

FIZICĂ PENTRU ANESTEZIȘTI

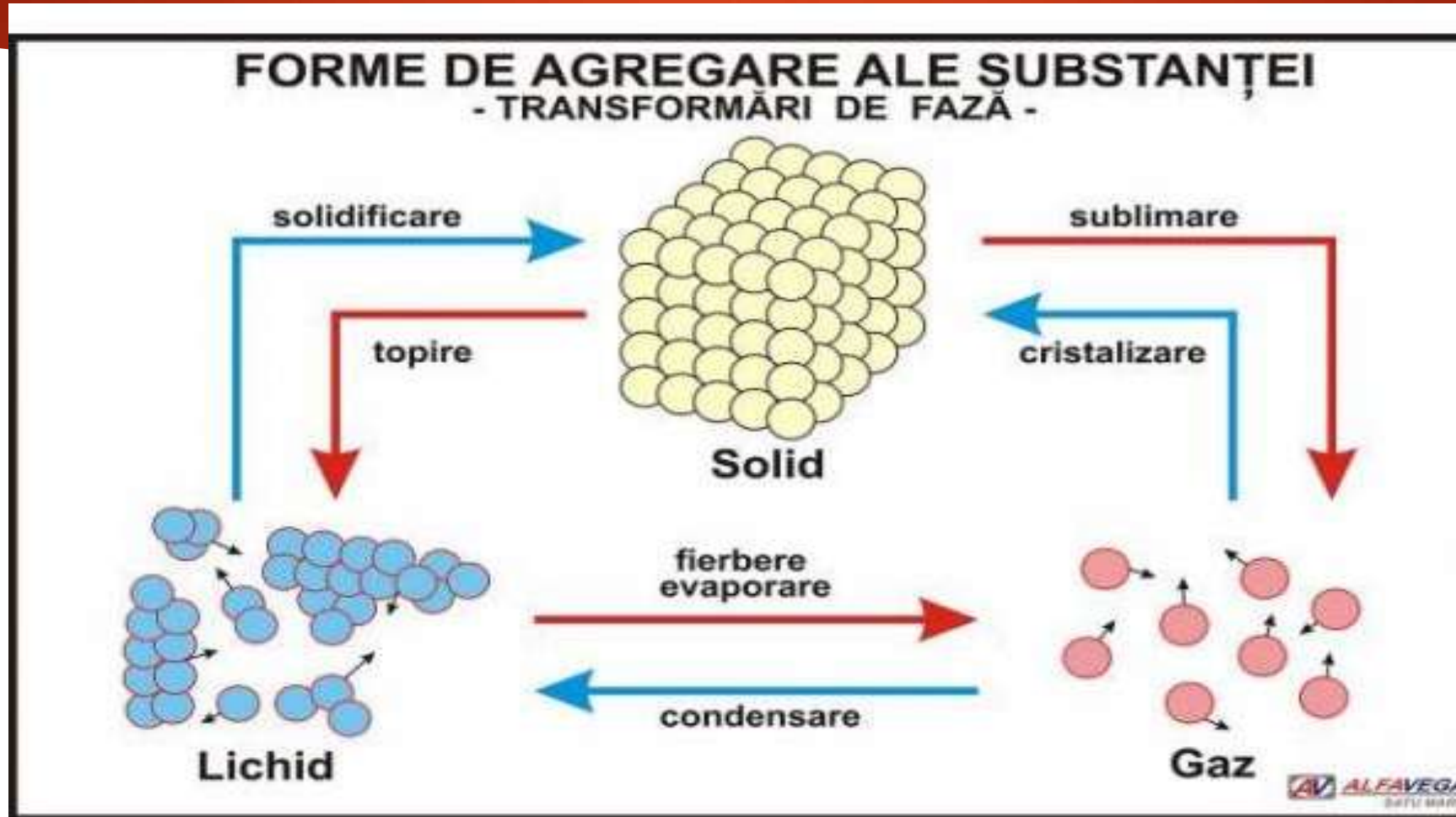
APARAT RESPIRATOR

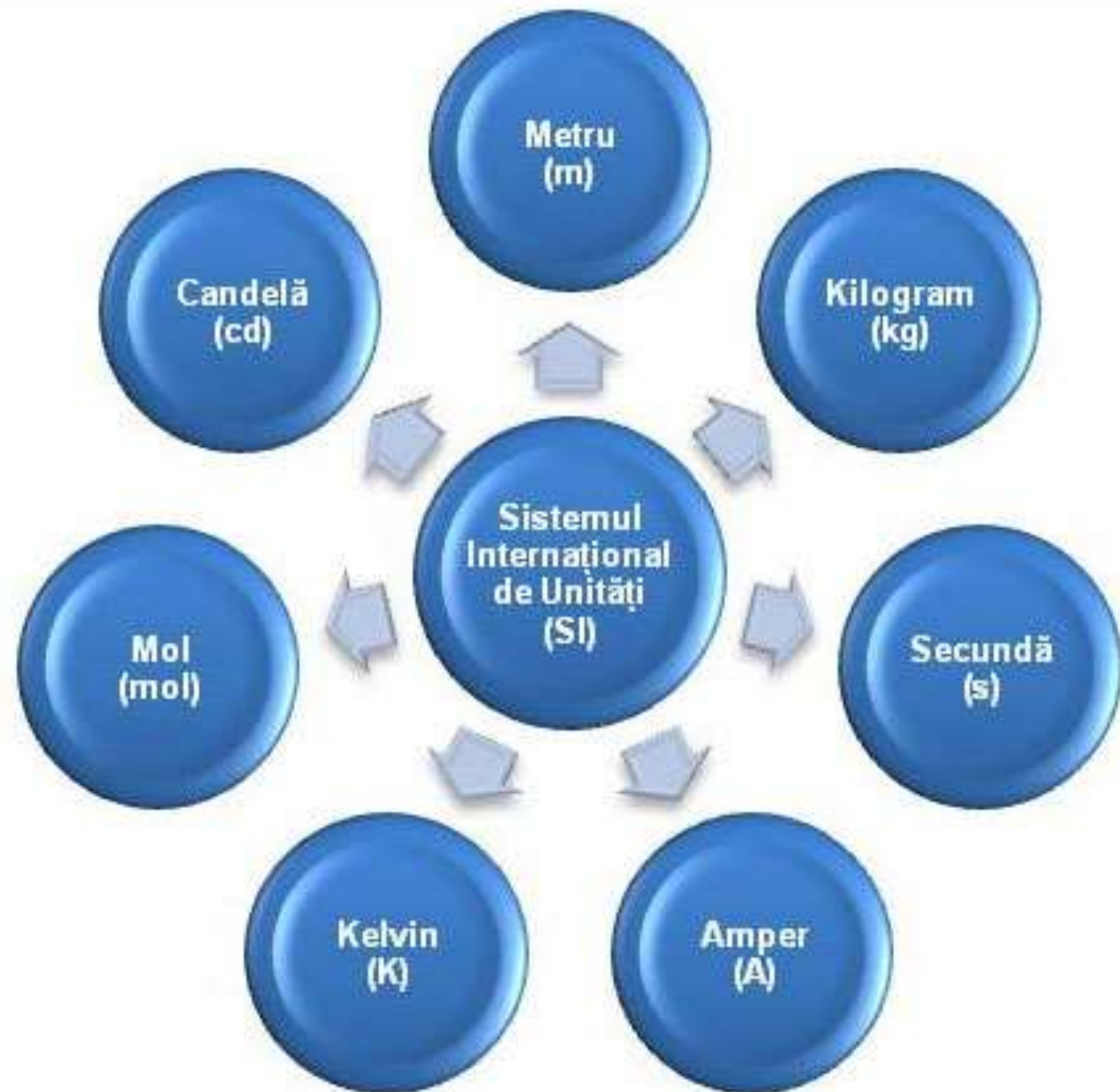
ILEANA MITRE

UMF IULIU HATIEGANU, CLUJ-NAPOCA

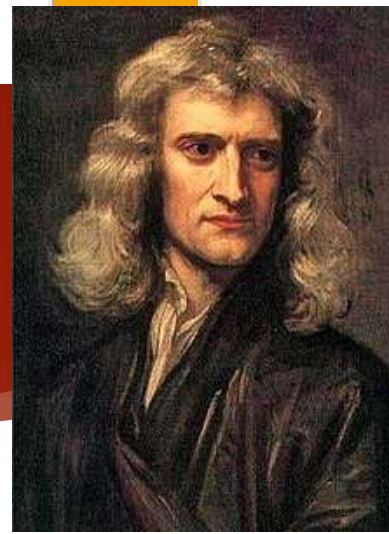


STĂRILE MATERIEI





FORȚA (F)



