

# ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

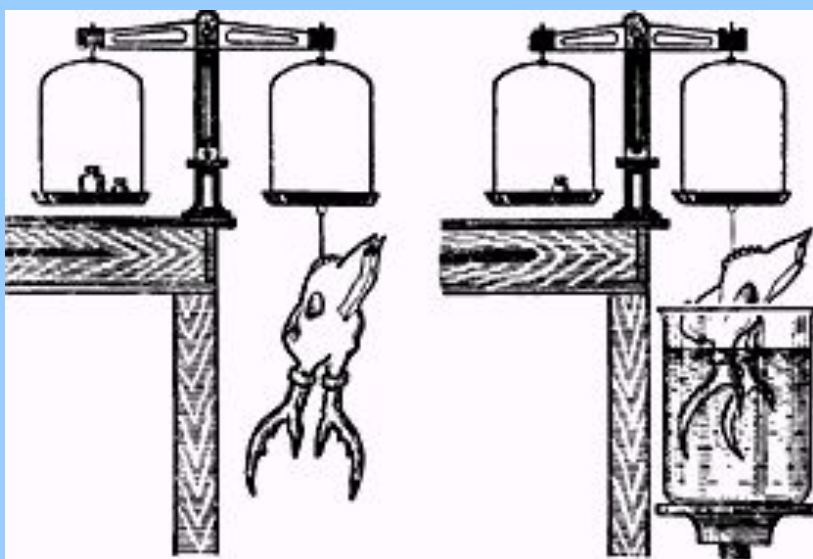
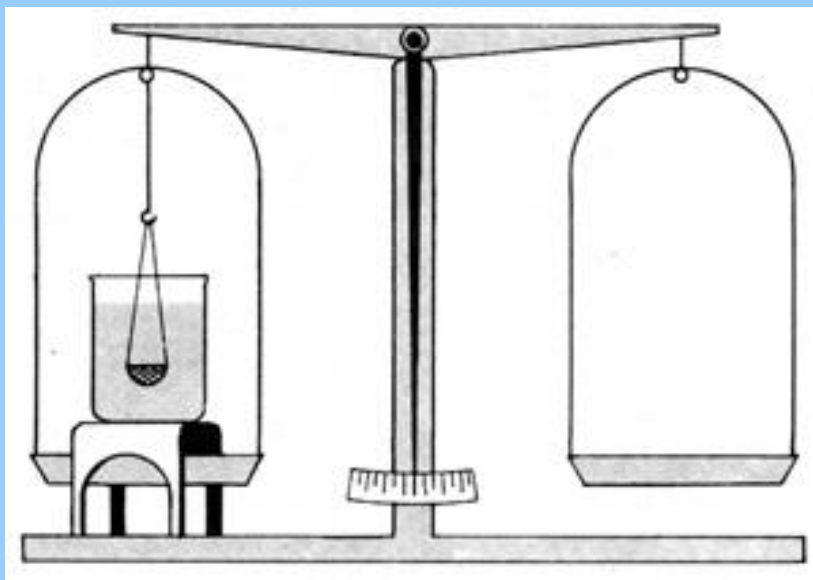
Физические методы используют при изучении физических свойств материалов и изделий – массы, механических, оптических, термических, сорбционных и др. свойств.

# Определение плотности

**Плотность** – это масса единице объёма. Её определяют различными методами: гидростатическим (твёрдые тела), пикнометрическим (жидкие и твердые вещества), ареометрическим (жидкие тела).

**Гидростатический метод** применяют для определения плотности твердых тел неправильной геометрической формы (изделия из стекла – рюмок, стаканов).

Испытания проводят на специальном приборе или гидростатических весах (в товароведной практике).



Гидростатические весы

Гидростатические весы – специально приспособленные технические весы. К левой чашке весов прикреплѐн крючок, на который подвешивают сетчатый цилиндр на металлической проволоке. Цилиндр погружают в сосуд с водой.

Испытания проводят в следующем порядке. Весы с подвешенным цилиндром уравнивают и принимают это положение за нулевое.

Затем на этих весах взвешивают небольшое изделие.

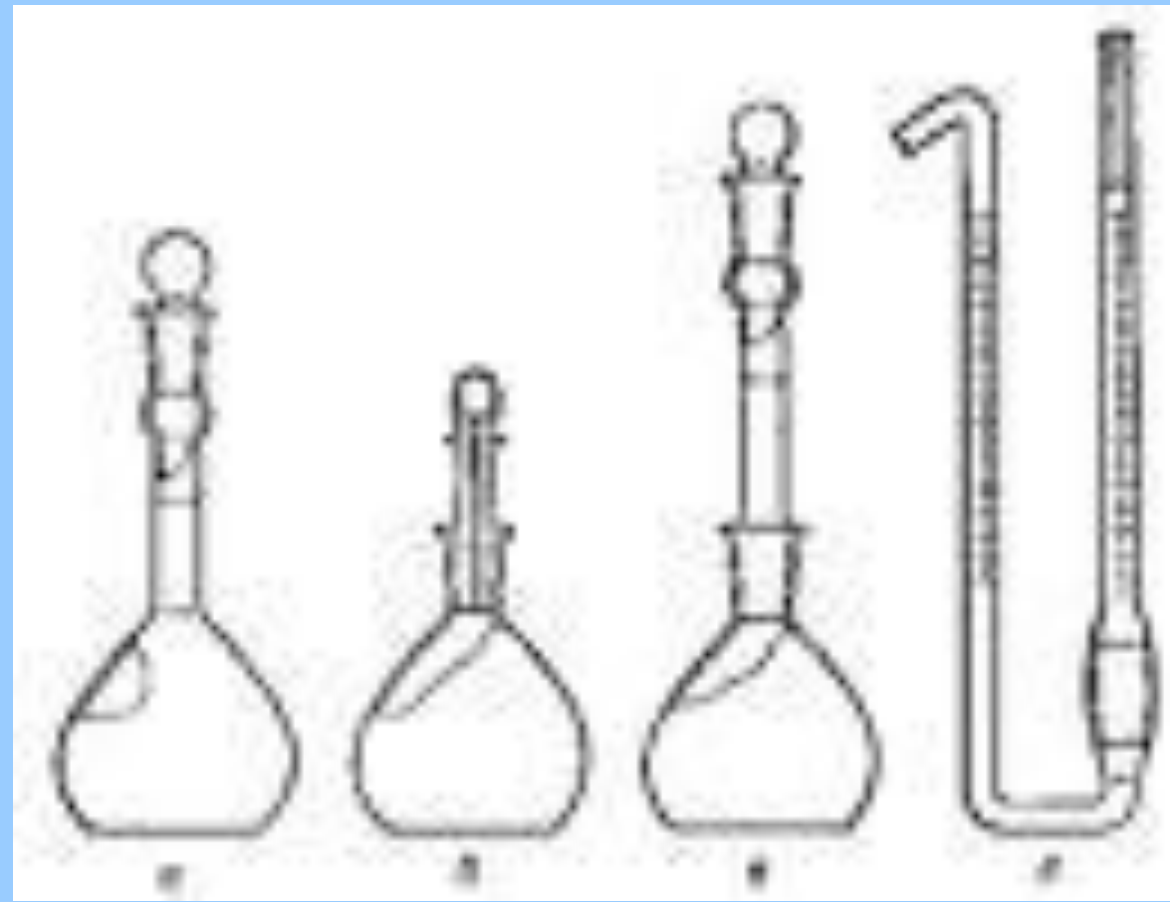
При взвешивании изделие устанавливают на левую чашку весов, к которой снизу подвешен цилиндр, а на правую кладут разновес для уравнивания.

