

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті

ФИЗИКА

Физика кафедрасы

Арнайы салыстырмалылық теориясының элементтері.

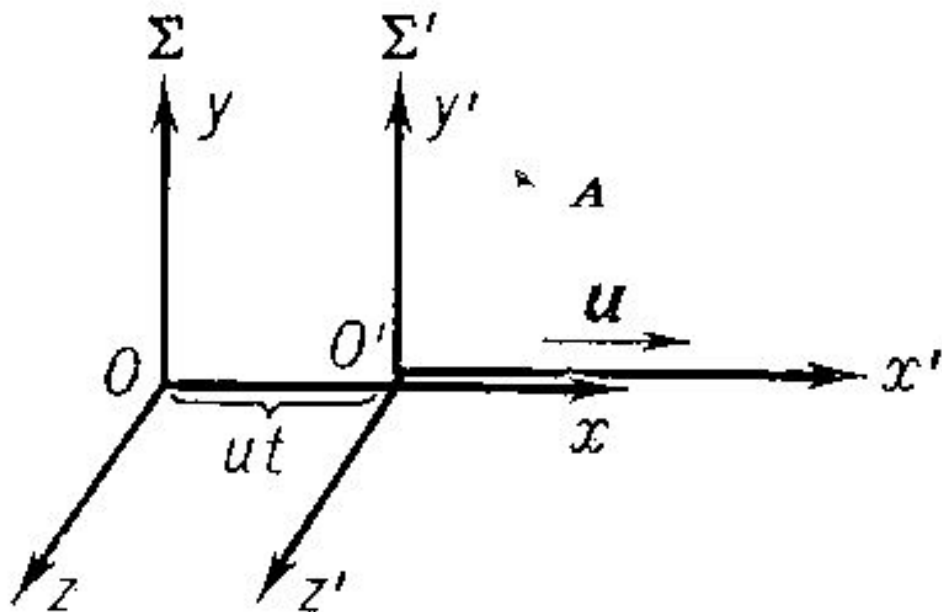


*Құрастырушылар:
Салькеева А.К.*

№5 Лекция жоспары

1. Арнайы салыстырмалылық теориясының элементтері.
- 2.Эйнштейн постулаттары.
- 3.Лоренц түрлендірулері.
- 4.Түрлендірулер инварианттары.
5. Жылдамдықтарды қосудың релятивтік заңы.
- 6.Импульс пен энергияны релятивтік түрлендіру

Галилей түрлендіруі



$$x = x' + ut$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = t'$$

$$K \rightarrow K'$$

$$\begin{cases} x' = x - vt, \\ y' = y, \\ z' = z, \\ t' = t, \end{cases}$$

$$K' \rightarrow K$$

$$\begin{cases} x = x' + vt, \\ y = y', \\ z = z', \\ t = t', \end{cases}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx'}{dt} + u$$

