ЛЕКЦИЯ № 7

Исследование фазового равновесия в системе «газ - твердое тело»

К системам «газ-твердое тело» относятся процессы адсорбционной очистки газов, сушки, возгонки, разложения твердых веществ, восстановления оксидов и гетерогенно-каталитические реакции.

на состояние равновесия оказывают влияние три параметра:

- температура;
- давление;
- концентрация.

Способы измерения температуры
Термопары

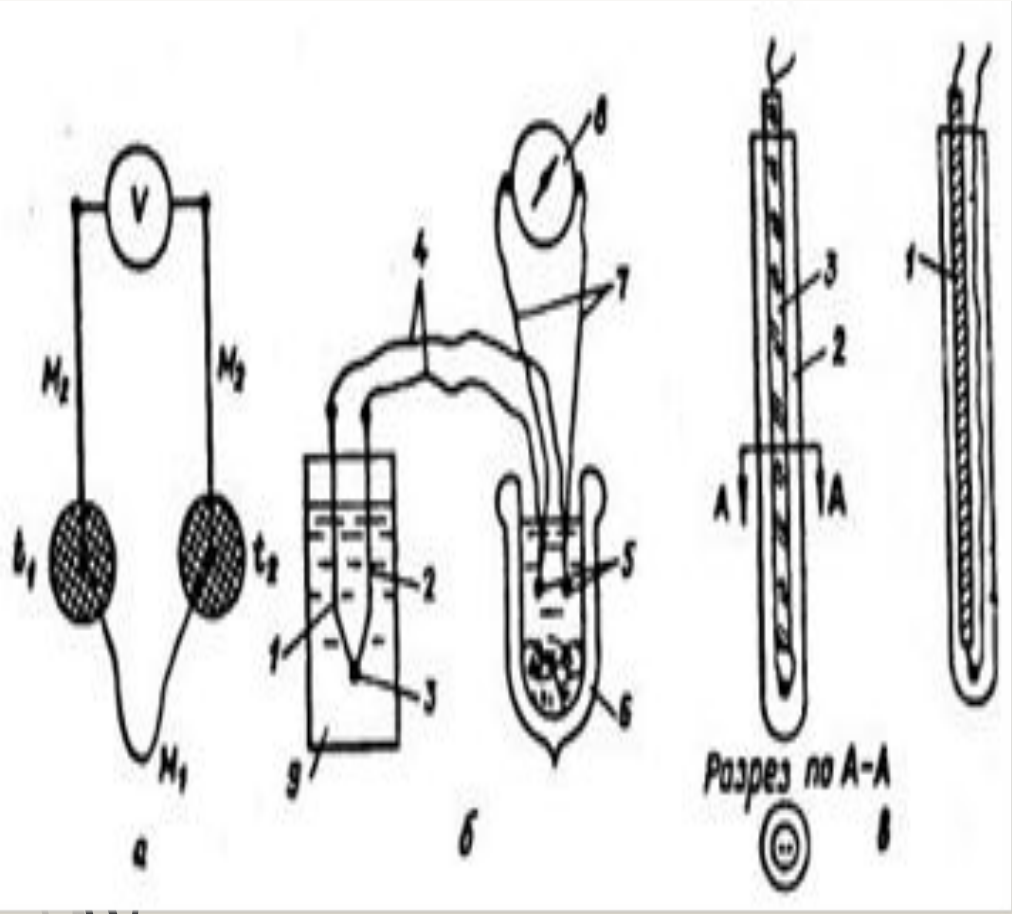


Рис. 1. Схемы действия термопары (а) и измерения температуры с ее помощью (б) и способы зашиты проволок термопар (в)

Рис. 2. Термопара

Таблица 1. Значения т.э.с. термопары Ле Шателье

Температура, ^{0}C	Т.э.с., мВ	Температура, ^{0}C	Т.э.с., мВ	Температура, ^{0} C	Т.э.с. мВ
0	0	550	4,715	950	8,992
100	0,645	600	5,237	1000	9,585
200	1,440	650	5,734	1100	10,754
300	2,323	700	6,274	1200	11,947
350	2,777	750	6,786	1300	13,155
400	3,260	800	7,345	1400	14,368
450	3,730	850	7,872	1500	15,576
500	4,234	900	8,448		

Хромель-алюмелевую термопару применяют при измерении температур от -100 до +1300 °С, а при длительном использовании - только до 900 °С. Хромель - сплав, содержащий 89% Ni, 9-10% Cr, 1% Co, 0,3% Fe и до 0,2% углерода. Алюмель - сплав состава: 94% Ni, 1,8-2,5% A1, 0,85-2,0% Si, 1,8-2,2% Mn и 0,6-1,0% Co.

Медь-константановую термопару применяют при измерении температур от -200 до +400 °С. Константан - сплав на основе меди, содержащий 39-41% Ni и 1-2% Mn. Медь-константановая термопара относится к числу наиболее чувствительных к воздействию температур термоэлементов. Нагревать ее выше 350 °С в атмосфере воздуха не рекомендуется из-за интенсивного окисления меди. Термопару следует помещать либо в инертную, либо в восстановительную атмосферу.

Железо-константановую термопару применяют для измерения температур от -200 до +700 °С и кратковременно до 1000 °С. Выше 700 °С такие примеси железа, как углерод, кремний, марганец и некоторые другие, начинают оказывать существенное влияние на воспроизводимость т.э.с.

Хромель-копелевую термопару применяют для продолжительного измерения температуры до 600 °С и кратковременного - до 800 °С.

Копель - сплав на основе меди, содержащий 42-44% Ni 0.1-1,0% Mn. Сплав термически устойчив к химическому воздействию воздуха до 600 ВС.

Высокотемпературные термопары изготавливают из металлов, имеющих температуры плавления выше 2500 °С. Их применяют для измерения температур выше 1500 °С. Например, рений-вольфрамовая термопара рекомендуется для измерения температур до 2800 °С.

Термисторы

Это полупроводниковые приборы, измеряющие электропроводность при изменении температуры.

Рис.5. Термисторы

Болометры (термометры сопротивления)

Рис.6. Болометры

Конструкционные материалы

При высоких температурах выше 350 °С и давлении применяются спецстали с добавками никеля, кобальта, кремния, марганца и хрома.

При температурах выше 350 °С и давлениях менее 5 МПа – углеродистая сталь, кварц, керамика.

При низких давлениях и температурах как ниже, так и выше 0 °С используется молибденовое стекло.