Взвешенное в воздухе изделие помещают в цилиндр и определяют массу изделия в воде. Разность массы образца в воздухе и воде численно равна его объёму.

**Пикнометрическим** методом плотность определяют с помощью пикнометра.

Этот прибор представляет собой стеклянный сосуд специальной формы и определённой вместимости.

Измерение плотности основано на определении расхода вещества для заполнения определённого объёма пикнометра.







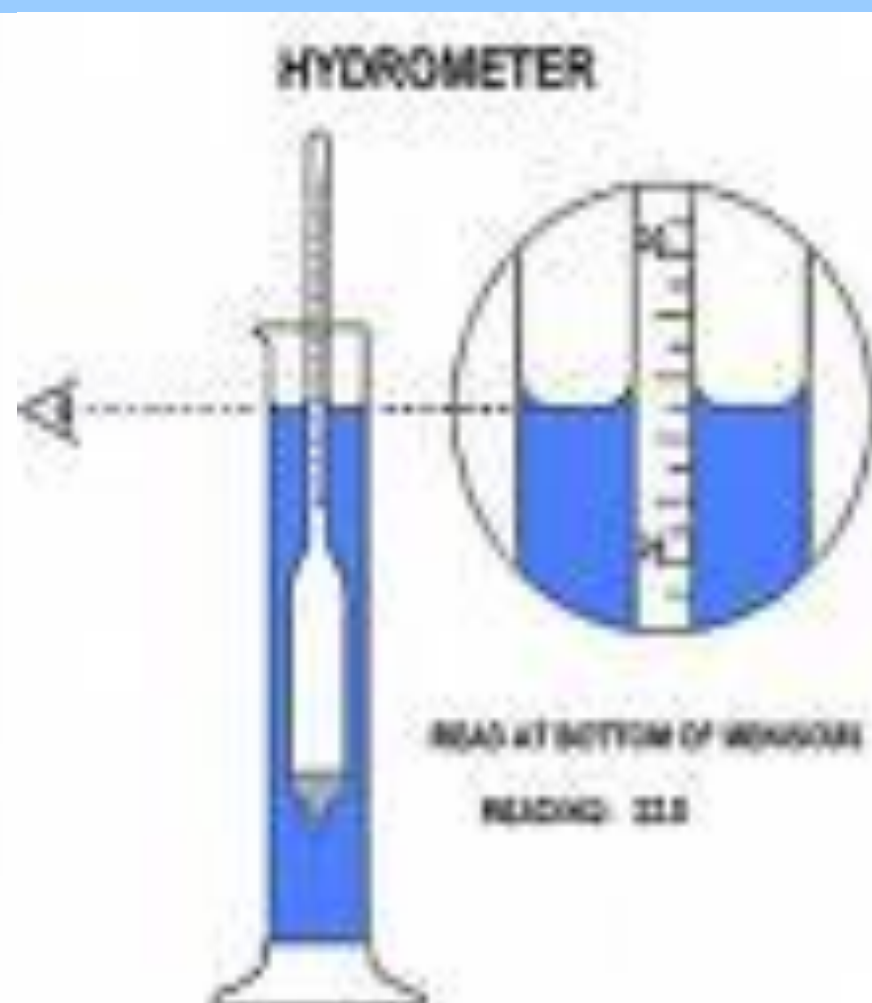
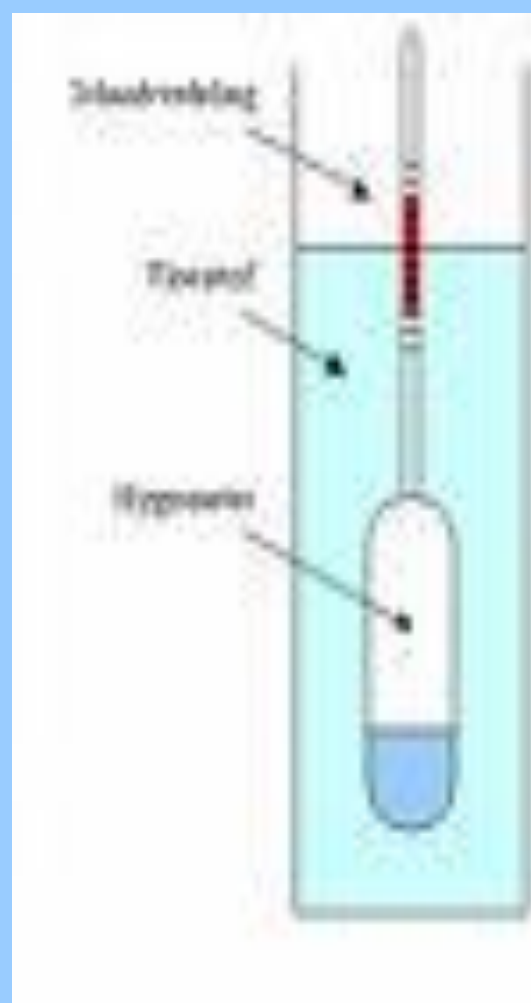
**Ареометрический** метод основан на использовании прибора ареометра.

