


LABORATORIUM KIMIA FISIKA
 Jurusan Kimia - FMIPA
 Universitas Gadjah Mada (UGM)

KINETIKA KIMIA

Teori Kinetika Gas

Drs. Iqmal Tahir, M.Si.

Laboratorium Kimia Fisika, Jurusan Kimia
 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
 Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281

Tel : 0857 868 77886 838 565 047; Fax : 0274-545188
 Email :
 iqmal@ugm.ac.id atau iqmal.tahir@yahoo.com

Website :
<http://iqmal.staff.ugm.ac.id>
<http://iqmaltahir.wordpress.com>

Teori Kinetika Gas

Teori kinetika gas berkaitan dengan perhitungan laju proses-proses tertentu :

- kebolehjadian kecepatan molekul dan kecepatan rata-rata,
- frekuensi tumbukan
- sifat perpindahan.

Teori kinetika gas dapat membantu pemahaman akan sifat-sifat termodinamika tertentu dalam tumbukan secara molekular dan pemahaman tentang laju perpindahan.

Gas harus diasumsikan bahwa molekul-molekulnya harus mengikuti aturan gas sempurna :

- Gas terdiri dari molekul-molekul bermassa m dan berdiameter d yang bergerak secara acak.
- Ukuran molekul dapat diabaikan (diameter molekul yang relatif sangat kecil dibandingkan jarak tempuh rata-rata tumbukan antar molekul)
- Molekul tidak saling berinteraksi dan membentuk tumbukan lenting sempurna sepanjang sumbu tumbukan.

Teori Kinetika Gas

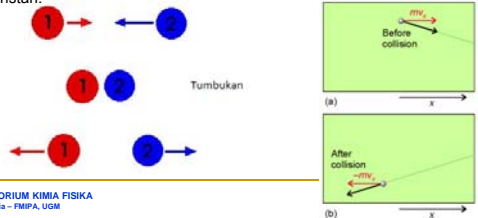
Pada gas sempurna :

Molekul selalu bergerak dan mengalami tumbukan-tumbukan yang **lenting sempurna** dimana total energi kinetik translasi dari pasangan molekul sama pada keadaan sebelum dan sesudah tumbukan.

Pengertian tumbukan lenting sempurna yaitu :

- Ek sebelum = Ek sesudah tumbukan
- v sebelum = v sesudah tumbukan
- Tidak ada energi yang dipindahkan

Adanya tumbukan mengakibatkan partikel gas berubah kecepatan dan arahnya secara konstan.



Teori Kinetika Gas

Frekuensi tumbukan (z) adalah jumlah tumbukan rata-rata per satuan waktu yang dibuat oleh satu partikel tunggal.

Jalan bebas rata-rata (λ) adalah jarak rata-rata yang ditempuh satu molekul antar tumbukan.

Asumsi kedua menyatakan bahwa $d \ll \lambda$. Pengukuran harga-harga m , λ , dan $1/z$ dapat digunakan untuk penentuan sifat mekanik dari suatu gas.

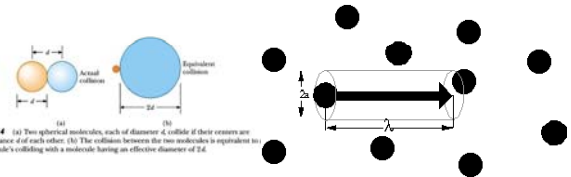


Figure 21.24 (a) Two spherical molecules, each of diameter d , collide if their centers are within a distance d of each other. (b) The collision between the two molecules is equivalent to one molecule's colliding with a molecule having an effective diameter of $2d$.

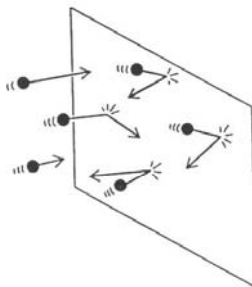
Tekanan

Dalam teori kinetik gas :

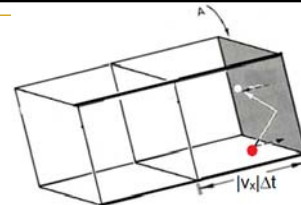
Tekanan yang dihasilkan suatu gas adalah hasil bentukan tumbukan antar molekul dengan dinding wadah.

Tumbukan ini berlangsung dalam jumlah yang sangat besar sehingga menghasilkan suatu gaya dalam jumlah konstan dan hal inilah yang disebut sebagai tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas.



