

# История физики в вопросах и задачах.

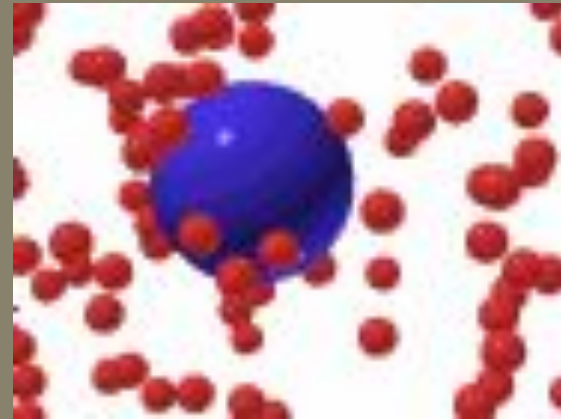


Факультативные занятия  
по физике

# Опыт Штерна – итог...?

**10 класс**

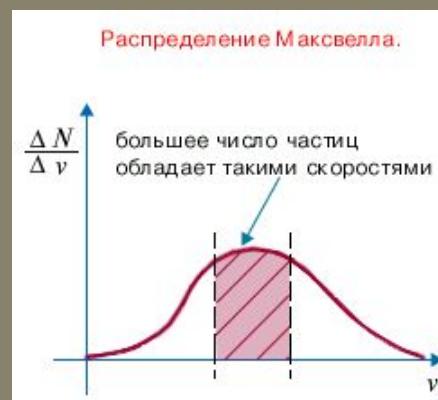
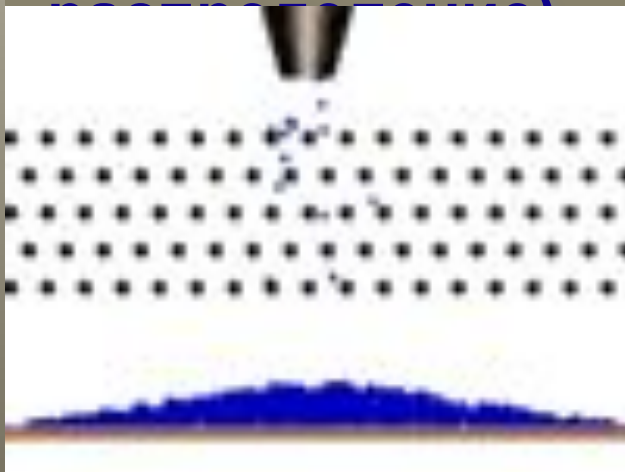
## БРОУН Роберт (1773-1858), английский ботаник



- Описал ядро растительной клетки и строение семяпочки.  
В 1828 Броун опубликовал "Краткий отчет о наблюдениях в микроскоп...", в котором описал открытое им движение частиц.

# создатель классической электродинамики, один из основоположников статистической физики

- Максвелл первым высказал утверждение о статистическом характере законов природы. В 1866 им открыт первый статистический закон — закон распределения молекул по скоростям (Максвелла)



**физической кинетики. Вывел функцию  
распределения, названную его именем, и основное  
кинетическое уравнение газов.**



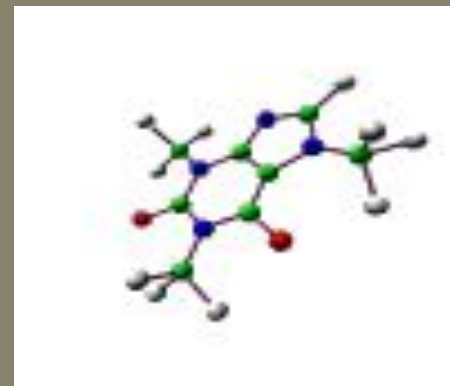
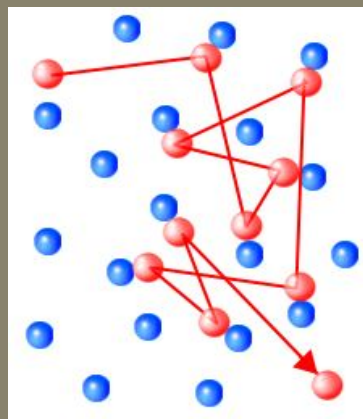
- **Больцман был одним из немногих, вполне осознавших значение работ Максвелла. Он обобщил закон распределения скоростей молекул на газы, находящиеся во внешнем силовом поле, и установил формулу распределения молекул газа по координатам при наличии произвольного потенциального поля (1868-71).**



