

## Лекция 6. Измерение атмосферного давления

### Измерение малого давления. Вакуумметры.

Вакуумметры применяются для измерения давления ниже 1 мм. рт. ст.

#### 1. Термопарный вакуумметр (рис. 6.1).

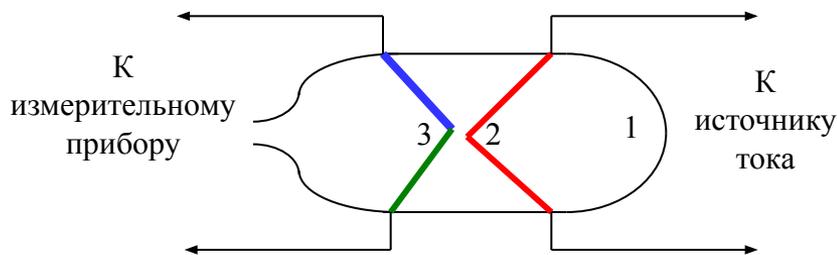


Рис. 6.1. Термопарный вакуумметр

**1 – стеклянный баллон,  
2 – проволока, нагреваемая  
током,  
3 – термопара.**

**Проволока нагревается до определенной постоянной температуры.**

**Вблизи от проволоки находится теплый спай термопары.**

## Лекция 6. Измерение атмосферного давления

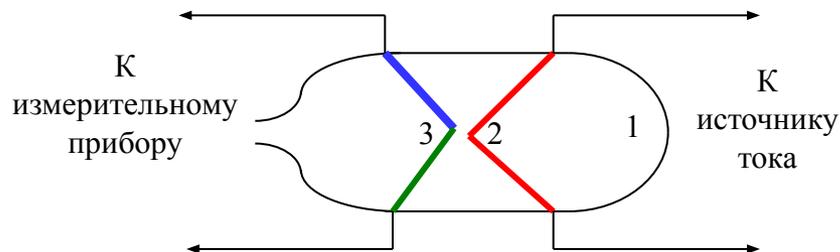


Рис. 6.1. Термопарный вакуумметр

**Холодный спай термопары находится на корпусе и имеет температуру окружающего воздуха.**

**Передача тепла от нагретой проволоки к теплому спаю идет за счет конвекции.**

**Коэффициент конвективного теплообмена зависит от плотности воздуха (т.е. от давления).**

**Значит, разность температур между теплым и холодным спаем зависит от давления. Она может быть измерена любым прибором для измерения слабого тока.**