Tekanan



Pada sistem tertutup, ketika satu partikel bermassa m menumbuk dinding, maka komponen momentum sepanjang sumbu x berubah dari mv_x menjadi $-mv_x$. Perubahan momentum untuk setiap tumbukan adalah $2m|v_x|$. Jumlah tumbukan pada interval Δt sama dengan jumlah partikel yang dapat mencapai dinding pada interval waktu tersebut.

Karena partikel dengan komponen kecepatan v_x dapat menempuh jarak $|v_x|\Delta t$ selama selang Δt , semua partikel pada jarak $|v_x|\Delta t$ dari dinding akan menumbuk. Jika dinding memiliki luasan A , semua partikel pada volume $A|v_x|\Delta t$ akan mencapai dinding.

Jika kerapatan yaitu jumlah partikel per satuan volume dinyatakan sebagai N maka jumlah tumbukan dalam volume $A|v_x|\Delta t$ adalah $NA|v_x|\Delta t$.

Tekanan

Secara rata-rata, separuh partikel bergerak ke kanan dan sisanya ke kiri. Dengan demikian jumlah tumbukan rata-rata dengan dinding dalam selama selang Δt adalah $\frac{1}{2}NA|v_x|\Delta t$. Perubahan momentum total pada selang waktu tersebut adalah hasil kali dari perubahan $2m|v_x|$ yaitu :

$$\text{Perubahan momentum} = \frac{1}{2} NA|v_x| \Delta t \times 2m |v_x| = NAmv_x^2 \Delta t$$

Laju perubahan momentum dibagi dengan selang waktu Δt menghasilkan :

$$\text{Laju perubahan momentum} = NAmv_x^2$$

Laju perubahan momentum tersebut sama dengan gaya (sesuai hukum Newton kedua) sehingga gaya yang dihasilkan gas pada dinding juga sebesar $NAmv_x^2$. Dengan demikian gaya per satuan luas yang terjadi adalah :

$$\text{Tekanan} = p = Nmv_x^2$$



Tekanan rata-rata

Tidak semua partikel menempuh jarak dengan kecepatan yang sama sehingga tekanan dapat dideteksi sebagai rata-rata kuantitas.

Tekanan rata-rata

$$p = m.N. \langle v_x^2 \rangle$$

Didefinisikan **akar kecepatan kuadrat rata-rata, c**, (kecepatan rms)

$$c = \langle v^2 \rangle^{1/2} = \left(\langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle \right)^{1/2} \\ = \left(3 \langle v_x^2 \rangle \right)^{1/2}$$

Karena kecepatan ke semua arah sama, maka :

$$\langle v_x^2 \rangle = \frac{1}{3} c^2$$

Sehingga tekanan

$$P = 1/3.N.m.c^2$$



Kecepatan akar kuadrat rata-rata (C_{rms})

Angka kerapatan N adalah sama dengan N'/V dimana N' adalah jumlah partikel total yang ada pada volume V . Kemudian karena $N = n.N_A$ dengan N_A adalah bilangan avogadro maka

$$PV = 1/3.n.N_A.m.c^2$$

Untuk gas ideal berlaku

$$PV = nRT = n.N_A.k.T$$

Dengan k adalah konstanta Boltzmann maka

$$c = \left(\frac{3kT}{m} \right)^{1/2} = \left(\frac{3RT}{M} \right)^{1/2}$$

Contoh soal :

Hitung akar kecepatan kuadrat rata-rata dari molekul CO_2 pada suhu $25^\circ C$!

Jawab :

$$c = \left(\frac{3RT}{M} \right)^{1/2} = \left(\frac{3.8,314 JK^{-1}.mol^{-1}.298K}{44.10^{-3} kg.mol^{-1}} \right) = 411 m.dt^{-1}$$



Distribusi kecepatan molekul menurut Maxwell

Teori kinetika gas dapat digunakan untuk menghitung sifat fisik, hal ini juga akan bermanfaat lebih jauh.

Harga sifat X rata-rata memiliki kisaran harga dari suatu jarak nilai kontinyu (contoh kecepatan) adalah:

$$\langle X \rangle = \int Xf(X)dX$$

Fungsi $f(X)$ disebut sebagai distribusi sifat X yang memberikan gambaran

probabilitas dari sifat yang ada pada kisaran X sampai $X + dX$.

Contoh $f(v)$ yang merupakan distribusi kecepatan v dan $f(v)dv$ adalah probabilitas kecepatan pada kisaran v sampai $v + dv$.

