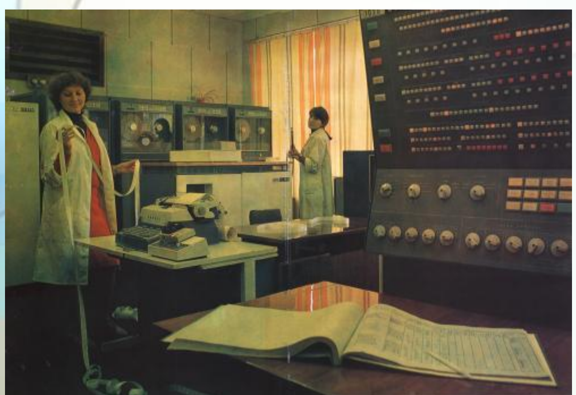
Introducere în Fizică. Structura și scopul cursului de fizică

Telefonul

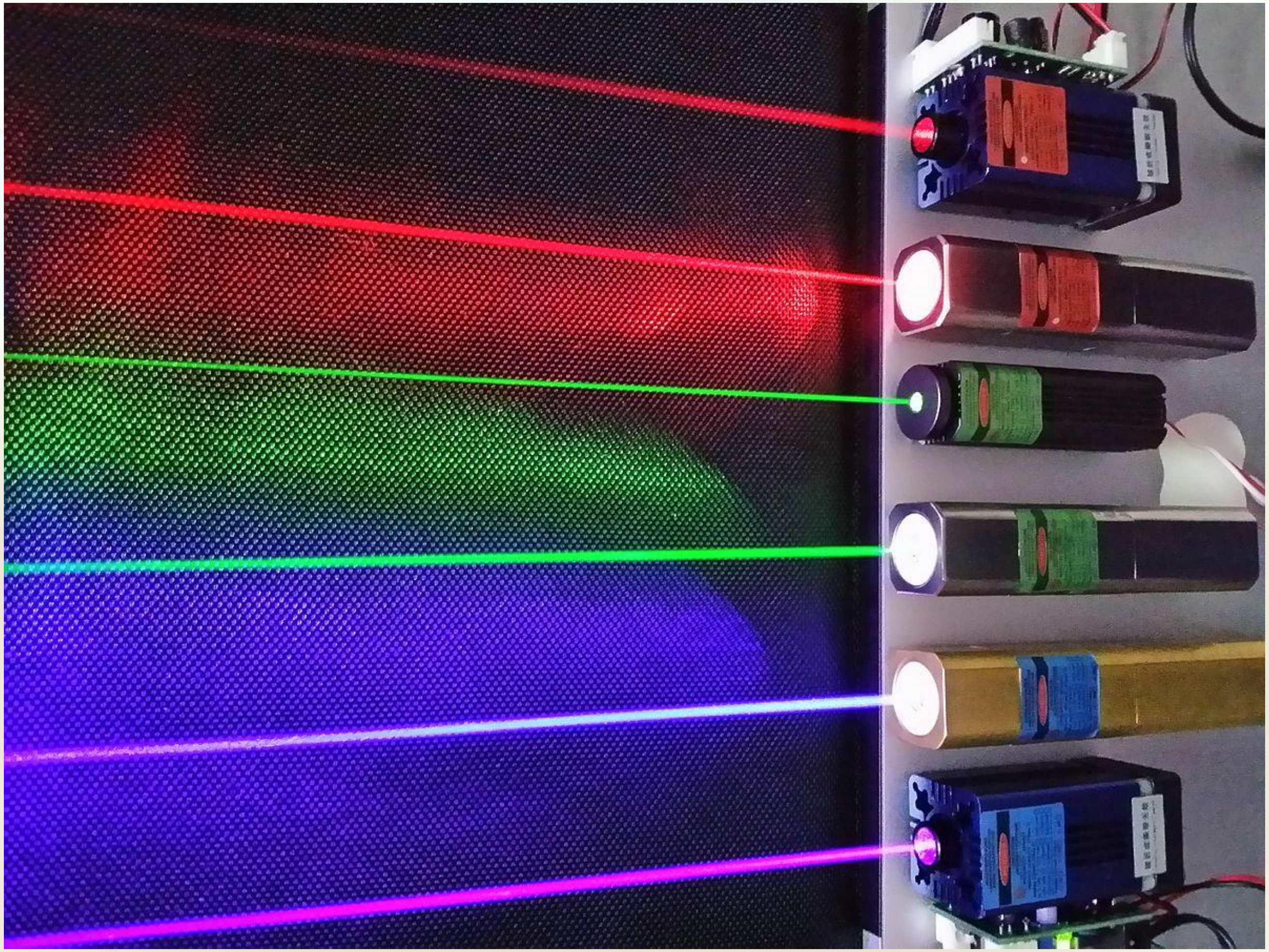
Introducere în Fizică. Structura și scopul cursului de fizică

