

- ПОТВРДА АТОМИСТИЧКЕ ХИПОТЕЗЕ -

- **Перенови огледи** - „Врло тешко порећи објективну стварност молекула“
1908-1909.
Нобелова награда 1926.
Дискретност материје
- **Миликенов оглед** - одређивање наелектрисања електрона
1911
Нобелова награда 1923.
Дискретност наелектрисања

• Користењем једноставне апаратуре, штормерца и микроскоп $\Rightarrow$ Авогадров број и елементарно наелектрисање
 $6,022 \cdot 10^{23}$ $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

• Брауново кретање

Честице полевеног праха суспендоване у води се хаотично крећу под утицајем непознатих сила. „Нивотиа свиа“ органских молекула. (1827.)

1877. Брауново кретање последица судара молекула течности са суспендованим честицама.

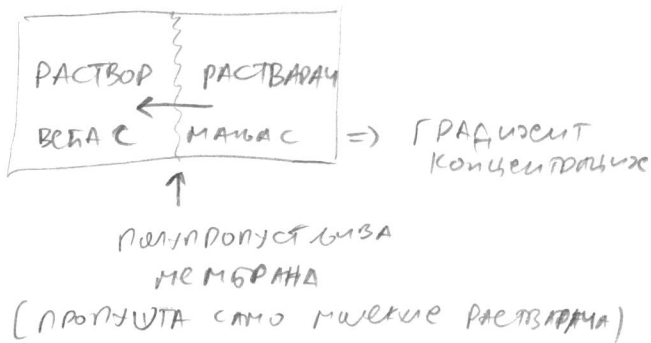
• Елементарна теорија Брауновог кретања

- Ајнштајн 1905. - СТАТИСТИЧКИ ОПИСАО МОЛЕКУЛСКО КРЕТАЊЕ И УТИЦАЈ ТОГ КРЕТАЊА НА СУСПЕНДОВАЊЕ ЧЕСТИЦЕ У ТЕЧНОСТИ
- (Нобелова награда 1921.)
- ИЗРАЧУНАО СРЕДЊЕ КВАДРАТНО ПОМЕРАЊЕ ОВИХ ЧЕСТИЦА, ИЗ КОГА СЕ ДИРЕКТНО МОГУ ОДРЕДИТИ ДИМЕНЗИЈЕ МОЛЕКУЛА
 - ОДСУСТВО ОВОГ КРЕТАЊА БИ БИЛО ЈАК АРГУМЕНТ ПРОТИВ МОЛЕКУЛСКО-КИНЕТИЧКЕ ТЕОРИЈЕ.

Перен - бриљантни експериментатор извео је серију експеримената који су потврдили Ајнштајнову релацију и последицу молекулско-кинетичку теорију.

- Честице суспендоване у течности се понашају исто као молекули раствора $\Rightarrow$ оне показују осмотски притисак. Заправо разлика је само у димензији честица суспензије и растворених молекула.
- Молекулско кинетичка теорија води до ^{закона} идеалног гасног закона али и осмотског притиска суспендованих честица.
- Осмоза је директна последица молекулске природе раствора.

ОСМОЗА



Осмотски притисак Π је притисак који треба применити НА РАСТВОР ДА БИ СЕ ЗАУСТАВИО ОСМОТСКИ ПРИЛИВ РАСТВОРАЧА

$$\Pi V = n R T$$

ВАН ХОФОВА ЈЕДИНАЦИЈА
БРОЈ МОЛЕКУЛА РАСТВОРКА

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

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

$$\Pi = V \frac{R T}{N_A}$$

АВОГАДРОВ БРОЈ

ОД ПРАВИХ РАСТВОРА (ОБЛАЖЕЊЕ Π БЕЗ УВОЂЕЊА ПОЈМА МОЛЕКУЛА)
ДО СУСПЕНЗИЈА (ПОСМАТРАМО ПОД МИКРОСКОПОМ)

$$J_V = -D \frac{dV}{dx}$$

АДВИТОН ЈЕ УСПЕО ДА ПОВЕЋЕ КОЕФИЦИЈЕНТ ДИФУЗИЈЕ (МАКРОСКОПСКУ ВЕЛИЧИНУ) СА ВЕЛИЧИНОМ ЧЕСТИЦЕ РАСТВОРКА, Д. ДИМЕНЗИЈАМА МОЛЕКУЛА (МИКРОСКОПСКА ВЕЛИЧИНА)

