ИЗВѢСТІЯ
Томскаго Технологическаго Института
Императора Николая II.
т. 19. 1910. № 3.

III.

В. Л. Малѣевъ.

ИЗМѢРЕНІЕ ТЕМПЕРАТУРЪ.

81—227.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Стр.

Предисловіе 1

ОТДѢЛЪ I.

Теорія и конструкція различныхъ приборовъ.

1. Шкалы температуръ 3
   Ртутная шкала 3
   Водородная шкала 4
   Термодинамическая (абсолютная) шкала 5

Газовые термометры.

2. Общія указанія. Различные способы измѣренія 7
3. Источники ошибокъ 10
   Измѣняемость коэффиціента расширенія газовъ α 10
   Газопроницаемость стѣнокъ сосуда 11
   Измѣненіе объема сосуда 11
   Вліяніе присутствія воды 12
   Вліяніе вреднаго пространства 12
4. Вычисленіе поправокъ 13
5. Конструкціи газовыхъ приборовъ 21
   Нормальный термометръ Шапюи 21
   Пирометръ Баруса 23
   Воздушный термометръ Жоли 24
   Самозаписывающій пирометръ Ришара 25
   Пирометръ Зигертъ-Дюрра 25
   Ртутный пирометръ Виборга 27
   Пирометръ-анероидъ Виборга 29
   Пирометръ Юлингъ-Штейнбарта 31
   Пирометръ съ микроманометромъ 33

Приборы съ жидкостями.

6. Подраздѣленіе 35
7. Стеклянные термометры 35
   Спиртовой термометръ 35
   Ртутный термометръ 35
   Выборъ стекла. Термическое послѣдѣйствіе 36
   Соотношеніе емкости сосуда и размѣровъ трубки 37

Стр.

8. Поправки показаній ртутнаго термометра 38
Вліяніе термическаго послѣдѣйствія 38
Неравномѣрное расширеніе ртути 39
Вліяніе давленій 39
Поправка на выступающій столбикъ 40
9. Конструкціи ртутныхъ термометровъ 42
Условія для главныхъ нормальныхъ термометровъ 42
Термометры съ оправой 43
Термометръ Бекмана 44
10. Пользованіе термометрами 44
Измѣреніе температуры въ трубѣ 44
Вспомогательное тѣло 45
Способъ Каріо для измѣренія высокихъ температуръ 46
Разрывъ ртутнаго столбика и его возсоединеніе 46
11. Максимальные и минимальные термометры 47
Термометръ Рэзерфорда 47
Термометръ Негретти и Замбра 48
Приборъ Сикса 48
12. Пирометры съ жидкостями 49
Тальпотазиметръ 49
Пирометръ Цабеля 50
Пирометръ Штейнле и Гартунга 51
Пирометръ Вегенеръ и Маха 51
Самозаписывающій тальпотазиметръ 52

Расширеніе твердыхъ тѣлъ.

13. Металлическіе и графитовые пирометры 52
Спиральный пирометръ Фери 53
Графитовые пирометры 54

Приборы, основанные на теплопередачѣ.

14. Калориметрическіе способы и приборы 55
Калориметръ Фишера 55
Приборъ Фукса 57
Пирокалориметръ Сименса 59
Способъ Сентиньона 59
15. Опредѣленіе водяного эквивалента 60
16. Измѣняемость теплоемкостей 60
Нахожденіе теплоемкости 61
17. Пирометры, основанные на точкахъ плавленія 63
Металлы и сплавы ихъ 63
Пирамидки Зегера 64
Опыты Лезера 65

Стр.

Пирометры Брэрли „сентинэль“ и приборъ къ нимъ 67
Приборъ Дюкомэ 68
18. Термофонъ Виборга 69

Приборы, основанные на оптическихъ явленіяхъ.

19. Свѣтовые пирометры 70
Таблица Пуйэ 71
Сравненіе шкалъ цвѣтовъ 71
Пирометрическая трубка Мезюрэ и Нуэля 72
Спектральный пирометръ Гемпеля 73
20. Фотометрическіе пирометры 74
Общія указанія и законъ Вина 75
Приборъ Лешательэ и Корню 75
Приборъ Фэри 77
Пирометръ Гольборна и Курльбаума 77
Пирометръ Ваннера 78
Пирометръ Ваннера для низкихъ температуръ 80

Электрическія явленія.

Термоэлектрическіе приборы.

21. Общія указанія 81
Условія выбора металловъ 82
Выраженія для термоэлектрической силы 83
Выборъ термопаръ 84
22. Способы измѣренія 85
23. Поправки къ показаніямъ термоэлементовъ 87
Вліяніе электрическихъ сопротивленій 87
Вліяніе холодныхъ спаевъ 88
Вліяніе нагрѣванія милливольтметра 89
Наблюденія А. Байкова надъ вліяніемъ оболочки 90
24. Обращеніе съ термоэлементами 91
Положеніе прибора въ печи 91
Предохраненіе желѣзной трубы отъ перегоранія 92
Соединеніе концовъ—измѣрительный спай 92
Соединеніе съ милливольтметромъ 93
Изоляція проволокъ термопары 93
25. Конструкціи и детали термоэлементовъ 93
Необходимость оболочки 94
Приборы Сименсъ и Гальске 94
Приборы Гартманнъ и Брауна 94
Приборы Герэуса съ изоляціей изъ кварцеваго стекла . . . 95
Приборы Пауля Брауна (никель и уголь) 96

Стр.

Составной термоэлементъ Бристоля 97
Увеличеніе чувствительности термоэлемента 98
Головка съ охлажденіемъ водой 98
Компенсаторъ Бристоля 98
26. Гальванометры для термоэлементовъ 99
Приборъ Гартманнъ и Брауна 99
Приборы Сименсъ и Гальске 99
Настѣнный гальванометръ Кэмбриджской К-іи Научн. Приб. . 100
Наборъ Сименсъ и Гальске для компенсаціоннаго метода . . 101
Самозаписывающій гальванометръ Сименсъ и Гальске. . . . 101
Самозаписывающій гальванометръ Гартманнъ и Брауна . . . 102
27. Термоэлектрическій пирометръ Фери 103
Идея, конструкція и пользованіе приборомъ. 103
Точность прибора и его достоинства 105

Измѣненіе электрическаго сопротивленія.

28. Общія указанія 106
Выраженіе Сименса для сопротивленія 106
Преимущества платины 106
Выраженія для сопротивленія платины 107
Платиновая шкала. 108
29. Способы измѣренія 109
Способъ 1—Сименса съ развѣтвленіемъ 109
Способъ 2—Кэпселя съ двумя источниками тока 110
Способъ 3—съ мостикомъ Уитстона 111
Схема Фищеръ-Кромптона съ дифференціальнымъ гальванометр. 112
Способъ 4—нулевой методъ 112
Сравненіе указанныхъ способовъ 113
30. Источники ошибокъ и ихъ устраненіе 114
Провѣрка напряженія при работѣ по способѣ 3 114
Провѣрка напряженія при работѣ по способу 2 114
Вліяніе вреднаго сопротивленія и петля Каллендара . . . 115
Вліяніе колебанія температуры въ помѣщеніи 116
Вліяніе термоэлектрическихъ явленій и изоляціи. 117
31. Описаніе различныхъ конструкцій 118
Приборы для измѣренія температуры по способу 2 118
Приборы для измѣренія температуры по способу 3 119
Приборы изъ кварцеваго стекла 121
Приборы для измѣренія температуры по способу 4 121
Пользованіе электрическимъ токомъ большого напряженія . . 124
Самозаписывающіе приборы 125

Стр.

Производство отчетовъ на разстояніи.

32. Приборы для измѣренія температуры на разстояніи 126
Ртутные термометры съ номераторомъ 126
Ртутный термометръ съ большимъ числомъ контактовъ . . . 127
Передача по способу Мённиха 128

Общія практическія указанія.

33. Точность различныхъ приборовъ 128
Условія точности измѣреній 129
Быстрота слѣдованія за колебаніями температуры 130
Сравненіе точности различныхъ приборовъ 131
34. Выборъ соотв. типа прибора 132
Различные примѣры выбора приборовъ 133

ОТДѢЛЪ II.

Провѣрка приборовъ для измѣренія температуръ.

35. Общія указанія 136
Различные способы провѣрки 136
Общія правила провѣрки 137
36. Провѣрка при помощи сличенія 137
Приборъ съ жидкимъ воздухомъ для температуръ — 190 до 0° Ц. 138
Приборъ съ жидкой углекислотой для температуръ — 67° до 0° Ц. 141
Приборъ съ холодильными смѣсями 142
Таблица холодильныхъ смѣсей 143
Водяная ванна Герман. Физико-Техническаго Института . . 145
Масляная ванна для температуръ отъ +50° до +200° Ц. . . 147
Селитровая ванна для температуръ отъ +250° до +550° Ц. . 148
Масляная ванна Физико-Техническаго Института 149
Приборъ Физико-Техническаго Института отъ +100° до +550° Ц. 150
Термостатъ, работающій парами жидкости 152
Термостатъ для жидкостей съ высокой точкой кипѣнія . . . 154
37. Провѣрка по точкамъ плавленія 155
Провѣрка по точкѣ плавленія льда 155
Провѣрка по точкѣ замерзанія H_2O,HCl 156
38. Провѣрка по температурѣ химическаго превращенія 158
Температура превращенія $NaBr,H_2O$ 158
Температура превращенія Na_2SO_4,H_2O 160
39. Провѣрка по точкамъ кипѣнія 160
Условія, которымъ должны удовлетворять соотв. тѣла . . . 160
Таблица точекъ кипѣнія различныхъ тѣлъ 161

Стр.
Таблица температуръ кипѣнія воды при разномъ давленіи . 162
Термостатъ для воды 163
Термостатъ для воды Физико-Техническаго Института . . . 164
Приборъ для точекъ кипѣнія свыше 200° Ц. 166
Приборъ для точки кипѣнія сѣры 166
40. Особенности при провѣркѣ стеклянныхъ ртутныхъ термометровъ . . 167
Калибровка 168
Опредѣленіе термическаго послѣдѣйствія 170
Провѣрка 0° Ц. 171
Приборъ Ватсона 172
Пріемъ Кальдерона для увеличенія точности отчетовъ . . . 174
41. Особенности при провѣркѣ термоэлементовъ 175
Электрическая печь для сличенія термоэлементовъ 175
Приборъ Баруса для точекъ кипѣнія 177
Приборъ для провѣрки по точкамъ кипѣнія Zn и Cd . . . 178
Приборъ Лешательэ для той же цѣли 181
Таблица точекъ плавленія металловъ 182
Провѣрка по точкамъ плавленія въ тиглѣ 183
Провѣрка по точкамъ плавленія благородныхъ металловъ . . 184

Заключеніе.

42. Окончательные выводы 186

Приложеніе 1: списокъ фирмъ и среднихъ цѣнъ 188
Приложеніе 2: списокъ литературныхъ источниковъ 193
Списокъ замѣченныхъ опечатокъ . . . . . VII.

Замѣченныя опечатки.

стран.	строка	напечатано	должно быть
6	14 сверху	гозовыми	газовыми
„	9 снизу	обозвачается	обозначается
13—20	вездѣ, гдѣ: $dT, dH, d\delta, dV, dG, d\theta$,	надо	$\triangle T, \triangle H, \triangle \delta, \triangle V, \triangle G, \triangle \theta$
22	9 снизу	путомъ	путемъ
25	12 „	ніемъ	ніемъ.
29	1 сверху	объеми	объемѣ
„	9 „	одиноковую	одинаковую
„	6 снизу	эмпери-	эмпири-
„	4 „	набѣюденій	наблюденій
30	1 сверху	cm.	см.
„	14 снизу	возро-	возра-
„	13 „	V,	V
„	7 и 6 „	циффeрблатъ	циферблатъ
31	1 сверху	циффeрблатъ	циферблатъ
32	2 „	скоростивъ	скорости въ
41	6 снизу	насколько	на сколько
42	26 „	Германское Имперское Учрежденіе	Германскій Имперскій Физико-Техническій Институтъ
43	13 „	закрытый	закрытой
„	12 „	ненный	ненной
49	3 сверху	наинисшую	наинизшую
„	12 снизу	калѣнія	каленія
64	3 „	особы	особыя
74	8 „	$\left(\frac{1}{T_1} \cdot \frac{1}{T}\right)$	$\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T}\right)$
82	10 сверху	гадовъ	годовъ
„	11 „	изгоговляться	изготовляться
„	3 снизу	леннnаго	леннаго
83	12 „	для платины	для термопары изъ платины и платинородія
84	11 „	послѣдовательннхъ	послѣдовательныхъ
„	5 „	Дью ръ	Дьюаръ
„	1 „	бѣлокалильнымъ	бѣлокалильномъ
85	8 сверху	парозитные	паразитные
„	13 „	обладающрми	обладающими
91	1 „	наинисшую	наинизшую
„	1 снизу	распологать	располагать
92	2 сверху	недостатотными	недостаточными
93	16 „	прдводниками	проводниками
„	18 „	припаяванія	припаиванія
„	19 „	ничожнаго	ничтожнаго
„	22 „	дрстаточно	достаточно
95	4 снизу	толщонѣ	толщинѣ
98	7 сверху	позволящающая	позволяющая

стран.	строка	напечатано	должно быть
98	15 снизу	тармоэлементу	термоэлемента
„	4 „	соединеные	соединенные
99	24 „	заркальцемъ	зеркальцемъ
99	20 „	дороже	дороже,
100	23 „	расположеннымъ	расположеннымъ
„	5 „	гальвонометры	гальванометры
103	4 „	зажимыми	зажимами
104	1 сверху	*i*	*d*
105	20 „	милливотъ	милливольтъ
107	5 снизу	недостаковъ	недостатковъ
110	11 „	постоянную	постоянною
113	8 сверху	стояныхъ	стоянныхъ
„	1 снизу	дабавленія	добавленія
118	19 „	металла	металла,
125	3 сверху	отстутствія	отсутствія
127	10 снизу	продолжитель	продолжительномъ
128	7 „	зачительной	значительной
129	3 сверху	прежде	прежде,
130	12 „	пропорцiанально	пропорцiонально
131	16 „	$5,_2$	$2,_0 - 5,_0$
132	11 снизу	особено	особенно
133	5 „	темоэлементовъ	термоэлементовъ
138	9 „	постепено	постепенно
139	9 „	ваннной	ванной
144	12 „	отн маетъ	отнимаетъ
146	6 „	водянной	водяной
147	13 сверху	цилиндрисеской	цилиндрической
148	8 снизу	отверстiе	отверстiя
150	5 „	термомотровъ	термометровъ
153	11 „	коденсируется	конденсируется
156	16 „	высовывающiй	высовывающiйся
„	3 „	$2\ _5{}^0$	$2,_5{}^0$
„	„ „	$0,_{663}$,	$0,_{663}$;
157	3 сверху	тритрованiемъ	титрованiемъ
158	11 снизу	элементевъ	элементовъ
160	16 сверху	брамистый	бромистый
„	18 „	истиной	истинной
„	14 снизу	брамистаго	бромистаго
165	8 сверху	термеметовъ	термометровъ
„	15 „	кондинсируются	конденсируются
167	14 снизу	*d*	*e*
„	15 „	*b a*	*d e*
171	2 „	ползоваться	пользоваться
175	2 сверху	примѣровъ	примѣрно
176	6 „	преклеиваемыя	приклеиваемыя
179	20 „	ставитьс	ставится
183	5 „	оклисляется	окисляется
186	7 „	одостичъ	достичь
189	11 „	указанеiмъ	указанiемъ
191	1 снизу	тормоэлектр.	термоэлектр.
193	3 „	Sewerbe	Gewerbe

дыдущимъ въ томъ, что ослабленію силы свѣта вслѣдствіе преломленія, поглощенія и отраженія подвергается лишь лучъ отъ лампочки накаливанія, лучъ же изслѣдуемаго источника проходитъ черезъ приборъ почти не ослабленнымъ.

Лучи отъ изслѣдуемаго источника вступаютъ черезъ отверстіе *a* и попадаютъ, пройдя черезъ чечевицу *d*, верхнюю половину круглой діафрагмы *f*, чечевицу *b* и отверстіе *e*, въ глазъ наблюдателя. Въ нижней части ⊤-образной трубы, служащей въ то же время рукояткой всему прибору, находится питаемая отъ аккумуляторной баттареи осміевая лампа *g*, свѣтъ отъ которой проходитъ черезъ матовое стекло *h*, поляризуется призмой *k*, затѣмъ проходитъ черезъ вторую призму Николя *l*, которую можно поворачивать относительно *k* и тѣмъ по описанному выше въ нужной степени ослаблять поляризованный лучъ; далѣе лучъ проходитъ черезъ чечевицу *m*, отражается прямоугольной призмой *c* и затѣмъ черезъ нижнюю половину діафрагмы *f*, чечевицу *b* и отверстіе *e* попадаетъ въ глазъ наблюдателя.

При наблюденіи дѣйствуютъ, какъ и съ предыдущимъ приборомъ: поворачиваютъ призму *k*, пока освѣщенное лампой поле зрѣнія и изслѣдуемое раскаленное тѣло не окажутся одинаковой силы свѣта; по углу поворота, отчитываемому на лимбѣ *n*, опредѣляютъ, какъ и раньше, искомую температуру.

Вывѣрка прибора производится точно такъ же, какъ и предыдущаго. Паденіе напряженія баттареи, которая должна давать около 1,6 вольта, компенсируется постепеннымъ измѣненіемъ особаго сопротивленія.

Заканчивая этимъ главу объ оптическихъ пирометрахъ, можно сказать, что во всѣхъ случаяхъ, когда ими можно пользоваться, напр., при опредѣленіи температуры печей, топокъ, раскаленнаго металла, при техническихъ измѣреніяхъ имъ, въ особенности пирометрамъ-фотометрамъ, можно смѣло отдавать предпочтеніе передъ всѣми другими приборами.

Электрическія явленія.

Термоэлектрическіе приборы.

21. Общія указанія.—Термоэлектрическій способъ измѣренія температуръ основанъ на открытомъ въ 1821 г. Зебекомъ явленіи, состоящемъ въ томъ, что если два стержня изъ разныхъ металловъ соединить обоими концами другъ съ другомъ такъ однако, чтобы по остальной

длинѣ они другъ друга не касались, то при нагрѣваніи или охлажденіи одного изъ спаевъ въ замкнутой цѣпи стержней появляется электродвижущая сила.

Величина этой силы зависитъ отъ разности температуры обоихъ спаевъ и отъ природы взятыхъ металловъ. Измѣряя эту силу и зная температуру одного изъ спаевъ, легко опредѣлить тѣмъ или инымъ путемъ температуру другого спая.

Способомъ опредѣленія температуръ на основаніи термоэлектрическихъ явленій вскорѣ же начали заниматься многіе выдающіеся ученые. Однако лишь послѣ работъ Ле-Шательэ, съ 90-хъ гадовъ истекшаго столѣтія, термоэлектрическіе термометры стали изготовляться фабричнымъ путемъ и въ настоящее время получили широкое и вполнѣ заслуженное распространеніе.

При выборѣ металловъ для термопары надо имѣть въ виду два главныхъ обстоятельства: съ одной стороны, величину электродвижущей силы и законъ ея измѣненія, а. съ другой, физическія и химическія свойства данныхъ матеріаловъ; между прочимъ важнымъ условіемъ для хорошаго термоэлемента является отсутствіе вторичныхъ токовъ.

Таблица 12.

матеріалъ	милливольтъ
желѣзо	+2,10
серебро	0,90
сплавъ мѣди съ 10% алюминія .	0,70
золото	0,60
сплавъ платины съ 10% родія .	0,50
„ „ „ „ иридія .	0,50
„ стали съ 5% никеля .	0
„ „ „ 13% марганца .	—0,30
„ мѣди съ 20% никеля . .	—0,60
никель	—2,20
сплавъ стали съ 35% никеля . .	—2,70
„ „ „ 75% „ . .	—3,70

О величинѣ электродвижущей силы можно судить по приведенной таблицѣ 12, въ которой указаны въ милливольтахъ электродвижущія силы термоэлементовъ, составленныхъ изъ чистой платины, съ одной стороны, и соотв. металла, съ другой, при температурѣ спаевъ 0^0 и 100^0 Ц. Электродвижущая сила *e* термоэлемента, составленнаго изъ какихъ-нибудь двухъ матеріаловъ таблицы 12,

получится въ видѣ разности ихъ электродвижущихъ силъ съ платиной. Напр., для элемента серебро—никель $e=0{,}90-(-2{,}20)=3{,}10$ мв.

Въ виду того, что электродвижущая сила растетъ не пропорціонально разности температуръ, а нѣсколько быстрѣе, для выбора соотв. элемента надо знать зависимость электродвижущей силы отъ разности температуръ спаевъ.

Авенаріусъ и Тэтъ дали для электродвижущей силы e слѣдующее аналитическое выраженіе

$$e=(t_1-t_2)\,[a+b\,(t_1+t_2)], \tag{55}$$

гдѣ t_1 и t_2 температуры спаевъ, а a и b тепловые коэффиціенты, зависящіе отъ природы тѣлъ.

Для двухъ наиболѣе употребительныхъ термопаръ зависимость эта можетъ быть выражена слѣдующимъ образомъ, принимая температуру одного изъ спаевъ $t_2=0^0$ Ц.:

для термопары изъ платины и платинородія

$$e=-0{,}31+0{,}008048\,t+0{,}00000172\,t^2; \tag{56}$$

ур-іе (56) дѣйствительно для температуръ до 1600^0 Ц.;

для термопары изъ константана и серебра имѣемъ приблизительно

$$e=0{,}035\,t+0{,}000025\,t^2. \tag{57}$$

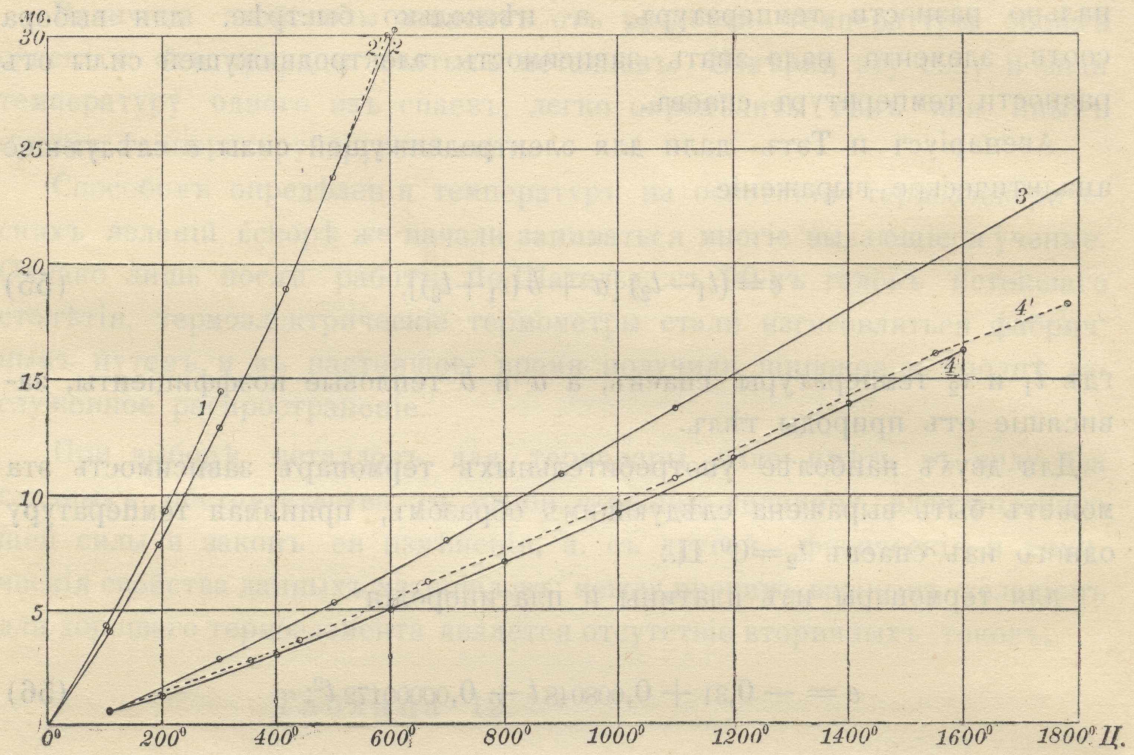
Еще лучшіе результаты даетъ для платины логарифмическое выраженіе, найденное С. Гольманномъ,

$$\lg e=1{,}2196\,\lg t+0{,}302. \tag{58}$$

Впрочемъ числовые коэффиціенты въ ур-іяхъ (55)—(58) не вполнѣ постоянны, такъ какъ очень трудно имѣть химически чистые металлы и еще труднѣе получать вполнѣ тождественные и однородные сплавы. Поэтому для сколько нибудь точныхъ измѣреній $f(e,t)$ надо находить для каждаго прибора опытнымъ путемъ, о чемъ будетъ сказано ниже, и для практическаго пользованія представить полученные результаты въ видѣ діаграммы.

На черт. 69, стр. 84, представлены образцы такихъ діаграммъ для нѣсколькихъ термопаръ: кривая 1—термоэлементъ изъ мѣди и константана;

кривыя 2 и 2′—двухъ паръ изъ серебра и константана; какъ видимъ, кривыя въ общемъ совпадаютъ и немного расходятся лишь послѣ 500° Ц;



Черт. 69.

кривая 3—пары изъ платины и платиноиридія (Pt+20% Ir.) получена Барусомъ; кривыя 4 и 4′—паръ изъ платины и платинородія (Pt+10% Rh); 4′ получена Ле-Шательэ, а 4—Гольборномъ и Виномъ въ Имперскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ; тамъ же получены и кривыя 1, 2 и 2′.

Что касается химическихъ и физическихъ свойствъ выбираемыхъ металловъ, то они должны удовлетворять слѣдующимъ требованіямъ: металлъ долженъ быть возможно чистъ, по возможности не окисляться, не измѣнять своей структуры отъ послѣдовательнихъ нагрѣваній, не быть хрупкимъ и, наконецъ, быть тягучимъ, чтобы изъ него можно было изготовлять проволоку равномѣрнаго сѣченія.

Имѣя въ виду все вышесказанное, для измѣренія низкихъ температуръ отъ—190° до+300° Ц. слѣдуетъ брать термоэлементъ изъ мѣди и константана; для самыхъ низкихъ температуръ, именно до—260° Ц., Д. Дьюоръ (J. Dewar) совѣтуетъ брать термопару изъ золота и нейзильбера, спаянныхъ чистымъ серебромъ. Для температуръ отъ 0° до+600° Ц. берутъ термопару изъ серебра и константана. А. Гейлъ совѣтуетъ серебро замѣнять сплавомъ изъ 75% серебра и 25% марганца; сплавъ, полученный при бѣлокалильнымъ жарѣ, очень равномѣренъ и даетъ

гибкую, крѣпкую проволоку; кромѣ того, электродвижущая сила такой термопары получается значительно больше.

Для температуръ до 900^0 одно время брали платину и сплавъ платины съ никелемъ; электродвижущая сила такой термопары значительно больше другихъ сочетаній, и въ смыслѣ химическомъ элементъ очень хорошій, но теперь онъ оставленъ, такъ какъ всѣ сплавы съ никелемъ обладаютъ непріятнымъ свойствомъ—даютъ очень сильные парозитные токи, нарушающіе отчеты.

Для температуръ отъ $+300^0$ до $+1600^0$ наиболѣе пригодны термопары изъ платины и платинородія или платиноиридія. Какъ видно по черт. 69, для температуръ ниже 300^0 эти термопары недостаточно чувствительны. Пользоваться для высокихъ температуръ парами изъ константана и серебра, обладающрми примѣрно въ 6 разъ бо̀льшей электродвижущей силой, не представляется возможнымъ въ виду химическихъ свойствъ этихъ тѣлъ.

Для самыхъ высокихъ температуръ, до 2000^0 Ц., фирма Герэусъ изготовляетъ термоэлементы изъ иридія и сплава иридія съ $10^0/_0$ рутена. Такъ какъ иридій нельзя тянуть вслѣдствіе его хрупкости, то его прокатываютъ въ видѣ квадратной проволоки толщиной въ 0,8 мм..

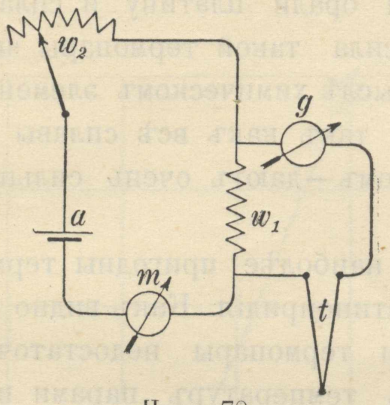
Электродвижущая сила этой термопары составляетъ около $^1/_3$ термопары изъ платины и платинородія. Вслѣдствіе испаренія рутена при плавкѣ термоэлементъ не удается дѣлать столь же равномѣрнымъ, какъ изъ платины и платинородія, и градуировку его приходится дѣлать для каждой термопары при помощи сличенія до 1600^0 съ нормальной термопарой изъ платины и платинородія, а далѣе по точкѣ плавленія платины $+1780^0$; равнымъ образомъ полезна при работѣ съ этой термопарой частая провѣрка послѣдней точки.

Отсутствіе соотв. матеріала для оправы этого термоэлемента препятствуетъ его распространенію для техническихъ цѣлей, для научныхъ же онъ можетъ быть весьма полезенъ, особенно въ виду простоты обращенія, общаго преимущества всѣхъ термоэлементовъ.

22. Способы измѣренія.—Измѣреніе развивающейся вслѣдствіе разности температуръ электродвижущей силы можно производить двумя способами: непосредственнымъ измѣреніемъ напряженія тока при помощи чувствительнаго милливольтметра и при помощи такъ назыв. нулевого способа.

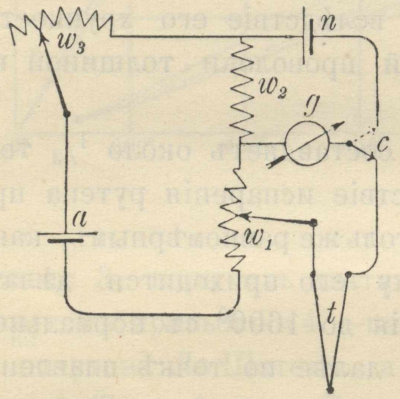
Нулевой способъ, или способъ компенсаціоннаго соединенія, предложенный Кольраушемъ и разработанный Линдекомъ, примѣняется при особенно точныхъ измѣреніяхъ, такъ какъ онъ болѣе чувствителенъ.

Онъ состоитъ въ томъ, что неизвѣстная электродвижущая сила термоэлемента уравновѣшивается другой извѣстной силой.



Черт. 70.

Схема этого способа представлена на черт. 70: t—термоэлементъ, a небольшой электрическій аккумуляторъ, w_1 постоянное, а w_2 регулируемое сопротивленіе, m милліамперметръ, а g гальванометръ. Токъ отъ аккумулятора a, измѣняемый при помощи сопротивленія w_2, вызываетъ въ постоянномъ сопротивленіи $w_1=0{,}1$ ома разность потенціаловъ, которая должна уравновѣсить неизвѣстную электродвижущую силу термоэлемента t; для этого передвигаютъ контактъ сопротивленія w_2, пока въ правой части сѣти не пропадетъ токъ, на что укажетъ возвращеніе на 0 стрѣлки гальванометра g; отчетъ на милліамперметрѣ m позволитъ найти температуру t.



Черт. 71.

Если въ схемѣ по черт. 70 сопротивленіе w_2 сдѣлать постояннымъ, а, наоборотъ, измѣнять сопротивленіе w_1, то получимъ схему по черт. 71. Токъ отъ аккумулятора a, дающій строго опредѣленную разность потенціаловъ на каждомъ элементѣ сопротивленія w_1, идетъ по главной сѣти $w_1\, w_2\, w_3\, a$ и отвѣтвляется въ участокъ $t\, c\, g$; чѣмъ больше электродвижущая сила термопары t, тѣмъ дальше надо передвинуть контактъ на сопротивленіи w_1, т. е. увеличить его, чтобы обѣ электродвижущія силы взаимно уравновѣсились, на что укажетъ положеніе стрѣлки гальванометра g; положеніе контакта w_1 даетъ непосредственно разность потенціаловъ въ милливольтахъ, откуда обычнымъ путемъ находится температура t.

Особенность этой схемы состоитъ въ томъ, что паденіе напряженія въ главной сѣти на участкѣ $w_1\, w_2\, w_3$ должно быть всегда точно одинаковое; такъ какъ электродвижущая сила аккумулятора a мѣняется, то паденіе напряженія приходится регулировать, для чего часть сопротивленія w_3 дѣлается перемѣнной; регулированіе производится сравненіемъ съ нормальнымъ элементомъ n, при чемъ отвѣтвленіе съ нимъ замыкается переключеніемъ въ него при помощи переключателя c гальванометра g, стрѣлка котораго опять-таки должна установиться на нуль.

Способъ по схемѣ черт. 71 надежнѣе способа по схемѣ черт. 70, такъ какъ въ немъ точность показаній зависитъ лишь отъ постоянства электродвижущей силы нормальнаго элемента n и сопротивленіе w_1, что въ дѣйствительности и имѣетъ мѣсто, а въ способѣ по черт. 70 точность зависитъ отъ точности показаній такого хрупкаго прибора, какъ милліамперметръ m.

При нулевомъ способѣ можно пользоваться термопарами изъ болѣе тонкой, до 0,2 мм. проволоки, что увеличиваетъ чувствительность прибора и замѣтно удешевляетъ термопары изъ платины.

Недостатки нулевого способа—усложненіе производства отчетовъ и невозможность измѣрять быстро колеблящіяся температуры.

23. Поправки къ показаніямъ термоэлементовъ.—При работѣ съ термоэлементомъ надо помнить слѣдующія два обстоятельства: во-первыхъ, свидѣтельство Германскаго Физико-Техническаго Института, прилагаемое къ каждому хорошему термоэлементу, указываетъ электродвижущую силу e самого элемента. Присоединенный къ термоэлементу милливольтметръ измѣряетъ напряженіе у зажимовъ, которое меньше e на величину паденія напряженія въ самомъ элементѣ. Это паденіе равно произведенію $i.r$, гдѣ i сила тока, а r внутреннее сопротивленіе элемента. Такъ какъ i зависитъ отъ внѣшняго сопротивленія, т. е. отъ гальванометра, то и напряженіе у зажимовъ элемента будетъ разное, смотря по взятому гальванометру. Кромѣ того, гальванометръ обыкновенно ставится на нѣкоторомъ разстояніи отъ термоэлемента и соединяется съ нимъ мѣдными проводниками, сопротивленіе которыхъ также нужно принимать во вниманіе; въ случаѣ значительнаго разстоянія и небольшого сопротивленія гальванометра вліяніе ихъ можетъ быть довольно значительно.

Такимъ образомъ для полученія точныхъ результатовъ показанія прибора надо множить на нѣкоторый коэффиціентъ, вычисляемый на основаніи закона Ома. Именно, если e' отчетъ по гальвавометру, r_1 внутреннее сопротивленіе термоэлемента, r_2—мѣдныхъ проводниковъ къ гальванометру, r_3—самаго гальванометра, то дѣйствительная электродвижущая сила e, по которой надо опредѣлять искомую температуру при помощи таблицы Физико-Техническаго Института,

$$e=e'+i(r_1+r_2);$$

замѣняя согласно закона Ома i черезъ $\frac{e'}{r_1+r_2+r_3}$ и производя сложеніе, получаемъ

$$e=e'\frac{r_3+2(r_1+r_2)}{r_1+r_2+r_3}. \qquad (59)$$

О величинѣ поправки можно судить по слѣдующему примѣру: термоэлементъ изъ серебра—константана; $d=0{,}5$ мм.; длина $l=1000$ мм.; $r_1=2{,}49$ ома; длина мѣдныхъ проводниковъ $L=12$ мт.; діаметръ ихъ $d_0=1{,}0$ мм..

Удѣльное сопротивленіе мѣди $c=0{,}017$; при помощи выраженія

$$r=c\frac{L}{f}, \tag{60}$$

гдѣ f площадь сѣченія проводника въ мм.^{2}, получаемъ для обоихъ проводниковъ

$$r_2=0{,}017\cdot\frac{12}{0{,}7854}\cdot 2=0{,}52 \text{ ома};$$

пусть сопротивленіе милливольтметра $r_3=539$ ом., тогда

$$e=e'\frac{539+2\,(2{,}49+0{,}52)}{539+2{,}49+0{,}52}=1{,}006\ e'.$$

Для удобства практическаго пользованія на основаніи такого вычисленія составляютъ по таблицѣ Физико-Техническаго Института кривую температуръ, на подобіе показанныхъ на черт. 69, уже для всей установки: термопары, взятыхъ проводниковъ и милливольтметра. Такая діаграмма позволяетъ по отчету милливольтметра сразу получить графически исправленную температуру.

Вмѣсто вычисленія поправки по сопротивленіямъ термоэлемента, проводниковъ и гальванометра можно строить исправленную кривую температуръ по точкамъ (плавленія и кипѣнія извѣстныхъ тѣлъ), найденнымъ для даннаго сочетанія непосредственными опытами.

Второе важное условіе для точности показаній—чтобы свободные концы, такъ назыв., холодные спаи термоэлемента имѣли ту-же температуру, что и при вывѣркѣ. Въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ термоэлементы вывѣряютъ, погружая эти концы въ тающій ледъ. При измѣреніяхъ для техническихъ цѣлей часто ограничиваются охлажденіемъ концовъ проточной водой, температура которой измѣряется въ ^{0}Ц. и прибавляется къ показаніямъ термоэлемента. При измѣреніи температуръ при помощи термоэлементовъ изъ платины и платинородія къ показаніямъ термоэлемента надо прибавлять лишь половину температуры холодныхъ концовъ; это объясняется очень пологимъ теченіемъ кривой температуръ до $+200^0$ Ц. у этихъ элементовъ.

При особенно точныхъ измѣреніяхъ при помощи платино-платинородіевыхъ элементовъ истинную температуру t находятъ согласно опытовъ Геренса, прибавляя къ температурѣ t', полученнной по гальванометру, поправку $k\,t_c$, т. е.

$$t = t' + k\,t_c\,, \qquad (61)$$

гдѣ t_c температура холодныхъ спаевъ, а k нѣкоторый коэффиціентъ, зависящій отъ температуры t'. Геренсъ даетъ для него величины, указанныя въ таблицѣ 13.

Таблица 13.

t' °Ц.	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
k	1,00	0,89	0,76	0,65	0,59	0,56	0,54	0,52	0,51	0,50	0,49

Такую же прибавку необходимо дѣлать, конечно, и въ томъ случаѣ, если концы совсѣмъ не охлаждаются; за ихъ температуру считаютъ тогда температуру окружающаго воздуха. Однако это допустимо лишь при болѣе грубыхъ отчетахъ, такъ какъ вслѣдствіе лучеиспусканія и теплопередачи отъ нагрѣтыхъ соединенныхъ концовъ температура холодныхъ спаевъ можетъ быть значительно выше окружающей температуры, измѣрить же ее съ достаточной точностью трудно.

Въ милливольтметрахъ, имѣющихъ температурную шкалу, поправку на температуру свободныхъ концовъ можно избѣжать, установивъ при началѣ отчетовъ стрѣлку не на 0^0, а на температуру свободныхъ концовъ. Этотъ способъ введенія поправки самый простой и точный, такъ какъ при немъ само собой учитывается и то обстоятельство, что электродвижущая сила растетъ не прямо пропорціонально температурѣ, а нѣсколько быстрѣе.

Наконецъ, нужно имѣть въ виду, что сопротивленіе обмотки, катушки милливольтметра, а, слѣдовательно, и показанія его зависятъ отъ температуры. Поэтому милливольтметръ надо устанавливать такъ, чтобы онъ имѣлъ нормальную комнатную температуру; если устранить его нагрѣванія никакъ нельзя, то показанія его будутъ ниже истинныхъ. Такъ какъ сопротивленіе обмотки катушки составляетъ около трети всего сопротивленія, при чемъ добавочное сопротивленіе дѣлается изъ проволоки изъ манганина или другого матеріала, котораго сопротивленіе почти не зависитъ отъ температуры, то отчеты надо умножать на $(1 + 0{,}0013\,\Delta t)$, гдѣ Δt превышеніе температуры прибора надъ средней комнатной (15^0 Ц.).

При болѣе точныхъ наблюденіяхъ числовой коэффиціентъ при Δt нужно вычислять, затребовавъ отъ фабриканта прибора точныя данныя о величинахъ всего сопротивленія и обмотки катушки отдѣльно.

Наконецъ, вообще надо слѣдить, чтобы всѣ соединенія, гдѣ соприкасаются разные металлы, имѣли одинаковую температуру, равную температурѣ помѣщенія; иначе въ этихъ мѣстахъ получатся тоже термоэлектрическіе токи, вліяющіе на показанія прибора.

Точность показаній термоэлементовъ при соблюденіи всѣхъ указанныхъ поправокъ при практическомъ пользованіи достигаетъ $\pm 1^0$ въ термопарахъ для измѣренія температуръ -200^0 до $+600^0$ Ц. Въ приборахъ для высокихъ температуръ, до 1600^0 Ц., точность $\pm 5^0$, при абсолютныхъ измѣреніяхъ; при пользованіи однимъ и тѣмъ же приборомъ разность температуръ можетъ быть опредѣлена съ точностью тоже около $\pm 1^0$. Въ послѣднее время фирма Герэусъ добилась столь чистыхъ матеріаловъ, платины и родія, что абсолютная точность ея термоэлементовъ, конечно, при соотв. обращеніи, не менѣе $\pm 1^0$. При очень чувствительныхъ гальванометрахъ и термопарахъ и соотв. обращеніи можно измѣрять колебанія температуръ въ $0{,}1^0$, даже $0{,}01^0$ Ц. Такими приборами пользуются при физико-химическихъ, а отчасти при метереологическихъ наблюденіяхъ.

Таблица 14.

№	обмотка пирометра	показанія °Ц.
1	кварцевая	1022
2	платиновая сверхъ кварцевой . . .	1211
3	кварцевая	1022
4	фарфоровая . . .	973
5	платиновая сверхъ фарфоровой . . .	1230
6	фарфоровая . . .	969
7	кварцевая	1026
8	платиновая сверхъ кварцевой . . .	1217
9	кварцевая	1024

Разбирая вопросъ о возможныхъ ошибкахъ при пользованіи термоэлементами, нельзя обойти молчаніемъ весьма интересныхъ опытовъ А. А. Байкова, который обратилъ вниманіе на вліяніе оболочки, въ которую заключенъ термоэлементъ изъ платины и платинородія, на его показанія въ случаѣ, если термоэлементъ подвергается непосредственному дѣйствію пламени. Онъ сравнивалъ показанія термоэлемента, заключеннаго поочередно въ оболочку изъ кварцеваго стекла, фарфора и въ тѣ же оболочки, но вставленныя еще въ тонкостѣнную платиновую оболочку, при нагрѣваніи въ томъ же самомъ пламени. Для примѣра приведемъ одну серію его опытовъ, таблица 14.

Оказывается, наинисшую температуру пламени пирометръ показываетъ, будучи заключенъ въ фарфоровую оболочку, кварцевая оболочка даетъ температуру на 50° выше, платиновая сверхъ кварцевой на 240°, а сверхъ фарфоровой даже на 260° выше.

Указанное явленіе А. Байковъ объясняетъ отчасти лучеиспусканіемъ кварца и фарфора, понижающихъ температуру термоэлемента ниже температуры пламени, а главнымъ образомъ контактнымъ свойствомъ платины, принимающей температуру выше температуры пламени. Въ результатѣ своихъ опытовъ Байковъ приходитъ къ слѣдующимъ выводамъ:

1, твердыя тѣла, платина, кварцъ, фарфоръ, нагрѣваемыя въ одномъ и томъ же пламени, принимаютъ температуры, отличающіяся отъ температуры пламени; различіе это можетъ достигать нѣсколькихъ сотъ градусовъ;

2, температура, до которой нагрѣвается твердое тѣло въ пламени, зависитъ отъ контактныхъ свойствъ тѣла и отъ отношенія поверхности его къ объему;

3, опредѣленіе температуры пламени при помощи нагрѣваемыхъ въ немъ твердыхъ тѣлъ неправильно и истинная температура пламени неопредѣленна;

4, различіе въ свѣтимости твердыхъ тѣлъ при нагрѣваніи въ одномъ и томъ же пламени обусловливается тѣмъ, что твердыя тѣла нагрѣваются до разныхъ температуръ.

Выводы эти очень важны. Если они справедливы, то многія опытныя данныя, какъ температуры плавленія и испаренія металловъ, температуры перехода въ различныя аллотропическія состоянія, нуждаются въ исправленіи, при чемъ сразу даже нельзя указать, какъ приступиться къ такому исправленію, такъ какъ мы не имѣемъ еще средствъ измѣрять температуры, совершенно не прибѣгая къ твердымъ тѣламъ.

Указанные выводы А. Байкова были провѣрены въ научной лабораторіи В. Герэуса, при чемъ были приняты особыя мѣры предосторожности для уничтоженія вліянія лучеиспусканія и теплопроводности. Явленій, наблюдавшихся А. Байковымъ, замѣчено не было. Такимъ образомъ, не рѣшаясь отдать предпочтеніе тому или другому изъ указанныхъ наблюдателей, надо считать вопросъ этотъ пока открытымъ и пожелать его скорѣйшаго окончательнаго разрѣшенія.

24. Обращеніе съ термоэлементами.—При измѣреніи очень высокихъ температуръ оправа термоэлемента начинаетъ размягчаться. Чтобы приборъ при этомъ не испортился, лучше всего распологать

его, т. е. подвѣшивать строго отвѣсно, такъ какъ подставки подъ конецъ и даже средину прибора могутъ оказаться недостатотными, наружный кожухъ можетъ прогнуться.

Кромѣ того, во избѣжаніе порчи фарфоровыхъ трубокъ при измѣреніи высокихъ температуръ надо приборъ и нагрѣвать и остужать по возможности медленно и постепенно.

Для предохраненія желѣзной трубы, въ которую обыкновенно вставляется термоэлементъ при техническихъ измѣненіяхъ, отъ быстраго перегоранія при измѣреніи высокихъ температуръ, особенно если термоэлементъ вдѣлывается въ печь для постояннаго пользованія, желѣзную трубу полезно смазывать тонкимъ слоемъ жидкой глины.

Проволока для термоэлементовъ берется длиной отъ 100 до 200 см.; длина собственно не имѣетъ значенія, лишь бы она была достаточно велика, чтобы теплота, сообщаемая одному концу проволокъ термопары, не нагрѣвала другой конецъ.

Соединеніе концовъ, подвергаемыхъ измѣряемой температурѣ, достигается или сплавленіемъ ихъ или, при низкихъ температурахъ, спаиваніемъ чистымъ оловомъ, при чемъ нельзя пользоваться никакими кислотами, а лишь канифолью, такъ какъ кислоты, разъѣдая проволоку, измѣняютъ сопротивленіе термоэлемента. Удобнѣе всего соединять концы проволокъ, скрутивъ ихъ другъ съ другомъ на длинѣ около 1 см. и сплавивъ кончики на газовой горѣлкѣ. Одно скручиваніе недостаточно надежно, такъ какъ проволоки могутъ покрыться окисью, которая сильно увеличиваетъ сопротивленіе термоэлемента. По истеченіи нѣкотораго времени, когда скрученный конецъ подъ вліяніемъ высокихъ температуръ измѣнитъ свое строеніе, что отзывается на показаніяхъ прибора и обнаружится при повторной вывѣркѣ, надо скрученный конецъ отрѣзать и сдѣлать новое соединеніе. Такое небольшое измѣненіе длины проволокъ термоэлемента не измѣняетъ замѣтнымъ образомъ его сопротивленія, а, слѣдовательно, и показаній.

Особеннаго вниманія требуетъ соединеніе концовъ платиновой и платинородіевой термопары. При продолжительномъ нагрѣваніи платинородіевая проволока, главнымъ образомъ ея конецъ, становится хрупкимъ и легко обрывается. Соединеніе можно возстановить скручиваніемъ обѣихъ проволокъ. Несмотря на невозможность въ этой термопарѣ образованія упомянутой выше окиси, такое соединеніе ненадежно, такъ какъ при нагрѣваніи обороты спирали раскручиваются, соприкосновеніе становится все хуже, и сопротивленіе возрастаетъ. Соединеніе лучше возстановить сплавленіемъ. Для этого удобно воспользоваться маленькой дуговой лампой или даже просто парой углей дуговой лампы:

вносятъ лѣвой рукой въ наружную часть вольтовой дуги сперва конецъ платинородіевой проволоки; затѣмъ, когда на немъ начинаетъ образоваться капелька расплавленнаго металла, вносятъ въ пламя правой рукой конецъ платиновой проволоки; когда на немъ тоже получится капелька, приближаютъ проволоки другъ къ дружкѣ до сліянія обѣихъ капелекъ и тотчасъ плавнымъ движеніемъ обѣихъ рукъ выводятъ проволоки изъ вольтовой дуги; капелька быстро затвердѣваетъ, и спай готовъ. Во время этой работы на вольтову дугу надо смотрѣть черезъ густо окрашенное синее стекло.

Въ случаѣ отсутствія электрическаго тока можно, хотя и труднѣе, сплавить проволоки на пламени кислородно-газовой горѣлки. Скрученныя на длинѣ 5 мм. проволоки вносятъ въ пламя, пуская сперва очень мало газа, затѣмъ постепенно усиливаютъ притокъ газа, и лишь только образуется капелька расплавленнаго металла, выносятъ соединеніе изъ пламени.

Свободные концы термоэлемента соединяются съ изолированными прдводниками, ведущими къ прибору, при помощи котораго измѣряется электродвижущая сила. Соединеніе это дѣлается или при помощи зажимовъ или лучше тоже при помощи припаяванія оловомъ. Въ виду ничожнаго напряженія тока изоляція проводниковъ можетъ быть самая простая, какъ для электрическихъ звонковъ.

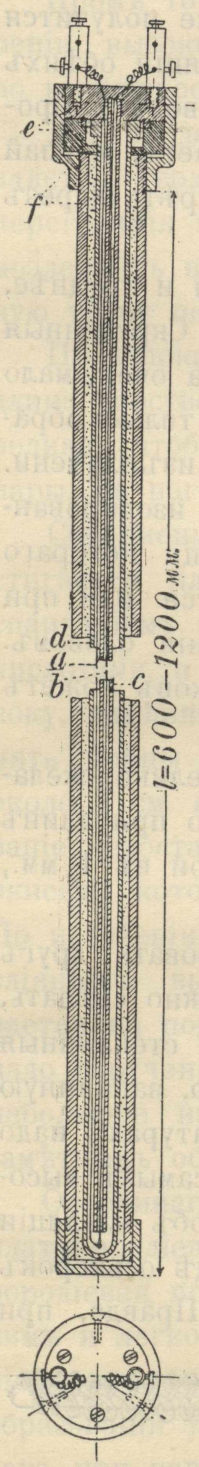
Сопротивленіе этихъ проводниковъ не должно быть велико; желательно дѣлать его не болѣе 1 ома; для этого дрстаточно при длинѣ проводниковъ до 20 мт. брать мѣдную проволоку толщиной въ 1 мм., при длинѣ до 100 мт. —въ 2 мм..

Самыя проволоки термопары надо тщательно изолировать другъ отъ дружки по всей длинѣ. Для температуръ до 600^0 это можно сдѣлать, надѣвая на одну изъ нихъ тонкую стеклянную трубку или стеклянныя бусы; весь элементъ полезно засунуть тоже въ стеклянную, запаянную съ одного конца трубку. При болѣе высокихъ температурахъ надо брать трубки изъ фарфора или кварцеваго стекла, при самыхъ высокихъ—изъ марквардтовой массы. Простой и хорошій способъ изоляціи проволокъ термопары состоитъ въ оплетеніи ихъ въ видѣ осьмерокъ тонкимъ, около 2 мм., асбестовымъ шнуромъ, черт. 72. Правда, при частомъ нагрѣваніи обмотка начинаетъ крошиться, но зато ее легко возобновить.

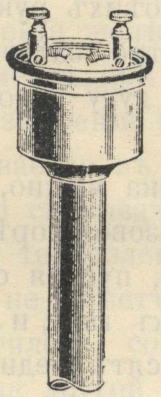
Черт. 72.

25. Конструкціи и детали термоэлементовъ.—Сами термоэлементы чаще всего изготовляются изъ проволокъ діаметромъ въ 0,4 до 0,6 мм. въ случаѣ такого дорогого матеріала, какъ платина и ея сплавы, и до 1,0 мм. въ случаѣ менѣе цѣнныхъ металловъ.

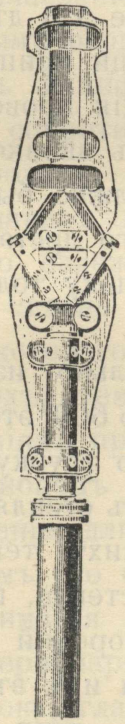
Одно изъ преимуществъ термоэлементовъ состоитъ въ томъ, что въ отличіе отъ большинства другихъ пирометровъ ими можно измѣрять температуру даже очень небольшихъ тѣлъ или пространствъ. Къ сожалѣнію, термоэлементы нельзя подвергать дѣйствію раскаленныхъ газовъ, такъ какъ окись углерода, которая всегда можетъ въ нихъ оказаться, измѣняетъ платинородистый сплавъ, а съ нимъ и электродвижущую силу элемента. Въ виду этого приходится, въ ущербъ чувствительности элемента, окружать его закрытой съ конца фарфоровой или марквардтовой трубкой. Для предупрежденія механическихъ поврежденій элементъ часто заключаютъ въ желѣзную, до 1000° Ц, или никелевую, до 1200 °Ц, оправу; а чтобы фарфоровая трубка не тряслась, обматываютъ ее азбестовымъ шнуромъ или засыпаютъ пустоту сухимъ кварцевымъ пескомъ. Снаряженный такимъ образомъ приборъ, изготовляемый Сименсъ и Гальске, представленъ на черт. 73 и 74: *a* и *b* проволоки термопары, *c* внутренняя фарфоровая трубка, а *d*—наружная; *f* желѣзная трубка съ головкой, верхняя часть ея сдѣлана изъ эбонита *e*. Въ послѣднее время Сименсъ и Гальске дѣлаютъ головку нѣсколько иначе, по черт. 75. Для заводской практики та же фирма дѣлаетъ очень удобныя, деревянныя грушеобразныя раскрывающіяся головки, черт. 76 и 77.

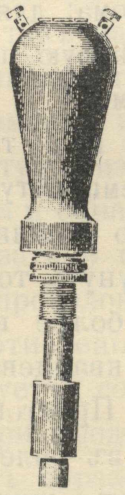


Черт. 73—74.



Черт. 75.





Черт. 76 и 77.

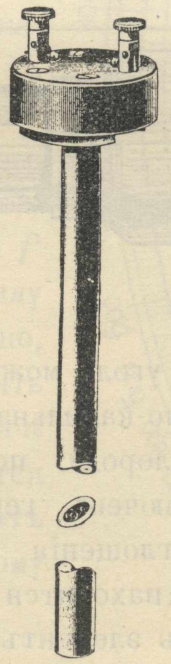
Фирма Гартманъ и Браунъ изготовляетъ термоэлементы нѣсколько иной конструкціи. На черт. 78 и 79 представленъ приборъ до 1000° Ц.: изолированныя другъ отъ дружки двумя фарфоровыми трубками проволоки помѣщены въ овальную маннесмановскую стальную трубку съ заваренным глухимъ концомъ. Для температуръ до 1200° Ц. стальная трубка замѣняется никелевой; для

того же предѣла температуръ предназначается приборъ по черт. 80: проволоки термопары *a* и *b* пропущены черезъ отверстія въ цилиндрическихъ стержняхъ *c,c* изъ огнеупорнаго матеріала; эти цилиндры надѣты на никелевомъ прутѣ *d* и прижимаются другъ къ другу пружиной *e*. Такая арматура дешевле, чѣмъ цѣльныя длинныя фарфоровыя трубки. и гораздо прочнѣе ихъ.

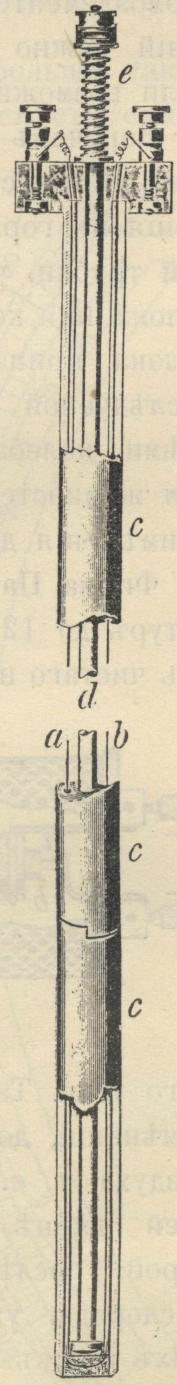
Вмѣсто фарфоровыхъ трубокъ фирма В. К. Герэусъ изолируетъ проволоки термопары при помощи трубокъ, тянутыхъ изъ кварцеваго стекла. Преимущество такой изоляціи въ томъ, что кварцевое стекло, относясь совершенно безразлично къ рѣзкимъ измѣненіямъ температуры, служитъ гораздо дольше и, кромѣ того, если сломается, можетъ быть вновь спаяно. Вмѣстѣ съ тѣмъ трубки изъ кварцеваго стекла, будучи значительно тоньше фарфоровыхъ, гораздо быстрѣе слѣдуютъ за колебаніями температуры, такъ что такимъ пирометромъ можно сдѣлать до 15 отчетовъ въ 1 часъ, на что съ другими оправами требуется 3—4 часа.

Единственная необходимая предосторожность, чтобы раскаленная кварцевая трубка не прикасалась нигдѣ съ желѣзомъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ она въ этомъ мѣстѣ плавится и ломается. Въ этихъ видахъ кварцевая трубка отдѣляется отъ окружающей ее желѣзной трубы шамотовой прослойкой. Для достиженія особенной чувствительности кончикъ термоэлемента въ запаянной кварцевой трубкѣ высовывается на 60—80 мм. изъ желѣзной оправы.

Для измѣренія температуры расплавленныхъ металловъ указанная фирма изготовляетъ еще особые термоэлементы въ стальной оправѣ, нижняя часть которой на длинѣ 30 или 60 см. сдѣлана изъ графита.



Черт. 78—79.