Приборы для реакций газов с твердыми веществами

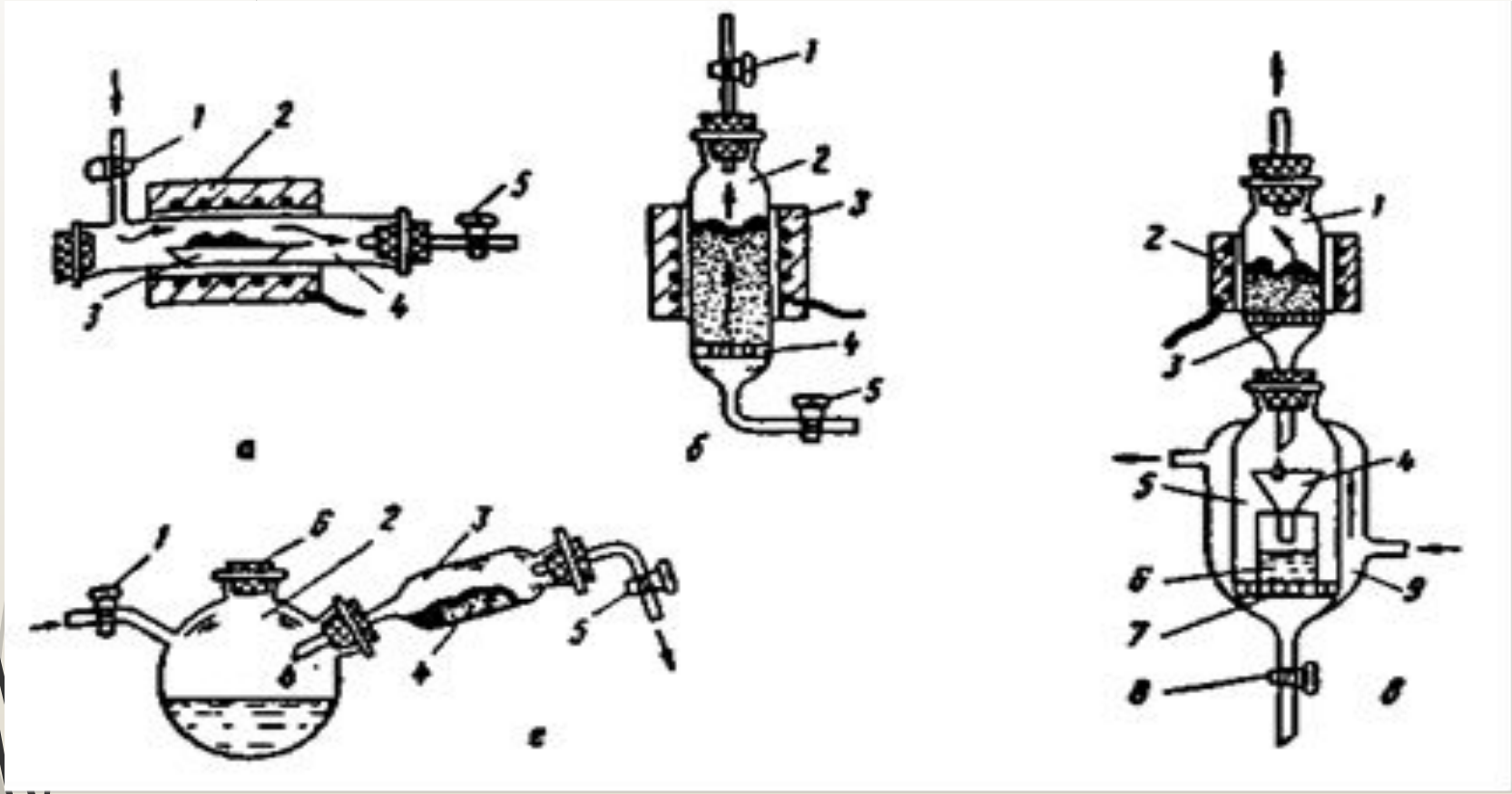


Рис 7. Лабораторные реакторы с горизонтальной (а) и вертикальной (б) трубкой, с приемником жидкой фазы (в) и с наклонной трубкой-реактором (г)

Очистка и осушка газов
Сухая очистка

Газы перед использованием в тех или иных химических операциях очищают от примесей с помощью различных химических реагентов.

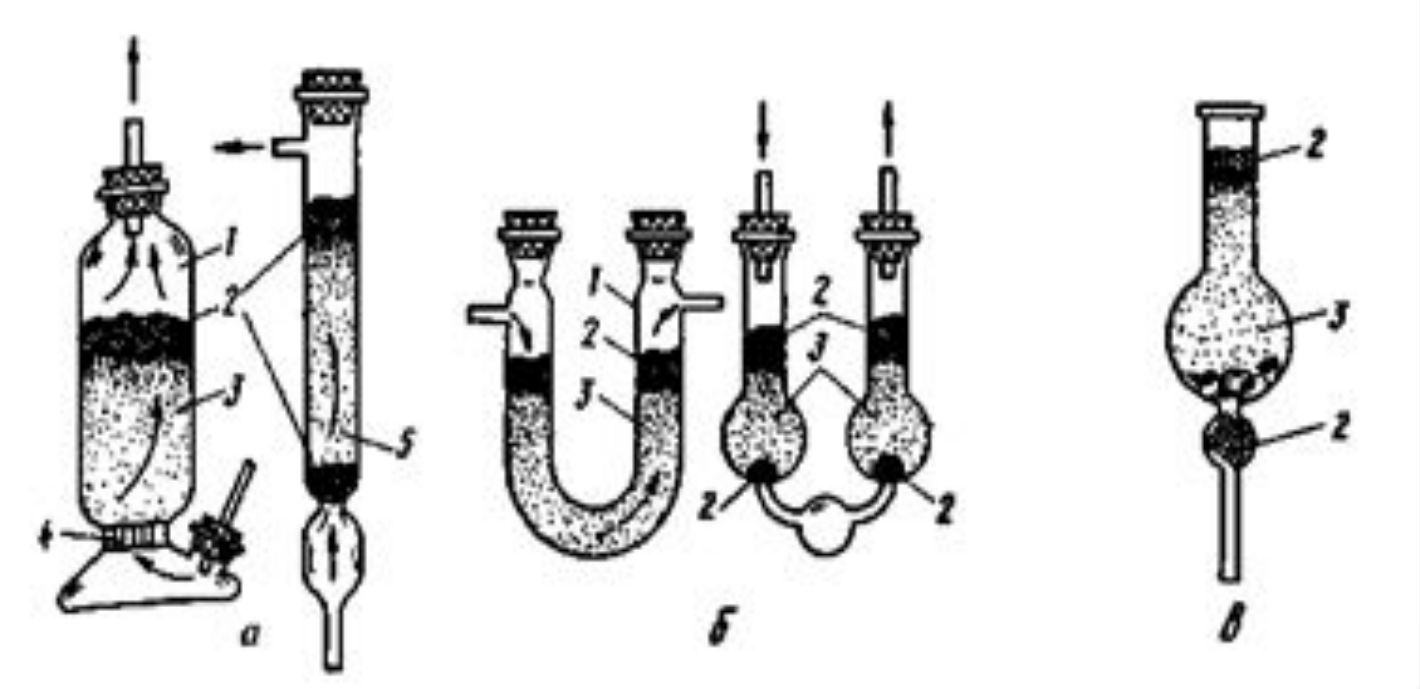


Рис. 8. Сосуды для сухой очистки газов: поглотительная колонка (колонка Фрезениуса) (а), U-образная трубка (б) и хлорокальциевая трубка (в)