# ПЕРРЕН Жан Батист (1870-1942), французский физик,



- Экспериментальные исследования Перреном броуновского движения (1908-13) окончательно доказали реальность существования молекул. Нобелевская премия (1926).





**ШТЕРН Отто (1888-1969), физик.  
Родился в Германии, с 1933 в США.**

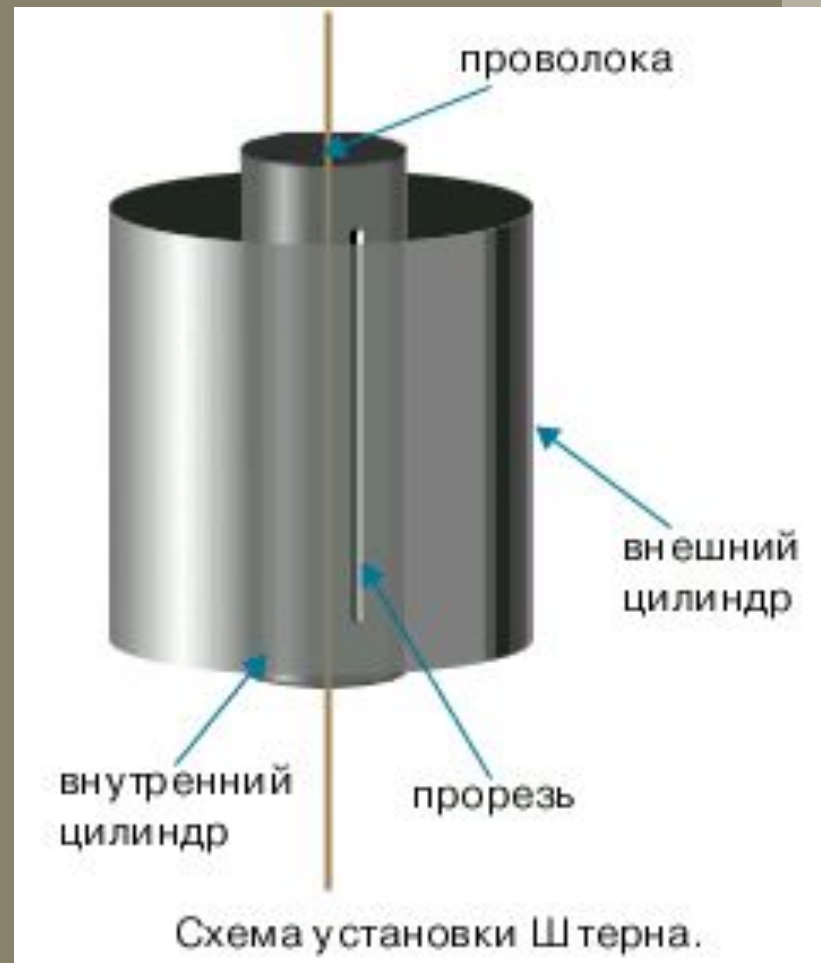
**Нобелевская премия, 1943 год.**



- **Отто Штерн измерил (1920) скорость теплового движения молекул газа (опыт Штерна). Экспериментальное определение скоростей теплового движения молекул газа, осуществленное О. Штерном подтвердил правильность основ кинетической теории газов.**

# Опыт Штерна

- В стенке внутреннего цилиндра была сделана узкая продольная щель, через которую проникали движущиеся атомы металла, осаждаясь на внутренней поверхности внешнего цилиндра, образуя хорошо наблюдаемую тонкую полоску прямо напротив прорези.