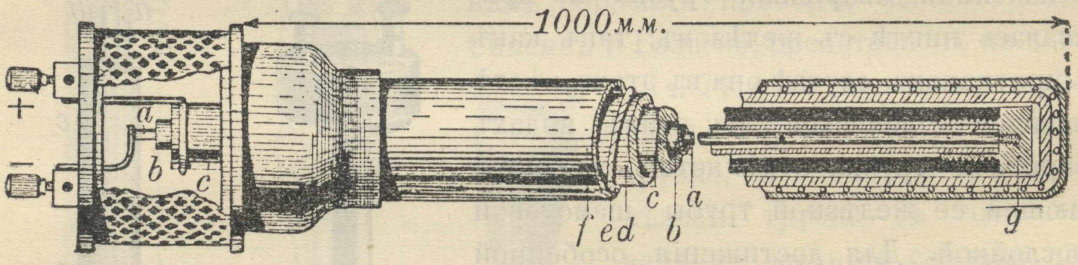
Черт. 80.

Графитовый наконечникъ, наружный діаметръ котораго около 40 мм. при толщонѣ стѣнки около 15 мм., можно погружать прямо въ металлъ, не опасаясь, что онъ треснетъ отъ рѣзкаго измѣненія температуры. Термопара изъ платины и платинородія для изоляціи заключена, кромѣ того, конечно, обычнымъ образомъ въ пару фарфоровыхъ трубокъ.

За послѣднее время термоэлементы начали изготовлять очень многія фирмы, откуда и различныя названія этихъ приборовъ; однако по существу всѣ они состоятъ изъ термопары и гальванометра. Различіе термоэлементовъ самихъ по себѣ несущественны; для точности показаній важно лишь, чтобы сплавы, изъ которыхъ тянуты проволоки, были возможно однородны.

Впрочемъ есть термоэлементы и совершенно особой конструкціи. Такъ, Сименсъ и Гальске изготовляютъ для непосредственнаго погруженія въ горячіе газы и жидкости термоэлементъ, состоящій изъ мѣдной трубки, черезъ которую пропущена изолированная азбестомъ проволока изъ константана; къ нижнему, закрытому концу трубки проволока припаяна. Вслѣдствіе непосредственнаго соприкосновенія съ изслѣдуемой средой такой термоэлементъ слѣдуетъ очень быстро за всѣми колебаніями ея температуры. Конечно, онъ примѣнимъ лишь для жидкостей, не дѣйствующихъ химически на мѣдь. Область его примѣненія до $+500^0$ Ц.; точность его показаній $\pm 5^0$ Ц.

Фирма Пауль Браунъ въ Берлинѣ изготовляетъ приборы для температуръ до 1250^0 Ц., въ которыхъ термопара составлена изъ проволоки изъ чистаго никеля *a*, черт. 81, и трубки *c* изъ искусственно приготовлен-



Черт. 81.

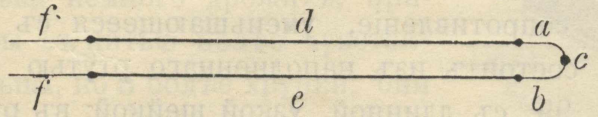
наго угля. Такой уголь можно нагрѣвать, не причиняя ему никакихъ измѣненій, до бѣло-калильнаго жара при условіи отсутствія доступа воздуха, т. е. кислорода; послѣднее достигается тѣмъ, что уголь по всей длинѣ заключенъ герметически въ стальной трубкѣ *d*, въ которой, послѣ поглощенія первоначальнаго ничтожнаго количества кислорода, уголь находится въ атмосферѣ совершенно индефферентныхъ газовъ. Весь элементъ обматывается азбестовымъ шнуромъ *e* и вставляется еще во вторую желѣзную трубку *f*, которую можно легко смѣнять. При измѣреніи температуръ свыше 1000^0 Ц. желѣзная труба изнашивается слишкомъ быстро, поэтому конецъ ея замѣняется наконечникомъ изъ фарфора или кварцеваго стекла.

Такъ какъ при температурахъ выше 1000^0 никель страдаетъ отъ соприкосновенія съ углемъ, то нижнее соединеніе («спай») дѣлается

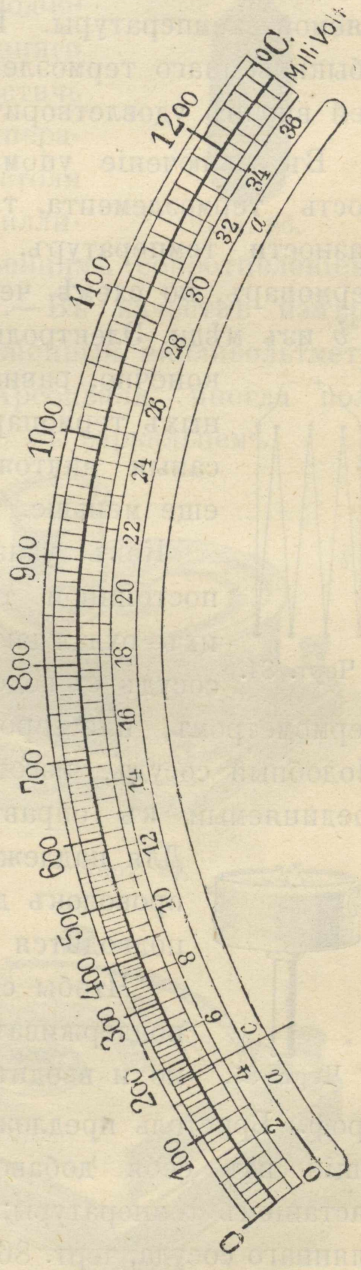
при помощи промежуточной желѣзной головки g, въ которую вмѣстѣ съ тѣмъ вставляется и фарфоровая трубка b, изолирующая по всей длинѣ никелевую проволоку a. Концы термоэлемента выведены къ зажимамъ и окружены кожухомъ изъ продырявленной жести для лучшаго охлажденія.

Электродвижущая сила этого элемента раза въ 2,5—3 больше таковой элемента изъ платины и платинородія, но измѣняется съ температурой настолько незакономѣрно, что ее нельзя выразить однимъ уравненіемъ, а градуировку прибора приходится дѣлать чисто опытнымъ путемъ. На черт. 82 представлена шкала гальванометра съ шкалой температуръ для описаннаго термоэлемента.

Затѣмъ укажемъ еще термоэлементъ В. Бристоля, который постарался создать дешевый приборъ для измѣренія температуръ до 1600°. Идея его прибора можетъ быть пояснена при помощи черт. 83: a и b два коротенькихъ куска проволоки изъ платины и платинородія, d и e двѣ проволоки изъ дешевыхъ сплавовъ, обладающихъ тѣмъ свойствомъ, что при нагрѣваніи спаевъ ихъ съ a и b не выше 650° Ц. получающіяся въ этихъ спаяхъ электродвижущія силы равны и взаимно противоположны, такъ что стрѣлка гальванометра, присоединеннаго къ обыкновеннымъ проводникамъ f и f' показываетъ лишь электродвижущую силу спая c; дли правильности показаній важно, слѣдовательно, чтобы спай c успѣлъ принять искомую температуру раньше, чѣмъ спаи a-d и e-b нагрѣются до 650° Ц. Это достигается тѣмъ, что конецъ элемента, спай c, не имѣетъ изоляціи и подвергается непосредственному



Черт. 83.

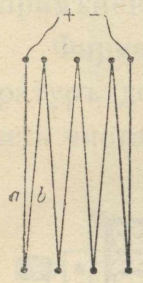


Черт. 82.

дѣйствію горячаго тѣла или пространства. Для предохраненія спая c отъ механическихъ поврежденій на обычную оправу термоэлемента надѣвается желѣзная труба, которая, когда термоэлементъ вставленъ

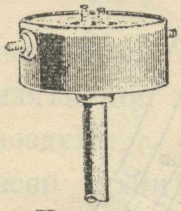
въ изслѣдуемое пространство, немного отодвигается, обнажая спай *c*; такъ какъ спай *c* принимаетъ искомую температуру по истеченіи нѣсколькихъ секундъ, то упомянутое выше разрушающее дѣйствіе на термопару раскаленныхъ газовъ не успѣваетъ замѣтно сказаться, кромѣ того, при малой длинѣ проволокъ *a* и *b* смѣна ихъ стоитъ сравнительно недорого. Кромѣ дешевизны, достоинство этого прибора — быстрота отчетовъ, позволяющая точнѣе слѣдить за колебаніями измѣряемой температуры. Показанія его, конечно, менѣе точны, чѣмъ обыкновеннаго термоэлемента Ле-Шательэ, но для практическихъ цѣлей вполнѣ удовлетворительны.

Въ заключеніе упомянемъ еще о способѣ увеличить чувствительность термоэлемента, т. е. его электродвижущую силу, при данной разности температуръ. Для этого включаютъ послѣдовательно рядъ термопаръ, по схемѣ черт. 84, гдѣ *a* напр. проволока изъ константана, а *b* изъ мѣди. Электродвижущая сила такого сложнаго термоэлемента, конечно, равна суммѣ электродвижущихъ силъ всѣхъ отдѣльныхъ термопаръ. Такими термоэлементами можно измѣрять самыя ничтожныя колебанія температуръ, до $0{,}01^0$, даже еще меньше.



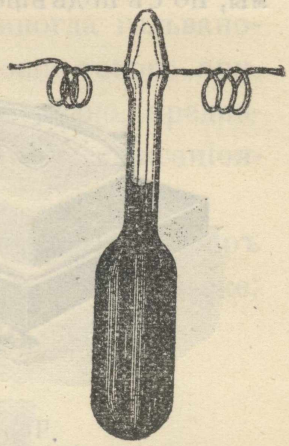
Черт. 84.

Какъ указано въ предыдущей главѣ, для поддержанія постоянной температуры холодныхъ спаевъ термоэлемента ихъ охлаждаютъ часто водой; или просто погружаютъ въ сосудъ съ водой, температура которой измѣряется ртутнымъ термометромъ, или проточной водой, пользуясь особымъ сосудомъ. Подобный сосудъ, изготовляемый фирмой Сименсъ и Гальске и присоединяемый къ оправѣ тармоэлементу, изображенъ на черт. 85. Для надлежащаго охлажденія длина омываемыхъ водой проволокъ должна быть не очень мала. Охлаждающая вода подводится и отводится по резиновымъ трубкамъ.


Черт. 85.

Чтобы совершенно устранить необходимость не только поддерживать постоянной температуру холодныхъ спаевъ, но и вводить поправки въ показанія милливольтметра, проф. Бристоль предложилъ остроумный «компенсаторъ», представляющій изъ себя добавочное сопротивленіе, уменьшающееся съ возрастаніемъ температуры; онъ состоитъ изъ наполненнаго ртутью стекляннаго сосуда, черт. 86, стр. 99, съ длинной, узкой шейкой; въ ртуть погружена петля изъ платиновой проволоки; соединеные съ ней и пропущенные черезъ стекло мѣдные концы припаиваются—одинъ къ одному изъ свободныхъ концовъ термопары, другой—къ одному изъ проводниковъ, ведущихъ къ милливольтметру. При повышеніи окру-

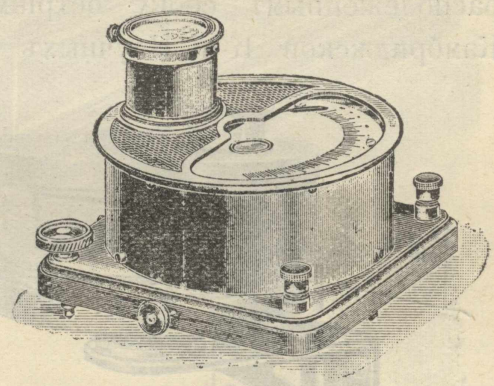
жающей температуры и температура холодныхъ спаевъ повышается, а, слѣдовательно, показанія милливольтметра уменьшаются. Но при этомъ возрастаетъ и температура ртути въ компенсаторѣ, ртуть расширяется, уровень ее поднимается, и длина свободныхъ концовъ платиновой петли уменьшается, а вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается и ея сопротивленіе, что въ свою очередь увеличиваетъ отклоненіе стрѣлки милливольтметра. Путемъ подбора длины петли въ зависимости отъ внутренняго сопротивленія милливольтметра можно достичь полнаго уничтоженія вліянія измѣненія температуры холодныхъ спаевъ. Компенсаторъ Бристоля очень удобенъ, особенно при пользованіи милливольтметрами съ неособенно большимъ внутреннимъ сопротивленіемъ.



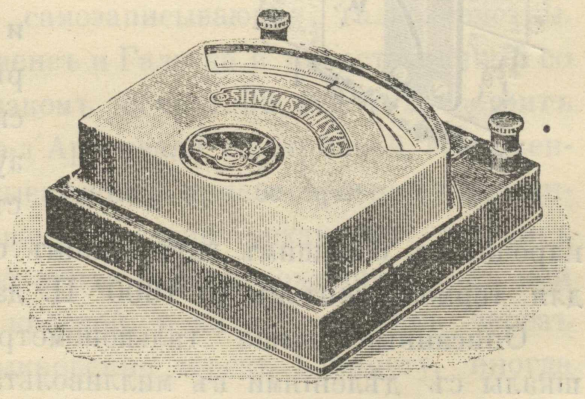
Черт. 86.

26. Гальванометры для термоэлементовъ.—Въ качествѣ измѣрительнаго прибора обыкновенно берутъ прецизіонный милливольтметръ со стрѣлкой, чаще всего системы Депрэ-д'Арсонваля; иногда пользуются милливольтметрами той же системы, но съ заркальцемъ.

Изъ милливольтметровъ со стрѣлкой довольно распространены приборы фирмы Кейзеръ и Шмидтъ; лучше ихъ, хотя и дороже приборы Гартманъ и Брауна. Въ приборахъ первой фирмы ось качанія стрѣлки оканчивается остріями, опирающимися на подпятники изъ камня, у второй, черт. 87, 1:5 натур. вел., стрѣлка подвѣшена на туго натянутой нити. Достоинства приборовъ перваго рода—они болѣе прочны и даютъ правильныя показанія даже, если установлены не строго по уровню, или подставка немного дрожитъ; приборы съ нитью болѣе чувствительны, но и болѣе хрупки; они требуютъ очень тщательной установки и чрезвычайно бережнаго обращенія.



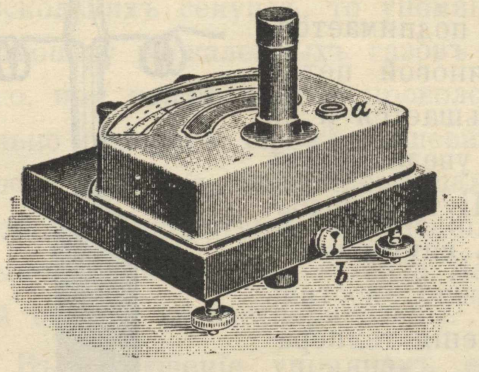
Черт. 87.



Черт. 88.

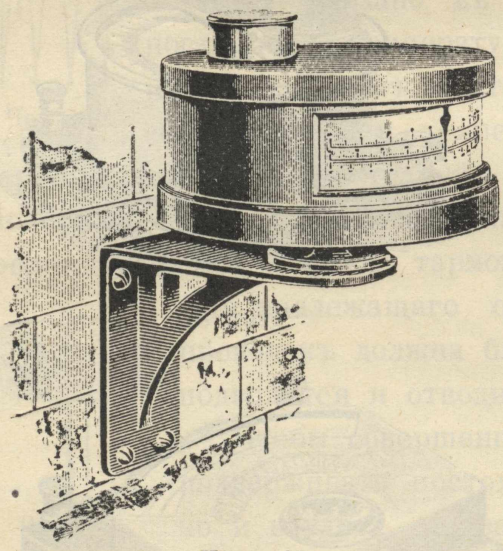
Очень точные и удобные приборы изготовляютъ Сименсъ и Гальске. На черт. 88 представленъ тоже въ 1:5 натур. вел. гальванометръ съ

стрѣлкой на остріяхъ. На черт. 89 представленъ приборъ той же фирмы, но съ подвѣшенной стрѣлкой. Зеркало, находящееся рядомъ со шкалой, позволяетъ дѣлать очень точные отчеты: при отчетѣ надо смотрѣть на стрѣлку такъ, чтобы она закрывала свое изображеніе въ зеркалѣ. Передъ отчетомъ надо привести приборъ при помощи установительныхъ винтовъ въ строго горизонтальное положеніе, пользуясь для этого расположеннымъ на крышкѣ его круглымъ уровнемъ *a;* сбоку находится арретировка *b*, которую нужно отпускать, поворачивая влѣво, передъ отчетомъ, а потомъ сейчасъ же опять закрывать. Несоблюденіе этого правила сокращаетъ срокъ службы такого деликатнаго прибора, а также можетъ легко вызвать его поломку.



Черт. 89.

Нѣкоторыя фирмы изготовляютъ еще гальванометры настѣнные съ расположеннымъ сбоку остріемъ стрѣлки. Такой приборъ, фирмы Кэмбриджской К-іи Научныхъ Приборовъ, представленъ на черт. 90. Такіе приборы особенно удобны для заводскихъ и фабричныхъ помѣщеній, гдѣ трудно найти вполнѣ подходящее укромное мѣсто для установки гальванометра.


Черт. 90.

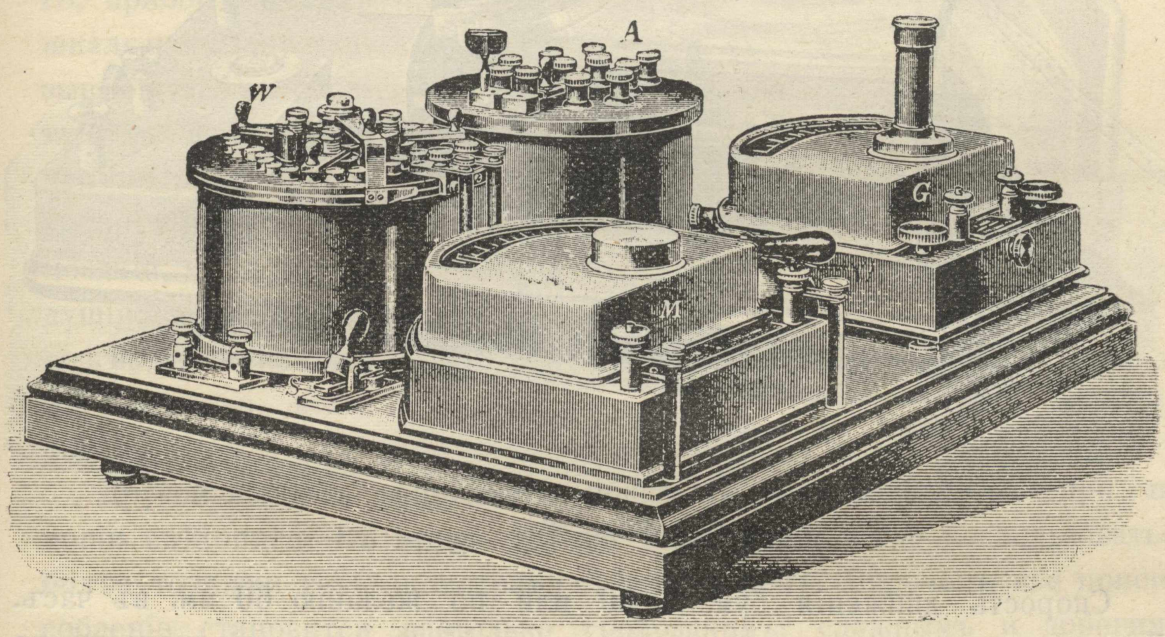
Чтобы уменьшить вліяніе побочныхъ условій, напр. длины и сѣченія соединительныхъ проводниковъ, а также дать возможность однимъ и тѣмъ же гальванометромъ измѣрять одновременно температуру нѣсколькихъ термоэлементовъ, пользуясь переключателемъ обычной конструкціи, милливольтметры дѣлаютъ нарочно съ большимъ внутреннимъ сопротивленіемъ въ 300—600 омъ, для термоэлементовъ до 1600° Ц. даже въ 800 омъ.

Описанные выше гальвонометры имѣютъ обыкновенно, кромѣ шкалы съ дѣленіями въ милливольтахъ, вторую шкалу съ дѣленіями въ ° Ц., позволяющую прямо дѣлать отчеты температуръ, не справляясь съ таблицей или кривой зависимости между электродвижущей силой и температурой. При этомъ не надо однако забывать, что темпе-

ратурная шкала наносится чисто опытнымъ путемъ для даннаго термоэлемента; для другого она можетъ и не годиться.

При особенно точныхъ измѣреніяхъ пользуются иногда гальванометромъ съ зеркальцемъ. Однако дѣлать отчеты при помощи такого прибора гораздо сложнѣе, и потому ими пользуются очень рѣдко, предпочитая въ такихъ случаяхъ вести измѣренія по нулевому, компенсаціонному способу, схемы котораго были разобраны выше.

На черт. 91 представленъ въ 1:5 натур. вел. компактный наборъ приборовъ для схемы черт. 70, въ изготовленіи Сименсъ и Гальске; одинаковыми буквами обозначены тѣ же детали, что на черт. 70.

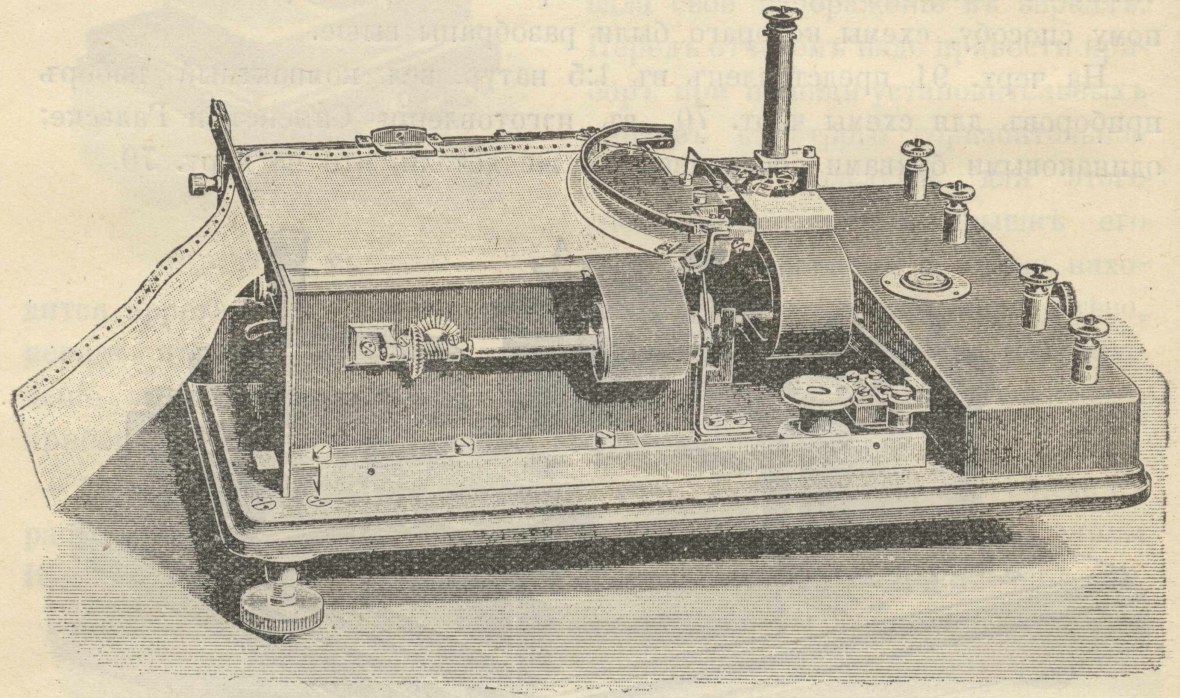


Черт. 91.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда желательно знать послѣдовательный ходъ измѣненія температуры, полезны самозаписывающіе гальванометры. Такой приборъ, изготовляемый Сименсъ и Гальске и представленный со снятымъ предохранительнымъ колпакомъ на черт. 92, стр. 102, состоитъ изъ милливольтметра системы Депрэ-д'Арсонваля со стрѣлкой, соединеннаго съ универсальнымъ самозаписывающимъ приспособленіемъ названной фирмы. Дѣйствіе его слѣдующее: часовой механизмъ двигаетъ равномѣрно прозрачную бумажную ленту и расположенную подъ ней ленту изъ матеріи, пропитанную краской, и вмѣстѣ съ тѣмъ черезъ равные промежутки времени, обыкновенно черезъ 1 минуту, иногда черезъ 30, 15 или даже 12 секундъ заставляетъ опускаться дугу, находящуюся надъ всей шириной бумажной ленты и прижимающую къ ней на одно мгновеніе стрѣлку вольтметра. Это нажатіе даетъ точку,

которая благодаря координатной сѣткѣ, нанесенной на бумагѣ, указываетъ температуру термоэлемента въ данный моментъ.

Такъ какъ стрѣлка при своихъ перемѣщеніяхъ не касается бумаги, то чувствительность этого прибора та же, что и обыкновеннаго милливольтметра.



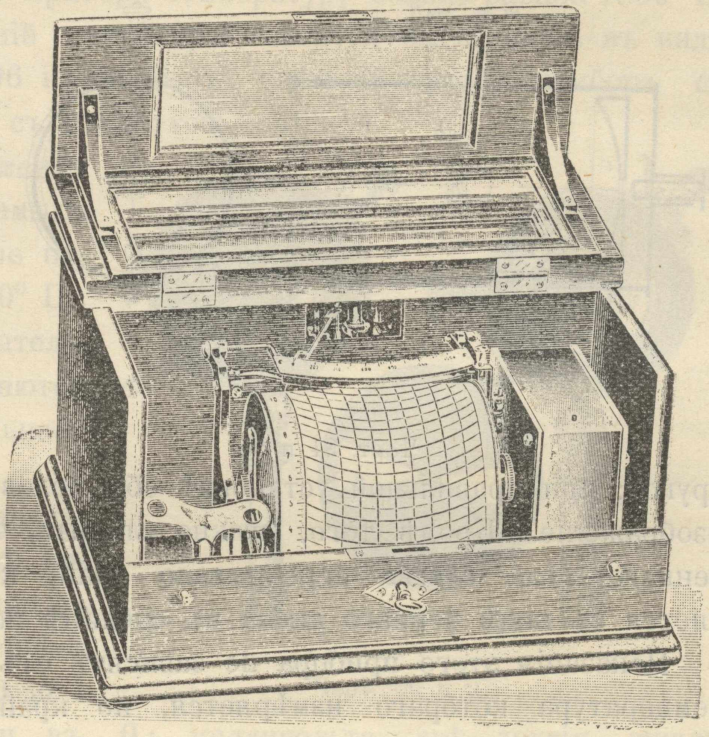
Черт. 92.

Скорость движенія бумаги 20 или по желанію 60 мм. въ часъ. Длина ленты вкладываемаго рулона около 45 мт., т. е. ее хватаетъ на 2250 или соотв. 750 часовъ, при чемъ, когда не надо дѣлать отчетовъ, опускаютъ арретировку, останавливающую и стрѣлку и часовой механизмъ. Часовой механизмъ надо заводить черезъ каждые 8—10 дней.

Съ этимъ приборомъ можно соединять одновременно до 5 термоэлементовъ, для чего надо лишь включить автоматическій переключатель, приводимый въ дѣйствіе тоже часовымъ механизмомъ. Правда, кривыя температуръ для каждаго изъ термоэлементовъ не получатся уже непрерывными, именно отъ каждаго мѣста будетъ по 4 отмѣтки съ промежуткомъ по 12 секундъ, а затѣмъ слѣдующая группа отмѣтокъ уже черезъ 10 минутъ и т. д. Если нѣтъ быстрыхъ колебаній температуры, то и въ этомъ случаѣ легко получить непрерывную кривую.

Фирма Гартманъ и Браунъ дѣлаетъ самозаписывающіе гальванометры по черт. 93, стр. 103. Схема устройства въ общемъ одинакова съ

предыдущемъ приборомъ; главная разница въ томъ, что бумага для записи прикрѣпляется на барабанѣ, дѣлающемъ нормально 1 оборотъ въ 24 часа; отчетъ—нажатіе стрѣлки—производится каждые 45 с. Для измѣренія получающейся діаграммы имѣется прозрачный стеклянный масштабъ. Кромѣ того, приборъ имѣетъ шкалу и стрѣлку, указывающую температуру въ каждый моментъ. Приборъ очень удобный и менѣе громоздкій, чѣмъ предыдущій; на черт. 93 онъ изображенъ тоже въ 1:5 натур. величины.



Черт. 93.

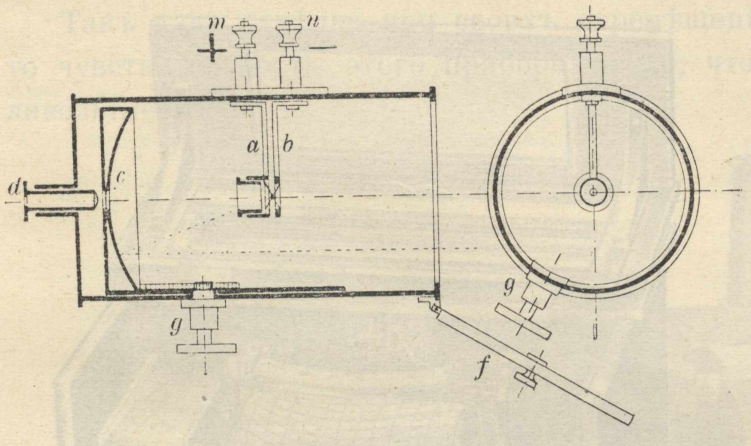
Другой способъ записывать показанія милливольтметра—при помощи свѣтописи. Въ этомъ случаѣ естественно было воспользоваться болѣе точными гальванометрами съ зеркальцемъ. Впрочемъ все приспособленіе становится настолько громоздкимъ, сложнымъ и дорогимъ, что имъ пользуются лишь для особенно точныхъ научныхъ работъ, въ остальныхъ случаяхъ предпочитаютъ брать болѣе простые замозаписывающіе пирометры.

27. Термоэлектрическій пирометръ Фери.—Описанный ниже приборъ представляетъ соединеніе оптическаго и термоэлектрическаго пирометровъ. Дѣйствіе его основано тоже на указанномъ выше законѣ Вина.

Чувствительная часть прибора, подвергаемая дѣйствію лучей «чернаго тѣла», состоитъ изъ перекрещенныхъ и спаянныхъ проволочекъ, мѣдной и константановой, образующихъ термопару и присоединенныхъ къ изолированнымъ другъ отъ дружки пластинкамъ *a* и *b*, черт. 94 и 95, стр. 104, съ зажимыми *m* и *n* для присоединенія проводовъ, ведущихъ къ гальванометру.

Спай долженъ находиться въ фокусѣ вогнутаго зеркала *c*, собирающаго лучи изслѣдуемаго источника. Установка на фокусъ произво-

цится при помощи кремальеры съ головкой i; вблизи спая находятся еще два небольшихъ зеркальца, отбрасывающихъ въ окуляръ d изображеніе тѣла, температура котораго измѣряется, разрѣзанное горизонтальной линіей на двѣ половины; пока приборъ не установленъ въ фокусѣ, въ окулярѣ видны двѣ половинки изображенія, сдвинутыя одна относительно другой; при правильной установкѣ обѣ половины дадутъ одно цѣлое изображеніе. Кромѣ того, нужно слѣдить, чтобы изображеніе раскаленнаго тѣла слегка перекрывало спай, который при этомъ выдѣляется въ видѣ чернаго диска въ срединѣ поля зрѣнія.



Черт. 94 и 95.

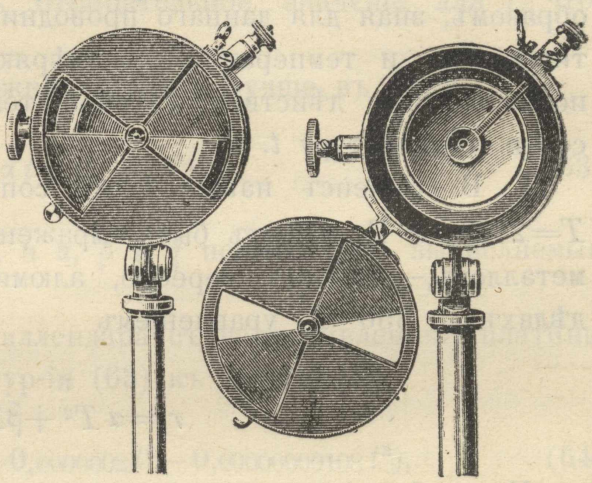
Показанія этого прибора не зависятъ отъ разстоянія его до тѣла, температура котораго измѣряется, по крайней мѣрѣ до извѣстнаго предѣла. Объясняется это тѣмъ, что передъ термопарой находится небольшая діафрагма, пропускающая лишь часть лучей, отраженныхъ зеркаломъ c. Только когда пирометръ удаленъ такъ далеко, что лучи, отраженные отъ c, попадутъ всѣ на термопару и ее не совсѣмъ покроютъ, такъ сказать, не заполнятъ діафрагмы, показанія прибора станутъ меньше истинныхъ; узнается же это по тому, что свѣтящееся изображеніе при этомъ окажется меньше изображенія спая и не перекроетъ его. Такъ, при измѣреніи температуры большой болванки стали получается одно и тоже показаніе на разстояніи какъ 1, такъ и 20 мт..

Спереди прибора имѣется откидная крышка f съ діафрагмой, благодаря чему однимъ и тѣмъ же приборомъ можно измѣрять температуры въ очень широкихъ предѣлахъ.

Для этой цѣли гальванометръ имѣетъ 3 шкалы: одну, температурную, для измѣренія отъ 500^0 до 1500^0, при чемъ крышка f должна быть совсѣмъ откинута; вторую, тоже температурную, для 1500^0 до 2300^0, при чемъ крышка закрывается, но діафрагма отодвигается, оставляя открытой половину всей площади, и третью--въ милливольтахъ, по которой можно дѣлать отчеты для температуръ отъ 2000^0 до 2950^0, закрывая діафрагму на половину т. е. оставляя открытой только четверть всей площади; въ этомъ случаѣ температура опредѣляется

по вспомогательной таблицѣ. Прикрывая діафрагму еще болѣе, можно измѣрять еще болѣе высокія температуры; такъ, самъ проф. Фери нашелъ при помощи этого прибора температуру солнца равной 7800° Ц.

Для удобства измѣреній пирометръ ставится на штативъ въ видѣ треножника. На черт. 96 изображенъ внѣшній видъ прибора съ закрытой, а на черт. 97 съ откинутой крышкой.



Черт. 96 и 97.

Такъ какъ термоэлементъ даже при измѣреніи самыхъ высокихъ температуръ не нагрѣвается выше 80°—100° Ц., то, его свойства, а, слѣдовательно, и показанія не мѣняются даже послѣ продолжительнаго употребленія.

Гальванометръ, доставляемый при этомъ пирометрѣ, системы Мейланъ-д'Арсонваля съ внутреннимъ сопротивленіемъ 8,9 ома; шкала его отъ 0 до 4 милливотъ съ дѣленіями въ 0,1 милливольта; двѣ другія шкалы раздѣлены на °Ц.; точность показанія этого прибора при правильномъ пользованіи для температуръ отъ 700° до 2300° составляетъ ±10°, выше ±50°. Градуировка температурныхъ шкалъ можетъ быть произведена или на основаніи закона Вина или, надежнѣе, подобно пирометру Ваннера путемъ сличенія, направляя его на термоэлементъ, нагрѣваемый въ электрической печи.

Вмѣсто обычнаго гальванометра приборъ по желанію можетъ быть снабженъ также и самозаписывающимъ гальванометромъ въ родѣ прибора по черт. 93.

Описанный приборъ въ общемъ обладаетъ тѣми же достоинствами, какъ и фотометрическіе пирометры. По сравненію съ обыкновенными термоэлементами онъ удобнѣе ихъ при измѣреніи самыхъ высокихъ температуръ, отъ которыхъ страдаютъ оболочки обыкновенныхъ термоэлементовъ. Впрочемъ онъ не годится для тѣхъ случаевъ, когда измѣряемая температура быстро колеблется, такъ какъ требуется извѣстное, хотя и небольшое время, пока термоэлементъ приметъ соотв. температуру.

Измѣненіе электрическаго сопротивленія.

28. Общія указанія.—Описанные ниже приборы основаны на возрастаніи сопротивленія прохожденію электрическаго тока металлическихъ проводниковъ по мѣрѣ возрастанія ихъ температуры. Такимъ образомъ, зная для даннаго проводника зависимость между его сопротивленіемъ и температурой, измѣряютъ сопротивленіе r проводника, подвергнутаго дѣйствію искомой температуры, и по r вычисляютъ соотв. температуру t.

К. В. Сименсъ нашелъ, что сопротивленіе r_t при температурѣ $T=273^0+t^0$ Ц. можетъ быть выражено для всѣхъ изслѣдованныхъ имъ металловъ,—платина, серебро, алюминій, мѣдь и желѣзо,—въ предѣлахъ до 350^0 Ц. уравненіемъ

$$r_t=\alpha T^{\frac{1}{2}}+\beta T+\gamma. \qquad (62)$$

Изъ всѣхъ металловъ для указанной цѣли наиболѣе подходящимъ по опытамъ Сименса и послѣдующихъ изслѣдователей оказалась платина по слѣдующимъ причинамъ:

1, ея электрическое сопротивленіе подвержено меньшему измѣненію съ возрастаніемъ температуры, чѣмъ у другихъ металловъ;

2, на точность измѣренія по данному способу имѣетъ очень большое вліяніе чистота металла, платину же легче другихъ металловъ получать химически чистой;

3, платина не окисляется и вообще химически не мѣняется во время работы.

Для платины коэффиціенты въ ур-іи (62) по опытамъ Сименса равны

$$\alpha=0{,}039369;\ \beta=0{,}00216407;\ \gamma=-0{,}24127.$$

Впослѣдствіи удалось установить путемъ сравненія прибора Сименса съ другими пирометрами, что ур-іе (62) справедливо и для значительно болѣе высокихъ температуръ, примѣрно до 900^0.

По новѣйшимъ опытамъ Каллендара въ ур-іи (62) надо брать нѣсколько иные коэффиціенты, именно

$$\alpha=0{,}03771;\quad \beta=0{,}00252;\quad \gamma=-0{,}245.$$

Разница объясняется отчасти увеличеніемъ точности измѣреній, а главнымъ образомъ тѣмъ, что въ настоящее время научились полу-

чать платину почти химически чистой. О томъ, насколько чистота платины вліяетъ на ея сопротивленіе, можно судить по слѣдующимъ цифрамъ: температурный коэффиціентъ сопротивленія обычной платины 0,00300, а химически чистой 0,00346.

Кромѣ того, выраженіе Сименса уже потому нельзя считать удачнымъ, что при $T=0$ оно даетъ отрицательное значеніе для r, что, очевидно, невозможно.

Разбираемую зависимость можно выразить лучше въ видѣ

$$r=r_0\,(1+\alpha\,t+\beta t^2+\gamma\,t^3), \tag{63}$$

гдѣ r_0 сопротивленіе при 0^0 Ц, а α, β и γ постоянныя, вычисляемыя изъ наблюденій.

Весьма тщательные опыты Каллендара съ сопротивленіемъ платины могутъ быть сведены согласно ур-ія (63) къ выраженію

$$r=r_0\,(1+0{,}0034508\,t+0{,}0000002\,t^2-0{,}00000000108\,t^3), \tag{64}$$

или почти такъ же близко къ выраженію съ двумя лишь постоянными

$$r=r_0\,(1+0{,}0034675\,t-0{,}00000000075\,t^3). \tag{65}$$

Къ сожалѣнію, ур-ія (64) и (65), представляя хорошо законъ въ предѣлахъ опытовъ отъ 0^0 до 600^0 Ц., совершенно не годятся для экстраполированія, такъ какъ даютъ для r нѣкоторый максимумъ при t нѣсколько выше 1000^0, что, очевидно, тоже невозможно.

Въ виду этого въ настоящее время пользуются преимущественно уравненіемъ параболическаго вида

$$r=r_0\,(1+\alpha\,t+\beta t^2), \tag{66}$$

допускающимъ экстраполированіе.

Не останавливаясь на величинахъ для α и β, даваемыхъ различными авторами какъ Бенуа, Гэмпиджъ и др., въ виду обнаружившихся потомъ недостаковъ или ихъ измѣреній, или исходныхъ чиселъ, ограничимся лишь выраженіемъ Каллендара

$$r=r_0\,(1+0{,}003505\,t-0{,}00000045\,t^2); \tag{67}$$

единственный недостатокъ ур-ія (67), что оно не вполнѣ сходится съ наблюденіями при низкихъ температурахъ.

Наилучшіе результаты даетъ по опытамъ Каллендара выраженіе

$$r = r_0 \, e^{\frac{\alpha t}{1+\beta t}}, \tag{68}$$

гдѣ для платины $\alpha = 0{,}0034259$, $\beta = 0{,}001529$, но оно менѣе удобно для практическаго пользованія.

Въ заключеніе укажемъ еще совершенно своеобразный пріемъ вычисленія температуры по измѣренному сопротивленію, предложенный тоже Каллендаромъ. Онъ вводитъ новое понятіе — «платиновой шкалы» — по примѣру ртутной шкалы; именно, если сопротивленіе опредѣленнаго отрѣзка платиновой проволоки при 0^0 равно r_0, а при 100^0 равно r_{100}, то предполагая линейное возрастаніе сопротивленія, получаемъ на 1^0 Ц. увеличеніе сопротивленія на $\frac{r_{100}-r_0}{100}$. Если при искомой температурѣ t сопротивленіе оказывается равнымъ r_t, то при указанномъ предположеніи

$$t = \frac{r_t - r_0}{r_{100} - r_0} \cdot 100. \tag{69}$$

Если брать такой отрѣзокъ проволоки, для котораго $r_{100} - r_0 = 1$ ому, то все измѣреніе сводится просто къ опредѣленію увеличенія сопротивленія $r_t - r_0$. Напр., $r_t - r_0 = 7{,}58$ ома даетъ прямо 758^0 Ц.

Какъ мы уже видѣли, зависимость между t и r не линейная, поэтому найденная по ур-ію (69) температура нуждается въ поправкѣ. Если обозначить температуру по «платиновой» шкалѣ t_p, то согласно опытовъ Каллендара поправка Δt можетъ быть вычислена по уравненію

$$\Delta t = t - t_p = \delta \left[(0{,}01\, t)^2 - 0{,}01\, t \right], \tag{70}$$

гдѣ δ опытный коеффиціетъ, зависящій отъ матеріала.

Ур-іе (70) есть тоже уравненіе параболы и въ сущности равнозначаще ур-ію (66). По опытамъ Каллендара для δ надо брать величину 1,57. Новѣйшіе опыты въ Національной Физической Лабораторіи въ Англіи подтвердили справедливость ур-ія (70) до 1000^0 Ц.

Принимая для платины, которой пользуется Кэмбриджская К-ія Научныхъ Приборовъ, крупнѣйшая фирма, изготовляющая термометры, основанные на электрическомъ сопротивленіи, $\delta = 1{,}5$, получаемъ окончательно

$$t = \frac{1025}{0{,}3} - \sqrt{\left(\frac{1025}{0{,}3}\right)^2 - \frac{1000\, t_p}{0{,}15}}. \tag{71}$$

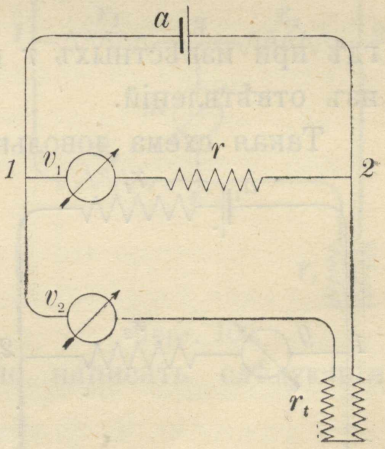
Однако на практикѣ, вмѣсто вычисленія дѣйствительной температуры t по ур-ію (71), найдя t_p, соотв. t берутъ прямо изъ приложенной фирмой при приборѣ или заранѣе вычисленной таблицы, или изъ соотв. діаграммы. О величинѣ отклоненій t_p отъ истинной температуры даетъ представленіе таблица 15. Для практическаго пользованія такая

Таблица 15.

t_p	t	t_p	t	t_p	t	t_p	t
^{0}Ц.	^{0}Ц.						
0	0	300	309,7	600	654,4	900	1049,5
50	49,6	350	364,5	650	716,2	950	1122,0
100	100,0	400	420,2	700	779,4	1000	1197,0
150	151,2	450	477,0	750	844,3	1050	1274,5
200	203,1	500	534,9	800	910,8	1100	1355,1
250	256,0	550	594,0	850	979,1		

таблица должна быть составлена, конечно, для меньшихъ промежутковъ температуръ, напр., черезъ 10^0 или даже 5^0.

29. Способы измѣренія.—Всѣ многочисленныя схемы измѣренія измѣненія сопротивленія, на первый взглядъ весьма разнообразныя, можно свести къ слѣдующимъ 4 основнымъ способамъ.



Черт. 98.

Способъ 1: неизвѣстное, измѣняющееся сопротивленіе r_t, черт. 98, опредѣляютъ по извѣстному, постоянному сопротивленію r; именно, токъ отъ аккумуляторнаго элемента a развѣтвляется въ точкѣ *1*, при чемъ согласно закона Кирхгофа по каждому изъ отвѣтвленій пойдетъ токъ, сила котораго обратно пропорціональна сопротивленію даннаго отвѣтвленія, т. е.

$$i_1 : i_2 = \frac{1}{r} : \frac{1}{r_t},$$

откуда

$$r_t = \frac{r\, i_1}{i_2}, \qquad (72)$$

зная r и измѣряя силу тока i_1 и i_2 въ каждомъ изъ отвѣтвленій при помощи соотв. приборовъ v_1 и v_2, черт. 98, найдемъ искомое сопротивленіе r_t, а по нему и соотв. температуру.

Указанный способъ примѣнялся при первыхъ приборахъ описываемаго типа самимъ Сименсомъ, который въ виду отсутствія въ то время достаточно чувствительныхъ амперметровъ бралъ въ качествѣ приборовъ для измѣренія тока два вольтаметра, въ которыхъ мѣриломъ силы тока служитъ объемъ газовъ, образующихся при электролизѣ воды. Способъ этотъ требовалъ довольно громоздкихъ и хрупкихъ приборовъ, довольно продолжительнаго времени на каждый отчетъ и въ тоже время не обладалъ большой точностью, не болѣе ± 1 до $2^0/_0$. Вотъ почему онъ въ настоящее время совершенно оставленъ.

Если вольтаметры v_1 и v_2 замѣнить двумя амперметрами, указанные недостатки устранятся, но схема вслѣдствіе присутствія двухъ измѣрительныхъ приборовъ получается все же сложнѣе, а потому и менѣе надежной другихъ схемъ. Можно, конечно, оставить лишь одинъ амперметръ, но тогда должна быть извѣстна сила тока элемента a.

Въ такомъ случаѣ имѣемъ въ дополненіе къ ур-ію (72)

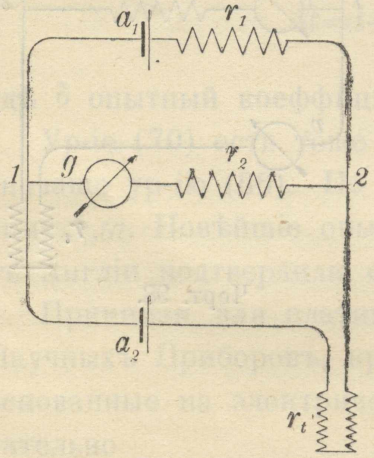
$$i = i_1 + i_2,$$

откуда

$$r_t = r\frac{i_1}{i - i_1} \quad \text{или} \quad r_t = r\frac{i - i_2}{i_2}. \tag{73}$$

гдѣ при извѣстныхъ r и i достаточно измѣрять силу тока въ одномъ изъ отвѣтвленій.

Такая схема довольно удобна, но обладаетъ слѣдующими недостатками: r_t не получается прямо, его надо еще вычислять, для точности показаній надо поддерживать постоянную силу тока элемента a, а, главное, чувствительность прибора при малыхъ измѣненіяхъ r_t невелика.



Черт. 99.

Способъ 2: Кэпсель предложилъ схему, черт. 99, которая получается изъ предыдущей, если въ ней добавить въ верхній участокъ сопротивленіе r_1, а въ нижній еще одинъ аккумуляторный элементъ a_2; если электродвижущія силы элементовъ соотв. e_1 и e_2, то по отвѣтвленію *1-2* будетъ итти токъ, сила котораго согласно закона Кирхгофа

$$i = \frac{e_1 r_t - e_2 r_1}{r_t(r_1 + r_2) + r_1 r_2}; \tag{74}$$

если для удобства измѣренія брать элементы, у которыхъ $e_1 = e_2$, то

$$i = \frac{e(r_t - r_1)}{r_t(r_1 + r_2) + r_1 r_2}, \tag{75}$$

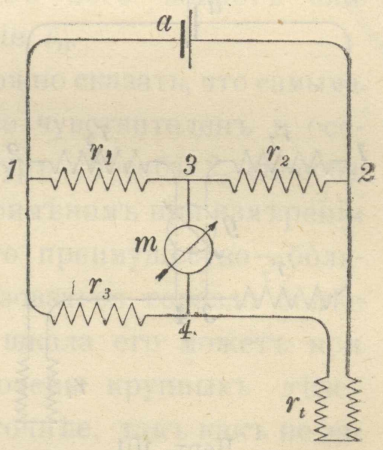
т. е., сила тока i, измѣряемая милліамперметромъ m, приблизительно пропорціональна разности сопротивленій; небольшое измѣненіе сопротивленія r_t вызываетъ значительное измѣненіе силы тока i, а вмѣстѣ съ тѣмъ и большое отклоненіе стрѣлки m. Напр., измѣненіе r_t на $10^0/_0$ можетъ измѣнить i на $100^0/_0$.

Изъ ур-ія (76) получаемъ величину сопротивленія

$$r_t = \frac{r_1(e + i r_2)}{e - i(r_1 + r_2)}. \tag{76}$$

Схема очень простая и въ отличіе отъ способа 1 очень чувствительная, поэтому она особенно удобна для измѣреній температуръ невысокихъ, когда надо отмѣчать самыя слабыя колебанія.

Способъ 3: этотъ способъ получается тоже изъ основного способа 1 соединеніемъ двухъ отвѣтвленій при помощи мостика Уитстона, черт. 100.



Черт. 100.

Если r_0 сопротивленіе мостика и милліамперметра m, r сопротивленіе на участкѣ *1-a-2*, e электродвижущая сила элемента, i сила тока его, то обозначая силы тока, проходящаго по отвѣтвленіямъ, соотв. i_1, i_2, i_3 и i_4, а по мостику i_0, по закону Кирхгофа можно написать слѣдующія 6 уравненій:

$$i - i_1 - i_3 = 0; \qquad i\,r + i_1 r_1 + i_2 r_2 = e;$$

$$i - i_2 - i_4 = 0; \qquad i_0 r_0 - i_1 r_1 + i_3 r_3 = 0;$$

$$i_0 + i_1 - i_2 = 0; \qquad i_0 r_0 + i_2 r_2 - i_4 r_t = 0;$$

исключая изъ этихъ уравненій перемѣнныя и неизвѣстныя величины силы тока i, i_1, i_2, i_3 и i_4, получаемъ для r_t выраженіе

$$r_t = \frac{e\, r_2\, r_3 + i_0\, A}{e\, r_1 - i_0\, B}, \qquad (77)$$

гдѣ

$$A = r_1 r_2 r_3 + r_1 r_0 r_3 + r_0 r_2 r_3 + r r_1 r_0 + r r_2 r_0 + r r_3 r_0 + r r_1 r_2 + r r_2 r_3,$$

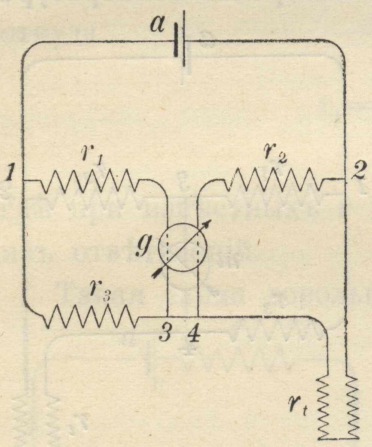
$$B = r r_0 + r r_1 + r r_3 + r_1 r_0 + r_2 r_0 + r_1 r_2 + r_2 r_3 + 2 r_1^2 + 3 r_1 r_3 + 2 r_1 r_2 r_3 r^{-1} + 2 r^2 r_3 r^{-1}.$$

Несмотря на сложный видъ величины A и B не затрудняютъ вычисленій, такъ какъ онѣ для каждой данной установки не мѣняются и могутъ быть вычислены заранѣе разъ навсегда.

Такъ какъ напряженіе тока e должно быть извѣстно, то измѣряя i_0, получаемъ всѣ данныя для опредѣленія r_t.

На практикѣ приборъ градуируется такъ, чтобы при опредѣленномъ e отклоненіе стрѣлки милліамперметра показывало прямо искомую температуру t. Для этого при нѣкоторой начальной температурѣ, напр., 0^0 Ц., всѣ 4 сопротивленія дѣлаютъ равными, стрѣлка будетъ стоять на 0, отклоняясь въ ту или другую сторону при измѣненіи r_t. Схема очень удобная и распространенная.

Представленная на черт. 101 схема Фишеръ-Крамптона по существу не отличается отъ только что разобранной: g дифференціальный гальванометръ, стрѣлка котораго получаетъ отклоненіе въ одну сторону, подъ дѣйствіемъ тока, идущаго по отвѣтвленію 1-r_1-3, а подъ дѣйствіемъ тока по вѣткѣ 4-r_2-2 —въ другую сторону; при измѣненіи сопротивленія r_t токъ по 4-r_2-2 измѣнится, о величинѣ измѣненія можно судить по измѣненію отклоненія стрѣлки g. Схема эта по сравненію съ предыдущей не имѣетъ никакихъ преимуществъ, но въ тоже время требуетъ болѣе сложный дифференціальный измѣрительный приборъ.



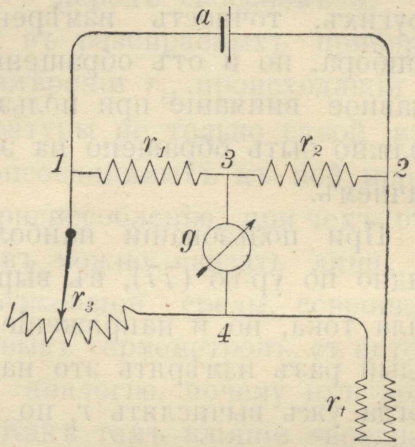
Черт. 101.

Способъ 4 получается изъ способа 3, если одно изъ постоянныхъ сопротивленій r_1, r_2 или r_3 замѣнить регулируемымъ, черт. 102, стр. 113, и при измѣненіи r_t такъ регулировать, чтобы стрѣлка гальванометра g возвращалась на 0, т. е. чтобы по мостику тока не шло; въ ур-іи (77) $i_0 = 0$ и

$$r_t = \frac{r_2 r_3}{r_1}. \qquad (78)$$

Если сдѣлать $r_1 = r_2$, то получаемъ прямо $r_t = r_3$.

Способъ этотъ очень удобенъ и точенъ. Впервые идея его была предложена Споромъ вскорѣ послѣ появленія способа Сименса. Споръ пользовался вмѣсто гальванометра телефономъ, въ которомъ электрическій токъ вызывалъ шумъ, пропадавшій въ тотъ моментъ, когда постепеннымъ измѣненіемъ постоянныхъ, т. е. не зависящихъ отъ температуры сопротивленій достигалось отсутствіе тока въ мостикѣ Уитстона.



Черт. 102.

Вмѣсто того, чтобы мѣнять r_3, черт. 102, можно мѣнять r_1 или r_2, отчего ни схема, ни ур-іе (78) по существу не измѣнятся. Наконецъ, можно включить дополнительное сопротивленіе въ мостикѣ Уитстона и измѣненіемъ этого дополнительнаго сопротивленія добиваться возвращенія на 0 стрѣлки гальванометра. Но и такая схема, предлагаемая нѣкоторыми фирмами, ничѣмъ не отличается по существу отъ разобранной. Конечно, для нея основныя уравненія, а съ ними и ур-іе (78) получатся нѣсколько иного вида, въ него войдетъ еще сдѣлавшееся теперь перемѣннымъ сопротивленіе r_0.

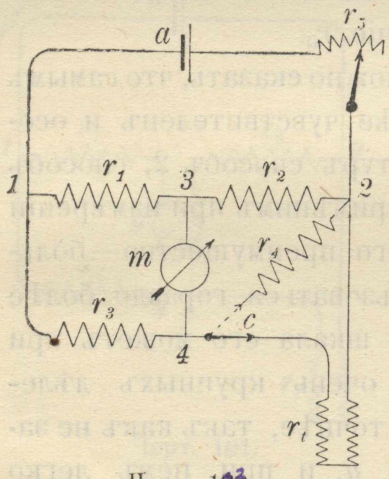
Сравнивая между собою отдѣльные способы, можно сказать, что самымъ удобнымъ и простымъ является способъ 3, болѣе чувствителенъ и особенно удобенъ для малыхъ измѣненій температуръ способъ 2, способъ 4 — нулевой нѣсколько сложнѣе, кромѣ того, не примѣнимъ при измѣреніи быстро колеблящихся температуръ, но зато его преимущество — бо̀льшая точность показаній: при немъ можно пользоваться гораздо болѣе чувствительнымъ гальванометромъ, такъ какъ шкала его можетъ при той же длинѣ имѣть лишь небольшое число очень крупныхъ дѣленій, вмѣстѣ съ тѣмъ, какъ увидимъ ниже, онъ точнѣе, такъ какъ не зависитъ отъ измѣненія напряженія элемента a, и при немъ легко уничтожить вліяніе добавочныхъ сопротивленій, кромѣ того, онъ даетъ сразу искомое сопротивленіе r_t, тогда какъ способъ 3 требуетъ вычисленій или пользованіе эмпирически градуированной шкалой, что всегда менѣе точно. Способъ 1 въ настоящее время оставленъ, какъ недостаточно чувствительный.

Разобранными схемами исчерпываются всѣ до сихъ поръ предложенныя, такъ какъ различіе схемъ, встрѣчающихся въ литературѣ, происходитъ не столько отъ различій ихъ по существу, сколько отъ различія въ изображеніи и отъ дабавленія на нихъ многихъ второ-

степенныхъ вспомогательныхъ приспособленій, лишь затемняющихъ ясность діаграммы.

30. Источники ошибокъ и ихъ устраненіе.—Въ приборахъ, основанныхъ на измѣненіи электропроводности, такъ же, какъ и во всѣхъ другихъ, точность измѣренія зависитъ не только отъ конструкціи прибора, но и отъ обращенія съ нимъ. Какъ и слѣдовало ожидать, главное вниманіе при пользованіи разбираемыми сейчасъ приборами должно быть обращено на электрическую сторону, съ которой мы и начнемъ.

