

ODREĐIVANJE RELATIVNIH ATOMSKIH I MOLEKULSKIH MASA

Određivanje relativnih atomskih i molekulskih masa

- Definicija
- **Određivanje relativnih atomskih masa**
 - Dulong - Petitova metoda
 - Difrakcija rendgenskih zraka
 - Spektrograf masa
- **Određivanje relativnih molekulskih masa**
 - Gustoća plina
 - metoda Victor Mayera
 - Hofmannova metoda

1803. John Dalton

A_r - relativna atomska masa (atomska težina)

$$A_r = \frac{m_a}{m_a(\text{H})}$$

$$m_a(\text{H}) = 1$$

$$A_r(\text{O}) = 16$$

1905. god. $A_r(\text{H}) : A_r(\text{O}) \neq 1 : 16$

$$A_r = \frac{m_a}{m_a(\text{O})/16}$$

- kao standard uzeta $A_r(\text{O}) = 16.00000$
- $A_r(\text{H}) = 1.0078$

- otkriće izotopa

$$x({}_8^{16}\text{O}) = 99.76 \%;$$

$$x({}_8^{18}\text{O}) = 0.20 \%;$$

$$x({}_8^{17}\text{O}) = 0.04 \%$$

- Fizička skala relativnih atomskih masa:
standard kisikov izotop (${}_8^{16}\text{O}$)
- Kemijska skala relativnih atomskih masa:
standard prirodna izotopska smjesa kisika
- na kemijskoj skali relativne atomske mase nešto
manje nego na fizičkoj skali

1961. Definicija relativne atomske mase:

Relativna atomska masa (atomska težina) elementa jest omjer prosječne mase atoma elementa i 1/12 mase atoma nuklida ^{12}C .

$$A_r = \frac{\overline{m_a}}{m_a({}^{12}\text{C})/12}$$

1/12 mase nuklida ^{12}C naziva se unificirana atomska jedinica mase (u)

$$u = \frac{1}{12} m_a(^{12}\text{C}) = 1.6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

RELATIVNA MOLEKULSKA MASA

Relativna molekulska masa neke jedinice (tvari) jest omjer prosječne mase molekule, odnosno formulske jedinice ($\overline{m}_f$) i 1/12 mase atoma nuklida ^{12}C .

$$M_r = \frac{\overline{m}_f}{m_a(^{12}\text{C})/12}$$

Relativna molekulska masa neke jedinice (tvari) jednaka je zbroju relativnih atomskih masa atoma prisutnih u molekuli.

Primjer: Relativna molekulska masa kemijskog spoja kalcij-karbonata (CaCO_3):

$$M_r(\text{CaCO}_3) = A_r(\text{Ca}) + A_r(\text{C}) + 3 \cdot A_r(\text{O})$$

$$M_r(\text{CaCO}_3) = 40.08 + 12.01 + (3 \cdot 16.00) = 100.09$$

•**Mol** je množina tvari onog sustava koji sadrži toliko jedinki koliko ima atoma u 0.012 kg ugljika nuklida ^{12}C .

•Molarna masa M predstavlja omjer mase tvari m i množine njenih jedinki n :

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

$$M = [\text{g}]/[\text{mol}] = [\text{kg}]/[\text{kmol}]$$

Za određenu vrstu jedinki molarna masa M izražena jedinicom g mol^{-1} konstantna je veličina, a brojčano je jednaka relativnoj atomskoj masi (A_r), odnosno relativnoj molekulskoj masi (M_r):

$$M / \text{g mol}^{-1} = A_r$$

$$M / \text{g mol}^{-1} = M_r$$

Metode određivanja relativnih atomskih masa

- Dulong - Petitovo pravilo
- difrakcija rendgenskih zraka
- spektrograf masa

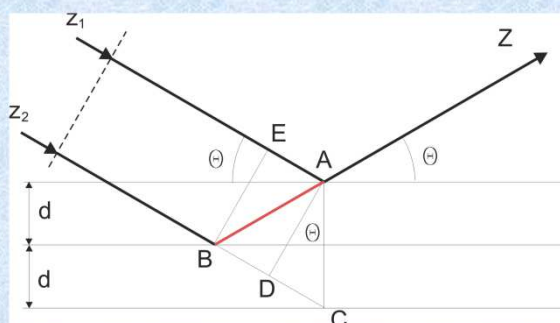
Dulong-Petitovo pravilo

Umnožak specifičnog toplinskog kapaciteta (c) neke čvrste elementarne tvari (čije je relativna atomska masa veća od 35) i relativne atomske mase pri sobnoj temperaturi stalan je i približno jednak $26 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$:

