

## 2.4. Экспериментальная проверка распределения Максвелла.

### 2.4.1. Опыты Штерна.

Первым экспериментальным подтверждением распределения Максвелла по скоростям были опыты О.Ричардсона (1921), который изучал явление термоэлектронной эмиссии с поверхности металла. В состоянии равновесия над поверхностью нагретого металла образуется электронный газ, в котором электроны при высокой температуре  $T$  имеют максвелловское распределение по скоростям, а при малых плотностях или концентрации электронный газ подобен классическому газу.

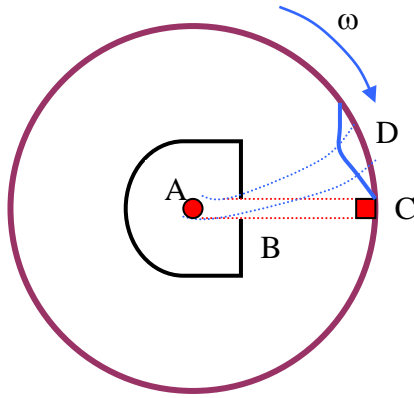


Рис. 4.1.

О.Штерн (1920) качественно подтвердил распределение Максвелла, определив разброс молекул газа по скоростям при помощи вращающегося цилиндра (см рис. 4.1). Платиновая нить  $A$ , покрытая серебром, располагалась вдоль цилиндра, способного вращаться вокруг собственной оси. Через нить пропусклся ток, нить нагревалась, и серебро испарялось (температура плавления  $\approx 961.9$  °C). Пространство внутри цилиндра откачивалось до вакуума  $\sim 10^{-6}$  мм рт.ст., и атомы серебра, проходя через узкую диафрагму  $B$ , осаждались на внутренней поверхности цилиндра, стенки которого охлаждались для более быстрого осаждения серебра. Когда цилиндр неподвижен, то на внутренней стенке цилиндра получали резкое изображение щели  $B$  в точке  $C$ . Когда система вращалась (вся система вместе: цилиндр, экран и нить), тогда наблюдалось смещенное и размазанное изображение щели, например, в точке  $D$ . Тогда расстояние между изображениями

$C$  и  $D$  –  $S$  определяется как:

$$S = \omega R \tau, \quad (2.4.1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения цилиндра,  $R$  – его радиус, а  $\tau$  – время прохождения атомами серебра расстояния  $L$  от точки  $B$  до поверхности цилиндра:  $\tau = L/v$ . Тогда некоторую среднюю скорость молекул можно найти исходя из соотношения:

$$v = \frac{\omega R L}{S} \quad (2.4.2)$$

Однако разброс скоростей атомов серебра был велик, поэтому речь шла только о некоторой средней скорости. Штерн получил скорости молекул  $v \sim 560 \div 640$  м/с при температуре  $T = 1200$ °C, что оказалось близким к значениям наиболее вероятной и средней квадратичной скоростям. Таким образом, результаты опытов Штерна находились в качественном согласии с выводами теории Максвелла.

### 2.4.2. Усовершенствованные опыты Штерна.

Дж. Эдридж (1927 г.) и Б. Ламмерт (1926-1929) ввели селекторы скоростей, работающие на принципе зубчатого колеса (как в опытах Физо со светом). Идея опыта схематически изображена на рис. 4.2. Пучок молекул из печи  $A$  коллимировался на щелях и попадал на вращающиеся зубчатые диски  $D_1$  и