- ▶ Este definită ca ceea ce produce sau tinde să producă o schimbare a stării de repaus sau de mișcare a unui obiect.
- ▶ Unitatea de măsură în S.I. este Newtonul.
- ▶ **1 Newton (N) = 1 kg/1 m/s²**
- ▶ Forța gravitațională este forța de atracție a pământului și imprimă oricărui obiect care cade liber o accelerație de 9,81 m/s².

PRESIUNEA



- ▶ Presiunea este forța raportată la suprafață: $P = F/S$.
- ▶ Presiunea unui gaz este proporțională cu numărul coliziunilor dintre moleculele/atomii gazului și pereții containerului.

Presiunea crește

- ▶ cu numărul moleculelor de gaz
- ▶ creșterea temperaturii

- ▶ Unitatea de măsură a presiunii în S.I. este **Pascalul**.
- ▶ **1 Pa = 1 N/m²**.

PRESIUNEA: UNITĂȚI DE MĂSURĂ

▶ 1 kPa = 1000 Pa.

▶ 1 bar = 100 kPa,

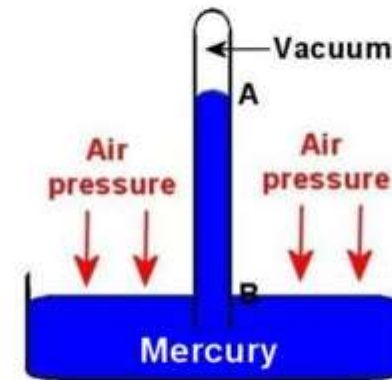
Presiunea atmosferică

▶ 1 atmosferă – 1 atm. = 101,325 kPa,

▶ 1 atm = 1,01325 bar

▶ ~1 atm = 1 bar.

▶ 1 atm = 760 mmHg; 1 atm = 10434,93 mmH₂O = 10,4 mH₂O



PRESIUNEA UNITĂȚI DE MĂSURĂ

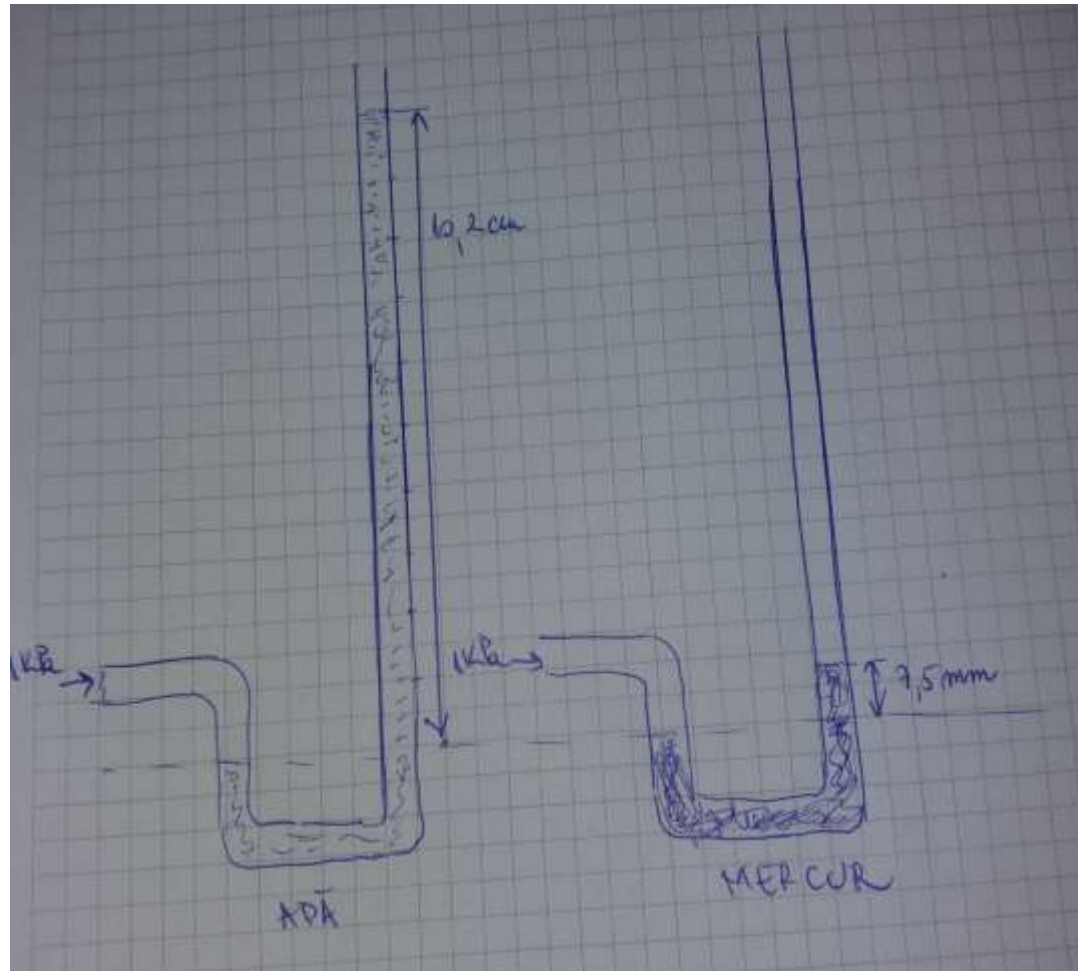
milimetri coloană de mercur (mmHg)