Tehnica de calcul



Introducere în Fizică. Structura și scopul cursului de fizică

Laserul



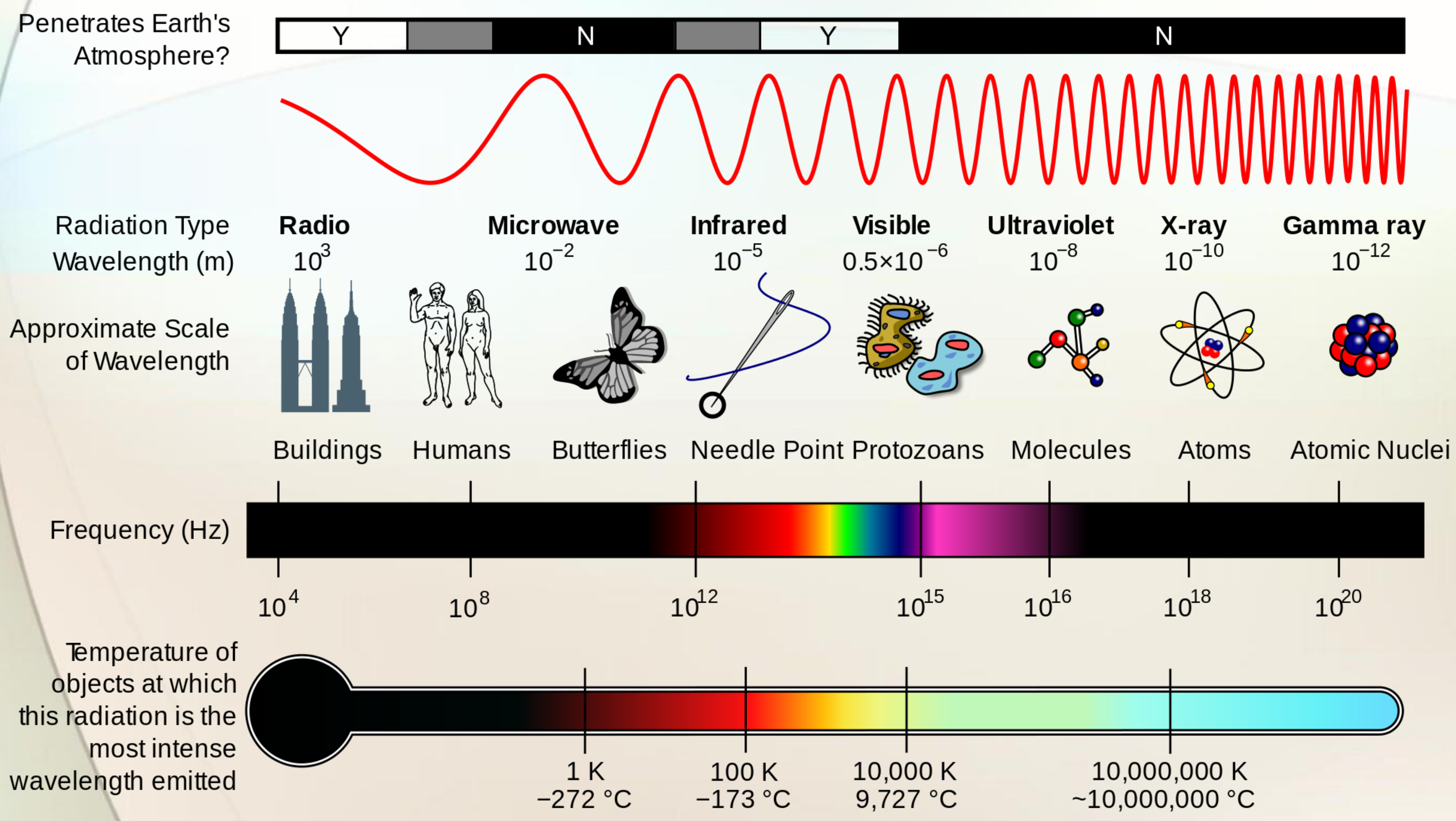
Gama de distanțe și intervale de timp

Partea observabilă a Universului – 10^{26} m
Vârsta Universului– (10^{18} s) sau
10-15 miliarde ani