колонка Фрезениуса

U-образная трубка

хлорокальциевая трубка

Мокрая очистка газов

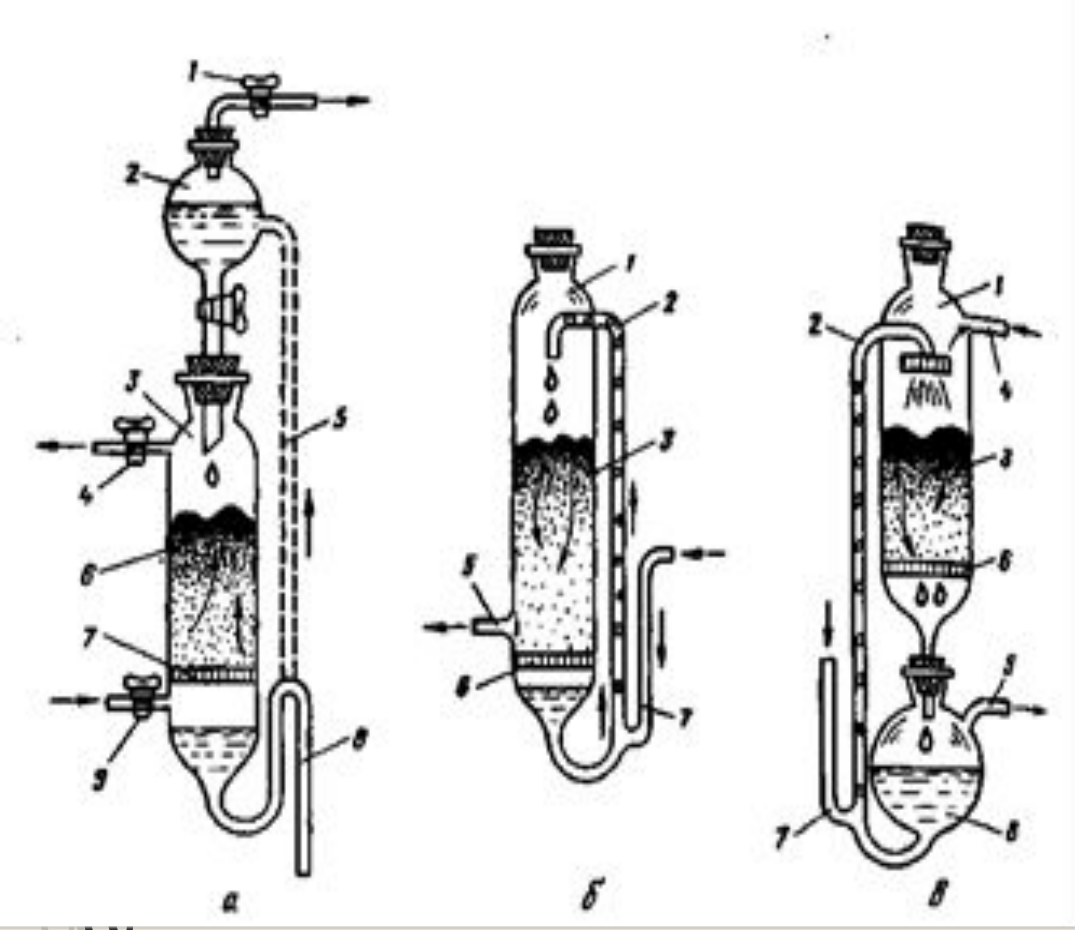


Рис. 9. Схема оросительных колонок с сифоном (а), эрлифтом (б) и с двумя вводами газа (в)

Рис.10. Оросительная колонка с сифоном

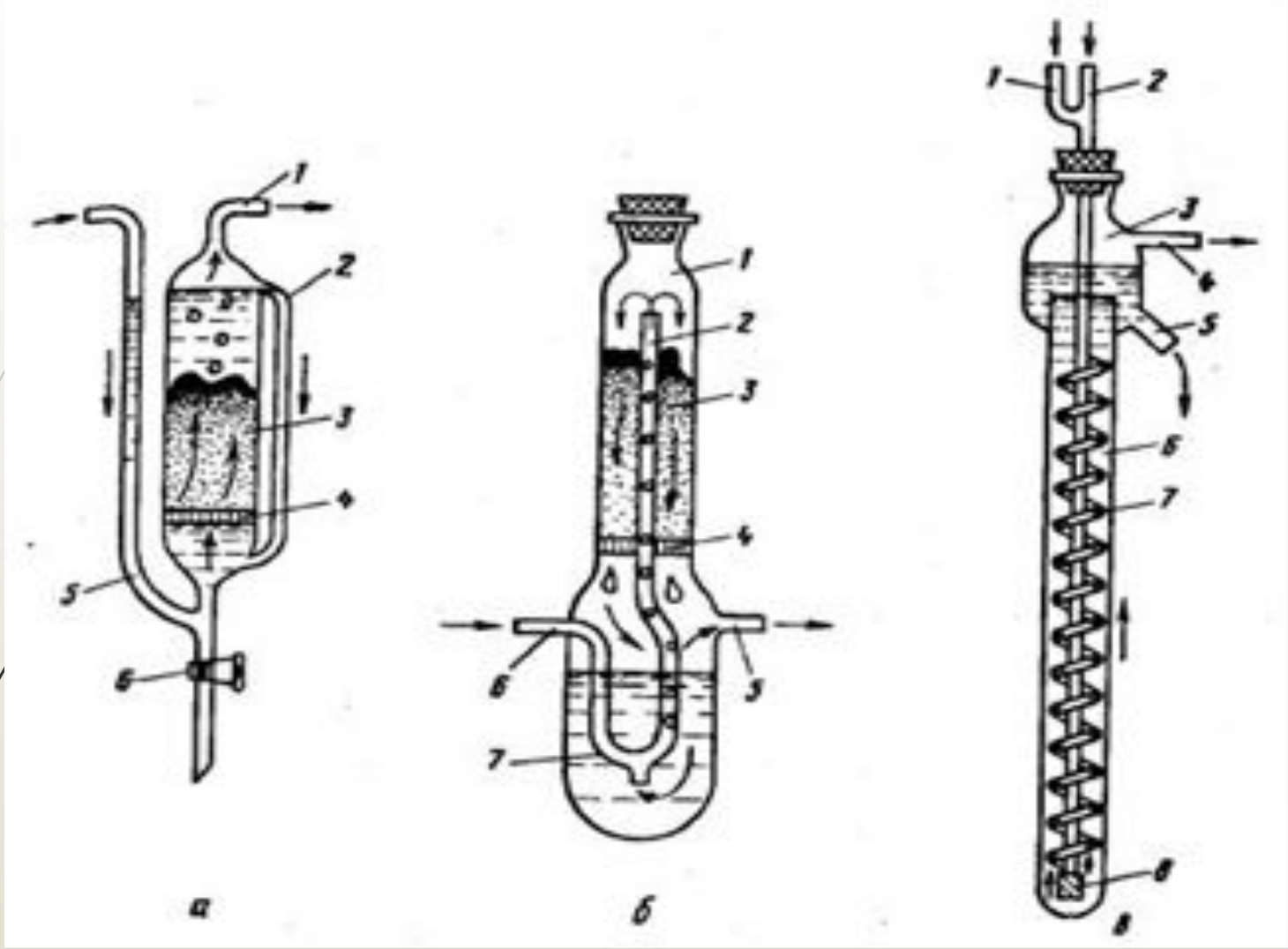


Рис.11. Оросительные колонки с питающей трубкой (а), с внутренним эрлифтом (б) и змеевиковая Шполянского - Коростелевой (в)