– К жүйеде

$$v_x = v'_x + u$$

$$v_y = v'_y$$

$$v_z = v'_z$$

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$$

-классикалық
жылдамдықтарды қосу
ережесі

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv'}{dt} + \frac{du}{dt}$$

$$u = \textit{const}$$

$$a = a'$$

$$\frac{du}{dt} = 0$$

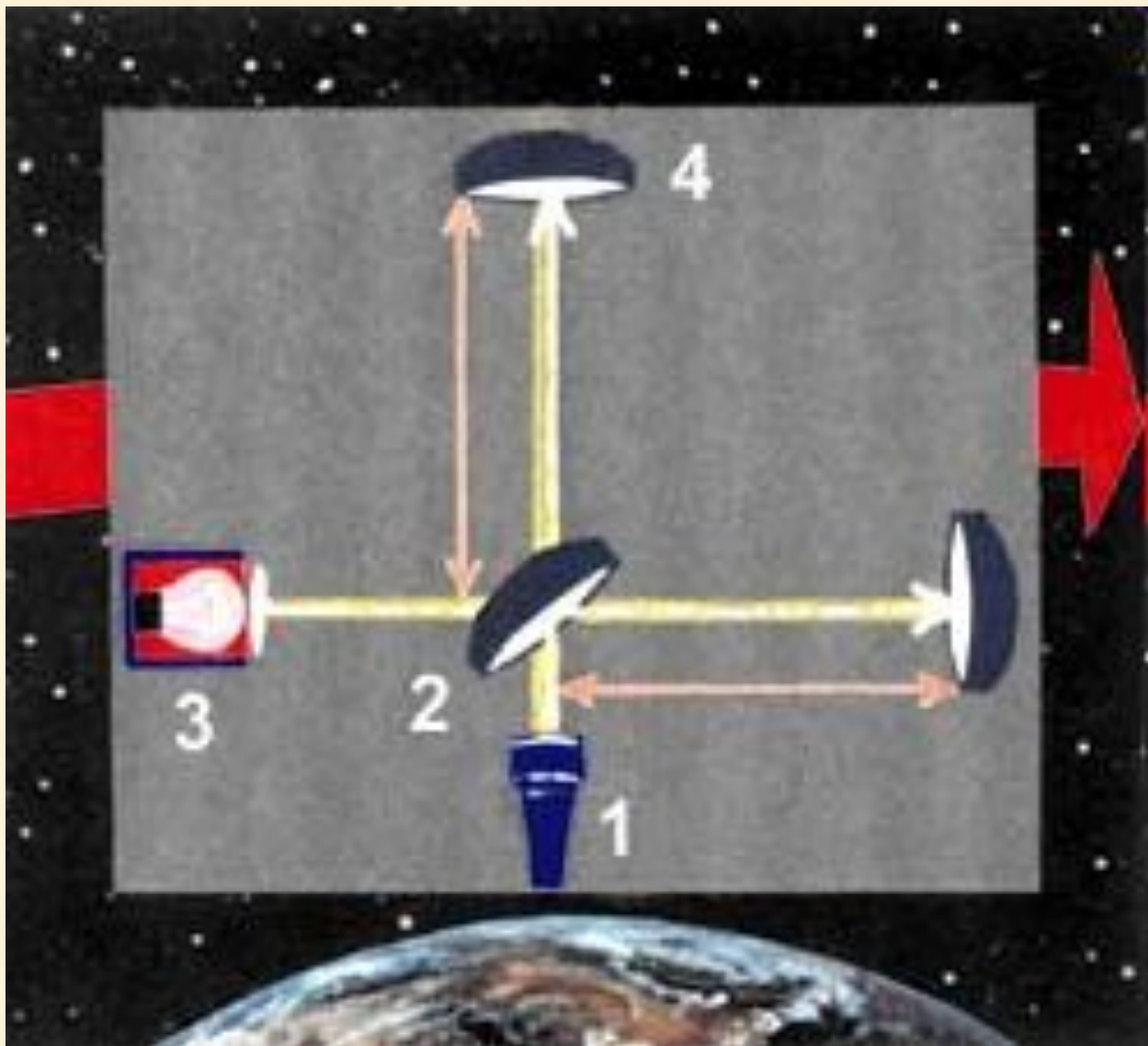