**Термопарный вакуумметр измеряет давление от 10 до  $10^{-3}$  мм.рт.ст.**

## Лекция 6. Измерение атмосферного давления

### 2. Ионизационный вакуумметр.

**В триоде электроны с катода летят к аноду.**

**Их количество и скорость движения регулируется напряжением на сетке.**

**Отрицательное напряжение сетки замедляет электроны и может полностью закрыть лампу.**

**Такая лампа может использоваться в качестве достаточно мощного усилителя сигнала.**

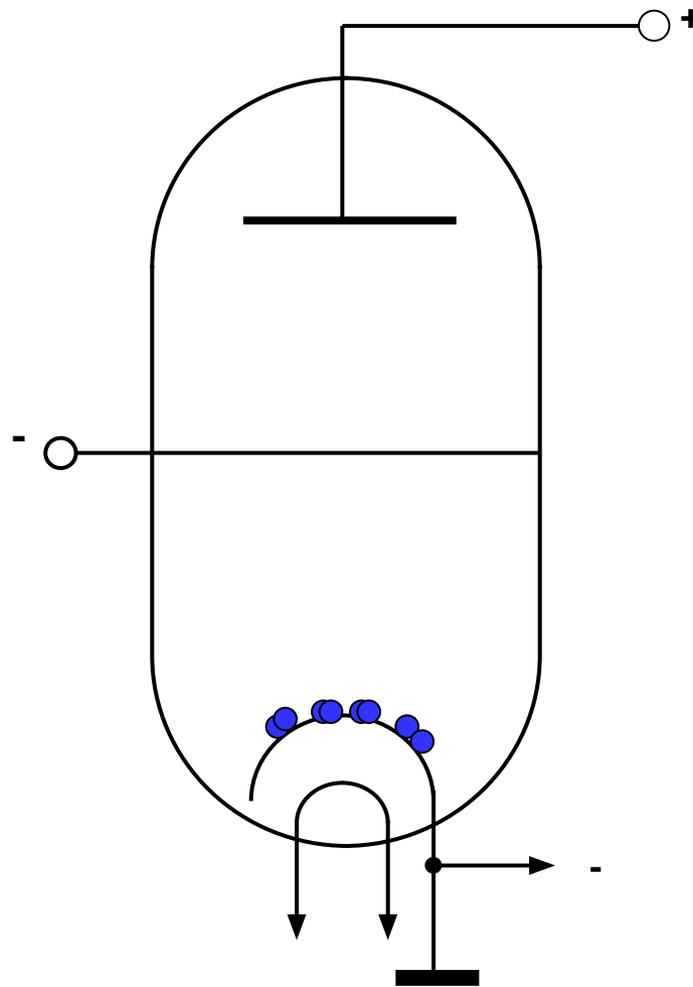


Рис. 6.2. Триод

## Лекция 6. Измерение атмосферного давления

В ионизационном вакуумметре полость лампы соединяется с окружающей средой.

Конфигурация и название электродов изменено.

Электроны с катода летят к сетке и сталкиваются с редкими молекулами воздуха. Происходит ионизация.

Образовавшиеся ионы летят к отрицательно заряженному коллектору. Там они разряжаются, образуя нейтральные молекулы.

По цепи «коллектор-катод» проходит слабый ток.