Очистка газов от аэрозолей

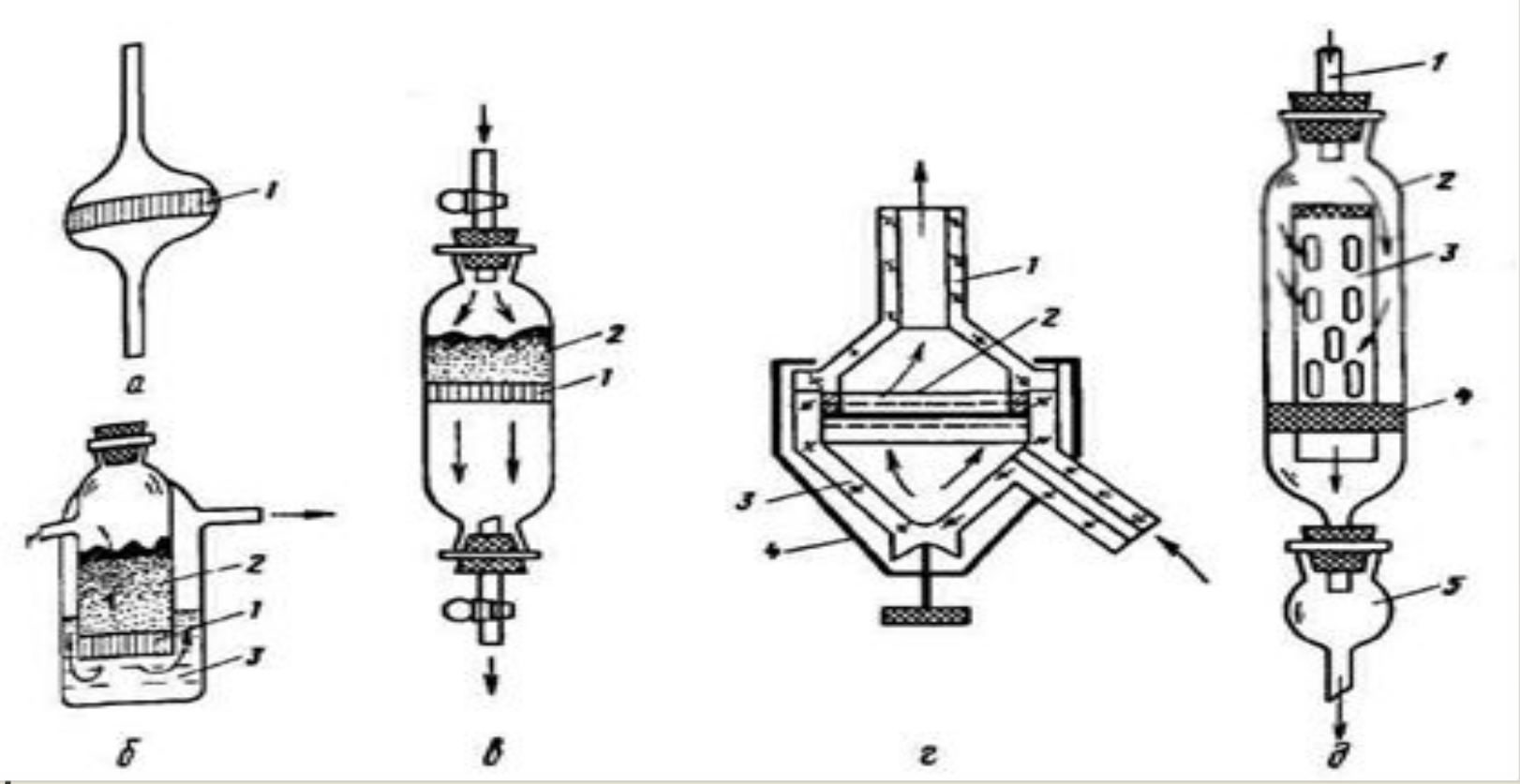


Рис. 12. Фильтры для улавливания аэрозолей: пластинчатый (а), с силиконовым аслом (б), двухтубусный (в), для газов под давлением (г) и Петрянова (д)

Измерение давления газа

Давление определяют силой, действующей перпендикулярно плоскости и равномерно по ней распределенной:

$p = F/S$,где

F- сила, Н; S - площадь, $м^2$.

Единица 1 $Н/м^2$ = 1 Па, а 1 атм = 101325 Па, внесистемная единица давления "бар" равна 10^5 Па.

Жидкостные манометры

В таком приборе измеряемое давление (или вакуум) либо разность давлений уравновешиваются давлением столба манометрической жидкости, заполняющей прибор.

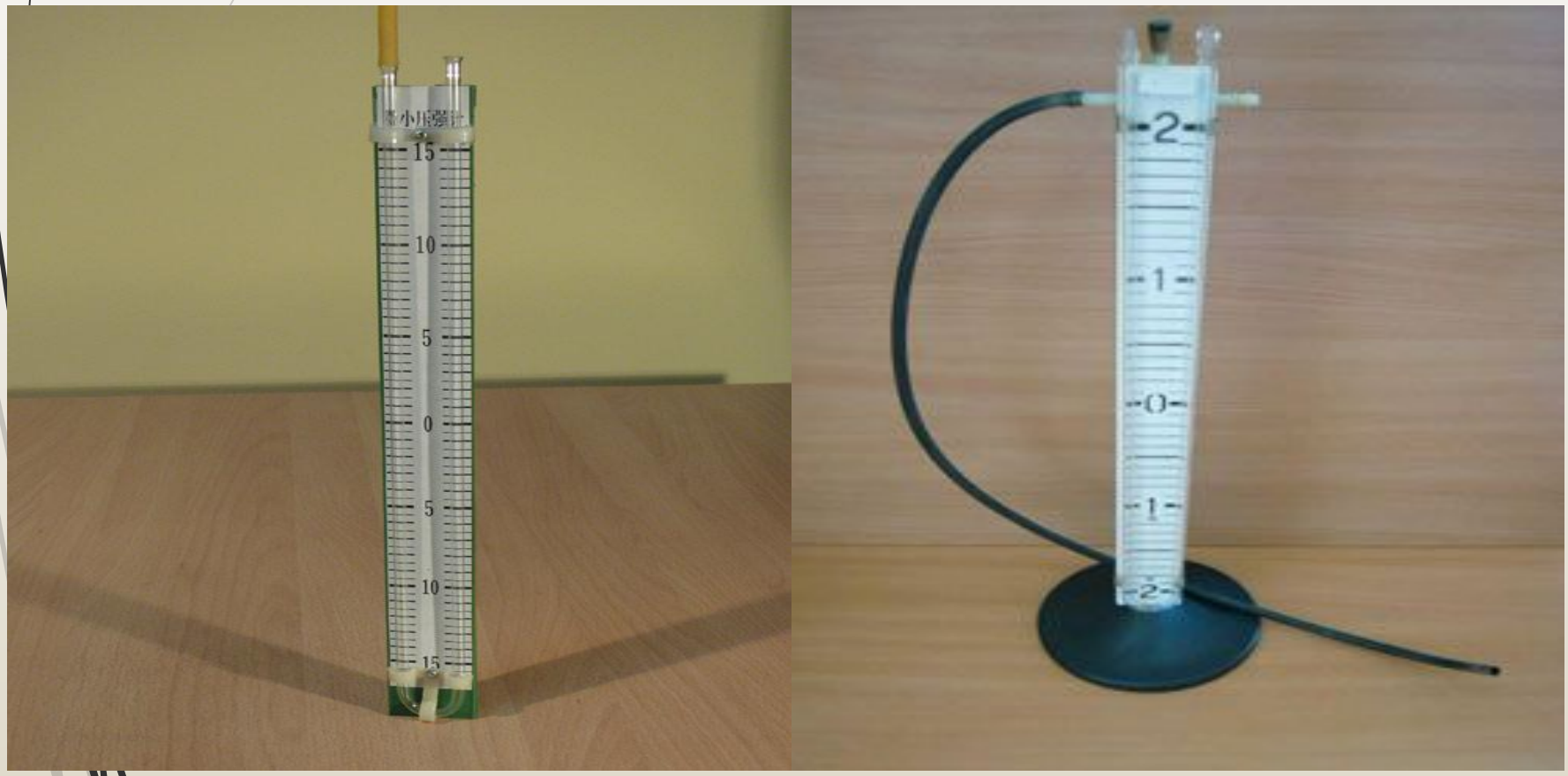
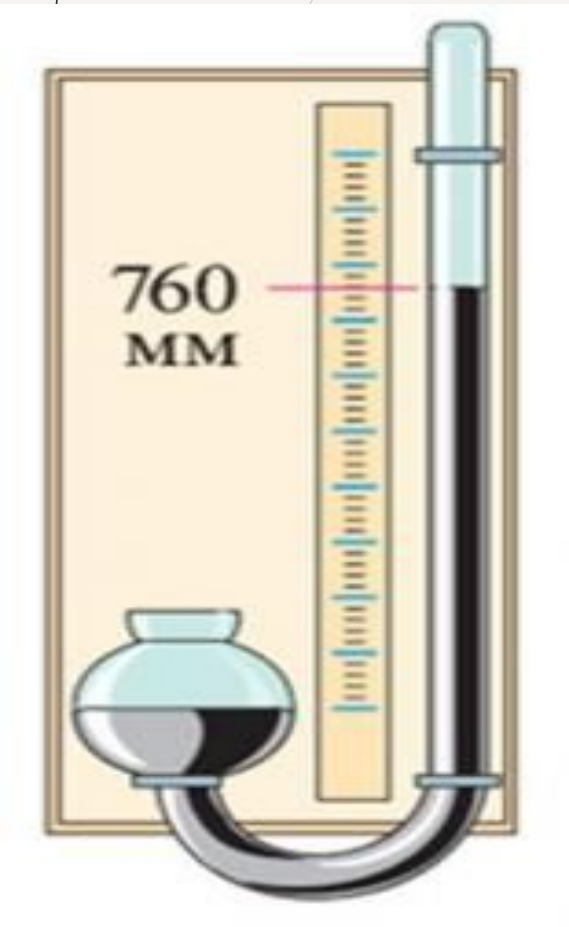