Dimensiunile nucleelor atomice – $\sim 10^{-15}$ m. Structura particulelor elementare este investigată la dimensiuni de ordinul $5 \cdot 10^{-18}$ m.
Durata de viață a particulelor instabile numite rezonanțe, – $\sim 10^{-23}$ s.

Introducere în Fizică. Structura și scopul cursului de fizică

Spectrul electromagnetic



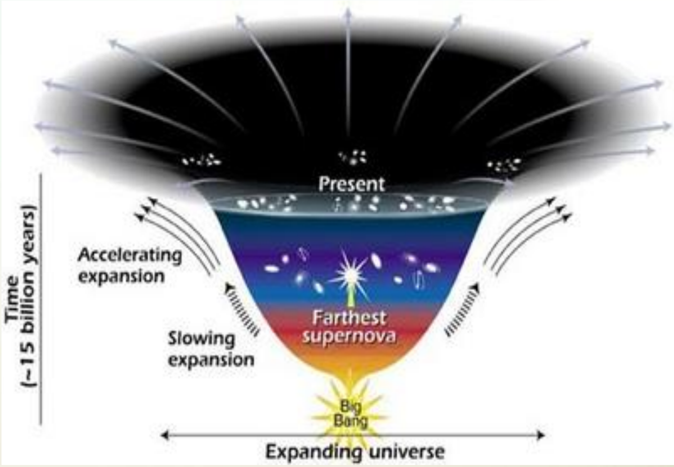
Introducere în Fizică. Structura și scopul cursului de fizică

1990

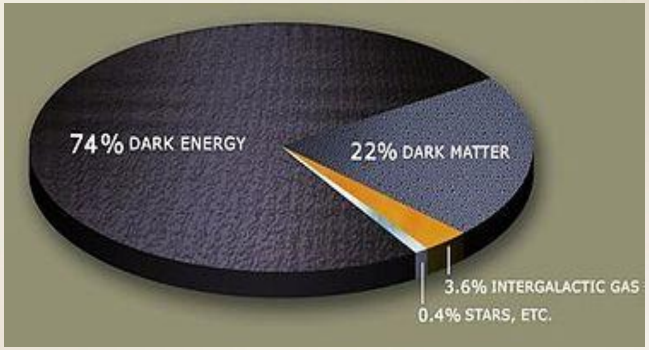
Datorită gravitației, expansiunea universului ar trebui să încetinească

1998

Expansiunea universului nu încetinește, ci accelerează



Energia întunecată și materia întunecată predomină în univers.



Literatură recomandată:

1. Rusu A., Rusu S. Curs de Fizică. I. Bazele mecanicii clasice. Chişinău, Tehnica – UTM, 2014, 132 p.
2. Rusu A., Rusu S. Curs de Fizică. II. Bazele fizicii moleculare şi ale termodinamicii. Chişinău, Tehnica – UTM, 2014, 119 p.
3. Rusu A., Rusu S. Curs de Fizică. III. Electromagnetismul. Chişinău, Tehnica – UTM, 2015, 233 p.
4. Rusu A., Rusu S. Curs de Fizică. IV. Oscilatii si unde. Optica ondulatorie. Chişinău, Tehnica – UTM, 2016, 172 p.
5. Rusu A., Rusu S. Curs de Fizică. V. Elemente de fizică modernă. Chişinău, Tehnica – UTM, 2019, 164 p.
6. Crețu T.I. Fizica. Curs universitar. București, Editura Tehnică, 1996, 672 p.
7. Detlaf A.A., Iavorski B.M. Curs de fizică. Chișinău, Lumina, 1991, 606 p.
8. Rusu A., Rusu S. Probleme de fizică. Chişinău, U.T.M., 2004, 92 p.
9. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. М.: Физматлит, 2003.