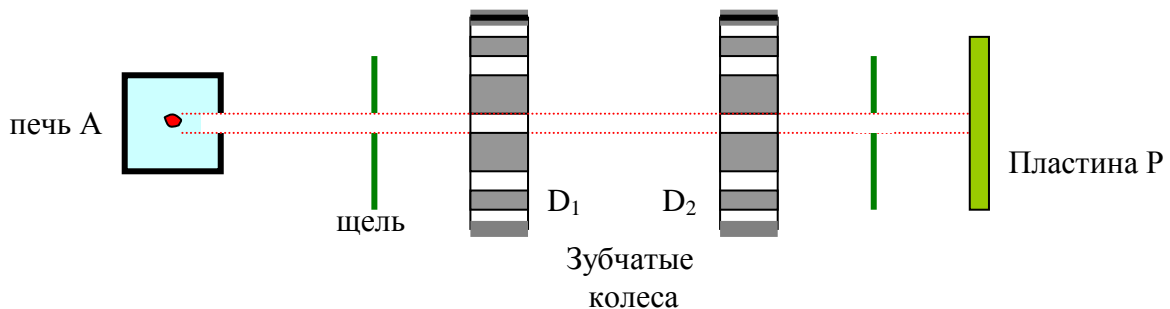


Рис. 4.2.

$D_2$ . Прорези у зубчатых дисков смещены на угол  $\alpha$ . Когда зубчатые диски покоятся (не вращаются), то атомы не проходят к регистрирующей пластинке  $P$  (не осаждаются), поскольку щель одного диска

попадает на зуб второго. Когда диски вращаются, то проходят атомы определенных скоростей, т.е. только те, которые пролетят расстояние между дисками за время их поворота на угол  $\alpha$ . По количеству атомов, осажденных на пластине  $P$ , можно судить о распределении молекул по проекции скорости вдоль направления пучка. Недостатком этого метода является то, что на пластинку приходят атомы с другими относительно небольшими скоростями, когда поворот происходит на большие углы.

Цартман попытался избежать этого эффекта и усовершенствовал опыты (рис. 4.3). Из печи коллимированный пучок атомов попадал на вращающийся цилиндр с отверстием. При попадании пучка в отверстие молекулы осаждались на внутренней стенке цилиндра. При этом у точки  $A$  собирались атомы

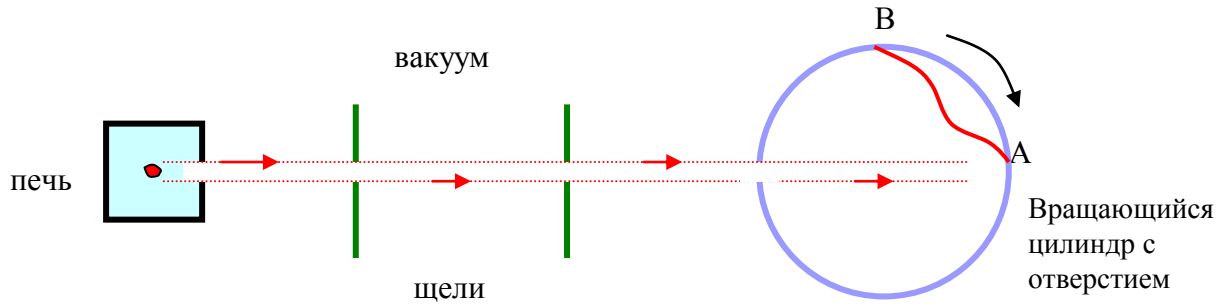


Рис. 4.3.

или молекулы с очень большими скоростями, а к точке  $B$  – более медленные молекулы. Если диаметр цилиндра равен  $d$ , то расстояние от точки  $A$  на стенку цилиндра, куда осаждаются молекулы равно:

$$x = \frac{1}{2} \omega d \cdot t = \frac{1}{2} \omega d \cdot \frac{d}{v} \quad (2.4.3)$$

где  $v$  – скорость молекул, а  $\omega$  – угловая скорость вращения цилиндра. По числу осажденных молекул (по почернению пластины) можно судить о распределении молекул по скоростям.

В результате проведения всех экспериментов были получены результаты в согласии с Максвелловским распределением молекул по скоростям.

---

Примечание 1. *Оуэн Вильямс Ричардсон, английский физик, 1879–1959, Нобелевская премия 1928г. за определение законов термоэлектронной эмиссии;*

*Отто Штерн, немецкий физик, 1888–1969, Нобелевская премия 1943г. за развитие молекулярно-лучевого метода и открытие магнитного момента протона;*

*Дж. Эдридж*

*Бертольд Ламмерт, немецкий физик-экспериментатор,*

---