При пользованіи наиболѣе распространеннымъ способомъ 3, какъ видно по ур-ію (77), въ выраженіе сопротивленія r_t входитъ не только сила тока, но и напряженіе e въ главной сѣти. Можно, конечно, каждый разъ измѣрять это напряженіе при помощи особаго прибора и тогда ужъ вычислять r_t по ур-ію (77), но на практикѣ предпочитаютъ работать съ постояннымъ e, что тѣмъ легче, что расходъ тока при измѣреніи ничтожный, а, слѣдовательно, и пониженіе напряженія аккумуляторнаго элемента очень медленное. Для того, чтобы, несмотря на измѣненіе напряженія элемента, въ сѣти оставалось постоянное напряженіе e, схему по черт. 100 надо дополнить двумя добавочными сопротивленіями r_4 и r_5, черт. 103. Контрольное сопротивленіе r_4 берется такой величины, чтобы при включеніи его при помощи переключателя c вмѣсто термометра-сопротивленія r_t при надлежащемъ e стрѣлка милліамперметра встала на опредѣленную мѣтку; если напряженіе элемента a понизилось, отклоненіе будетъ меньше, тогда выводятъ часть сопротивленія r_5, пока стрѣлка займетъ требуемое положеніе; если при r_5, выведенномъ полностью, стрѣлка все же не доходитъ до мѣтки, аккумуляторъ надо подзарядить.



Черт. 103.

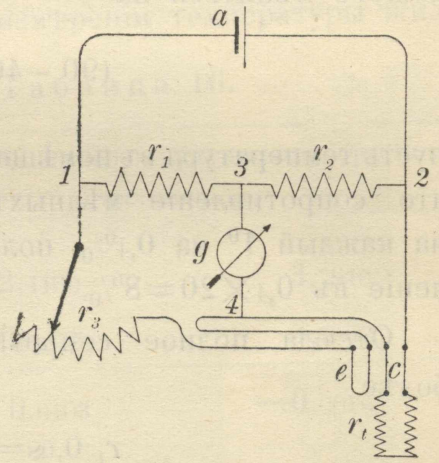
Въ способѣ 2. Кэпселя, черт. 99, провѣрка e производится такимъ же переключеніемъ на контрольное сопротивленіе, при чемъ установка стрѣлки m на требуемой мѣткѣ достигается измѣненіемъ сопротивленія r_2, которое служитъ шунтомъ для амперметра m. Для пользованія ур-іями (75) и (76) въ этомъ случаѣ необходимо еще слѣдить за тѣмъ, чтобы напряженія обоихъ элементовъ a_1 и a_2 или, точнѣе, токовъ, посылаемыхъ ими въ отвѣтвленіе *1-2*, были строго одинаковы. Чтобы урегулировать всегда возможную небольшую разницу, соединеніе въ точкѣ *2* дѣлается при помощи небольшого сопротивленія-ползушки,

устанавливаемой такъ, чтобы при опредѣленной, начальной температурѣ сопротивленія r_t стрѣлка стояла на 0.

Въ способѣ 4, нулевомъ, напряженіе e не имѣетъ значенія, что является еще однимъ преимуществомъ его передъ способомъ 3.

Независимо отъ способа измѣренія въ разбираемыхъ приборахъ существуетъ источникъ ошибокъ при измѣреніи r_t, происходящій отъ того, что происходитъ измѣненіе температуры не только самой измѣрительной платиновой спиральки, но и присоединямыхъ къ ней проводниковъ, ведущихъ къ измѣрительному приспособленію, при чемъ относительно температуры этихъ проводниковъ можно сказать лишь, что она измѣняется отъ искомой t до t_0 окружающей среды, совершенно какъ газъ въ соединительной трубкѣ у газовыхъ термометровъ, съ которой эти проводники представляютъ полную аналогію, почему ихъ можно назвать «вреднымъ сопротивленіемъ». Какъ тамъ вліяніе «вреднаго» пространства, такъ здѣсь вліяніе «вреднаго» сопротивленія можно учесть, присоединяя часть его къ сопротивленію r_0.

Для нулевого способа это вліяніе можно совершенно уничтожить при помощи компенсаціонной петли Каллендара, черт. 104: c,c проводники, «вредное» сопротивленіе которыхъ надо уничтожить; они дѣлаются изъ проволоки изъ того же металла, что сопротивленіе r_t, но большаго сѣченія для уменьшенія ихъ вліянія; e петля изъ того же металла, того же сѣченія и той же длины, что c, располагаемая параллельно c и включаемая въ участокъ $4\text{-}r_3$. Такимъ образомъ, насколько возрастаетъ вредное сопротивленіе проводовъ c, точно настолько же возрастаетъ и сопротивленіе e, т. е. участка $4\text{-}r_3$, и при $r_1=r_2$ ур-іе (78) по прежнему даетъ точно $r_t=r_3$. Единственный недостатокъ этой петли—необходимость имѣть отъ сопротивленія-термометра 4 проводника.



Черт. 104.

Для способа 3 примѣненіе компенсаціонной петли не можетъ дать полнаго уничтоженія вліянія вреднаго сопротивленія, какъ видно по ур-ію (77), но нѣкоторое улучшеніе оно даетъ; главное же, надо дѣлать вредное сопротивленіе возможно малымъ, тогда и измѣненіе его не будетъ столь ощутительнымъ.

Для того, чтобы колебанія температуры не сказывались на показаніяхъ приборовъ, и остальные проводники, отъ термометра до измѣ-

рительнаго приспособленія, гальванометра и мостика Уитстона, должны имѣть возможно малое сопротивленіе. Для техническихъ цѣлей обыкновенно рекомендуютъ брать эти проводники мѣдные, изолированные, такого сѣченія, чтобы полное сопротивленіе ихъ было не болѣе 1 ома. При очень точныхъ опытахъ берутъ проводники короткіе и настолько толстые, чтобы ихъ сопротивленіе было около 0,01 ома. Вмѣстѣ съ тѣмъ, если не соблюдать этого условія, то нельзя также пользоваться безъ значительной неточности температурной шкалой, нанесенной при изготовленіи прибора, а приходится температуру вычислять при помощи соотв. ур-ія (76), или (77), или (78).

При болѣе значительной длинѣ проводниковъ ихъ сѣченія лучше вычислять, исходя изъ величины допустимой погрѣшности вслѣдствіе колебанія температуры въ помѣщеніяхъ, по которымъ проходятъ проводники. Проще всего пояснить это на примѣрѣ.

Примѣръ: измѣряется температура въ сушилкѣ, гдѣ она колеблется отъ $+40^0$ до $+90^0$ Ц.; сопротивленіе термометра равно при 0^0 Ц. 50 ом., возрастая на каждый 1^0 примѣрно на 0,18 ома. Если точность измѣренія достаточна $\pm 1\%$, то сопротивленіе мѣдныхъ проводниковъ можетъ мѣняться на

$$(90-40).\ 0{,}18\ 0{,}01=0{,}09 \text{ ома};$$

пусть температура въ помѣщеніяхъ колеблется отъ $+5^0$ до $+25^0$Ц.; считая, что сопротивленіе мѣдныхъ проводниковъ растетъ съ температурой на каждый 1^0 на $0{,}4\%$, получимъ для колебанія $25^0-5^0=20^0$ измѣненіе въ $0{,}4\times 20=8\%$.

Отсюда полное сопротивленіе r_l проводниковъ должно быть не болѣе

$$r_l\ 0{,}08=0.09 \text{ ом.}, \qquad r_l<1{,}1 \text{ ома.}$$

Если длина одного проводника $L=60$ мт., удѣльное сопротивленіе мѣди $c=0{,}017$ ом., то сѣченіе f получается по указанному выше ур-ію (60)

$$f=\frac{c\,.\,L}{r}=\frac{0{,}017.2.60}{1{,}1}\cong 2 \text{ мм.}^2$$

Для того, чтобы быть увѣреннымъ, что сопротивленіе проводниковъ съ теченіемъ времени не измѣняется, всѣ соединенія лучше дѣлать при помощи пайки оловомъ, а не зажимовъ и винтовъ, у которыхъ поверхности соприкосновенія легко покрываются окисью, сильно

увеличивающей сопротивленіе. Тамъ, гдѣ зажимы неизбѣжны, поверхности нужно осматривать и чистить.

Для правильности отчетовъ постоянныя сопротивленія не должны мѣняться съ температурой, въ этихъ видахъ ихъ дѣлаютъ изъ манганина, температурный коэффиціентъ котораго равенъ всего 0,00001. Регулируемыя сопротивленія, напр. r_3, черт., 102, при точныхъ измѣреніяхъ лучше дѣлать въ видѣ магазиновъ сопротивленія со штепселями; послѣдніе должны имѣть достаточно большую, хорошо приточенную поверхность.

Наконецъ, надо слѣдить, чтобы не было термоэлектрическихъ явленій, для чего всѣ соединенія должны быть по возможности изъ одинаковыхъ металловъ и имѣть одинаковую температуру.

При особенно точныхъ измѣреніяхъ можно уничтожать вліяніе термоэлектрическихъ токовъ, дѣлая 2 отчета—одинъ при прямомъ, другой при обратномъ направленіи тока отъ аккумулятора. Въ этомъ случаѣ удобно пользоваться переключателемъ съ ртутью, или особой конструкціи, или состоящимъ изъ простыхъ стаканчиковъ съ ртутью, въ которые погружаются попеременно концы проводниковъ отъ аккумулятора.

Насколько термоэлектрическіе токи вліяютъ на отчеты, можно пояснить, приведя наблюденія Р. Роте при измѣреніи температуры жидкаго воздуха при помощи обычнаго прибора и улучшеннаго по черт. 124, стр. 123. Отчетъ I дѣлался при одномъ направленіи тока, отчетъ II при обратномъ; разница, перечисленная на ^{0}Ц., составляетъ $0{,}8^0$ для англійскаго и всего $0{,}08^0$ Ц. для прибора Роте.

Таблица 16.

№ отчета	англійскій приборъ	улучш. приборъ Роте
	милливольтъ	
I	2,4169	3,7816
II	2,4272	3,7800
разница	+0,0103	—0,0016

Относительно силы тока, пропускаемаго отъ аккумулятора, нужно указать, что она вообще не велика, всего около 0,1 ампера. Для особенно точныхъ наблюденій, напр., при помощи нулевого способа, силу тока берутъ еще менѣе, около 0,01 ампера, такъ какъ иначе токъ при прохожденіи нагрѣваетъ платиновую спираль и тѣмъ нѣсколько увеличиваетъ показанія прибора. Впрочемъ при силѣ тока въ 0,01 амп. нагрѣваніе это, по наблюденіямъ Каллендара, даетъ ошибку менѣе $0{,}02^0$Ц.

Въ заключеніе надо сказать нѣсколько словъ объ изоляціи платиновой спирали: витки ея наматываютъ иногда на фарфоровый стержень, однако при высокихъ температурахъ сопротивленіе фарфора замѣтно убываетъ, кромѣ того, платина становится хрупкой и мѣстами

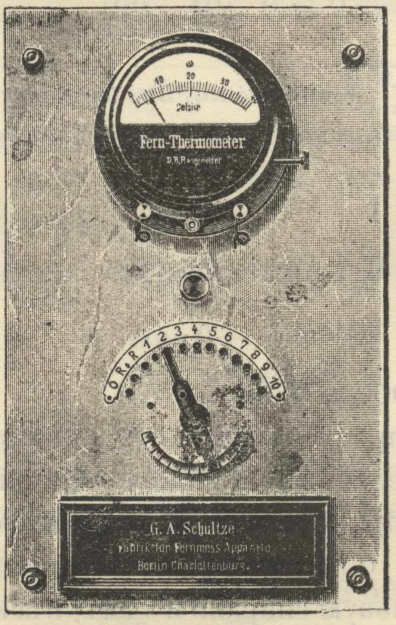
прилипаетъ къ фарфоровому стержню, что можно объяснить примѣсями въ фарфорѣ. Очень хорошіе изоляторы можно изготовлять изъ слюды; къ сожалѣнію, при температурѣ около $+800^0$ Ц. слюда выдѣляетъ воду и становится очень хрупкой. Въ настоящее время слюду съ успѣхомъ замѣняютъ кварцевымъ стекломъ.

По тому же вопросу можно указать еще слѣдующее: при измѣреніи температуръ ниже 0^0 Ц. воздухъ, заключающійся въ трубкѣ съ платиновой спиралью, выдѣляетъ влагу въ видѣ инея, который даетъ добавочное, хотя и слабое замыканіе отдѣльныхъ витковъ спирали, что отражается на показаніяхъ, давая преувеличенную температуру. Во избѣжаніе этого явленія приходится закрывать трубку и доступъ воздуха дѣлать черезъ сушильное приспособленіе. Конструкція такого прибора указана ниже, стр. 123.

Резюмируя все вышеизложенное, можно сказать, что всѣ источники ошибокъ можно отчасти избѣжать, какъ, напр., при нулевомъ способѣ, отчасти свести до ничтожно малой величины, въ крайнемъ же случаѣ, какъ, напр., вліяніе температуры на гальванометръ и проводники, учесть съ достаточной точностью по тѣмъ же правиламъ, какъ и при термоэлектрическихъ измѣреніяхъ.

31. Описаніе различныхъ конструкцій.—Хотя выше мы все время говорили объ измѣненіи сопротивленія платины, какъ металла наиболѣе подходящаго для указанной цѣли, но на практикѣ встрѣчаются приборы и съ другимъ металломъ: для измѣренія температуръ отъ -50^0 до $+100^0$ Ц. спираль дѣлается изъ тонкой желѣзной проволоки; для сырыхъ помѣщеній или въ присутствіи паровъ кислотъ вмѣсто желѣзной проволоки берутъ иногда золотую; для температуръ отъ $+100^0$ до $+600^0$ Ц. часто пользуются никелевой проволокой.

Черт. 105.



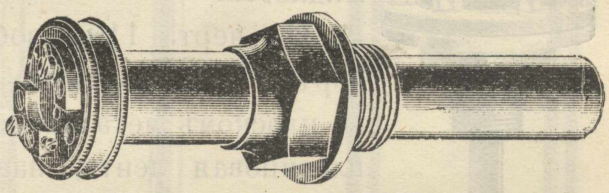
Черт. 106.

Сами конструкціи довольно разнообразны, смотря по назначенію прибора и способу производства отчетовъ.

На черт 105 изображенъ примѣрно въ 1:8 натур. вел. приборъ для измѣренія температуры въ помѣщеніи при пользованіи схемой

Кэпселя, способъ 2; сопротивленіе изъ тонкой желѣзной, а въ соотв. случаяхъ изъ золотой проволоки окружено кожухомъ изъ продырявленной жести для предохраненія отъ механическихъ поврежденій. Приборъ предназначается для отчетовъ на разстояніи; прикрѣпленный къ кожуху ртутный термометръ служитъ для отчетовъ на мѣстѣ и для контроля.

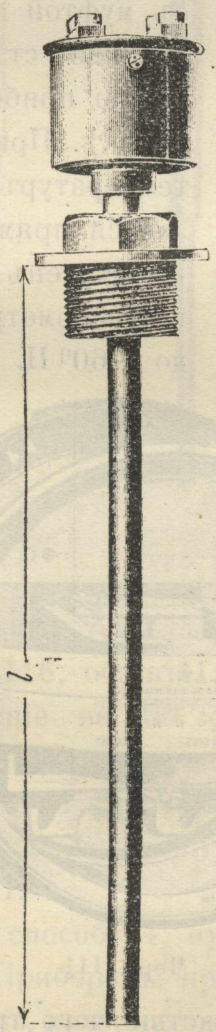
На черт. 106 представленъ примѣрно въ томъ же масштабѣ соотв. гальванометръ прямо съ температурной шкалой; для измѣренія этимъ же гальванометромъ температуры въ 10 мѣстахъ подъ нимъ находится переключатель. Крайняя лѣвая кнопка, съ указателемъ 0, служитъ для выключенія гальванометра, слѣдующими двумя кнопками, R_0 и R, пользуются при урегулированіи силы тока обоихъ элементовъ, какъ упомянуто выше, стр. 114.



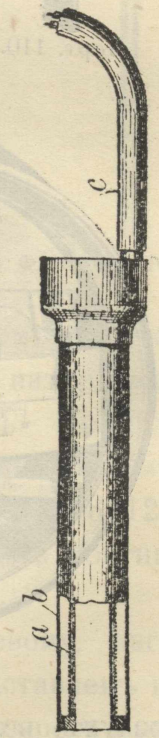
Черт. 107.

На черт. 107 изображенъ приборъ для той же схемы, но для измѣренія температуры, напр., перегрѣтаго пара; приборъ ввертывается прямо въ стѣнку паровой трубы; сопротивленіе дѣлается изъ никелевой проволоки; кожухъ изъ желѣза; примѣнимъ приборъ до 500° Ц. Фирма Г. А. Шульцъ строитъ такіе же приборы для измѣренія температуръ въ дымоходахъ, но только съ болѣе длиннымъ стержнемъ, отъ 100 до 300 см., и съ открытой снизу желѣзной трубкой.

Теперь перейдемъ къ описанію наиболѣе распростаненныхъ приборовъ, дѣйствующихъ по способу 3. На черт. 108 представленъ изготовляемый фирмой П. Браунъ термометръ для непосредственнаго ввертыванія въ трубопроводъ или фланецъ въ обмуровкѣ котла. Спираль изъ никеля, кожухъ стальной; длина l отъ 150 до 2000 мм.; примѣнимъ приборъ для температуръ до 500° Ц.



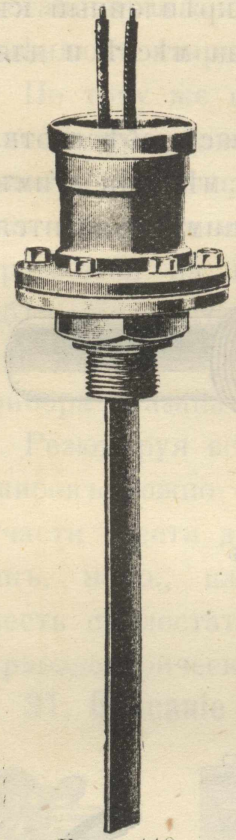
Черт. 108.



Черт. 109.

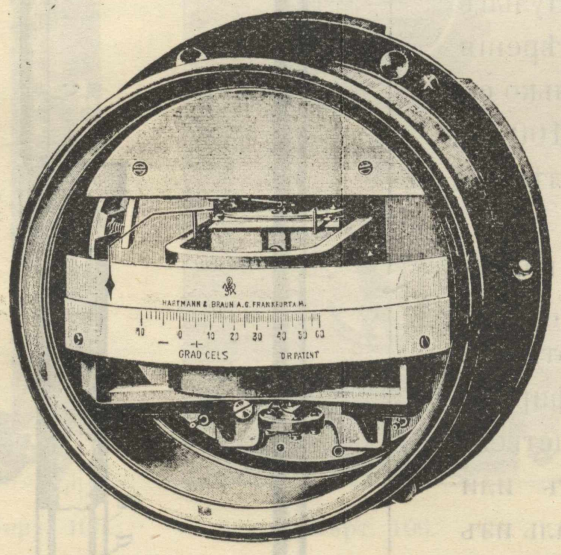
На черт. 109 изображенъ въ 1:2 натур. вел. приборъ, изготовляемый той же фирмой, для измѣренія температуры жидкости непосред-

ственнымъ погруженіемъ въ нее прибора: тонкая никелевая проволока *a* намотана на фарфоровую трубку, открытую съ обоихъ концовъ; проволока закрыта герметическимъ кожухомъ изъ мѣдной трубки *b*; проводники къ гальванометру состоятъ изъ гибкаго двухжильнаго кабеля съ свинцовой оболочкой *c*. Указанной конструкціей, соприкосновеніемъ прибора съ жидкостью и снаружи и изнутри, достигается очень быстрое слѣдованіе его за измѣненіями температуры изслѣдуемой жидкости.



Черт. 110.

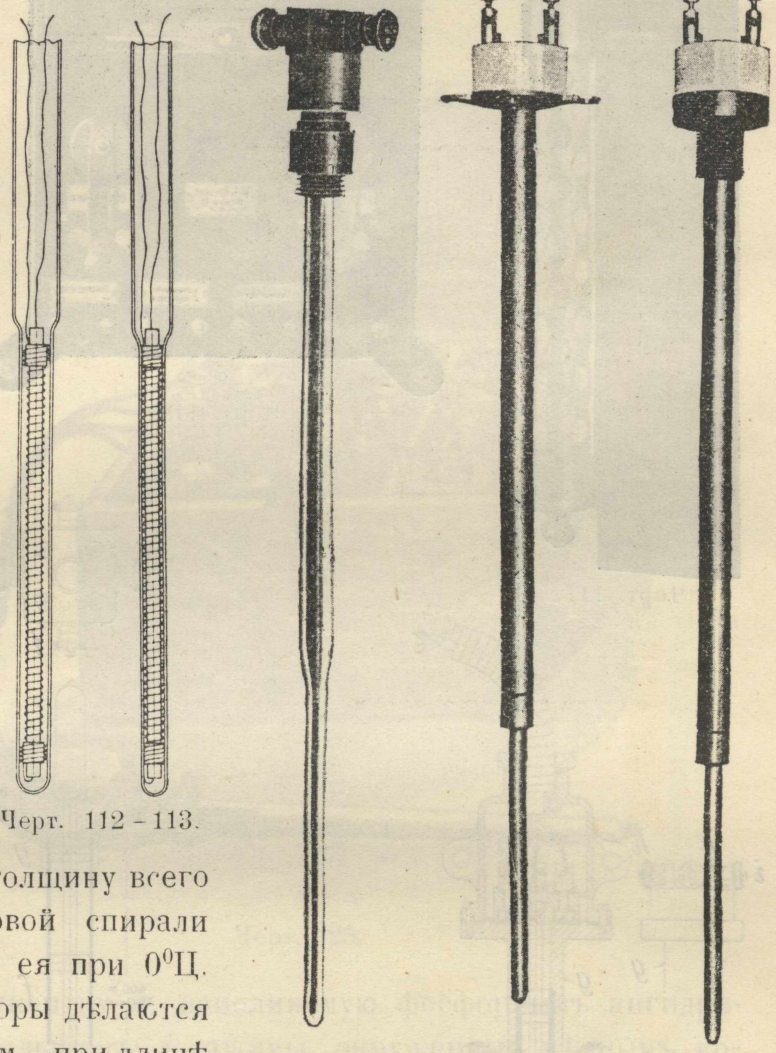
На черт. 110 изображенъ въ 1:4 натур. вел. приборъ, изготовляемый фирмой Гартманнъ и Браунъ: въ плоскомъ металлическомъ кожухѣ заключается тонкая платиновая лента, навернутая спиралью на пластинку изъ слюды. Фланецъ у нижней части головки скрѣпленъ съ муфтой для ввертыванія въ трубопроводъ; въ случаѣ плоской стѣнки у сосуда съ изслѣдуемой жидкостью можно приборъ привертывать фланцемъ прямо къ этой стѣнкѣ. Приборъ этотъ предназначается для измѣренія температуръ отъ -100^0 до $+500^0$ Ц. Гальванометръ дѣлается прямо съ температурной шкалой. На черт. 111 изображенъ въ 1:4 натур. вел. типъ настѣннаго гальванометра для предѣловъ температуръ отъ -20^0 до $+60^0$ Ц.



Черт. 111.

Наиболѣе удачной изъ разбираемаго типа приборовъ надо признать появившуюся недавно конструкцію, изготовляемую фирмой В. К. Герэусъ, черт. 112 и 113, стр. 121: платиновая проволока навертывается въ видѣ спирали на нагрѣтую до размягченія палочку изъ кварцеваго стекла и вставляется въ тонкостѣнную трубку тоже изъ кварцеваго стекла; послѣ этого трубку нагрѣваютъ до размягченія и выкачиваютъ изъ нея воздухъ, вслѣдствіе чего трубка плотно садится на палочку, такъ что витки платины подходятъ близко къ поверхности трубки; вслѣдствіе отсутствія воздушной прослойки такой термометръ слѣдуетъ почти

мгновенно за измѣненіями измѣряемой температуры и не боится самыхъ рѣзкихъ колебаній ея, въ чемъ большое преимущество его передъ обыкновенными ртутными; отъ платиноваго сопротивленія до зажимовъ въ головкѣ идутъ два проводника; для температуръ до $+400^0$Ц. проводники дѣлаются изъ серебряной, до $+900^0$ изъ золотой проволоки; соединененіе съ платиновыми концами дѣлается не припаиваніемъ, а сплавленіемъ.



Черт. 112 - 113. Черт. 114. Черт. 115. Черт. 116.

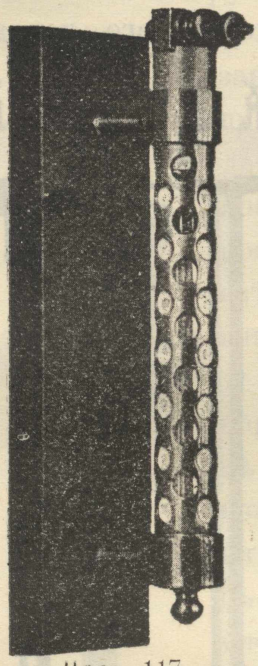
На черт. 114 изображенъ въ 1:2 натур. вел такой термометръ для научныхъ измѣреній; нижняя тонкая часть имѣетъ толщину всего 4 мм., длина платиновой спирали 60 мм., сопротивленіе ея при 0^0Ц. 50 омъ; такіе же приборы дѣлаются толщиной всего въ 3 мм., при длинѣ спирали 20 мм. и сопротивлен. 25 омъ.

Для техническихъ цѣлей приборъ снабжается кожухомъ изъ желѣзной или стальной трубки, черт. 115 и 116, оба въ 1:5 натур. вел.; длина спирали у нихъ 60 мм., сопротивленіе ея 50 омъ. Предѣлы температуръ -200^0 до $+700^0$ Ц. Для измѣренія температуры въ помѣщеніи предназначается приборъ по черт. 117, 1:2 натур. вел., стр. 122.

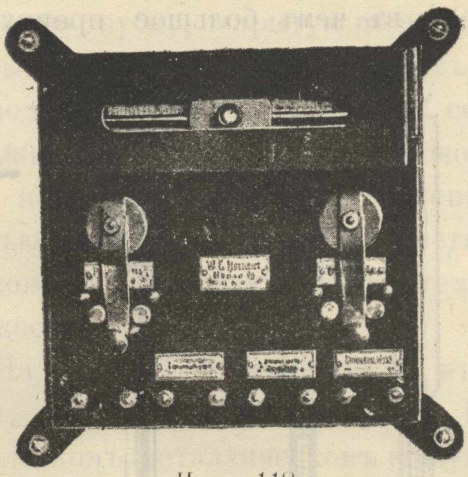
На черт. 118 представленъ въ 1:5 натур. вел. внѣшній видъ мостика Уитстона для приборовъ по черт. 114—117.

Наконецъ, приборъ для измѣреніи по способу 4, нулевому, изготовляемый Кэмбриджской К-іей Научныхъ Приборовъ, представленъ на черт. 119—121, стр. 122: *a* платиновая спираль, навернутая на крестъ изъ слюдяныхъ пластинокъ, *b*—4 платиновыхъ же проводника, вѣрнѣе 2 проводника и одна компенсаціонная петля Каллендара; *c* диски изъ

слюды, поддерживающіе эти проводники, *d* фарфоровая трубка, *e* стальная трубка-кожухъ, которую совѣтуютъ снимать при измѣреніи температуръ выше 700° Ц., *f*—тоже стальная трубка; головка *g* дѣлается изъ буксоваго дерева, *i* зажимы, ведущіе къ мостику Уитстона. Приборъ предназначается до +1200° Ц.

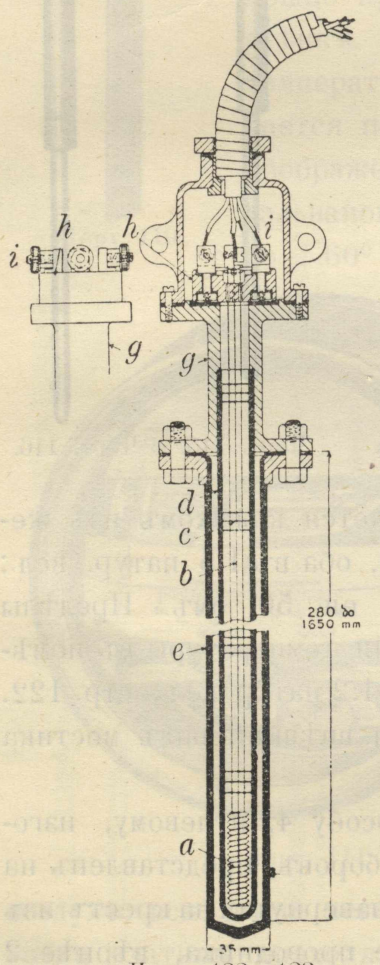


Черт. 117.

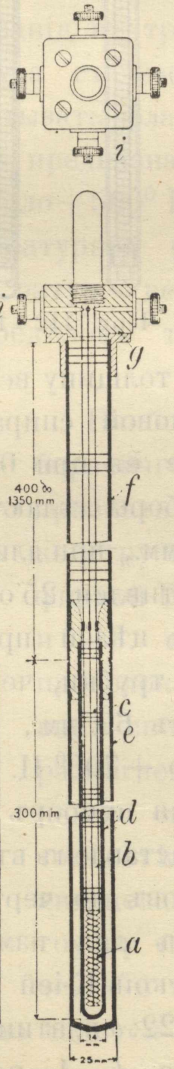


Черт. 118.

На черт. 122 изображенъ такой же приборъ, но болѣе приспособленный для техническихъ измѣреній; одинаковыми буквами обозначены тѣ же части, что на черт. 119; *h* фарфоровой изоляторъ. Головка *g* изъ чугуна предохраняетъ зажимы отъ механическихъ поврежденій, дѣйствія сырости и паровъ кислотъ; для той же цѣли проводники къ мостику дѣлаются въ видѣ кабеля; въ случаѣ, если этого не надо опасаться, можно ставить фарфоровую головку по черт. 123.



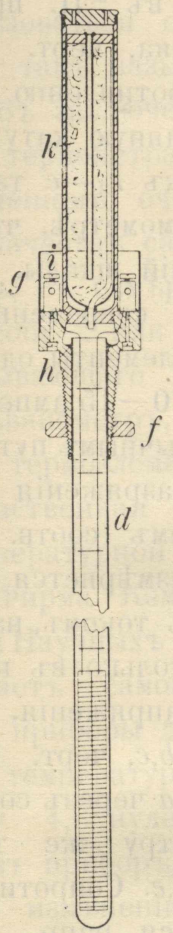
Черт. 122—123.



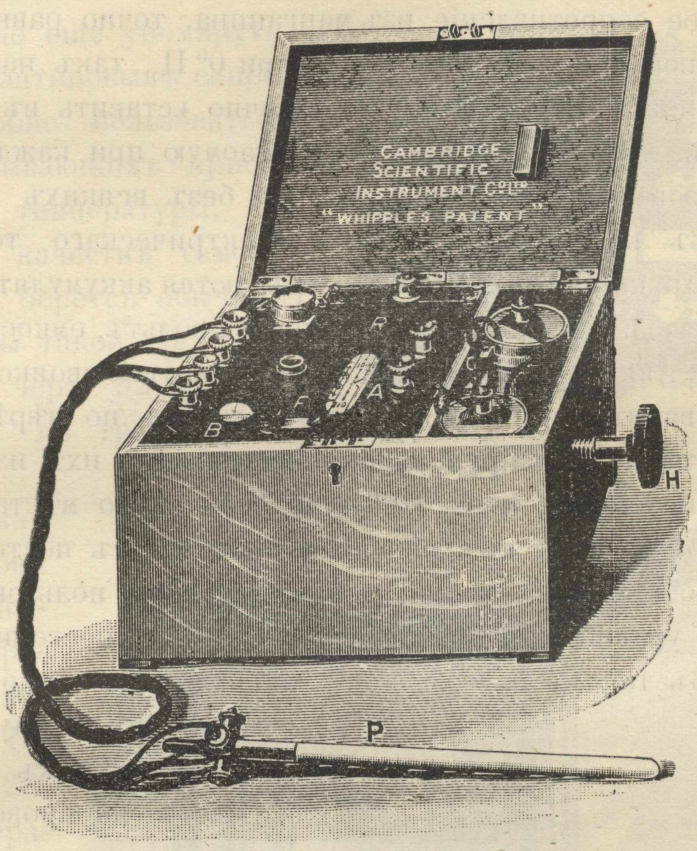
Черт 119—121.

Для измѣренія температуръ ниже 0° Ц. служитъ упомянутый выше, стр. 118, термометръ по черт. 124; для герметичности конецъ *h*

трубки d заливается воскомъ или парафиномъ и, кромѣ того, сдавливается гайкой f съ конической рѣзьбой; воздухъ можетъ попадать въ d,



Черт. 124.



Черт. 125.

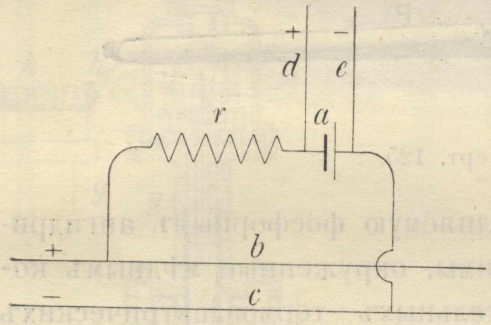
только пройдя полую рукоятку k, наполняемую фосфорнымъ ангидридомъ или хлористымъ кальціемъ; i зажимы, окруженные мѣднымъ кожухомъ g для предотвращенія нежелательныхъ термоэлектрическихъ явленій подъ вліяніемъ лучеиспусканія и движенія воздуха.

Въ качествѣ мостика Уитстона и гальванометра можно пользоваться приборами обыкновеннаго типа, но очень удобна также конструкція Уиппля, изготовляемая Кэмбриджской К-іей Научныхъ Приборовъ, гдѣ и мостикъ, и гальванометръ и элементы собраны въ одинъ небольшой ящикъ, черт. 125, около 1:7 натур. вел.: P самый термометръ, B гальванометръ, стрѣлка котораго приводится къ нулю измѣненіемъ сопротивленія r_3, черт. 104, для чего поворачиваютъ маховичекъ H; F нажимной рычажекъ для замыканія тока; подвижная шкала A даетъ сопротивленіе r_3 или даже прямо искомую температуру t_n въ ^{0}Ц. C пара аккумуляторныхъ элементовъ, а R регулирующее сопротивленіе для установки требуемаго напряженія.

Для того, чтобы однимъ и тѣмъ же приборомъ Уиппля можно было пользоваться для термометровъ съ разной величиной сопротивленія при начальной температурѣ, т. е. получать показанія въ ^{0} Ц. прямо на шкалѣ A, фирма включаетъ въ участокъ r_3-e мостика, черт. 104, особое сопротивленіе изъ манганина, точно равное сопротивленію платиновой спирали термометра при 0^0 Ц., такъ назыв. ледяную катушку. При смѣнѣ термометра достаточно вставить въ участокъ r_3—e также соотв. ледяную катушку, прилагаемую при каждомъ термометрѣ, чтобы пользоваться приборомъ Уиппля безъ всякихъ измѣненій шкалы.

Въ качествѣ источника электрическаго тока въ современныхъ конструкціяхъ чаще всего встрѣчаются аккумуляторные элементы, одинъ, иногда два съ напряженіемъ около 2 вольтъ, емкостью въ 10—15 амперчасовъ. Аккумуляторами можно пользоваться двояко: или обычнымъ путемъ, предварительно заряжая ихъ и затѣмъ по мѣрѣ ихъ разряженія при работѣ компенсируя паденіе напряженія ихъ измѣненіемъ соотв. сопротивленія r_5, черт. 103, или, если около мѣста, гдѣ измѣряется температура, есть электрическая проводка съ постояннымъ токомъ, напр., для освѣщенія, можно аккумуляторомъ пользоваться только въ качествѣ уравнителя, дающаго токъ малаго, постояннаго напряженія.

Въ такомъ случаѣ токъ отъ главныхъ проводовъ b,c, черт. 126, идетъ въ аккумуляторъ a черезъ сопротивленіе r, къ термометру же токъ идетъ по проводамъ d,e. Сопротивленіе r, которое дѣлается, напр., изъ желѣзныхъ проволокъ, воспринимаетъ большія колебанія напряженія, а аккумуляторъ выравниваетъ мелкія, болѣе частыя колебанія. При такой установкѣ отпадаетъ необходимость въ регулировочномъ сопротивленіи r_5, черт. 103; повѣрочное сопротивленіе r_4 остается лишь для контроля правильности всей установки. При пользованіи схемой по черт. 126 можно, мѣняя сопротивленіе r и соотв. нанося на гальванометръ вторую температурную шкалу, получать приборъ или съ двумя областями измѣреній, т. е съ разными предѣлами, напр., 0^0 до $+400^0$ и $+400^0$ до $+800^0$, или, нѣсколько измѣнивъ мостикъ, съ разными дѣленіями, болѣе крупными въ нѣкоторыхъ болѣе тѣсныхъ и болѣе интересныхъ для даннаго случая предѣлахъ, напр., 0^0 до $+800^0$ и $+500^0$ до $+700^0$ Ц.



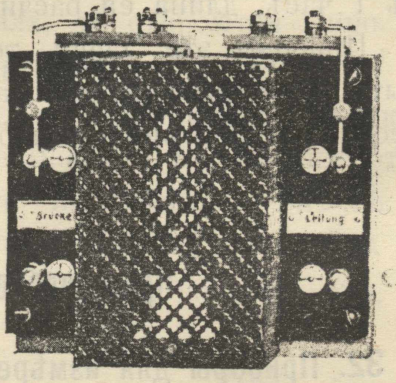
Черт. 126.

Внѣшній видъ такого компенсатора, состоящаго изъ сопротивленія и аккумулятора, представленъ въ 1:5 натур. вел. на черт. 127;

онъ уравниваетъ совершенно колебанія напряженія въ сѣти, доходящія до $10^0/_0$.

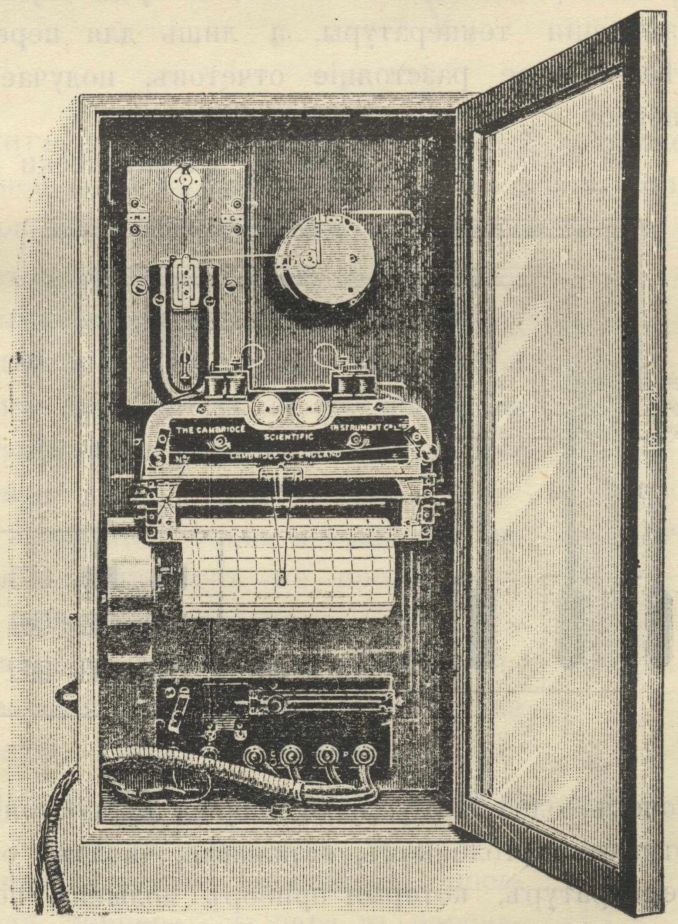
Въ случаѣ отстутствія постояннаго электрическаго тока, можно пользоваться обыкновенными гальваническими элементами, Лекланшэ или, такъ назыв., сухими элементами.

Въ заключеніе надо еще упомянуть, что термометрами съ платиновымъ сопротивленіемъ очень удобно пользоваться въ качествѣ самозаписывающихъ приборовъ, съ измѣреніемъ температуры, по способу 2 или 3. Въ качествѣ самозаписывающаго прибора берется обычный гальванометръ, хотя бы такой же, какъ для термоэлементовъ, черт. 92 или 93; единственная разница въ градуировкѣ температурной шкалы.



Черт. 127.

Фирма Кэмбриджская К-ія Научныхъ Приборовъ дѣлаетъ самозаписывающіе приборы для измѣренія температуры по способу 4, нулевому. Въ этомъ приборѣ, черт. 128, при измѣненіи температуры термометра стрѣлка гальванометра получаетъ отклоненіе въ ту или другую сторону и этимъ отклоненіемъ замыкаетъ токъ, идущій въ одинъ изъ двухъ маленькихъ электродвигателей, который перемѣщаетъ въ горизонтальномъ направленіи стрѣлку, на концѣ котораго находится перо, лежащее на барабанѣ; одинъ двигатель приходитъ въ движеніе при повышеніи температуры, другой — при пониженіи. Барабанъ, обернутый градуированной бумагой, дѣлаетъ подъ дѣйствіемъ часового механизма



Черт. 128.

одинъ оборотъ въ 25 часовъ; простымъ переключеніемъ передаточнаго механизма скорость эту можно увеличить, тогда одинъ оборотъ будетъ дѣлаться въ 2 часа 5 мин..

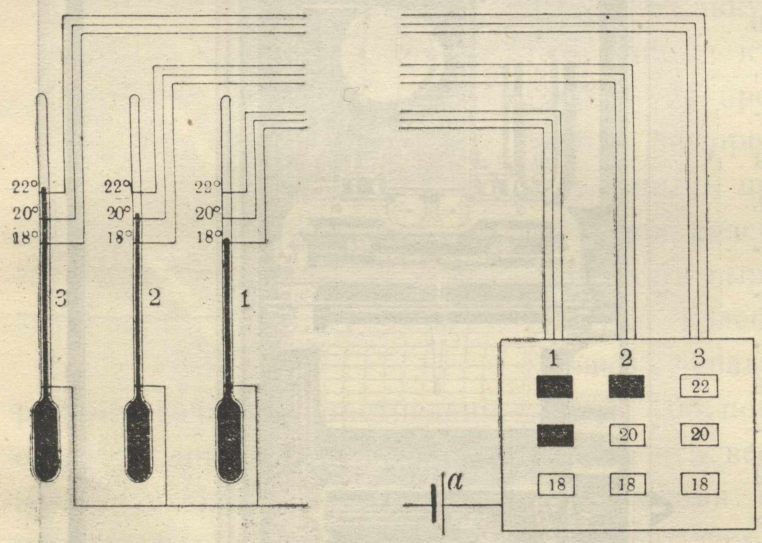
Указанная фирма дѣлаетъ такіе самозаписывающіе приборы еще съ бумажной лентой, вмѣсто барабана; скорость ея движенія 10 мм. въ 1 часъ, длина ея расчитана на недѣльную запись.

Приборы эти очень точны, достаточно чувствительны и могутъ быть рекомендованы для лабораторныхъ, научныхъ работъ. Для техническихъ цѣлей они слишкомъ деликатны и дороги.

Производство отчетовъ на разстояніи.

32. Приборы для измѣренія температуры на разстояніи.—Здѣсь мы разберемъ нѣсколько приборовъ, устройство которыхъ основано тоже на электрическихъ явленіяхъ, которыя служатъ однако не для самого измѣренія температуры, а лишь для передачи на болѣе или менѣе далекое разстояніе отчетовъ, получаемыхъ по тому или иному способу.

На черт. 129 изображена схематически группа изъ ртутныхъ термометровъ, показанія которыхъ передаются на разстояніе при помощи номератора подобно употребляемымъ при электрическихъ звонкахъ. Номераторъ приводится въ дѣйствіе слѣдующимъ образомъ: въ стеклянную трубку термометра запаяно нѣсколько платиновыхъ проволочекъ, одна внизу, находящаяся въ постоянномъ соприкосновеніи съ ртутнымъ столбикомъ, остальныя, числомъ отъ 3 до 8, смотря по числу температуръ, которыя приборъ долженъ показывать, выше—противъ соотв. дѣленій. Эти контакты соединены проводами съ небольшимъ источникомъ электрическаго тока *a*. Когда столбикъ ртути дойдетъ до нижняго изъ вдѣланныхъ противъ дѣленій контактовъ, онъ замкнетъ токъ

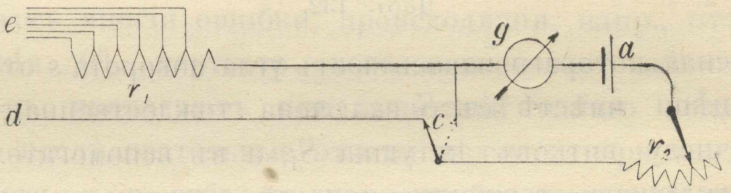


Черт. 129.

отъ a, который тѣмъ или инымъ способомъ заставляетъ открываться первый щитокъ номератора, показывающій достигнутую температуру; по мѣрѣ повышенія температуры открываются слѣдующія показанія. Чтобы провѣрить, не упала ли затѣмъ температура, надо закрыть щитки откинувшихся показаній; если температура не упала, они сейчасъ же всѣ опять откроются, если упала, то откроются лишь тѣ, контакты которыхъ остались замкнутыми ртутью.

Чтобы токъ не расходовался напрасно, каждый щитокъ при открываніи автоматически его тотчасъ же прерываетъ. Недостатки этого приспособленія—отсутствіе непрерывности показаній, а вмѣстѣ съ тѣмъ большое число проводовъ и значительная общая длина ихъ.

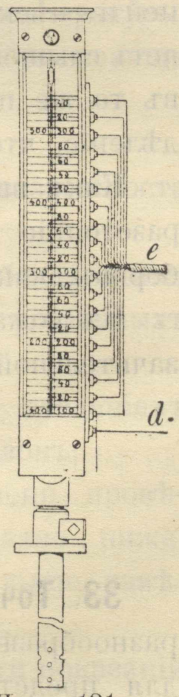
Это послѣднее неудобство устранено въ схемѣ по черт. 130, въ которой для дальней передачи требуется лишь 2 проводника, сколько бы контактовъ въ ртутный термометръ ни было впаяно. Указателемъ температуры здѣсь служитъ гальванометръ g, въ который поступаетъ токъ большей или меньшей силы въ зависимости отъ величины сопротивленія r_1: по мѣрѣ повышенія столбика ртути включаются все новые контакты, которые въ свою очередь, соединенные проводниками e съ отдѣльными элементами сопротивленія r_1, включаютъ новые элементы его; общее сопротивленіе при этомъ уменьшается, токъ возрастаетъ и увеличиваетъ отклоненіе стрѣлки гальванометра, при паденіи температуры происходитъ обратное.



Черт. 130.

Такъ какъ токъ отъ элемента a очень небольшого напряженія, то окисленія у контактовъ не происходитъ даже при продолжитель включеніи прибора.

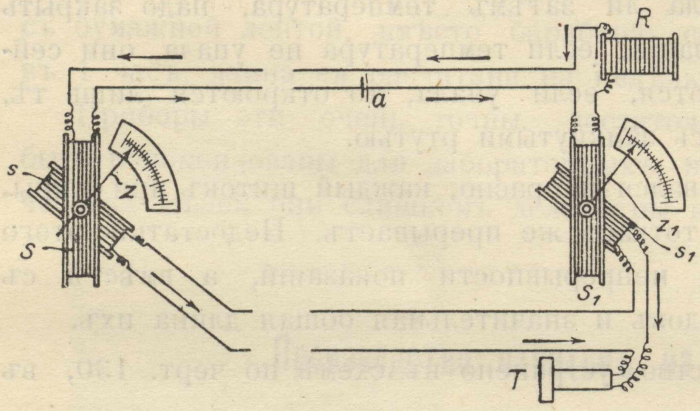
Переключатель c служитъ для провѣрки показаній гальванометра: если при поворачиваніи c вправо стрѣлка g не встанетъ на опредѣленную мѣтку, вслѣдствіе паденія напряженія въ элементѣ a, то измѣняютъ соотв. добавочное сопротивленіе r_2.



Черт. 131.

На черт. 131 изображенъ соотв. термометръ, предназначенный для контроля температуры пара въ пароперегрѣвателѣ; e кабель, скрученный изъ отдѣльныхъ проводниковъ, ведущихъ къ частямъ сопротивленія r_1, черт. 130.

Совершенно своеобразенъ приборъ Мённиха, черт. 132; собственно измѣрителемъ температуры служитъ металлическій термометръ или тальпотазиметръ, поворачивающій указательную стрѣлку z вмѣстѣ съ соединенной съ ней электрической катушкой s; послѣдняя снаружи охватывается другой бо̀льшей катушкой S, черезъ которую пропускается прерывистый токъ отъ румкорфовой спирали R и элемента a, вслѣдствіе чего въ катушкѣ s возбуждается индуктивный токъ, сила котораго зависитъ отъ угла поворота s относительно S. Въ главной цѣпи вмѣстѣ съ S включена тождественная ей по сопротивленію и числу витковъ катушка S_1, а въ вспомогательной цѣпи вмѣстѣ съ s включена тождественная ей катушка s_1, отъ которой получается индуктивный токъ обратнаго направленія, и телефонная трубка T. При одинаковомъ положеніи s и s_1 относительно S и S_1 въ нихъ возбуждаются индуктивные токи, одинаковой силы и потому взаимно уничтожающіеся, въ трубку T ничего не слышно. Когда z, а вмѣстѣ съ ней и s нѣсколько повернется, токи будутъ разной силы, и въ трубку T будетъ слышенъ шумъ, который пропадетъ, когда s_1 рукой будетъ повернуто въ то же положеніе, что и s, при этомъ стрѣлка z_1 встанетъ на то же дѣленіе, что и z.



Черт. 132.

Какъ видно, схемой Мённиха можно пользоваться для передачи на разстояніе не только показаній термометровъ, но и другихъ приборовъ, какъ манометры, тахометры, показатели уровня воды и т. д.

Къ сожалѣнію, точность измѣренія по схемѣ Мённиха зависитъ въ значительной мѣрѣ отъ тонкости слуха лица, дѣлающаго отчетъ.

Общія практическія указанія.

33. Точность различныхъ приборовъ.—При выборѣ изъ весьма разнообразныхъ описанныхъ выше приборовъ наиболѣе подходящаго для предстоящихъ измѣреній приходится руководствоваться двумя обстоятельствами: удобствомъ пользованія приборомъ и точностью его показаній; для очень многихъ измѣреній послѣднее обстоятельство

является рѣшающимъ. Выше, при описаніи отдѣльныхъ приборовъ, мы указывали уже точность каждаго прибора, здѣсь мы соберемъ лишь эти данныя въ болѣе наглядную, стройную сводку. Но прежде чѣмъ ее дѣлать, вообще разберемся нѣсколько въ вопросѣ, что̀ надо подразумѣвать подъ словомъ точность прибора, и отъ какихъ условій она зависитъ.

Точность показаній прибора характеризуется величиной неизбѣжной разницы въ показаніяхъ при повторномъ измѣреніи одной и той же температуры, и притомъ при производствѣ отчетовъ разными лицами. Эту точность можно назвать абсолютной.

При измѣреніяхъ измѣняющейся, особенно въ одномъ направленіи, температуры точность величинъ, получаемыхъ въ видѣ разности отдѣльныхъ показаній, будетъ значительно больше абсолютной точности взятаго прибора, такъ какъ многія ошибки, происходящія, напр., отъ неправильнаго положенія 0^0, мертваго хода механизма, вліянія внѣшнихъ условій и т. п., пропадаютъ при вычитаніи одного показанія изъ другого. Если послѣдовательные отчеты дѣлаются при томъ однимъ и тѣмъ же лицомъ, т. е. субъективная ошибка остается постоянной, то точность найденныхъ измѣненій температуръ можетъ быть разъ въ 10 больше абсолютной точности прибора.

Когда говорится о точности показаній прибора, то надо подразумѣвать, конечно, не просто возможное отклоненіе непосредственно сдѣланнаго отчета отъ истинной величины измѣряемой температуры, а разницу между истинной температурой и найденной при помощи прибора при соблюденіи извѣстныхъ условій.

Главныя изъ этихъ условій слѣдующія:

1, самый приборъ выбраннаго типа долженъ быть по возможности хорошо и тщательно исполненъ.

2, измѣренія должны производиться умѣло, т. е. лицомъ, обладающимъ соотв. навыкомъ, съ соблюденіемъ всѣхъ предосторожностей, указанныхъ для даннаго типа прибора,

3, произведенный отчетъ долженъ быть исправленъ введеніемъ соотвѣтствующихъ, неизбѣжныхъ, указанныхъ выше поправокъ,

4, приборъ долженъ обязательно отъ времени до времени провѣряться тѣмъ или инымъ способомъ, какъ подробно указано ниже; провѣрка эта должна производиться тѣмъ чаще, чѣмъ выше измѣряемая температура, и чѣмъ большая точность желательна.

Въ таблицѣ 16, стр. 131, дана сводка абсолютной точности показаній разныхъ типовъ приборовъ. Для точныхъ приборовъ цифры взяты преимущественно по изслѣдованіямъ, произведеннымъ въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ; оттуда же взяты и числа послѣдняго

столбца—чувствительность прибора, т. е., наименьшая разность температуръ, которую даннымъ приборомъ можно еще установить. Эта величина зависитъ, конечно, не столько отъ наблюдателя, сколько отъ прибора, и притомъ въ значительной мѣрѣ отъ тщательности его изготовленія; въ общемъ она почти пропорціональна абсолютной точности прибора. Цифры для остальныхъ приборовъ отчасти взяты изъ новѣйшей періодической литературы, отчасти опредѣлены самимъ авторомъ.

Для приборовъ менѣе точныхъ, служащихъ для техническихъ измѣреній, величина возможной ошибки, кромѣ ^{0}Ц., указана еще въ $^0/_0$ отъ измѣряемой температуры. Такое опредѣленіе ошибки, строго говоря, даже правильнѣе, такъ какъ ошибка обыкновенно возрастаетъ съ температурой и даже не пропорціанально температурѣ, а быстрѣе. Кромѣ того, такое $^0/_0$ указаніе можетъ быть полезнымъ для оцѣнки практической пригодности прибора для предстоящаго измѣренія.

Таблица 16 составлена по убывающей степени точности приборовъ, но лишь приблизительно, такъ какъ болѣе строгая послѣдовательность заставила бы слишкомъ разбить приборы, близкіе по конструкціи, и, кромѣ того, едва ли даже цѣлесообразна, такъ какъ цифры таблицы, конечно, не могутъ считаться безусловно точными, а скорѣе лишь средними для соотв. типа прибора и съ улучшеніемъ конструкціи, часто почти незамѣтнымъ, могутъ сильно измѣняться.

Кромѣ указанныхъ выше точности и чувствительности прибора, во многихъ случаяхъ, особенно при измѣреніи быстро измѣняющейся температуры, для полученія правильныхъ показаній надо, чтобы приборъ возможно быстро слѣдовалъ за колебаніями температуры, т. е. обладалъ возможно малой теплоемкостью, въ противномъ случаѣ его показанія будутъ ниже истинной температуры при ея возрастаніи и выше—при ея паденіи.

Для сравненія различныхъ приборовъ желательно эту быстроту слѣдованія выразить какъ нибудь численно. Для этого можно воспользоваться слѣдующимъ обстоятельствомъ: если нагрѣвать термометръ какимъ нибудь источникомъ тепла, напр., пламенемъ газовой горѣлки, до нѣкоторой температуры и затѣмъ, удаливъ горѣлку, измѣрять секундомѣромъ время τ, въ теченіе котораго термометръ понизится на половину числа ^{0}Ц., на которое онъ былъ нагрѣтъ, то оказывается, что время это для даннаго прибора почти не зависитъ отъ высоты температуры, до которой приборъ былъ нагрѣтъ; это время τ зависитъ только отъ массы, поверхности охлажденія и матеріала испытываемаго прибора.

Въ виду этого найденное такимъ способомъ τ, выраженное въ сек., будетъ въ достаточной мѣрѣ характеризовать быстроту слѣдованія

Таблица 16.

типъ прибора	область измѣренія °Ц.	абсолютная точность °Ц.	абсолютная точность %	чувствительность °Ц
нормальный газовый съ водородомъ	— 25° до + 100°	± 0,01°	—	0,005°
газовый точный съ водородомъ или геліемъ	— 260 „ 0	0,1	—	0,01
газовый съ азотомъ . .	+ 100 „ +1600	5,0	—	1,0
измѣненіе электр. сопротивленія платины	— 200 „ +1200	0,1	—	0,02
термоэлементъ золото и нейзильберъ . . .	— 260 „ 0	0,1	—	0,02
термоэлементъ константанъ и серебро . .	0 „ + 600	0,8	—	0,3
термоэлементъ платина и платинородій . .	+ 300 „ +1000	1,0	—	0,5
„ „	+1000 „ +1600	5,2	—	1,0
термоэлементъ иридій и рутенъ	+1000 „ +2000	10	—	—
нормальный стеклянный съ ртутью	— 10 „ + 100	0,01	—	0,005
„ „	+ 100 „ + 300	0,1	—	0,05
стекл. ртутный съ газомъ	+ 200 „ +500-750	1,0	—	0,3
„ съ пентаномъ . .	— 200 „ 0	0,1	—	0,02
калориметры	+ 300 „ +1500	5—10	—	—
пиром.-фотом. Ваннера .	+ 625 „ +1000	3— 5	0,5—1,0	—
„ „ „	+ 900 „ +1400	10—20	0,5—1,0	—
„ „ „	+1400 „ +2000	30—60	2— 3	—
пиром.-фотом. Курльбаума	+ 600 „ +1900	—	1— 2	—
пирометръ-фотом. Фери	+ 700 „ +2000	10	0,5— 1	—
термоэлектр. пиром. Фери	+ 500 „ +2000	10	0,5— 1	—
„ „ „	+2000 „ +3000	50	1— 2	—
спиральный пиром. Фери	+ 500 „ +1100	5 —10	1	—
„ „ „	+1000 „ +1700	10—15	1— 2	—
газовый пирометръ Виборга (съ ртутью) .	0 „ +1200	5—10	1	—
газовый пирометръ Юлинга-Штейнбарта	+ 100 „ +1000	5—10	1	—
„ „	+1000 „ +1650	15—25	1,5	—
свѣтовой пирометръ Мезюрэ и Нуэля . . .	+ 900 „ +1500	50	3— 5	—
спектр. пиром. Гемпеля	+ 700 „ +1400	50	3— 5	—
тальпотазиметры . . .	— 20 „ + 600	10—20	3— 5	—
графитовый пирометръ	+ 350 „ + 800	20—50	5—10	—
пирамидки Зегера . .	+ 590 „ +2030	20—40	—	—
цилиндрики сентинэль	+ 500 „ +1000	5—10	1—2	—
термофонъ Виборга . .	+ 300 „ +1000	5—15	1—1,5	—
„ „ . .	+1000 „ +2400	15—50	1,5—2,0	—

даннаго прибора за колебаніями измѣряемой температуры, конечно, только сравнительно съ другими приборами, работающими въ близкихъ условіяхъ.