Прибор имеет корпус цилиндрической формы с припаянным в верхней части стержнем.

По глубине погружения ареометра и по его массе можно определить плотность испытуемой жидкости.

Из рассмотренных методов измерения плотности пикнометрический является наиболее точным, но он более трудоёмок.





# Определение твёрдости

Определение твердости является распространенным испытанием, т. к. оно неразрушающее, занимает мало времени и проводится на сравнительно несложных и компактных приборах.

Методика измерения твердости базируется на различных принципах – вдавливания, царапания, прокола стандартной иглой, отскакивания бойка. Наиболее часто для определения твердости применяют метод вдавливания, который используется в приборах Бриннеля и Роквелла.

## **Определение твердости по методу вдавливания**

Прибор Бринелля используют для измерения твердости металлов. При испытании в образец вдавливают стальной шарик  $D = 10\text{мм}$  при заданной нагрузке.

Поскольку удобнее измерять не глубину полученного отпечатка, а его диаметр, то твердость выражают через диаметр шарика и отпечатка.

Нагрузка и диаметр шарика известны, поэтому определение твердости сводится к определению диаметра полученного отпечатка или лунки и соответствующего расчета по формуле.

Но на практике к расчетам не прибегают, т. к. в таблице прилагаемой к прибору, приводится значение твердости для любой величины диаметра.



Прибор Роквелла предназначен для  
испытания потребительских товаров из  
металлов и сплавов с повышенной  
твердостью.

При испытании в образец вдавливается  
стальной шарик или алмазный конус.

В приборе используются незначительные нагрузки, поэтому на нем можно измерять твердость тонковолокнистых материалов.

Твердость, определяемая на приборе, является величиной обратной глубине проникновения наконечника в образец, измеряется в условных единицах и автоматически фиксируется на шкале.

**Определение твердости по методу царапания.**

Определения проводят с помощью минералогической шкалы, называемой шкалой твердости.

Этим методом измеряют твердость стеклянных, керамических изделий и ювелирных камней.

Шкала состоит из эталонных минералов — талька, гипса, кальцита, плавикового шпата, апатита, полевого шпата, кварца, топаза, корунда, алмаза.

Эти 10 минералов подобраны так, что каждый из них при нажиме и трении оставляет черту на предыдущем.

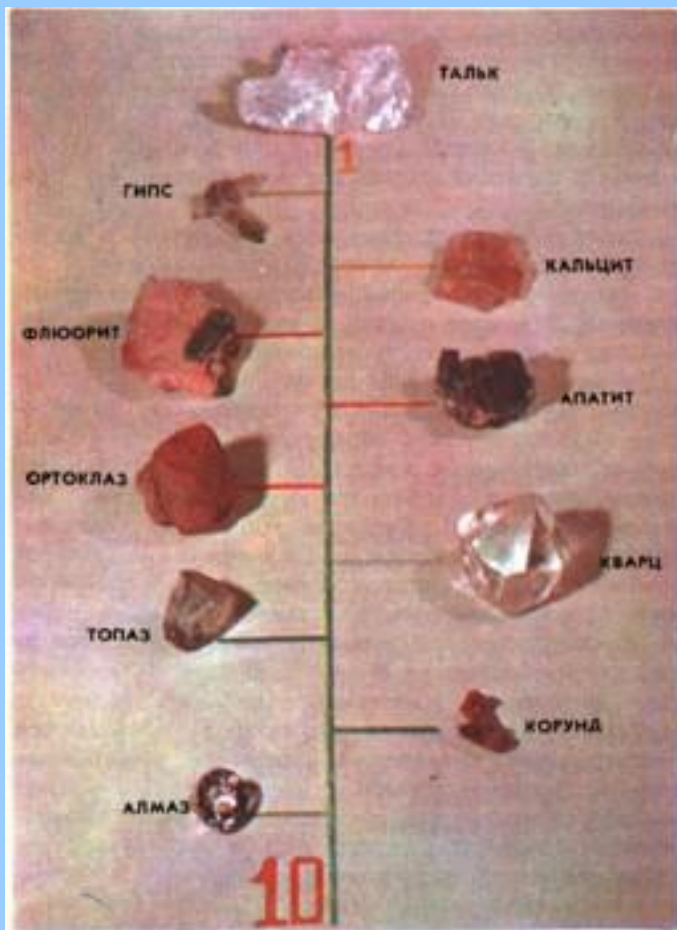
При испытании острым углом (ребром) одного из минералов проводят со средним нажимом на поверхности испытуемого изделия черту и наблюдают, образовалась ли царапина.

Если видимой царапины нет, то рядом проводят черту более твердым минералом.

Минералы подбирают до получения царапины, которая не стирается рукой.

Твердость характеризуется порядковым номером минерала, оставившего царапину, иногда берут среднее арифметическое между порядковыми номерами 2 минералов, один из которых оставил, а другой не оставил царапину на поверхности стекла.

Этот метод не обеспечивает высокую точность результатов, но широко распространен благодаря простоте и быстроте.



шкала Мооса



Прибор Бринелля

## **Определение прочностных показателей**

Разрушающее напряжение – важнейшая характеристика, определяемая при растяжении. Отклонение величины этого показателя от нормы свидетельствует о нарушении технологического режима.



## **Нагрузка при разрыве.**

При испытании некоторых материалов (тканей, трикотажа) трудно или невозможно точно определить величину поперечного сечения образца.

Характеристикой их прочности является разрывная нагрузка на полоску определённой ширины.

## **Определение величины и характера деформации при растяжении.**

Удлинение при разрыве – приращение длины растягиваемого образца материала к моменту разрыва.

Абсолютную величину удлинения материала в мм вычисляют как разность конечной длины образца и первоначальной.

Эту характеристику получают одновременно с определением прочностных показателей (разрушающей нагрузки и разрушающего напряжения) на тех же образцах материала.

Относительную величину удлинения материала к моменту разрыва определяют либо в долях единицы, либо в %.