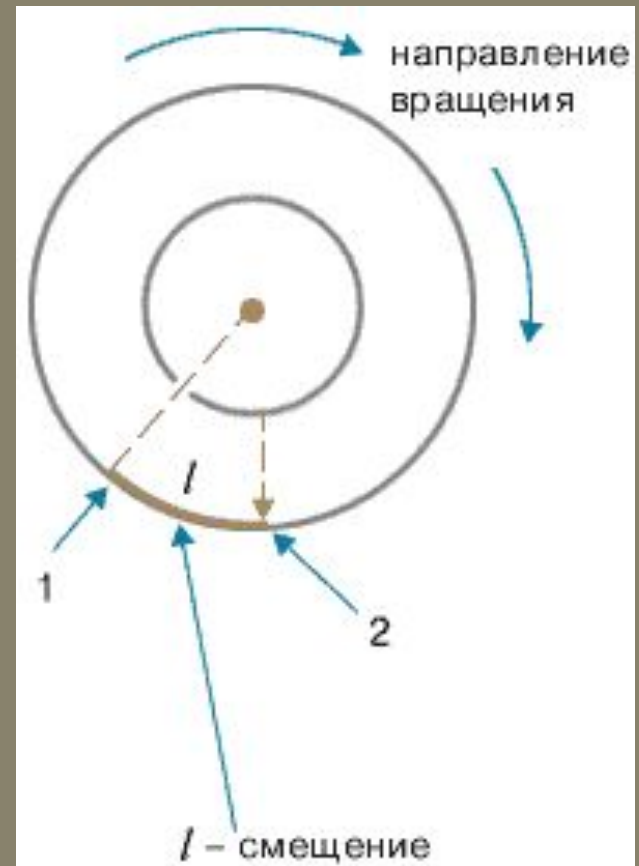
# Опыт Штерна

- В стенке внутреннего цилиндра была сделана узкая продольная щель, через которую проникали движущиеся атомы металла, осаждаясь на внутренней поверхности внешнего цилиндра, образуя хорошо наблюдаемую тонкую полоску прямо напротив прорези.



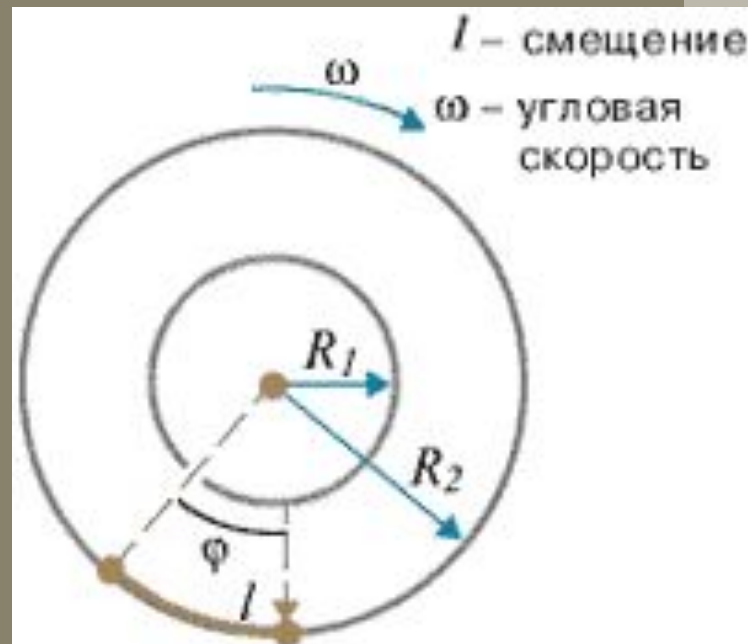
# Опыт Штерна

- Цилиндры начинали вращать с постоянной угловой скоростью. Теперь атомы, прошедшие сквозь прорезь, оседали уже не прямо напротив щели, а смещались на некоторое расстояние, так как за время их полета внешний цилиндр успевал повернуться на некоторый угол. При вращении цилиндров с постоянной скоростью, положение полоски, образованной атомами на внешнем цилиндре, смещалось на некоторое расстояние.