$$F = ma$$

$$F = F'$$

Галилей салыстырмалы принциптері

- 1.Механикалық заңдары барлық инерцилық жүйелерде бірдей өтеді. Бұл жүйелер өзара инвариантты (бірдей).
- 2.Барлық инерциялық санақ жүйесінде механика заңдарының тұжырымдау бірдей орындалады.

Жарық жылдамдығын өлшеу

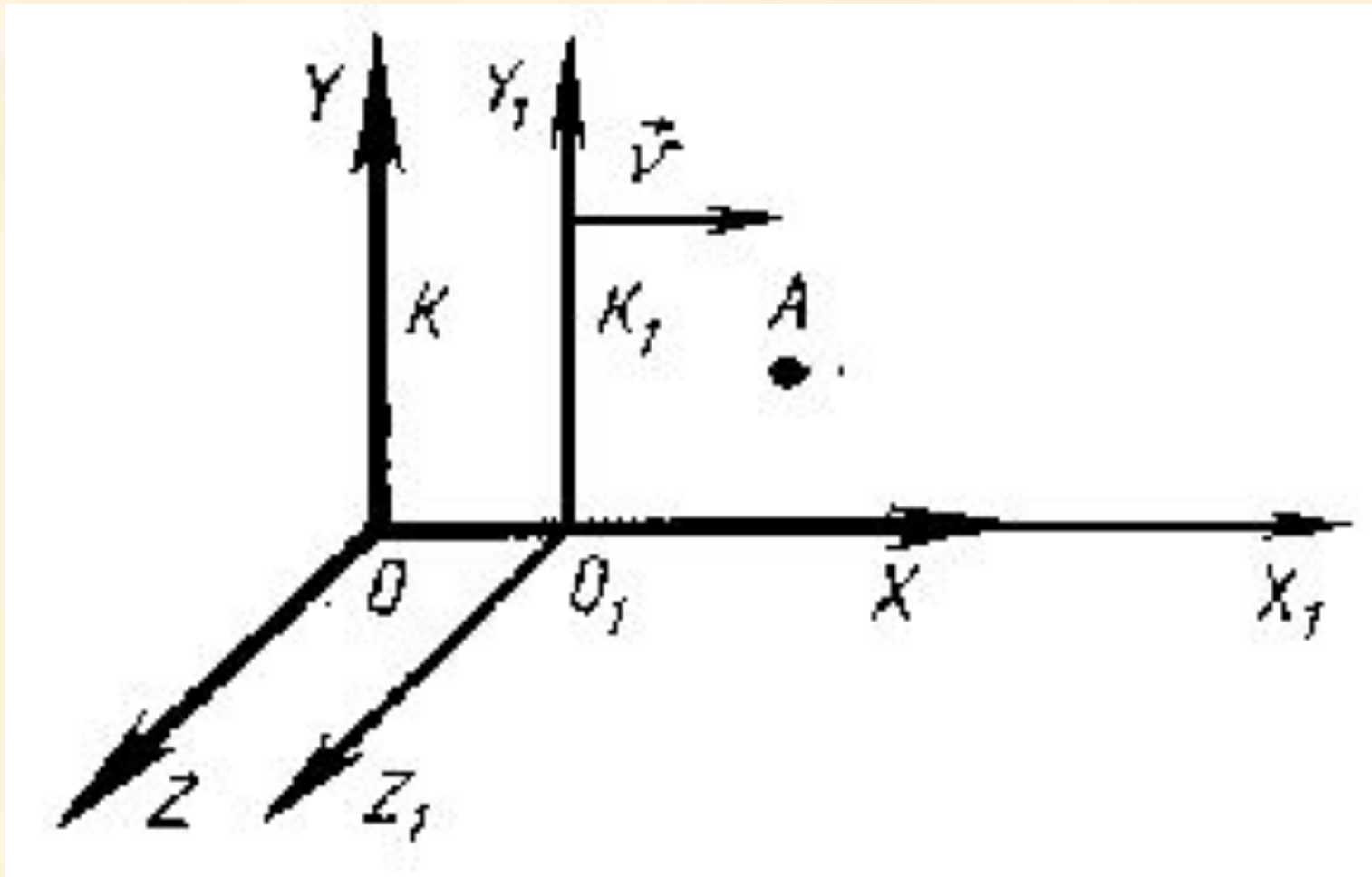


Релятивтік теория.