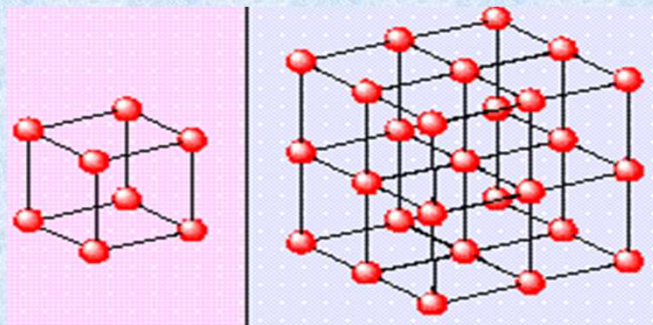
$$A_r \cdot c \approx 26 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$$

$$A_r \approx \frac{26 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}}{c}$$

Određivanje relativnih atomskih masa metodom difrakcije rendgenskih zraka



$$AB - AE = BC - BD = DC = AC \sin \Theta = 2d \sin \Theta = n\lambda$$



- odrede se dimenzije jedinične ćelije kristala
- odredi se broj atoma koji pripada jediničnoj ćeliji
- izračuna se volumen jedinične ćelije
- odredi se gustoća kristala

masa 1 mola jediničnih ćelija =
volumen jedinične ćelije $\times$ gustoća kristala $\times$ Avogad. konst.

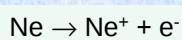
$M = \text{masa 1 mola jediničnih ćelija} / \text{broj atoma jedinične ćelije}$

$$M / \text{g mol}^{-1} = A_r$$

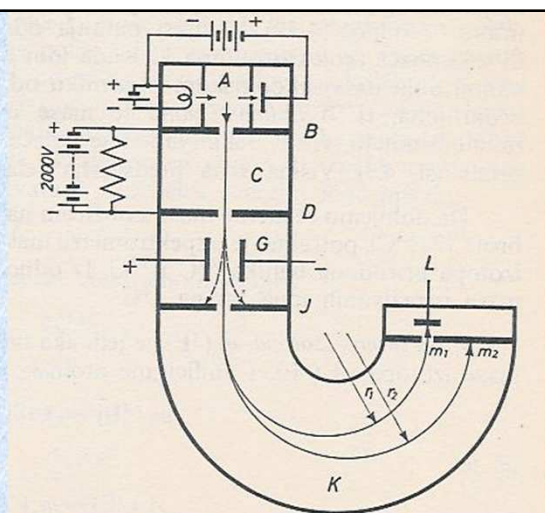
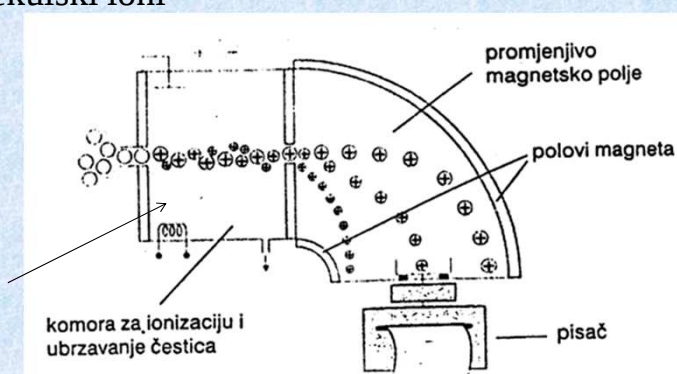
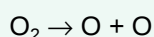
Određivanje relativnih atomskih masa pomoću spektrometra masa

spektrometar (spektrograf) masa – uređaj koji služi za mjerenje mase **ioniziranih atoma ili molekula**

električkim pražnjenjem plina pri niskom tlaku nastaju atomski ili molekularni ioni