ДИФУЗИЈА

НЕМА МЕМБРАНЕ

- ПОД УТИЦАЈЕМ ГРАДИЈЕНТА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ И РАСТВОРАК ПРЕЛАЗИ У РАСТВОРАЧ

$$J_C = -D \frac{\partial C}{\partial x}$$

I ФИКОВ ЗАКОН

ГРАДИЈЕНТ
КОЕФИЦИЈЕНТ ДИФУЗИЈЕ
ДИФУЗИОНИ ФЛУКС - КОЛИЧИНА РАСТВОРКА ПРЕЛАЗА У ЈЕДИНИЦИ ВРЕМЕНА КРОЗ ЈЕДИНИЦУ ПОВРШИНЕ

"-" У СПРОТНОМ СМЕРУ ОД $\frac{\partial C}{\partial x}$

Сила осмотического давления по единицы затремина

$$F = - \frac{d\pi}{dx} = \frac{RT}{N_A} \frac{dV}{dx}$$

Ова сила действо на V честица, а за еднит честицу

$$F_1 = - \frac{RT}{V N_A} \frac{dV}{dx}$$

Сила која покреће честицу раствора x смеру супротином од смера концентрационог градиента $\Rightarrow$ честица дифундује од веће с ка мањој.

- Кретањет честице се ошпростиља сила треша, за сферне честице које су много веће од молекула раствора, Стоксова једначина

$$F_{tr} = 6\pi\eta r v$$

- У термодинамичкој равнотежи честица постоје граничну брзину $v = v_0$, а силе су изражене:

$$F_1 = F_{tr}$$

$$v_0 V = - \frac{RT}{N_A} \frac{1}{6\pi\eta r} \frac{dV}{dx}$$

$\parallel$
 $\int$

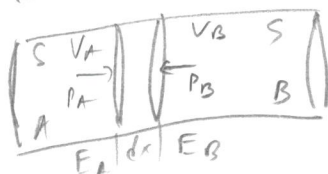
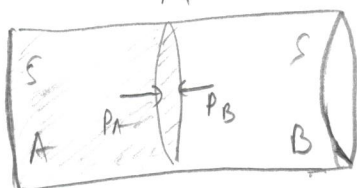
$$D = \frac{RT}{N_A} \frac{1}{6\pi\eta r}$$

→ Стокс-Айнштајнова једначина

ВЕЗА макроскопски мерљивих величина (D , вискозитет, температура)

и микроскопских величина (полупречник раствора и Авогадров број)

покретна мембрана
пропушта раствор



$$F = \frac{(P_A - P_B)S}{S dx} = \frac{P_A - P_B}{dx}$$

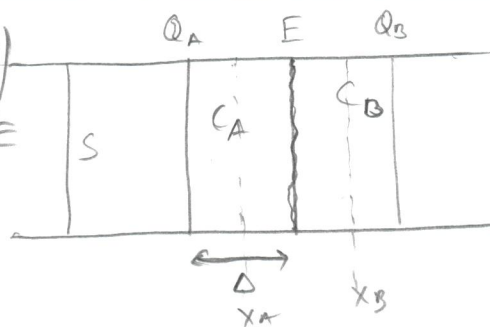
градиент осмотичког
притиска

$$\frac{dP}{dx} = - \frac{P_A - P_B}{dx}$$

↓ сила осмотичког притиска која у процесу дифузије делује на растворених честица у бесконачно танком слоју, површине S и дебљине dx . (по јединици затремина)