Эйнштейн постулаттары

1. Табиғаттың заңдары барлық инерцилы жүйелерде бірдей өтеді.
2. Вакуумдағы жарық жылдамдығы жарық көзінің немесе бақылаушының қозғалыс жылдамдығына тәуелді емес. Ол барлық инерциялы жүйелерде бірдей болады.

Лоренц түрлендіруі



$$K(x, y, z, t) \quad K'(x', y', z', t')$$

$$v = \textit{const}$$

$$x = ct \qquad x' = ct'$$

$$x' - x = c(t' - t)$$

$$x \neq x' \qquad t \neq t'$$

$$K \rightarrow K'$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$K' \rightarrow K$$

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Лоренц түрлендіруінің салдары

K жүйесі

$$\tau = t_2 - t_1$$

$$\tau' = \frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

K' жүйесі

$$\tau' = t'_2 - t'_1$$

$$t'_1 = \frac{t_1 - vx/c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

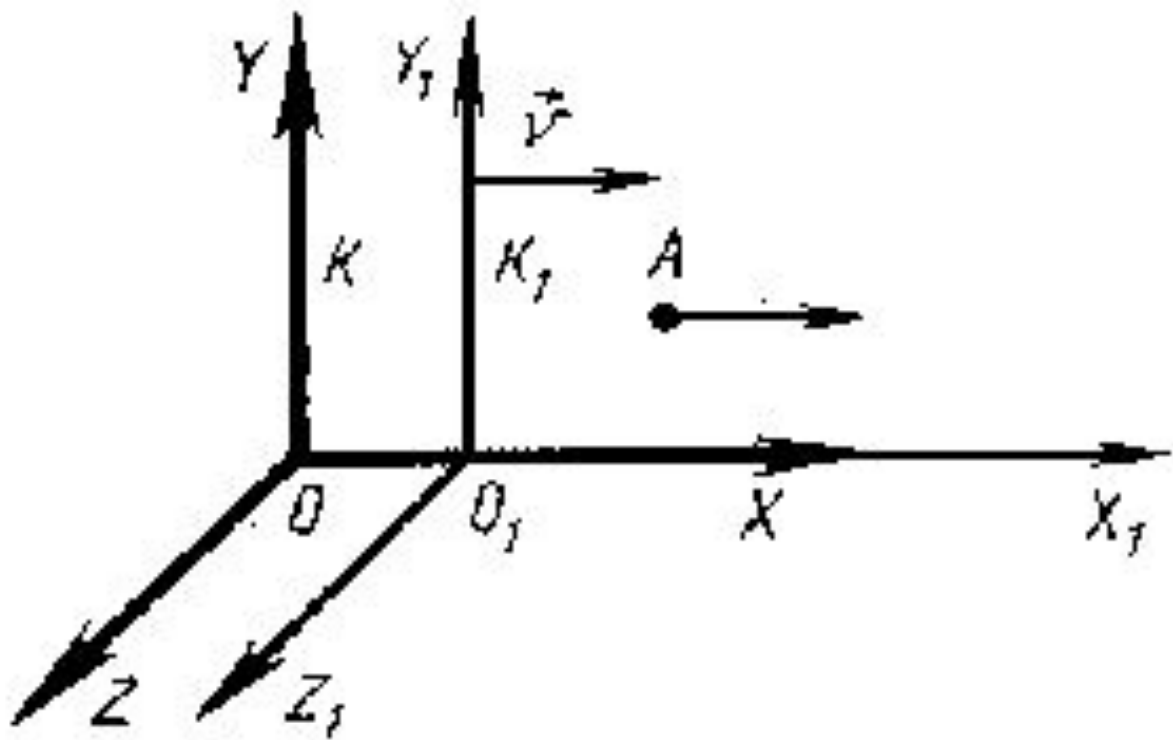
$$t'_2 = \frac{t_2 - vx/c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$v \rightarrow c$$

$$\lambda' > \lambda$$

$$\lambda = \lambda' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



$$K \rightarrow U$$

$$K' \rightarrow U'$$

$$K \rightarrow K'$$

$$u' = \frac{u - v}{1 - \frac{vu}{c^2}}$$

$$K' \rightarrow K$$

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{vu'}{c^2}}$$

Жылдамдықтарды қосу релятивистік заңы

$$u = u' + v$$

Егер $u' = c$

$$u = \frac{c + v}{1 + \frac{vc}{c^2}} = \frac{c + v}{1 + \frac{v}{c}} = \frac{c + v}{\frac{c + v}{c}} = c$$

$$u = c$$

Релятивтік динамиканың заңдары

$$v \rightarrow c$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$p = mv$$

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_0 = mc^2 \quad - \text{ тыныштық энергиясы}$$

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_k = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

№5Дәріс

Статистикалық физика және термодинамика

Лекция жоспары

1. Молекула – кинетикалық теорияның негіздері
2. Температураның молекула-кинетикалық мағынасы.
3. Идеал газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы.
4. Термодинамикалық параметрлер. Тепе-тендік күйлері мен процестері, олардың термодинамикалық диаграммаларда бейнелеу.
5. Газ заңдары. Идеал газ күйінің теңдеу.