Остаточное и упругое удлинение определяют на образцах кожи, резины при некотором заданном напряжении или после разрыва.

Для определения остаточного удлинения после разрыва половинки исследуемого образца освобождают от зажимов и складывают на гладкой поверхности так, чтобы они плотно прилегали одна к другой в месте разрыва.

Через определённое время (кожа –30 мин, резина- 1 мин) измеряют масштабной линейкой длину рабочей части.

Остаточное удлинение при разрыве в мм находят, вычитая из длины рабочей части образца, сложенного после разрыва, первоначальную длину.

# **МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ**

Поверхностные свойства пищевых продуктов — адгезия и внешнее трение проявляются на границе раздела между продуктом и твердой поверхностью.

Приборы и методы измерения адгезии основаны на разрушении адгезионного шва путем приложения внешнего усилия.

Характер разрыва может быть трех видов:

1. Чисто адгезионный — когда силы взаимодействия между молекулами самого материала (когезии) превышают силы адгезии материала к поверхности.
2. Когезионный — если силы когезии меньше сил адгезии.
3. Смешанный — адгезионно-когезионный — встречается чаще всего.

Адгезии в чистом виде зачастую не наблюдается, поэтому измеряют удельное усилие разделения двух тел без конкретизации его вида.

Величину адгезии определяют в момент одновременного нарушения контакта на всех участках площади контактирования при положении разрушающей нагрузки в направлении, перпендикулярном плоскости контакта поверхностей, по формуле



$$P_0 = \frac{P}{F}$$

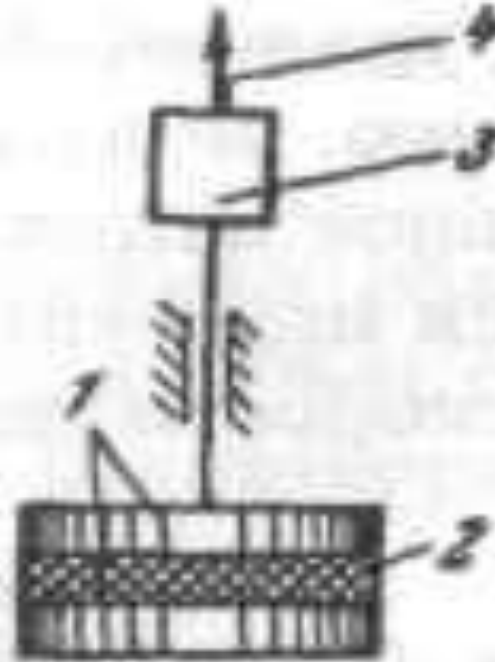
- где  $P_0$  – адгезия (липкость), Па;
- $P$  – максимальное усилие отрыва, Н;
- $F$  – площадь пластины, м<sup>2</sup>.



Вискозиметр  
**MT-201**



Ротационный вискозиметр модели "Rheotest RV 2.1"



**Рис. 3.10. Схема рабочего органа адгезиометра:**

- 1 — пластины; 2 — продукт;  
3 — элемент для измерения усилия; 4 — нить к проводу

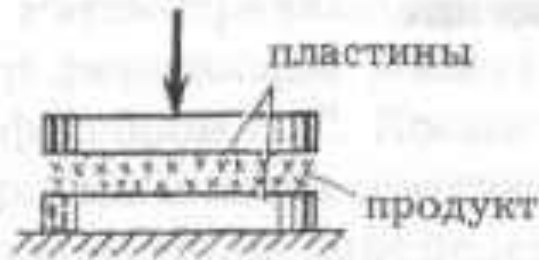
(Рисунки зарисовывать)

Существуют адгезиометры для тестовых продуктов, для кондитерских масс, для колбасного (мясного) фарша.

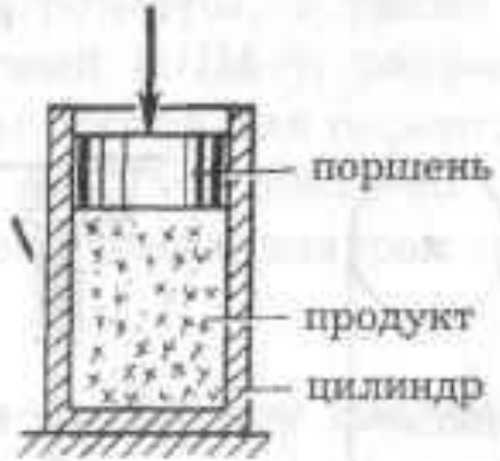
# МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ СВОЙСТВ

В тех случаях, когда исследуемый материал обладает высокой вязкостью и значительной неоднородностью структуры, целесообразно определять его СМС по деформации растяжения или сжатия.

Наряду со сдвигом объемное или осевое сжатие, а также осевое растяжение являются основными типами механической деформации продуктов.



а) осевое сжатие



б) одностороннее объемное сжатие



в) осевое растяжение



г) двухстороннее объемное сжатие

Рис. 3.9. Схемы приборов для измерения объемных свойств

На указанных приборах можно определить упругую деформацию, модуль упругости сжатия, а также вязкость и предельное напряжение сдвига материала.

Деформация реализуется под действием постоянных грузов, либо при постоянной скорости движения пластины от электропривода.



# МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Сдвиговые свойства проявляются, как известно, при касательном смещении слоев продукта.

Приборы для измерения сдвиговых свойств по принципу действия подразделяют на следующие группы: ротационные и капиллярные вискозиметры, пенетрометры, приборы с плоскопараллельным смещением пластин и др.

## *Ротационные вискозиметры*

Наибольшее распространение в пищевой промышленности получили коаксиальноцилиндрические комбинированные поверхности для измерения характеристик вязких и пластично-вязких продуктов (мясной фарш, тесто, конфетные массы, помады).