Если обратиться къ существующимъ приборамъ, то оказывается, что наименьшее отставаніе даютъ приборы, основанные на измѣненіи сопротивленія платины, и термоэлементы, для которыхъ τ составляетъ $10''$—$15''$, иногда даже лишь $5''$. Само собой разумѣется, что это справедливо для приборовъ безъ кожуха, а вставленныхъ лишь въ тонкостѣнную кварцевую или стеклянную трубку. Присутствіе кожуха, особенно металлическаго, увеличиваетъ τ до нѣсколькихъ минутъ.

Въ хорошихъ ртутныхъ термометрахъ съ малымъ шарикомъ τ составляетъ $30''$ до $60''$, а у приборовъ съ большимъ шарикомъ до $100''$—$120''$ и даже больше.

Для всѣхъ остальныхъ приборовъ—газовыхъ, тальпотазиметровъ, не говоря уже о графитовыхъ пирометрахъ, у которыхъ τ можетъ доходить до 10 минутъ, τ значительно больше, обыкновенно больше 1 минуты.

34. Выборъ соотв. типа прибора. – При выборѣ прибора, наиболѣе подходящаго для даннаго частнаго случая, приходится принимать во вниманіе цѣлый рядъ обстоятельстъ. Во-первыхъ, можетъ быть извѣстна степень необходимой точности, или, вѣрнѣе, допустимой ошибки; въ этомъ отношеніи таблица 16 можетъ сразу дать указанія, какіе изъ приборовъ должны быть исключены, какъ недостаточно точные для даннаго случая. Та же таблица 16 дастъ свѣдѣнія о предѣлахъ температуръ, для которыхъ данный типъ прибора можетъ быть употребляемъ.

Далѣе имѣетъ значеніе надежность прибора; въ этомъ отношеніи можно смѣло сказать: во всѣхъ случаяхъ, когда предѣлы температуръ и другія условія позволяютъ, надо пользоваться ртутнымъ стеклянным термометромъ, какъ самымъ надежнымъ, особено если его достаточно часто провѣрять и вводить требуемыя поправки. Далѣе, почти столь же надежными являются приборы, основанные на термоэлектрическихъ токахъ и измѣненіи электрическаго сопротивленія, а для высокихъ температуръ пирометры-фотометры.

Затѣмъ для техническихъ измѣреній часто имѣетъ значеніе удобство пользованія приборомъ и возможность дать его въ сравнительно неопытныя руки. Въ смыслѣ удобства большое значеніе имѣетъ возможность измѣрять температуру на разстояніи, напр., слѣдить изъ конторы за ходомъ химическаго производства или за работой паровой станціи. Кромѣ приборовъ, указанныхъ въ главѣ 32, для той-же

цѣли пригодны всѣ термоэлементы и приборы, основанные на измѣненіи электрическаго сопротивленія, затѣмъ для разстояній до 50—100 мт. можно пользоваться тальпотазиметрами и нѣкоторыми газовыми приборами въ родѣ пирометра Юлингъ-Штейнбарта и пирометра-микроманометра.

Въ заключеніе постараемся дать указанія, какими приборами приходится пользоваться на основаніи вышеприведенныхъ соображеній въ различныхъ наиболѣе распространенныхъ случаяхъ:

1, научныя и вообще точныя изслѣдованія—наиболѣе подходящи ртутные стеклянные термометры для температуръ отъ—10° до+300° Ц., за этими предѣлами пригодны термоэлементы и приборы, основанные на измѣненіи электрическаго сопротивленія платины, въ нѣкоторыхъ случаяхъ—точные газовые приборы; для измѣренія высокихъ температуръ могутъ быть полезны оптическіе пирометры-фотометры, напр., для опредѣленія температуры нити лампы накаливанія;

2, газовое производство—для измѣренія температуръ въ ретортахъ удобнѣе всего пользоваться оптическими пирометрами-фотометрами или приборами Фери; для измѣренія температуръ въ разныхъ мѣстахъ печи можно брать или термоэлементы изъ платины и платинородія или приборы съ платиновымъ сопротивленіемъ;

3, силовыя станціи съ паровыми машинами—опредѣленіе температуръ въ топкѣ парового котла производится при помощи термоэлементовъ изъ платины и платинородія, пирокалориметровъ, термофоновъ Виборга или оптическихъ пирометровъ, въ дымоходахъ—при помощи термоэлементовъ изъ серебра и константана, приборовъ съ платиновымъ сопротивленіемъ и ртутныхъ стеклянныхъ термометровъ; эти же послѣдніе три типа приборовъ употребляются для опредѣленія температуры перегрѣтаго пара и температуръ въ холодильникѣ и градирнѣ;

4, силовыя станціи съ машинами внутренняго горѣнія--для наблюденія температуръ въ газогенераторѣ удобнѣе всего пользоваться термоэлементомъ изъ платины и платинородія; температура продуктовъ горѣнія измѣряется при помощи или термоэлемента изъ серебра и константана, или прибора съ платиновымъ сопротивленіемъ или, наконецъ, ртутнаго термометра; послѣднимъ же удобнѣе всего измѣрять температуры воды, охлаждающей цилиндры машины;

5. доменныя печи—температура подогрѣтаго воздуха измѣряется при помощи темоэлементовъ изъ платины и платинородія или никеля и угля, или приборовъ съ сопротивленіемъ платины, или, наконецъ, при помощи термофоновъ Виборга; температуру колошниковыхъ газовъ удобнѣе всего измѣрять при помощи термоэлементовъ изъ серебра и константана или при помощи газоваго пирометра Юлинга-Штейнбарта;

6, чугунно- и сталелитейное дѣло—температура вытекающаго расплавленнаго металла проще всего опредѣляется при помощи одного изъ оптическихъ пирометровъ; температуру металла при тигельной плавкѣ можно опредѣлять при помощи термоэлементовъ въ особой графитовой оправѣ;

7, прокатное дѣло—температура болванокъ опредѣляется тоже при помощи оптическихъ приборовъ;

8, различныя печи для обработки стали и чугуна—для закалки стали, для ея отжига, для полученія ковкаго чугуна—наблюденія ведутся при помощи термоэлементовъ, или приборовъ съ сопротивленіемъ платины, или приборовъ въ родѣ «сентинэль» съ опредѣленной точкой плавленія;

9, различныя керамическія производства—температуры въ печахъ измѣряются при помощи термоэлементовъ изъ никеля и угля или платины и платинородія, или при помощи оптическихъ приборовъ, или, наконецъ, при помощи пирамидокъ Зегера;

10, стекольные заводы—температура въ стеклоплавильныхъ печахъ, колеблящаяся отъ 1000^0—1400^0 Ц., измѣряется при помощи термоэлементовъ изъ платины и платинородія или никеля и угля; температура при отливкѣ, особенно зеркалъ, измѣряется при помощи оптическихъ пирометровъ; наконецъ, температуру въ каленицахъ, въ которыхъ должно происходить медленное и равномѣрное остываніе, надо измѣрять при помощи термоэлементовъ изъ платины и платиноиридія или изъ никеля и угля или при помощи приборовъ съ платиновымъ сопротивленіемъ, при чемъ полезно имѣть самозаписывающій гальванометръ для лучшаго контроля пониженія температуры;

11, различныя химическія производства—для надлежащаго контроля за температурами въ большинствѣ случаевъ можно рекомендовать приборы для производства отчетовъ на разстояніи—термоэлементы изъ тѣхъ или иныхъ металловъ въ зависимости отъ высоты измѣряемой температуры или приборы съ платиновымъ сопротивленіемъ; иногда удобны обыкновенные ртутные термометры; въ виду разнообразія производствъ трудно дать общія правила; такъ, на пивоваренныхъ заводахъ—для измѣренія температуры въ чанахъ можно пользоваться приборами съ электрическимъ сопротивленіемъ, при контролѣ температуры сусла полезно пользоваться такими же приборами, но съ самозаписывающими гальванометрами; температуры въ подвалахъ, гдѣ въ болѣе современныхъ заводахъ низкая температура поддерживается при помощи холодильныхъ машинъ, удобнѣе всего контролировать при помощи приборовъ съ платиновымъ сопротивленіемъ по схемѣ Кэпселя, или, въ виду

постоянства температуръ, при помощи ртутныхъ термометровъ съ контактами, приводящими въ дѣйствіе номераторы;

12, наконецъ, наблюденіе за температурами въ большихъ зданіяхъ, какъ школы, больницы, музеи и т. п. удобно производить при помощи приборовъ съ производствомъ отчетовъ на разстояніи: приборовъ съ платиновымъ сопротивленіемъ, или ртутныхъ съ номераторами, или тальпотазиметровъ съ передачей по схемѣ Мённиха.

Однимъ словомъ, въ настоящее время едва ли можно указать случая, когда измѣреніе температуры нельзя было бы произвести при помощи существующихъ приборовъ и притомъ съ достаточной точностью.

ОТДѢЛЪ II.

Провѣрка приборовъ для измѣренія температуръ.

35. Общія указанія.—Подъ словомъ провѣрка термометра обыкновенно подразумѣваютъ просто опредѣленіе того, насколько правильны показанія шкалы даннаго прибора. Кромѣ этой основной задачи, при провѣркѣ прибора можно рѣшать цѣлый рядъ другихъ: опредѣлять точность прибора, абсолютную и относительную, или чувствительность, затѣмъ отставаніе показаній, вліяніе на отчетъ характера измѣненія температуры, т. е., производится ли отчетъ при возрастающей температурѣ или при убывающей и др.. Всѣ эти и аналогичныя задачи, представляя несомнѣнный интересъ для практическаго пользованія, въ то же время, съ одной стороны, рѣшаются опытнымъ путемъ весьма просто, съ другой, требуютъ тѣхъ же приборовъ для полученія соотв. температуры, что и при провѣркѣ въ вышеуказанномъ узкомъ смыслѣ, которымъ мы главнымъ образомъ и займемся.

Способы провѣрки термометровъ можно разбить на двѣ группы: одна—провѣрка даннаго прибора при помощи сличенія его съ точнымъ, нормальнымъ—газовымъ, ртутнымъ или термоэлектрическимъ; другая—непосредственная провѣрка, точнѣе сказать градуировка, по извѣстнымъ постояннымъ точкамъ—температурамъ плавленія и кипѣнія нѣкоторыхъ точно изученныхъ тѣлъ и температурамъ превращенія извѣстныхъ химическихъ соединеній. Такая градуировка по существу, конечно, ничто иное, какъ то же сличеніе, но не непосредственное, а черезъ взятое тѣло съ тѣмъ точнымъ приборомъ, которымъ соотв. точки были въ свое время опредѣлены. Единственные приборы, которые можно провѣрять независимо отъ другихъ термометровъ—это газовые, которые служатъ основными, исходными приборами при нашихъ измѣреніяхъ температуры.

Что касается градуировки по постояннымъ точкамъ, то ее можно, въ свою очередь, разбить на 3 группы: по точкамъ плавленія, по точкамъ кипѣнія и по температурамъ превращенія. Градуировка по точкамъ плавленія въ общемъ менѣе удобна и менѣе точна, чѣмъ

градуировка по точкамъ кипѣнія, хотя послѣдній способъ требуетъ введенія поправки на давленіе паровъ; градуировка по температурамъ превращенія очень удобна, но, къ сожалѣнію, въ настоящее время эти температуры изучены точно лишь для немногихъ соединеній.

Въ качествѣ общихъ основныхъ правилъ, которыя надо соблюдать при всѣхъ способахъ провѣрки, можно указать слѣдующія:

1, производя отчеты по провѣряемому и по нормальному прибору, надо исправить эти отчеты, вычисливъ по указанному выше всѣ соотв. поправки для того и другого прибора; еще лучше, если это только возможно, вести испытаніе такъ, чтобы хотя бы нѣкоторыя поправки, какъ, напр., на выступающій столбикъ въ ртутномъ термометрѣ или на температуру холодныхъ спаевъ у термоэлемента, равнялись нулю;

2, при провѣркѣ необходимо дѣлать при каждой температурѣ нѣсколько отчетовъ и брать по нимъ среднюю величину; если разница въ отчетахъ происходитъ не отъ дѣйствительнаго колебанія температуры, а отъ неточности показаній прибора, напр., при провѣркѣ по постояннымъ точкамъ кипѣнія или плавленія, то надо по произведеннымъ отчетамъ и по средней величинѣ ихъ вычислить величину возможной и вѣроятной ошибки даннаго прибора при данной температурѣ;

3, найдя истинныя показанія даннаго прибора для ряда температуръ, надо представить ихъ въ видѣ діаграммы, откладывая по оси абсциссъ температуры, а по оси ординатъ соотв. отчетъ, напр., давленіе въ газовомъ пирометрѣ, длину столбика у ртутнаго термометра, электродвижущую силу у термоэлемента, сопротивленіе у прибора съ платиновымъ сопротивленіемъ и т. д.; соединяя отдѣльныя точки плавной кривой, получимъ діаграмму для промежуточныхъ температуръ, а, кромѣ того, при вычерчиваніи плавной кривой легко обнаружить могущую вкрасться ошибку въ томъ или иномъ отчетѣ;

4, наконецъ, при провѣркѣ приборовъ необходимо, конечно, соблюдать всѣ правила обращенія и предосторожности, которыя даются для даннаго прибора, какъ-то—не подвергать его слишкомъ быстрымъ и рѣзкимъ колебаніямъ температуры, для термоэлементовъ—включать гальванометръ только на моментъ отчетовъ и т. д..

Теперь перейдемъ къ описанію отдѣльныхъ способовъ провѣрки.

36. Провѣрка при помощи сличенія.—Для такой провѣрки требуется наличность соотв. нормальнаго прибора для измѣренія температуръ и хорошаго термостата, т. е., прибора, въ которомъ можно имѣть строго постоянную, желаемую температуру. Самымъ надежнымъ является сличеніе даннаго прибора съ газовымъ—или, держа ихъ рядомъ въ водяной, паровой или другой ваннѣ, или, при болѣе высокихъ темпера-

турахъ, вставляя данный приборъ внутрь газоваго, напр., какъ показано на черт. 6, стр. 23. Сличеніе именно съ газовымъ нормальнымъ приборомъ потому наиболѣе точно, что, какъ мы видѣли въ началѣ, газовые приборы являются основными, на которыхъ зиждется вся наша шкала температуръ. Къ сожалѣнію, сличеніе съ газовыми приборами требуетъ довольно дорогихъ и сложныхъ приспособленій, да и само сличеніе довольно сложно, поэтому оно практикуется главнымъ образомъ лишь въ учрежденіяхъ, посвященныхъ провѣркѣ различныхъ приборовъ, какъ Главная Палата Мѣръ и Вѣсовъ въ С.-Петербургѣ, Имперскій Физико-Техническій Институтъ въ Шарлоттенбургѣ, Международное Бюро Мѣръ и Вѣсовъ въ Севрѣ, Консерваторія Искусствъ и Ремеслъ въ Парижѣ, Національная Физическая Лабораторія въ Теддингтонѣ (Лондонѣ), Національное Бюро Нормальныхъ Мѣръ въ Вашингтонѣ (С.-А.С.Ш.) и др..

Болѣе просто производится провѣрка путемъ сличенія съ нормальнымъ ртутнымъ термометромъ, или съ термоэлементомъ, или вообще съ приборомъ, особенно тщательно изготовленнымъ, вывѣреннымъ въ одномъ изъ вышеуказанныхъ оффиціальныхъ учрежденій и снабженнымъ свидѣтельствомъ, т. е., таблицей соотв. поправокъ.

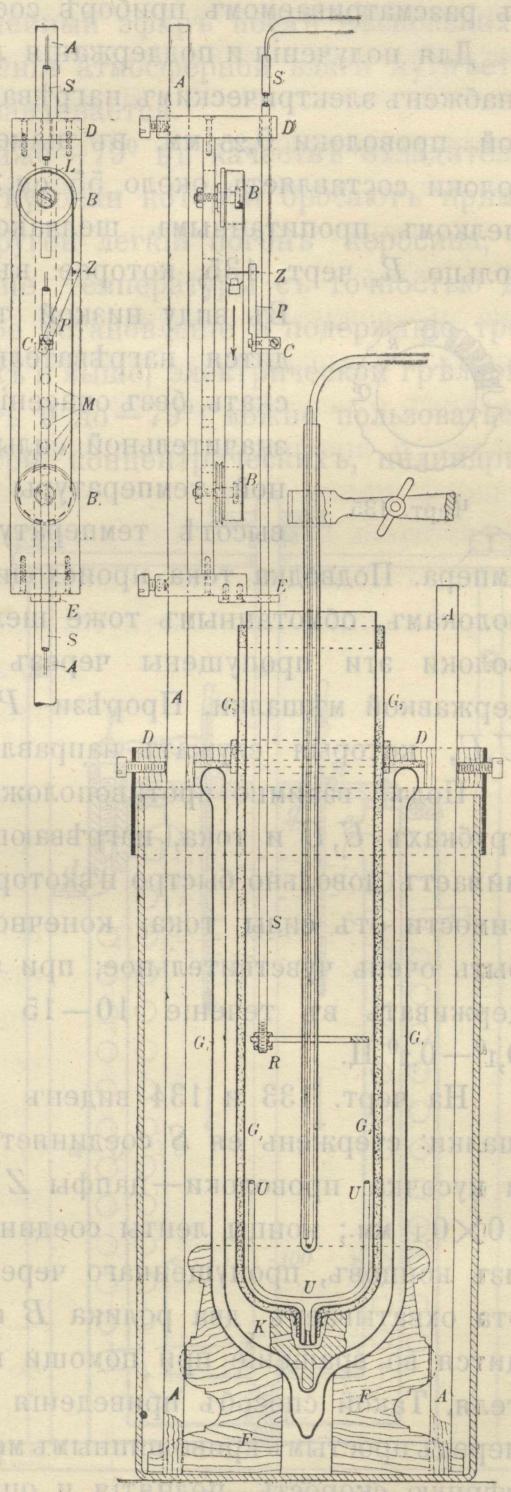
При сличеніи приборовъ надо обращать большое вниманіе на то, чтобы чувствительная часть приборовъ—шарики ртути, спаи термоэлементовъ или спиральки приборовъ съ платиновымъ сопротивленіемъ находились рядомъ и возможно ближе другъ къ другу; особенно важно при отвѣсномъ положеніи приборовъ, чтобы чувствительныя части ихъ были строго на одной высотѣ въ виду возможности образованія по высотѣ слоевъ съ разной температурой. Затѣмъ надо слѣдить и принимать мѣры въ видѣ примѣненія соотв. мѣшалокъ, чтобы температура среды, въ которую погружены сличаемые приборы, была по возможности равномѣрная и постоянная; впрочемъ при особенно точныхъ приборахъ полезно, для уничтоженія ошибки отъ мертваго хода или отъ равносильнаго этому измѣненія поверхности столбика ртути, производить отчеты при постепено, но весьма слабо возрастающей температурѣ, на доли градуса за 10—15 минутъ.

Въ зависимости отъ области примѣненія вывѣряемаго прибора приходится пользоваться различными нормальными приборами и различными средствами для полученія требуемой температуры.

Начнемъ съ нижняго предѣла температуръ.

Для достиженія температуръ отъ 0^0 до -190^0 Ц. можно рекомендовать приспособленія, выработанныя послѣ долголѣтняго опыта въ Физико-Техническомъ Институтѣ въ Шарлоттенбургѣ.

Самыя низкія температуры до —190° получаются при помощи жидкаго воздуха, при этомъ пользуются приборомъ, изображеннымъ въ 1:5 натур. вел. на черт. 133: G_1 стаканъ Дьюара съ двойными, высеребренными изнутри и снаружи стѣнками и съ безвоздушнымъ пространствомъ между стѣнками; G_1 стоитъ на деревянной подножкѣ F, тщательно къ нему пригнанной и выложенной сукномъ, не показаннымъ на черт. 133, и закрывается деревянной же крышкой D съ войлочной подкладкой для лучшей изоляціи; чтобы крышка своимъ вѣсомъ не давила на довольно хрупкій сосудъ G_1, она удерживается при помощи нажимныхъ винтовъ на деревянныхъ стойкахъ A,A. Внутренній сосудъ G_2 сдѣланъ тоже изъ стекла и имѣетъ тоже двойныя высеребреныя стѣнки, но пространство между ними заполняется пухомъ или вообще дурнымъ проводникомъ тепла; попытки для G_2 брать тоже сосудъ Дьюара съ безвоздушнымъ пространствомъ не увѣнчались успѣхомъ: несмотря на всѣ предосторожности сосудъ лопался подъ дѣйствіемъ низкой температуры.

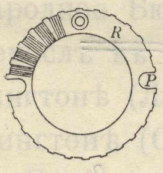


Черт. 133 и 134.

Въ сосудъ G_2 наливается бензинъ, а для самыхъ низкихъ температуръ петролейный эфиръ, который и служитъ ваннной для провѣряемыхъ термометровъ; въ G_1 черезъ особое отверстіе въ крышкѣ D наливается при помощи картонной воронки жидкій воздухъ, который затѣмъ поступаетъ черезъ боковыя отверстія пробки K въ стеклянныя трубки U,U; трубки U,U выведены нѣсколько выше верхней кромки G_2, соединены резиновой трубкой съ стеклянным тройникомъ и мо-

гутъ при помощи винтовыхъ зажимовъ разобщаться отъ наружной атмосферы. При сообщеніи съ атмосферой жидкій воздухъ въ U,U испаряется и производитъ требуемое пониженіе температуры, которое въ разсматриваемомъ приборѣ составляетъ до 2^0 въ минуту.

Для полученія и поддержанія любой низкой температуры сосудъ G_2 снабженъ электрическимъ нагрѣвателемъ, состоящимъ изъ константановой проволоки 0,25 мм. въ діаметрѣ; полное сопротивленіе этой проволоки составляетъ около 55 ом.; проволока эта обмотана для изоляціи шелкомъ, пропитаннымъ шеллакомъ, и намотана на металлическое кольцо R, черт. 135, которое въ то же время служитъ и мѣшалкой.



Черт. 135.

Въ виду низкой температуры среды, въ которой находится нагрѣватель, по его проволокѣ можно пропускать, безъ опасенія пробить изоляцію, токи сравнительно значительной силы; впрочемъ для поддержанія постоянной температуры сила тока составляетъ, смотря по высотѣ температуры, не болѣе нѣсколькихъ десятыхъ ампера. Подводка тока происходитъ по двумъ толстымъ мѣднымъ проволокамъ, обмотаннымъ тоже шелкомъ, пропитаннымъ шеллакомъ; проволоки эти пропущены черезъ стеклянную трубку S-S, служащую державкой мѣшалки. Прорѣзи P въ кольцѣ R охватываютъ трубки U,U, которыя служатъ направляющими для мѣшалки.

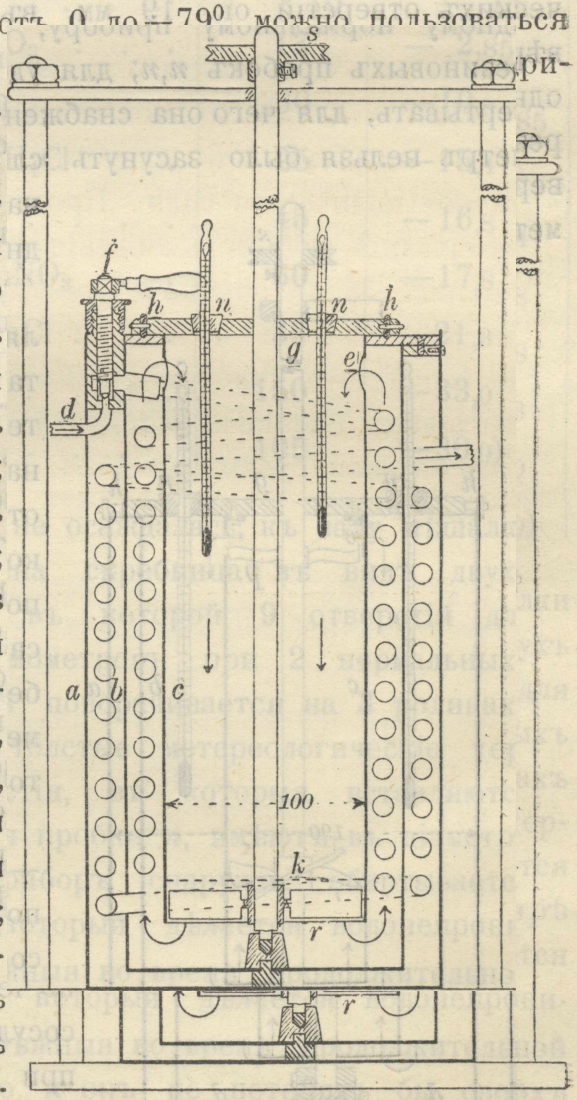
Подъ взаимно противоположнымъ вліяніемъ испаренія воздуха въ трубкахъ U,U и тока, нагрѣвающаго обмотку R. жидкость ванны принимаетъ довольно быстро нѣкоторую постоянную температуру въ зависимости отъ силы тока; конечно, регулированіе силы тока должно быть очень чувствительное; при этомъ условіи температуру легко поддерживать въ теченіе 10—15 минутъ постоянной съ точностью до $0{,}1^0$—$0{,}2^0$ Ц.

На черт. 133 и 134 виденъ способъ приведенія въ дѣйствіе мѣшалки: стержень ея S соединяется при помощи хомутика C, шатуна P и кусочка проволоки—цапфы Z—съ константановой лентой, сѣченія $10 \times 0{,}1$ мм.; концы ленты соединяются простымъ загибаніемъ одного изъ концовъ, пропущеннаго черезъ прорѣзъ въ другомъ концѣ. Лента эта охватываетъ два ролика B и B_1, изъ которыхъ послѣдній приводится во вращеніе при помощи шнура отъ небольшого электродвигателя. Такой способъ приведенія въ дѣйствіе имѣетъ то преимущество передъ простымъ кривошипнымъ механизмомъ, что мѣшалка имѣетъ равномѣрную скорость поднятія и опусканія съ рѣзкими измѣненіями скорости въ мертвыхъ точкахъ, что обусловливаетъ очень хорошее перемѣшиваніе.

Весь приборъ чрезвычайно удобенъ; расходъ жидкаго воздуха не великъ, около 4 лтр. на 10 часовъ работы. Къ сожалѣнію, при температурахъ ниже —150° Ц. петролейный эфиръ послѣ нѣсколькихъ часовъ работы подъ вліяніемъ поглощенія атмосферной влаги мутнѣетъ и такъ густѣетъ, что мѣшалка останавливается.

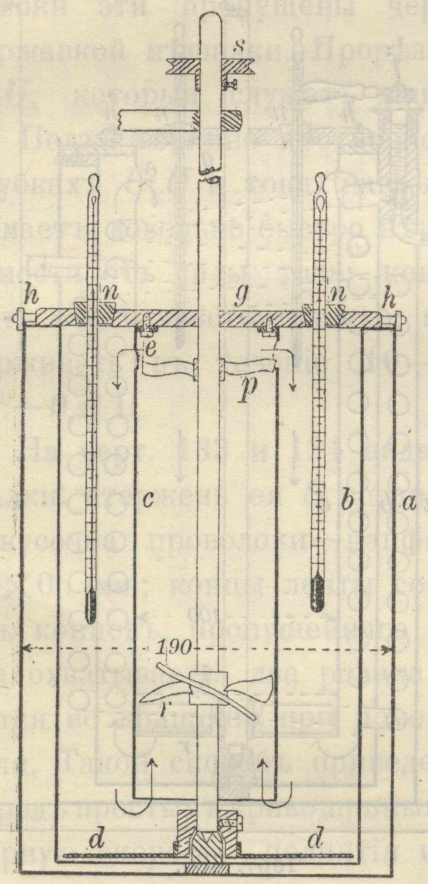
При полученіи температуръ не ниже —79° въ качествѣ охладителя можно брать твердую углекислоту, кусочки которой бросаютъ прямо въ жидкость ванны, бензинъ или другой легкій погонъ керосина, и тѣмъ достигаютъ желаемое пониженіе температуры съ точностью до нѣсколькихъ градусовъ; окончательное установленіе и подержаніе требуемой температуры достигается, какъ и выше, электрической грѣлкой.

Для достиженія температуръ отъ 0 до —79° можно пользоваться приборомъ по черт. 136: *a*, *b* и *c* цилиндрическихъ мѣдныхъ сосуда съ діаметрами соотв. 180, 140 и 100 мм.; кольцевыя пространства между ними заняты змѣевикомъ изъ цѣльной мѣдной трубки общей длиной около 14 мт. съ внутреннимъ діаметромъ около 8 мм. при толщинѣ стѣнки въ 1 мм.; трубка эта выдерживаетъ давленіе въ нѣсколько сотъ кгр./см.²; мѣсто прохожденія ея внизу черезъ стѣнку средняго сосуда *b* пропаяно; три сосуда *a*, *b* и *c* образуютъ двѣ полости: внутреннюю съ спиртовой ванной, въ которую прямо и погружаются провѣряемые приборы, и кольцевую полость между *a* и *b*, служащую лишь кожухомъ для уменьшенія нагрѣванія спиртовой ванны отъ окружающаго воздуха; для той же цѣли снаружи весь приборъ обернутъ еще войлокомъ въ нѣсколько рядовъ. Черезъ змѣевикъ протекаетъ углекислота, поступающая по трубкѣ *d* и черезъ вентиль *f* изъ стальной бомбы, въ которой она находится въ сжиженномъ видѣ, имѣя давленіе въ 50—70 атм. въ зависимости отъ окружающей температуры.



Черт. 136.

При прохожденіи черезъ вентиль *f* углекислота почти мгновенно испаряется и расширяется адіабатически до наружнаго, атмосфернаго давленія, съ сильнымъ пониженіемъ температуры; вентиль *f* служитъ для регулированія количества вытекающей углекислоты, а вмѣстѣ съ тѣмъ и температуры ванны. Мѣшалка *r*, состоящая изъ четырехлопастнаго винта и приводимая въ дѣйствіе шкивомъ *s* отъ небольшого электродвигателя, способствуетъ лучшему использованію охлаждающаго дѣйствія спирали, такъ какъ она перемѣщаетъ спиртъ навстрѣчу теченія углекислоты въ спирали, какъ видно по стрѣлкамъ; въ то же время она обезпечиваетъ возможную равномѣрность температуры во всей ваннѣ. Крышка *g* прибора сдѣлана изъ эбонита, въ ней 8 коническихъ отверстій ок. 19 мм. въ діаметрѣ для одновременной провѣрки 6 приборовъ, считая, что на каждую сторону ставится по одному нормальному прибору; термометры вставляются при помощи резиновыхъ пробокъ *n,n*; для удобства наблюденій крышку можно повертывать, для чего она снабжена роликами *h,h*. Чтобы длинный термометръ нельзя было засунуть слишкомъ глубоко и сломать мѣшалкой, надъ послѣдней устроено промежуточное днище *k* изъ мелкой проволочной сѣтки.



Черт. 137.

Правда, этотъ приборъ не позволяетъ получать температуры ниже —67°Ц, такъ какъ при дальнѣйшемъ пониженіи температуры ванны углекислота начинаетъ замерзать и закупоривать узкое отверстіе вентиля *f*; съ другой стороны, конечно, приборъ не можетъ давать столь постоянной температуры, какъ выше описанный, но для многихъ случаевъ, особенно для провѣрки спиртовыхъ термометровъ, которые сами по себѣ не очень точны, онъ очень удобенъ.

Наконецъ, для температуръ отъ 0° до —21° Ц. можно пользоваться, приборомъ по черт. 137: *a-b* цилиндрическій мѣдный сосудъ ок. 190 мм. наружнаго діаметра при 265 мм. высоты, съ двойными стѣнками для изоляціи отъ наружнаго воздуха; къ эбонитовой крышкѣ *g* привернутъ мѣдный цилиндръ *c*, открытый снизу и имѣющій отверстія *e,e* для циркуляціи холодильной смѣси подъ дѣйствіемъ четырехкрыльчатой мѣ-

шалки *r*, приводимой въ дѣйствіе отъ электродвигателя въ $^1/_{20}$ л.с.; на томъ же валу сидитъ еще четырехлопастный винтъ *p*. Холодильная смѣсь составляется изъ скобленаго льда съ добавленіемъ, смотря по требуемой температурѣ, извѣстной пропорціи той или иной соли, напр., по таблицѣ 17, составленной по опытамъ Рюдорфа и I. Морица.

Таблица 17.

на 100 гр. льда надо соли	гр.	температ. °Ц.
сѣрнокислый калій K_2SO_4	10	— 1,9
углекислый натрій Na_2CO_3 (кристалл.) . .	20	— 2,0
азотнокислый калій (селитра) KNO_3 . . .	13	— 2,85
хлористый калій KCl	30	—10,9
хлористый аммоній (нашатырь) NH_4Cl . .	25	—15,4
азотнокислый аммоній $(NH_4)NO_3$	45	—16,8
азотнокислый натрій (селитра) $NaNO_3$ . .	50	—17,8
хлористый натрій (повар. соль) NaCl . . .	33	—21,3
хлористый кальцій $CaCl_2$	150	—33,0
(алкоголь CH_3CH_2OH	105	—30,0)

Чтобы не растворившаяся еще соль не осаждалась, къ валу мѣшалки около самаго дна сосуда прикрѣплена скребница въ видѣ двухъ латунныхъ полосокъ *d,d*. Крышка, въ которой 9 отверстій для одновременнаго сличенія до 7 термометровъ при 2 нормальныхъ приборахъ, для удобства наблюденій поворачивается на 3 роликахъ *h,h*; для возможности провѣрять толстые метереологическіе термометры, слегка коническіе отверстія, въ которыя вставляются термометры, просунутые въ резиновыя пробки *n*, имѣютъ въ діаметрѣ около 24 мм. Ради изоляціи приборъ снаружи обертывается въ нѣсколько рядовъ войлокомъ, который дѣлается водонепроницаемымъ, чтобы случайныя, неизбѣжныя во время продолжительной работы брызги не смачивали его, и онъ не потерялъ бы своихъ свойствъ дурного проводника тепла. Чтобы сообщить войлоку водонепроницаемость его надо вымачивать въ растворѣ квасцовъ, затѣмъ погрузить въ растворъ свинцоваго сахара, высушить въ теплѣ и потомъ выколотить.

Хотя воздушный слой между стѣнками *a* и *b* даетъ тоже хорошую изоляцію, тѣмъ не менѣе полезно выкачивать этотъ воздухъ, доводя давленіе всего до 250 мм. ртутнаго столба, чтобы уменьшить вредную циркуляцію воздуха.

Описанный приборъ въ работѣ очень удобенъ, температура держится очень постоянной; колебанія ея при надлежащемъ дѣйствіи мѣшалки можно имѣть менѣе $0{,}1^0$, даже $0{,}05^0$ Ц.

Въ крайнемъ случаѣ провѣрку термометровъ отъ -20^0 до 0^0 Ц. можно производить безъ всякаго прибора, а просто ставить ихъ въ кружку съ холодильной смѣсью изъ льда и соотв. количества поваренной соли NaCl или роданистаго аммонія $(NH_4)SCN$.

Такая провѣрка требуетъ особеннаго вниманія и даже навыка; особенно важно слѣдить, чтобы шарики ртути были совершенно погружены въ жидкость, а не находились въ воздухѣ между кусочками смѣси.

Вмѣсто того, чтобы для достиженія различныхъ температуръ брать разныя соли, можно пользоваться какой нибудь одной, напр., хлористымъ натріемъ или хлористымъ кальціемъ, прибавляя ко льду различное количество соли. Примѣрная зависимость между увеличеніемъ содержанія соли и пониженіемъ температуры смѣси представлена въ таблицѣ 18 по опытамъ Гаммерля надъ смѣсями кристаллическаго хлористаго кальція и льда и по опытамъ Толлингера надъ смѣсями азотнокислаго аммонія; въ 3-мъ соотв. 6-мъ столбцѣ указано число тепловыхъ единицъ, которое 1 кгр. соотв. смѣси можетъ отнять отъ окружающей среды или тѣла, погруженнаго въ эту смѣсь.

Таблица 18.

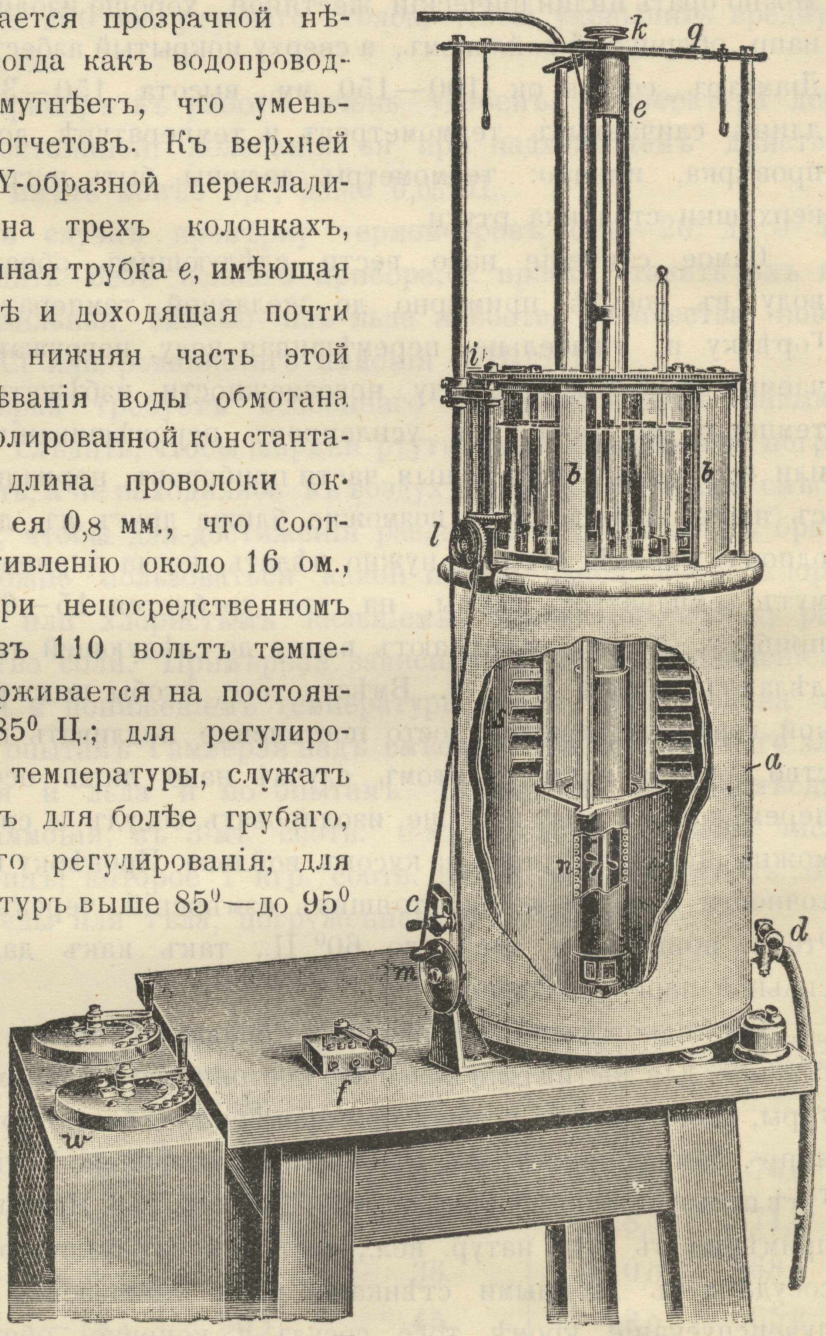
$(CaCl_2+6H_2O)$ на 100 гр. льда гр.	температ. °Ц.	1 кгр. смѣси отнимаетъ т. ед.	$(NH_4)NO_3$ на 100 гр. льда гр.	температ. °Ц.	1 кгр. смѣси отнимаетъ т. ед.
20	— 4,0	66,2	13	— 4,0	76,6
37	— 8,1	57,3	28	— 8,0	71,0
41	— 9,0	55,6	36	—10,0	68,3
53	—12,4	50,1	45	—12,0	65,6
61	—14,7	47,1	56	—14,0	62,2
72	—18,3	42,9	67	—16,0	58,4
81	—21,5	39,7	76	—17,0	57,1
84	—22,7	38,4			
97	—28,0	35,2			
103	—30,4	32,3			

При сличеніи температуръ отъ 0^0 до $+60^0$ Ц. можно пользоваться водяной ванной, подогрѣваемой газовой горѣлкой; сосудъ для ванны можно брать цилиндрическій жестяной, хорошо изолированный сбоковъ, напр., обернутый войлокомъ, а сверху покрытый азбестовымъ картономъ. Діаметръ сосуда ок. 100—150 мм., высота 150—300 мм., смотря по длинѣ сличаемыхъ термометровъ и температурѣ, до которой ведется провѣрка, именно: термометры должны быть погружены въ воду до верхушки столбика ртути.

Самое сличеніе надо вести слѣдующимъ образомъ: нагрѣваютъ воду въ сосудѣ примѣрно до желаемой температуры, отодвигаютъ горѣлку и, тщательно перемѣшивая воду, погружаютъ въ нее сличаемые приборы; въ виду невозможности избѣжать струй различной температуры, даже при усиленномъ перемѣшиваніи, шарики ртути, или вообще чувствительныя части приборовъ, нормальнаго и сличаемаго съ нимъ, надо держать возможно ближе другъ къ другу и строго на одномъ уровнѣ. Отчеты нужно дѣлать, когда термометры вполнѣ примутъ температуру ванны, на что требуется 15—60 сек., смотря по прибору. Затѣмъ нагрѣваютъ ванну до слѣдующей температуры, снова дѣлаютъ отчетъ и т. д.. Вмѣсто того, чтобы подогрѣвать воду газовой горѣлкой, можно просто постепенно подливать нѣкоторое количество горячей воды; въ этомъ случаѣ надо лишь особенно тщательно перемѣшивать воду и лучше изолировать сосудъ и снизу, для чего его можно просто поставить на кусокъ войлока. Провѣрку ведутъ, смотря по точности прибора и предстоящихъ измѣреній, черезъ 5—10^0. Способъ этотъ примѣнимъ лишь до 60^0 Ц., такъ какъ дальше начинается сильное парообразованіе.

Для одновременнаго сличенія большого числа термометровъ, а, главное, для достиженія бо́льшаго постоянства и равномѣрности температуры, необходимаго условія при провѣркѣ особенно точныхъ приборовъ, напр., для калориметровъ, въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ пользуются приборомъ по черт. 138, стр. 146. Приборъ, изображенный примѣрно въ 1:10 натур. вел., состоитъ изъ цилиндрическаго мѣднаго сосуда *a* съ двойными стѣнками ради уменьшенія потери тепла на лучеиспусканіе, кромѣ того, сосудъ *a*, конечно, обернутъ войлокомъ въ нѣсколько рядовъ; впрочемъ это же кольцевое пространство служитъ еще и для быстраго поднятія температуры ванны, для каковой цѣли въ немъ находится недалеко отъ дна кольцевая трубка съ отверстіями, въ которую впускается водяной паръ изъ особаго небольшого котелка; притокъ пара регулируется краномъ *c*; конденсатъ спускается при помощи крана *d*.

Верхняя шестигранная стеклянная часть сосуда *a* съ стойками *b,b* позволяетъ дѣлать отчеты термометровъ съ совершенно погруженнымъ столбикомъ ртути. Сосудъ *a* лучше наполнять дестиллированной водой, которая остается прозрачной нѣсколько недѣль, тогда какъ водопроводная вода быстро мутнѣетъ, что уменьшаетъ точность отчетовъ. Къ верхней части прибора—Y-образной перекладинѣ *q*, лежащей на трехъ колонкахъ, прикрѣплена латунная трубка *e*, имѣющая 55 мм. въ діаметрѣ и доходящая почти до дна сосуда *a*; нижняя часть этой трубки для нагрѣванія воды обмотана спиралью *n* изъ изолированной константановой проволоки; длина проволоки ок. 30 мт., толщина ея 0,8 мм., что соотвѣтствуетъ сопротивленію около 16 ом., благодаря чему при непосредственномъ включеніи тока въ 110 вольтъ температура воды поддерживается на постоянной высотѣ ок. 85° Ц.; для регулированія, уменьшенія температуры, служатъ реостаты *w*—одинъ для болѣе грубаго, другой для точнаго регулированія; для полученія температуръ выше 85°—до 95° въ пространство между двойными стѣнками сосуда *a* пускаютъ паръ, какъ при подогрѣваніи прибора. Спираль *n* окружена второй латунной трубкой; пространство между обѣими



Черт. 138.

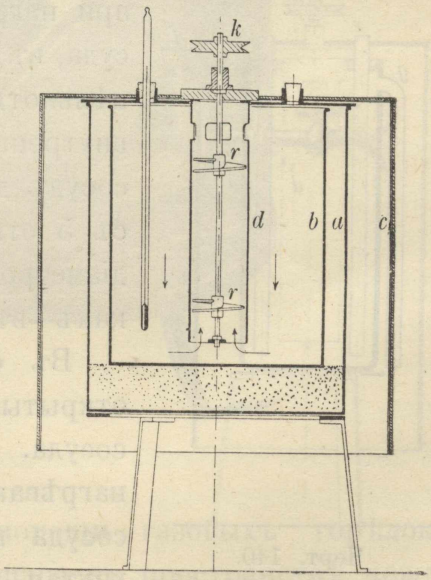
трубками не сообщается съ водянной ванной, а залито минеральнымъ масломъ для лучшей изоляціи проволоки и увеличенія теплопередачи; провода къ *n* выведены вверхъ черезъ особые патрубочки и стеклянныя трубки.

Для достиженія равномѣрной температуры служитъ трехлопостная винтовая мѣшалка *r*, приводимая въ дѣйствіе шкивомъ *k* отъ электро-

двигателя мощностью ок. $^1/_{20}$ л. с.; вода гонится мѣшалкой r внизъ по трубкѣ e, выходитъ изъ нея черезъ щели близъ дна сосуда, затѣмъ поднимается, при чемъ еще разъ перемѣшивается неподвижными наклонными лопатками s,s. Чтобы предотвратить нагрѣваніе поднимающейся воды, дѣйствующей непосредственно на термометры, спираль n въ верхней половинѣ окружена еще второй, болѣе широкой трубой, открытой сверху и снизу, по которой вода поднимается, не касаясь термометровъ. Для включенія тока въ электродвигатель для мѣшалки и установки одной изъ трехъ скоростей его служитъ переключатель f. Верхнюю крышку, въ которую вставляются при помощи зажимовъ провѣряемые термометры, до 12 штукъ, можно для удобства отчетовъ поворачивать отъ руки при помощи маховика m и ряда передачъ— шнуровой конической l и цилиндрисеской i.

Приборъ этотъ удовлетворяетъ самымъ строгимъ требованіямъ въ отношеніи регулированія температуры и ея постоянства. Впрочемъ при провѣркѣ ртутныхъ термометровъ, какъ уже упоминалось, отчеты лучше дѣлать ради постоянства мениска ртути, при слабо возрастающей температурѣ; электрическое обогрѣвательное приспособленіе этого прибора даетъ возможность получать постоянное возрастаніе температуры менѣе $0{,}1^0$ за 50—60 минутъ, потребныхъ для провѣрки одного комплекта термометровъ.

Для сличенія термометровъ при болѣе высокихъ температурахъ, примѣрно отъ $+50^0$ до $+200^0$ Ц. водяную ванну приходится замѣнять масляной. Простой, но довольно удобный и достаточно точный для большинства случаевъ въ практикѣ, приборъ представленъ полусхематически примѣрно въ 1:10 натур. вел. на черт. 139: въ цилиндрическомъ, металлическомъ сосудѣ a, напр., эмалированной кастрюлѣ, діаметромъ ок. 300 мм., высотой 300—350 мм., стоитъ на слоѣ песка, толщиной ок. 50 мм, второй такой же сосудъ b, нѣсколько меньшихъ размѣровъ; въ сосудъ b наливается минеральное масло, все время перемѣшиваемое коловратной мѣшалкой r, въ родѣ описанныхъ выше, приводимой въ дѣйствіе отъ электродвигателя при помощи шнурового шкивочка k и окруженной латунной трубкой d съ отверстіями у концовъ; къ трубкѣ же d прикрѣплены подшипнички валика мѣшалки. Въ крышкѣ прибора—металлической,



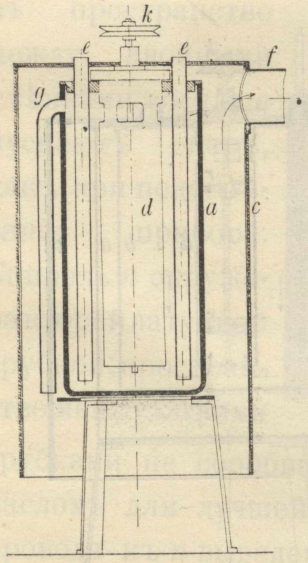
Черт. 139.

покрытой для уменьшенія потери тепла азбестовымъ картономъ, имѣется 6 отверстій съ патрубочками, въ которые вставляются провѣряемые приборы при помощи пробокъ, скатанныхъ изъ смоченнаго водой азбестоваго картона. Для уменьшенія потери тепла весь приборъ покрывается сверху колпакомъ *c* изъ азбестоваго картона, покрытымъ еще тонкой бѣлой жестью. Нагрѣваніе масляной ванны производится при помощи 1—3 газовыхъ горѣлокъ, смотря по требуемой температурѣ. Отчеты дѣлаются черезъ 30^0-50^0; отчеты производятся, когда при соотв. урегулированномъ пламени горѣлки температура ванны установится и продержится постоянной минутъ 5—8.

Если вмѣсто обыкновеннаго машиннаго масла брать цилиндровое или, такъ назыв., вискозинъ, выдѣлываемый для смазки цилиндровъ двигателей внутренняго горѣнія и машинъ, работающихъ перегрѣтымъ паромъ, то можно температуру ванны доводить до 250^0-300^0Ц

Для болѣе высокихъ температуръ масляную ванну приходится замѣнять селитровой: натровая, или обыкновенная селитра $NaNO_3$ плавится ок. $+313^0$Ц. и начинаетъ замѣтно испаряться ок. 600^0Ц, калійная селитра KNO_3 плавится при $+329^0$Ц. и примѣнима тоже до 600^0Ц. Всего удобнѣе брать смѣсь изъ этихъ двухъ веществъ въ отношеніи ихъ молекулярныхъ вѣсовъ, т. е. на 100 гр. KNO_3 около 84 гр. $NaNO_3$; такая смѣсь становится жидкой при температурѣ ок. 230^0 и начинаетъ замѣтно испаряться лишь при 600^0Ц.

Сосудъ *a* для такой ванны, черт. 140, долженъ быть очень прочный въ виду сильнаго увеличенія объема селитра при нагрѣваніи; его можно сдѣлать или изъ сосуда, въ которомъ продается ртуть, или изъ куска цѣльнотянутой стальной трубы въ 125—150 мм. внутренняго діаметра и 350—400 мм. длиной; сосудъ долженъ имѣть точно пригнанную крышку съ 5 отверстіями: 4 для термометровъ и среднее, діаметромъ ок. 60 мм., для трубки *d* съ мѣшалкой, какъ въ предыдущемъ приборѣ.



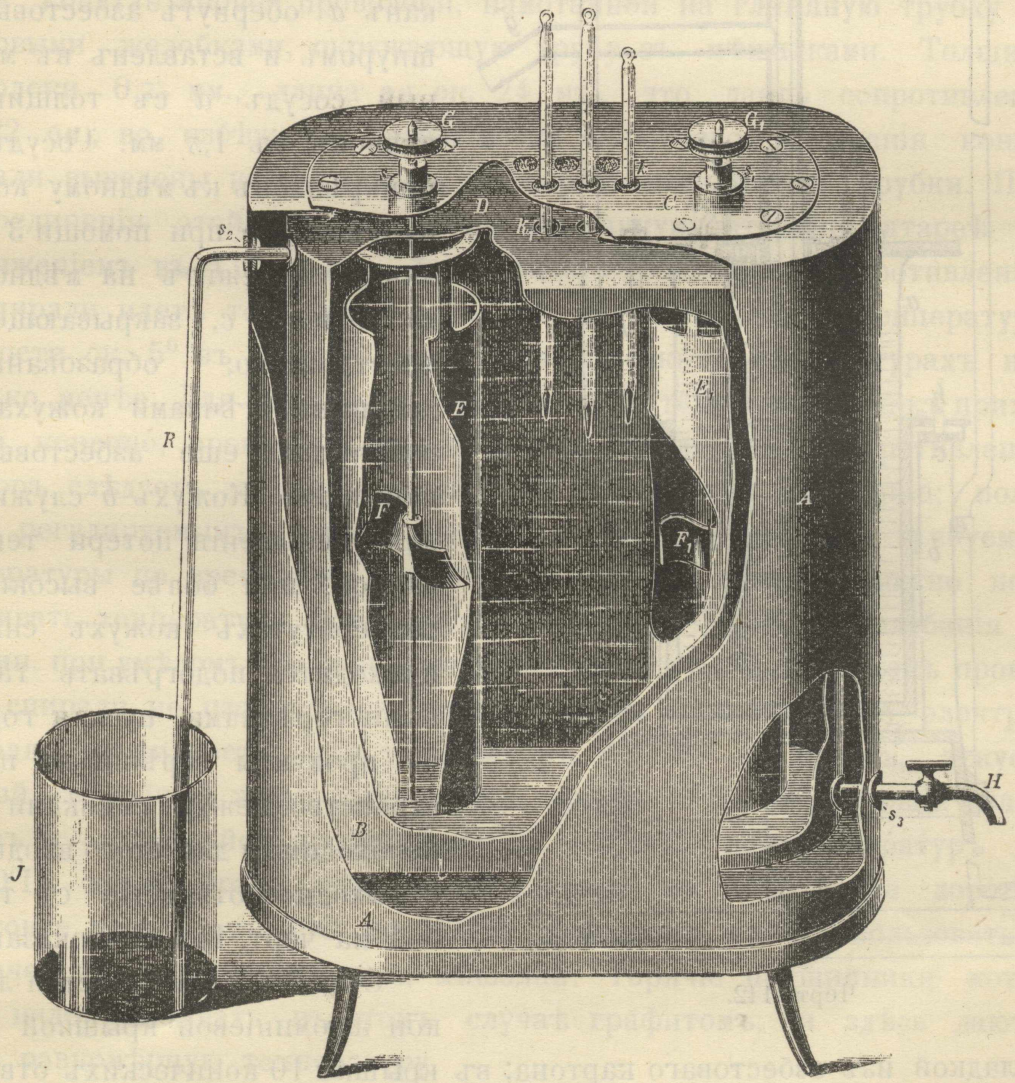
Черт. 140.

Въ отверстіе для термометровъ ввинчиваются открытыя снизу трубки, доходящія почти до дна сосуда. Этимъ достигается болѣе равномѣрное нагрѣваніе термометровъ. Близъ верхней крышки сосуда въ стѣнку послѣдняго ввертывается отогнутая книзу сливная трубка *e* для удаленія избытка селитры. Сверху приборъ для уменьшенія потери тепла прикрывается колпакомъ *c* изъ азбестоваго картона, покрытымъ

тонкой бѣлой жестью; въ колпакѣ дѣлается отверстіе, отъ котораго идетъ жестяная труба для удаленія продуктовъ горѣнія и паровъ селитры. Нагрѣваніе производится 2—3 сильными газовыми горѣлками.

Провѣрку термометровъ надо производить точно такъ же, какъ и при масляной ваннѣ.

Въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ раньше пользовались масляной ванной, изображенной примѣрно въ 1:5 натур. вел. на черт. 141. Сосуды *A* и *B* сдѣланы изъ мѣди ради лучшей тепло-



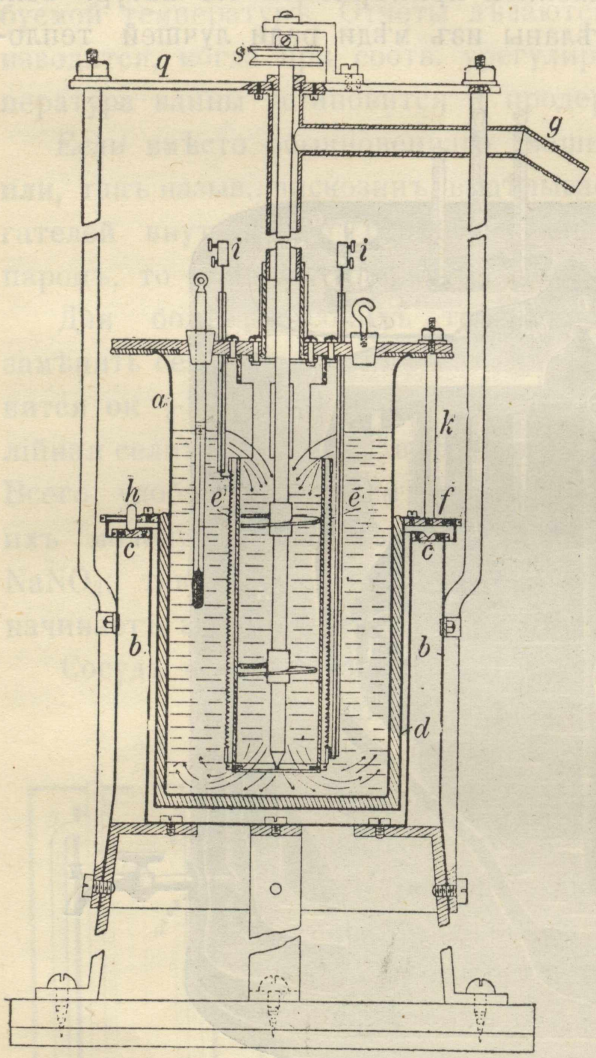
Черт. 141.

передачи; нагрѣваніе производилось при помощи газовыхъ горѣлокъ черезъ посредство воздуха, циркулировавшаго въ пространствѣ между стѣнками сосудовъ *A* и *B*; хотя такое нагрѣваніе, несмотря на примѣненіе сосудовъ изъ красной мѣди, неэкономично и медленно, зато

оно даетъ очень постоянную температуру, чему немало способствуетъ также примѣненіе двухъ мѣшалокъ.

По той же схемѣ былъ сдѣланъ приборъ для селитровой ванны.