ili



$$F_c = m \times v^2 / r; F_m = Q \times v \times B$$

$$r = \frac{mv}{BQ}$$

$v = \text{konstantno}; B = \text{konstantno}$

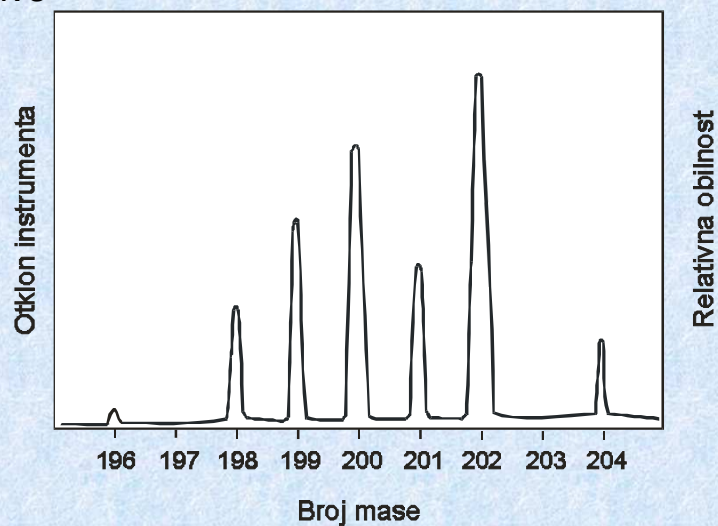
$$r = \text{konstanta} \frac{m}{Q}$$

$$m_1 : m_2 : m_3 : \dots = r_1 : r_2 : r_3 : \dots$$

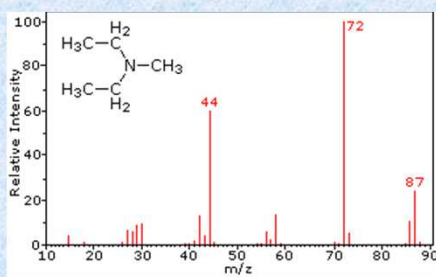
Relativne atomske **mase čestica istog naboja** mogu se odrediti iz radijusa putovanja tih čestica u magnetskom polju.

^{12}C i ^{13}C služe za standardiziranje instrumenta

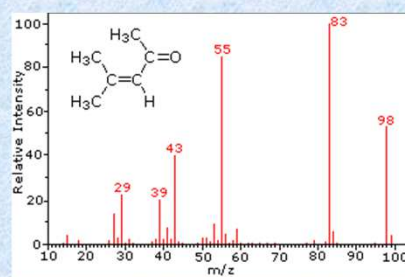
Spektrogram masa prirodne izotopske smjese žive



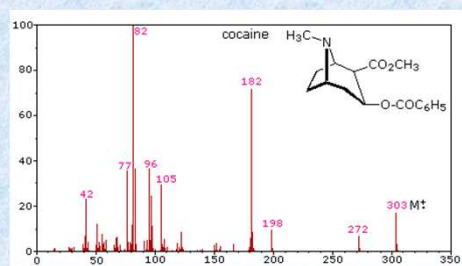
Radi složenosti izgleda spektrograma masa se koristi i za identifikaciju spojeva



4-methyl-3-pentene-2-one



N,N-diethylmethylamine



kokain

ODREĐIVANJE RELATIVNIH MOLEKULSKIH MASA

- određivanje relativne molekulske mase plina ili tvari koje se mogu pretvoriti u parno stanje (iz njihove gustoće primjenom jednadžbe stanja plina)
- određivanje relativne molekulske mase tvari koja se otapa u pogodnom otapalu, pri čemu se snizuje tlak para otapala

Određivanje relativne molekulske mase plina iz gustoće plina

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

$$M = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{p} = \frac{g}{dm^3} \cdot \frac{(Pa \cdot dm^3 / mol \cdot K)K}{Pa} = \frac{g}{mol}$$

$$M = \rho_N \frac{8314 \frac{\text{Pa dm}^3}{\text{mol K}} \cdot 273.15 \text{K}}{101325 \text{Pa}}$$