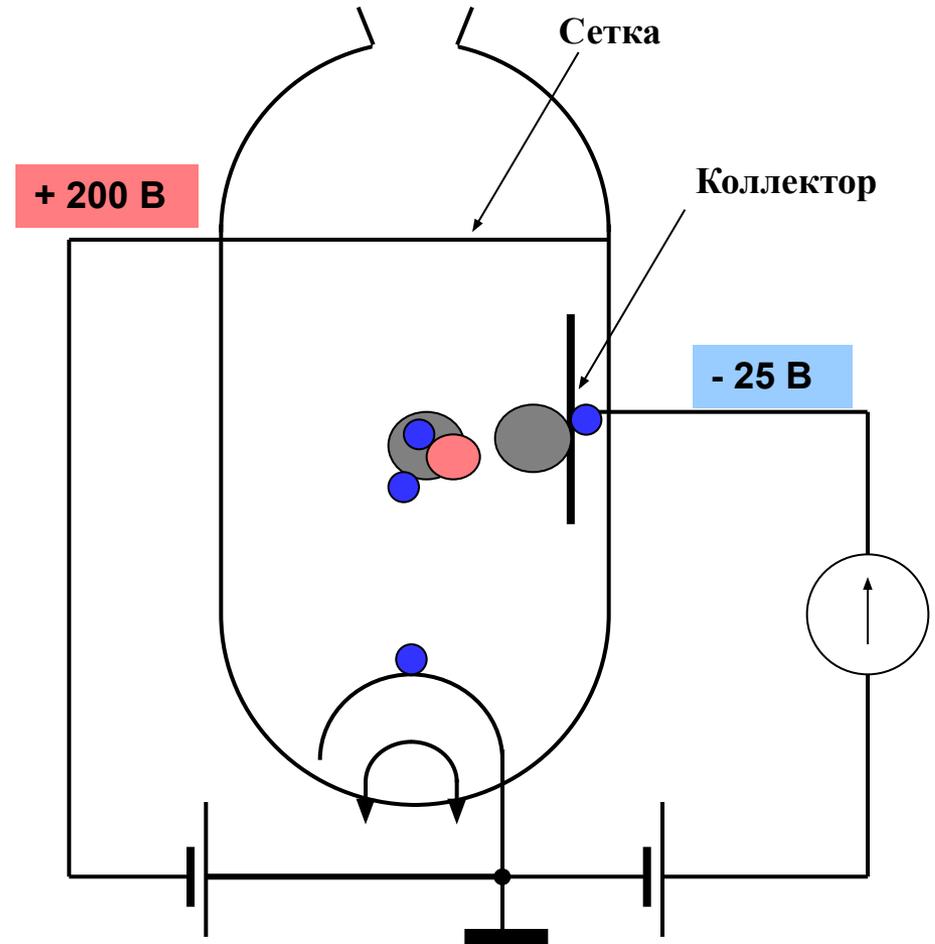


Рис. 6.3. Ионизационный вакуумметр

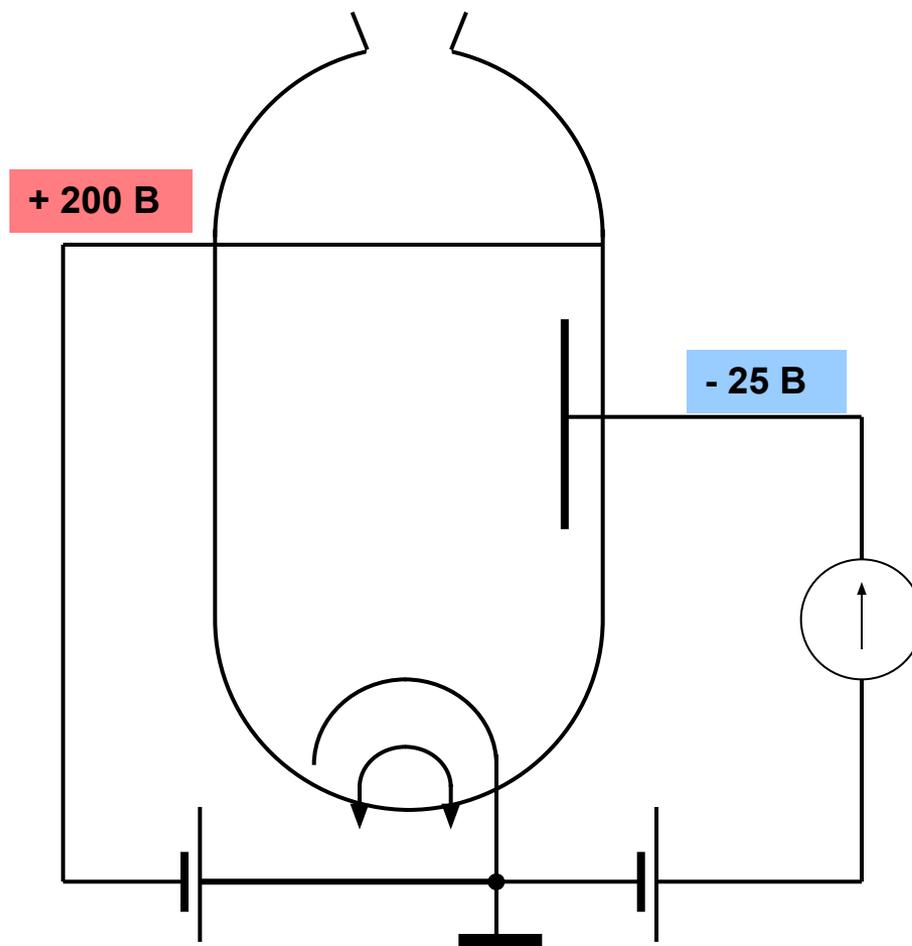
## Лекция 6. Измерение атмосферного давления

Чем больше молекул ионизуется (т. е. чем больше давление!), тем больше коллекторный ток.