Въ настоящее время въ Имперскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ для температуръ отъ $+50^0$, вѣрнѣе, даже отъ $+100^0$ до $+500^0$Ц. пользуются приборомъ, изображеннымъ примѣрно въ 1:10 натур. вел. на черт. 142: *a* цилиндрическій химическій стаканъ изъ іенскаго стекла, емкостью ок. 4 лтр., высотой ок. 28 см. и съ толщиной стѣнокъ въ 1—2 мм. Стаканъ *a* обернутъ азбестовымъ шнуромъ и вставленъ въ мѣдный сосудъ *d* съ толщиной стѣнокъ въ 1,5 мм. Сосудъ *d* прикрѣпленъ къ мѣдному кольцу *f*, которое при помощи 3 роликовъ *h* лежитъ на мѣдномъ же кольцѣ *c*, закрывающемъ пространство, образованное двойными стѣнками кожуха *b*, обернутаго еще азбестовымъ картономъ. Кожухъ *b* служитъ для уменьшенія потери тепла ванной; при болѣе высокихъ температутахъ кожухъ снизу приходится подогрѣвать газовыми горѣлками, пуская горячіе продукты горѣнія въ пространство между стѣнками *b*; необходимыя для этого входное и выходное отверстіе съ трубой на черт. 142 не показаны.



Черт. 142.

Стаканъ *a* закрывается легкой алюминіевой крышкой съ подкладкой изъ азбестоваго картона; въ крышкѣ 10 коническихъ отверстій для провѣряемыхъ термомотровъ; крышка опирается на 3 желѣзныхъ колонки *k* и въ свою очередь поддерживаетъ мѣдную трубку, ок. 40 мм. внутреннаго діаметра, внутри которой вращаются обычнымъ способомъ 2 винтовыхъ мѣшалки; длина валика мѣшалокъ ок. 600 мм., такъ что даже самые длинные термометры не доходятъ до перекладинъ *q*.

Мѣшалки вращаются такъ, чтобы жидкость по трубѣ опускалась, а поднималась вдоль стеклянныхъ стѣнокъ; такое движеніе важно нестолько ради равномѣрности температуры, сколько для избѣжанія волнъ на поверхности, мѣшающихъ отчетамъ или заставляющихъ высовывать столбикъ ртути провѣряемыхъ термометровъ.

Трубка *g* соединяется или съ вытяжкой или съ холодильникомъ для конденсаціи паровъ жидкости ванны при болѣе высокихъ температурахъ.

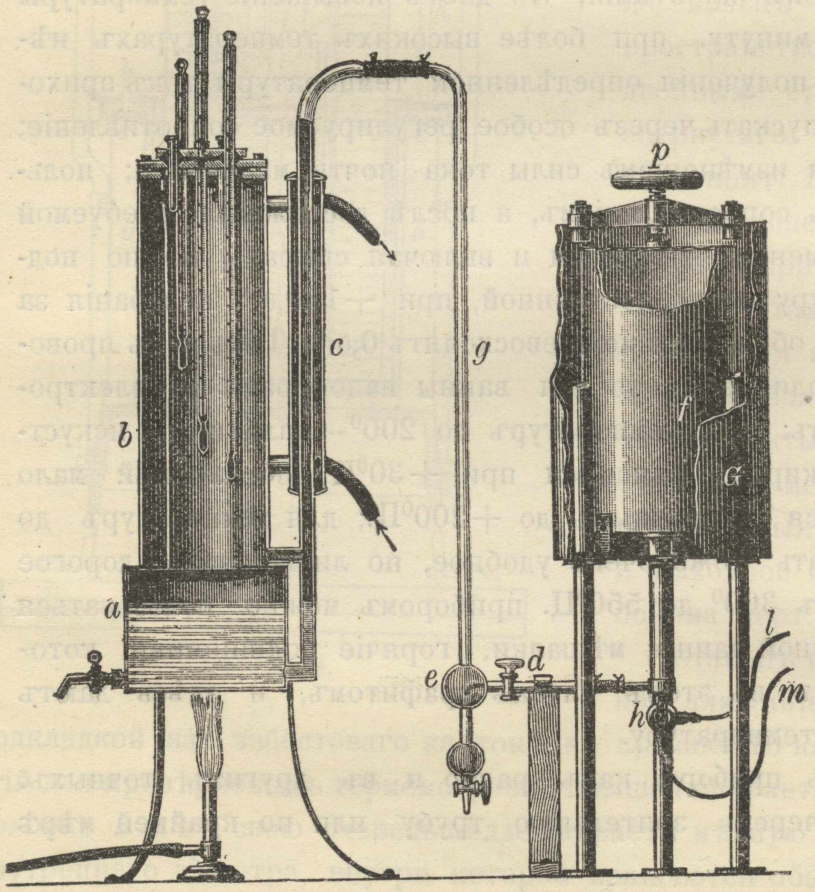
Нагрѣваніе жидкости въ ваннѣ производится при помощи спирали *e* изъ константановой проволоки, намотанной на глиняную трубку съ винтовыми желобками, окружающую трубу съ мѣшалками. Толщина проволоки 0,75 мм., длина ея ок. 24 мт., что даетъ сопротивленіе ок. 22 ом.; во избѣжанія возможности короткаго замыканія концы спирали выведены къ зажимамъ *i,i* черезъ стеклянныя трубки. При присоединеніи этой спирали-грѣлки къ аккумуляторной батареѣ съ напряженіемъ въ 110 вольтъ, безъ всякаго добавочнаго сопротивленія, по спирали идетъ токъ ок. 5 амп., что даетъ повышеніе температуры жидкости ок. 5^0 въ минуту. при болѣе высокихъ температурахъ нѣсколько менѣе. Для полученія опредѣленной температуры токъ приходится, конечно, пропускать черезъ особое регулируемое сопротивленіе; приборъ слѣдуетъ за измѣненіемъ силы тока почти мгновенно; пользуясь регулируемымъ сопротивленіемъ, а послѣ достиженія требуемой температуры по временамъ выключая и включая спираль, можно поддерживать температуру очень постоянной, при $+150,0^0$ колебанія за 10 мин. при умѣломъ обращеніи не превосходятъ $0,01^0$. Такъ какъ проволока спирали не изолирована, то для ванны надо брать не электропроводящую жидкость: для температуръ до 200^0 — пальминъ, искуственный съѣдобный жиръ, плавящійся при $+30^0$Ц., образующій мало паровъ и остающійся прозрачнымъ до $+200^0$Ц.; для температуръ до $+300^0$Ц. можно брать тоже очень удобное, но лишь болѣе дорогое оливковое масло; отъ 300^0 до 550^0Ц. приборомъ можно пользоваться въ качествѣ воздушной ванны; мѣшалки, горячіе подшипники которыхъ надо смазывать въ этомъ случаѣ графитомъ, и здѣсь даютъ очень равномѣрную температуру.

Отчеты въ этомъ приборѣ, какъ равно и въ другихъ точныхъ, производятся или черезъ зрительную трубу или по крайней мѣрѣ черезъ лупу.

За послѣднее время въ литературѣ можно встрѣтить указанія относительно пользованія для провѣрки термометровъ электрической печью Герэуса. Дѣйствительно, такая печь, состоящая изъ фарфоро-

вой трубки, обмотанной платиновой фольгой, по которой идетъ токъ, позволяетъ очень просто и быстро и получать извѣстную температуру и поддерживать ее довольно постоянной, но дѣло въ томъ, что температура распредѣляется очень неравномѣрно вдоль трубки — въ срединѣ она выше, убывая весьма сильно къ концамъ, разница можетъ доходить до 100°Ц. Поэтому такая печь годится лишь для приборовъ съ очень небольшой чувствительной частью, напр., для вывѣрки термоэлементовъ, гдѣ объ ней и будетъ сказано подробнѣе.

Для вывѣрки путемъ сличенія другихъ приборовъ, главнымъ образомъ ртутныхъ кварцевыхъ термометровъ, съ дѣленіями до +750°Ц., и приборовъ съ платиновымъ сопротивленіемъ, до сихъ поръ нѣтъ подходящаго прибора. По мнѣнію автора для этого можно было бы воспользоваться вышеупомянутой печью, но взявъ ее съ возможно широкой трубкой, не менѣе 80 даже 100 мм. въ діаметрѣ, герметически закрытой съ обоихъ концовъ, и вставивъ трубку съ мѣшалкой-вентиляторомъ, въ родѣ указанной на черт. 142. При вертикальномъ положеніи печи и надлежащей работѣ вентилятора такой приборъ долженъ дать очень равномѣрную температуру, легко и точно регулируемую въ предѣлахъ примѣрно отъ +200° до +1000° или даже 1200° Ц.



Черт. 143.

Въ заключеніе можно указать еще термостатъ, которымъ пользовались раньше въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ, черт. 143. Въ настоящее время, съ введеніемъ описанныхъ выше термостатовъ съ электрическимъ нагрѣваніемъ, онъ оставленъ, хотя обладаетъ цѣлымъ рядомъ цѣнныхъ качествъ: простотой ухода, постоянствомъ температуръ и сравнительно несложной и

недорогой конструкціей. Основанъ онъ на двухъ явленіяхъ: на постоянствѣ температуры насыщеннаго пара при опредѣленномъ давленіи и на зависимости температуры паровъ отъ давленія.

Приборъ, изображенный на черт. 143 примѣрно въ 1:10 натур. вел. и изготовленный изъ толстаго листового никеля, состоитъ изъ котелка *a*, въ которомъ кипитъ опредѣленная жидкость, подогрѣваемая газовой горѣлкой, съ цилиндрическимъ сухопарникомъ *b* съ двойными стѣнками, кольцевое пространство между которыми обогрѣвается опускающимся паромъ и предохраняетъ отъ охлажденія внутреннюю полость, въ которую опущены термометры; холодильникъ *c*, охлаждаемый проточной водой, коденсируетъ остатокъ паровъ, которые стекаютъ обратно въ котелокъ. Для измѣненія давленія паровъ и связанной съ нимъ температуры приборъ соединяется трубкой *g* съ цилиндрическимъ сосудомъ *f*, въ которомъ можно получать разрѣженіе воздуха или, наоборотъ, нѣкоторое избыточное давленіе при помощи соотв. насосовъ, сообщающихся съ *f* при помощи трубки *l*; трубка *m* ведетъ къ ртутному манометру; крышка сосуда *f* изъ волнистаго желѣза позволяетъ, разобщивъ *f* съ насосомъ при помощи крана *h*, производить небольшія измѣненія давленія при помощи винта съ маховичкомъ *p*. Чтобы давленіе не колебалось вслѣдствіе измѣненія температуры въ сосудѣ *f*, послѣдній окруженъ кожухомъ *G*, черезъ который пропускается вода постоянной температуры; кромѣ того, между *f* и термостатомъ ставится экранъ изъ азбестоваго картона. Особенное вниманіе обращено въ приборѣ на герметичность всѣхъ соединеній; крышка сухопарника *b* привертывается на резиновой прокладкѣ; провѣряемые приборы вставляются слѣдующимъ образомъ: на термометръ или запаяную снизу стеклянную трубку для термоэлемента надѣвается кольцо изъ мягкой резины, которое сдавливается между крышкой и особымъ накладнымъ фланцемъ; гнѣзда для этихъ колецъ ради полученія нажатія и на термометры, какъ видно на чертежѣ, коническія.

Давлен е въ приборѣ держится очень постоянное, колебанія его не болѣе 0,5 — 1,0 мм. ртутнаго столба, что при употребляемыхъ жидкостяхъ соотвѣтствуетъ измѣненію температуръ на $0{,}01^0$—$0{,}02^0$. Температура по всей высотѣ сухопарника совершенно одинаковая.

Таблица 19 показываетъ температуры, которыя получаются въ описанномъ приборѣ при соотв. давленіи въ мм. ртутнаго столба, отчитанномъ по манометру при данномъ приборѣ и перечисленномъ на 0^0 Ц., при пользованіи слѣдующими жидкостями: метиловымъ спиртомъ, дестиллированной водой и амилоуксуснымъ эфиромъ. Такъ какъ

вопросъ о зависимости между давленіемъ и температурой для воды будетъ еще разбираться ниже, то въ таблицѣ 19 для воды указаны лишь предѣлы температуръ, которыя можно получать въ описанномъ приборѣ. Данныя таблицы 19 получены В. Помплуномъ въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ.

Таблица 19.

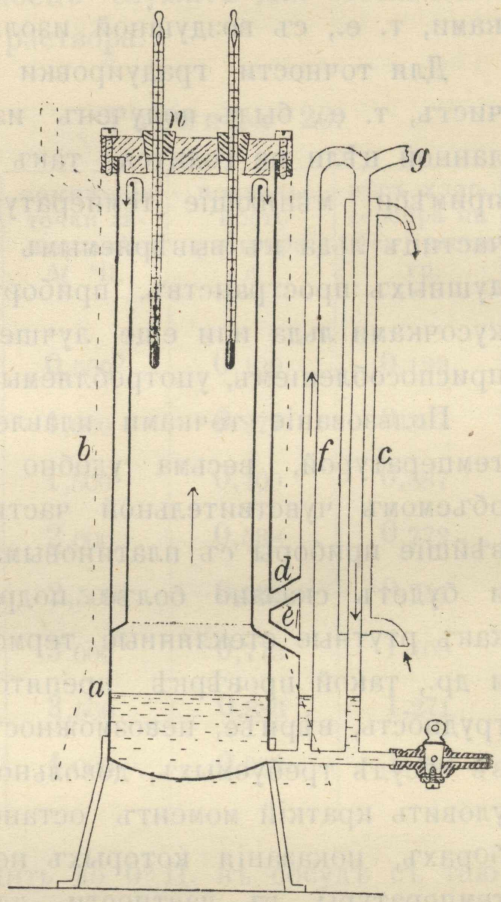
рабочая жидкость	давлен. мм.	Ц.	рабочая жидкость	давлен. мм.	°Ц.
метиловый спиртъ CH_3OH	387,4	+48,7	вода дестиллированная отъ	390	82,8
„ „	410,2	50,0	„ „ до	794	101,5
„ „	44,68	52.0			
„ „	486,5	54,0	амилоуксусн. эфиръ $C_5H_{11}OC_2H_3O$	398,1	118,5
„ „	529,4	56,0	„ „	408,5	120,0
„ „	575,2	58,0	„ „	486,0	125,5
„ „	626,6	60,0	„ „	552,3	129,7
„ „	680,0	62,0	„ „	640,6	134,0
„ „	732,0	64,0	„ „	748,6	140 3
„ „	758,2	64,9	„ „	768,4	141,2
„ „	794,3	66,1	„ „	797,2	142,6

Въ таблицѣ 19 приведены данныя лишь относительно трехъ жидкостей; не представляется затрудненій подобрать жидкости и для промежутковъ отъ 66^0—83^0 и отъ 101^0 до 118^0; такимъ образомъ приборъ можетъ служить въ предѣлахъ отъ $+48^0$ до $+142^0$ Ц.

На черт. 144 изображенъ термостатъ, построенный тоже Германскимъ Физико-Техническимъ Институтомъ, но предназначенный главнымъ образомъ для жидкостей, кипящихъ выше $+100^0$Ц. Его особенности слѣдующія: въ виду болѣе легкой конденсаціи паровъ такихъ жидкостей нижняя часть кольцевого пространства соединяется съ трубкой *f*, ведущей въ холодильникъ *c*, патрубкомъ *d* для паровъ и наклоненнымъ внизъ патрубкомъ *e* для стока жидкости; этимъ достигается непрерывная циркуляція паровъ и равномѣрное, безъ толчковъ и взрывовъ, кипѣніе жидкости; для достиженія послѣдней задачи полезно также при первомъ разогрѣваніи прибора, установивъ надлежащимъ образомъ пламя горѣлки, первыя, болѣе летучія частицы или продукты разложенія удалить, выпустивъ ихъ въ отдѣльный холодильникъ, присоединяемый къ трубкѣ *g*, а ужъ только послѣ этого пускать

воду въ холодильникъ *c* и приступать къ работѣ. Чтобы лучше использовать теплоту горѣнія, приборъ снабженъ кожухомъ *b* изъ кровельнаго желѣза, покрытаго азбестовымъ картономъ.

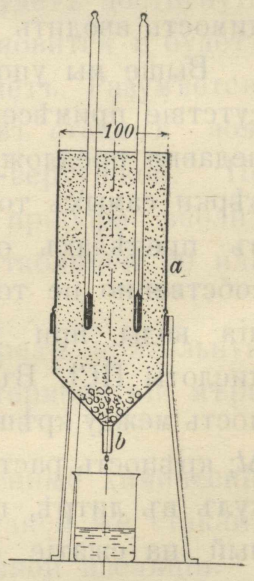
37. Провѣрка по точкамъ плавленія.—Въ настоящее время точно опредѣлены точки плавленія цѣлаго ряда тѣлъ, какъ олово Sn $+232^0$, свинецъ Pb $+327^0$, цинкъ Zn $+418^0$ и др.; точка плавленія воды, т. е. таянія льда, какъ извѣстно, принята за исходную точку стоградусной шкалы и считается 0^0 Ц.



Черт. 144.

Указанныя точки плавленія, строго говоря, зависятъ отъ давленія, при которомъ происходитъ переходъ тѣла изъ твердаго въ жидкое состояніе, именно температура плавленія возрастаетъ съ увеличеніемъ давленія, однако въ предѣлахъ колебанія барометрическаго, т. е., атмосфернаго давленія измѣненія температуры плавленія очень малы, меньше степени точности, съ которой точки плавленія пока опредѣлены, такъ что ихъ измѣненіями можно вполнѣ пренебречь.

Изъ всѣхъ точекъ плавленія самой важной, конечно, является точка таянія льда. Вывѣрка этой точки, т. е., 0^0 Ц., производится очень просто въ приборѣ по черт. 145: онъ состоитъ изъ мѣднаго или цинкового цилиндрическаго сосуда *a* діаметромъ въ 120—150 мм., высотой въ 200—300 мм., открытаго сверху, съ коническимъ дномъ, въ которомъ имѣется отверстіе и трубка *b* для стока образующейся воды, такъ какъ иначе при скопленіи воды температура ея начнетъ повышаться вслѣдствіе поглощенія тепла изъ окружающей среды. Впрочемъ спускать нужно лишь избытокъ воды такъ, чтобы чувствительная часть прибора не соприкасалась съ воздухомъ. Чтобы замедлить таяніе льда, что особенно важно при провѣркѣ большого числа приборовъ,



Черт. 145.

сосудъ можно обертывать войлокомъ или хотя бы газетной бумагой въ нѣсколько рядовъ; иногда сосудъ дѣлаютъ даже съ двойными стѣнками, т. е., съ воздушной изоляціей.

Для точности градуировки важно, чтобы ледъ былъ совершенно чистъ, т. е., былъ полученъ изъ дестиллированной воды; снѣгъ для данной цѣли не годится, такъ какъ онъ обычно содержитъ въ себѣ примѣси, мѣняющіе температуру таянія. Ради лучшаго прилеганія частицъ льда къ вывѣряемымъ приборамъ и отсутствія большихъ воздушныхъ пространствъ, приборъ надо наполнять возможно мелкими кусочками льда или еще лучше льдомъ, наскобленнымъ ножемъ или приспособленіемъ, употребляемымъ для шинкованія капусты.

Пользованіе точками плавленія другихъ тѣлъ, съ болѣе высокой температурой, весьма удобно для вывѣрки приборовъ съ малымъ объемомъ чувствительной части, какъ термоэлементы и отчасти новѣйшіе приборы съ платиновымъ сопротивленіемъ, гдѣ ниже объ этомъ и будетъ сказано болѣе подробно; для большинства же приборовъ, какъ ртутные стеклянные термометры, тальпотазиметры, калориметры и др., такой провѣркѣ препятствуетъ цѣлый рядъ обстоятельствъ: трудность, вѣрнѣе, невозможность получить равномѣрную температуру въ сосудѣ требуемыхъ, довольно значительныхъ размѣровъ, трудность уловить краткій моментъ остановки повышенія температуры въ приборахъ, показанія которыхъ не слѣдуютъ мгновенно за измѣненіемъ температуры, въ частности для стеклянныхъ ртутныхъ приборовъ —опасность раздавить приборъ, особенно сосудикъ съ ртутью, необходимость вводить поправку на высовывающій столбикъ ртути и др..

Выше мы упомянули, что на температуру таянія льда вліяетъ присутствіе примѣсей. Американскіе химики Т. Ричардсъ и Ф. Джэксонъ недавно предложили воспользоваться указаннымъ свойствомъ для вывѣрки самыхъ точныхъ научныхъ термометровъ съ дѣленіями до $0{,}001^0$ въ предѣлахъ отъ -4^0 до 0^0 Ц. Ихъ методъ основанъ на измѣненіи собственно не точки таянія льда, а равнозначущей ей точки замерзанія воды при добавленіи къ ней нѣкотораго количества соляной кислоты HCl. Въ нижеслѣдующей таблицѣ 20, стр. 157, указана зависимость между крѣпостью раствора c и пониженіемъ точки замерзанія воды Δt; крѣпость раствора c указана нормальная, т. е., числомъ граммъ-молекулъ въ литрѣ, при чемъ объемъ берется дѣйствительный, исправленный на сжатіе стекла при температурѣ ванны; напр., для пониженія на $2{,}5^0$ $c=0{,}663$, такъ какъ молекулярный вѣсъ HCl 36,46, то надо взять растворъ, въ 1 лтр. котораго при $-2{,}5^0$Ц содержится $36{,}46 \cdot 0{,}663 = 24{,}173$ гр. HCl. Въ послѣднемъ столбцѣ таблицы 20 ука-

зано количество хлористаго серебра въ гр., которое осаждается изъ 10 см.^{3} холоднаго раствора; этотъ столбецъ служитъ для составленія и провѣрки тритрованіемъ требуемаго раствора.

Самая провѣрка термометра производится слѣдующимъ образомъ: берутъ упоминавшійся выше стаканъ Дьюара съ двойными высеребренными стѣнками достаточно большихъ размѣровъ, наполняютъ его растворомъ соляной кислоты въ водѣ согласно таблицы 20; стаканъ ставятъ въ холодильную смѣсь съ температурой немного ниже температуры замерзанія взятаго раствора, напр., изъ льда и соотв. болѣе крѣпкаго раствора соляной же кислоты.

Таблица 20.

пониженіе точки замерзанія Δt °Ц.	нормальность раствора c	вѣсъ хлор. серебра на 10 см.^{3} раств. гр.
0,500°	0,139	0,199
1,000	0,277	0,397
1,500	0,409	0,587
2,000	0,538	0,772
2,500	0,663	0,951
3,000	0,773	1,109
3,500	0,886	1,271
4,000	0,997	1,430

Стаканъ Дьюара покрываютъ крышкой изъ азбестоваго картона съ отверстіемъ, черезъ которое вставляютъ провѣряемый термометръ; послѣдній полезно передъ тѣмъ охладить до 0° Ц. въ сосудѣ съ тающимъ льдомъ. Сперва подъ вліяніемъ холодильной смѣси температура раствора въ стаканѣ будетъ понижаться, но когда будетъ достигнута точка замерзанія даннаго раствора, температура остановится и будетъ стоять на одной высотѣ, пока весь растворъ не замерзнетъ. Разумѣется, для полученія равномѣрной температуры растворъ въ стаканѣ долженъ все время перемѣшиваться особой мѣшалкой-вертушкой. По истеченіи нѣкотораго времени, когда температура прибора вполнѣ установится, дѣлаютъ отчетъ, который свѣряютъ съ таблицей 20 или съ кривой, построенной по этой таблицѣ.

Отчеты нужно дѣлать, конечно, на разстояніи черезъ зрительную трубу и вообще принимать всѣ обычныя въ точной термометріи мѣры предосторожности.

Вмѣсто сосуда Дьюара можно брать и обыкновенный химическій стеклянный стаканъ, но вставленный во второй такой же стаканъ нѣсколько бо̀льшихъ размѣровъ для полученія воздушной изоляціи.

Указанный способъ провѣрки при помощи заранѣе составленныхъ растворовъ особенно удобенъ при частой провѣркѣ и притомъ многихъ приборовъ. Въ случаѣ рѣдкой провѣрки или въ особенности,

если надо провѣрить какую нибудь температуру, лежащую между числами таблицы 20, лучше поступать наоборотъ: стаканъ Дьюара ставятъ въ соотв. холодильную смѣсь, а въ самый стаканъ кладутъ смѣсь изъ льда и воды и постепенно подбавляютъ соляной кислоты, пока температура, указываемая термометромъ, не опустится до желаемой степени и не установится на ней, что покажетъ, что наступило равновѣсіе, и идетъ процессъ замерзанія. Тогда берутъ охлажденной пипеткой нѣкоторое количество холоднаго раствора и опредѣляютъ его нормальность *c* титрованіемъ при помощи азотнокислаго серебра. По найденной *c* и нормальной кривой, построенной при помощи таблицы 20, находятъ соотв. температуру, съ которой сличаютъ показанія провѣряемаго термометра.

Конечно, описанный способъ нѣсколько кропотливъ и требуетъ умѣнья производить титрованіе и притомъ очень точное, но зато онъ даетъ надежный методъ вывѣрки самыхъ точныхъ термометровъ и притомъ безъ помощи сложныхъ приборовъ и нормальнаго термометра.

38. Провѣрка по температурѣ химическаго превращенія. — Какъ извѣстно, температурой превращенія называется та температура, при которой данная химическая реакція начинаетъ итти; пока температура тѣлъ, участвующихъ въ реакціи, ниже температуры превращенія, реакція не начинается, сколько бы времени тѣла ни находились въ соприкосновеніи. Если данная реакція эндотермическая, т. е., идетъ съ поглощеніемъ тепла, то она, начавшись при достиженіи температуры превращенія, будетъ итти лишь до тѣхъ поръ, пока извнѣ будетъ сообщаться тепло; при этомъ нетрудно сообщать тепло въ такомъ количествѣ, чтобы оно шло все только на поддержаніе реакціи, а не на нагрѣваніе тѣлъ; въ такомъ случаѣ температура тѣлъ будетъ все время сохраняться постоянной, равной температурѣ превращенія. Новѣйшія изслѣдованія показали, что температура превращеніи есть величина вполнѣ опредѣленная, зависящая лишь отъ химическихъ элементевъ, участвующихъ въ реакціи. Такъ, удалось найти съ очень большой точностью температуры превращенія многихъ кристаллическихъ солей, которыя особенно легко получать химически чистыми путемъ повторнаго кристаллизованія.

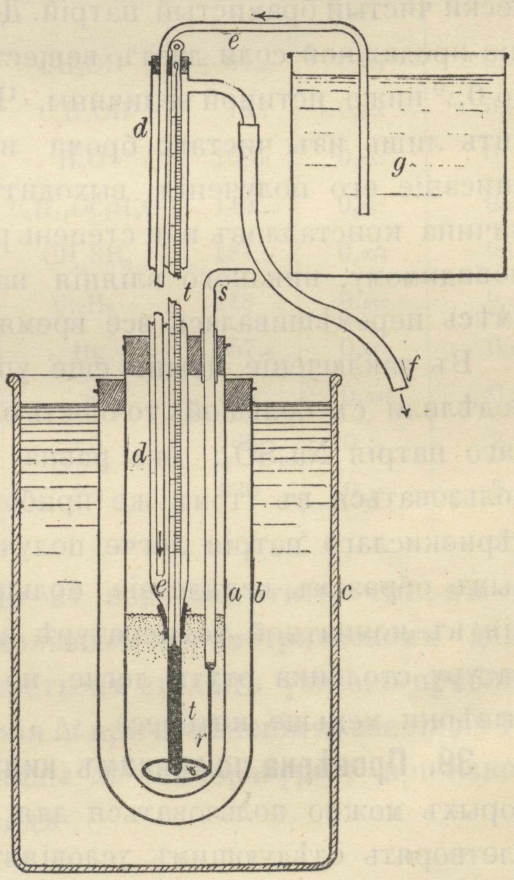
Изъ всѣхъ изслѣдованныхъ солей особенный интересъ представляетъ бромистый натрій NaBr, температура превращенія котораго опредѣлена съ чрезвычайной точностью Т. Ричардсомъ и Р. Уэльсомъ и найдена равной 50,674°Ц. по водородной шкалѣ, такъ какъ эта температура лежитъ какъ разъ посрединѣ основныхъ точекъ, 0° и 100°Ц., ртутныхъ термометровъ, наиболѣе распространенныхъ при научныхъ работахъ.

Въ данномъ случаѣ реакція состоитъ въ превращеніи двугидрата $NaBr,2H_2O$ въ безводную соль $NaBr$ и насыщенный растворъ ея въ водѣ; реакцію можно приближенно представить въ вѣсовыхъ единицахъ въ видѣ слѣдующаго уравненія

$$103NaBr,36H_2O = 61NaBr + 42NaBr,36H_2O.$$

Уравненіе это основано на томъ наблюденіи, что насыщенный растворъ бромистаго натрія содержитъ при температурѣ превращенія на 100 частей воды около 116,8 частей безводной соли, иными словами, что въ двухъ молекулахъ воды (36 гр.), освобождающихся изъ одной молекулы гидрата, растворяются почти точно 42 гр. безводной соли.

Провѣрку термометра можно производить въ приборѣ, изображенномъ на черт. 146 примѣрно въ 1:5 натур. вел.: въ стеклянную пробирку *a*, для которой другая такая же пробирка *b*, присоединенная на пробковомъ кольцѣ, образуетъ воздушный изолирующій слой для замедленія реакціи, насыпается немного менѣе половины высоты смѣсь изъ кристалловъ бромистаго натрія и охлажденной почти до 0^0, тщательно очищенной, прокипяченной воды съ кусочками льда изъ дестиллированной же воды. Въ эту смѣсь вставляется сосудикъ съ ртутью провѣряемаго термометра, который во избѣжаніе поправки *t* на выступающій столбикъ ртути полезно окружить кожухомъ, образованнымъ стеклянной трубкой *d*, черезъ который пропускается вода, подогрѣваемая въ термостатѣ *g* до такой температуры, чтобы она имѣла въ кожухѣ въ среднемъ ок. $50,7^0$Ц.; для этой цѣли въ трубкѣ *d* на срединѣ ея высоты подвѣшивается небольшой термометръ, не показанный на черт. 146; вода притекаетъ по стеклянной трубкѣ *e*, уходитъ вверхъ и стекаетъ по резиновой трубкѣ *f*. Для поддержанія равномѣрнаго хода реакціи и одинаковой температуры во всей реагирующей смѣси,



Черт. 146.

послѣднюю во время опыта надо перемѣшивать, для чего имѣется мѣшалка *r*—кольцо изъ платиновой проволоки, вставленной въ стеклянную ручку *s*. Все приспособленіе стоитъ въ сосудѣ *c*, наполненнымъ водой, подогрѣваемой электрическимъ токомъ при помощи не показанной на чертежѣ спирали изъ константановой проволоки. Температура воды должна быть нѣсколько выше температуры превращенія, на 2^0—3^0, въ зависимости отъ количества тепла, теряемаго верхней частью прибора. При указанной небольшой разности температуръ и наличности воздушной прослойки у пробирки *a*, реакція идетъ очень медленно, температура держится постоянной, равной температурѣ превращенія, болѣе часа, при удачно установленной температурѣ ванны даже до двухъ часовъ.

Для того, чтобы описанный способъ дѣйствительно давалъ точные результаты, очень важно, чтобы смѣсь была составлена изъ веществъ по возможности химически чистыхъ. Особенно трудно получить химически чистый брамистый натрій. Даже многократное перекристаллизованіе продажной соли даетъ вещество, температура превращенія котораго до $0{,}5^0$ ниже истиной величины. Чистый бромистый натрій можно получить лишь изъ чистаго брома и чистаго углекислаго натрія Na_2CO_3; описаніе его полученія выходитъ изъ предѣловъ нашей задачи. Величина кристалловъ или степень размельченія ихъ въ смѣси не имѣетъ, повидимому, никакого вліянія на температуру превращенія, лишь бы смѣсь перемѣшивалась все время надлежащимъ образомъ.

Въ заключеніе можно еще упомянуть что тѣ-же изслѣдователи опредѣлили съ большой точностью температуру превращенія сѣрнокислаго натрія Na_2SO_4; она равна $+32{,}383^0$Ц. Этимъ веществомъ можно пользоваться въ томъ же приборѣ по черт. 146. Полученіе чистаго сѣрнокислаго натрія легче полученія чистаго брамистаго натрія; равнымъ образомъ вслѣдствіе большей близости температуры превращенія къ комнатной температурѣ вести реакцію и поддерживать температуру столбика ртути легче, но сама точка $+32^0$ представляетъ для вывѣрки меньше интереса.

39. Провѣрка по точкамъ кипѣнія.—Тѣла, температурой кипѣнія которыхъ можно пользоваться для вывѣрки термометровъ, должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1, явленіе кипѣнія даннаго тѣла должно быть точно изучено, т. е., должна быть не только извѣстна точка кипѣнія его при нормальномъ барометрическимъ давленіи, но опредѣлена также зависимость между температурой кипѣнія и давленіемъ паровъ;

2, данное тѣло должно легко получаться по возможности въ химически чистомъ видѣ, такъ какъ температура кипѣнія зависитъ отъ

чистоты взятой жидкости, и часто даже малѣйшая примѣсь сильно измѣняетъ эту температуру;

3, данное тѣло не должно измѣняться, напр., разлагаться, подъ дѣйствіемъ температуры кипѣнія, такъ какъ подобное измѣненіе вліяетъ на температуру паровъ;

4, пары взятаго тѣла не должны дѣйствовать разрушающе на обычные матеріалы, изъ которыхъ дѣлаются соотв. термостаты, и не должны быть ядовитыми, т. е., вредными для здоровья лица, производящаго наблюденія.

На основаніи этихъ требованій составлена нижеслѣдующая таблица 21, въ которой указаны тѣла, наиболѣе подходящія для разби-

Таблица 21.

названіе	составъ	t °Ц.	Δt °Ц.	φ °Ц.
метиловый, или древесный спиртъ	CH_3OH	$+64,_{96}$	$0,_{034}$	$\pm 0,_{05}$
этиловый, или винный спиртъ	C_2H_5OH	$78,_1$	$0,_{036}$	$0,_1$
вода	H_2O	$100,_0$	$0,_{037}$	0
амилоуксусный эфиръ	$C_5H_{11}OC_2H_3O$	$140,_{53}$	$0,_{047}$	$0,_1$
анилинъ	CH_5NH_2	$184,_3$	$0,_{054}$	$0,_1$
нафталинъ	$C_{10}H_8$	218	$0,_{060}$	$0,_1$
ртуть	Hg	$357,_2$	$0,_{075}$	$0,_1$
сѣра	S	445	$0,_{082}$	$0,_5$
кадмій	Cd	765	$0,_{12}$	2
цинкъ	Zn	930	$0,_{15}$	5

раемой цѣли. Въ поясненіе таблицы 21 надо замѣтить, что въ ней указаны точки кипѣнія t^0 при нормальномъ барометрическомъ давленіи въ 760 мм. ртутнаго столба; въ третьемъ столбцѣ указано приблизительное измѣненіе температуры кипѣнія Δt при измѣненіи давленія на 1 мм. ртутнаго столба; при помощи величины Δt температура t' при какомъ-нибудь давленіи B выразится въ видѣ

$$t' = t + \Delta t(B - 760), \tag{62}$$

слѣдовательно, $t' > t$ при давленіи B выше 760 мм. и $t' < t$ при $B < 760$ мм.; въ послѣднемъ столбцѣ указана степень точности φ въ °Ц., съ которой въ настоящее время опредѣлена соотв. точка кипѣнія.

Какъ видно, въ этомъ отношеніи остается еще сдѣлать довольно много.

Въ частности относительно отдѣльныхъ тѣлъ надо замѣтить слѣдующее: для спиртовъ указаны температуры кипѣнія въ предположеніи безводнаго спирта, или абсолютнаго алкоголя; содержаніе воды повышаетъ точку кипѣнія, приближая ее къ 100°; точками кипѣнія спирта пользуются сравнительно рѣдко, въ виду большаго удобства для этихъ температуръ способа сличенія.

Пользованіе точками кипѣнія анилина и нафталина очень удобно, но недостатокъ этихъ тѣлъ состоитъ въ томъ, что они, какъ и вообще всѣ органическія вещества, легко разлагаются, а потому при пользованіи ими нужно принимать извѣстныя предосторожности, напр., повышать температуру лишь постепенно, а, главное, не вести кипяченія слишкомъ долго.

При пользованіи ртутью нужно имѣть въ виду, что она при кипяченіи загрязняется поглощеніемъ кислорода, и хотя точка кипѣнія ея t отъ этого замѣтно не мѣняется, но само кипѣніе становится неправильнымъ, бурнымъ; поэтому ртуть надо отъ времени до времени смѣнять чистой.

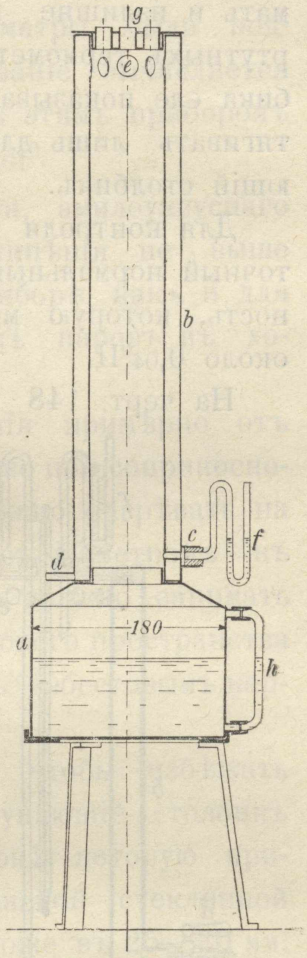
Что касается температуры кипѣнія воды, которая при градуировкѣ приборовъ служитъ для опредѣленія главной, основной точки шкалы, то въ виду важности этой температуры и частаго пользованія ею зависимость ея отъ давленія указана отдѣльно въ таблицѣ 22 по новѣйшимъ опытамъ Г. Вибе, произведеннымъ въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ.

Таблица 22.

Высота барометра мм.	миллиметры									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
700	97,714°	754	793	832	872	911	950	989	*028	*067
10	98,106	145	184	223	262	301	340	378	417	485
20	98,494	532	571	609	648	686	724	763	801	839
30	98,877	915	953	991	*029	*067	*105	*142	*180	*218
40	99,256	293	331	368	406	443	481	518	555	593
50	99,630	667	704	741	778	815	852	889	926	963
60	100,000	037	074	110	147	184	220	257	293	330
70	100,366	402	439	475	511	548	584	620	656	692
80	100,728	764	800	836	872	908	943	979	*015	*051
90	101,086	122	157	193	228	264	299	335	335	405
800	101,441									

Теперь перейдемъ къ описанію самихъ термостатовъ, т. е., приборовъ, въ которыхъ производится кипяченіе указанныхъ тѣлъ. Начнемъ съ термостата для воды.

На черт. 147 изображенъ въ 1:10 натур. вел. наиболѣе распространенный типъ такаго прибора, въ общемъ тождественный съ приборомъ по черт. 143 и отличающійся отъ него лишь деталями конструкціи: *a* котелокъ изъ мѣди, на горловину котораго надѣвается цилиндръ *b* изъ цинка или бѣлой жести съ двойными стѣнками; сверху приборъ закрывается крышкой *g* тоже съ двойной стѣнкой для уменьшенія охлажденія; въ патрубки-отверстія вставляются пробки, черезъ которыя просовываются провѣрямые приборы; паръ изъ котелка поднимается вверхъ до самой крышки, проходитъ черезъ отверстія *e,e* и опускается по кольцевому пространству, предохраняя отъ охлажденія внутреннюю полость; патрубокъ *d* сообщаетъ внутреннюю полость прибора съ наружной атмосферой, черезъ него же выходитъ паръ и конденсатъ; чтобы при болѣе продолжительной работѣ не пускать въ помѣщеніе черезчуръ много пара (сырости), можно патрубокъ *d* соединять съ либиховскимъ холодильникомъ; *f* стеклянный водяной манометръ, соединяемый съ патрубкомъ *c*, сообщающимся съ внутреннимъ паровымъ пространствомъ; по этому манометру регулируютъ пламя горѣлки, нагрѣвающей котелокъ *a*, такъ, чтобы парообразованіе не было слишкомъ сильно, и давленіе пара равнялось барометрическому давленію *h* стеклянная трубка, указывающая уровень воды. Для уменьшенія расхода горючаго сосудъ *b* полезно обертывать азбестовымъ картономъ.



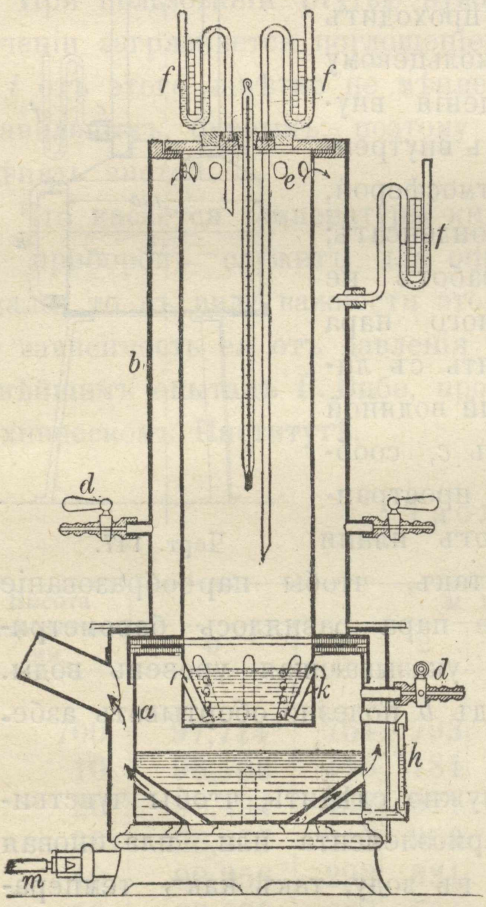
Черт. 147.

При пользованіи этимъ приборомъ нужно слѣдить, чтобы чувствительная часть, шарикъ ртути, спай термоэлемента или платиновая спиралька, отнюдь не была погружена въ воду, такъ какъ температура ея не равна температурѣ пара, опредѣляемой по барометрическому давленію *B* при помощи таблицы 22; температура воды обыкновенно нѣсколько выше температуры пара, отчасти вслѣдствіе содержанія въ водѣ солей, отчасти послѣ нѣкотораго времени кипяченія вслѣдствіе затрудненія кипѣнія отъ отсутствія пузырьковъ воздуха.

Съ другой стороны, хотя наружный кожухъ и кольцевое паровое пространство предохраняютъ внутреннюю полость отъ остыванія, тѣмъ не менѣе въ верхней части прибора температура пара можетъ быть нѣсколько ниже, поэтому чувствительную часть не надо поднимать и излишне высоко надъ уровнемъ воды. Въ случаѣ провѣрки ртутныхъ термометровъ ихъ надо вставлять такъ, чтобы кончикъ столбика еле показывался, или, еще лучше, погружать ихъ глубже и вытягивать лишь для отчета; этимъ избѣгается поправка на выступающій столбикъ.

Для контроля полезно и при этомъ приборѣ держать въ немъ точный нормальный термометръ При правильномъ пользованіи точность, которую можно достигнуть даннымъ приборомъ, составляетъ около 0,04°Ц.

На черт. 148 изображенъ примѣрно въ 1:10 натур. вел. термостатъ, которымъ пользуются въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ. Главная особенность его состоитъ въ томъ, что водяной паръ, который получается отъ обогрѣва котелка *a* газовой кольцевой горѣлкой *m* и легко можетъ оказаться нѣсколько перегрѣтымъ, попадаетъ въ верхнюю полость прибора, лишь пройдя по трубкамъ *k* черезъ слой воды. и, слѣдовательно, принявъ температуру насыщеннаго пара; чтобы паръ въ верхней полости *b* отнюдь не могъ перегрѣваться подъ вліяніемъ продуктовъ горѣнія верхняя часть *b* прибора ставится на азбестовой прокладкѣ на фланецъ верхняго котелка, который въ свою очередь стоитъ тоже на азбестовой прокладкѣ; азбестовый картонъ, смоченный паромъ, даетъ достаточную плотность подъ дѣйствіемъ одного лишь вѣса верхней части прибора. Кипятильныя трубки, которыя проходятъ черезъ водяное пространство нижняго котелка, и кожухъ, направляющій движеніе газовъ, обезпечиваютъ возможно совершенное использованіе горѣлки. Рядъ водяныхъ манометровъ *f*, *f* и крановъ *d*,*d* позволяетъ нѣсколько измѣнять давленіе въ



Черт. 148.

верхней полости, что даетъ возможность при вывѣркѣ стеклянныхъ ртутныхъ термометровъ дѣлать отчеты при постепенно возрастающей температурѣ, что, какъ уже упоминалось выше, стр. 138, увеличиваетъ точность наблюденій.

Отчеты дѣлаются лишь послѣ того, какъ термометры были подвергнуты дѣйствію пара въ теченіе $^1/_2$ часа; показаніе вычисляется по крайней мѣрѣ по тремъ отчетамъ. При вывѣркѣ этимъ приборомъ нормальныхъ термеметровъ точность доходитъ до $0{,}01^0$.

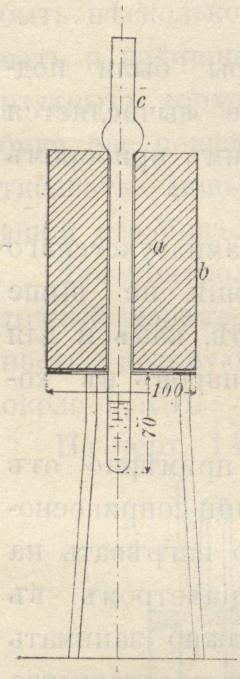
Провѣрка термометровъ по точкѣ кипѣнія спирта, амилоуксуснаго эфира и другихъ жидкостей съ температурой кипѣнія не выше $+150^0$ до $+180^0$Ц. производится въ такомъ же приборѣ, какъ и для воды, черт. 143, 147 и 148, но лишь съ выпускомъ паровъ въ холодильникъ, какъ показано на черт. 143 или 144.

При пользованіи веществами съ точкой кипѣнія примѣрно отъ $+180^0$ до $+500^0$Ц., которыя сильно кондинсируются уже при соприкосновеніи съ воздухомъ комнатной температуры, ихъ можно нагрѣвать на газовой горѣлкѣ просто въ большой пробиркѣ съ діаметромъ въ 25—30 мм. и высотой въ 200 мм.; взятое вещество должно занимать по высотѣ 40 - 50 мм.. Чтобы увеличить высоту парового пространства верхнія $^2/_3$ пробирки по высотѣ полезно обертывать азбестовымъ картономъ.

Вывѣрку стеклянныхъ ртутныхъ термометровъ, чтобы избѣжать или по крайней мѣрѣ уменьшить поправку на выступающій столбикъ ртути, лучше вести въ еще болѣе длинной пробиркѣ, которую приходится дѣлать самому изъ тонкостѣнной, тугоплавкой стеклянной трубки, запаянной съ одного конца, съ діаметромъ тоже въ 25—30 мм. и длиной въ 250—400 мм., смотря по длинѣ термометра. Нагрѣваніе такой длинной пробирки удобнѣе вести не на газовой горѣлкѣ, а въ упоминавшейся выше электрической печи Герэусъ, конечно, поставивъ послѣднюю вертикально. Чтобы избѣжать перегрѣва паровъ, конецъ трубки съ кипящей жидкостью надо располагать въ срединѣ печи по высотѣ, гдѣ температура наивысшая; при этомъ температуру печи, т. е.. силу тока, регулируютъ такъ, чтобы кипѣніе только что могло итти.

При пользованіи тѣлами съ высокими точками кипѣнія, какъ ртуть и сѣра, высокое паровое пространство можно получить при помощи газовой горѣлки лишь при условіи возможнаго уменьшенія потери тепла парами на лучеиспусканіе и даже нѣкотораго обогрѣванія стѣнокъ трубки. Въ этомъ случаѣ простого обертыванія пробирки азбестовымъ картономъ недостаточно.

На черт. 149 изображено очень простое приспособленіе, дающее однако хорошіе результаты: на стеклянной трубкѣ-пробиркѣ *c* съ діаметромъ въ 20—25 мм. раздувается на высотѣ 70—80 мм. отъ верхняго, открытаго конца ея уширеніе, которымъ она держится въ гипсовымъ цилиндрѣ *a*; этотъ цилиндръ получается наливаніемъ гипса въ жестяной сосудъ *b* при вставленной въ него трубкѣ *c*. Какъ только гипсъ начинаетъ затвердѣвать, трубку вынимаютъ, слегка повертывая ее; тогда одинъ и тотъ же гипсовый цилиндръ можетъ служить для нѣсколькихъ трубокъ. Высоту *h* цилиндра берутъ по трубкѣ, въ 150—250 мм.. При вывѣркѣ термометра трубку, наполнивъ ее на 40—50 мм. взятымъ рабочимъ тѣломъ, нагрѣваютъ на обыкновенной бунзенской горѣлкѣ, сперва слегка, а затѣмъ, разъ кипѣніе началось, безъ особыхъ предосторожностей; пламя горѣлки увеличиваютъ до тѣхъ поръ, пока жидкость, получающаяся отъ конденсаціи паровъ, не будетъ въ изобиліи стекать по стѣнкамъ верхняго уширенія; температура паровъ получается практически совершенно одинаковой по всей трубкѣ внутри гипсоваго цилиндра.

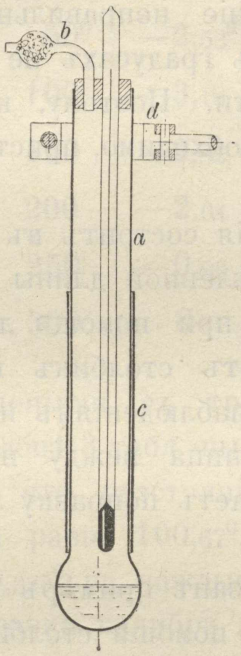


Черт. 149.

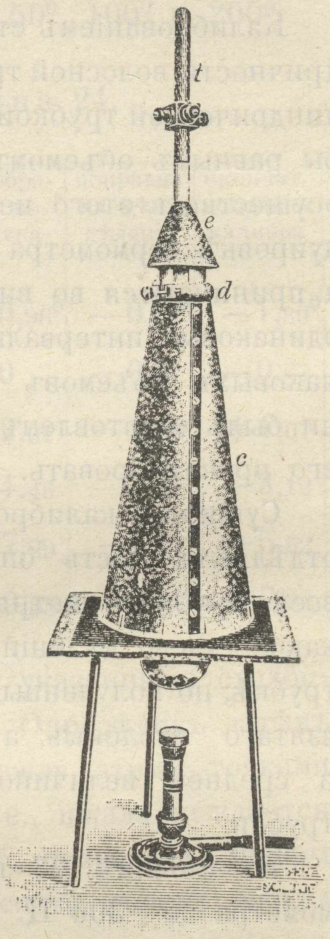
Въ виду вліянія на точки кипѣнія чистоты взятаго вещества, для каждаго вещества, анилина, нафталина, ртути и сѣры, надо имѣть свою отдѣльную трубку, чтобы не удалять рабочее тѣло для полученія другой температуры. Впрочемъ сѣру нельзя оставлять въ трубкѣ, такъ какъ при послѣдующемъ нагрѣваніи застывшей сѣры она разрываетъ трубку вслѣдствіе сильнаго увеличенія въ объемѣ при нагрѣваніи; вмѣсто того, чтобы послѣ работы выливать расплавленную сѣру, можно, конечно, просто вынуть трубку и положить ее на азбестовый картонъ; благодаря уширенію трубка ляжетъ открытымъ концемъ немного кверху, сѣра изъ нижней части трубки распредѣлится тонкимъ слоемъ почти по всей длинѣ ея и при нагрѣваніи постепенно стечетъ опять внизъ, не разорвавъ трубку.

Въ частности при провѣркѣ термометровъ по точкѣ кипѣнія сѣры можно вмѣсто пробирки или самодѣльной трубки пользоваться колбой отъ прибора В. Мейера для опредѣленія плотности паровъ тѣлъ съ высокой точкой кипѣнія. Колба *a*, черт. 150, стр. 167, имѣетъ внизу уширеніе для вмѣщенія бо́льшаго количества кипящей жидкости и сдѣлана изъ іенскаго стекла, которое выдерживаетъ гораздо лучше сильное и продолжительное нагрѣваніе. Сверху колба закрывается резиновой проб-

кой съ отверстіями для 1 или 2 провѣряемыхъ термометровъ и для изогнутой трубки *b*, сообщающей внутреннюю полость колбы съ атмосферой; чтобы пары сѣры не могли выходить и воспламеняться на воздухѣ, на трубкѣ *b* раздувается шарикъ, который наполняется стеклянной или азбестовой ватой. Чтобы увеличить высоту парового пространства, а вмѣстѣ съ тѣмъ избѣжать перегрѣва паровъ сѣры, цилиндрическую часть колбы надо обертывать азбестовымъ картономъ *c*; тѣмъ не менѣе, чтобы быть вполнѣ увѣреннымъ, что шарикъ ртути термометра дѣйствительно нагрѣтъ до температуры кипѣнія, его не надо поднимать выше 15—20 мм. надъ уровнемъ кипящей жидкости.



Черт. 150.



Черт. 151.

Очень удобный приборъ для пользованія точкой кипѣнія сѣры изображенъ на черт. 151: это та-же колба В. Мейера, которая вмѣсто подвѣшиванія на штативѣ стоитъ сама на треножникѣ благодаря конусу *a* изъ азбестоваго картона, прикрѣпленному къ колбѣ при помощи хомутика съ стяжкой *b*; конусъ *a* служитъ одновременно и опорой и кожухомъ, уменьшающимъ потерю тепла; чтобы пары сѣры не перегрѣвались, цилиндрическая часть колбы, какъ и выше, обертывается тоже азбестовымъ картономъ. Въ случаѣ провѣрки прибора *t* съ платиновымъ сопротивленіемъ, какъ показано, напр., на черт. 151, такой же конусъ *c* задерживаетъ пары сѣры, которые иначе могутъ испортить его рукоятку.

Описаніе приборовъ для провѣрки по еще болѣе высокимъ точкамъ кипѣнія кадмія и цинка, которыми пользуются преимущественно при провѣркѣ термоэлементовъ, будетъ дано ниже въ соотв. главѣ.

40. Особенности при провѣркѣ стеклянныхъ ртутныхъ термометровъ. – Главныя особенности состоятъ въ, такъ назыв., калиброваніи и въ измѣняемости съ теченіемъ времени постоянныхъ точекъ шкалы—

таянія снѣга и кипѣнія воды, а вмѣстѣ съ ними и всѣхъ показаній термометра.

Калиброваніемъ стекляннаго термометра называется провѣрка цилиндричности волосной трубки. Въ идеальномъ термометрѣ съ абсолютно цилиндрической трубкой равныя по длинѣ отрѣзки трубки соотвѣтствовали бы равнымъ объемомъ ртути; въ дѣйствительныхъ приборахъ строго осуществить этого не удается. Даже въ томъ случаѣ, если при градуировкѣ термометра дѣленія наносятся не на равныхъ разстояніяхъ, а принимаются во вниманіе неправильности волосной трубки, все же одинаковые интервалы въ градусахъ не будутъ заключать строго одинаковыхъ объемовъ ртути. Поэтому, какъ бы тщательно термометръ ни былъ изготовленъ, необходимо, приступая къ точнымъ измѣреніямъ, его прокалибровать.

Сущность калиброванія состоитъ въ томъ, что отъ столбика ртути отдѣляютъ часть опредѣленной длины и, перемѣщая эту часть вдоль всей трубки, смотрятъ при помощи лупы или слабаго микроскопа, какое число дѣленій этотъ столбикъ послѣдовательно занимаетъ въ трубкѣ; по полученнымъ наблюденіямъ находится средняя длина въ ^{0}Ц. взятаго столбикъ, а разница между наблюденнымъ числомъ дѣленій и средней величиной даетъ поправку калибра для соотв. интервала трубки.

Въ таблицѣ 23 показанъ примѣръ калиброванія химическаго термометра до $+300^0$ Ц. при помощи столбика ртути въ 50^0.

Таблица 23.

отчетъ внизу	отчетъ вверху	длина столбика	поправка интервала	поправка отъ 0^0 Ц.
$-0{,}15^0$	$+50{,}13^0$	$50{,}28^0$	$-2{,}52$	$-2{,}52$
$+50{,}80$	$99{,}23$	$48{,}43$	$-0{,}67$	$-3{,}19$
$101{,}44$	$148{,}81$	$47{,}37$	$+0{,}39$	$-2{,}80$
$151{,}72$	$198{,}68$	$46{,}96$	$+0{,}80$	$-2{,}00$
$201{,}81$	$248{,}44$	$46{,}93$	$+1{,}13$	$-0{,}87$
$251{,}74$	$298{,}64$	$46{,}90$	$+0{,}86$	$-0{,}01$
	средняя	$47{,}76^0$		

Первые три столбца таблицы 23 понятны сами собой; 4-й столбецъ получается въ видѣ разности средней длины столбика и соотв. наблюденной длины; 5-й столбецъ получается послѣдовательнымъ алгебраическимъ сложеніемъ поправокъ интерваловъ.

Въ дѣйствительности калиброваніе производится при помощи не одного столбика ртути, а нѣсколькихъ, различной длины, такъ какъ при одномъ столбикѣ ошибки отдѣльныхъ отчетовъ послѣдовательно

складываются. Въ столбцѣ 2-мъ таблицы 24 указаны поправки соотв. отчетовъ шкалы, полученныя для того же термометра при помощи комбинаціи наблюденій съ столбиками длиной въ 50^0, 100^0 и 200^0.

При пользованіи термометромъ гораздо удобнѣе, если поправки на калибръ будутъ равны 0 не у начала и конца шкалы, а у постоянныхъ точекъ 0^0 и $+100^0$Ц. Это значитъ, что среднюю величину интервала надо взять не для всѣхъ 6 интерваловъ, какъ сдѣлано въ столбцѣ 3 таблицы 23, а лишь по двумъ первымъ интерваламъ. Полученныя такимъ способомъ, при пользованіи болѣе точными наблюденіями съ тремя указанными столбиками, поправки указаны въ столбцѣ 3 таблицы 24. Опредѣливъ затѣмъ положеніе 0^0 и 100^0 и найдя, что разстояніе между этими точками по шкалѣ даннаго термометра равно $100{,}67^0$, т. е., шкала нуждается въ поправкѣ на $-0{,}67^0$, или $-0{,}335^0$ на каждые 50^0, получаемъ цифры столбца 4. Окончательныя поправки калибра для соотв. точекъ шкалы составляются въ видѣ алгебраической суммы соотв. поправокъ столбцовъ 3 и 4 и указаны въ столбцѣ 5.

Таблица 24.