# Опыт Штерна

- Зная величины радиусов цилиндров, скорость их вращения и величину смещения легко найти скорость движения атомов.
- Время полета атома  $t$  от прорези до стенки внешнего цилиндра можно найти, разделив путь, пройденный атомом и равный разности радиусов цилиндров, на скорость атома  $v$ . За это время цилиндры повернулись на угол  $\varphi$ , величину которого найдем, умножив угловую скорость  $\omega$  на время  $t$ . Зная величину угла поворота и радиус внешнего цилиндра  $R_2$ , легко найти величину смещения  $l$  и получить выражение, из которого можно выразить скорость движения атома



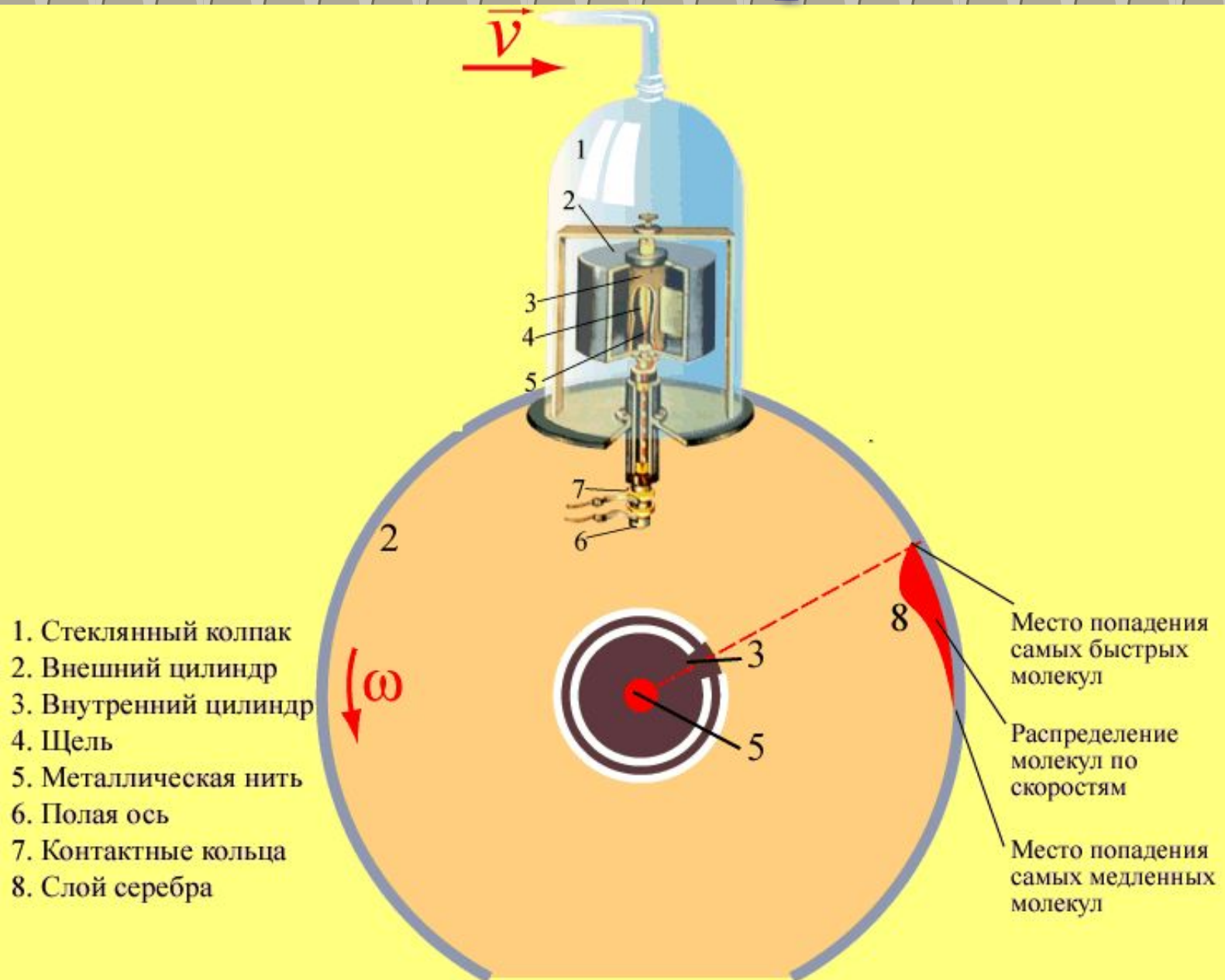
$$a) \quad t = \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$b) \quad \varphi = \omega \cdot t = \omega \cdot \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$c) \quad l = \varphi \cdot R_2 = \omega \cdot R_2 \cdot \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$d) \quad v = \frac{\omega \cdot R_2 \cdot (R_2 - R_1)}{l}$$