Он может быть измерен любым достаточно чувствительным прибором для измерения тока.

Ионизационный вакуумметр измерят давление от  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$  мм. рт. ст.

А почему нельзя так измерять нормальное давление?...



## Лекция 6. Измерение атмосферного давления

---

Употребляются также следующие типы вакуумметров.

**3. Деформационный вакуумметр.** Его действие аналогично деформационному барометру-анероиду. Часто используется в комплекте с емкостным измерителем давления (подобно барометру БРС). Пределы измерения – от  $10^{-2}$  до 10 гПа.

**4. Грузопоршневой вакуумметр.** Трубка с поршнем сообщается с окружающей средой, давление в трубке уравнивается давлением поршня. Измеряется сила давления поршня.

**5. Магнитный электроразрядный вакуумметр** – ионизационный вакуумметр, действие которого основано на зависимости тока электрического разряда в магнитном поле от измеряемого давления.

## Лекция 6. Измерение атмосферного давления

---

### **6. Ионизационный вакуумметр с магнитным полем -**

**ионизационный вакуумметр, в котором используется магнитное поле для удлинения траектории электронов и увеличения числа образованных ионов (до  $10^{-12}$  мм.рт.ст.).**

**7. Классические жидкостные барометры (вакуумметры) - обычные жидкостные барометры, в которых вместо ртути используется масло (от  $10^{-1}$  до 1000 гПа).**