отчетъ по шкалѣ	точная поправка	преобразов. поправка	поправка на цѣну дѣленія	окончат. поправка калибра
50^0	$-2{,}52^0$	$-0{,}96^0$	$-0{,}34^0$	$-1{,}30^0$
100	$-3{,}18$	± 0	$-0{,}67$	$-0{,}67$
150	$-2{,}82$	$+2{,}01$	$-1{,}00$	$+1{,}01$
200	$-2{,}04$	$+4{,}46$	$-1{,}34$	$+3{,}12$
250	$-0{,}89$	$+7{,}29$	$-1{,}67$	$+5{,}62$
300	0	$+9{,}85$	$-2{,}01$	$+7{,}84$

Какъ видимъ, для взятаго термометра поправка достигаетъ очень значительной величины. Въ хорошихъ термометрахъ поправки, полученныя при помощи калиброванія, значительно меньше. Какъ уже указывалось, главные нормальные термометры не должны имѣть ошибки въ калибрѣ болѣе $0{,}25^0$ для отдѣльнаго отчета; лабораторные термометры считаются еще хорошими, если ошибки калибра не превосходятъ $1^0/_0$ показанія при шкалѣ съ дѣленіями въ цѣлыхъ градусахъ, и вдвое меньшей величины, т. е. $0{,}5^0/_0$, при дѣленіяхъ въ $0{,}1^0$.

Само калиброваніе, т. е., отдѣленіе части столбика требуемой длины, его перемѣщеніе по трубкѣ, точный отчетъ дѣленій и вычисленіе поправокъ дѣло довольно сложное и требуетъ значительнаго навыка. Такъ какъ, кромѣ самыхъ точныхъ научныхъ наблюденій, къ калиброванію не приходится почти никогда прибѣгать, и вмѣстѣ съ тѣмъ подробное описаніе пріемовъ калиброванія и методовъ вычисленія поправокъ можно найти въ любомъ болѣе полномъ руководствѣ

по опытной физикѣ, то мы не будемъ останавливаться на этомъ вопросѣ болѣе подробно. Вмѣсто калиброванія даже хорошіе рабочіе термометры просто сличаютъ съ нормальнымъ, калиброваннымъ въ соотв. учрежденіи.

Относительно вліянія термическаго послѣдѣйствія стекла на показанія термометра было указано выше, стр. 36, что оно проявляется двояко: въ видѣ медленнаго повышенія положенія 0^0, длящагося иногда годами, и приниженія 0^0 вслѣдствіе каждаго нагрѣванія. Сообразно этому въ каждомъ точномъ стеклянномъ термометрѣ надо различать 2 положенія постоянныхъ точекъ 0^0 и 100^0 Ц.—наивысшее и приниженное, которыя опредѣляются совершенно различно.

Для опредѣленія перваго, наивысшаго положенія 0^0 термометръ, оставленный въ покоѣ въ теченіе по крайней мѣрѣ одного года, погружаютъ въ тающій ледъ и держатъ въ немъ нѣсколько дней, пока показаніе его, сперва медленно повышающееся, не станетъ, наконецъ, постояннымъ.

Найденное такимъ образомъ положеніе 0^0 само по себѣ особаго практическаго значенія не имѣетъ; оно даетъ лишь характеристику даннаго прибора въ видѣ разности наивысшаго и приниженнаго положенія 0^0; чѣмъ эта разность меньше, тѣмъ меньше термическое послѣдѣйствіе взятаго стекла, тѣмъ лучше и надежнѣе самый термометръ.

Приниженное положеніе 0^0, ближе соотвѣтствующее рабочему положенію 0^0, находится гораздо проще и быстрѣе: термометръ нагрѣваютъ до 100^0, подвергая его въ теченіе $^1/_2$ часа дѣйствію паровъ кипящей воды, вынимаютъ изъ водяной бани и еще теплый, дождавшись лишь, чтобы ртуть спустилась до 25^0-30^0, погружаютъ въ тающій ледъ и отмѣчаютъ то положеніе, когда ртуть вновь начнетъ подниматься.

По найденному такимъ образомъ приниженію Δt и найденному передъ тѣмъ показанію термометра t_{100} при 100^0, цѣна одного дѣленія, т. е., 1^0 Ц., найдется въ видѣ

$$1^0 = \frac{t_{100} - \Delta t}{100}. \qquad (63)$$

Тщательными опытами Пернэ установлено, что найденная такимъ путемъ величина 1^0 съ теченіемъ времени практически остается постоянной.

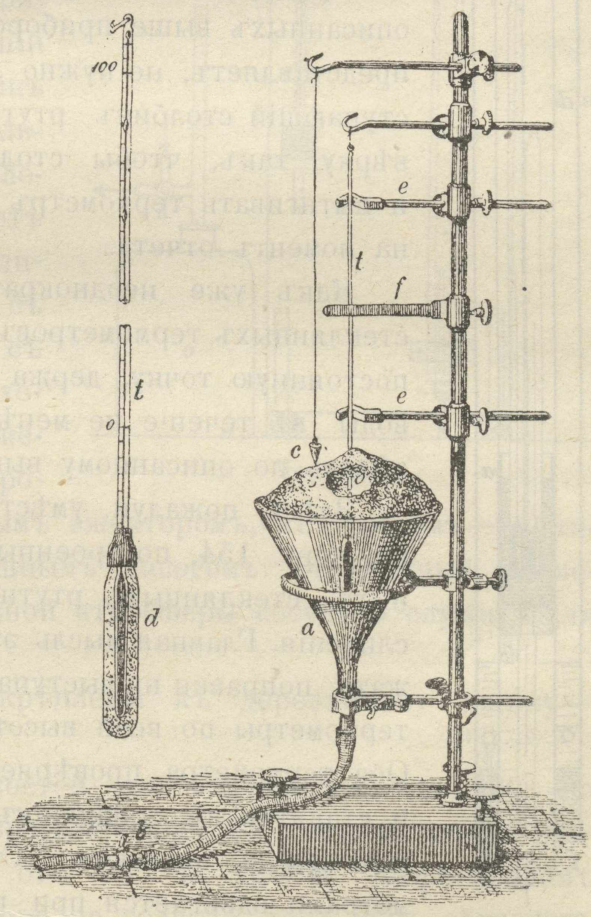
Такъ какъ приниженіе 0^0 получится иное, если термометръ передъ тѣмъ подвергать дѣйствію не 100^0, а иной температуры, то при про-

изводствѣ особенно точныхъ наблюденій приходится поступать слѣдующимъ образомъ: зная приблизительно температуру t, подлежащую измѣренію, подвергаютъ термометръ дѣйствію этой температуры въ соотв. термостатѣ опять-таки въ теченіе $^1/_2$ часа, затѣмъ опредѣляютъ соотв. приниженіе 0^0, послѣ этого производятъ измѣреніе искомой температуры и сейчасъ же вновь опредѣляютъ приниженіе 0^0. Съ достаточной точностью можно считать, что среднее изъ этихъ приниженій дастъ дѣйствительное приниженіе $\Delta t'$ при температурѣ t. Тогда, принимая во вниманіе исправленную по ур—ію (63) величину 1^0, получаемъ истинную температуру t по отчету t'

$$t = (t' - \Delta t') . \frac{100}{t_{100} - \Delta t}, \qquad (64)$$

гдѣ для $\Delta t'$ и Δt надо брать, конечно, не абсолютныя величины, а съ соотв. знакомъ, полученнымъ при провѣркѣ.

Что касается самой провѣрки стеклянныхъ термометровъ, то кромѣ описаннаго выше, стр. 155, прибора, можно пользоваться и, пожалуй, даже съ бо́льшимъ удобствомъ приборомъ по черт. 152, который легко составить въ каждой лабораторіи: это стеклянная воронка a съ резиновой трубкой, краникъ b на которой позволяетъ соотв., какъ указано выше, регулировать удаленіе воды; слабая пружинка f прижимаетъ провѣряемый термометръ t къ державкамъ e,e; отвѣсъ c и установительные винты у штатива позволяютъ установить термометръ строго вертикально, что имѣетъ значеніе при отчетахъ по особенно точнымъ термометромъ.

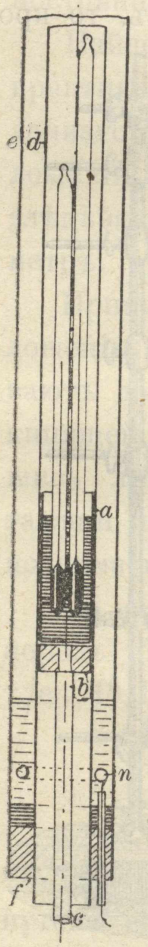


Черт. 152 и 153.

Для провѣрки при помощи совершенно чистаго льда можно пользоваться приспособленіемъ по черт. 153: въ небольшомъ стеклянномъ сосудикѣ d замораживаютъ дестилированную воду, вставивъ въ сосудъ

стеклянную палочку, близкую по размѣрамъ къ сосуду съ ртутью термометра; палочку эту затѣмъ слегка нагрѣваютъ и вынимаютъ, а вмѣсто нее вставляютъ термометръ t, къ которому d прикрѣпляется при помощи кусочка резиновой трубки. Термометръ, окруженный такимъ образомъ чистымъ льдомъ, вставляютъ въ описанный выше приборъ, при чемъ чистота положеннаго въ него льда уже не имѣетъ большого значенія.

Въ заключеніе можно еще замѣтить, что термометры надо погружать въ ледъ нѣсколько глубже 0^0, чтобы избѣжать вліянія высовывающейся части термометра, имѣющей болѣе высокую температуру; въ особенности это важно для точныхъ термометровъ со шкалой, заключенной во второй трубкѣ. Кромѣ того, при провѣркѣ 0^0 у этихъ послѣднихъ и вообще у термометровъ тонкостѣнныхъ, надо слѣдить, чтобы ледъ не давилъ черезчуръ на стѣнки сосудика съ ртутью, такъ какъ въ противномъ случаѣ для 0^0 можетъ получиться отчетъ выше истиннаго на нѣсколько сотыхъ градуса.



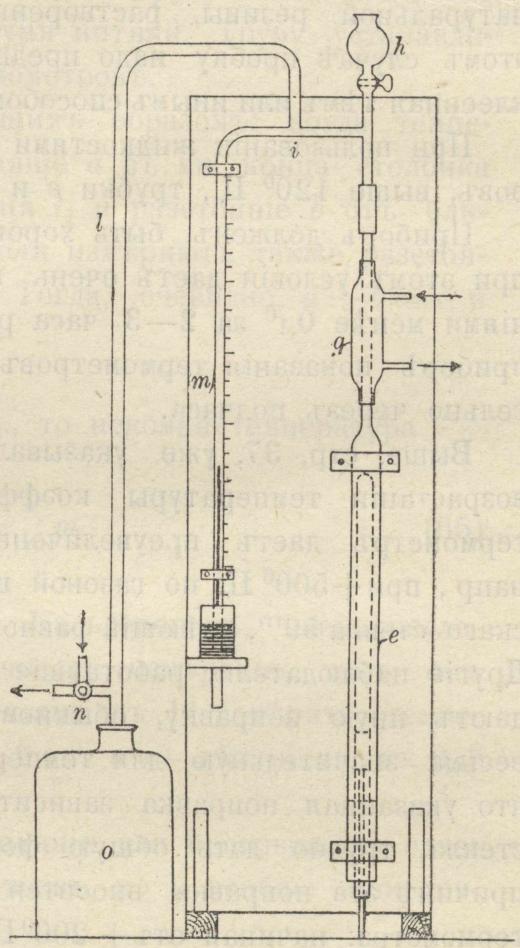
Черт. 154.

Провѣрка 100^0 производится при помощи одного изъ описанныхъ выше приборовъ и особенностей никакихъ не представляетъ, не нужно лишь забывать поправки на выступающій столбикъ ртути или, еще лучше, вести провѣрку такъ, чтобы столбикъ совсѣмъ не высовывался, и вытягивать термометръ до температуры кипѣнія лишь на моментъ отчета.

Какъ уже неоднократно говорилось, при провѣркѣ стеклянныхъ термометровъ надо сперва провѣрять верхнюю постоянную точку, держа термометръ въ парахъ кипящей воды въ теченіе не менѣе $^1/_2$ часа, а затѣмъ уже опредѣлять по описанному выше положеніе 0^0 Ц.

Здѣсь, пожалуй, умѣстно описать еще приборъ Ватсона, черт. 154, построенный спеціально для провѣрки точныхъ стеклянныхъ ртутныхъ термометровъ по способу сличенія. Главная мысль этого прибора—совершенно избѣжать поправки на выступающій столбикъ ртути, нагрѣвая термометры по всей высотѣ до одинаковой температуры. Оба термометра, провѣряемый и нормальный, связываются и ставятся въ стаканчикъ a съ ртутью, въ которой термометры и плаваютъ. Стаканчикъ a вмѣстѣ съ термометрами вдвигается при помощи поршенька b и стержня c въ запаянную сверху и открытую снизу стеклянную трубку d, плотно охватывающую a и имѣющую въ діаметрѣ ок. 25 мм, а въ высоту ок. 760 мм., т. е., пригодную для самыхъ длинныхъ термо-

метровъ, лишь бы они умѣстились по своей толщинѣ. Трубка d въ свою очередь вставлена при помощи резиновой пробки f въ стеклянную трубку e съ діаметромъ ок. 47 мм.. Въ кольцевое пространство между трубками d и e наливается черезъ воронку съ краномъ h, черт. 155, небольшое количество жидкости, пары которой и нагрѣваютъ ртутную ванну и термометры; нагрѣваніе жидкости производится обычнымъ путемъ при помощи электрическаго тока, проходящаго по спирали n изъ константановой проволоки. Измѣненіе температуры паровой бани достигается, какъ и въ описанныхъ выше приборахъ, измѣненіемъ давленія паровъ и пользованіемъ различными жидкостями.



Черт. 155.

На черт. 155 изображенъ примѣрно въ 1:15 натур. вел. общій видъ прибора: оттянутый кончикъ трубки e соединяется съ холодильникомъ g, предупреждающимъ улетучиваніе паровъ изъ e; далѣе идетъ отвѣтвленіе къ тройнику i, соединяющему внутреннюю полость e съ ртутнымъ вакуоманометромъ m и съ трубкой l, ведущей къ трехходовому крану n. Въ одномъ положеніи кранъ этотъ сообщаетъ паровое пространство съ водоструйнымъ эжекторомъ, въ другомъ—съ такимъ же нагнетательнымъ воздушнымъ насосомъ. Стеклянный, герметически разобщенный отъ наружной атмосферы сосудъ o служитъ для уравниванія работы насосовъ.

Всѣ стеклянныя части прикрѣплены къ деревянному ящику—штативу.

Въ качествѣ рабочихъ жидкостей для температуръ отъ $+20^0$ до $+46^0$ Ц. можно пользоваться сѣроуглеродомъ CS_2, отъ 45^0 до 80^0 этиловымъ алкоголемъ C_2H_5OH и отъ 79^0 до 120^0 Ц. хлорбензоломъ C_6H_5Cl; вода для даннаго прибора не годится, такъ какъ образуетъ на стеклахъ росу, которая мѣшаетъ отчетамъ по термометрамъ. Чтобы предохранить резиновую трубку отъ разъѣдающаго дѣйствія указан-

ныхъ жидкостей, на дно кольцевого пространства сперва наливается немного ртути. Чтобы пробка оставалась на мѣстѣ при довольно значительныхъ колебаніяхъ давленія внутри прибора, ее надо преклеить; проще всего это сдѣлать, смазавъ концы трубокъ вареным маслом; вмѣсто этого можно пробку приклеить также резиновымъ клеемъ изъ натуральной резины, растворенной въ бензолѣ или хлороформѣ; въ этомъ случаѣ пробку надо предварительно обмыть бензиномъ. Приклеенная тѣмъ или инымъ способомъ пробка должна сохнуть дней 4—5.

При пользованіи жидкостями съ болѣе высокой температурой паровъ, выше 120° Ц., трубки *e* и *d* приходится внизу прямо спаивать.

Приборъ долженъ быть хорошо изолированъ отъ потери тепла и при этомъ условіи даетъ очень постоянную температуру, съ колебаніями менѣе 0,1° за 2—3 часа работы. При измѣненіи давленія въ приборѣ показанія термометровъ вполнѣ устанавливаются приблизительно черезъ полчаса.

Выше, стр. 37, уже указывалось, что вслѣдствіе увеличенія при возрастаніи температуры коэффиціента расширенія ртути, ртутный термометръ даетъ преувеличенныя показанія; какъ тамъ указано, напр., при +500° Ц. по газовой шкалѣ ртутный термометръ изъ іенскаго стекла 59^{III}, имѣющій равномѣрную шкалу, показалъ бы +527,8° Ц. Другіе наблюдатели, работавшіе съ термометрами изъ другого стекла, даютъ иную поправку, обыкновенно нѣсколько меньшую, но все же весьма значительную для температуръ выше + 200° Ц. Въ виду того, что указанная поправка зависитъ въ значительной мѣрѣ отъ состава стекла, трудно дать общую формулу для ея вычисленія. По той же причинѣ эта поправка вносится въ шкалу при самомъ изготовленіи термометра: начиная отъ + 200° Ц. шкала дѣлается все болѣе и болѣе растянутой, дѣленія все крупнѣе и крупнѣе. Это нужно имѣть въ виду при калиброваніи термометра.

Въ заключеніе полезно упомянуть, какъ поступать въ томъ случаѣ, если подлежащій провѣркѣ путемъ сличенія термометръ имѣетъ болѣе мелкія дѣленія, чѣмъ имѣющійся нормальный термометръ; напр., надо провѣрить калориметрическій термометръ съ дѣленіями въ 0,01°, а нормальный термометръ имѣетъ дѣленія въ 0,1°. Въ этомъ случаѣ отчеты по нормальному термометру надо лишь производить при помощи катетометра, позволяющаго измѣрять вертикальныя разстоянія съ точностью до 0,01 или даже 0,005 мм.. Въ виду того, что разстоянія, подлежащія измѣренію, очень невелики, всего нѣсколько мм., придѣлать къ катетометру для перемѣщенія зрительной трубы соотв. микрометренный винтъ съ дѣленіями на маховичкѣ, по образцу

калибромѣровъ, не представляетъ большихъ затрудней и стоитъ недорого. Зрительная труба съ увеличеніемъ примѣровъ въ 40 разъ должна имѣть, конечно, обычную систему перекрещивающихся нитей, при чемъ вмѣсто одной горизонтальной нити лучше поставить двѣ очень близко другъ отъ дружки и при отчетахъ не перекрывать нитью визируемое дѣленіе термометра, а устанавливать трубу такъ, чтобы оно приходилось какъ-разъ между этими двумя нитями. Трубу устанавливаютъ на разстояніи 4—5 мт. отъ термометровъ.

Самые отчеты производятся слѣдующимъ образомъ: когда температура установится, измѣряютъ разстояніе a въ мм. конца столбика ртути отъ ближайшаго нижняго дѣленія t_1 и разстояніе b отъ ближайшаго верхняго дѣленія t_2; для контроля измѣряютъ также разстояніе c между этими двумя дѣленіями. Тогда, очевидно, $a + b = c$ и $\frac{a}{c} + \frac{b}{c} = 1$.

Если m цѣна одного дѣленія въ ^{0} Ц., то искомая температура

$$t = t_1 + \frac{a}{b} m = t_2 - \frac{b}{c} m. \qquad (65)$$

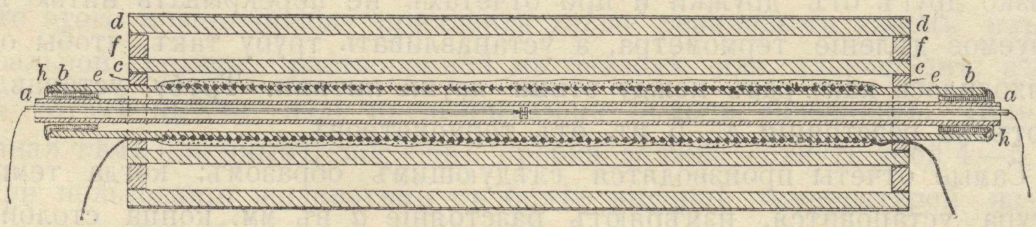
Способъ этотъ, предложенный Л. Кальдерономъ, очень несложенъ и значительно увеличиваетъ точность измѣренія; такъ, онъ позволяетъ съ термометромъ съ дѣленіями въ 1^0 измѣрять температуру съ точностью до $0{,}1^0$ или даже $0{,}01^0$, а съ дѣленіями въ $0{,}1^0$ съ точностью до $0{,}01^0$ или даже $0{,}005^0$.

Указанный пріемъ заслуживаетъ вниманія для производства отчетовъ не только при провѣркѣ термометровъ, но и вообще при точныхъ измѣреніяхъ.

41. Особенности при провѣркѣ термоэлементовъ.—Провѣрку термоэлементовъ, въ предѣлахъ отъ самыхъ низкихъ температуръ до $+500^0$ Ц., можно производить при помощи тѣхъ же приспособленій, что и провѣрку другихъ приборовъ. Къ особеннымъ приспособленіямъ приходится прибѣгать лишь при болѣе высокихъ температурахъ. Впрочемъ и для температуръ менѣе высокихъ при частой провѣркѣ термоэлементовъ удобно пользоваться отдѣльными приспособленіями, обусловленными конструкціей термоэлементовъ.

Начнемъ съ описанія приспособленія, которымъ пользуются въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ при провѣркѣ термоэлементовъ по способу сличенія. Это электрическая печь, черт. 156, стр. 176, состоящая изъ трубки b-b изъ тугоплавкой фарфоровой массы, длиной ок. 600 мм., съ внутреннимъ діаметромъ ок. 25 мм., обернутой по

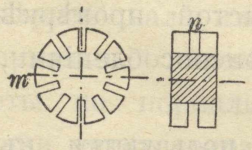
винтообразной канавкѣ проволокой изъ чистаго никеля толщиной въ 2 мм.; для уменьшенія окисленія никеля при высокихъ температурахъ трубка *b* сверхъ проволоки обмазывается смѣсью изъ глины и шамота



Черт. 156.

слоемъ толщиной въ 5 мм.. Трубки *c* и *d* изъ обыкновеннаго фарфора, имѣющія въ длину ок. 500 мм. и внутренній діаметръ соотв. 50 и 100 мм., и фарфоровыя же кольца *e* и *f*, преклеиваемыя къ трубкамъ при помощи замазки изъ мелко размолотаго шамота и глины, образуютъ воздушную изоляцію для уменьшенія потери тепла; съ той же цѣлью трубка *d* снаружи обертывается еще азбестовымъ картономъ. Такъ какъ при высокихъ температурахъ свойства фарфора какъ изолятора понижаются, то во избѣжаніе перехода тока съ никелевой обмотки на проволоки термоэлементовъ, послѣднія, заключенныя въ тонкостѣнныя фарфоровыя или кварцевыя трубки, помѣщаютъ не непосредственно въ трубку *b*, а въ трубку *a* изъ такой же тугоплавкой фарфоровой массы, имѣющую внутренній діаметръ ок. 10 мм.. Трубка *a* поддерживается фарфоровыми же муфточками *h*,*h*; высовывающіеся концы трубокъ *a* и *b* почти не нагрѣваются.

Сличаемые термоэлементы, до 10 паръ сразу, вставляются въ трубку *a* въ растянутомъ видѣ, т. е., такъ, что одна проволока каждой пары свѣшивается съ одного конца, другая—съ другого, спай находится около средины трубки *a*. Чтобы спаи всѣхъ сличаемыхъ термоэлементовъ принимали строго одинаковую температуру, они закладываются въ продольныя прорѣзи звѣздообразнаго патрончика *m* изъ платинородія, черт. 157 и 158, и проволочкой изъ такого же сплава, закладываемую въ круговую прорѣзь *n*, черт. 158, плотно притягиваются къ патрончику.



Черт. 157 и 158.

Регулированіе температуры въ печи производится при помощи двухъ реостатовъ—грубое, черезъ $^1/_4$ ома, при помощи обычнаго реостата Сименсъ и Гальске съ кнопками, точное—при помощи особаго реостата изъ константановыхъ лентъ съ скользящимъ контактомъ. Описанная печь даетъ температуры отъ $+200^0$ до $+1400^0$ Ц. Такая же

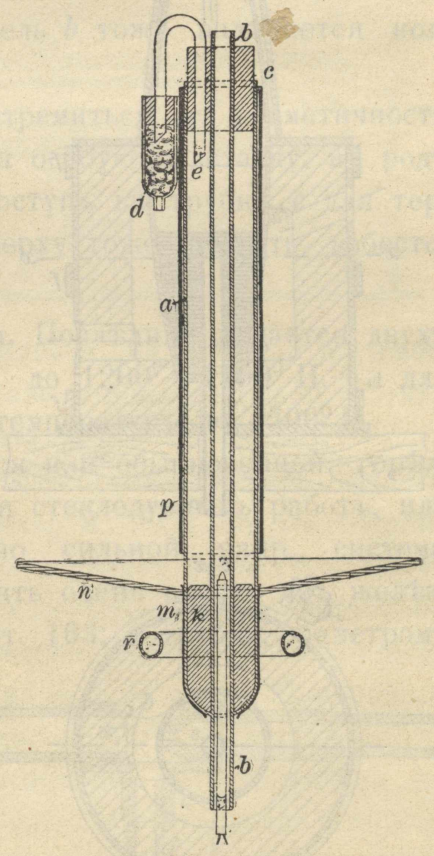
печь, но съ обмоткой изъ проволоки изъ иридистой платины позволяетъ доводить температуру до $+1600^0$ Ц.

Въ настоящее время можно вмѣсто описанной печи съ успѣхомъ пользоваться упоминавшейся выше электрической печью Герэуса.

Отчеты можно производить по милливольтметру, но при точныхъ наблюденіяхъ нужно, конечно, пользоваться нулевымъ методомъ, описаннымъ выше

При провѣркѣ по точкамъ кипѣнія ртути и сѣры можно пользоваться однимъ изъ описанныхъ выше приспособленій. Термоэлементы надо вводить въ область парообразованія въ запаянной снизу тонкой трубкѣ изъ тугоплавкаго или кварцеваго стекла и принимать всѣ предосторожности, чтобы проволоки термопары отнюдь не могли прійти въ соприкосновеніе съ парами ртути или сѣры.

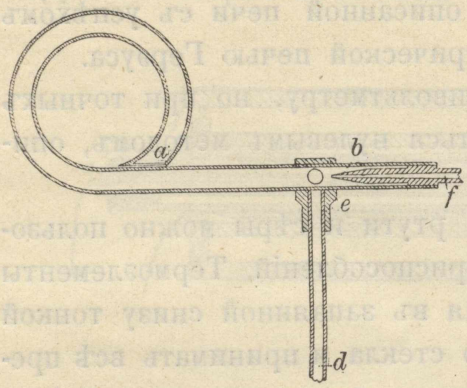
Для частой провѣрки термоэлементовъ К. Барусъ совѣтуетъ пользоваться приборомъ, изображеннымъ примѣрно въ 1:4 натур. вел. на черт. 159: *a* толстостѣнная стеклянная трубка, спаянная внизу съ концентрической тонкостѣнной трубкой *b*, открытой съ обоихъ концовъ; снизу въ трубку *b* вставляется провѣряемый термоэлементъ такъ, чтобы спай былъ на 10—15 мм. выше поверхности кипящей жидкости, а сверху она закрывается, для уничтоженія тока воздуха, тампономъ изъ азбестовой ваты; щитокъ *n* изъ азбестоваго картона предохраняетъ верхнюю часть прибора отъ нагрѣванія, могущаго легко вызвать перегрѣвъ паровъ; для повышенія области парообразованія верхняя часть прибора обертывается, какъ всегда, азбестовымъ картономъ *p*, нижняя же часть окружается на случай поломки мѣдной сѣткой *m*. Нагрѣваніе производится при помощи кольцевой газовой горѣлки *r*, отличающейся большой силой и вмѣстѣ съ тѣмъ позволяющей особенно нагрѣвать верхній слой рабочаго тѣла *k*, что даетъ болѣе спокойное кипѣніе.



Черт. 159.

Вмѣсто того, чтобы спаивать трубки *a* и *b*, ихъ можно соединять, заливъ гипсомъ кольцевое пространство между ними у нижняго конца *a* на высоту 20—25 мм..

Горѣлка *r* изображена отдѣльно на черт. 160; это кольцевая бунзенская горѣлка съ дутьемъ черезъ сопло *b*; *d* патрубокъ для газа; по внутренней кольцевой поверхности распредѣлены равномѣрно до 40 отверстій діаметромъ въ 1 мм.. Для дутья удобнѣе всего пользоваться небольшимъ водоструйнымъ насосомъ, присоединяемымъ къ водопроводному крану.



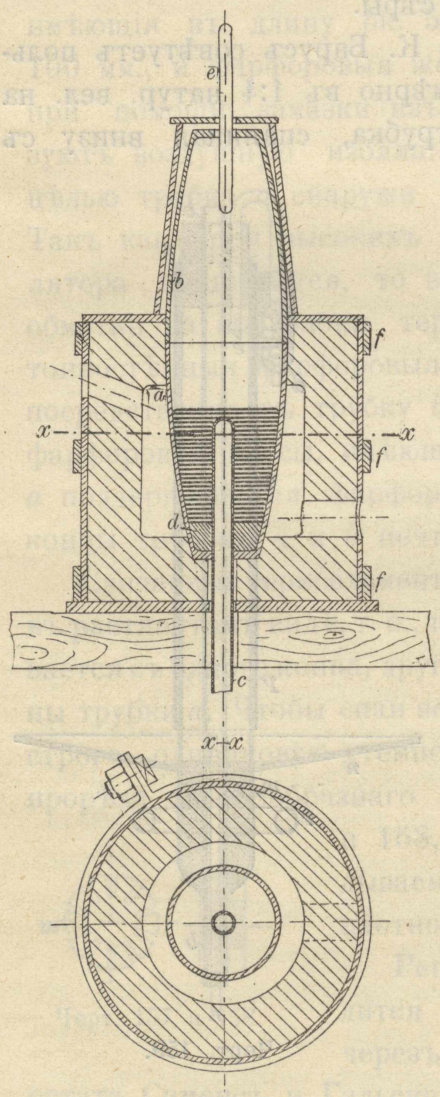
Черт. 160.

По опытамъ Баруса кипѣніе идетъ въ этомъ приборѣ очень спокойно, и температура паровъ остается постоянной съ точностью до долей градуса при безостановочномъ кипѣніи въ теченіе нѣсколькихъ часовъ.

Для ртути и сѣры надо имѣть, конечно, по отдѣльному прибору, что при его небольшой стоимости необременительно.

Вставлять термоэлементъ снизу очень удобно въ смыслѣ расположенія проводовъ и хорошо предохраняетъ проволоки термоэлементовъ отъ дѣйствія паровъ рабочей жидкости.

Для провѣрки термоэлементовъ по точкамъ кипѣнія такихъ тѣлъ, какъ кадмій, цинкъ и др., которыя кипятъ при краснокалильномъ жарѣ и выше, приходится конструировать особые приборы, по идеѣ сходные съ только-что описанными, но съ замѣной стекла фарфоромъ и огнеупорной глиной и съ особенно сильной горѣлкой. Вполнѣ удовлетворительные результаты авторъ получалъ съ печью, изображенной въ 1:4 натур. вел. на черт. 161 и 162: *a* и *b* два тигля изъ огнеупорной глины съ просверленными въ днѣ отверстіями; въ нижній тигель всовывается немного выше половины его высоты закрытая сверху фарфоровая или кварцевая тонкостѣнная трубочка *c*; для герметичности соединеніе закрывается замазкой *d* изъ полевого шпата.



Черт. 161--162.

Отверстіе въ верхнемъ, опрокинутомъ тиглѣ закрывается глиняной палочкой *e*, но не плотно, а съ зазоромъ, чтобы при кипѣніи пары металла могли выходить въ атмосферу; при этомъ отверстіе для выхода паровъ не должно быть слишкомъ мало, иначе оно легко закупоривается и пары, не имѣя выхода, взорвутъ тигель.

О правильномъ дѣйствіи прибора при работѣ съ кадміемъ и цинкомъ можно судить по огоньку, получающемуся у этого отверстія, такъ какъ пары названныхъ металловъ, попадая на воздухъ, мгновенно воспламеняются.

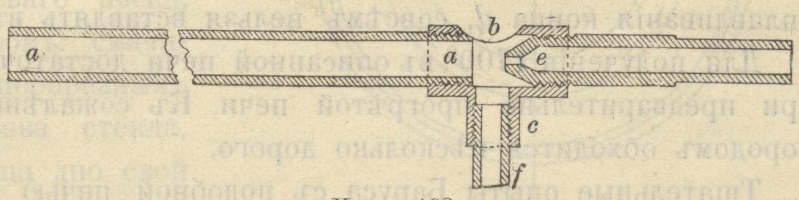
Конечно, для каждаго металла надо имѣть особую пару тиглей, такъ какъ температура кипѣнія зависитъ отъ чистоты рабочаго тѣла.

Печь, въ которую вставляется тигель *a*, дѣлается изъ огнеупорной глины и составляется тоже изъ двухъ частей, плотно находящихъ другъ на дружку; въ нижней половинѣ дѣлается отверстіе для горѣлки, въ верхней—для выпуска продуктовъ горѣнія; печь и сверху и съ боковъ покрывается азбестовымъ картономъ и стягивается съ боковъ желѣзными обручами *f*, *f*. На верхній тигель *b* тоже надѣвается колпакъ изъ азбестоваго картона.

Тигли входятъ въ печь плотно, но стремиться къ герметичности въ стыкахъ излишне. Печь ставиться на особую подставку, въ родѣ табуретки, чтобы снизу былъ удобный доступъ къ трубкѣ *c* для термоэлемента; табуретку эту необходимо сверху тоже покрыть азбестовымъ картономъ.

Существенная часть прибора—горѣлка. Послѣдняя дѣлается двухъ конструкцій: обычной—для температуръ до 1200^0—1400^0 Ц.—и для сжиганія газа въ струѣ кислорода—для температуръ до 1700^0 Ц.

Въ первомъ случаѣ можно пользоваться или обыкновенной горѣлкой съ дутьемъ, напр., употребляемой для стеклодувныхъ работъ, или даже простой горѣлкой безъ дутья, но сильной, напр., системы Флечера. Хорошую горѣлку можно сдѣлать очень просто изъ желѣзныхъ газовыхъ трубокъ и тройника, черт. 163; *a* трубка, діаметромъ въ $^3/_8''$ или $^1/_2''$, длиной въ 80 до 160 мм.; газъ подается по трубкѣ *f*, въ $^1/_4''$—$^3/_8''$, а воздухъ вдувается



Черт. 163.

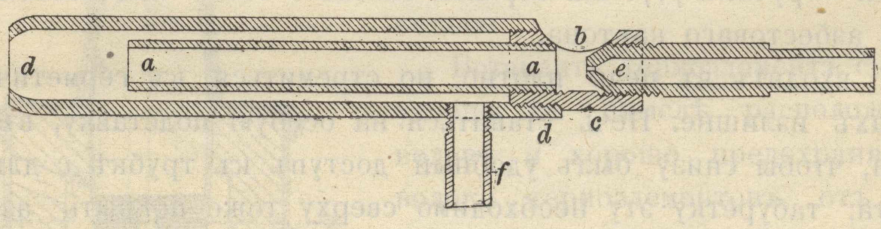
черезъ сопло *e*; сопло дѣлается изъ мѣди, но можно и его сдѣлать изъ $^3/_8''$ желѣзной трубки, вставивъ лишь мѣдный наконечникъ; отверстіе сопла дѣлается, смотря по силѣ дутья, въ 1—4 мм.. Въ трой-

никѣ *c* полезно сдѣлать отверстіе *b*, черезъ которое струей изъ *e* засасывается дополнительное количество воздуха изъ атмосферы. Подачу газа и дутье можно регулировать при помощи зажимовъ съ винтомъ, надѣваемыхъ на резиновыя, газовую и воздушную, трубки.

Горѣлку не надо засовывать глубоко въ печь, такъ какъ при этомъ легко можетъ оплавиться конецъ трубки *a*; уголщая его, т. е., надѣвая на него вторую желѣзную трубку, можно улучшить теплоотдачу и предотвратить оплавливаніе.

Для температуръ до 1200° Ц. можно для дутья пользоваться водоструйнымъ приборомъ; для увеличенья силы дутья можно соединять послѣдовательно два или даже три такихъ воздушныхъ насосика. Можно, конечно, пользоваться и обыкновенными ножными мѣхами; для полученія равномѣрной струи лучше брать мѣхи Флечера съ резиновымъ мѣшкомъ.

Очень удобны въ работѣ горѣлки съ дутьемъ струей кислорода. Такую горѣлку легко сдѣлать по черт. 164: черезъ сопло *e* съ отвер-



Черт. 164.

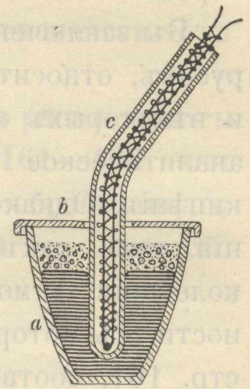
стіемъ не болѣе 1 мм. поступаетъ кислородъ изъ бомбы, гдѣ онъ находится подъ большимъ давленіемъ, не менѣе 25 атм.; по трубкѣ *f* въ $^1/_4''$—$^3/_8''$ притекаетъ свѣтильный газъ. Главное достоинство такой горѣлки—возможность быстро и легко получать какъ самыя высокія температуры, до 1700° и даже выше, такъ равно и умѣренныя температуры, регулируя только притокъ кислорода. Уменьшая притокъ газа при установленной подачѣ кислорода, можно получать окисляющее, увеличивая,—возстанавливающее пламя. Эту горѣлку, во избѣжаніе оплавливанія конца *d*, совсѣмъ нельзя вставлять въ отверстіе печи.

Для полученія 1700° въ описанной печи достаточно 30 мин., правда, при предварительно прогрѣтой печи. Къ сожалѣнью, работа съ кислородомъ обходится нѣсколько дорого.

Тщательные опыты Баруса съ подобной печью показали, что температура въ томъ случаѣ, если трубочка *c* не высовывается въ тигель выше верхней кромки печи, очень ровна по всей высотѣ трубочки *c*, какъ въ области жидкаго металла, такъ и парообразнаго, при чемъ между этими областями даже нельзя установить точной гра-

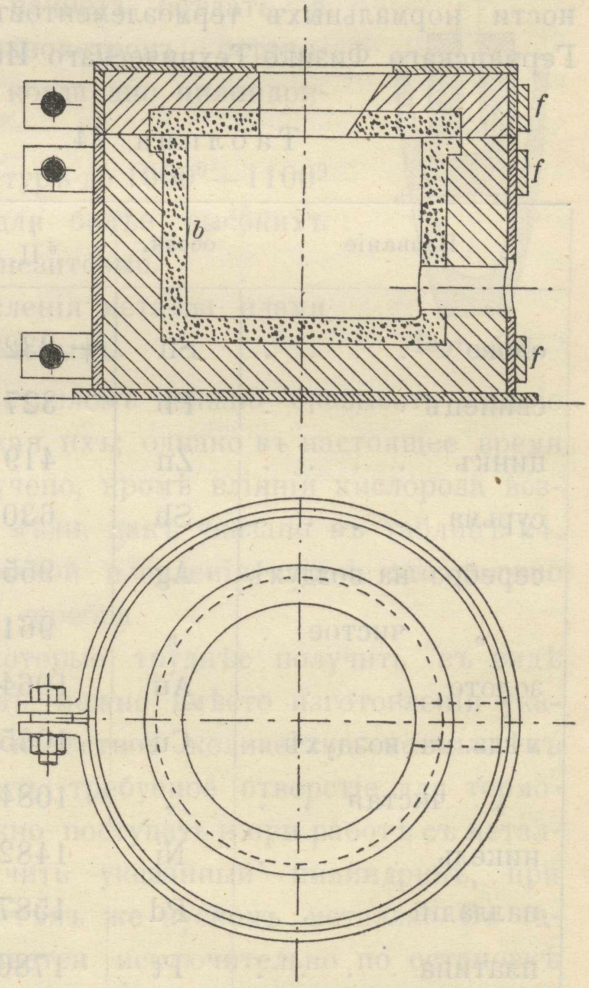
ницы. Эти же опыты доказали полное постоянство, до 2^0—3^0, температуры кипѣнія при длительномъ кипяченіи, напр., цинка въ теченіе нѣсколькихъ часовъ.

Вмѣсто прибора по черт. 161 и 162 по даннымъ Ле-Шательэ можно пользоваться обыкновеннымъ фарфоровымъ тиглемъ *a*, черт. 165, съ крышкой съ отверстіемъ *b*, черезъ которое вставляется тонкостѣнная, нѣсколько изогнутая, глазурованная фарфоровая трубка *c*, защищающая термоэлементъ отъ дѣйствія паровъ металла. Тигель достаточно брать высотой въ 70 мм. и наполнять металломъ на 50 мм.; далѣе до верху, для предотвращенія окисленія металла, онъ дополняется угольной пылью. Тигель нагрѣваютъ въ небольшой газовой печи, напр., по черт. 166 и 167, при помощи такой же горѣлки, какъ указано выше. Температуру тигля поднимаютъ, какъ и въ предыдущемъ приборѣ, до тѣхъ поръ, пока изъ отверстія не покажутся пары металла.



Черт. 165.

Самая печь дѣлается изъ огнеупорной глины и стягивается желѣзными обручами; чтобы увеличить срокъ службы печи, ее цѣлесообразно снабдить внутренней футеровкой *b*, воспринимающей непосредственное дѣйствіе высокой температуры; футеровку эту дѣлаютъ изъ крупнозернистаго, до 1 мм., кварцеваго песка, слѣдующимъ образомъ: смачиваютъ песокъ сиропообразнымъ растворомъ фуксіева стекла, затѣмъ, намазавъ на дно слой требуемой толщины, 10—15 мм., ставятъ въ печь бутылку соотв. діаметра и набиваютъ получившееся кольцеобразное пространство той-же массой; чтобы она не приставала къ бутылкѣ, послѣднюю



Черт. 166—167.

окружаютъ промасленной бумагой. Такая футеровка служитъ очень долго и легко смѣняется. Вся печь обходится недорого и дѣйствуетъ хорошо.

Въ заключеніе надо упомянуть объ опытахъ, произведенныхъ Барусомъ, относительно вліянія давленія на температуру кипѣнія сѣры и нѣкоторыхъ металловъ. На основаніи своихъ опытовъ Барусъ даетъ аналитическое выраженіе связи между давленіемъ и температурой кипѣнія. Однако это уравненіе не имѣетъ пока практическаго значенія, такъ какъ даваемое имъ измѣненіе температуры въ предѣлахъ колебанія атмосфернаго давленія значительно меньше степени точности, съ которой пока удалось опредѣлить указанныя въ таблицѣ 21, стр. 161, соотв. точки кипѣнія.

Впрочемъ вообще пользованіе высокими точками кипѣнія металловъ для провѣрки термоэлементовъ въ настоящее время, при наличности нормальныхъ термоэлементовъ, снабжаемыхъ свидѣтельствами Германскаго Физико-Техническаго Института, и очень удобныхъ печей Герэусъ, при широкомъ распространеніи электрической энергіи въ значительной мѣрѣ утратило свое значеніе.

Таблица 24.

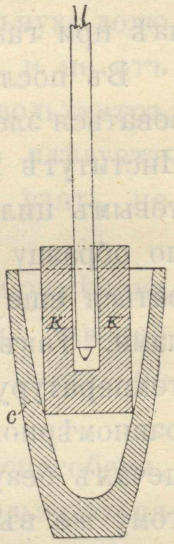
Названіе	обозн.	t °Ц.	φ °Ц.
олово	Sn	+ 232°	±0,5
свинецъ	Pb	327	1,0
цинкъ	Zn	419	1,0
сурьма	Sb	630,5	1,0
серебро на воздухѣ	Ag	955	2,0
„ чистое .	„	961,5	1,0
золото	Au	1064	1,0
мѣдь на воздухѣ .	Cu	1065	1,0
„ чистая . .	„	1084	4,0
никель	Ni	1482	6,0
палладій	Pd	1587	—
платина	Pt	1780	5,0

Провѣрка термоэлементовъ по точкамъ плавленія металловъ производится много проще, не только сравнительно съ точками кипѣнія, но и безотносительно, и потому можетъ быть особенно рекомендована для техническихъ цѣлей. Въ нижеслѣдующей таблицѣ 24 даны температуры t нѣсколькихъ наиболѣе удобныхъ для данной цѣли металловъ; величина φ въ °Ц. въ послѣднемъ столбцѣ даетъ степень точности, съ которой соотв. точка

въ настоящее время опредѣлена. Таблица 24 составлена главнымъ образомъ по новѣйшимъ опытамъ Гольборна и Дайя, произведеннымъ въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ.

Провѣрку можно вести по двумъ способамъ, въ зависимости отъ того, оклисляется ли металлъ на воздухѣ или нѣтъ.

При пользованіи легко окисляющимся металломъ его расплавляютъ въ тиглѣ въ печи, въ родѣ представленной на черт. 161—162 или 166—167. Въ тигель кладутъ кусокъ даннаго металла, обработаннаго въ видѣ полаго цилиндрика, черт. 168, въ 40—60 мм. высотой, 20—30 мм. наружнаго діаметра и съ дномъ толщиной въ 15—20 мм.. Внутреннее сверленіе дѣлается по діаметру трубки въ которой заключенъ термоэлементъ. Въ силу положенія горѣлки въ печи нагрѣваніе тигля и металла въ немъ происходитъ снизу. Когда металлъ начнетъ плавиться, цилиндрикъ начнетъ осѣдать, а температура, показываемая гальванометромъ, остановится; термоэлементъ вынимается, когда дно цилиндрика расплавится.



Черт. 168.

Тигли можно брать для температуръ до 1000^0—1100^0 фарфоровые или шамотовые, а для болѣе высокихъ температуръ—графитовые или магнезитовые.

Чтобы избѣжать быстраго окисленія металла пламя горѣлки должно быть возстановительнымъ.

Поглощеніе газовъ жидкимъ металломъ должно оказывать вліяніе на показаніе термоэлемента, понижая ихъ; однако въ настоящее время это явленіе еще недостаточно изучено, кромѣ вліянія кислорода воздуха на точки плавленія серебра и мѣди, какъ указано въ таблицѣ 24. Для металловъ съ болѣе низкой точкой плавленія вліяніе это должно быть еще слабѣе, чѣмъ напр., для серебра.

При работѣ съ металлами, которые труднѣе получить въ видѣ толстыхъ цилиндрическихъ прутьевъ, можно вмѣсто изготовленія указаннаго цилиндрика, расплавить извѣстное количество металла въ тиглѣ, дать ему остыть и высверлить требуемое отверстіе для термоэлемента. Такимъ же образомъ можно поступать и при работѣ съ металлами, изъ которыхъ легко получить указанный цилиндрикъ, при повторномъ пользованіи однимъ и тѣмъ же кускомъ металла. Въ такомъ случаѣ точка плавленія узнается исключительно по остановкѣ повышенія температуры.

Ле-Шательэ, наоборотъ, совѣтуетъ вести провѣрку не по температурѣ плавленія, а по температурѣ застыванія металла: расплавивъ тре-

буемое количество металла въ тиглѣ, вставить въ него термоэлементъ и прекратить нагрѣваніе. Остановка температуры при медленномъ застываніи металла въ горячей печи наблюдается тоже весьма рельефно въ теченіе нѣсколькихъ, до 10 минутъ, въ зависимости отъ массы металла.

Нѣкоторые авторы находятъ, что количество взятаго металла вліяетъ и на само опредѣленіе температуры, давая при маломъ количествѣ при плавленіи преуменьшенную температуру. Такъ, Гольборнъ бралъ при плавленіи мѣди до 6 кгр.. Однако расплавить такія большія количества представляетъ значительныя затрудненія. Во всякомъ случаѣ при газовыхъ печахъ не слѣдуетъ брать меньше 0,7—1,0 кгр..

Въ послѣднее время и для расплавливанія металловъ стали пользоваться электрическими печами. Въ Германскомъ Физико-Техническомъ Институтѣ Гольборнъ и Дай построили печь съ вертикальнымъ шамотовымъ цилиндромъ, обмотаннымъ спиралью изъ чистаго никеля, по по образцу печи на черт. 156. Для указанной цѣли можно пользоваться еще съ бо̀льшимъ удобствомъ, такъ назыв. криптоловыми печами. Такъ, криптоловая печь системы Вюста позволяетъ доводить температуру до 1800^0—2000^0 Ц. Въ виду отсутствія газовъ, очень равномѣрной температуры и удобства ихъ регулированія электрическимъ печамъ безусловно надо отдавать предпочтеніе передъ газовыми. Къ тому же въ современныхъ печахъ стоимость расходуемаго электрическаго тока обходится сравнительно немного дороже работы съ газомъ.

Само собой разумѣется, упомянутыми криптоловыми электрическими печами можно съ успѣхомъ пользоваться не только для точекъ плавленія, но и для точекъ кипѣнія металловъ.

При провѣркѣ термоэлементовъ изъ платины и платинородія или платиноиридія по точкѣ плавленія не окисляющихся дорогихъ металловъ—золота и палладія, можно поступать слѣдующимъ образомъ: открытый спай термоэлемента обматываютъ тонкимъ листочкомъ или проволокой изъ указаннаго металла и всовываютъ въ достаточно нагрѣтую предварительно печь или тигель; открытое пламя газовой горѣлки въ данномъ случаѣ совершенно не годится. Показанія милливольтметра начнутъ быстро и равномѣрно возрастать; но это возрастаніе пріостановится отъ момента начала плавленія взятаго металла до окончанія его вслѣдствіе поглощенія скрытой теплоты плавленія. При обмоткѣ проволокой надо слѣдить, чтобы конецъ термопары былъ совершенно закрытъ; при умѣньѣ для этого достаточно 0,01 гр..

Такая провѣрка, будучи очень простой, не очень надежна и требуетъ извѣстнаго навыка, такъ какъ остановка въ показаніяхъ милли-

вольтметра очень кратковременна, особенно при маломъ количествѣ металла.

Значительно удобнѣе пріемъ Ле-Шательэ, состоящій въ томъ, что концы термопары—платиновой и платинородіевой или платиноиридіевой проволоки соединяютъ черезъ посредство тоненькой проволоки изъ расплавляемаго металла, золота или палладія, длиной въ 5—10 мм.. Мѣсто спая постепенно вставляютъ въ нагрѣтую заранѣе печь; стрѣлка милливольтметра начнетъ отходить, пока въ моментъ расплавленія соединительной проволочки токъ не прервется; это показаніе и будетъ соотвѣтствовать температурѣ плавленія взятаго металла. Такъ какъ близъ температуры плавленія проволочка теряетъ значительную долю своей крѣпости, то прекращеніе тока можетъ наступить и не отъ расплавливанія, а отъ разрыва проволочки, такъ что милливольтметръ даетъ лишь нижній предѣлъ температуры плавленія. Опытъ слѣдуетъ продѣлать раза 3 подъ рядъ и изъ полученныхъ отчетовъ взять не среднее, а наибольшее показаніе.

Такая провѣрка довольно удобна, но, къ сожалѣнію, не примѣнима для другихъ металловъ вслѣдствіе ихъ легкой окисляемости, дающей значительно болѣе низкія температуры; впрочемъ серебро даетъ по этому способу температуру, пониженную лишь на 1,5—2°.

Точку плавленія платины можно опредѣлять такимъ же способомъ, съ той только разницей, что въ этомъ случаѣ нельзя уже пользоваться раскаленной печью, а надо нагрѣвать термопару на открытомъ пламени, которое должно быть достаточно большимъ, чтобы температура его была постоянна.

Вмѣсто того, чтобы опредѣлять точку плавленія платины по перерыву тока, при чемъ довольно трудно уловить наибольшее отклоненіе стрѣлки, можно воспользоваться плавленіемъ платины при образованіи самаго спая термоэлемента, поступая, какъ было указано выше: скрутивъ концы проволокъ на длинѣ 5—10 мм., держатъ ихъ въ пламени кислородно-газовой горѣлки, постепенно усиливая струю газа, пока платина не начнетъ плавится. Для такой провѣрки нужно два человѣка: одинъ регулируетъ притокъ газа и слѣдитъ за образованіемъ капельки расплавленной платины, другой наблюдаетъ за отклоненіемъ стрѣлки милливольтметра.

Авторъ получалъ довольно удовлетворительные результаты, дѣйствуя по этому способу, при сплавленіи концовъ термопары изъ серебра и константана. Отклоненіе стрѣлки даетъ, конечно, температуру плавленія болѣе легкоплавкаго металла, въ послѣднемъ случаѣ серебра.

Описанными способами провѣрки по точкамъ кипѣнія, а съ извѣстными предосторожностями и плавленія металловъ въ тигляхъ въ

газовой или, еще лучше, электрической печи можно, или прямо или съ ничтожными измѣненіями, пользоваться также и для провѣрки приборовъ, основанныхъ на измѣненіи электрическаго сопротивленія платины. При провѣркѣ этихъ приборовъ, особенно съ длинной платиновой спиралькой, надо слѣдить, чтобы вся спиралька подвергалась дѣйствію данной температуры, что сравнительно легко достичъ при кипѣніи металловъ и гораздо труднѣе при плавленіи; вмѣсто пользованія точками плавленія металла въ данномъ случаѣ лучше пользоваться точкой застыванія его.

Заключеніе.

42. Окончательные выводы.—Сопостовляя все изложенное въ предлагаемой работѣ, мы приходимъ къ слѣдующимъ общимъ выводамъ:

1, основными приборами для опредѣленія и измѣренія температуръ являются приборы, основанные на расширеніи газовъ;

2, для практическаго пользованія надо всегда, если только дозволяютъ предѣлы температуръ и другія мѣстныя условія, отдавать предпочтеніе стеклянным ртутнымъ термометрамъ, какъ наиболѣе простымъ, надежнымъ и точнымъ;

3, столь же надежны и точны, хотя и болѣе сложны, термоэлементы и приборы, основанные на измѣненіи электрическаго сопротивленія платины; притомъ эти два типа приборовъ примѣнимы для очень широкихъ предѣловъ температуръ;

4, для измѣренія высокихъ температуръ во многихъ случаяхъ очень удобны оптическіе пирометры;

5, остальные приборы и способы значительно уступаютъ указаннымъ выше въ смыслѣ точности, а нѣкоторые изъ нихъ, какъ пирамидки Зегера, термофонъ Виборга и др., даютъ лишь однократныя показанія;

6, существующіе приборы позволяютъ измѣрять температуры въ самыхъ широкихъ предѣлахъ, отъ -260^0Ц. до $+2000^0$ Ц. и даже выше, и при самыхъ различныхъ условіяхъ;

7, въ противоположность прежнимъ мнѣніямъ можно сказать, что при правильномъ обращеніи, соблюденіи необходимыхъ предосторожностей или введеніи соотв. поправокъ и достаточно частой провѣркѣ существующіе приборы обладаютъ вполнѣ удовлетворительной точностью, не только для техническихъ, но и для научныхъ цѣлей;

8, провѣрка различныхъ приборовъ для измѣренія температуръ производится сравнительно просто и не требуетъ черезчуръ сложныхъ приспособленій;

9, провѣрка приборовъ въ соотвѣтствующихъ спеціальныхъ учрежденіяхъ поставлена въ настоящее время на должную высоту и является одной изъ причинъ достигнутыхъ за послѣднее время результатовъ въ смыслѣ точности измѣренія различныхъ температуръ.

Приложеніе 1.

Желая облегчить распространеніе въ практикѣ различныхъ приборовъ для измѣренія температуръ, которымъ въ настоящее время во многихъ производствахъ, къ сожалѣнію, не удѣляютъ достаточнаго вниманія, авторъ рѣшилъ дать въ таблицѣ 25 списокъ болѣе извѣстныхъ европейскихъ фирмъ, отъ которыхъ различные приборы могутъ быть выписываемы.

Имѣя въ виду, что на практикѣ при выборѣ соотв. прибора часто приходится считаться и съ его стоимостью, слѣдующая затѣмъ таблицѣ 26, въ которой указано, отъ какихъ фирмъ соотв. приборъ можетъ быть полученъ, дополнена указаніемъ цѣнъ. Само собой разумѣется, что цѣны приведены лишь среднія, приблизительныя, для предварительныхъ соображеній. Болѣе подробныя и точныя указанія слишкомъ увеличили бы размѣры таблицы 26 и не соотвѣтствовали бы назначенію книги; ихъ можетъ каждый получить, запросивъ каталогъ отъ соотв. фирмы.

Таблица 25.

№ по порядку	названіе фирмы	адресъ	представитель въ Россіи №
1	Paul Altmann	Berlin NW. 6., Luisenstr. 47.	31
2	W. Apel	Göttingen.	—
3	C. W. Julius Blancke & Co., G. m. b. H.	Merseburg/Saale.	—
4	Paul Braun & Co.	Berlin N. 113, Seelowerstr. 6.	—
5	The Cambridge Scientific Instrument Co., Ltd.	Cambridge, England.	—
6	Chem. Laboratorium für Tonindustrie	Berlin NW. 21, Dreysestr. 4.	—
7	Dreyer, Rosenkranz u. Droop	Hannover.	—
8	I. C. Eckardt	Stuttgart-Cannstatt.	—
9	D-r Walter Gérard	Berlin W. 50, Kurfürstendamm 11.	—
10	Arno Haak	Jena Karl-Zeissstr. 12.	—
11	Hartmann & Braun A.—G.	Frankfurt-a.Main.	34

Таблица 25 (продолженіе).

№ по порядку	названіе фирмы	адресъ	представитель въ Россіи №
12	Cornelius Heinz	Aachen	—
13	W. C. Heraeus, G. m. b. H.	Hanau a.Main	—
14	Franz Hugershoff	Leipzig, Carolinenstr 13.	28
15	Institut für Gährungsgewerbe	Berlin N. 65. Seestr.	—
16	Keiser & Schmidt	Berlin-Charlottenburg, Charlottenburger Ufer 53/54	—
17	Max Kohl, A.-G.	Chemnitz i. S., Adorferstr. 20	—
18	H. Maihak	Hamburg, Grevenweg 57.	—
19	F. Mollenkopf	Stuttgart, Torstr. 10.	—
20	Jules Richard	Paris, rue Mélingue 25.	—
21	D-r Siebert & Kühn	Cassel.	33
22	Schäffer & Budenberg, G. m. b. H.	Magdeburg-Buckau.	30
23	W-we Joh. Schumacher	Köln a. Rhein, Bayenstr. 57.	29
24	Steinle & Hartung	Quedlinburg a. H.	—
25	Vereinigte Fabriken für Laboratoriumsbedarf, G. m. b. H.	Berlin N., Scharnhornstr 22.	32
26	Vereinigte Lausitzer Glaswerke, A.-G.	Berlin NW. 40, Heidestr. 55/59	—
27	Zabel & Co.	Quedlinburg a. H.	—
			представит. иностран. фирмъ №
28	Францъ Гугерсгофъ	Москва, Рождественскій б. д. Маттернъ	14
29	Г. Х. Кольсгорнъ	С.-Петербургъ, Церковная 1—33.	23
30	Лангензиппенъ и К-ія	» Каменностровскій 11.	22
31	Н. Лунцъ	» Садовая 27/9.	1
32	Д-ръ О. Г. Лунцъ	Москва, Мясницкая, д. Лангового 40.	25
33	Г. А. Пикерсгиль и К-о, Т./д.	» Варварка, Ср. р. 178/9.	21
34	Ф. Б. Раумъ	С.Петербургъ, Пантелеймонская 13.	11
35	О. Рихтеръ	» Адмиралт. пр. 4.	—
36	Р. Роевскій, техн. контора	» Б.Ружейная 12б.	—
37	Сименсъ и Гальске	» Адмиралт. н. 46.	—
38	Е. С. Трындина С-вья.	Москва, Лубянка с. д.	—
39	Томасъ Фиртъ съ С-ми	Рига.	—
40	Ф. Швабе	Москва, Кузнецкій мостъ, д. Голициной.	—

Таблица 26.