Рис.13. Жидкостные манометры



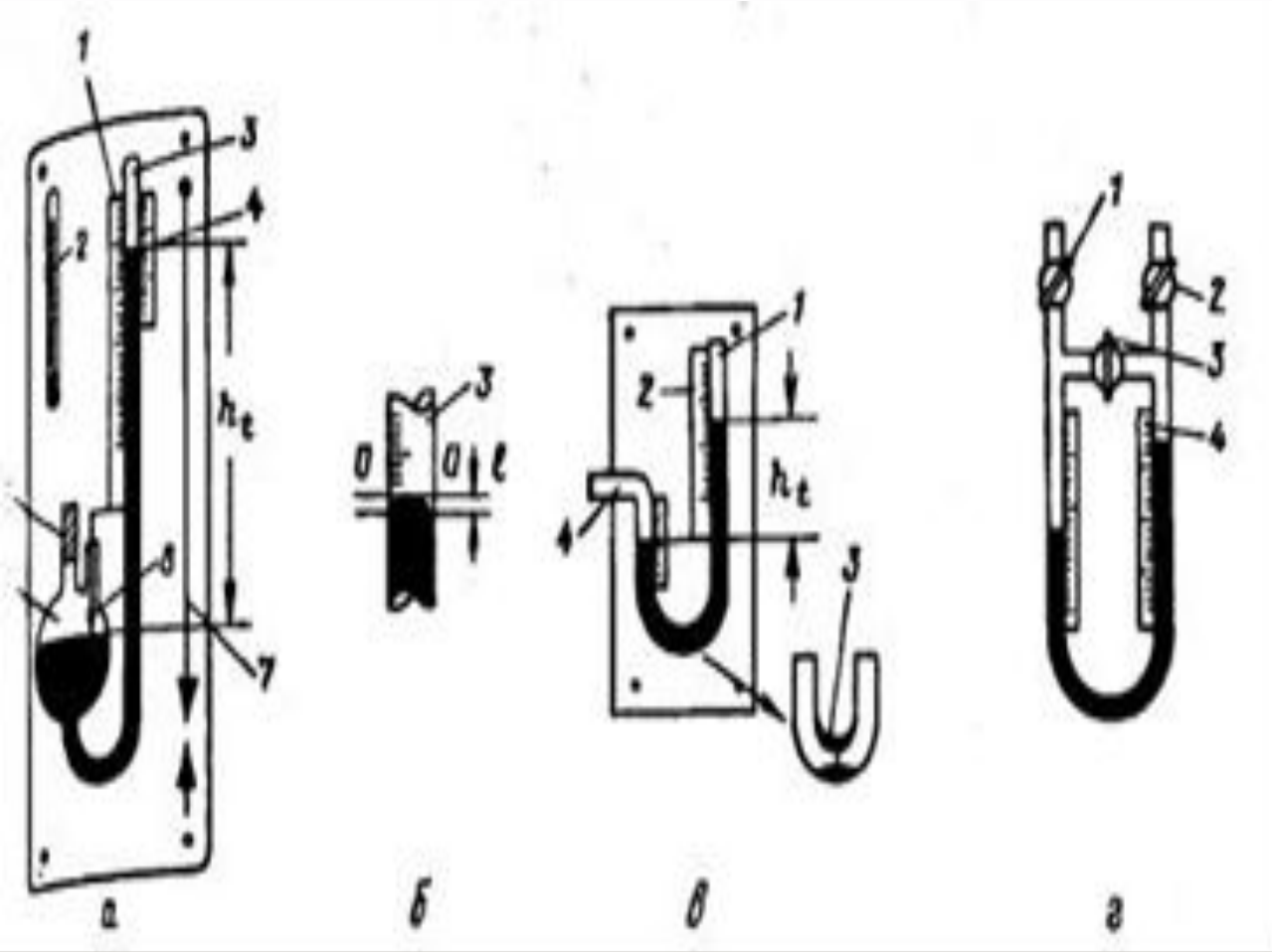


Рис. 15. Схема ртутного барометра (а); высота мениска (б); U-образный барометр с открытым коленом (в); U-образный дифбарометр (г).

Рис. 14. Ртутный барометр

Таблица 6. Поправки на капиллярное понижение столба ртути в стеклянных трубках

Диаметр мениска, мм	Поправки при высоте мениска ***l***, мм								
	0,2	0,4	0.6	0,8	1,0	1.2	1,4	1.6	1.8
5	0,39	0,76	1,10	1,41	1,64	1,84	-	-	-
6	0,26	0,51	0,75	0,96	1,15	1,30	1,42	-	-
7	0,18	0,37	0,53	0,69	0,82	0,94	1,04	1,13	-
8	0,13	0,26	0,38	0,50	0,61	0,70	0,78	0,84	0,90
9	0,10	0,20	0,29	0,38	0,45	0,52	0,59	0,64	0,69
10	0,08	0,15	0,21	0,28	0,34	0,39	0,45	0,49	0,53
11	0,06	0,11	0,16	0,21	0,26	0,31	0,35	0,38	0,41
12	0,04	0,08	0,13	0,16	0,20	0,24	0,27	0,29	0,32
13	0,03	0,07	0,10	0,13	0,16	0,18	0,21	0,23	0,25
14	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19
15	0,02	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15
16	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12
18	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07
20	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04