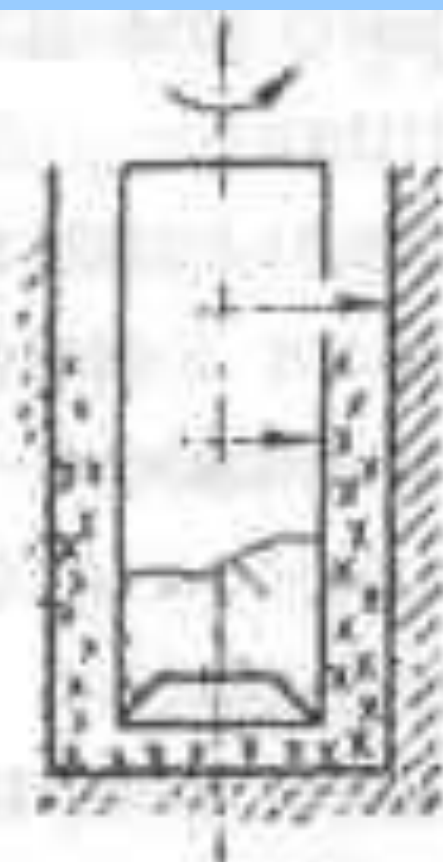


Рис. 3.1. Принципиальная  
схема ротационного  
вискозиметра  
(коаксиальные цилиндры)

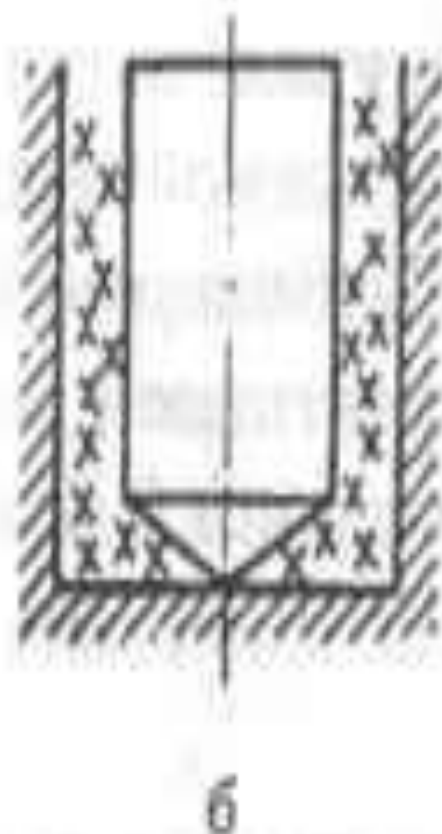


Рис. 3.2. Принципиальная схема ротационных вискозиметров:  
а — цилиндр-полусфера; б — цилиндр-конус-диск

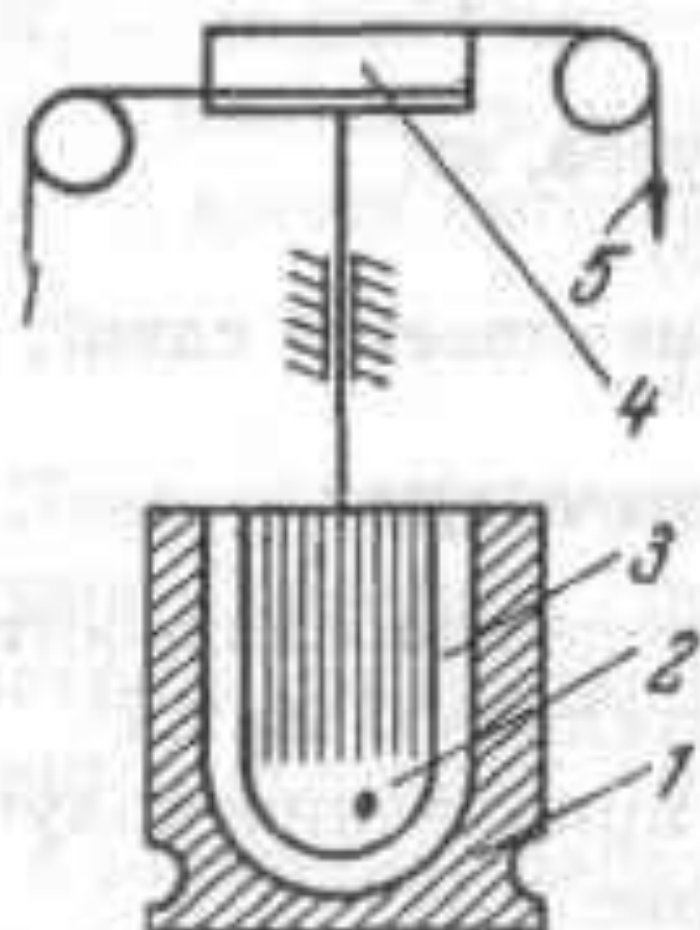


Рис 3.3. Схема ротационного  
вискозиметра Воляровича:

- 1 — стакан; 2 — ротор;
- 3 — продукт; 4 — шкив;
- 5 — нить с грузом

Между рабочими поверхностями находится исследуемый продукт, сила сопротивления внутри которого при вращении одной из поверхностей измеряется.

Известны два основных принципа действия приборов с коаксиальными цилиндрами.

В первом случае испытуемое вещество помещается в цилиндр, приводимый в равномерное вращательное движение.

Подвешенный на упругой нити второй цилиндр находится коаксиально с первым.

Вязкость вычисляется по величине скорости вращения первого цилиндра и по углу поворота второго цилиндра от его первоначального положения.

Этот метод применяется для исследования жидкостей и газов.

Во втором варианте внешний цилиндр неподвижен, внутренний крепится на оси, вмонтированной для уменьшения трения в шариковых подшипниках, и приводится во вращение с помощью падающего груза.

Экспериментально получают зависимость крутящих моментов от угловой скорости вращения измерительной поверхности.



## *Капиллярные вискозиметры*

Эти приборы используются для определения вязкости бульона, топленых жиров, крови, растительных масел.

Наибольшее распространение и применение получили вискозиметры Оствальда, Убеллоде.

Капиллярные вискозиметры представляют собой U-образные трубки, в одно из колен которых помещен капилляр.

В приборе Убеллоде для истечения жидкости необходимо в одном из колен принудительно создавать давление или вакуум, в то время как в приборе Оствальда перетекание жидкости из одного колена в другое происходит за счет гидростатического давления.