названіе прибора	предѣлы температуръ ° Ц.	стоимость въ рубляхъ	№№ соотв. фирмъ по таблицѣ 25
воздушный термометръ (Жоли и др.)	0° до 1000°	50 до 100	10
сосудъ къ такому прибору . .	0 „ 1000	4 „ 40	19, 21—33, 25—32
самозаписывающій газовый пирометръ Ришара	0 „ 700	130 „ 200	20, 35, 40
воздушный пирометръ Зигертъ-Дюрра	0 „ 1500	250	35
воздушный пирометръ Виборга	0 „ 1500	90	1—31
„ „ Юлингъ-Штейнбарта	0 „ 1650	300	14—28, 17, 19, 25—32, 26, 38
„ „ Крелля . .	0 „ 900	—	
спиртовой стеклянн. термометръ	—100 „ + 30	4 до 10	1—31, 10, 14—28, 19, 25—32, 26, 38
пентановый „ „	—200 „ + 30	9 „ 23	
ртутный стеклянный нормальный со свидѣтельствомъ .	—5 „ +105	21 „ 33	1—31, 2, 10, 12, 14—28, 15, 17, 19, 21—33, 25—32, 26, 35, 38, 40
ртутный стеклянный нормальный со свидѣтельствомъ .	+ 90 „ +550	18 „ 30	
ртутный стеклянн. лабораторн.	— 10 „ 550	1 „ 15	
„ „ въ оправѣ .	— 10 „ 550	6 „ 20	
ртутный изъ кварцеваго стекла	300 „ 750	50	19, 21—33, 25—32, 26
„ калориметрич съ $0{,}01^0$	—	15—23	1—31, 2, 10, 14—28, 17, 19, 21—33, 25—32, 26, 35, 38, 40
„ Бекмана $0{,}01^0$	—	11—25	
„ Мальке	— 10 „ +550	6—18	1—31, 10, 14—28, 19, 21—33, 25—32, 26, 38
„ съ контактами (номерат).	— 20 „ 500	1,50—20	14—28, 15, 19, 21—33, 25—32, 26, 35
максим. и миним. (Резерфорда)	— 30 „ 100	3—5	10, 14—28, 17, 19, 21—32, 25—32, 26, 35, 38, 40
„ „ Сикса . .	— 30 „ 70	3—13	
тальпотазиметры (съ эфиромъ)	+ 35 „ 180	21—25	17, 22—30
„ (съ ртутью) .	360 „ 750	21—45	6, 7, 8, 17, 18, 22—30, 24, 27, 35, 40
„ „ самоз.	— 20 „ +500	80—175	
графитовые пирометры	0 „ 1000	17—45	1—31, 7, 8, 14—28, 17, 18, 19, 24, 26, 27, 35, 38, 40
пирокалориметръ Фишера . .	300 „ 1500	20—45	2, 14—28, 19, 25—32, 26, 35
„ Саллерона .	300 „ 1100	40	35, 40
„ Сименса . .	300 „ 1500	40—60	1—31, 14—28, 19, 25—32, 35, 37, 40
приборъ Сентиньона	0 „ 2500	320	20
металлы и сплавы	315 „ 1775	1 гр. $0{,}30$—$2{,}80$	14—28, 25—32
пирамидки Зегера	590 „ 2030	100 шт. $2{,}50$—$3{,}50$	1—31, 6, 14—28, 19, 25—32, 35, 40
цилиндрики сентинэль (Брэрли)	300 „ 1050	10 шт. 1	6, 39
термофонъ Виборга	300 „ 2400	50 шт. 7	14—28, 35, 40
пирометрическая трубка Мезюрэ и Нуэля	900 „ 1500	65	25—32, 35, 40
спектр. пирометръ Гемпеля . .	700 „ 1400	125—140	1—31, 14—28, 25—32, 35
пирометръ Лешательэ-Корню .	600 „ 1800	175	35, 40
свѣтовой пирометръ Фери . .	600 „ 1800	175	5
спиральный „ „ . .	500 „ 1700	190	5
тормоэлектр. „ „ . .	600 „ 2000	200—270	5, 25—32, 35, 36

Таблица 26 (продолженіе).

названіе прибора	предѣлы температуръ ° Ц.	стоимость въ рубляхъ	№№ соотв. фирмъ по таблицѣ 25
пирометръ Гольборна и Курльбаума	600° до 1900°	300—450	37
пирометръ Ваннера	625 „ 1000	150—250	6, 14—28, 21—33, 25—32, 35
„ „	900 „ 2000	180—250	
термоэлементъ Cu+konst. . .	—100 „ 600	6—15	4, 5, 11—34, 12, 14—28, 16, 21—33, 22, 25—32, 26, 35, 37
„ C+Ni (съ гальв.)	0 „ +1250	80	4, 21—33
„ Pt+PtRh . .	+300 „ 1600	27—120	1—31, 4, 5, 11—34, 12, 13, 14—28, 16, 21—33, 22, 23—29, 25—32, 26, 35, 37
„ Pt+PtIr . . .	300 „ 1000	20—90	5, 21—33, 37
„ Ir+Ir Ru . . .	1000 „ 2000	125	13
гальванометры къ термоэлем. .	—	39—100	1—31, 4, 5, 11—34, 12, 13, 14—28, 16, 19, 21—33, 22, 25—32, 26, 35, 37
„ самозаписывающ.	—	200—500	4, 5, 11—34, 12, 13, 16, 21—33, 25—32, 35, 37,
наборъ для нулевого метода .	—200 „ +1200	415	13, 37
приборы съ измѣненіемъ электрическаго сопротивленія .	—260 „ 900	20—150	4, 5, 11—34, 35
кварцевые приборы съ платиновой спиралькой	—	20—25	13, 37 .
наборъ гальванометровъ, магазиновъ сопротивленія и пр.	—	70—180	5, 11—34, 13, 37
самозаписывающій наборъ . .	—	280—600	
приборъ для провѣрки по точкѣ таянія льда	0	5—10	5, 10
приборъ для провѣрки по точкѣ кипѣнія воды	100	5—15	1—31, 5, 10, 14—28
приборъ для провѣрки по точкѣ кипѣнія сѣры	445	40	5
тигель со сплавомъ Cu+Sn для провѣрки по точкѣ плавленія	742	1	5
электрическая печь Герэуса .	0—1400	50—170	5, 13

Таблица 26 (продолженіе).

названіе прибора	предѣлы температуръ ° Ц.	стоимость въ рубляхъ	№№ соотв. фирмъ по таблицѣ 25
пирометръ Гольборна и Курльбаума	600° до 1900°	300—450	37
пирометръ Ваннера	625 „ 1000	150—250	6, 14—28, 21—33, 25—32, 35
„ „	900 „ 2000	180—250	
термоэлементъ Cu+konst. . .	—100 „ 600	6—15	4, 5, 11—34, 12, 14—28, 16, 21—33, 22, 25—32, 26, 35, 37
„ C+Ni (съ гальв.)	0 „ +1250	80	4, 21—33
„ Pt+PtRh . .	+300 „ 1600	27—120	1—31, 4, 5, 11—34, 12, 13, 14—28, 16, 21—33, 22, 23—29, 25—32, 26, 35, 37
„ Pt+PtIr . . .	300 „ 1000	20—90	5, 21—33, 37
„ Ir+Ir Ru . . .	1000 „ 2000	125	13
гальванометры къ термоэлем. .	—	39—100	1—31, 4, 5, 11—34, 12, 13, 14—28, 16, 19, 21—33, 22, 25—32, 26, 35, 37
„ самозаписывающ.	—	200—500	4, 5, 11—34, 12, 13, 16, 21—33, 25—32, 35, 37,
наборъ для нулевого метода .	—200 „ +1200	415	13, 37
приборы съ измѣненіемъ электрическаго сопротивленія .	—260 „ 900	20—150	4, 5, 11—34, 35
кварцевые приборы съ платиновой спиралькой	—	20—25	13, 37 .
наборъ гальванометровъ, магазиновъ сопротивленія и пр.	—	70—180	5, 11—34, 13, 37
самозаписывающій наборъ . .	—	280—600	
приборъ для провѣрки по точкѣ таянія льда	0	5—10	5, 10
приборъ для провѣрки по точкѣ кипѣнія воды	100	5—15	1—31, 5, 10, 14—28
приборъ для провѣрки по точкѣ кипѣнія сѣры	445	40	5
тигель со сплавомъ Cu+Sn для провѣрки по точкѣ плавленія	742	1	5
электрическая печь Герэуса .	0—1400	50—170	5, 13

Списокъ литературныхъ источниковъ.

Въ виду того, что журнальная литература по вопросу объ измѣреніи температуръ достигла въ настоящее время очень большихъ размѣровъ, такъ что полный, такъ сказать, исчерпывающій списокъ ея, съ момента возникновенія научной термометріи, т. е., хотя бы съ начала 19 столѣтія, занялъ бы очень много страницъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ многія болѣе раннія данныя въ настоящее время совершенно устарѣли, сохранили лишь историческій интересъ и, находясь въ общемъ спискѣ, только затемнятъ его, авторъ рѣшилъ ограничиться спискомъ литературы лишь за послѣдніе 30 лѣтъ, начиная съ 1880 г., притомъ опустивъ болѣе мелкія статьи, главнымъ образомъ чисто описательнаго характера и посвященныя приборамъ, утратившимъ въ настоящее время значеніе.

Однимъ изъ мотивовъ, руководившихъ авторомъ при выборѣ указаннаго періода времени, явилось то обстоятельство, что всѣ приборы, которыми теперь приходится пользоваться, изобрѣтены или по крайней мѣрѣ доведены до ихъ современнаго конструктивнаго совершенства именно за этотъ послѣдній періодъ времени.

Лица, которыя пожелаютъ имѣть списокъ литературы за болѣе ранній періодъ или вполнѣ исчерпывающій, могутъ приведенный ниже списокъ легко пополнить при помощи Repertorium der technischen Journal-Litteratur, въ которомъ имѣются почти всѣ статьи за 1823—1908 г.г., или при помощи Fortschritte der Physik.

Источники, съ которыми автору по той или иной причинѣ не удалось ознакомится въ подлинникѣ, отмѣчены звѣздочкой *.

Въ заключеніе авторъ позволяетъ себѣ отмѣтить, что довольно многихъ данныхъ, описанія новѣйшихъ приборовъ, извѣстнаго теоретическаго и критическаго освѣщенія и указанія пріемовъ пользованія и провѣрки читатель не найдетъ въ приведенномъ ниже спискѣ литературы. Они получены самимъ авторомъ при его лабораторныхъ работахъ, а частью, что касается описаній новѣйшихъ приборовъ, любезно доставлены соотв. фирмами, которымъ авторъ считаетъ долгомъ выразить за это свою глубокую благодарность.

Чтобы сократить число страницъ списка литературы, названія статей приведены не дословно, а съ сокращеніями, а также приняты слѣдующія сокращенныя обозначенія для наиболѣе часто встрѣчавшихся журналовъ:

Am. Journ. The American Journal of Science.
Ann. Gew. (Glasers) Annalen für Sewerbe und Bauwesen.
Ann. d. Phys. Annalen der Physik und Chemie (Poggendorf's, Widmann's, Drudes)

Beibl.	Beiblätter Ann. d. Phys.
Bull. d'enc.	Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.
Centr. O. M.	Central-Zeitung für Optik und Mechanik.
C. r.	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Academie des sciences.
Dingl.	Dingler's Polytechnisches Journal.
Electr.	The Electrician; London.
ETZ	Elektrotechnische Zeitschrift.
El. Eng. L.	The Electrical Engineer; London.
Eng.	The Engineer.
Engng.	Engineering.
Erfind.	Neuste Erfindungen und Erfahrungen.
Frankl. J.	The Journal of the Franklin Institute.
Gas. Light	The American Gas-Light Journal.
Gén. civ.	Le Génie civil.
Iron A.	The Iron Age.
Iron & Steel I.	The Journal of the Iron & Steel Institute.
Ind.	Industries and Iron.
Inv.	Invention and industrial Record.
J. Gas. L.	Journal of gaslighting, water supply and sanitary.
J. Gasbel.	(Schilling's) Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.
Mechan.	Der Mechaniker.
Mech. Z.	Deutsche Mechaniker-Zeitung; Beiblatt zu Z. Instr.
Nat. The.	The Nature; London.
O. Z. Bergw.	Oesterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen.
Phil. Trans.	Philosophical Transactions of the Royal Society of London.
Proc. Roy. Soc.	Proceedings of the Royal Saciety.
Sc. Am.	Scientific American.
Sitz. B. Preuss. Ak.	Sitzungsberichte der Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften.
Stahl.	Stahl und Eisen.
Techn. Z.	Deutsche Techniker-Zeitung.
Uhl. T. R.	Uhlands Technische Rundschau.
Verh. V. Gew.	Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleisses.
Wien. Ak.	Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften; Wien.
Z. V. d. I.	Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.
Z. Instr.	Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Статьи и книги общаго характера или посвященныя разбору многихъ типовъ приборовъ.

* 1. **Barnes**, measurement of temperature for industirial purposes. *Chemic. Ind.* 27. 1908 p. 661.

* 2. **Baty**, methods of temperature indication. *Chemic. Ind.* 24, 1905 p. 307.

* 3. **Bechstein**, Instrumente zur Messung der Temperatur für technische Zwecke. *Techn. Z.* 22, 1905 S. 133.

* 4. „ die Entwicklung der Thermometrie und Pyrometrie. *Prometeus*, 16, 1905 S. 613; *Braunk.* 4, S. 425.

* 5. **Beckert**, Temperaturmessinstrumente. *Centr.O.M.* 8, 1887 S. 41.

6. **Beguin**, mesure des hautes températures. *Gén. civ.* 28, 1896 p. 388.

7. **Behn u. Kiebitz**, eine indirekte Methode zur Bestimmung der Temperatur von flüssiger Luft. *Ann. d. Phys.* 4, 12, 1903 S. 421.

8. **Blass**, Messung von Flammentemperaturen. *Stahl.* 12, 1892 S. 893.

9. **Бляхеръ**, Теплота въ заводскомъ дѣлѣ. Рига 1905, стр. 74—89.

10. **Bolz**, die Pyrometer. *Chem. Z.* 12, 1888 S. 1395.

11. **Bond**, pyrometers and carbonization. *J. Gas. L.* 1905 p. 691.

* 12. **Borchardt**, Bestimmung hoher Temperaturen. *Z. Beleucht.* 6, 1900 S. 46.

13. **Brand**, Technische Untersuchungsmethoden. Berlin 1907, S. 145—161.

14. **Bronn**, Apparate und Methoden zur Messung hoher Tamperaturen. *Z. ang. Chem.* 18, 1905 S. 462.

* 15. **Browne**, pyrometers. *Sc. Am. Suppl.* 1884 p. 7304; *Canad. Mag.* 13, 1885 p. 75.

* 16. „ thermometers. *Sc. Am. Suppl.* 1889 p. 11422.

* 17. **Carnelly and Burton**, new form of pyrometer. *J. chem. soc.* 1884 p. 237.

18. **Carpenter**, Experimental Engineering. New-York 1904 p. 341—359.

19. **Chappuis**, Traveaux du Bureau International des poids et mesures. 1888 A. VI.

20. **Дрейеръ**, о способахъ измѣренія низкихъ температуръ. *Изв. СПБ. Политехн. Инст.* III 3—4, 1905 стр. 515.

21. **Дьюаръ**, абсолютный нуль температуръ. *Физ. Обозр.* 3, 1902 стр. 125.

* 22. **Evrard**, Instrumente zur Messung der Temperatur von glühenden Körpern. *Met. Arb.* 10. 1889 S. 262.

* 23. **Ferrini**, measurement of high temperatures. *Sc. Am. Suppl.* 1880 p. 4081.

24. **Frew's** pyrometer. *Engng.* 41, 1886 p. 8466; *Iron A.* 37 № 5.

* 25. **Fuc**, Uebersicht der gebräuchlichen Fabrikthermometer. *Z. Zuck. Böhm.* 17, 1893 S. 500.

* 26. **Fuchs**, Schwellenthermometer. *Chem. Z. Rep.* 15, 1890 S. 149; *Rep. Phys* 27, S. 118.

27. **Gheury**, Notes on pyrometry. *Engng.* 77, 1904 p. 655.

28. **Gramberg**, Technische Messungen. Berlin 1900, S. 236—249.

29. **Gray**, high-temperature measurements. *Chemic. Ind* 23, 1904 p. 1192.

30. **Groshans**, absoluter Nullpunkt des hundertteiligen Thermometers. *Z. phys. Chem.* 42, 1903 S. 626.

* 31. **Guillaume**, mesure des températures basses. *Arch. sc.* 20, 1888 p. 396.

32. **Haber and Richardt**, chemical determination of flame temperatures. *J. Gas. L.* 89, 1905 p. 287.

33. **Landolt u. Börnstein**, Physikalisch-chemische Tabellen. Berlin 1909.

* 34. **Lauth**, expériences pyromètriques. *Compt. r. mineralog.* 1887 p. 50.

35. **Lechatelier & Boudouard**. Mesure des températures élevées. Paris 1900.

* 36. **Legott's** heat indicator. *Inv.* 8, 1887 p. 2396.

* 37. **Ломшаковъ**. Испытаніе паровыхъ котловъ и машинъ. СПБ. 1897 стр. 97—133.

* 38. **Lucas**, mesures thermométriques et la température. *Bull. Soc. él.* 3, 1886 p. 420.

39. „ la thermométrie rationelle. *Bull. Soc. él.* 4, 1887 p 15.

* 40. **Mahlke**, Pyrometer und deren Anwendung in der Technik. *Polyt. CBl.* 57, 1895 S. 13.

41. **Moorwood**, industrial pyrometers and modern furnaces. *Am. Mach.* 31, 2, 1908 p. 589.

* 42. **Murrie's**, pyrometer. *Mech. World.* 20, 1886 p. 272.

* 43. **Murrie**, description of a series of new thermometers for high temperatures. *Chem. ind.* 4, 1886 p. 189; *Bull. d'enc.* p. 348.

44. **Нимвицкій**, способы и приборы для измѣренія температуръ. *Урал. Техн.* 1909 VI стр. 3, VII стр. 13, VIII стр. 7.

45. **Pirani**, moderne Temperaturmessung. *Mechan.* 12, 1904 S. 217; *Techn. Rundsch.* S. 73.

46. **Pöthe**, Temperatur-Messung. *Uhl. T. R.* 1905, 3 S. 12; *Z. Elektr. u. Masch.* 8, S. 156.

47. **Pullen**. Experimental Enginneering. Manchester 1900, v. I p. 52—69.

48. **Quincke**, acustisches Thermometer. *Dingl.* 307, 1898 S. 300; *Z. kompr. G.* 2, S. 63.

49. **Richardson**, application of the ionization from hot bodies to thermometric work. *Phys. Rev.* 26, 1908 p. 357; 27, p. 183.

50. **Salomon**, neue Thermometerscala. *Z. ang. Chem* 1891 S. 409; *Centr. O. M.* 12, S. 261.

* 51. **Schäffer & Budenberg**, pyrometer. *Ind.* 2, 1887 p. 414.

* 52. **Schmidt**, Temperatur-Messapparate. *El. Anz.* 25, 1908 S. 1059.

53. **Schütz**, Fortschritte in der Messung hoher Temperaturen. *Z. V. d. I.* 48, 1904 S 155.

54. **Seger**, Bestimmung hoher Temperaturen. *Dingl.* 284, 1892 S. 215.

* 55. **Siemens & Halske**, Pyrometer. *Prometeus* 16, 1905 S. 387.

* 56. **Spohr**, der heutige Stand der Temperaturmessung. *Rig. Ind. Z* 9, 1885 S. 165

* 57. **Strube**, Neuerungen an Pyrometern und Thermometern. *Z. Rübenz.* 4, 1880 S. 203.

58. **Taylor**, a magnetic indicator of temperature for hardening steel. *El. Rev.* 59, 1906 p. 207; *Electr.* 57, p. 739; *Pract. Eng.* 34. p. 337; *El. Eng. L.* 38, p. 237; *Mech. World* 40, p. 88.

59. **Taylor & Hobson**, temperature gauge for steel-hardening. *Engng.* 85, 1908 p. 693.

* 60. **Thumann**, Temperaturmessungen in Tiefbohrlöchern. *Glückauf.* 37, 1901 S. 1105.

61. **Waidner**, methods of pyrometry. *Iron & Steel Mag.* 8, 1904 p. 539; *Proc. Eng. Western Penns.* 1904.

* 62. **Waller**, measurement of high temperatures. *West. Electr.* 24, 1899 p. 274.

* 63. **Weber**, Messung der Temperatur. *Gaea.* 26, 1891 S. 539

* 64. „ Messung der Temperatur von 100° bis 1000°. *Ind. Blätter* 28, 1890 S. 73.

* 65. **Wiborgh**, Pyrometer und ihre Fehler. *O. Z. Bergw.* 44, 1896 S. 404. *Chem. Z. Rep.* 20, S. 247.

66. **Winkelmann**, Handbuch der Physik. Leipzig 1906. III, 1, S. 1--41, 134—154.

67. **Хвольсонъ**, Курсъ физики. С.Петербургъ 1899. III стр. 14—65.

---

68. Bestimmung hoher Temperaturen. *Dingl.* 244, 1882 S. 438; *Chem. CBl.* III, 13, 1882 S. 666.

* 69. Pyrometer. *Ann. Gew.* 13, 1883 S 175.

* 70. Pyrometer. *Mech. World.* 17, 1884 p. 149; *Nat. The.* 30, p. 366; *Iron A.* 34, № 10.

71. Appareils pour mesurer les hautes températures. *Portef. écon.* 29, 1884 p. 61.

* 72 Pyrometer. *Ind. Blätter* 22, 1885 S. 182.

* 73. A new pyrometer. *J. Gas. L.* 46, 1885 p. 966.

* 74. New inventions in thermometry. *J. Gas. L.* 46, 1885 p. 198.

* 75. The use of pyrometers. *Mech. World.* 19, 1885 p. 264.

* 76. Thermometers for high temperatures. *J. Gas. L.* 47, 1886 p. 958. *Sc. Am. Suppl.* 22, p. 8770.

* 77. Ein neues Pyrometer. *Prakt. Phys.* 1, 1888 S. 337.

* 78. Temperaturbestimmung bei metallurgischen Processen. *Met. Arb.* 14, 1888 S. 347.

* 79. Pyrometers in practice. *Ind.* 13, 1892 p. 241.

* 80. Pyrometers and their use. *Ind.* 19, 1895 p. 282.

* 81. Genaue Messung von Temperaturen. *Centr. O. M.* 21, 1900 S. 83; *Z. Calciumcarbid* 3, S. 334; *Z. Glas.* 9, S. 42.

* 82. Опредѣленіе температуры. *Горн. Л.* 1889, 3718.

* 83. Praktische Erfahrungen über Temperaturmessungen. *Erf.* 27, 1900 S. 304.

* 84. Messung hoher Temperaturen. *Uhland's W. T.* 1897, 3, S. 13.

* 85. Pyrométre pour les hautes temperatures. *Vie sc.* 1901, 1, p. 206.

86. Selbstverzeichnende Pyrometer. *Verh. V. Gew. Sitz. B.* 1902 S. 196.
* 87. Moderne Pyrometer. *Centr. O.M.* 23, 1902 S. 158.
* 88. Pyrometers for metallurgical work. *Iron & Coal.* 68, 1904 p. 1428; *Iron & Steel I.* 1904, 1 p. 98.
* 89. Thermometers and pyrometers for industrial purposes. *Iron & Coal.* 69, 1904 p. 1792.
* 90. Pyrometer für Härteöfen und im Hüttenbetrieb. *El. Rundsch.* 22, 1905 S. 358; *Erf.* 32 S. 534.
* 91. Thermometers and pyrometers. *Sc. Am. Suppl.* 60, 1905 p. 24708.
* 92. Pyrometer und Pyrometrie. *Braunkohle.* 4, 1905 S. 425.
93. Pyrometer und ihre Bedeutung für die Vergasung der Steinkohlen. *Z. Beleucht.* 11, 1905 S. 264.
* 94. Anwendung des Pyrometers. *Met. Arb.* 32, 1906 S. 19.
* 95. Pyrometers and temperature measurement. *Iron & Coal.* 77, 1908 p. 2518.
* 96. Das Pyrometer und seine Verwendbarkeit in Giesserei-und Hüttenbetrieb. *Giess. Z.* 1908, S.

Газовые термометры и пирометры.

97. **Andrews**, Luftthermometer. *Chem. CBl.* III. 22, 1881 S. 808.
98. „ neues Luftthermometer. *Ber. Chem. G.* 14, 1881 S. 2116.
99. **Arndt**, Bestimmungen von Schmelzpunkten bei hohen Temperaturen. *Verh. V. Gew. Abh.* 1904 S. 265.
100. **Барановъ**, пневматическій пирометръ. *Техн. Сб.* 1899 стр 131.
101. **Barus**, On the thermo-electrie measurement of high temperatures. *Bull. U. S. Geol. Survey.* 1889, № 54 p. 657.
102. **Bedford**, Expansion of parcelain with rise of temperature. *Phil. Mag.* 49, 1900 p. 90.
103. **Berthelot**, sur une nouvelle méthode pour la mesure des températures. *C. r.* 120, 1895 p. 831.
104 „ mesure des hautes températures par la méthode interférentielle. *C. r.* 126, 1898 p. 410.
* 105. **Biltz**, *Sitz B. Preuss. Ak.* 1895 Jan.
106. **Bottomley**, constant-volume air thermometer. *Phil. Mag.* 26, 1888 p. 149; *Z. Instr.* 9, 1889 S. 106.
107. **Bristol**, recording air pyrometer. *Engng.* 71, 1901 p. 150; *Foundry* 21, 1902 p. 40.
108 **Buckingham**, thermodynamic corrections of the nitrogen scale. *Phil. Mag.* 15, 1908 p. 526.
109. **Cailletet**, ein neues Gasthermometer. *Dingl.* 269, 1888 S. 222; *Beibl* 12, S. 569; *C r.* 106, p. 1055.
110. „ mesures des basses températures. *Rev. ind.* 20, 1889 p. 214; *J. d. phys.* 8, 1888 p. 286; *Ann. ind.* 20, 2, 1888 p. 375; *Lum. él.* 28, 1888 p. 528.

111. **Cailletet & Colardeau**, Messung niedriger Temperaturen. *Naturw. R.* 3, 1888 S. 378; *Chem. techn. Z.* 6, 1888 S 465; *Chem. trade.* 3, 1888 p. 145.

112. **Callendar**, practical measurement of temperature. *Proc. Roy. Soc.* 41, 1886 p. 231; *Phil. Trans.* 178 A, 1888 p. 161.

113. „ compensated air thermometer. *Proc. Roy. Soc.* 50, 1882 p. 247.

114. „ comparaison du thermomètre de platine et du thermomètre à azote. *Eclair. él.* 24, 1900 p. 80.

115. „ thermodynamical correction of the gasthermometer. *Phil. Mag.* 6, 5, 1903 p. 48.

116. **Callendar & Griffiths**, determination of the boiling-point of sulphure, method of standardysing platinum resistance thermometers. *Phil. Trans.* 182 A, 1892 p. 119; *Proc. Roy.* S. 49, 1891 p. 56.

117. **Carpenter**, errors of the Jolly air thermometer. *Eng. News.* 29, 1893 p. 5.

* 118. **Chappuis**, le thermomètre à gaz. *Arch. se.* 20, 1888 p. 5.

119. „ Vergleich des Quecksilberthermometers mit dem Gasthermometer. *Z. phys. Chem.* 2, 1888 S. 975; *Beibl.* 13, 1889 S. 13.

120. „ notes on gas-thermometry. *Phil. Mag.* 50, 1900 p. 433.

121. „ notes on gas-thermometry. *Phil. Mag.* 3, 1902 p. 243.

123. „ nouvelles études sur les thermomètres à gaz. *J. d. Phys.* 43, 1904 p. 883.

123. **Chappuis et Harker**, comparaison entre le thermomètre de platine et le thermomètre à azote. *Eclair. él.* 24, 1900 p. 78; *Phil. Trans.* 194 A, 1900 p.; *J. d. phys.* 3, 10, 1901 p. 20.

124. **Crafts**, comparaison des thermomètres à mercure avec le thermomètre à hydrogène. *C. r.* 95, 1882 p. 836.

125. „ thermomètres à gaz. *C. r.* 106, 1888 p. 1222.

126. **Crafts et Meier**, mesure des températures élevées *C. r.* 90, 1880 p. 606; *Beibl.* 4, 1880 S. 442.

127. **Day and Clement**, measurements with the gas thermometer. *Am. Journ.* 26, 1908 p. 405.

128. **Dürr**, Luftpyrometer. *Z. V. d. I.* 35, 1890 S. 791.

129. **Ennis**, measurement of draught and temperature of the flue-gases. *Eng. Mag.* 1907 p. 742.

130. **Féry**, la mesure des températures élevées. *C. r.* 134, 1902 p. 977; *ind. él.* 11 p. 252.

131. **Gummach**, Vergleichung von Quecksilberthermometern mit dem Luftthermometer. *Chem. CBl.* III, 13, 1882 S. 226; *Rep. an. Chem.* 2, 1882 S. 136.

132. **Gaab**, Walther-Dürr'sche Pyrometer. *Stahl* 14, 1894 S. 432.

133. **Harker**, on the high-temperature standards of the National Physical Laboratory. *Phil. Trans.* 203, 1904 p. 343.

* 154. **Harker and Chappuis**, comparison of platinum and gas thermometers. *Chem. News.* 79, 1899 p. 301; *Gas. Light.* 71, p. 167.

135. **Holborn u. Day**, die Luftthermometer bei hohen Temperaturen. *Ann. d. Phys.* 68, 1899 S. 815; *Sitz. B. Preuss. Ak.* S. 691.

136. „ „ die Luftthermometer bei hohen Temperaturen. *Ann. d. Phys.* 4, 2, 1900 S. 505.

137. „ „ Messung hoher Temperaturen. *Z. Instr.* 21, 1901 S. 84.

138. **Holborn u. Valentiner**, Temperaturmessungen bis 1600° mit dem Stickstoffthermometer und mit dem Spektralphotometer. *Sitz. B. Preuss. Ak.* 1906, S. 811.

139. **Holborn u. Wien**, Messung hoher Temperaturen. *Z. Instr.* 12, 1892 S. 257; *Ann. d. Phys.* 47, S. 107.

* 140. „ „ Bull. d'enc. 5, 1896 p. 1012.

141. „ „ Messung tiefer Temperaturen. *Siz. B. Preuss Ak.* 1896 S. 673; *Ann. d. Phys.* 59, S. 213; *Stahl*, 16, S. 840.

142. **Jacquerod u. Richardt**, Siedepunkt des Naphtalins, Diphedyls und Benzolphenons. *Ber. chem. G.* 37, 1904 S. 2531.

143. **Job**, nouvelle méthode pour la mesure des températures élevées. *C. r.* 134, 1902 p. 39; *Ind. él.* 11, p. 42; *Z. Instr.* 22, S. 165.

144. **Jüptner**, Wiborgh's Luftpyrometer. *O. Z. Bergw.* 36, 1888 S. 603, 617.

145. **Kammerling-Onnes**, Wasserstoff-Thermometer für sehr tiefe Temperaturen. *Z. kompr. G.* 2, 1898 S. 1.

146. **Kapp**, Studien über das Luftthermometer. *Ann. d. Phys* 4, 5. 1901 S. 905; *Z. Instr.* 22, 1902 S, 91.

147. **Kersten**, pyromètre pneumatique (Uehling-Steinbart). *Rév. Min.* 43, 1898 p. 44; *Berg. Z.* 57, 1898 S. 498.

148. **Krell**, Hydrostatisehe Messinstrumente. Berlin. 1897.

149. **Ladenburg u. Krügel**, Messung tiefer Temperaturen. *Z. kompr. G.* 3, 1899 S. 61; *Z. Kälteind.* 6, S. 147.

150. **Лебедевъ**. Водородный термометръ Главной Палаты Мѣръ и Вѣсовъ. *Временн. Палаты Мѣръ и Вѣс.* вып. 4, стр. 57; прилож. къ *Ж .Ф.-Х. О.* 1899.

151. **Le Chatelier**, Messung der Temperatur aus der Durchflusszeit bestimmter Luftmengen. *Dingl.* 277, 1890 S. 46.

152. **Lehrfeldt**, a numerical evoluation of the absolute scale of temperatures. *Phil. Mag.* 45, 1898 p. 363.

153. **Leybold**, Messung hoher Temperaturen. *Dingl.* 265, 1887 S. 373.

154. **Ломшаковъ**, воздушный пирометръ Юлингъ-Штейнбарта. *Горн. Ж.* 1895, стр 349.

155. **Lumsden**, new form of pyrometer. *J. Chem. Soc.* 83, 1903 p. 349.

* 156. **Meilink**, Vergleichung von Platinthermometern und Thermoelementen mit dem Gasthermometer. *Beibl.* 65, 1904.

157. **Mensching u. Meyer**, Beschreibung eines Pyrometers. *Z. phys. Chem.* 1, 1887 S. 145; *Ber. Chem. G.* 20, S. 582.

158. **Meyer**, kleines Laboratoriums-Luftthermometer. *Ber. Chem. G.* 26, 1893 S. 1047.

159. **Michelson**, air thermometer independant of the barometric pressure. *Am. Journ.* 3, 24, 1882 p. 92; *J. d. phys.* 1, p. 183.

160. **Miller**, neue Konstruktion des Luftthermometers. *Carl. Rep.* 16. 1880 S. 251.

161. „ measurement of high temperatures, *J. Gas. L.* 76, 1900 p. 634.

162. **Morton**, the pneumatic pyrometer (Uehling-Steinbart). *Engng.* 58, 1894 p. 251.

163. **Olszewski**, Vergleich von Gasthermometern bei niedrigen Temperaturen. *Beibl. Ann. d. Phys.* 10, 1886 S 679.

164. **Pellat**, la température absolue dèduite du thermométre normal. *C. r.* 136, 1903 p. 809.

165. **Pinzger**, das Luftpyrometer von Wiborgh. *Z. V. d. I.* 1894 S. 1547.

166. **Randall**, perméabilité du platine. *Bull. chim.* 21, 1898 p. 682.

167. **Rose-Innes**, constant-volume gas thermometer. *Phil. Mag.* 50, 1900 p. 251.

168. „ gasthermometer and thermodynamic scale. *Phil. Mag.* 6, 2, 1901 p. 130.

169. „ practical attainment of the thermodynamic scale. *Phil. Mag.* (6) 6, 1903 p. 353.

170. „ practical attainment of the thermodynamic scale. *Phil. Mag.* 15, 1908 p. 301.

* 171. **Schneebeli**, thermomètre à air pour températures élevées. *Arch. sc.* 9, 1883 p. 355.

172. **Spring**, zu Wiborgh's Luftpyrometer. *O. Z. Bergw.* 37, 1888 S 20.

173. **Stock u. Nielsen**, ein Thermometer für tiefe Temperaturen. *Ber. chem. G.* 39, 1906 S. 2066.

174. **St. Claire Deville et Troost**, détermination des températures élevées. *C. r.* 90, 1880 p. 727, 773; *Beibl.* 4, 1880 S. 443; *Chem. CBl.* 11, 1880 S. 305.

* 175. **Travers**, l'obtention et la mesure des trés basses températures. *Rev. gén. d. sc.* 14, 1903 p 597.

176. **Travers u. Jacquerod**, Temperaturmessung. *Z. phys. Chem.* 45. 1903 S. 435.

177. **Travers, Senter a. Jacquerod**, measurement of temperature. *Proc. Roy. Soc.* 70, 1902 p. 484.

178. **Uehling & Steinbart**, pyrometer. *Iron A.* 53, 1894 p. 365; *Sc. Am. Suppl.* 37, p. 15170.

179. „ „ pyrometer. *Rev. ind.* 29, 1898 p. 354; *J. Gas. L.* 71, p. 123.

180. „ „ Pyrometer. *Stahl.* 19, 1899 S. 431; *Tonind.* 23, S. 833; *Am. Mach.* 22, p. 84; *Iron & Coal* 58, p. 553.

181. „ „ Instrument für Messung hoher Temperaturen *Gesundh. Ing.* 24, 1901 S. 321.

182. **Uehling**, pneumatic pyrometer. *Iron & Coal.* 60. 1900 p. 160; 61, p. 673.

* 183. „ pyrometer. *Iron A.* 79, 1907 p. 136; 81, 1908 p. 1613.

184. **Weber**, Wärmemessung bei technischen Einrichtungen. *J. Gasbel.* 32, 1889 S. 1025.
185. **Wiborgh**, Luftpyrometer für den praktischen Gebrauch. *J. Gasbel.* 32, 1888 S. 7; *Stahl.* 8, S. 699; *Berg. Z.* 47, S. 468; *Chem. Z. Rep.* 12, S. 273.
186. „ air pyrometer. *Engng.* 46, 1888 p. 214, 317; *Sc. Am. Suppl.* 26, p. 10752.
187. „ air pyrometer. *Iron & Steel I.* 2, 1888 p. 110; *Dingl.* 271, 1889, S. 118, 163.
188. „ Verbesserungen am Luftpyrometer. *Stahl.* 11, 1890 S. 913; *J. Gasbel.* 34, S. 703; *Berg. Z.* 50, S. 401.
189. „ Verbesserungen am W. Luftpyrometer. *Stahl.* 12, 1891 S. 913.
190. „ pyromètre à air. *Bull. d'enc.* 89, 1891 p. 173.
191. „ air pyrometers. *Ind.* 12, 1892 p. 522; *Eng. min.* 54, p. 389.
192. „ Pyrometer. *Techniker*, 15, 1893 S. 32.
193. **Wiebe u. Böttcher**, Vergleichung des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer. *Z. Instr.* 10, 1890 S. 16, 233.
194. **Winstanley**, air thermometers. *Engng.* 30, 1880 p. 458; *Phil. Mag.* 5, 10, p. 380; *Dingl.* 237, S. 127.
195. **Witz's** air thermometer. *Sc. Am. Suppl.* 1880 p. 3929; *Engng.* 30, p. 116; *C. r.* 91, p. 164.
196. Messung hoher Temperaturen. *Dingl.* 265, 1887 S. 373; *Töpfer. Z.* 18, S. 113.
197. Messung sehr tiefer Temperaturen. *Z. kompr. G.* 9, 1905 S. 1.
* 189. A new temperature recorder. *Pages Weekly.* 8, 1906 p. 191.

Ртутные стеклянные термометры.

199. **Adam**, Korrection des herausragenden Fadens mit Hülfe des Fadenthermometers. *Z. Instr.* 27, 1907 S. 101.
200. **Allihn**, Normalthermometer für Laboratorien. *Chem. Z.* 12, 1888 S. 1555.
201. „ das Ansteigen des Eispunktes bei Quecksilberthermometern aus Jenaer Normalglas. *Z. anal. Chem.* 28, 1889 S. 435; *Chem. Ztg.* 33, 1909 S. 1301; *Chem. ZBl.* 81, 1910 S. 710.
202. „ das Ansteigen des Eispunktes bei Quecksilberthermometern. *Z. anal. Chem.* 29, 1891 S. 381; *Chem. Z. Rep.* 14, S. 331.
* 203. **Auzenat**, vitesse de mise en équilibre des thermomètres. *Monit. scient.* 56, 1900 p. 753.
204. **Baudin**, Sur la diminuation du coefficient de dilatation du verre. *C. r.* 116, 1893 p. 971.
205. „ dépression du zéro des thermomètres. *Inv nouv.* 1896 p. 398.
206 **Beckmann**, Thermometer mit Hilfsteilung nach Kühn. *Chem. Z.* 26, 1907 S. 337.

207. **Beckmann**, Thermometer für die Bestimmung von Molekulargewichten und kleinen Temperaturdifferenzen. *Z. phys. Chem.* 51, 1905 S. 329.

208. **Bergen**, Krupps hot-blast pyrometers. *Iron & Steel I.* 1886 p. 207.

209. **Betts**, milligrade thermometer. *Sc. Am.* 82, 1900 p. 170.

210. **Böttcher**, Eispunktdepression *Z. Instr.* 8, 1888 S. 409.

211. „ Prüfung und Kühlung der Thermometer. *Centr. O.M.* 24, 1903, S. 207; *Mech. Z.* 1903, S. 154.

212. **Brown**, thermometry. *Phil. Mag.* 5, 14, 1882 p. 57.

213. **Büchter**, Neuerungen in der Herstellung von Quecksilberthermometern. *Polyt. CBl.* 55, 1894 S. 109; *Z. Dampfk. Ueb.* 17, S. 107.

214. **Calderon**, Bestimmung des Werthes der Grade. *Ber. chem. G.* 21, 1888 S. 3303.

215. **Claydon**, detirmination of the volume of mercury in a thermometer. *Phil. Mag.* 5, 21, 1886 p. 248; *Beibl.* 11, 1887 S. 815.

* 216. **Cleveland and Abbe**. *Rep. of. Sign. Office* for 1888.

* 217. **Chappuis**. *Archives d. sc. phys.* 28, 1892 p. 204.

218. **Chree**, thermometry. *Phil. Mag.* 45, 1898 p. 293.

219. **Crafts**, cause des variations des points fixes dans les thermomètres. *C. r.* 91, 1880 p. 370.

220. „ élevation du zéro dans les thermomètres à mercure. *C. r.* 91, 1880 p. 291.

221. „ zur l'éxactitude des mesures faites avec le thermomètre à mercure. *C. r.* 95, 1882 p. 910.

222. „ dépression du zero dans les thermomètres à mercure. *C. r.* 94, 1882 p. 1298.

223. „ comparaison des thermomètres à mercure avec le thermomètre à hydrogène. *C. r.* 95, 1882 p. 836.

* 224. **Crafts u. Pernet**. Unbrauchbarwerden der Thermometer. *Wschr. Brauer.* 1, 1884 S. 670; *Z. Spiritusind.* 7, S. 928.

225. **Dufour**, Quarzthermometer für hohe Temperaturen. *C. r.* 130, 1900 p. 775; *Rev. ind.* 31, p. 130; *Mech. Z.* 1900 S. 89; *Tonind.* 24, S. 691; *Engng.* 69, p. 486.

* 226. **Earnshaw**, a blue glasspyrometer. *Gas. Light.* 73, 1900 p. 803.

227. **Gary**, der Goerz-Thermograph. *Mech. Z.* 1908 S. 148.

228. **Goetze**, neues Beckmann-Thermometer. *Mechan.* 12, 1904 S. 235; 13, 1905 S. 86.

239. **Grieshammer**, die Herstellunng der Thermometergläser. *Mech. Z.* 1904, S. 233.

230. **Griffiths**, comparison of a platinum thermometer with mercury thermometers. *El. Rev.* 27, 1891 p. 363; *Electr.* 25, p. 615.

231. **Grützmacher**, Reduction der Quecksilberthermometer auf das Luftthermometer. *Z. Instr.* 15, 1895 S. 250.

232. **Grützmacher**, Thermometer mit variabler Quecksilberfüllung. *Z. Instr.* 16, 1896 S. 171, 200.
233. „ thermometrische Correctionen. *Ann. d. Phys.* 68, 1899 S. 769.
234. „ Thermometer mit Papierskalen. *Mech. Z.* 1902 S. 84.
* 235. **Guilleaume**, *Traveaux et Mémoires du Bureau International* des poids et mesures. IV, 1886 p. 18; V, 1, 27; VI p.
* 236. „ le thermomètre à mercure. *Arch. sc.* 16, 1886 p. 517.
237. „ les thermomètres à mercure. *J. d. phys.* 6, 1887 p. 228.
238. „ thermometrische Untersuchungen. *Centr. O.M.* 8, 1887 S. 235.
239. „ le thermomètre à mercure. *J. d. phys.* 7, 1888 p. 419; *Beibl.* 13, 1889 S. 73.
* 240. „ Traité pratique de la thermometrie de précision. 1889.
241. „ solution pratique du problème de la colonne émergente d'un thermomètre. *C. r.* 112, 1890 p. 87.
* 242. „ la colonne émergente et la mesure des températures. *Bull. Soc. chim.* 5, 1890 p. 547.
243. „ praktische Lösung des Problems des herausragenden Fadens. *Z. Instr.* 12, 1892 S. 69.
244. „ Bestimmung der Korrektion für den herausragenden Faden. *Z. Instr.* 13, 1893 S. 155.
* 245. **Handl**, Theorie des Thermometers. *Carl. R.* 17, 1881 S. 300.
* 246. **Hebe**, zweckmässigste Form der Erweiterungen an Thermometercapillarröhren. *Z. Glas.* 4, 1894 S. 35.
247. **Hecker**, Alterung von Thermometern. *Mech. Z.* 1901 S. 41.
248. „ Untersuchung der Konstanz von Siedethermometern 59^{III}. *Z. Instr.* 21, 1891 S. 133.
249. **Hoffmann**, über Schott's Kompensationsthermometer. *Z. Instr.* 17, 1897 S. 257.
250. „ Schott's Compensationsthermometer. *Z. Glas.* 7, 1898 S. 1.
251. **Jäger u. Gumilch**, Herstellung und Untersuchung der Quecksilber-Normalthermometer. *Z. Instr.* 15, 1895 S. 2.
252. **Kühn**, praktische Winke zur Beurtheilung von Thermometern. *Chem. Z.* 26, 1902 S. 106; *Sprechs.* 35, S. 272.
253. „ Gebrauch hochgradiger Fabrikthermometer. *Chem. Z.* 27, 1903 S. 54.
254. **Lemke**, Reduktion der Quecksilberthermometer 59^{III} auf das Luftthermometer. *Z. Instr.* 19, 1899 S. 33.
255. **Mahlke**, Verwendung flüssiger Kohlensäure zur Herstellung hochgradiger Quecksilberthermometer. *Z. Instr.* 12, 1892 S. 402.
256. „ Messung von Temperaturen bis 550^0 mittels Quecksilberthermometer. *Ber. chem. G.* 26, 1893 S. 1815.
257. „ Hülfsinstrument zur Bestimmung der Correction für den herausragenden Faden. *Z. Instr.* 13, 1993 S. 58.

258. **Mahlke**, Vergleichung von Quecksilberthermometern 59^{III} mit Luftthermometern. *Ann. d. Phys.* 53, 1894 S. 965.

259. „ Bestimmung der Scala hochgradiger Quecksilberthermometern. *Z. Instr.* 15, 1895 S. 171.

260. **Marchis**, thermomètre à zéro invariable. *J. d. phys.* 4, 1895 p. 217.

261. „ le déplacement du zéro des thermomètres. *C. r.* 123, 1896 p. 799; 124, 1897 p. 493; 125, 1897 p. 294, 434.

262. „ déformations permanentes du verre. *J. d. phys.* 7, 1898 p. 573; *Z. phys. Chem.* 29, 1899 S. 1.

263. „ contribution à l'étude expérimentale du verre. *J. d. phys.* 8, 1899 p. 193.

264. „ dauernde Aenderung des Glases. *Z. phys. Chem.* 37, 1901 S. 533.

265. „ die Präcisionsthermometrie. *Z. phys. Chem.* 37, 1901 S. 605.

* 266. **Marek**, *Carl. R.* 16, 1891.

267. **McClellan**, thermometer glass. *Francl. J.* 152, 1901 p. 63.

268. **Mills**, researches in thermometry. *Trans. Edinb.* 29, 1880 p. 567; *Engng.* 32, 1881 p. 216.

269. **Minchin**, Ausdehnung des Quarzglases. *Z. Instr.* 27, 1907 S. 165; *Phys. Rev.* 24, 1897 p. 1.

270. **Müller**, Thermometer mit Kompensirung der thermischen Nachwirkung. *Z. ang. Chem.* 1898 S. 29.

271. „ Thermometerglas und Thermometerkühlung. *Mech. Z.* 1904 S. 202.

272. **Nagle**, rate of fall or rise of mercurial thermometers. *Trans. Am. Min. Eng.* 1892 p. 70.

* 273. **Niehls**, Glas-Thermometer für hohe Temperaturen. *Polyt. CBl.* 60. 1899 S. 116.

274. „ zur Technik der hochgradigen Thermometer. *Mech. Z.* 1903, S. 205.

* 275. **Pernet**, variations des points fixes dans les thermomètres. *C. r.* 91, 1880 p. 471.

276. „ mesure des tempèratures par le thermomètre à mercure. *J. d. phys.* 10, 1881 p. 520.

* 277. „ *Traveaux et Mémoires du Bureau Intern.* d. p. et mes. IV, p. 31,

278. „ über durch Capillarkräfte bedingte Corectionen. *Z. Instr.* 6, 1886 S. 377.

* 279. „ Thermomètre étalon. *Chron. ind.* 10, 1887 p. 102.

* 280. „ *Wissensch. Abh. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt.* 1894.

281. **Philips**, la compensation des températures dans les thermomètres. *C. r.* 90, 1880 p. 501.

282. **Pickering**, über empfindliche Thermometer zu calorimetrischen Zwecken. *Beibl.* 10, 1866 S. 761.

283. „ empfindliche Thermometer. *Beibl.* 11, 1887 S. 688; *Phil. Mag.* 23, 1887 p. 401, 406.

* 284. **Rabe**, Messung von höheren Temperaturen in der Technik. *Chem. Z.* 28, 1904 S. 39; *O. Z. Bergw.* 52, S. 142; *Erf.* 31, S. 251.

285. **Raoult**, Präcisions-Kryoskopie. *Z. Instr.* 19, 1899 S. 219.

286. **Rimbach**, Correction der Thermometerablesungen für den herausragenden Faden. *Z. Instr.* 10, 1890 S. 153, 292.

287. **Scheel**, Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur. *Ann. d. Phys.* 47, 1892 S. 440.

288. „ Tafeln zur Reduktion der Ablesung mit Quecksilberthermometern auf die Wasserstoffscala. *Ann. d. Phys.* 5, 1896 S. 168.

289. **Schloesser**, thermometrische Untersuchungen. *Z. Instr.* 21, 1901 S. 281.

290. **Schott**, Studien von Gläsern. *Z. Instr.* 11, 1891, S. 330.

291. **Swarn-Dixon**, researches in mercurial thermometry. *Proc. Roy. Soc.* 66, 1900 p. 86.

* 292. **Warmbrunn & Quilitz**, Normalthermometer zum chemischen Gebrauch. *Prakt. Phys.* 1, 1888 S. 88

* 293. **Weber**, Einfluss der Zusammensetzung des Glases auf die Depressions-Erscheinungen der Thermometer. *Sprechs.* 19, 1886 S. 784.

294. „ Depressionserscheinungen der Thermometer. *Verh. V. Gew. Sitz. B.* 1888 S. 135.

* 295. „ Einfluss der Zusammensetzung des Glases auf die Depressionserscheinungen der Thermometer. *Chem. Anz.* 6, 1888 S. 217; *Beibl.* 12, S. 649; *Sprechs.* 21, S. 241.

296. „ Einfluss der Zusammensetzung des Glases auf die Zuverlässigkeit der Thermometer. *Reimann's. Z.* 20, 1889 S. 287.

* 297. „ über die Herstellung von Thermometern für höhere Temperaturen. *Glashütte.* 19, 1889 S. 133; *Sprechs.* 22, S. 193.

* 298. „ Veränderlichkeit des Nullpunktes bei Thermometern. *Hann. Gew. Bl.* 1889, № 14, S. 229.

299. **Weidmann**, Zusammenhang zwischen elastischer und thermischer Nachwirkung des Glases. *Ann. d. Phys.* 29, 1886 S. 214.

300. **Wiebe**, Einfluss der Zusammensetzung des Glases auf die Nachwirkungs-Erscheinungen bei Thermometern. *Mitt. Berl. Ak.* 9, 1885 S. 629; *Gew. Bl. Bayr.* 6, 1886 S. 72.

301. „ über Thermometerglas. *Z. Instr.* 5, 1886 S. 167.

* 302. „ Standänderung der Quecksilberthermometern nach Erhitzung auf höhere Temperaturen. *Prakt. Phys.* 1, 1888 S. 373.

* 303. „ über Siedethermometer. *Prakt. Phys.* 1, 1888 S. 339; *Z. Instr.* 8, S. 362, 377.

304. „ Verwendung der Quecksilberthermometern in hohen Temperaturen. *Z. Instr.* 10, 1890 S 207.

305. „ Verleichung von Quecksilberthermometern. *Z. Instr.* 10, 1890 S. 435.

306. **Wiebe u. Böttcher**, Vergleichung des Luftthermometers mit Quecksilberthermometern. *Z. Instr.* 10, 1890 S. 233.
307. **Wiebe u. Moeller**, lineare Ausdehnung der Skalengläser. *Z. Instr.* 28, 1908 S. 137.
308. Erhöhung des Nullpunktes in Quecksilberthermometern. *Naturf.* 13, 1880 S. 376.
309. Einfluss der Zusammensetzung des Glases auf die Nachwirkungserscheinungen bei Thermometern. *Z. Instr.* 5, 1885 S. 21.
310. Ueber das Untrichtigwerden von Thermometern. *Wschr. Brauer.* 3, 1886 S. 776.
311. Ueber Thermometerglas. *Wschr. Brauer.* 4, 1887 S. 854.
* 312. A novelty in thermometers. *Chem. Rev.* 16, 1887 p. 194.
313. Veränderlichkeit von Quecksilberthermometern. *Wschr. Brauer.* 4, 1887 S. 180; *Chem. Z.* 11. S. 305.
314. Herstellung von Thermometern für hohe Temperaturen. *Verh. V. Gew. Sitz. B.* 1888 S. 237.
* 315. Einfluss der Zusammensetzung des Glases auf die Depressionserscheinungen der Thermometern. *Glashütte.* 18, 1888 S. 146.
316. Ueber empfindliche Thermometer. *Z. Instr.* 8, 1888 S. 146.
317. Ueber Thermometer und Temperaturbestimmungen. *Z. anal. Chem.* 27, 1888 S. 188.
* 318. *Riga Ind. Z.* 1894 S. 186.
319. Ueber die Empfindlichkeit von Thermometern. *Z. Glas.* 4, 1895 S. 81.
320. Thermomètre à mercure. *Vie. sc.* 1900, 1, p. 424; *Ind. él.* 9, p. 150.
* 321. Aufbewahrung feiner Thermometern. *Z. chem. Appar.* 1, 1906 S. 266.
322. Thermometer. *Prakt. Masch. Konstr.* 1907, № 42, S. 30.
323. Versuche über den Wärmeübergang an Thermometern. *Z. Kält. Ind.* 1907, S. 187, 242.

Кромѣ того №№ 119, 131, 184, 193.

Стеклянные термометры съ другими жидкостями.

324. **Baudin**, thermomètre à éther de petrole. *C. r.* 133, 1901 p. 1207; *Rev. ind.* 33, 1902 p. 76.
325. **Benninger**, Thermometrograph System Six. *Erfind.* 14, 1887 S. 398.
* 326. **Chappuis**, Thermometer für tiefe Temperaturen. *Phys. Rev.* 2, 1892 S. 672.
327. **Ebermayer**, Maximum—und Minimum-Thermometer. *Z. Instr.* 2, 1882 S. 134.
328. **Hoffmann u. Rothe**, Ausdehnung des technischen Pentans in tiefen Temperaturen und die Scala der Pentanthermometern. *Z. Instr.* 27, 1907 S. 265.
229. **Kohlrausch**, Thermometer für sehr tiefe Temperaturen. *Ann. d. Phys.* 60, 1897 S. 463.

330. Maximum-Minimum-Thermometer. *Bierbr.* 18, 1887 S. 219.
331. **Mewes**, Petroläthertherthermometer. *Dingl.* 315, 1900 S. 785.
332. „ das Kohlrausch'sche Petroläthertherthermometer. *Z. compr. G.* 4, 1901 S. 140.
333. **Mirus**, Toluolthermometer. *Chem. Z.* 18, 1894 S. 331.
334. **Rothe**, Flüssigkeitsthermometer für sehr tiefe Temperaturen *Z. Instr.* 22, 1902 S. 192.
335. „ Pentanthermometer und Platinthermometer. *Z. Instr.* 24, 1904 S. 47.
336. **Wiebe**, Kaliumnatriumthermometer. *Z. Glas.* 4, 1894 S. 1.

Остальные приборы съ жидкостями.

337. **Chramer**, Thermometer zum Messen der Ringofengase (Steinle & Hartung). *Tonind.* 27, 1903 S. 904.
338. **Debaecker**, thermomètre baroscopique. *Gén. civ.* 18, 1890 p. 308; *Sc. Am. Suppl.* 31, p. 12811.
339. **Eschenhagen**, Quecksilberferntherthermometer. *Z. Instr.* 14, 1894 S. 378.
340. **Henrich**, die Temperaturen im Bohrloche (Ausflussthermometer). *Z. Bergw.* 52, 1904 S. 1.
341. **Lafouque**, microthermomètre pour la mesure des variations très petites de température. *C. r.* 97, 1883 p. 1207; *Rév. ind.* 14, p. 504; *Z. Instr.* 4, 1884 S. 173.
* 342. Notice sur les instruments enrégistrents de **Richards** frères. *Paris.* 1889.
343. **Schönlan**, Quecksilber-Zeigerthermometer. *Prakt. Phys.* 4, 1890 S. 155.
344. **Steinle & Hartung**, stählernes Quecksilberthermometer. *Ind. Ztg.* 26, 1886 S. 254.
345. „ „ stählerne Queckilberthermometer. *Verh. V. Gew. Sitz. B.* 1903. S. 52; *Bierbr.* 1903 S. 295.
346. **Steinle's** steel mercury thermometer. *Engng.* 69, 1900 p. 415.
347. Pyrometer mit überhitzten Flüssigkeiten. *Maschinenb.* 16, 1880 S. 77.
348. A recording thermometer. *Nat. The.* 68, 1903 p. 69.
349. Thermometers and thermoregulators operated by the pressure of saturated vapors. *Sc. Am. Suppl* 60, 1905 p. p. 25048.

Расширеніе твердыхъ тѣлъ.

* 350. **Ahlfelder**, Metallthermometer. *Prakt. Phys.* 4, 1890 S. 154.
351. **Beckert**, das Graphitpyrometer. *Z. V. d. I.* 25, 1881 S. 149, 279.
352. **Féry**, thermomètre intégrateur. *C. r.* 140, 1905 p. 367.
353. „ spiral-pyrometer. *Engng.* 85, 1909 p. 663; *Физ. Обозр.* 10, 1909 стр. 169.
353. **Helios-Upton**, recording thermometer. *Iron A.* 70, 1902, 18/9, p. 11.
* 354. „ „ registering thermometer. *Eng. Clev.* 40, 1903 p. 320.
355. **Hopkins**, metallic thermometer. *Gas. Light.* 74, 1901 p. 10.