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$M = m_0 N_A \quad m_0 - \text{бір молекуланың массасы}$$

$$1 \text{ кг/моль}$$

$$V_\mu = \frac{V}{\nu}$$

Газдың қысымы

$$N \quad \frac{1}{3}N$$

$$N_x = N_y = N_z = \frac{N}{3}$$



Молекулалардың
соқтығу кезінде ыдыс
қабырғаларына
өздерінің импульсін
береді

$$\Delta m v = m v - (-m v) = 2m v$$

$$F dt = 2m v \qquad dt = \frac{2\lambda}{v}$$

$$F = \frac{2m v}{dt} = \frac{2m v}{2\lambda / v} = \frac{m v^2}{\lambda}$$

$$F = \frac{1}{3} \left(\frac{m v_1^2}{\lambda} + \frac{m v_2^2}{\lambda} + \dots \frac{m v_N^2}{\lambda} \right)$$

$$F = \frac{1}{3} \frac{mN}{\hbar} \left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N} \right)$$

$$\left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N} \right) = \langle v^2 \rangle$$

$$F = \frac{1}{3} \frac{mN \langle v^2 \rangle}{\hbar}$$

$$S = \hbar^2$$

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

$$\frac{F}{S} = \frac{1}{3} \frac{mN}{\boxtimes S} \langle v^2 \rangle = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m \langle v^2 \rangle$$

$$\frac{N}{V} = n$$

$$P = \frac{1}{3} nm \langle v^2 \rangle$$

$$P = \frac{1}{3} \rho \langle v^2 \rangle$$

$$P = \frac{2}{3} n \frac{m \langle v^2 \rangle}{2}$$

$$\frac{m \langle v^2 \rangle}{2} = E_k$$

$$P = \frac{2}{3} n E_k$$

$$n_0 = \frac{N_A}{V}$$

$$P = \frac{2}{3} \frac{N_A}{V} E_k$$

$$PV = RT$$

$$T = \frac{PV}{R} = \frac{2}{3} \frac{N_A V}{VR} E_k = \frac{2}{3} \frac{N_A}{R} E_k$$

$$E_k = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T \qquad \frac{R}{N_A} = k$$

$$k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{K}$$

$$E_k = \frac{3}{2} kT$$

P, V, T

$$T = t + 273,15$$

$$\frac{PV}{T} = b = \text{const}$$

$$PV_M = RT$$

$$R = 8,31 \text{ Дж / (моль} \cdot \text{K)}$$

$$P \frac{mV_M}{M} = \frac{m}{M} RT$$

$$\frac{mV_M}{M} = V$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$PV = \frac{m}{M} N_A \frac{R}{N_A} T = N \frac{R}{N_A} T$$

$$N = (m / M) N_A \qquad k = \frac{R}{N_A}$$

$$PV = NkT \qquad N / V = n$$

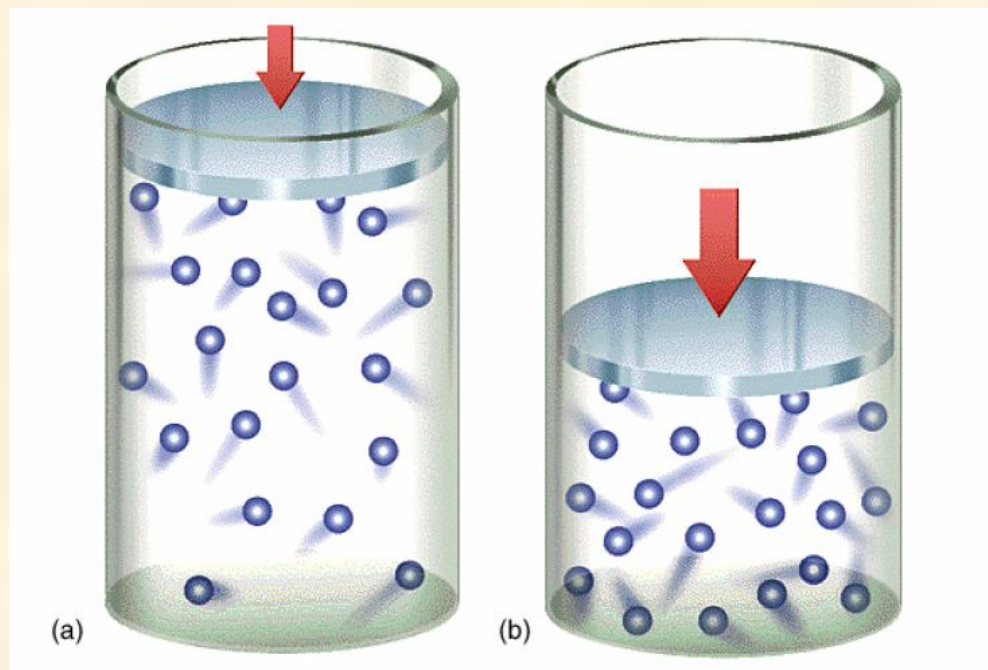
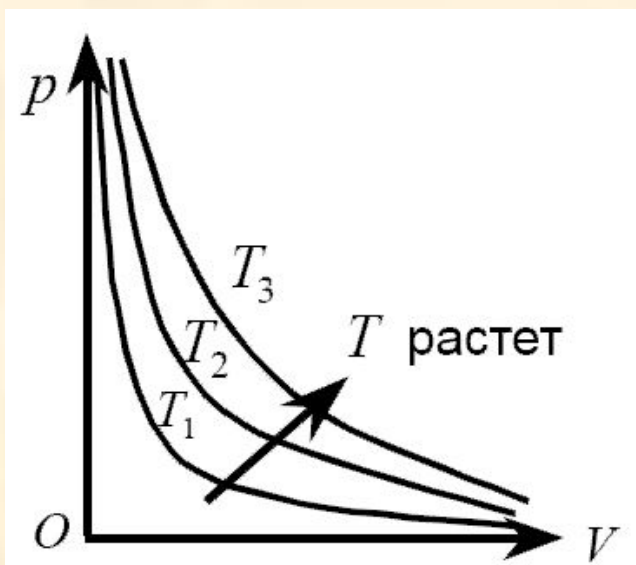
$$P = nkT$$