# Опыт Штерна

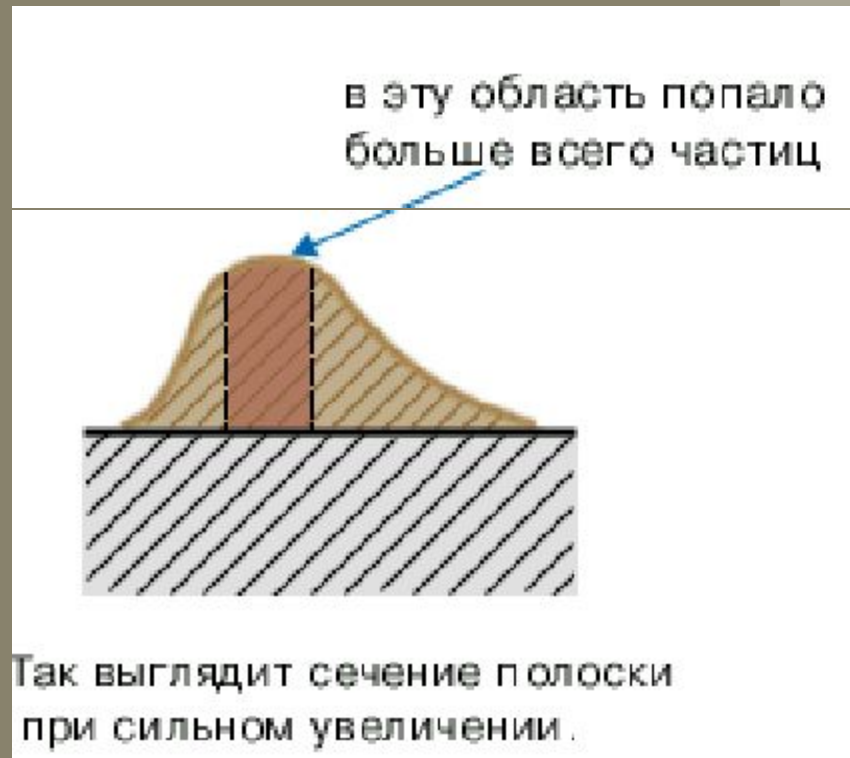


# Скорости молекул некоторых газов при $0^{\circ}\text{C}$

газ	<i>м/с</i>
углекислый газ	<i>360</i>
кислород	<i>425</i>
азот	<i>450</i>
водяной пар	<i>570</i>
гелий	<i>1200</i>
водород	<i>1700</i>

# Задача №1

Внимательное изучение полоски серебра в опыте Штерна при вращающемся цилиндре показало, что полоска оказалась размытой и неодинаковой по толщине. Как можно объяснить этот факт?



