolff en 1908. Ces bobines ont une variabilité extrêmement petite avec le temps. Pour les comparaisons électriques, on a employé une méthode de compensation dont le schéma est représenté par la fig. 28. La résistance de l'isolement, entre le mercure qui remplit l'étalon et une électrode plongée à côté dans la glace, a varié de 60 à 300 megohms. L'intensité du courant traversant l'étalon, a été de 0,02 ampères environ. Le galvanomètre Du Bois et Rubens à 5 ohm de résistance avait une sensibilité de 2×10^{-8} volts par division. Pour chacun des six étalons trois séries des comparaisons ont été faites, correspondant à trois remplissages des étalons. Les remplissages ont été faits sous la même pression réduite que les remplissages pour la détermination de la masse *M*. Voici les résultats des comparaisons électriques.

N ^o des étalons.	Résistance à zéro.		Δ Obs.—Calc.
	Observée.	Calculée.	
1	0,999728	0,999704	+ 2,4 $\times 10^{-6}$
2	1,000046	1,000023	+ 2,3
3	0,999994	0,999993	+ 0,1
4	1,000143	1,000170	- 2,7
5	0,999861	0,999872	- 1,1
6	1,000091	1,000101	- 1,0
Moyenne . .	0,999977	0,999977	$\pm 1,6 \times 10^{-6}$

La dernière colonne du tableau contient les différences entre les résistances observées et calculées. La moyenne ($\pm 1,6 \times 10^{-3}$) détermine la précision obtenue dans la construction des étalons.

Appendice. 114

Tableaux A. Détermination de la valeur d'une division moyenne de l'échelle.—Tableaux B. Détermination des corrections des divisions.—Tableaux C. Calibrage principal.—Tableaux D. Erreurs résiduelles.—Tableaux E. Calibrage complémentaire.—Tableaux F. Calibrage du premier décimètre.—Tableaux G. Calibrage du dernier décimètre.—Tableaux H. Jaugeage.—Tableaux K. Mesure de la longueur du tube à 0°.—Tableaux L. Détermination de la masse du mercure remplissant le tube à 0°.—Tableaux M. Comparaisons électriques.—Tableau N. Étude des capillaires № 1 et № 2.—Tableau P. Étalonnage de la série de poids № 477.—Tableau Q. Comparaisons des bobines du Nat. Phys. Lab. № 164 et № 209 avec M 4044 et M 4046.

Замѣченные опечатки.

Стр.	Строка:	Напечатано:	Должно быть:
47	13 снизу	$\alpha = \Delta_m - \Delta_n$	$\alpha = \Delta_n - \Delta_m$
70	13 сверху	$\left(\frac{a}{\sigma_a} + \sum_1^n \frac{a}{\sigma_k} + \frac{b}{\sigma_b} \right)$	$\left(\frac{a}{\sigma_a} + \sum_1^n \frac{1}{\sigma_k} + \frac{b}{\sigma_b} \right)$