Газ заңдары

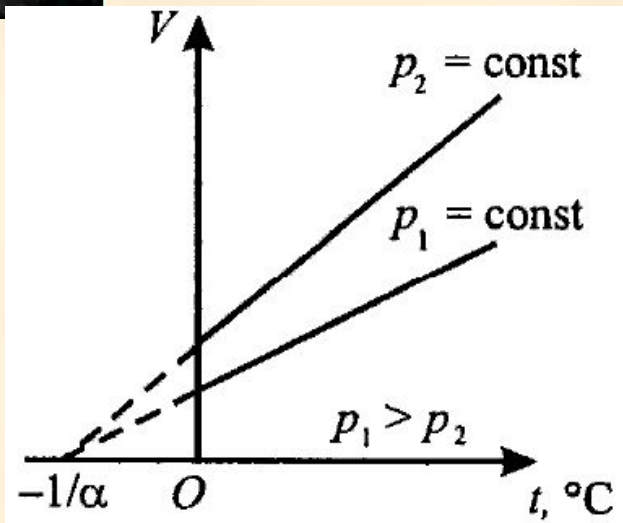
Бойль – Мариотт заңы

$$pV = \text{const}$$



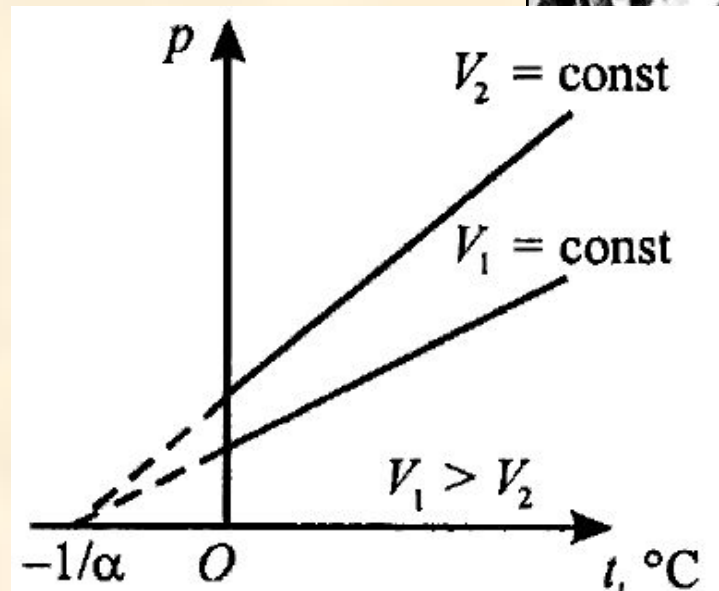


Газ заңдары



Гей- Люссак заңы

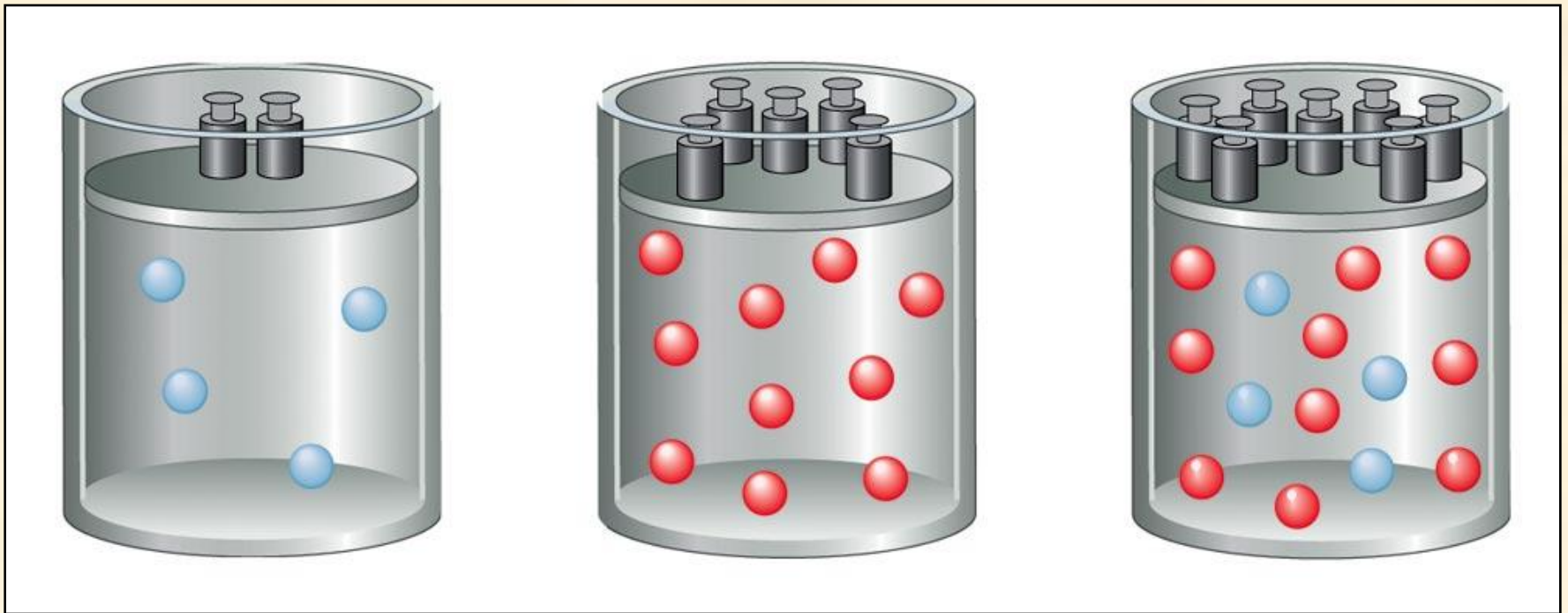
$$\frac{V}{T} = \text{const}$$



Шарль заңы

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

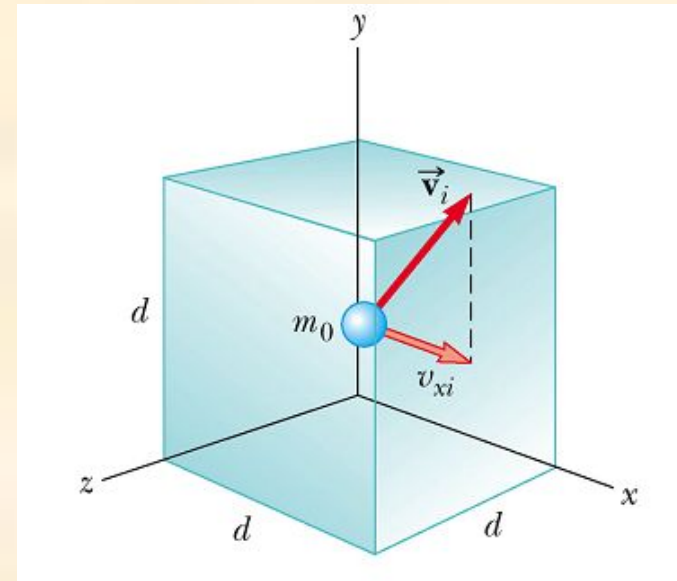
Дальтон заңы: газ қоспасының қысымы әрбір газдың жеке-жеке өндірілген парциалдық қысымдарының қосындысына тең.



$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

Орташа квадраттық жылдамдық:

$$\bar{v}_{кв} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum_i v_i^2}{N}}$$



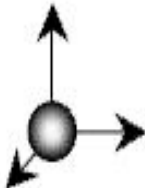
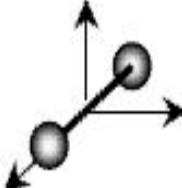
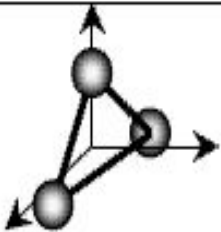
Молекулалардың
ілгерілемелі
қозғалысының орташа
кинетикалық энергиясы