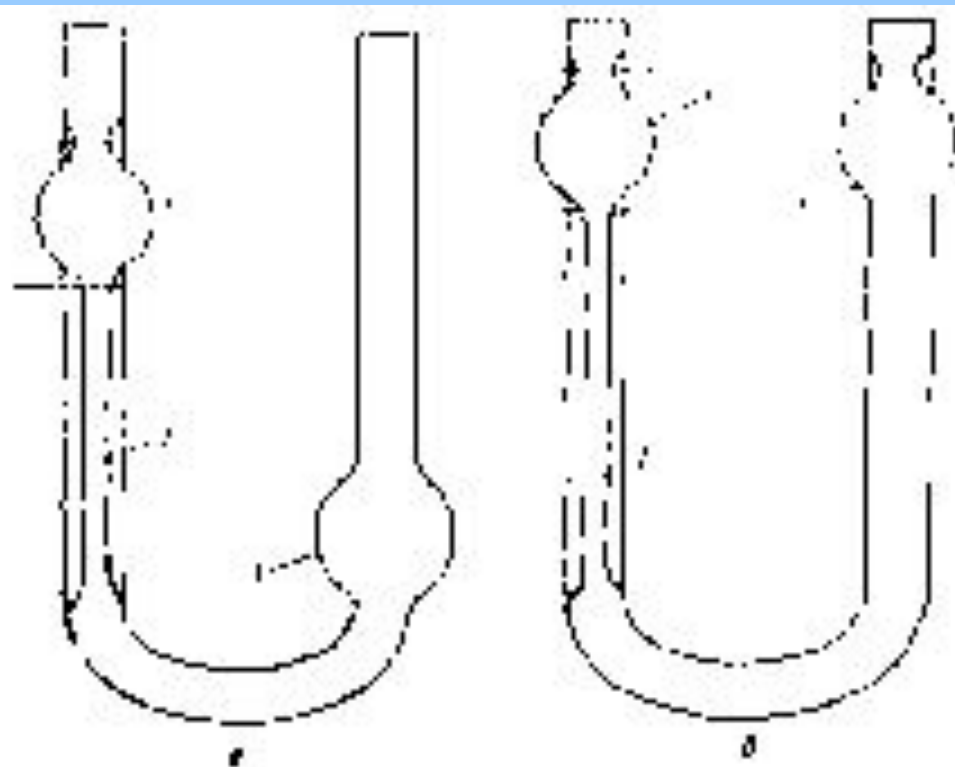


Рис. 3.4. Наполненные дифференциальные

а — дифференциал Штвенделя, б — дифференциал Швенделя

1 — емкость для измерения количества жидкости, при отклонении уровня манометра, 2 — манометр, 3 — емкость для сбора конденсата

# *Пенетрометры*

Пенетрометры различных модификаций производства Венгрии, Германии, России предназначены для качественного и быстрого измерения как в лабораториях, так и в производственных условиях.

Они широко применяются для испытаний в нефтеперерабатывающей, косметической, пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Принцип действия пенетрометров заключается в том, что прибор автоматически измеряет степень пенетрации, т. е. выраженное в 0,1 мм расстояние, на которое индентор (игла или конус) проникает в испытуемый материал перпендикулярно его поверхности при температуре 20°C в течение 5 с.