**В вакуумной технике часто используется единица**

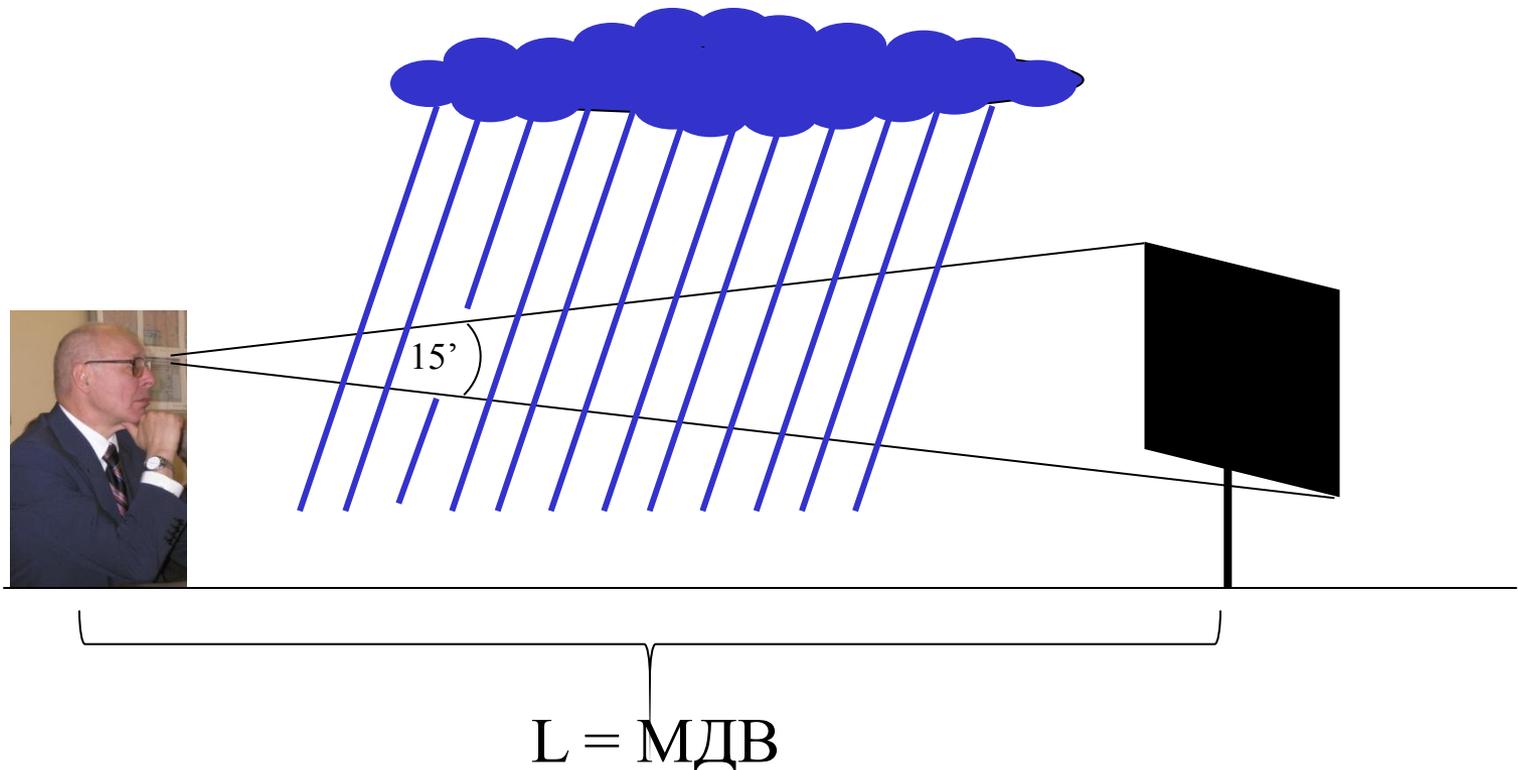
**– 1 Torr (Torr) = 1 мм. рт. ст.**

## Лекция 6. Измерение метеорологической дальности видимости

### Измерение метеорологической дальности видимости

#### Вывод уравнения Кошмидера

**Метеорологическая дальность видимости (МДВ)** – это предельное расстояние, на котором в дневное время виден черный предмет на фоне неба, если угловые размеры предмета не меньше  $15'$ .



## Лекция 6. Измерение метеорологической дальности видимости

---

**Яркостный контраст (K)** предмета, рассматриваемого на каком-либо фоне:

$$K = \frac{J_{\phi} - J_o}{J_{\phi}}$$

$J_{\phi}$  - видимая яркость фона,

$J_o$  - видимая яркость объекта,

Видно, что:  $0 \leq K \leq 1$

Обозначим минимальный контраст, воспринимаемый человеческим глазом:

$$\varepsilon = \min K$$

Для людей с нормальным зрением  $0,03 < \varepsilon < 0,05$

Значит, **МДВ** – это такое расстояние, на котором яркостной контраст черного предмета на фоне неба равен  $\varepsilon$ .

## Лекция 6. Измерение метеорологической дальности видимости

---

Ослабление света в мутной атмосфере подчиняется уравнению Буге-Ламберта:

$$J = J_0 e^{-kl}$$

- $J$  - видимая яркость объекта,
- $J_0$  - яркость объекта,
- $l$  - расстояние до объекта,
- $k$  - показатель ослабления.

## Лекция 6. Измерение метеорологической дальности видимости

---

Если рассматривается черный объект в мутной атмосфере, то его видимая яркость  $J_{об}$  определяется яркостью дымки, находящейся между объектом и наблюдателем:

$$J_{об} = J_{\infty} (1 - e^{-kl})$$

$J_{\infty}$  - яркость фона (дымки).

Тогда перепишем уравнение контраста:

$$K = \frac{J_{\infty} - J_{об} (1 - e^{-kl})}{J_{об}} = e^{-kl}$$

На расстоянии МДВ = L видимый контраст равен  $\varepsilon$  :

$$\varepsilon = e^{-kL}$$

## Лекция 6. Измерение метеорологической дальности видимости

---

$$\varepsilon = e^{-kL}$$

Выразим отсюда  $L$  :

$$L = -\frac{\ln \varepsilon}{k}$$

Это **уравнение Кошмидера**, связывающее МДВ с показателем ослабления.