- ДИФУЗИЯ КАО ПОСЛЕДИЦА СЛУЧАЈНОГ КРЕЋАЊА МОЛЕКУЛА

КРОЗ Е: $g_A = \frac{1}{2} c_A S \Delta$ (позитивни и)
 количина материје која из збираних $S \Delta$ излази преко E (негативни)
 $g_B = \frac{1}{2} c_B S \Delta$ (позитивни и)



$$g_A - g_B = \frac{1}{2} (c_A - c_B) S \Delta$$

$$J_c = \frac{g_A - g_B}{S \Delta} = \frac{1}{2\tau} (c_A - c_B) \Delta$$

$$\frac{c_A - c_B}{\Delta} = - \frac{dc}{dx}$$

$$J_c = - \frac{1}{2} \frac{\Delta^2}{\tau} \frac{dc}{dx}$$

$$D = \frac{1}{2} \frac{\Delta^2}{\tau} \quad \Delta \rightarrow \langle \lambda_x^2 \rangle$$

$$D = \frac{1}{2} \frac{\langle \lambda_x^2 \rangle}{\tau}$$

$$D = \frac{RT}{N_A 6\pi\eta r}$$

$$\langle \lambda_x^2 \rangle = \frac{RT}{3\pi\eta r N_A} \tau$$

→ ПУТАЊА У ПРАВЦУ x У ИНТЕРВАЛУ τ ЗБИР ВЕЛИКОГ БРОЈА ЕЛЕМЕНТАРНИХ СКОКОВА МОЛЕКУЛА ЧИЈИ СУ ПРИБЛИЖИ И ДИФУЗИОНЕ СЛУЧАЈНИ.

↓
ТЕРМИЧНО КРЕЋАЊЕ МОЛЕКУЛА

ВАЖНИ И ЗА РАСТВОРЕНЕ МОЛЕКУЛЕ И ЗА СТУПЕНОВАНЕ ЧЕСТИЦЕ - КВАЛИТАТИВНИ ОПИС БРАУНОВОГ КРЕЋАЊА.

$$N_A = \frac{\tau}{\langle \lambda_x^2 \rangle} \frac{RT}{3\pi\eta r}$$

АНОМЛИ: „ТРЕБА СЕ НАДАТИ ДА ЊЕ НЕКИ ИСПРАВИВАЈУ Х БРЗО
 ЈСПЕТИ ДА РЕШИ ОВДЕ НАВЕДЕНИ ПРОБЛЕМ КОЈИ СЕ
 РЕЛИКО ВАЖАН ЗА ТЕОРИЈУ (МОЛЕКУЛСКЕ) РОЛИТЕ!!“

Нисе дуго чекао.

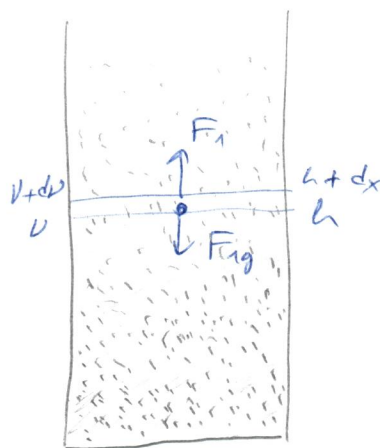
• Переноси огледу (Нобелова награда 1926.)

КВАНТИТАТИВНО ЕКСПЕРИМЕНТНО ПРОУЧАВАЊЕ БРАТНОВОГ КРЕТАЊА. - МАКРОСКОПСКО КРЕТАЊЕ Ј ТЕЧНОСТИМА УСИЉАВА СЕ ДО ПОРЕДИНИХ МОЛЕКУЛА КОЈИ НЕЗАВИСНО МОГУ ДА СЕ КРЕЋУ У СВИМ ПРАВЦИМА.