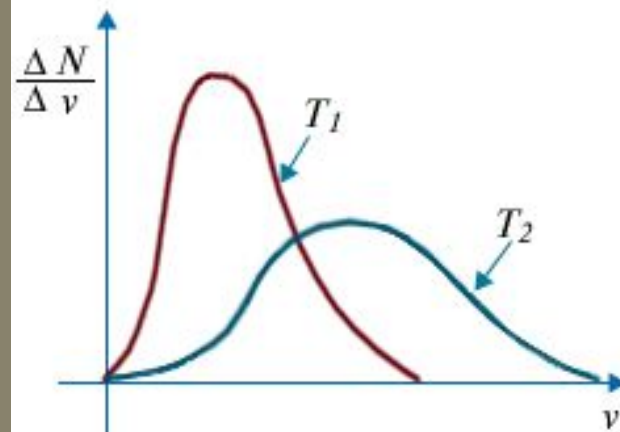


# Задача №2

Многokратные повторения опыта Штерна позволили установить, что с увеличением температуры участок полосы с максимальной толщиной смещается к началу. Что это значит?

**Ответ:** *при увеличении температуры скорости молекул возрастают, и тогда наиболее вероятная скорость находится в области высоких температур.*

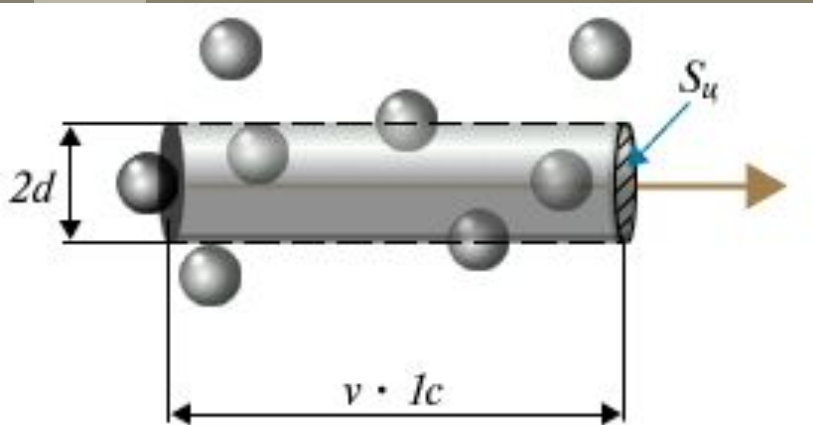
Зависимость распределения Максвелла от температуры.



$$T_2 > T_1$$



# Расчет числа соударений и длины свободного пробега частицы\*



$$V_{\text{ц}} = S_{\text{ц}} \cdot v \cdot l_{\text{с}} = \pi d^2 \cdot v \cdot l_{\text{с}}$$
$$z = V_{\text{ц}} \cdot n$$

$$z = \pi d^2 \cdot v \cdot n$$

$z$  – число соударений за 1с

$V_{\text{ц}}$  – объём цилиндра

$S_{\text{ц}}$  – площадь основания цилиндра

$d$  – диаметр частицы

$n$  – концентрация

$v$  – скорость частицы

*Средняя длина свободного пробега – среднее расстояние, которое частица проходит от одного соударения до другого*

$$\lambda = \frac{v \cdot l_{\text{с}}}{z}$$

$$\lambda = \frac{v \cdot l_{\text{с}}}{\pi d^2 \cdot v \cdot l_{\text{с}} \cdot n}$$

$$\lambda = \frac{1}{\pi d^2 \cdot n}$$

$\lambda$  – длина свободного пробега частицы