356. **Lauth u. Vogt**, pyrometrische Messungen. *Töpfer. Z.* 18, 1887 S. 49, 73, 98; *Tonind.* 11, S. 71, 81; *Chron. ind.* 10 p. 268; *Bull. d'enc.* 86, p. 228; *Mond. ind.* 14, p 14; *Ann. Ind.* 19, 1, p. 118.

357. **Maurer**, Theorie und Praxis der Metall-Thermographen. *Z. Instr.* 3, 1883 S. 308.

358. Metallthermometer und Metallpyrometer von **Zabel**. *Masch. Constr.* 14, 1881 S. 424.

359. **Serpollet**, pyromètre. *Rév. d. Méc.* 1897 p. 771.

Калориметрическіе приборы и способы.

360. **Amagat**, pyromètre à circulation d'eau. *Mondes.* 3, 6, 1883 p. 463; *C. r.* 97 p. 1053; *Z. Zuck. Böhm.* 7, S. 105; *Rév. ind.* 14, p. 503.

361. **Andrée**, Hydropyrometer für metallurgische Zwecke. *Berg. Z.* 43, 1884 S. 506; *Stahl*, 5, 1885 S. 144; *Mech. World.* 19, p. 271.

362. **Braubach**, Wasserpyrometer. *Stahl*, 16, 1896 S. 207.

363. **Fischer**, Calorimeter für hohe Temperaturen. *Berg. Z.* 50, 1890 S. 184.

* 364. **Hoadley**, the Siemens pyrometer. *Iron A.* 27, 1881 Nr. 21.

365. „ the calorimeter as a pyrometer. *Am. Mach.* 4, 1881 Nr. 23; *Iron A.* 28, Nr. 1.

366. „ observations with the platinum pyrometer, with heat carriers of platinum and of iron encased with platinum. *Sc. Am. Suppl.* 1882 p. 5711; *Frankl. J.* 114, 1882 p. 169, 252.

367. **Lauth**, pyromètre Boulier. *Bull. soc. chim.* 90, 1883 p. 108; *Rev. ind.* 14, p. 399; *Ann. ind.* 15, 2, p. 314; *Sc. Am. Suppl.* 1883 p. 6541; *D. Töpf.-Z. Ztg.* 14, S. 361, 387.

368. „ Boulier Pyrometer. *Thonind.* 8, 1884 S. 301; *Bul. d'enc.* 83, p. 38; *Nat.* 12, 1, p. 396; *Sc. Am. Suppl.* 17, p. 6956; 18 p. 7101.

* 369. **Le Chatelier**, *XVI congrés de la Sociéte technique de l'industrie de gaz.* VI, 1889.

370. **Leclerc**, détermination de la température des fours. *Rev. ind.* 14, 1883 p. 203.

371. **Meyer**, über calorimetrische Temperaturbestimmung. *Ber. chem. G.* 13, 1880 S. 407.

372. **Oberhoffer**, die specifische Wärme des Eisens. *Metallurgie.* 1908 S. 173; *Физ. Обозр.* 9, 1908 стр. 175

373. **Saintignon**, pyromètre à eau. *Chron. ind.* 6, 1883 p. 315.

374. „ pyromètre à courant d'eau continu. *Semaine.* 9, 1884 p. 248; *Ann. ind.* 16, 2, p. 598.

* 375. **Saintignon**, pyromètre différentiel à eau. *Mondes.* 4, 1, 1885 p. 433; *Iron A.* 36, Nr. 20; *Sc. Ann. Suppl.* 20, p. 8154.
376. „ das Wasserstrom-Pyrometer. *Ann. f. Gew.* 219, 1886 S. 54; *D. Töpf.-Z. Ztg.* 24, S. 251.
377. „ pyromètre. *Gaz.* 30, 1887 p. 175.
378. „ pyromètre à circulation d'eau. *Gén. civ.* 16, 1891 p. 328, *Dingl.* 276, S. 220; *Dampf.* 7, S. 410.
379. „ pyrometer. *Electrochem. Ind.* 3, 1905 p. 359.
380. Calorimètre **Salleron** *Gaz.* 48, 1905 p. 194.
381. **Siemens**, pyromètre à eau. *Gaz.* 31, 1888 p. 200.
382. „ Wasser-Pyrometer. *Zuckerind.* 12, 1887, S. 367.
383. „ 'sche Wasserpyrometer; (отдѣльная брошюра фирмы).
384. **Вагнеръ**, химическая технологія. СПБ. 1892, стр. 2—7.
* 385. *Z. Dampfk.* 1891 S. 130.
386. **Jüptner v. Jonstorff**, Feneumgsaulagen. 1891, S. 253.
* 387. *Техн. Сб.* 1893, стр. 493.
388. Mesures pyrométriques. *Rev. ind.* 18, 1887 p. 8.
Кромѣ того № 196.

Пирометры, основанные на плавленіи, и термофонъ.

389. **Bischof**, der Seger'sche Normalkegel Nr. 11. *Sprechs.* 20, 1887 S. 222; *Töpfer. Z.* 18, S. 142.
390. „ Pyroskopenkegel. *Thonind.* 11, 1887 S. 83.
391. „ Schmelzbestimmungen mit Normalkegeln. *Töpfer. Z.* 18, 1887 S. 12; *Glashütte* 17, S. 17; *Thonind.* 11, S. 41.
392. „ Normalthon oder Kegel. *Thonind.* 22, 1908 S. 775.
393. **Brearley and Moorwood**, Sentinel pyrometers and their application to the treatment of tool steel. *Iron & Steel J.* 1, 1907 p. 261.
394. **Claassen, Herzfeld, Martini**. Temperaturmessungen in einem Kalkofen. *Z. V. Rüb. Ind.* 47, 1897 S. 218.
395. **Cramer**, Pyrometer. *Thonind.* 26, 1902 S. 301, 1090.
396. **Gerbez**, indicateur de température pour organes de machines. *Rev. ind.* 18, 1887 p. 285; *Sc. Am. Suppl.* 24, 1887 p. 9771.
397. **Hecht**, Schmelzkegel. *Sprechs.* 26, 1896 S. 911.
398. „ Feuerfestigkeitsskala. *Thonind.* 22, 1898 S. 670; *Chem Z.* 22, S. 157.
399. **Heintz**, über Seger's Pyroskope. *J. f. Gasbel.* 1886 S. 894; *Wien. Gastechn.* Nr. 5.
400. „ Seger's Pyroskope. *Thonind.* 11, 1887 S. 2.
401. **Hofmann**, Modification der Bischof'schen Feuerfestigkeitsbestimmungen. *Thonind.* 23, 1899 S. 196.
402. **Lauth**, mesures pyrométriques. *Gén. civ.* 10, 1886 p. 78.

403. **Lauth et Vogt**, mesures pyrométriques à hautes températures. *Bull. soc. chim.* 46, 1886 p. 786.
404. **Ledieu**, les pyroscopes. *C. r.* 94, 1882 p. 1274.
405. **Loeser**, die Schmelzvorgänge der Segerkegel. *Keram. Rundsch.* 1907, Nr. 36.
406. **Rothe**, Prüfung von Segerkegeln. *Stein u. Mört.* 10, 1906 S. 307; *Thonind.* 30, S. 1473.
407. **Peyrusson**, Verwendung von Pyroskopen. *CBl. Glas.* 12, 1898 S. 238.
408. **Schüler**, Temperaturmessungen an Sulfatöfeu. *Z. ang. Chem.* 1897 S. 361.
409. **Seger**, zur Bestimmung hoher Temperaturen. *Dingl.* 256, 1885 S. 191.
410. „ Pyrometer und Messung hoher Temperaturen. *Thonind.* 9, 1885 S. 121; *D. Töpf.-Z. Ztg.* 16, S. 146.
411. „ Normal-Kegel für die Bestimmung der Temperaturen in den Oefen der keramischen Industrie. *Thonind.* 10, 1886 S. 168, 245, 262, 280.
412. „ Instruction zur Messung der Temperatur in den Oefen der keramischen Industrie mittels Probekegel *Thonind.* 23, 1886 S. 229.
413. „ pyrometrische Messungen. *Spechs.* 21, S. 1888 S. 52.
414. „ Bestimmung der Temperatur im Ofen mit dem Pyroskopenkegel. *Töpfer. Z.* 18, 1887 S. 87; *Thonind.* 11, 1887 S. 84.
415. „ Normalkegel. *Sprechs.* 20, 1887 S. 116.
416. „ die Messung hoher Temperaturen in der keramischen Industrie. *Thonind.* 15, 1890 S. 195; *Eisen Z.* 12, S. 748.
417. Ersatz für **Seger**-Kegel. *Thonind.* 22, 1898 S. 1045.
* 418. Vergleichung der **Seger**-Kegel mit dem Le Chatelier Pyrometer. *Berg. Z.* 55, 1896 S. 179.
419. **Sentinel**-Pyrometer. *Eisenz.* 27, 1906 S. 580; *Z. Werkzm.* 10, S. 458.
420. **Simonis**, Segerkegel 022 bis 7. *Tonind.* 32, 1908 S. 1764; *Sprechs.* 41, S. 561.
421. „ der Lichtbogen zu pyrometrischen Bestimmungen. *Sprechs.* 39, 1906 S. 1283.
422. **Wiborgh**, Thermophon. *Berg. Z.* 55, 1896 S. 257; *Dingl.* 301, S. 133.
423. „ Thermophon. *Z. V. d. I.* 41, 1897 S. 297.
424. **Jüptner**, Wiborgh's Thermophon. *O. Z. Bergw.* 45, 1897, S. 99.
425. Normal-Kegel für die Bestimmung der Temperatur in den Oefen der keramisehen Industrie. *Thonind.* 1886 S. 135, 145.
426. Ueber Pyrometer, speciell über die Herstellung von Normalkegeln. *Mitt. Zigel.* 9, 1886 S. 6.
427. Pyroskopenkegel. *Töpfer. Z.* 18, 1887 S. 35.
428. Pyroskope und Pyrometer. *Berg. Z.* 46, 1887 S. 150.
429. Pyrometrische Messungen. *Sprechs.* 21, 1888 S. 105; *Thonind.* 12, S. 61.

* 430. *Инженеръ*, 1894 № 10.
431 Schmelzpunkte von Metallen. *Dingl.* 320, 1905 S. 489.
432. Schmelzpunktbestimmung feuerfester keramischer Produkte. *Z. Heiz.* 10. 1906 S. 231.
433. Pyrometers for metallurgical purposes. *Engng.* 82, 1906 p. 92.
* 434. Pyrometers for measuring kiln temperature *Clay-Worker.* 49, 1908 p. 58; *Brik.* 28, p. 19.
Кромѣ того №№ 184, 384, 388.

Оптическіе пирометры.

435. **Ballois**, la messure des hautes températures. *Eclair. él.* 46, 1906 p. 484.
436. **Berthelot**, méthode optique pour la mesure des températures. *Ann. d. Chim.* 26, 1902 p. 58.
437. **Хвольсонъ**, черная температура. *Физ. Обозр.* 7, 1906 стр. 235.
438. **Crova**, mesure spèctrométrique des hautes températures. *Mondes.* 51, 1880 p. 433; *C. r.* 91, p. 252; *Ann. d. Chim.* 5, 19, p. 167; *Z. anal. Chem.* 19, 7330.
439. „ mesure optique des hautes températures au Creuzot. *Ann. ind.* 13, 1, 1881 p. 433; *Rev. ind.* 12, p. 169.
440. „ expèriences faites dans les usines du Creuzot pour la mesure optique des hautes températures. *C. r.* 92, 1881 p. 36,707.
441. „ sur la mesure optique des hautes températures. *C. r.* 114, 1892 p. 941.
442. **Darling**, Pyrometry in modern workship practice. *Eng.* 103, 1907 p. 594.
443. **De Grahl**, optische Pyrometer. *Z. Dampfk.* 28, 1905 S. 53,
* 444. **Deprez et d'Arsonval**, *Soc. d. phys.* 5. II 1886.
445. **Doelter**, Bestimmung der Schmelzpunkte mittels der optischen Methode. *Z. Elektrochem.* 12, 1906 S. 617.
446. **Ductretet**, pyrometrisches Sehrohr. *Gew. Bl. Bayr.* 21, 1889 S. 293; *O. Z. Bergw.* 37, S. 326; *Rev. ind.* 20 p. 74; *Man. Build.* 21, p. 84.
447. **Ducretet-Lejeune**, pyrometrical lunette *Iron.* 41, 1893 p. 422.
448. **Feld**, Temperaturbestimmungen mittels der Le Chatelier und Wanner-Pyrometer. *Chem Ind.* 26, 1903 S. 256.
449. **Féry**, nouveau pyromètre. *Bull. soc. chim.* 31, 1904 p. 701; *ETZ*, 25. S. 864; *Rev. ind.* 35, p. 461; *J. d. phys.* 4, 3, p. 701.
450. „ optisches Pyrometer. *Dingl.* 318, 1903 S. 717; *Gén. civ.* 43, p. 72.
451. „ la température des flammes. *C. r.* 137, 1903 p. 909.
452. **Féry**, optical pyrometry. *Electrochem. Ind.* 3, 1905 p. 478; *Am. Mach.* 28, 2, p. 668; *Eisenz.* 26, S. 927; *J. Gas. L.* 90, p. 360; *Iron. & Coal.* 71, p. 1452.

453. „ das optische Strahlungspyrometer. *J. Gasbel.* 49, 1906 S. 500; *Bayr. Gew. Bl.* 1906, S. 394; *Uhl. T. R.* 1905, 3, S. 5.

454. „Nouvelles métodes pyrometriques. *Rev. Scientif.* 8, 1907, *Физ. Обозр.* 10, 1909 стр. 169.

455. **Foiret**, the Féry pyrometer. *J. Gas. L.* 87, 1904 p. 31.

456. **Grauger**, nouveaux pyromètres optiques. *Rev. chim.* 6, 1903 p. 141.

457. **Hase**, Pyrometer Wanner. *Z. ang. Chem.* 15, 1902 S. 715.

458. **Hart**, technical thermometry. *Electrochem. Ind.* 6, 1908 p. 453.

459. **Hempel**, Spectralapparat. *Z. ang. Chem.* 14, 1901 S. 237.

460. **Henderson**, pyromètres à radiation de Féry et Holborn & Kurlbaum, *Electricien* 32, 1906 p. 401.

461. **Holborn u. Kurlbaum**, Pyrometer. *Z. Instr.* 22, 1902 S. 55.

462. „ „ über ein optisches Pyrometer. *Ann. d. Phys.* 4, 10, 1903 S. 225.

463 „ „ über ein optisches Pyrometer. *Sitz. B. Kgl. Preuss. Ak.* 1901 S. 712.

464. **Holborn u. Valentiner**, Vergleichung der optischen Temperaturskala mit dem Stickstoffthermometer bis 1600°. *Ann. d. Phys.* 22, 1907 S. 1.

465. **Iklé**, optische Methoden zur Messung hoher Temperatnren. *Phys. Z.* 6, 1905 S. 154.

* 466. **Имшенецкій**, измѣреніе высокихъ температуръ. *Зап. И. Т. О.* 1893 стр. 72.

467. **Kroupa**, thermoelektrisches Pyrometer von Féry. *O. Z. Bergw.* 53, 1905 S. 298.

468. **Kurlbaum**, Methode die Temperaturen leuchtender Flammen zu bestimmen. *Phys Z.* 3, 1902 S. 187.

469. **Ladenburg**, die Temperatur der glühenden Kohlenstoffteilchen leuchtender Flammen. *Phys. Z.* 7, 1906 S. 697.

470. **Lampen**, electrical resistance furnace for the meassurement of higher temperatures with the optical pyrometer. *J. Am. Chem. Soc.* 28, 1906 p. 846.

* 471. **Langley**, *Am. Journ.* 31, 1881 p. 1, 32, 90.

* 472. **Le Chatelier**, mesure optique des températures élevées. *C. r.* 114, 1892 p. 214, 391; *Dingl.* 286, S. 43; *Rev. ind.* 23, p. 94; *J. d. phys.* 1, p. 185; *Ind. élektr.* avril 1892.

473. **Leduc**, pyromètre Féry. *Rev. Techn.* 25, 1904 p. 190.

474. **Leisse**, das Wanner. sche Pyrometer. *J. Gasbel.* 47, 1904 S. 862.

475. **Lummer u. Kurlbaum**, bolometrische Untersuchungen. *Ann. d. Phys.* 46, 1892 S. 204.

476. **Lummer u. Pringsheim**, Temperaturbestimmung mit Hilfe des strahlungsgesetzes. *Phys. Z.* 3, 1901 S. 36, 97; *Chem. Z.* 25, 1901 S. 888.

477. **Lummer u. Pringsheim,** Temperaturbestimmung von Flammen. *Phys. Z.* 3, 1902 S. 233.
478. „ „ Strahlungstheoretische Temperaturscala. *B.d. D. Phys. G.* 1903 S. 13.
479. **Mesuré,** mesure des températures des corps incandescents. *Gén. civ.* 13, 1888 p. 43.
480. „ lunette pyrométrique *Nat.* 17, 1888 p. 139.
481. **Mesuré & Nouel,** pyrometrisches Sehrohr. *Bergz.* 49, 1891 S. 457; *Thonind.* 14, S. 575; *Z. V. d. I.* 34, 1890 S. 1335; *Z. Instr.* 11, 1890 S. 379.
482. **Morse,** thermo-gage. *Am. Mach.* 26, 1903 p. 1515; *Iron. A.* 72, 22/10 p. 1; *Gén. civ.* 44, p. 77; *El. Rev.* N. Y. 43, p. 792.
483. **Nernst,** Bestimmung hoher Temperaturen. *Phys. Z.* 4, 1903 S. 733; *Z. Electrochem.* 1903 S. 622, 889.
484. „ die Helligkeit glühender schwarzer Körper und ein einfaches Pyrometer. *Phys. Z* 7, 1906 S. 380.
485. **Nichols,** optical method for the measurement of high temperatures. *Am. Journ.* 5, 19, 1880 p. 42; *J. d. phys.* 10, 1881 p. 92.
486. **Parsy,** pyrometers. *J. Gas. L.* 1905 p. 114; *Gaz.* 49 p. 68
487. **Paschen,** bolometrische Untersuchungen. *Ann. d. Phys.* 48, 1893 S. 286.
* 488. **Planck.** *Verh. d. D. Phys. G.* 2, 1900 S. 202.
489. **Schäfer,** Ergebnisse der neueren Strahlungsmessungen. *Z. V. d. I.* 1902, S. 17.
490. **Siemens & Halske,** pyrometrische Messungen. *Centr. O. M.* 23, 1902 S. 2
491. **Thuring,** radiation pyrometer. *J. Frankl.* 165, 1908 p. 363.
* 492. **Töllner,** Temperaturanzeigende Farbe. *Erf.* 28, 1901 S. 422.
493. **Tompson,** Mesuré and Nouel's pyrometer. *Iron A.* 55, 1895 p. 374.
494. **Violle,** la lunette pyrometrique de Féry. *Bull. d'enc.* 106, 1904 p. 933.
* 495. **Waidner a. Burgess.** *Phys. Rev.* 19, 1904 p.
* 496. „ „ *Bullet.* № 2; *Bureau of Standards Washington,* 1905.
497. **Wanner,** photometrische Messung der Strahlung schwarzer Körper. *Ann. d. Phys.* 2, 1900 S. 141.
498. „ photometrisches Pyrometer. *Phys. Z.* 3, 1901 S. 112; *Chem. Z.* 25, S. 1029.
499. „ die Messung hoher Temperaturen. *O. Z. Bergw.* 50, 1902 S. 99.
500. „ Pyrometer für hohe Temperaturen. *Stahl,* 22, 1902 S 207; *Thonind.* 26, S. 779; *Z. ang. Chem.* 15, S. 44; *Portef. éc.* 47, p. 73; *Riga. Ind. Z.* 28, S. 96; *Z. V. d. I.* 46, S. 616; *Горн. Журн.* 1902, стр. 280.
501. „ Pyrometer, Messung hoher Temperaturen mit dem. *Stahl.* 23, 1903 S. 77.

502. **Wanner**, pyrometer. *Eng. min.* 76, 1903 p. 971.
503. „ pyrometer. *Iron A.* 73, 1904, 18/2 p. 24; *O. Z. Bergw.* 52, S. 419.
504. „ Pyrometer. *Bayr. Gew. Bl.* 1906, S. 147.
505. „ „ *J. Gasbel.* 50, 1907, S. 1005; *Z. V. d. I.* 52, S. 156.
506. „ „ *Centr. O. M.* 29, 1908 S. 2.
507. „ das optische Pyrometer für 625—1000° C. *Electroch. Z.* 15, 1908 S. 106; *Bayr. Gew. Bl.* 1908 S. 26.
508. **Ваннеръ**, новый пирометръ. *Горн. Ж.* 1902, 4, стр. 280.
509. **Wedding**, selbstverzeichnende Pyrometer. *Stahl*, 22, 1902 S. 1309.
510. **White and Taylor**, colour temperatures. *J. Gas. L.* 74, 1899 p. 1549.
511. **Wien**, eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie. *Sitz. B. Preuss. Ak.* 1893, S. 55.
* 512. „ *Ann. d. Phys.* 52, 1894 S. 132.
513. **Wien u. Lummer**, Methode zur Prüfung des Strahlungsgesetzes absolut schwarzer Körper. *Ann. d. Phys.* 56, 1895 S. 451.
514. **Wilson a. Gray**, effective temperature of the sun. *Phil. Trans.* 185 A, 1894 p. 361.
515. **Wolfmann**, das Wannersche Pyrometer. *Sitz. B. V. Bef. Gew.* 1902 S. 143.
* 516. Optische Messung hoher Temperaturen. *Naturf.* 14, 1881 S. 232.
517. The optical pyrometer. *Canad. Mag.* 17, 1889 p. 298.
* 518. *Зап. И. Р. Т. О.* 1889, III.
* 519. *Техн. Сб.* 1891, стр. 482.
520. Optische Pyrometer. *Z. Heiz.* 7, 1902 S. 103.
521. Nouveau pyromètre à radiations thermiques. *Ind. él.* 13, 1904 p. 253.
522. Pyrometer. *Thonind.* 29, 1905 S. 993.
* 523. Optische Pyrometer. *Z. Beleucht.* 12, 1906 S. 164.
524. Optical pyrometry. *Engng.* 83, 1907 p. 323; 84, p. 345, 539.
525. Optical pyromers for temperatures above 600° C. *Iron & Coal.* 76, 1908 p. 1696.
Кромѣ того №№ 130, 353.

Термоэлектрическіе приборы.

526. **d'Arsonval**, mesure des températures par l'éléctricité. *Lum. él.* 5, 1881 p. 40; *Maschinenb.* 15, S. 384; *Z. Instr.* 1, S. 90.
527. **Aten**, Anwendung des Heraeus Thermometer. *Z. phys. Chem.* 1907 S. 66, 643.
528. **Байковъ**, о контактныхъ явленіяхъ въ пламени. *Изв. СПБ. Пол. И.* II, 1—2, 1904, стр. 137.
529. **Baikoff**, Pyrometer. *Sprechs.* 37, 1904 S. 1912; *Thonind.* 28, S. 1671; *Chem. Z.* 28, S. 1107; *Z. anorg. Chem.* 38, S. 161.

530. **Ballois**, pyromètres thermo-électriques. *Eclair. él.* 48, 1906 p. 372.
531. **Barus**, die physikalische Behandlung und Messung hoher Temperaturen. Leipzig 1892.
532. „ Messung hoher Temperaturen. *Phys. Rev.* 2, 1892 p. 295; *Phil. Mag.* (5) 34, 1892, p. 1, 376.
533. **Becker**, das Le Chatelier-Pyrometer in seiner Quarzglasmontierung. *J. Gasb.* 1907 S. 895.
534. **Bequerell's**, electrisches Thermometer. *Thonind.* 5, 1881 S. 283.
535. „ thermométre électrique. *Electr.* 2, 22, 1901 p. 389.
536. **Berkenbusch**, Messung von Flammentemperaturen durch Thermoelemente. *Ann. d. Phys.* 67, 1899 S. 649.
537. **Braun & Co.**, Verbesserungen an electrischen Pyrometern. *Thonind.* 32. 1908 S. 102.
538. **Bristol**, thermometer-thermostat. *Eng. min.* 77, 1904 p. 889; *Street. R* 23, p. 871; *Eng. News.* 51, p. 514.
539. „ low resistance thermoelectric pyrometer and compensator. *El. Rev. N. Y.* 48, 1906 p 732; *J. Nav. Eng.* 18, p. 636; *Sc. Am.* 94, p. 415; *Iron A.* 77; p. 1610; *Eng. News.* 55, p. 159; *Foundry* 28, p. 252; *Iron & Coal.* 72, p. 2039.
540. „ electric pyrometer. *Iron A.* 83, 1909, p. 625.
541. **Bunte**, Le Chatelier Pyrometer. *J. Gasb. Wass.* 39, 1886 S. 382.
542. **Charpy**, étude sur la trempe de l'acier. *Bull. d'enc* 4, 10, 1895 p. 666.
543. **Chauvier et Arnoux**, pyromètres thermoélectriques industriels. *Electricien*, 35, 1908 p. 51; *Mechan.* 16, S. 158.
544. **Crompton & Co.** electric pyrometer. *Electr.* 56, 1906 p. 808.
* 545. **Damour**, *Bull. d. l'Ass. de l'Ecole de mines.* 1889, III.
546. **Day & Allen**, temperature measurements to 1600°. *Phys. Rev.* 19, 1904 p. 177.
547. **De Grahl**, Temperaturmessungen auf electrischem Wege. *Z. Dampfk.* 27, 1904 S. 59.
548. „ Verbrennungsverluste und endotherme Reaktionen. *Z. Dampfk.* 30, 1907, S. 237.
549. **Dewar and Fleming**, thermoelectrie power of metals and alloys between —200° and +100° C. *Phil. Mag.* 40, 1895 p. 95.
550. **Dewar**, low temperature investigations. *Chem. News.* 91, 1905 p. 216.
551. „ thermo-electric determination of the lowest tempratures. *Proc. Roy. Soc.* 76. 1905 p. 316; *Chem. News.* 92 p. 169.
552. **Guillaume**, mesure des températures par les procédés électriques. *Lum. él.* 28, 1888 p. 201, 312, 499.
* 553. **Harris**, electric pyrometers for manufacturing processes. *El. Mag.* 9, 1908 p. 275.
* 554. **Hartmann u. Braun**, Temperatur-Fernmessapparate. *El. Anz.* 16, 1899 S. 2491.

555. **Hartmann u. Braun**, elektrische Temperaturmessapparate. *Erf.* 31, 1904 S. 305.
556. **Hausrath**, Messung kleiner Temperaturdifferenzen mit Thermoelementen. *Ann d. Phys.* 17, 1905 S. 735.
557. **Hecht**, Temperaturbestimmung mit dem Thermoelement. *CBl.Glas.* 11, 1896, S. 311; *Prom.* 8, S. 74.
558. **Heraeus**, Thermoelemente. *Z. ang. Chem.* 8, 1895 S. 430.
559. „ Bestimmung der Schmelztemperaturen von Gussmetallen. *Giess. Z.* 1, 1904 S. 45; *Z. Dampfk.* 27, S. 210; *El. Rev. N. Y.* 45, p. 936.
560. „ zur Messung höherer Temperaturen. *Chem. Z.* 29, 1905 S. 48.
561. **Heraeus und Keiser & Schmidt**, Pyrometer. *Z. Instr.* 15, 1895 S. 373.
562. **Hirschson**, neue elektrische Pyrometer. *Eisenz.* 26, 1905 S. 583; *Chem. Z.* 29, S. 185.
563. „ registrierende Galvanometer für pyrometrische Zwecke. *Chem. Z.* 30, 1906 S. 1093; *Z. Dampfk.* 29, S. 249.
564. **Holborn**, Messungen mit dem Le Chatelier Thermoelement. *Z. V. d. I.* 41, 1897 S. 226.
565. **Holborn u. Wien**, Messung hoher Temperaturen. *Ann. d. Phys* 56, 1895 S. 360.
* 566. **Howe**, *Eng. min.* 50, 1890 p. 426.
566. **Keiser**, ein neues Pyrometer. *Chem. CBl.* 3, 18, 1887 S. 1335; *Am. Chem. J.* 9, p. 296.
568. **Küch u. Retschinsky**, Temperaturmessungen im Quecksilberlichtbogen der Quarzlampe. *Ann. d. Phys.* 22, 1907 S. 595.
569. **Küpper's** Pyrometer. *Giess. Z.* 2, 1905 S. 158.
570. **Курнаковъ**, новая форма регистрирующаго пирометра. *Изв. СПБ. П. И.* I, 1—3. 1904 стр. 138; *Z. anorg. Chem.* 42, S. 184.
571. **Lake**, electric furnaces used in treating steel. *Am. Mach* 31, 2, 1908 p. 234.
572. **Lambert**, the pyrometric installation in the gun section Woolwich. *Iron & Steel I.* 76, 1908 p. 109.
573. **Ladenburg u. Krügel**, Messung tiefer Temperaturen. *Ber. Chem. G.* 32, 1899 S. 1818.
574. **Le Chatelier**, pyromètre thermoélectrique. *C r.* 102, 1886 p. 819.
575. „ Messung hoher Temperaturen durch Thermoelemente. *Beibl.* 11, 1887, S. 351.
576. „ les couples thermoélectriques. *Gén. civ.* 10, 1887, p 291; *C. r.* 104, p. 1443; *J. d. phys.* 6, p. 23; *Lum. él.* 24, p. 71; *Engng.* 43, p. 239.
577. „ thermoelektrisches Pyrometer. *Berg. Z.* 51, 1892 S. 277.
578. „ mesure des températures développées dans les foyers industriels. *Bull. d'enc.* 91, 1892 p. 276; *Chem. Z. Rep.* 16, S. 111.

579. **Le Chatelier**, Pyrometer. *Berg. Z.* 55, 1896 S. 344.
580. „ Erfahrungen mit dem —Pyrometer. *Dingl.* 307, 1898 S. 19.
581. „ Pyrometer. *Uhl. W. T.* 1900, 3, S. 30.
* 582. „ pyrometer. *West. Electr.* 31, 1903 p. 94.
583. „ Gebrauch des—Pyrometer. *Z. Heiz* 7, 1902 S. 127.
584. „ nouveaux pyromètres thermo-électriques industriels. *Ind. él.* 15, 1906 p. 228; *Brick.* 24. p. 13.
585. **Lewis**, new form of recording apparatus. *Chem. Ind.* 21, 1902 p. 844.
586. **Lowth Bell**, application of the Le Chatelier pyrometer for blast furnaces. *Iron*, 40, 1892 p. 445.
587. **Marguerre**, Versuche an Dampfturbinen. *Z. V. d. I.* 52, 1908 S. 1347.
888. **Lommuir and Swinden**, the Bristol recording pyrometer. *Iron & Steel I.* 1, 1909 p. 444.
* 589. **Meissner**, über eine Fehlerquelle bei thermoelektrischen Messungen. *Wien. Ak. Ber.* 115, II a, 1906 S. 847.
590. **Meslin**, une forme de thermomètre électrique. *Electr.* 23, 1902 p. 196; *Rev. ind.* 33, p. 109; *C. r.* 134, p. 412.
591. **Miller**, heat variations in hot processes and means for its determination. *Am. Mach.* 31, 2, 1908 p. 395.
592. **Moldenke**, melting point of cast iron. *Iron A.* 62, 1898 № 16 p. 7; *Engng.* 67, 1899 p. 330.
* 593. **Munnoch**, Le Chatelier pyrometer. *Am Electr.* 11, 1899 p. 112.
* 594. **Northrup**, measurement of temperature by electrical means. *Proc. El. Eng.* 25, 1906 p. 219; *El. World* 47, p. 1191.
* 595. „ electrical methods of measuring temperatures. *Eng. Rec.* 54, 1906 p. 394.
596. „ direct-reading electric thermometer. *Electroch. Ind.* 4, 1906 p. 286.
597. **Offerhaus and Fischer**, cold-junction temperature corrections. *Electroch. Ind.* 6, 1908 p. 362.
598. **Palmer**, thermoelectric determination of temperatures 0°—200° C. *Phys. Rev.* 21, 1905 p. 65.
599. **Pecheux**, détermination à l'aide de pyromètres thermo-électriques des points de fusion des alliages de l'aluminium. *C. r.* 143, 1906 p. 397.
600. „ mesure des températures élevées à l'aide des couples thermo-électriques. *Lum. él.* 2, 1, 1908 p. 299.
* 601. **Pellat**, mèthode à évaluer les très basses températures. *Ind. él.* 11, 1902 p. 14.
602. **Pfeiffer**, Handhabung des Le Chatelier Pyrometers. *Z. ang. Chem.* 14, 1901 S. 390; *Mitth. Dampfk.* 24, S. 301.
603. **Pillier**, nouveaux pyromètres thermoélectriques industriels. *Bull. Soc. él.* 6, 1906 p. 183.
604. **„Queen“**, electrical pyrometer. *Eng. min.* 73, 1902 p. 80.

605. **Quincke**, Temperaturbestimmungen mit Thermoelementen. *Z.V.d.I.* 40, 1906, S. 101.

606. **Ramakers**, measurement of high temperatures. *El. Rev. N. Y.* 46, 1905 p. 780; *Sc. Am.* 92, p. 427.

607. **Roberts-Austen**, use of the Le Chatelier pyrometer. *Iron & Steel I.* 1891 p. 90; *Proc. Inst. M. Eng.* p. 543.

608. „ „ measurement of high temperatures. *Proc. Civ. Eng.* 110, 1892. p. 152; *Iron.* 40, p. 268.

* 609. „ „ *Chem. Ind.* 16, 1896 p. 1.

610. „ „ recording pyrometer for industrial use. *Chem. Ind.* 16, 1897 p. 5; *Proc. Inst. M Eng.* 1897 p.

* 611. **Rosset**, Messung hoher Temperatur in den elektrischen Laboratorien. *CBl. Akkum.* 6, 1905 S. 23.

612. **Russner**, Le Chatelier Pyrometer. *Z. Oest. I. V.* 49, 1897 S. 9.

613. **Sauveur and Whiting**, detection of the finishing temperatures of steel rails. *Railr. G.* 1903 p. 587.

614. **Schuyler B. Serviss**, the internal temperature gradient of metals. *Am. Journ.* 4, 24, 1907 p. 451.

615. **Siemens & Halske**, thermoelektrischer Apparat für Temperaturen bis 600°C. *ETZ.* 1881 S. 246; *Electr.* 7, 1881 p. 221.

616. „ „ thermoelektrischer Messapparat bis 600° C. *Maschinenb.* 19, 1884 S. 232.

617. „ „ Pyrometer. *Centr. O. M.* 20, 1899 S. 76; *Uhl. W. T.* 1899, 3, S. 6.

618. „ „ ein registrierendes Pyrometer. *Z. Instr.* 24, 1904. S. 350; *Iron & Coal.* 68, p. 41.

619. **Сименсъ и Гальске**, пирометръ. *Общед. Техн.* 1899 стр. 92.

620. **Stansfield**, improvements in the thermoelectric pyrometers. *Phil. Mag.* 46, 1898, p. 59.

621. **Thuring**, electric pyrometers. *Iron A.* 1907 p. 304.

622. **Waggener**, Messung von Flammentemperaturen durch Thermoelemente. *Ann. d. Phys.* 58, 1896 S. 579.

* 623. **Waldo**, electrical measurement of furnace temperatures. *El. Rev. N. Y.* 38, 1901 p. 82.

624. **Wedding**, Anwendung des Le Chatelier-Heraeus-Pyrometer. *Stahl.* 16, 1896 S. 660.

625. „ Bestimmung der Temperatur von Metallbädern mit dem Pyrometer von Le Chatelier. *Glückauf.* 34, 1898 S. 394.

626. „ Vorführung des Le Chatelier-Heraeus-Pypometer in Metallbädern. *Verh. V. Gew. Sitz. B.* 77, 1898 S. 106.

627. **White**, Konstanz von Thermoelementen. *Z. Instr.* 27, 1907 S. 259; *Phys. Rev.* 23, 1906 p. 449.

628. **Wien**, Thermoelement Platinrhodium. *Chem. Ind.* 18, 1895 S. 214.
629. **Wolff**, Feussner's Kompensationsapparat. *Z. Instr.* 21, 1901 S. 227.
630. **Zehnders** Pyrograph. *Masch. Constr.* 253, 1882 S. 188.
631. **Zeleny**, galvanometer scale for the direct reading of temperatures. *Phys. Rev.* 27, 1908 p. 141.
932. Temperaturmessungen im elektrischen Rohrofen. *J. Gasbel.* 39, 1896 S. 833.
633. Messung hoher Temperaturen. *Dingl.* 305, 1897 S. 39.
634. Thermoelement für sehr tiefe Temperaturen. *Dingl.* 304. 1897 S. 57.
635. Elektrische Temperatur-Messapparate. *Glückauf.* 36, 1900 S. 118.
* 636. Measurement of temperature by electrical means. *Chem. News.* 86, 1902 p. 273.
* 637. Elektrische Temperatur-Messapparate. *Centr.O.M.* 25, 1904 S. 74.
* 638. Thermoelektrische Pyrometer. *Turb.* 1905 S. 282.
639. Thermoelektrische Pyrometer. *Thonind* 29, 1905. S. 993.
* 640. Electrical pyrometers. *Iron & Coal.* 72, 1906, p. 1861.
* 641. Recent electric pyrometer applications. *El. Rev.* 59, 1906 p. 198.
* 642. An electric recording pyrometer. *El. World.* 48, 1906 p. 929.
643. Thermoelektrisches Pyrometer mit kompensiertem Element. *ETZ*, 1907 S. 155.
644. Thätigkeit der Reichsanstalt für 1906. *Z. Instr.* 27, 1907, S. 109.
645. Thätigkeit der Reichsanstalt für 1907. *Z. Instr.* 28, 1908, S. 174.
* 646. *Eng. Mag.* 1909 p. 174
Кромѣ того №№ 99, 101, 130, 133, 135, 136, 139, 141, 149, 156, 284, 369, 442, 448, 458, 466, 486, 490, 509, 517.

Приборы съ измѣненіемъ электрическаго сопротивленія.

647. **Barnes and McIntosh**, platinum thermometer. *Phil. Mag.* 6, 1903 p. 550.
648. **Braun**, das elektrische Pyrometer. *CBl. Electr.* 10, 1888 S. 898; *ETZ.* 9, S. 421; *Z. phys. Chem.* 2, S. 976; *Lum. él.* 30, p. 65.
649. „ über ein elektrisches Pyrometer. *Z. Instr.* 9, 1889 S. 150; *Dampf.* 6, S. 808.
650. „ Widerstand-Pyrometer. *Töpfer. Z.* 33, 1892 S. 302; *Rig. Ind. Z.* 18, S. 7.
651. **Brown**, pyrometer. *Iron A.* 63, 1899, № 6—4, p. 10.
652. **Bruger**, registrierendes elektrisches Widerstandsthermometer. *Phys.Z.* 7, 1906 S. 775; *ETZ.* 27, S. 531.
653. **Callendar**, mesure des températures par les variations de résistance. *Lum. él.* 23, 1887 p. 78
654. „ construction of platinum thermometers. *Phil. Mag.* 32, 1891 p. 104.

655. **Callendar**, melting point of gold and silver. *Phil. Mag.* 33, 1892 p. 220; *Iron*, 39, p. 489; *Engng.* 53, p. 762; *Z. Instr.* 12, S. 213.
656. „ pyromètre électrique. *Lum. él.* 44, 1892 p. 73.
657. „ practical thermometric standard. *Phil. Mag.* 48, 1899 p. 519, *El. Eng. L.* 24, p. 465; *Z. Instr.* 19, S. 184.
658. „ recorder and platinum thermometer. *Engng.* 67, 1899 p. 675.
* 659. „ *Proc. Roy. Inst* 16, 1901.
660. „ indicator for platinum thermometer. *Engng.* 72, 1901 p. 644.
661. „ tragbare Schaltung für Platinthermometer. *Z. Instr.* 22, 1902 S. 164.
662. „ electrical methods of measuring temperature. *Engng.* 77, 1904 p. 402.
663. **Callendar & Griffiths**, determination of the boiling point of sulphur. *Proc Roy. Soc.* 49 1891 p. 56.
664. „ „ thermomètres à platine. *Bull. Soc. él.* 16, 1899 p. 410.
* 665. „ „ pyrometer. *Iron & Coal.* 69, 1904 p. 1958.
666 **Campbell**, direct reading resistance thermometers. *Phil. Mag.* 9, 1905 p. 713.
* 667. **Chappuis et Harker**. *Trav. Mém. Bureau. int. d. P. et. M.* 12, 1900 p. 18.
668. **Chree**, investigations on platinum thermometry. *Proc. Roy. Soc.* 67, 1901 p. 3.
* 669. **Crompton's** direct reading pyrometer. *Mar. Eng.* 27, 1905 p. 289.
670. **Darwin**, Alarmvorrichtung für hohe oder niedrige Temperaturen. *El. Anz.* 22, 1905 S. 1285; *Engng.* 79 p. 329.
671. **Dewar**, electric resistance thermometry at the temperature of boiling hydrogen. *Proc. Roy. Soc.* 73, 1904 p. 244.
672. **Edward Brown & Son**, a new electric pyrometer. *Clay Worker.* 50, 1908 p. 272; *Brick.* 29, p. 443; *Iron A.* 82, p. 846.
673. **Fory**, comparison of platinum thermometers. *Phil. Mag.* 50, 1900 p. 421; *Elclair. él.* 24, p. 80.
* 674. **Garden's** electrical thermometer for determining temperatures at a distance. *Nat. The*, 23, 1881 p. 464.
675. **Haagen**, ein neues Quarzglas-Widerstandsthermometer. *Z. ang. Chem.* 20, 1907 S. 565.
676. **Hartmann & Braun**, ein neues Pyrometer. *Thonind.* 15, 1888 S. 29.
677. „ „ elektrisches Pyrometer. *Stahl.* 12. 1892 S. 656.
678. „ „ Pyrometer. *Neuzeit.* 2, 1893 S. 445.
* 679. „ „ elektrisches Widerstandsthermometer. *Schw. Elektrot.-Z.* 5, 1908 S. 133.
680. **Heraeus**, Temperaturmessungen. *Dampfk. Masch.* 30, 1907 S. 308.

* 681. **Heycock and Neville**, *J. Chem. Soc.* 1890 p.
682. **Hoadley**, the platinum-wire pyrometer. *Chem. News.* 47, 1883 p. 171.
683. **Holborn u. Henning**, Platinthermometer. *Ann. d. Phys.* 26, 1908 S. 833.
684. **Jäger**, Empfindlichkeit der Widerstandsthermometer. *Z. Instr.* 26, 1906 S. 278.
* 685. **Jäger u. Steinwehr**, *D. phys. Ges.* 1903 S. 353.
686. „ „ Erhöhung der kalorimetrischen Messgenauigkeit durch Anwendung von Platinthermometern. *Z. Instr.* 24, 1904 S. 28; *Beibl. Chem. Z.* 1905, S. 744.
687. „ „ Anwendung des Platinthermometers bei kalorimetrischen Messungen. *Z. Instr.* 26, 1906 S. 237.
* 688. **Kammerlingh-Onnes**, Vergleich des Platin-Thermometers mit dem H-Thermometer und dem Goldwiderstandsthermometer. *Beibl.* 1907 S. 772.
689. **Krellsen**, Empfindlichkeit der Thermometer. *Z. Heiz.* 11, 1906 S. 33.
690. **Maercks**, Feuerungskontrolle und Dampfkesseluntersuchung. *Z. V.d.I.* 53, 1909 S. 121.
691. **Meilink**, Vergleich des Widerstandes von Gold- und Platindraht. *Z. kompr. G.* 9, 1906 S. 163.
692. **Mendenhall**, differential resistance thermometer. *Phil. Mag.* 5, 2, 1885 p. 384; *Am. Journ.* 3, 30, 1885 p. 114; *Beibl.* 1, 1886 S. 11; *Chem. News*, 1886 p. 293.
693. **Meyer**, Bestimmung tiefer Temperaturen. *Elektroch. Z.* 5, 1898 S. 6.
694. **Montpellier**, thermomètres et pyromètres de Hartmann & Braun. *Electr.* 20, 1900 p. 97.
* 695. **Priestley**, *Inst. of Publ. Health Congress.* 1901.
696. **Pulyj**, Telethermometer. *Wien. Ak. Ber.* 98, 1891 S. 1502.
* 697. **Rosenhain**, *Electro-Chemist and Metallurgist*, v. 1, 1901.
698. **Shaw**, appareil mesurant la température par la variation de la résistance électrique. *Lum.él.* 30, 1888 p. 79; *Electr.* 21, p. 667.
699. **Siemens**, pyromètre électrique. *Ann. ind.* 14, 1, 1882 p. 372.
700. **Spohr**, Abänderung des Siemens'schen Pyrometers. *Dingl.* 257, 1885 S. 315.
701. **Thiesen**, Platinthermometer. *Z. Instr.* 23, 1903 S. 363.
702. **Travers u. Groyer**, Vergleich des Platinthermometers mit dem Normalthermometer zwischen —190° und +440°. *Z. phys. Chem.* 52, 1905 S. 437; *Proc. Roy. Soc.* 74, p. 528; *Z. kompr. G.* 9, S. 43.
* 703. **Wade**, *Survey Dept. Cairo.* 1905.
* 704. **Waidner and Mallory**, *Phys. Rev.* 8, 1899 p.
705. **Whipple**, temperature indicator. *Sc. Am.* 87, 1902 p. 69.
* 706. „ *Proc. Clev. Inst. Eng.* Dec. 1904.
707. „ resistance and radiation pyrometers. *Electroch. Ind.* 4, 1906, p. 438.
708. Adjustable electrical thermometer. *Iron*, 23, 1884 p. 246.

709. Widerstandspyrometer. *Erf.* 17, 1891 S. 62.
* 710. Elektrische Pyrometer und Telethermometer. *Sprechs.* 1892 S. 89.
711. Electrical pyrometers. *Electr.* 52, 1903 p. 100.
712. Electrical methods of measuring temperature. *Engng.* 77, 1904 p. 370.

Кромѣ того №№ 99, 110, 112, 116, 133, 139, 140, 141, 156, 230, 335, 442, 458, 466, 547, 555, 565, 594, 635, 640, 644, 645.

Приборы, показывающіе на разстояніи.

713. **Advance** alarm pyrometer. *Iron A.* 82, 1908 p. 1375.
714. **Chenut**, téléthermomètre du Théâtre de la Monnaie. *Electr.* 8, 1884 p. 535; *Ingén.* 7, p. 23.
715. **Berthelot**, sur les points de fusion de l'argent et de l'or *C. r.* 126, 1898 p. 473.
716. **Blanche's** Apparat zur selbsthätigen Meldung bestimmter Temperaturen. *Chem. Ztg.* 8, 1884 S. 692; *Ann. f. Gew.* 14, S. 168.
717. **Ferrini**, Distanzindikator für Temperaturen. *Z. Instr.* 2, 1882 S. 41.
718. **Grummach**, ein elektrisches Contaktthermometer. *Z. Instr.* 9, 1889 S. 296.
719. **Hartl**, neue Ferntherm ometer. *Z. V. d. I.* 35, 1891 S. 1399.
720. **Marmor**, les thermomètres avertisseurs d'Eon. *Cosm.* 42, 1900 p. 421.
721. **Marting**, Fern- und Signal-Thermometer. *El. Anz.* 23, 1906 S. 1.
722. **Meyer**, elektrische Telethermometer. *El. Anz.* 14, 1897 S. 1358.
723. **Moennich**, der Fernmessinductor. *Z. Instr.* 9, 1889 S. 122; *ETZ.* 10, S. 278; *Hopfen. Z.* 29, S. 2280; *CBl. Bauw.* 11, 1890 S. 21.
724. **Recknagel**, Fernmess- und Fernstellvorrichtungen für Heizungsanlagen. *Gesundh. Ing.* 31, 1908 S. 83.
725. **Richard**, thermomètres avertisseurs métalliques. *Nat.* 32, 2, 1904 p. 363.
726. **Schultze**, Fernmessthermometer. *Uhl. W. T.* 1896 2, S. 68.
727. **Ubrig's** Ferntherm ometer. *Verh. V. Gew. Sitz. B.* 1889 S. 234.
* 728. **Standard**, thermometer Co. Telemeter system. *Sc. Am.* 1889 p, 63; *El. World.* 14, p. 199.
729. **Ward's** distance thermometer. *Iron A.* 48, 1890 p. 159.
730. Das elektrische Ferntherm ometer für Centralheizung. *Z. Blechind.* 16, 1887 S. 441; *Gesundh. Ing.* 10, S. 378.
731. Indecateur de température à distance. *Gén. civ.* 37, 1900 p. 222.
732. Elektrische Ferntherm ometer. *Schw. Elektrot. Z.* 5, 1908 S. 616.

Кромѣ того №№ 555, 630, 696, 710.

Провѣрка, калибровка и градуировка.

733. **Angot**, graduation des thermomètres à alcohol. *J. d. phys.* 10, 1890 p. 399.

* 734. **Barus**, *Am. Journ.* 48, 1894 p. 332.

735. **Berthelot**, graduation des couples thermoélectriques. *C. r.* 134, 1902 p. 983.

736. **Brown**, calibration of thermometers. *Nostr. M.* 29, 1883 p. 1.

737. **Callendar and Quain**, platinum thermometry. *Phil. Mag.* 47, 1899 p. 191.

738. **Crafts**, use of thermometers with particular reference to the determination of melting and boiling points. *Chem. News.* 48, 1883 p. 286; 49, 1884, p. 6, 15; *Chem. J.* 5, 1883 p. 107. *Bull. Soc. chim.* 39, 1883 p. 196, 277.

739. **Дементьевъ**, полученіе высокихъ температуръ въ лабораторіяхъ. *Физ. Обозр.* 7, 1906 стр. 252.

740. **Galitzine**, über das Dalton'sche Gesetz. *Ann. d. Phys.* 41, 1890 S. 588.

741. **Griffiths**, determination of some boiling and freezing points by means of the platinum thermometer. *Proc. Roy. Soc.* 48, 1891 p. 220; *Phil. Trans. A.* 182; 1891 p. 43.

* 742. „ *Nature*, 1895.

* 743. **Grützmacher**, *Wiss. Abh. d. Phys.-T. Reichsanstalt.* 3, 1900 S. 248.

744. „ neuere Thermostaten. *Mech. Z.* 1902 S. 184.

745. **Guillaume**, la précision atteinte dans la mesure des températures. *Lum. él.* 35, 1891 p. 88.

746. **Guttmann**, determination of melting points at low temperatures. *J. Chem. Soc.* 87, 1905 p. 1037.

747. **Heycock and Neville**, platinum resistance pyrometers. *J. Chem. Soc.* 1895 p. 160, 1024.

748. **Holborn**, Platinwiderstände und Petroläthertherthermometer. *Ann. d. Phys.* 4, 6, 1901 S. 242, 255.

749. **Holman**, calibrating thermometers. *Am. Journ.* 3, 23, 1882 p. 278; *Phil. Mag.* 5, 14, 1882 p. 294.

* 750. **Jäger u. Gumilch**, *Wiss. Abh. d. Phys.-T. Reichsanstalt* 1, 1894 S. 83.

* 751. **Jäger u. Diesselhorst**, „ „ „ „ 3, 1900 S. 305.

752. **Johnson**, new apparatus to determine the melting points of slags. *Electroch. Ind.* 4, 1906 p. 262.

753. **Kammerlingh - Onnes**, Kryostat für Temperaturen unter —210° C. *Z. Instr.* 27, 1907 S. 254; *Comm. Phys. Lab. Leid* 1905.

754. **Ladenburg u. Krügl**, Messung tiefer Temperaturen. *Ber. Chem. G.* 33, 1900 S. 637.

755. **Lindeck u. Rothe**, die Prüfung von Thermoelementen für hohe Temperaturen. *Z. Instr.* 20, 1900 S. 285.

756. **Mahlke**, Thermometervergleichungsapparat für Temperaturen zwischen 250—600° C. *Z. Instr.* 14, 1894 S. 73.

757. **Marie et Marquis**, thermostat électrique (Berlemont). *Cosm.* 1903, 1, p. 387; *Dingl.* 318, S. 494.

758. **Meyerhoffer u. Sanders**, Fixpunkt für Thermometer, Glaubersaltz und Chlornatrium. *Z. phys. Chem.* 27, 1898 S. 367.

759. **Mills**, melting and boiling point as related to chemical composition. *Phil. Mag.* 5, 17, 1884 p. 173.

760. **Pickering**, calibration and standardizing of mercurial thermometers. *Phil. Mag.* 5, 21, 1886 p. 180.

761. **Pomplun**, Vergleichung von Thermometern in Temperaturen über 40° C. *Z. Instr.* 11, 1891 S. 1.

762. **Richards**, Umwandlungstemperatur des Natriumsulfats. *Z. phys. Chem.* 26, 1898 S. 690; *Chem. News*, 78, p 229; *Am. Journ.* 6, p. 201.

763. **Richards and Churchill**, use of the transition temperatures of complex systems as fixed points. *Chem. News.* 79, 1899 p. 149; *Z. phys. Chem.* 28, S. 313.

764. **Richards u. Jackson**, neue Methode der Eichung von Thermometern unter 0°. *Z. phys. Chem.* 56, 1906 S. 362.

765. **Richards u. Wells**, Umwandlungstemperatur des Natriumsulfats. *Z. phys Chem.* 43, 1903 S. 465.

766. „ „ Umwandlungstemperatur des Natriumbromids. *Z. phys. Chem.* 56, 1906 S. 348.

767. **Rose-Innes**, Kelvin's absolute methode of graduating a thermometer. *Phil. Mag.* 45, 1898 p. 227.

768. **Rothe**, Thermostat mit elektrischer Heizvorrichtung bis 500° C. *Z. Instr.* 19, 1899 S. 143.

769. „ Thermostat für tiefe Temperaturen. *Z. Instr.* 22, 1902 S. 14.

* 770. **Rücker**, calibration of mercurial thermometers. *Chem. News.* 46, 1882 p. 142.

* 771. **Russel, Neumann**, calibrating thermometers. *Am. Journ.* 3, 21, 1881 p. 373.

* 772. **Schreiber**, zür Prüfung der Thermometer unter dem Eispunkte. *Z. Instr.* 8, 1888 S. 206; *Beibl.* 13. 1889 S. 70.

* 773. **Thiesen, Scheel u. Sell.** *Wiss. Abh. d. P.-T. Reichsanstalt.* 2, 1895 S. 12.

774. **Walter**, Gefäss zur Vergleichung von Thermometern bei beliebigen Temperaturen. *Z. Instr.* 12, 1892 S. 342.

775. **Watson**, instrument for the comparison of thermometers. *Phil. Mag.* 44, 1897 p. 116.

776. **Ваттсъ**, температура кипѣнія металловъ. *Физ. Обозр.* 9, 1908 стр. 174.

777. **Whipple**, verification of thermometers. *Phil. Mag.* 5, 21, 1886 p. 27.

* 778. „ Verification der Thermometer bei dem Gefrierpunkt des Quecksilbers. *Beibl.* 11, 1887 S. 813.

779. **Wiebe**, amtliche Prüfung von Thermometern. *Z. Instr.* 1, 1886 S. 22.
* 780. „ amtliche Prüfung von Thermometern. *Chem. Z.* 15, 1890 S. 66.
781. „ amtliche Prüfung von Thermometern. *Z. anal. Chem* 30, 1891 S. 1.
782. „ über die Spannungskraft des Wasserdampfs in Temparaturen 82°—100°. *Z. Instr.* 13, 1893 S. 329.
* 783. **Wild**. *Mélanges phys et chim. VIII*, St. Petersbourg, 1893 p. 263.
784. **Witt**, chemische Apparate. *Ber. d. Chem. G.* 1893 S. 1696.
* 785. Verification of thermometers. *Man. Build.* 12, 1880 p. 183.
* 786. Gefahren von einem unrichtigen Thermometer, Prüfung. *Brenn. Z.* 9, 1880 S. 16.
* 787. Justirung von Quecksilberthermometern. *Hopfen-Z.* 23, 1883 S. 86.
* 788. Controle der Thermometer. *Hopfen-Z.* 23, 1883 S. 875.
* 789. Controle des Thermometers. *Z. Spiritusind.* 6, 1883 S. 852.
* 790. Prüfung der Thermometer. *Brenn. Z.* 13, 1884 S. 68, 102; *Hopfen-Z.* 24, S. 922.
* 791. Prüfung von Thermometern in der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Commission. *Hopfen-Z* 25, 1885 S. 1468.
792. Wärmeregler für Aichämter. *Dingl.* 262, 1886 S. 218.
793. Bestimmung für die Prüfung und Beglaubigung der Thermometer. *Z. Instr.* 8, 1888 S. 25.
* 794. Prüfung von Thermometern. *Z. Rübenz.* 22, 1888 S. 47.
* 795. Zur Prüfung von Glasthermometern. *Chem. Z.* 12, 1888 S. 1521; *Ind Z.* 30, S. 27.
796. Amtliche Prüfung von Thermometern. *Z. Instr.* 8, 1888 S. 27.
* 797. Amtliche Prüfung und Beglaubigung von Thermometern. *Hopfen.-Z.* 28, 1888 S. 2151.
* 798. Prüfung und Beglaubigung von Thermometern durch die Physikalisch-Technische Reishsanstalt. *Hann. Gew. Bl.* 1888 S. 414.
* 799. Bestimmungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für die Prüfung und Beglaubigung von Thermometern. *Rep. Phys.* 25, 1889 S. 322; *Gesundh.* 14, S. 24.
* 800. Bestimmungen für die Prüfung von Thermometern bei der Sächsischen Prüfungsanstalt. *Rep. Phys.* 26, 1891 S. 171.
801. Prüfungsbestimmungen für Thermometer. *Z. Instr.* 18, 1898 S. 76; *ZBl. f. Deutsch. Reich*, 26, S. 76.
802. Prüfung von Thermometern. *Centr. O. M.* 23, 1902 S. 255.
803. Thätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für 1900. *Z. Instr.* 1901 S. 145.
* 804. Практическіе совѣты къ испытанію термометровъ. *Хим.* 1902 стр. 529.

805. Government standarisation of electrical pyrometers. *El. World.* 44, 1904 p. 20.

806. Die französischen Prüfungsbestimmungen für Thermometer. *Mech. Z.* 1905 S. 170.

807. Die englischen Prüfungsbestimmungen für Thermometer. *Mech. Z.* 1905 S 187.

Кромѣ того №№ 101, 116, 135. 136, 139, 140, 141, 142, 193, 211, 257, 272, 289, 305, 532, 549, 565, 589.