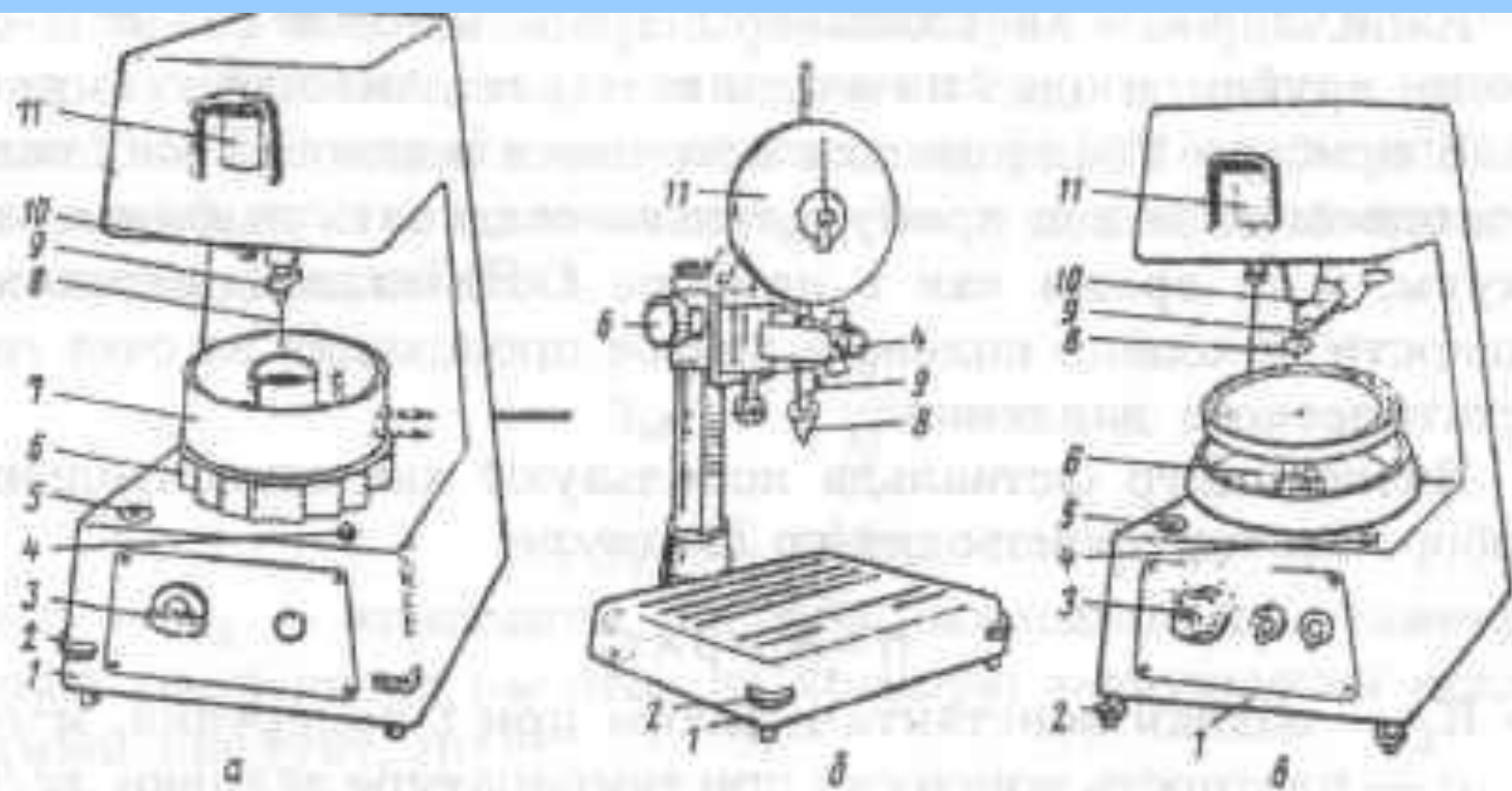


Рис. 3.5. Пенетрометры фирмы "Labor" различных модификаций:  
 а — ОВ-204; б — ОВ-203; в — ОВ-205;  
 1 — станина; 2 — установочные винты; 3 — регулятор времени пенетрации; 4 — кнопка пуска; 5 — уровнемер; 6 — подъемный винт; 7 — термостатирующая емкость; 8 — индентор;  
 9 — зажимная головка; 10 — лампа для освещения рабочего пространства; 11 — шкала отсчета

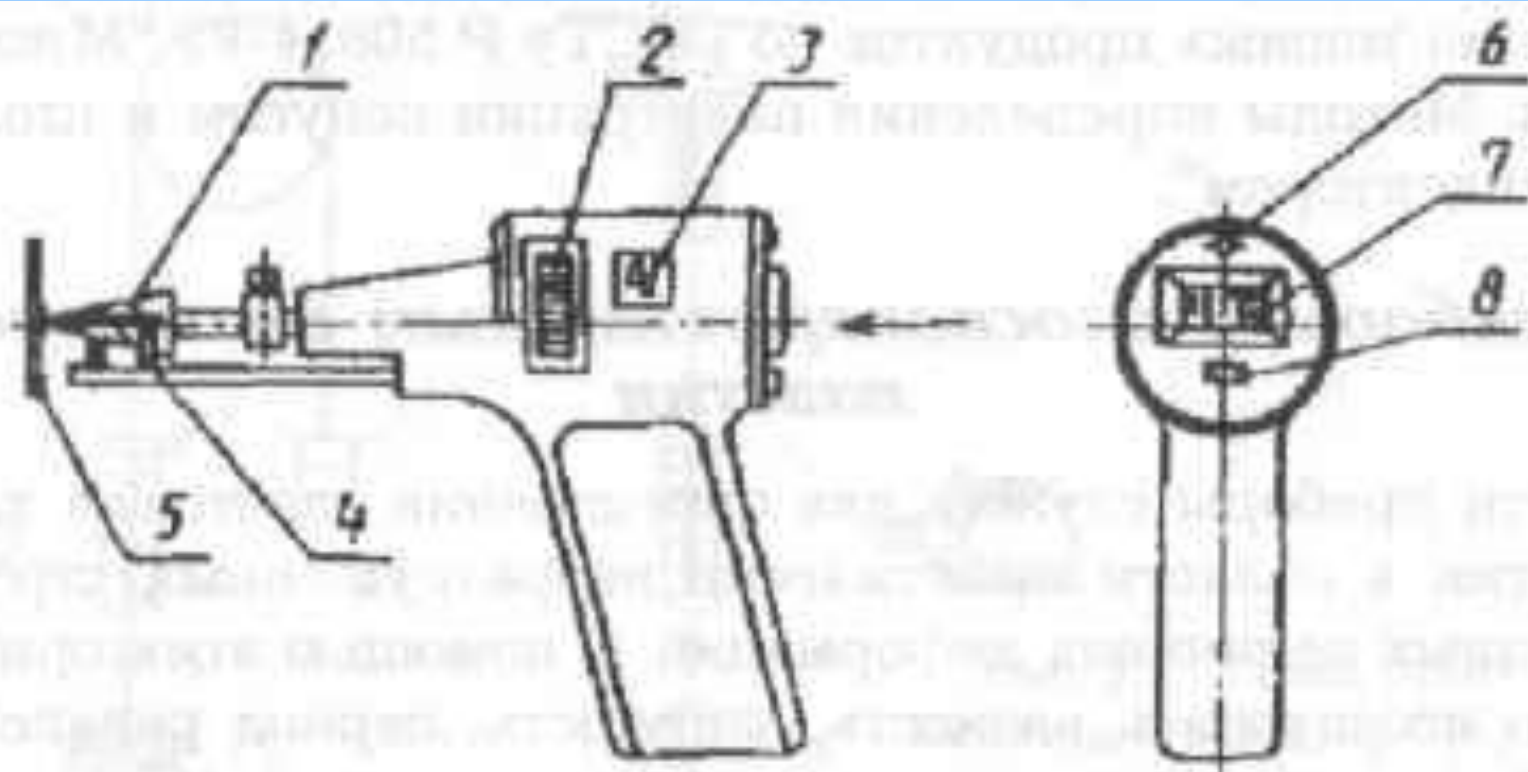


Рис. 3.6. Пенетрометр ручной переносной ППМ-4:

- 1 — индентор; 2 — барабан; 3 — указатель диапазона сил;  
 4 — шарнирное устройство; 5 — опорное кольцо;  
 6 — индикатор силы; 7 — цифровой индикатор перемещения;  
 8 — выключатель

## *Приборы с плоскопараллельным смещением пластин*

Эти приборы служат для определения сдвиговых характеристик в области практически не разрушенных структур при малых величинах деформаций.

С помощью этих приборов можно исследовать вязкость, упругость, период релаксации.