Introducere în Fizică. Structura și scopul cursului de fizică

Codul disciplinei	Anul predării	Semestrul	Numărul de ore				Evaluarea	
			Prelegeri	Seminare	Lucrări de laborator	Lucrul individual	Credite	Examene
F.01.O.007	Învăţământ cu frecvenţă la zi							
	I	II	45	15	30	90	6	examen
	Învăţământ cu frecvenţă redusă							
	I	II	10	6	8	126	6	examen

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

Metodele statistică și termodinamică de studiu a corpurilor macroscopice.

$$N_A = 6,02252 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$$

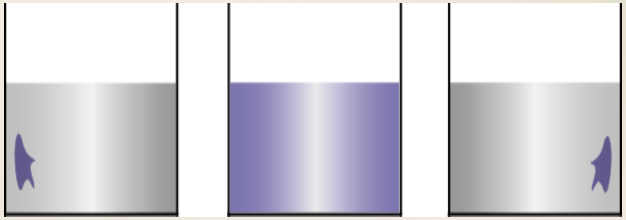
Numărul lui Avogadro

Molul este cantitatea de substanță ce conține atâtea molecule, atomi, ioni sau alte elemente structurale câți atomi se conțin în 0,012 kg ale izotopului C^{12}.

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

Mișcarea haotică

Stări de echilibru și de neechilibru



Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

Parametri termodinamici: densitatea, concentrația, presiunea, temperatura

$$\langle \rho \rangle \equiv \rho = \frac{m}{V} \qquad \langle n \rangle \equiv n = \frac{N}{V}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_0 N}{V} = m_0 n \qquad \langle p \rangle \equiv p = \frac{F_\perp}{S}$$

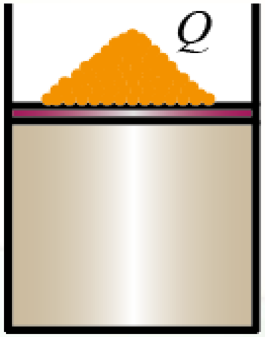
starea de echilibru a sistemului poate fi definită ca o stare în care parametrii termodinamici posedă valori determinate.

Scara termodinamică a temperaturii $\qquad T = 273{,}15 + t^\circ$

$$\left\langle \frac{m_0 \upsilon^2}{2} \right\rangle = \frac{3}{2} kT \qquad \upsilon_T = \sqrt{\langle \upsilon^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

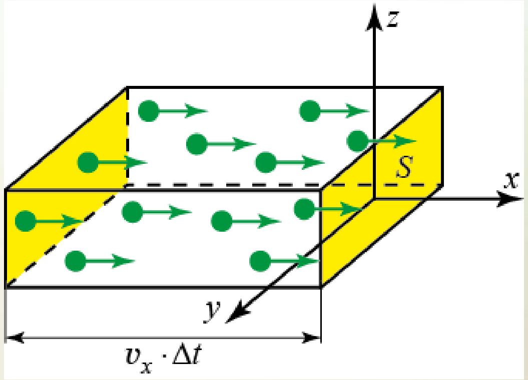
Procese cvasistatice sau de cvasiechilibru



Modelul gazului ideal:

$\dfrac{\tau'}{\tau} << 1$ τ – timpul parcursului liber al unei molecule,
τ′ – timpul de interacțiune al moleculelor

Pentru aer $\dfrac{\tau'}{\tau} \approx 10^{-3}$ $E_{p,\text{int}} << E_c$



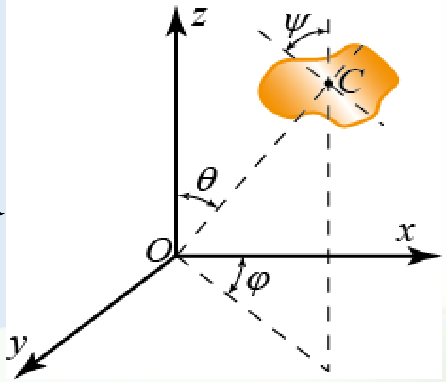
$$\langle \Delta p_x \rangle = \frac{1}{2}\langle 2m_0 n v_x^2 S\Delta t \rangle = nm_0 \langle v_x^2 \rangle S\Delta t$$