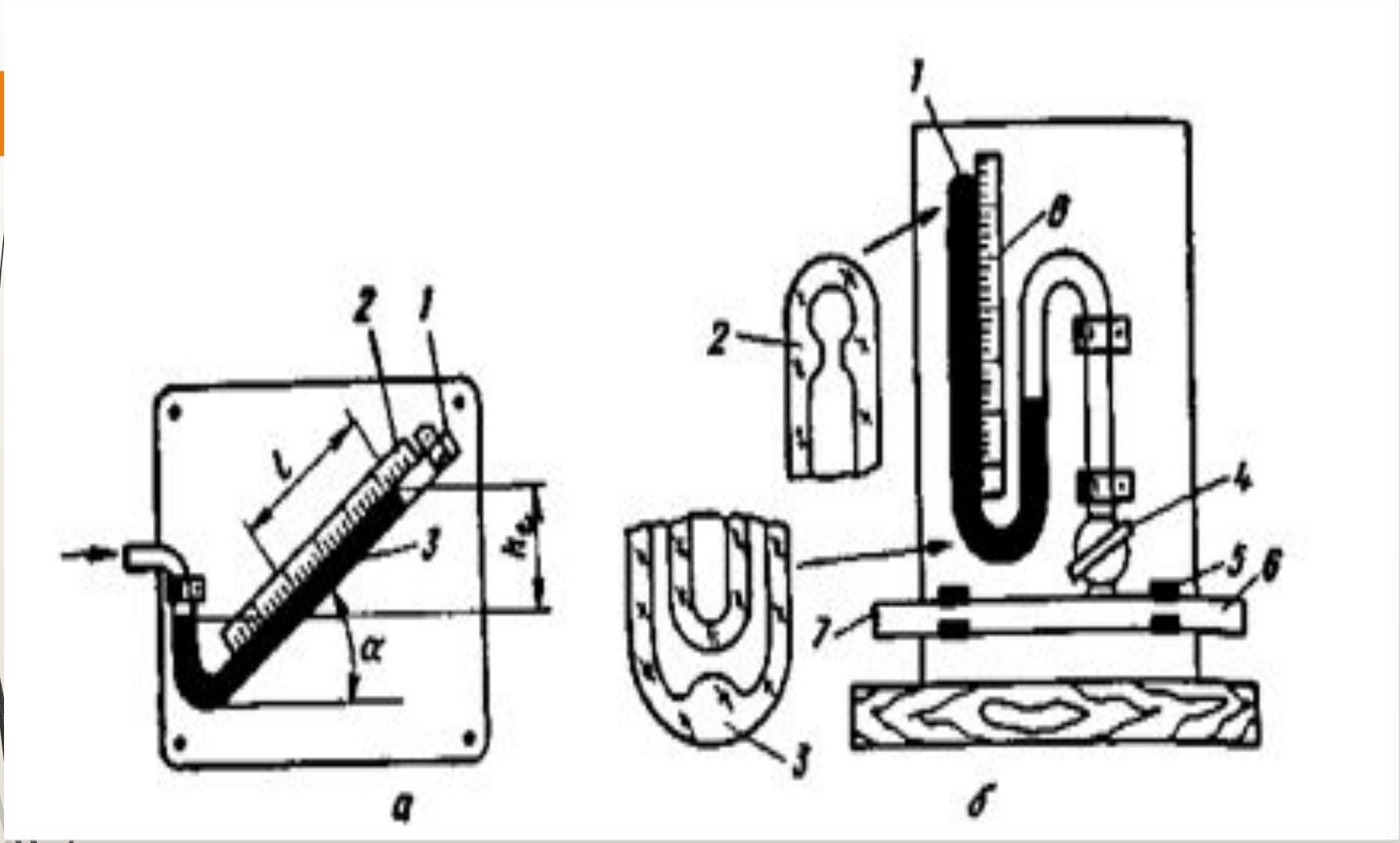


Рис.16. Наклонный барометр (а) и U-образный вакуумметр

Измерение среднего вакуума проводят при помощи вакуумметров Гюйгенса и Цимерли.

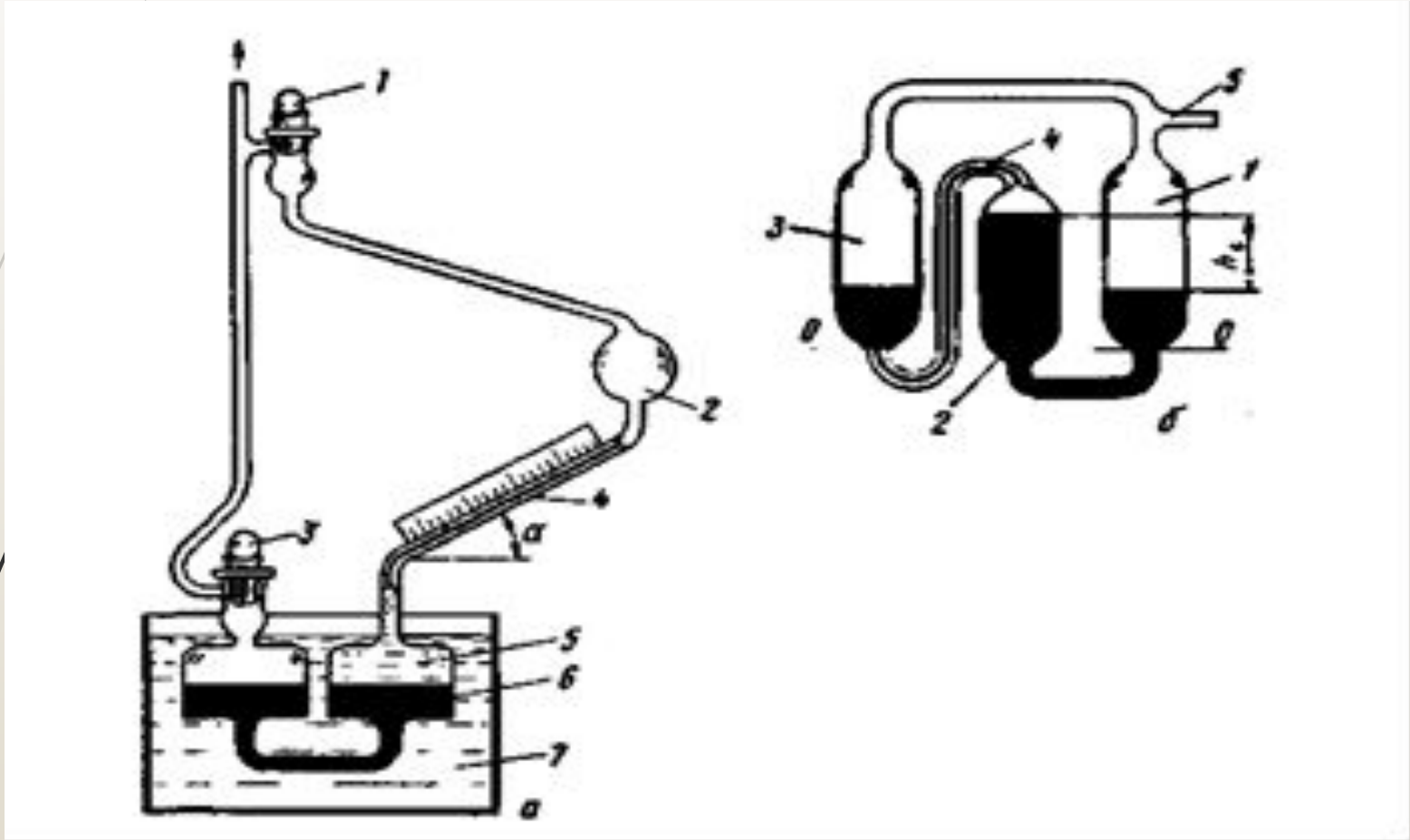


Рис. 17. Вакуумметры Гюйгенса (а) и Цимерли (б)

Измерение высокого вакуума проводят при помощи жидкостных чашечных вакуумметров с наклонной вакуумметрической трубкой, вакуумметров Дубровина, Мак-Леода и Гурского.

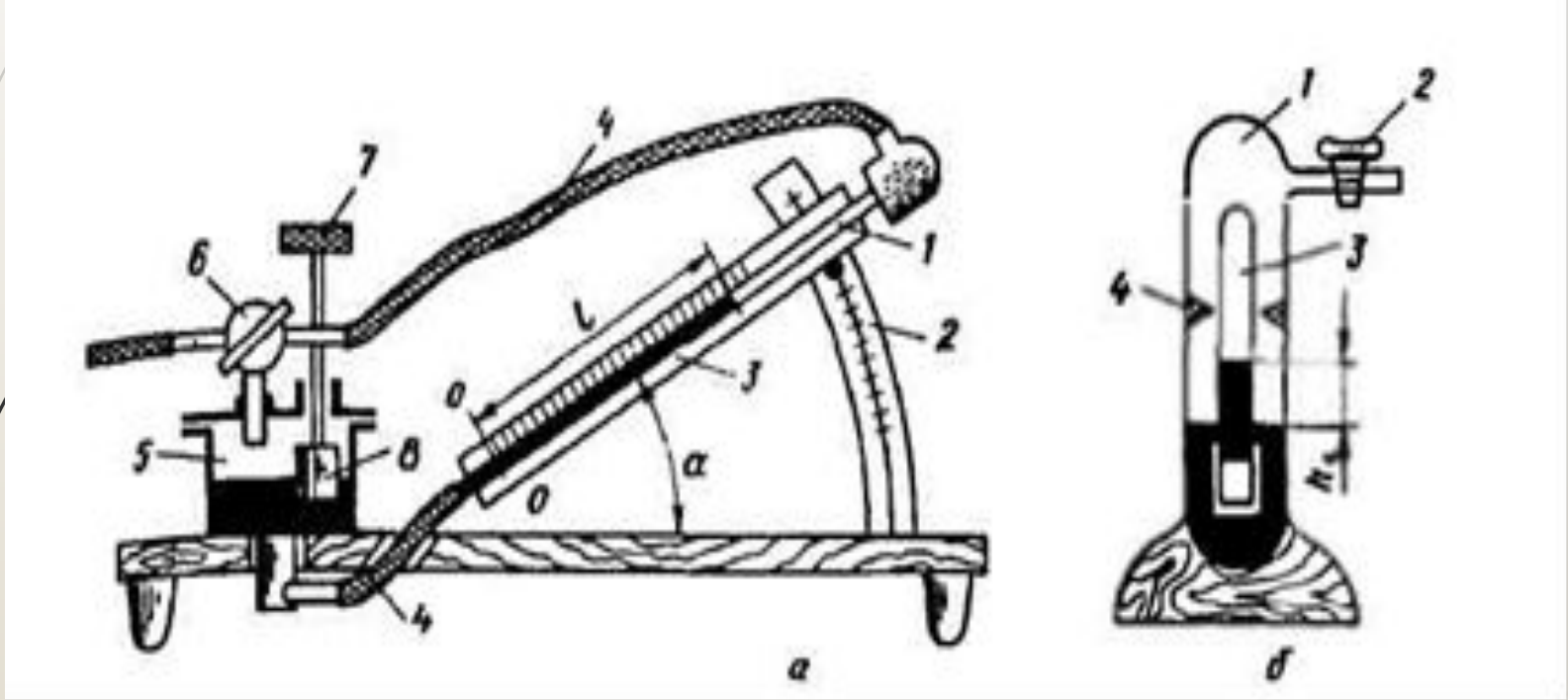


Рис. 18. Чашечный вакуумметр с наклонной вакуумметрической трубкой (а) и вакуумметр Дубровина (б)