Молекуланың орташа
квадраттық
жылдамдығы

$$\bar{E} = \frac{m_0}{2} \bar{v}_{кв}^2 = \frac{3kT}{2}$$

$$v_{кв} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

Идеал газ молекуласының еркіндік дәрежесі

Еркіндік дәреже саны	Біратомды газ	Екіатомды газ	Көпатомды газ
			
Ілгерлемелі	3	3	3
Айналмалы	—	2	3
Барлығы	3	5	6

Идеал газдың ішкі энергиясы

$$E = \frac{1}{2} kT$$

$$E = \frac{3}{2} kT$$

$$(E) = \frac{i}{2} kT$$

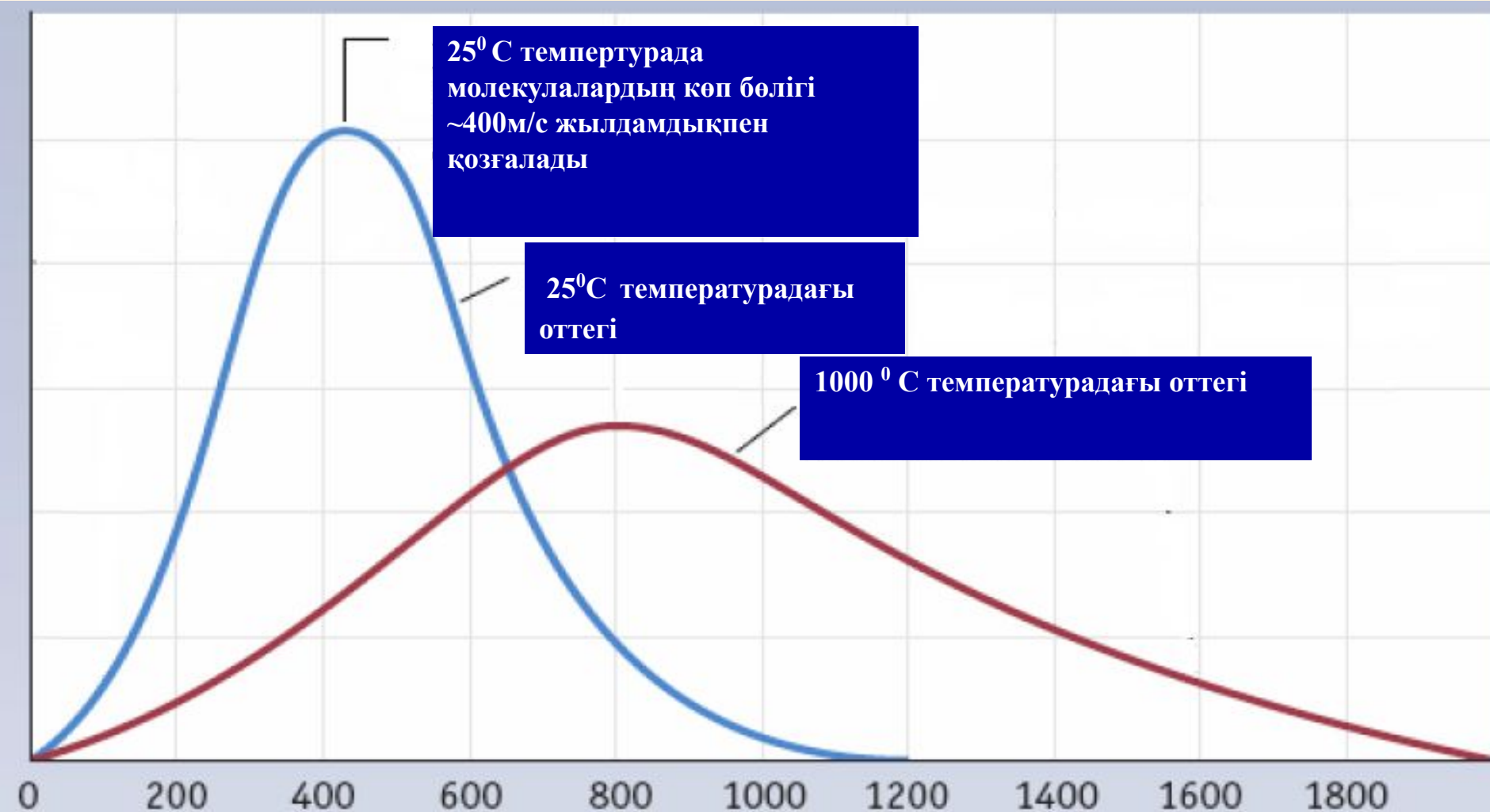
$$E_p = 0$$

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT$$

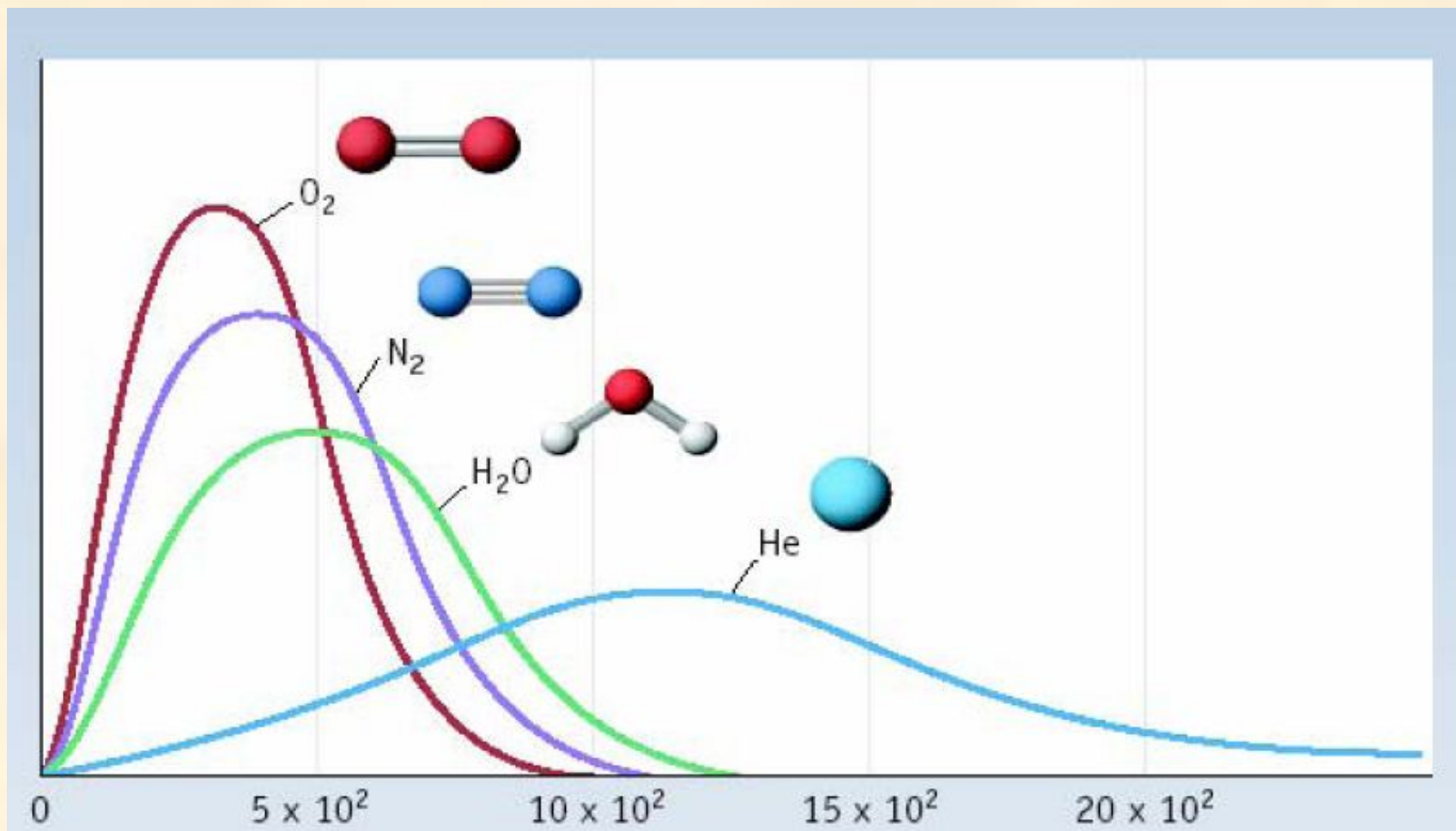
$$U \sim T$$

Идеал газдың ішкі энергиясы жеке-жеке молекулалардың кинетикалық энергиясынан құралады. Ішкі энергия күй функциясы боп табылады, оның өзгеруі жүйенің бастапқы және соңғы күйлеріне ғана тәуелді.

Максвелл таралуы



**Орташа молекула массасының төмендеуінен
орташа жылдамдық көбейеді**



Максвелл таралуы функциясы

$$f(v) = \frac{dN}{Ndv}$$

Таралу функциясы – жылдамдығы v - $v + dv$ аралықта жататын молекула санының бөлігі.