$$M = \rho_N \cdot 22.4138 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

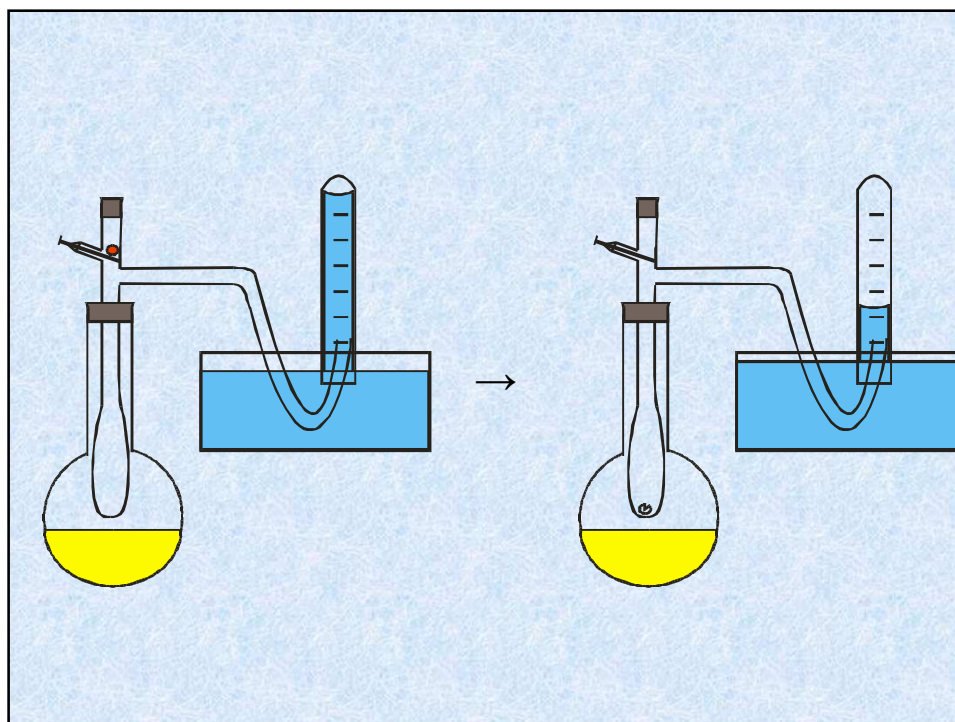
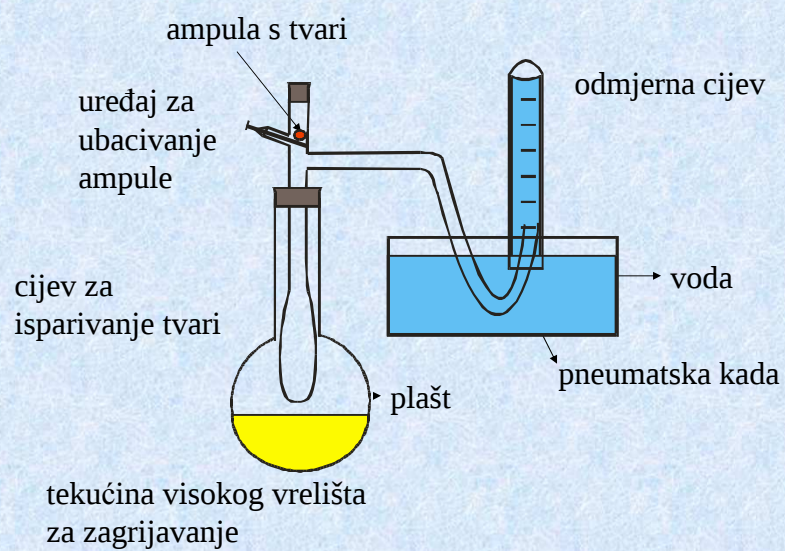
ρ_N – gustoća pri standardnim uvjetima

Određivanje relativne molekulske mase pare

- tekuće i čvrste tvari prevedemo u paru

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

Metoda Victora Mayera



Prije mjerenja u odmjernoj cijevi nalazi se zrak

Tlak je konstantan – atmosferski, temperatura je konstantna

Para koja nastane istisne zrak - očitamo volumen nastale pare

Tlak je potrebno korigirati - za tlak vodene pare p_w (na temperaturi T)

$$M = \frac{mRT}{(p - p_w)V}$$

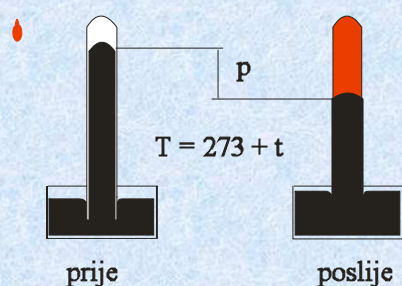
Metoda je približna jer se para ne ponaša kao idealni plin.

Hofmannova metoda

Koristi se za lakše hlapljive tvari čije je vrelište niže od sobne temperature

Cjevčica s tvari ugura se u barometarsku cijev, razbije se i tvar ispari,

očita se volumen, tlak i temperatura i izračuna M



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