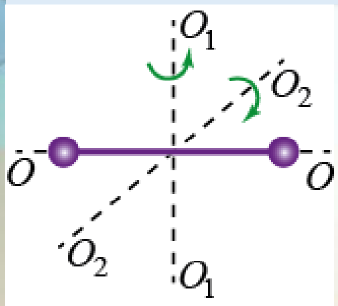
$$\langle F \rangle = \frac{\langle \Delta p_x \rangle}{\Delta t} = nm_0 \langle v_x^2 \rangle S \qquad p = \frac{\langle F \rangle}{S} = \frac{1}{3} nm_0 \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} n \left\langle \frac{m_0 v^2}{2} \right\rangle$$

$$p = nkT \qquad pV = \nu RT \qquad \nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m_0 N}{m_0 N_A} = \frac{m}{M}$$

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

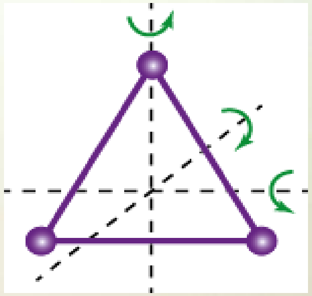
Numărul gradelor de libertate ale unui sistem este numărul de mărimi liniar independente, cu ajutorul cărora se poate indica univoc poziția sistemului în spațiu





Gazul monoatomic $i = 3$ ($i = n_{tr.}$)

Gazul biatomic $i = 5$ ($i = n_{tr.} + n_{rot.}$)



Gazul triatomic $i = 6$

Teorema echipartiției energiei după gradele de libertate

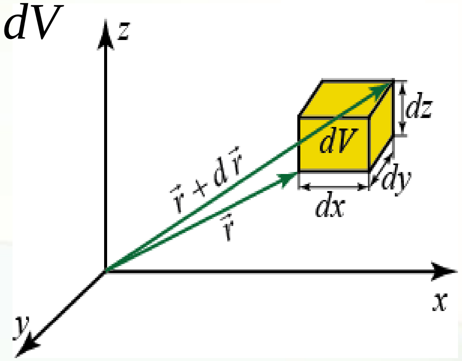
fiecărui grad de libertate, nu obligatoriu translațional, îi corespunde în mediu una și aceeași energie cinetică egală cu $kT / 2$.

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT$$

$$i = n_{\text{tr.}} + n_{\text{rot.}} + 2n_{\text{osc.}}$$

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

$$d\mathscr{P}(\vec{r}) = f(\vec{r})dV$$



$f(\vec{r}) = \dfrac{d\mathscr{P}(\vec{r})}{dV}$ – densitatea de probabilitate sau funcția de distribuție

$\int\limits_{(V)} f(\vec{r})dV = 1$ – condiția de normare

În absența câmpului exterior
$$\begin{cases} f = \dfrac{1}{V} = \dfrac{1}{N}\dfrac{N}{V} = \dfrac{n}{N}, \\ d\mathscr{P}(\vec{r}) = \dfrac{dV}{V} = \dfrac{ndV}{N} \end{cases}$$

Moleculele de gaz se află într-un câmp exterior potențial

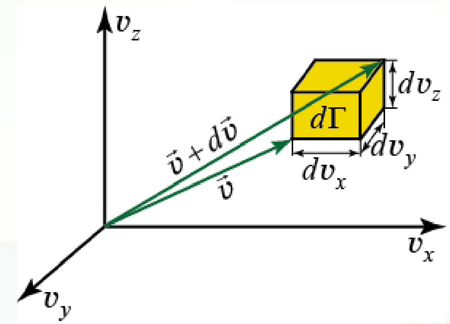
$$\left.\begin{aligned} dp &= nGdz = -n\frac{dE_p}{dz}dz = -ndE_p \\ dp &= kTdn \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{dn}{n} = d(\ln n) = -\frac{dE_p}{kT}$$

$n(\vec{r}) = n_0 e^{-\frac{E_p(\vec{r})}{kT}}$ – formula lui Boltzmann $\Rightarrow$ $p(h) = p_0 e^{-\frac{m_0 gh}{kT}}$ Formula barometrică

$f(\vec{r}) = \dfrac{n(\vec{r})}{N} = \dfrac{n_0}{N}e^{-\frac{E_p(\vec{r})}{kT}}$ – funcția de distribuție