Distribusi kecepatan molekul bermassa molar M pada temperatur T adalah :

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} v^2 . e^{-Mv^2/2RT}$$

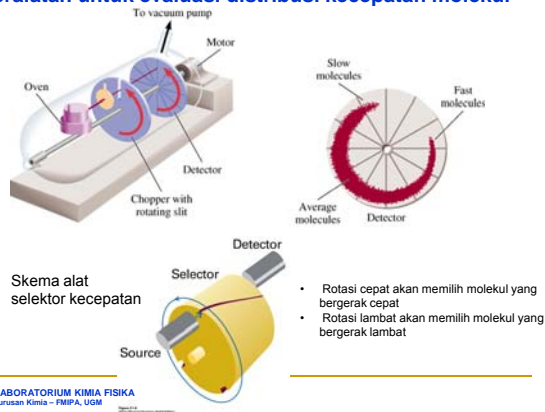
Kebolehjadian suatu molekul yang memiliki kecepatan Δv adalah

$$P \approx f(v) . \Delta v$$

Persamaan ini menyatakan distribusi Maxwell tentang kecepatan.



Peralatan untuk evaluasi distribusi kecepatan molekul



Distribusi kecepatan molekul menurut Maxwell

Distribusi kecepatan Maxwell – Boltzman

$$f(v) = \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{1/2} e^{-mv^2/2kT}$$

Harga kecepatan rata-rata diperoleh dari integral :

$$\bar{c} = \int v.f.dv$$

dengan f adalah distribusi kecepatan maxwell, maka

$$\bar{c} = \int v.f.dv = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \int v^2 . e^{-mv^2/2kT} dv \\ = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{2kT}{m} \right)^2 \\ = \left(\frac{8kT}{\pi m} \right)^{1/2} = \left(\frac{8RT}{\pi M} \right)^{1/2}$$

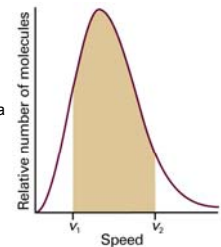


Figure 21-4
Maxwell-Boltzmann Distribution
of the Mean Velocity and Its Spread



Pengaruh temperatur pada kecepatan molekul

$C = \text{akar kecepatan kuadrat rata-rata}$
 $C = \left(\frac{3kT}{m}\right)^{1/2} = \left(\frac{3RT}{M}\right)^{1/2}$
 $R = 8.314 \text{ J/(mol K)}$

Molekul yang lebih panas → lebih cepat;
Molekul yang lebih dingin → lebih lambat;

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
 Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Massa molekular pada kecepatan molekul

Distribusi kecepatan dari tiga jenis gas pada temperatur yang sama.

$C = \text{akar kecepatan kuadrat rata-rata}$
 $C = \left(\frac{3kT}{m}\right)^{1/2} = \left(\frac{3RT}{M}\right)^{1/2}$
 $R = 8.314 \text{ J/(mol K)}$

Molekul yang lebih berat → lebih lambat;
Molekul yang lebih ringan → lebih cepat;

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
 Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Distribusi kecepatan molekul menurut Maxwell

Gambaran distribusi Maxwell pada berbagai temperatur. Kecepatan yang paling mungkin c^* : merupakan kecepatan dengan distribusi maksimum (dimana harga differensial $f(v)$ terhadap v memiliki harga 0).

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
 Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Distribusi kecepatan molekul

Rangkuman definisi kecepatan :

$C^* = \text{kecepatan paling mungkin}$
 $C^* = \left(\frac{2kT}{m}\right)^{1/2} = \left(\frac{2RT}{M}\right)^{1/2}$

$\bar{C} = \text{kecepatan rata-rata}$
 $\bar{C} = \left(\frac{8kT}{\pi m}\right)^{1/2} = \left(\frac{8RT}{\pi M}\right)^{1/2}$

$C = \text{akar kecepatan kuadrat rata-rata}$
 $C = \left(\frac{3kT}{m}\right)^{1/2} = \left(\frac{3RT}{M}\right)^{1/2}$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
 Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Hubungan Tumbukan dan Reaksi

Pemahaman bagaimana reaksi dapat terjadi dipahami melalui teori tumbukan

- Supaya molekul dapat terjadi reaksi maka harus mengalami tumbukan.
- Jumlah tumbukan semakin tinggi maka laju reaksi akan semakin cepat.
- Semakin banyak jumlah molekul yang tersedia, maka probabilitas tumbukan semakin tinggi dan laju reaksi akan meningkat.
- Pada temperatur yang lebih tinggi maka energi molekul akan semakin besar dan konsekuensinya laju reaksi meningkat.
- Komplikasi : Tidak semua tumbukan efektif menghasilkan produk reaksi. Dalam kenyataannya hanya sedikit sekali tumbukan yang mampu menghasilkan produk.