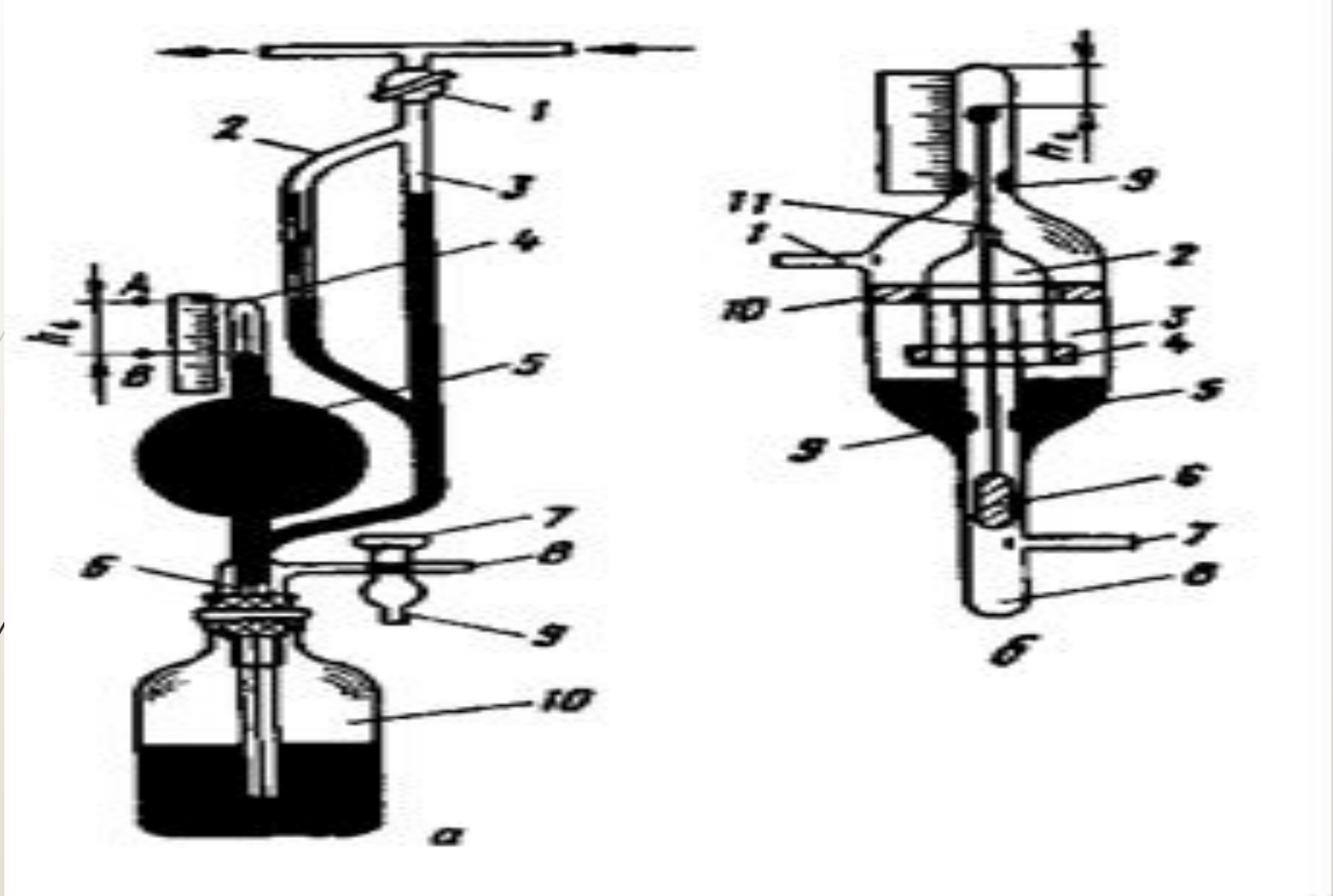


Рис. 19. Вакуумметры Мак-Леода (а) и Гурского (б)

Деформационные манометры

К этому типу манометров относят приборы, в которых измеряемое давление определяют по деформации упругих элементов: трубчатых пружин, плоских и гофрированных мембран, мембранных коробок, полых кварцевых спиралей и ложечек.

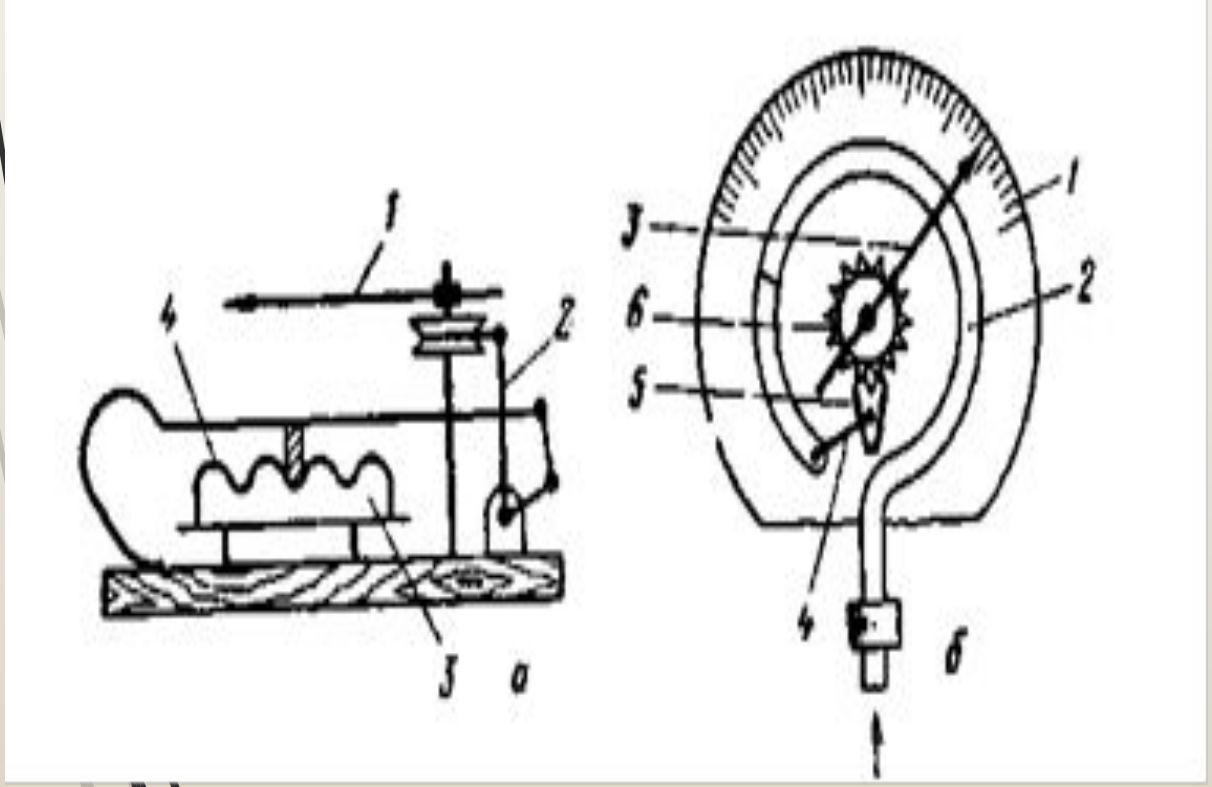


Рис. 20. Анероид (а) и манометр Бурдона (б)

Рис. 21. Барометр - анероид

Рис. 22. Манометр с трубкой Бурдона.