- СЕДИМЕНТАЦИОНА РАВНОТЕЖА

$$n = v \frac{RT}{k_A} \quad F_1 = - \frac{RT dv}{v k_A dx}$$

ГРАВИТАЦИОНА СИЛА → ТАЖИЊЕЊЕ
(-СИЛА ПОТИСКА)
СИЛА ОСМОТСКОГ ПРИСКА → РАВНОМЕРНО РАСПОРЕЂИВАЊЕ



ПОСМАТРАМО РАВНОТЕЖУ ОСМОТСКОГ И ХИДРОСТАТИЧКОГ ПРИСКА РАСТВОРЕНИХ ЧЕСТИЦА Ј УОЖУ НА ВИСИНИ h:

$$\begin{aligned} \vec{F}_g' &= m_c \vec{g} \\ \vec{F}_p &= -m_r \vec{g} \end{aligned} > \vec{F}_{1g} = \vec{F}_g + \vec{F}_p = (m_c - m_r) \vec{g} = (\rho_c - \rho_r) V_c \vec{g}$$

$$F_1 = F_{1g}$$

$$- \frac{RT}{v} \frac{dv}{k_A dx} = (\rho_c - \rho_r) V_c g$$

$$\int_{v_0}^v - \frac{dv}{v} = \int_{h_0}^h \frac{k_A}{RT} (\rho_c - \rho_r) V_c g dx \quad \left\{ \begin{array}{l} v_0 \text{ на } h_0 \\ A \text{ и } k_A \text{ на произвољној} \\ \text{висини } h \end{array} \right.$$

$$\int_0^1 d \ln v = - \frac{k_A}{RT} (\rho_c - \rho_r) V_c g \int_{h_0}^h dx$$

$$\ln \frac{v}{v_0} = - \frac{k_A}{RT} (\rho_c - \rho_r) V_c g (h - h_0)$$

$$V = V_0 \exp \left[- \frac{(p_c - p_r) V_c g}{\frac{RT}{N_A}} (h - h_0) \right]$$

$$N = \frac{RT}{(p_c - p_r) V_c g (h - h_0)} \ln \frac{V_0}{V}$$

↓ Авогадров број може да се одреди из седиментационе равнотеже мереном концентрације честица на две висине раствора × степенизи са познатим димензијама једнаких честица.

↓ Једноставна апаратура

- микроскоп мале дубинске оштрине само честице које су нитно равне
- врло уско видно поље
- на датим висинама сваких



15 с записивао број опациених честица × видно пољу - сабирао дуге серије на две висине и ~~напо~~ налазио однос

$$\left\{ \begin{array}{l} r = 0,212 \text{ mm} \quad 13000 \text{ честица на 4 висине} \\ N_A = 7,05 \cdot 10^{23} \end{array} \right\}$$

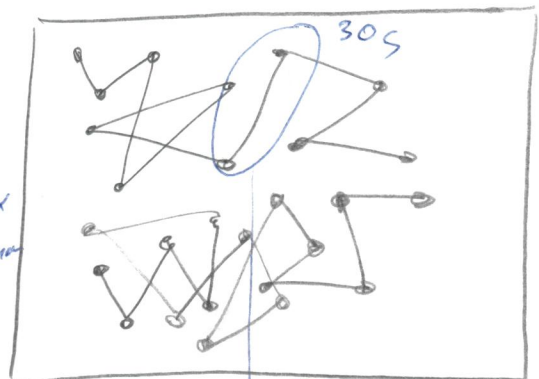
за разлиците услове: $5 - 8 \cdot 10^{23}$

- Путање честица × Брауновом кретању.

$$N_A = \frac{RT}{\langle \Delta x^2 \rangle} \frac{\tau}{3\pi\eta r}$$

• Проекција микроскопске слике на заклон на којем се могу да се записују положаји честице × једнаким временским интервалима.

• Све путање се могу описати јед-
димним $\langle \Delta x^2 \rangle$ средњим квадратним помаком



$$\left\{ \begin{array}{l} r = 0,212 \text{ mm} \quad 50 \text{ честица} \\ \tau = 30 \text{ s} \quad N_A = 7,3 \cdot 10^{23} \end{array} \right\}$$