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
 Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Hubungan Tumbukan dan Reaksi

Reaksi dapat terjadi jika terdapat tumbukan antar molekul dengan energi yang mencukupi.

Energi tidak cukup → tidak terjadi reaksi
 Energi cukup → terjadi reaksi

Hubungan energi dengan profil reaksi kimia.

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
 Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Hubungan Tumbukan dan Reaksi

Reaksi dapat terjadi jika energi kinetik (Ek) tumbukan lebih tinggi daripada energi aktivasi (Ea)

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Hubungan Tumbukan dan Reaksi

Distribusi Maxwell kecepatan dari atom atau molekul. Temperatur meningkat maka kecepatan partikel semakin meningkat.

Orientasi molekul haruslah sesuai supaya dapat terjadi reaksi

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Tumbukan ditinjau dari teori kinetika gas

Tumbukan antar molekul

Tumbukan antar molekul dapat terjadi bila pada dua molekul bila bertemu dengan jarak d satu sama lain. Dengan d adalah diameter tumbukan yang merupakan order dari diameter aktual untuk molekul bulat maka d adalah diameter molekul). Ilustrasi apabila ada satu molekul yang dianggap diam di pusat tabung tumbukan dan beberapa molekul bergerak dengan kecepatan rata-rata \bar{c} selama waktu Δt . Jika luasampang lintang tumbukan $\sigma = \pi d^2$ dan panjang = $\bar{c} \Delta t$, maka volumenya = $\sigma \cdot \bar{c} \cdot \Delta t$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Tumbukan ditinjau dari teori kinetika gas

Tabel Tampang lintang tumbukan beberapa gas

Gas	σ/nm^2
C ₆ H ₆	0,88
CO ₂	0,52
He	0,21
N ₂	0,43

Perhitungan luasampang lintang tumbukan

Collisional Cross Section of the Same Radii = $\pi(2r)^2$
Collisional Cross Section of Any Two Radii = $\pi(r_A + r_B)^2$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Latihan Practice Problems

- Consider the following reaction: $H + H \rightarrow H_2$. The radius of Hydrogen is 5.3×10^{-11} m. What is the Collisional Cross Section for this reaction?
- $H + F \rightarrow HF$. The radius of Fluorine is 4.2×10^{-11} m. What is the Collisional Cross Section for this reaction?
- $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$. The radius of Oxygen is 4.8×10^{-11} m. What is the Collisional Cross Section for this reaction? (Hint: Assume that the radius of a molecule is just the sum of its atoms.)
- $N_2 + O_2 \rightarrow N_2O$. The radius of Nitrogen is 5.8×10^{-11} m. If the distance between the two centers is 2.00×10^{-10} m, is there a collision between the two molecules?
- $F + F \rightarrow F_2$. The center of the two atoms are 3.50×10^{-10} m apart from each other. How much closer do the centers have to be in order for a collision to occur?

Answers

- 1.3 $Collisional\ Cross\ Section = \pi(2r)^2 = \pi[2(5.3 \times 10^{-11})]^2 = 3.53 \times 10^{-20}$
- 2.1 $Collisional\ Cross\ Section = \pi(r_A + r_B)^2 = \pi[(5.3 \times 10^{-11}) + (4.2 \times 10^{-11})]^2 = 2.90 \times 10^{-20}$
- 3.3 The radius of H_2 is $2(5.3 \times 10^{-11})$ m. The radius of O_2 is $2(4.8 \times 10^{-11})$ m.
 $Collisional\ Cross\ Section = \pi(r_A + r_B)^2 = \pi[(1.06 \times 10^{-10}) + (9.6 \times 10^{-11})]^2 = 1.26 \times 10^{-19}$
- 4.3 Yes, there is a collision. The radius of H_2 is $2(5.8 \times 10^{-11})$ m. The radius of O_2 is $2(4.8 \times 10^{-11})$ m.
 $Collisional\ Cross\ Section = \pi(r_A + r_B)^2 = \pi[(1.12 \times 10^{-10}) + (9.6 \times 10^{-11})]^2 = 1.36 \times 10^{-19}$
 1.36×10^{-19} m is the furthest the two molecules can be and still get a collision. Since 2.00×10^{-10} m is larger than that distance, the center of one molecule is not in the Collisional Cross Section of the other molecule. Therefore, no collision occurs. The molecules are too far apart.
- 5.3 $Collisional\ Cross\ Section = \pi(2r)^2 = \pi[2(4.2 \times 10^{-11})]^2 = 2.22 \times 10^{-20}$
Because the molecules are 3.50×10^{-10} m apart, the center of one F is not in the Collisional Cross Section of the other F. They must be closer:
 $(3.50 \times 10^{-10}) - (2.22 \times 10^{-10}) = 1.28 \times 10^{-10}$
The molecules must be at least 1.28×10^{-10} m closer.