$d\mathscr{P}(\vec{r}) = f(\vec{r})dV = \dfrac{n_0}{N}e^{-\frac{E_p(\vec{r})}{kT}}dV$ – distribuția lui Boltzmann

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

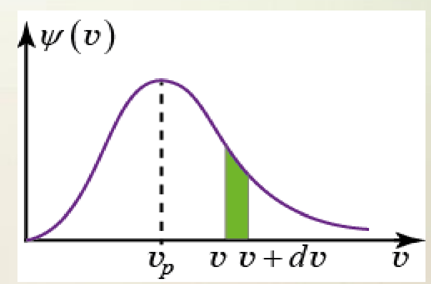


$f(\vec{\upsilon}) = \dfrac{d\mathscr{P}(\vec{\upsilon})}{d\Gamma}$ – densitate de probabilitate sau funcția de distribuție a moleculelor după viteze

$$d\mathscr{P}(\vec{\upsilon}) = \left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{m_0\upsilon^2}{2kT}} d\Gamma$$ – Distribuția lui Maxwell

Distribuția lui Maxwell după valorile absolute ale vitezei

$$d\mathscr{P}(\upsilon) = 4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{m_0\upsilon^2}{2kT}} \upsilon^2 d\upsilon$$

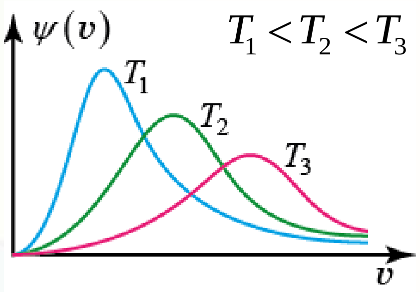


$$\psi(\upsilon) = 4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{m_0\upsilon^2}{2kT}} \upsilon^2$$ – funcția de distribuție

$$\frac{d}{d\upsilon^2}\left(\upsilon^2 e^{-\frac{m_0\upsilon^2}{2kT}}\right) = \left(1 - \frac{m_0\upsilon^2}{2kT}\right) e^{-\frac{m_0\upsilon^2}{2kT}} = 0 \Longrightarrow \upsilon_p = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$$ – viteza cea mai probabilă

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

La încălzirea gazului, partea de molecule cu viteze mici descrește, iar partea de molecule cu viteze mari crește



Folosind distribuția Maxwell, se poate determina valoarea medie a oricărei funcții care depinde de viteză

$$\langle F(\vec{v})\rangle = \int_{-\infty}^{\infty} F(\vec{v})\, d\mathscr{P}(\vec{v})$$

De exemplu, pentru viteza medie aritmetică obținem:

$$\langle v\rangle = \int_0^{\infty} v\, d\mathscr{P}(v) = \int_0^{\infty} v\psi(v)\, dv = 4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2}\int_0^{\infty} v^3 e^{-\frac{m_0v^2}{2kT}}\, dv$$

sau

$$\langle v\rangle = 4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2} 2\left(\frac{kT}{m_0}\right)^{3}\int_0^{\infty}\xi e^{-\xi}\, d\xi = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$$

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

Astfel, starea de echilibru a unui gaz este caracterizată de următoarele trei viteze

Viteza cea mai probabilă

$$\upsilon_p = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

Viteza medie aritmetică

$$\langle \upsilon \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{4}{\pi}}\upsilon_p \approx 1,33\upsilon_{\mathrm{p}}$$

Viteza medie-pătratică sau termică

$$\upsilon_T = \sqrt{\langle \upsilon^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \approx 1,22\upsilon_p$$

Tema 1. Distribuția moleculelor într-un câmp potențial și după viteze

Distribuția Maxwell a moleculelor gazului ideal după energiile lor cinetice

Substituind în formula :

$$\varepsilon = \frac{m_0 \upsilon^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} d\left(\upsilon^2\right) = 2\upsilon d\upsilon = 2\dfrac{d\varepsilon}{m_0} \\ \upsilon = \sqrt{\dfrac{2\varepsilon}{m_0}} \end{cases}$$

Obținem

$$d\mathscr{P}\left(\upsilon\right) = 4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{m_0\upsilon^2}{2kT}} \upsilon^2 d\upsilon \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad d\mathscr{P}\left(\varepsilon\right) = \frac{1}{\sqrt{\pi k^3 T^3}} e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} \sqrt{\varepsilon}\, d\varepsilon$$