$$f(v) = A \cdot v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$$

Молекулалардың жылдамдық бойынша таралы функциясы

$$\int_0^{\infty} f(v) dv = 1$$

Нормалау(қалыпқа келтіру) шарты

$$A = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2}$$

Идеал газ күйін сипаттайтын жылдамдықтар

$$v_{\text{е}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$$

Ең үлкен ықтималдылық

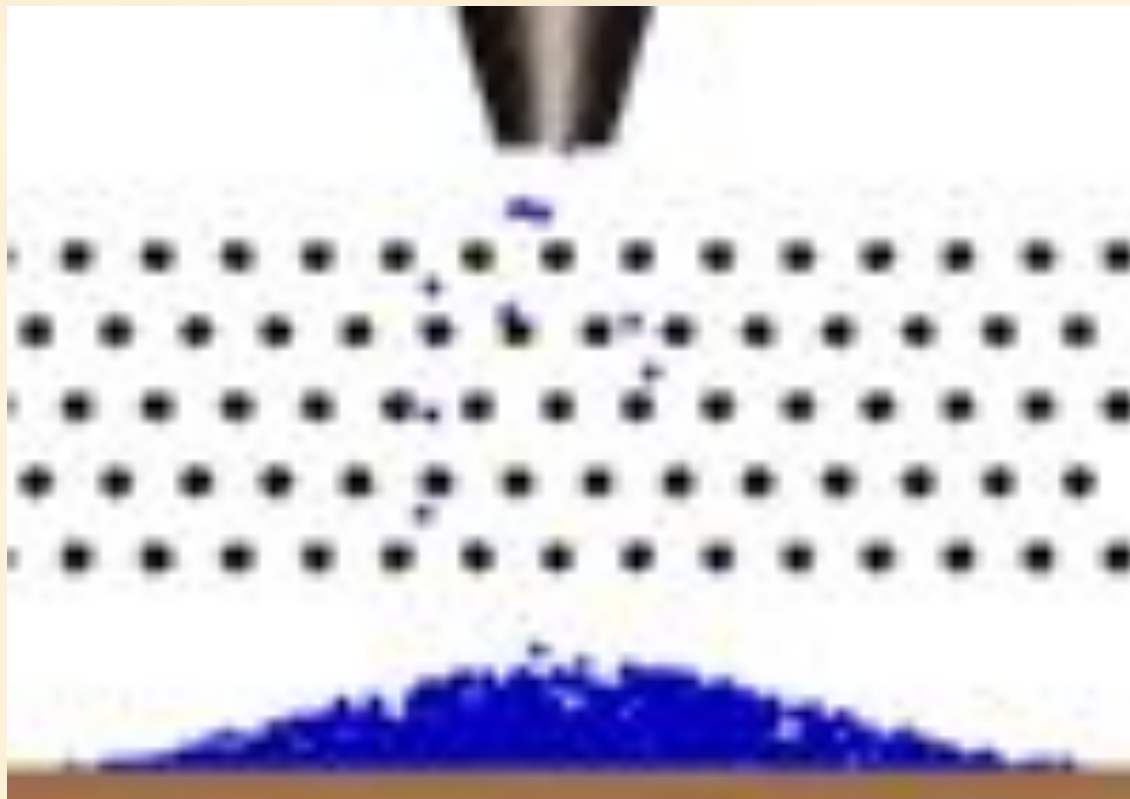
$$v_a = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$$

Орташа арифметикалық

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

Орташа квадраттық

Гальтон тақтасы молекулалардың жылдамдық бойынша таралуын сипаттайды (модельдейді)



Барометрлік формула

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{m_0 gh}{kT}\right) = p_0 \exp\left(-\frac{\mu gh}{RT}\right)$$

$$P = P_0 e^{-\frac{g\mu h}{RT}}$$

$$P = P_0 e^{-\frac{gmh}{kT}}$$

Биіктік өскенде, ауа қысымы
экспоненциалды заң бойынша төмендейді