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Tumbukan ditinjau dari teori kinetika gas

Jumlah molekul diam yang terdapat pada tabung tumbukan dengan volume V dan kerapatan $N = N/V$, dinyatakan sebagai $N\sigma \cdot \Delta t$. Jumlah tumbukan yang terjadi pada selang Δt adalah sama dengan jumlah bilangan tersebut dan frekuensi tumbukan (z) yaitu jumlah tumbukan per satuan waktu sebagai $N\sigma$. Meskipun demikian molekul tidak selalu diam dan untuk itu kita harus menggunakan kecepatan relatif dari molekul.

Untuk tumbukan dengan massa yang berbeda, maka kecepatan relatif rata-rata adalah:

$$\bar{c}_{rel} = \left(\frac{8kT}{\pi\mu}\right)^{1/2}$$

dimana μ = massa tereduksi $\mu = \frac{m_A m_B}{m_A + m_B}$

Untuk massa yang identik $\mu = \frac{1}{2} m$ sehingga $\bar{c}_{rel} = 2^{1/2} \bar{c}$

Frekuensi tumbukan: $z = \frac{2^{1/2} \cdot \sigma \cdot \bar{c} \cdot N}{V}$

Karena $\frac{N}{V} = \frac{P}{kT}$ maka $z = \frac{2^{1/2} \cdot \sigma \cdot \bar{c} \cdot P}{kT}$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Tumbukan

Pengertian :

- Frekuensi tumbukan z adalah jumlah tumbukan oleh satu molekul tunggal.
 - Kerapatan tumbukan (Z) adalah total frekuensi tumbukan yaitu jumlah semua tumbukan dari semua molekul dalam gas.
- maka z harus dikalikan $\frac{1}{2} N$ (faktor $\frac{1}{2}$ muncul karena tumbukan A – A' dan A' – A dihitung satu kali).

Jumlah tumbukan untuk molekul sejenis dinyatakan dengan persamaan

$$Z_{AA} = \frac{1/2 Z N}{V} = \frac{\sigma \bar{c}}{2^{1/2}} \left(\frac{N}{V} \right)^2$$

Karena $\bar{c} = \left(\frac{8kT}{\pi m} \right)^{1/2}$ dan $\frac{N}{V} = [A] N_A$

dimana [A] = konsentrasi molar, maka $Z_{AA} = \sigma \left(\frac{4kT}{\pi m} \right)^{1/2} N_A^2 [A]^2$

Hubungan Z dan z :

$$Z = \frac{zP}{2kT}$$

Contoh soal :

Hitung jumlah tumbukan oleh 1 atom Cs yang dialami per detik pada $T = 500^\circ\text{C}$. Jika diketahui volume wadah $50,00\text{ cm}^3$, berapa jumlah total tumbukan pada wadah per detik. Tekanan uap Cs (l) pada 500°C adalah 80 torr. Diameter tumbukan Cs $540\text{ pm} = 5,4 \cdot 10^{-8}\text{ m}$

Jawab:

Tampang lintang tumbukan

$$\sigma = \pi d^2 = 9,16 \cdot 10^{-19}\text{ m}^2$$

$$\bar{c} = \left(\frac{8RT}{\pi M} \right)^{1/2} = \left(\frac{8 \cdot 8,314 \cdot 773}{\pi \cdot 132,9 \cdot 10^{-3}} \right)^{1/2}$$

$$P = 80\text{ torr} = 1,07 \cdot 10^4\text{ Pa}$$

(Catatan : 1 torr = 133,75 Pa)

Maka

$$z = \frac{2^{1/2} \sigma \bar{c} P}{kT} = 4,6 \cdot 10^8\text{ dt}^{-1}$$

Sehingga pada wadah $50,0\text{ cm}^3$

$$Z = \frac{zP}{2kT} = 2,3 \cdot 10^{32}\text{ m}^{-3} \cdot \text{detik}^{-1}$$

$$= 2,3 \cdot 10^{32}\text{ m}^{-3} \cdot \text{detik}^{-1} \cdot \frac{50\text{ cm}^3}{10^6\text{ cm}^3/\text{m}^3} = 1,15 \cdot 10^{28}\text{ detik}^{-1}$$

Tumbukan antar molekul berbeda

Untuk tumbukan antara dua molekul yang berbeda, luasampang lintangnya adalah $\sigma = \pi d^2$ dengan $d = \frac{1}{2} (d_A + d_B)$.