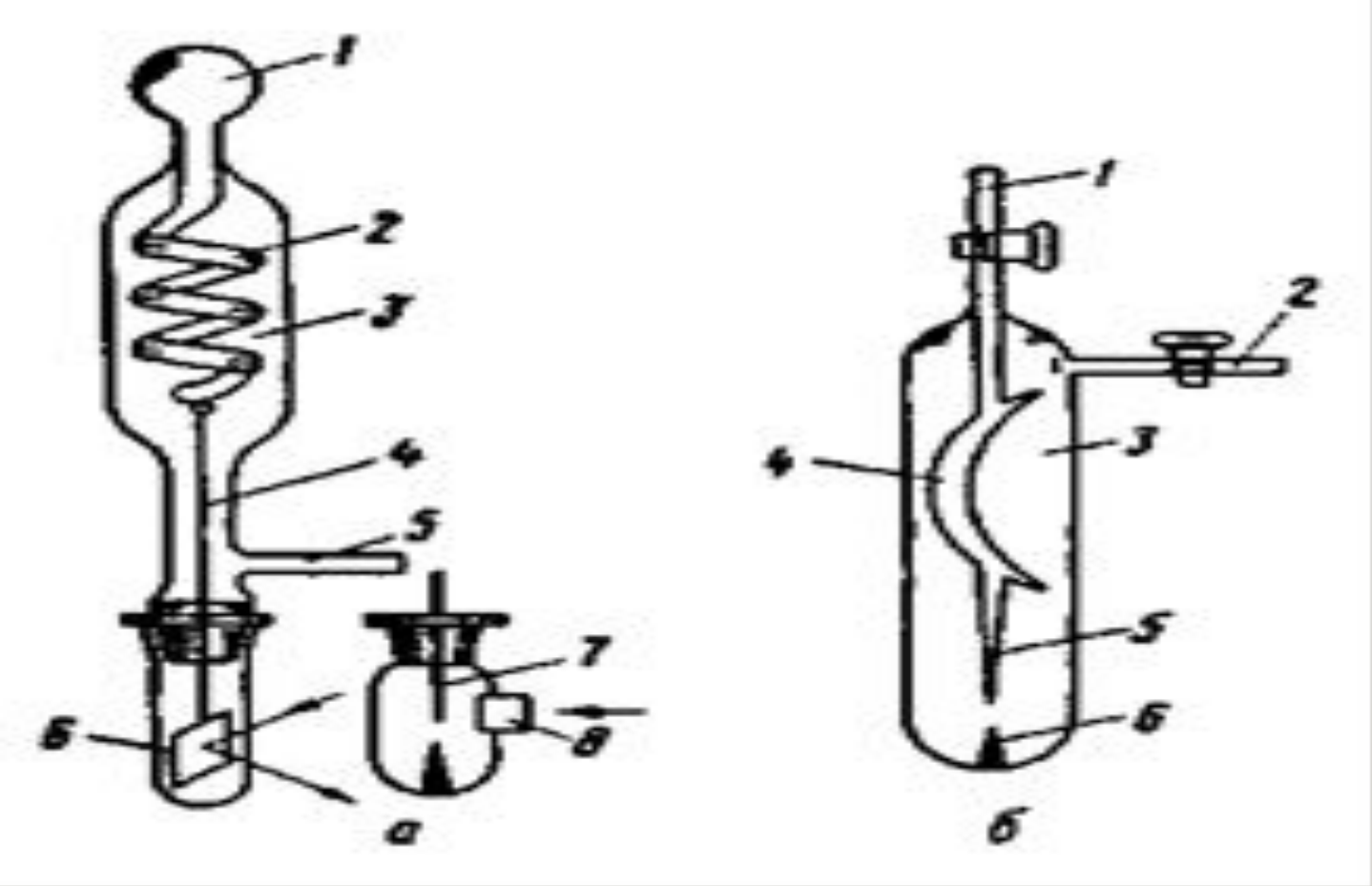


Рис. 23. Кварцевые вакуумметры Боденштейна (а) и ложечковый (б)

Тепловые вакуумметры

Тепловые вакуумметры применяют для измерения значений среднего вакуума в интервале от 1 до 10 Па. Их действие основано на линейной зависимости теплопроводности газов от давления.

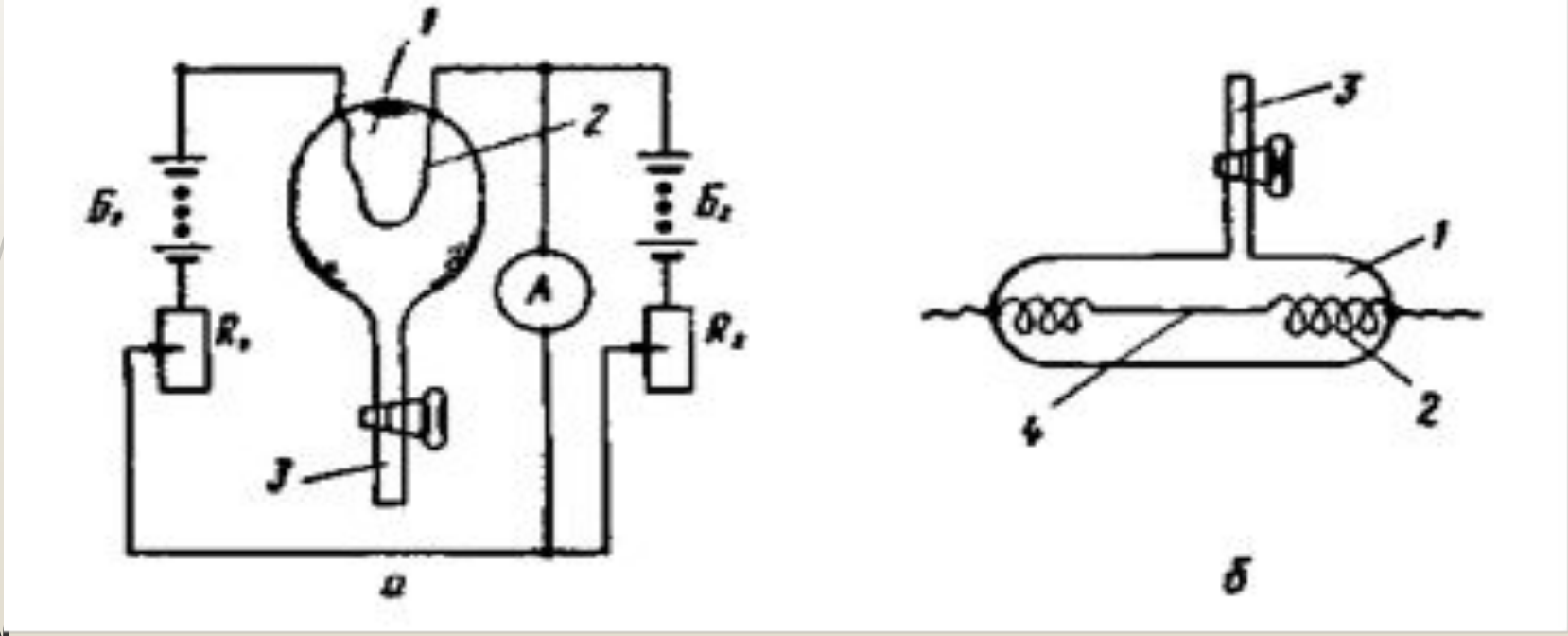


Рис. 24. Манометр Пирани со свободно подвешенной нитью (а) и с натянутой нитью накаливания (б)