Метод смещения пластин используется в конструкции приборов со смещением верхней пластины, когда исследуемый материал находится между двумя пластинами



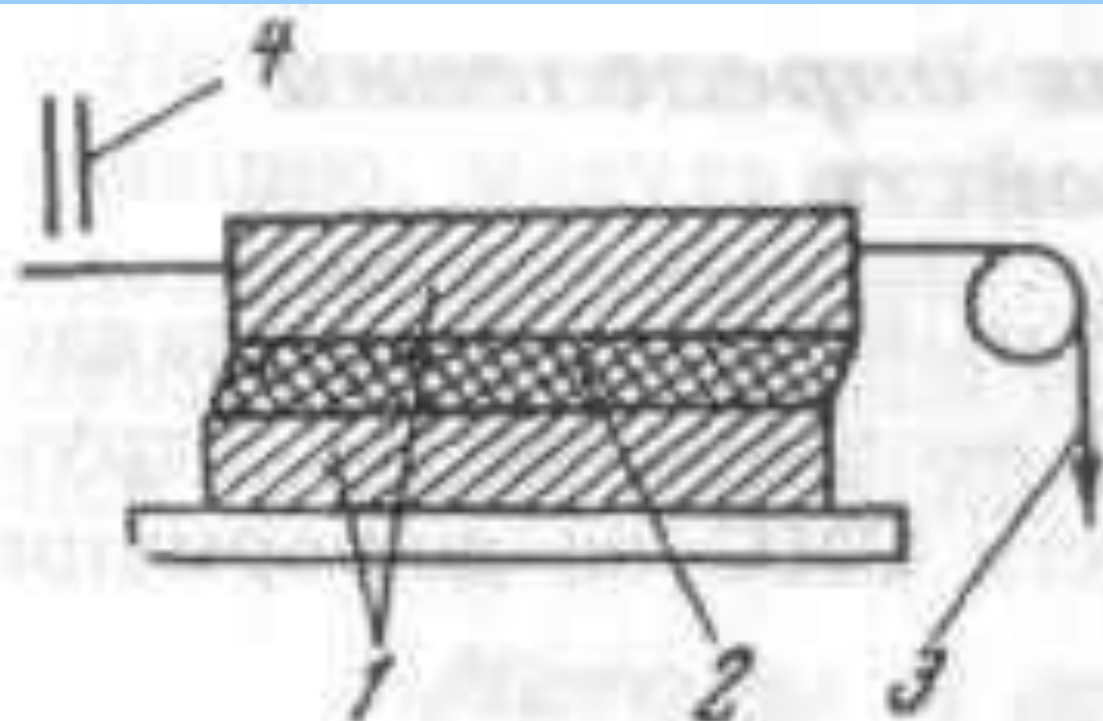


Рис. 3.7. Схема приборов со смещением верхней пластины:  
1 — пластины; 2 — продукт;  
3 — нить с грузом;  
4 — линейка с микроскопом

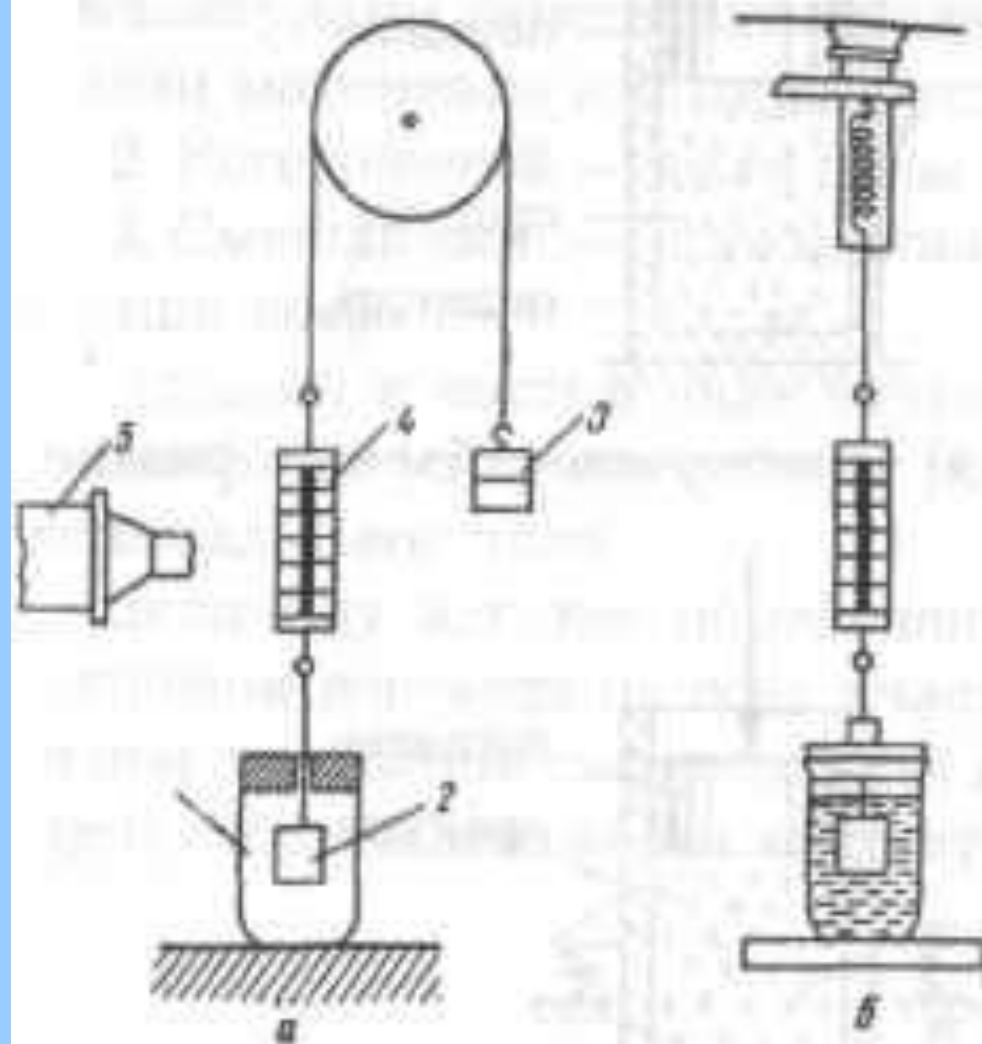


Рис. 3.8. Схема прибора Вейлера-Ребиндера (а) и его модификация (б):

- 1 — кювета; 2 — пластина;  
 3 — груз; 4 — микрошкала;  
 5 — микроскоп



Прибор для определения пиллингуемости тканей МТ-195 (ПМВ-4М).



Прибор для определения раздвигаемости нитей в ткани МТ-196 (РТ-2М).

Приборы, для определения ПК непродуктивных товаров