Jumlah tumbukan molekul A terhadap N' molekul B per satuan waktu $\sigma \bar{c} N' N/V$

Karena terdapat N molekul A maka total tumbukan A – B per satuan waktu adalah $(\sigma \bar{c} N' N/V) N$

sehingga kerapatan tumbukan Z_{AB} yaitu jumlah total tumbukan A-B per satuan waktu per satuan volume adalah :

$$Z_{AB} = \sigma \left(\frac{8kT}{\pi \mu} \right)^{1/2} \cdot \frac{NN'}{V^2} \\ = \sigma \left(\frac{8kT}{\pi \mu} \right)^{1/2} \cdot N_A^2 [A][B]$$

Tumbukan antar molekul berbeda

Jalan bebas rata-rata (λ) adalah jarak rata-rata suatu molekul yang ditempuh sebelum mengalami tumbukan berikutnya.

Jika satu molekul bergerak dengan kecepatan rata-rata bergerak dengan frekuensi z, molekul tersebut akan membutuhkan waktu $1/z$ bebas dari tumbukan dan menempuh jarak $(1/z) \cdot \bar{c}$

Dengan demikian jalan bebas rata-rata dapat dinyatakan sebagai : $\lambda = \frac{\bar{c}}{z}$

Apabila dimasukkan harga suku-sukunya

$$\lambda = \frac{\bar{c}}{z^{1/2} \sigma \bar{c} P} = \frac{kT}{2^{1/2} \sigma P}$$

Karena $PV = nRT$ sehingga

$$\lambda = \frac{V}{2^{1/2} \sigma N} = \frac{1}{2^{1/2} \sigma N_A [A]}$$

Pada volume tetap, jalan bebas rata-rata untuk suatu gas tidak tergantung dari temperatur. Jarak antar tumbukan hanya ditentukan jumlah molekul bebas laju kecepatan.

Tumbukan antar molekul berbeda

Jalan bebas rata-rata (λ)

$$\lambda = \frac{V}{2^{1/2} \sigma N} = \frac{1}{2^{1/2} \sigma N_A [A]}$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi λ :

- Kerapatan :
Kerapatan gas meningkat, maka molekul-molekul akan semakin rapat satu sama lain. Akibatnya molekul akan lebih bertumbukan, maka λ semakin kecil.
Peningkatan jumlah molekul atau penurunan volume akan menyebabkan kerapatan meningkat. Hal ini akan menurunkan λ .
- Jari-jari molekul
Kenaikan jari-jari molekul akan menurunkan ruang kosong di antara molekul sehingga λ menurun.
- Tekanan, temperatur dan faktor lain yang menyebabkan perubahan kerapatan akan mengubah juga nilai λ .

Tumbukan dengan dinding

Pertimbangkan untuk suatu dinding dengan luasan A yang tegak lurus terhadap sumbu x.

- Jika satu molekul memiliki $v_x > 0$ akan menumbuk dinding dengan selang waktu Δt terbentang pada jarak $v_x \Delta t$.
- Jika $v_x < 0$ berarti molekul bergerak menjauhi dinding.

Dengan demikian semua molekul pada volume $A \cdot v_x \Delta t$ dan dengan kecepatan positif akan menumbuk dinding pada selang waktu Δt .

Jumlah tumbukan dengan dinding per satuan waktu per satuan luas adalah

$$Z_w = \left(\frac{kT}{2\pi m} \right)^{1/2} \frac{N}{V}$$

$$= \frac{\bar{c} N}{4V}$$

$$= \frac{P \bar{c}}{4kT}$$

$$= \frac{P}{(2mkT)^{1/2}}$$

Pada tekanan = 1 atm dan $T = 300\text{ K}$, suatu wadah dapat berisi $3 \cdot 10^{23}$ tumbukan per detik per cm^2 .

Tumbukan pada dinding tergantung dari tekanan dan massa molekul dan hal ini sangat penting untuk mempelajari proses yang terjadi pada permukaan padatan.