- ▶ $1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa} = 133,322 \text{ N/m}^2$.
- ▶ $1 \text{ mmHg} = \mathbf{1 \text{ torr}}$

în milimetri coloană de apă (mmH₂O),

- ▶ $1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9,806 \text{ Pa} = 9,8 \text{ N/m}^2$.
- ▶ $1 \text{ cmH}_2\text{O} = 10 \text{ mmH}_2\text{O} = 98,06 \text{ Pa} = 98,06 \text{ N/m}^2$.
- ▶ $7,6 \text{ mmHg} = 103,36 \text{ mm H}_2\text{O}$
- ▶ $\mathbf{1 \text{ mmHg} = 13,6 \text{ mm H}_2\text{O} = 1,36 \text{ cm H}_2\text{O}}$



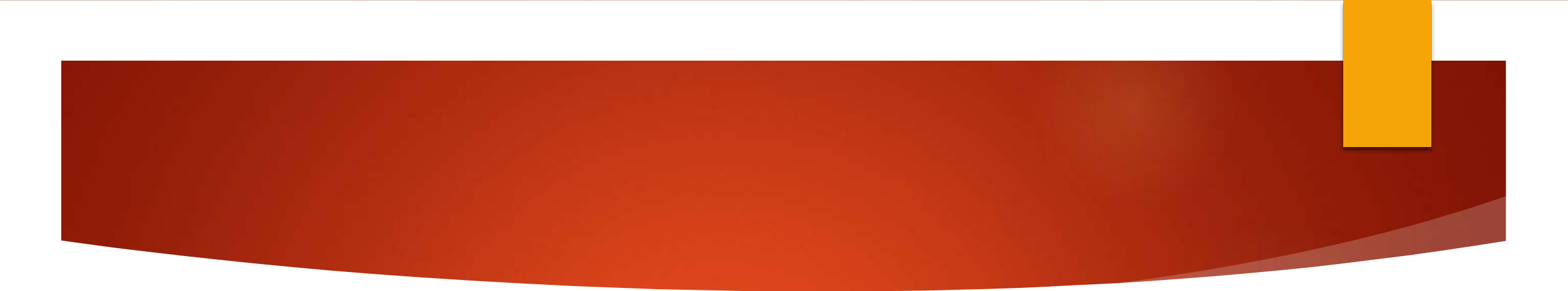


1 mm Hg = 13,6 mm H₂O
1 mmHg = 1,36 cm H₂O



În țările anglo-saxone se folosește mult o altă unitate de exprimare a presiunii care nu se găsește în S.I. :

- ▶ psi=pounds (livră) pe inch la pătrat (conversiile față de S.I.
 - 1 pounds- lbs = 0,45359237 kg;
 - 1 inch=2,54 cm.)
- ▶ **1psi= 1pound/inch²= 6894,73 Pa (N/m²).**



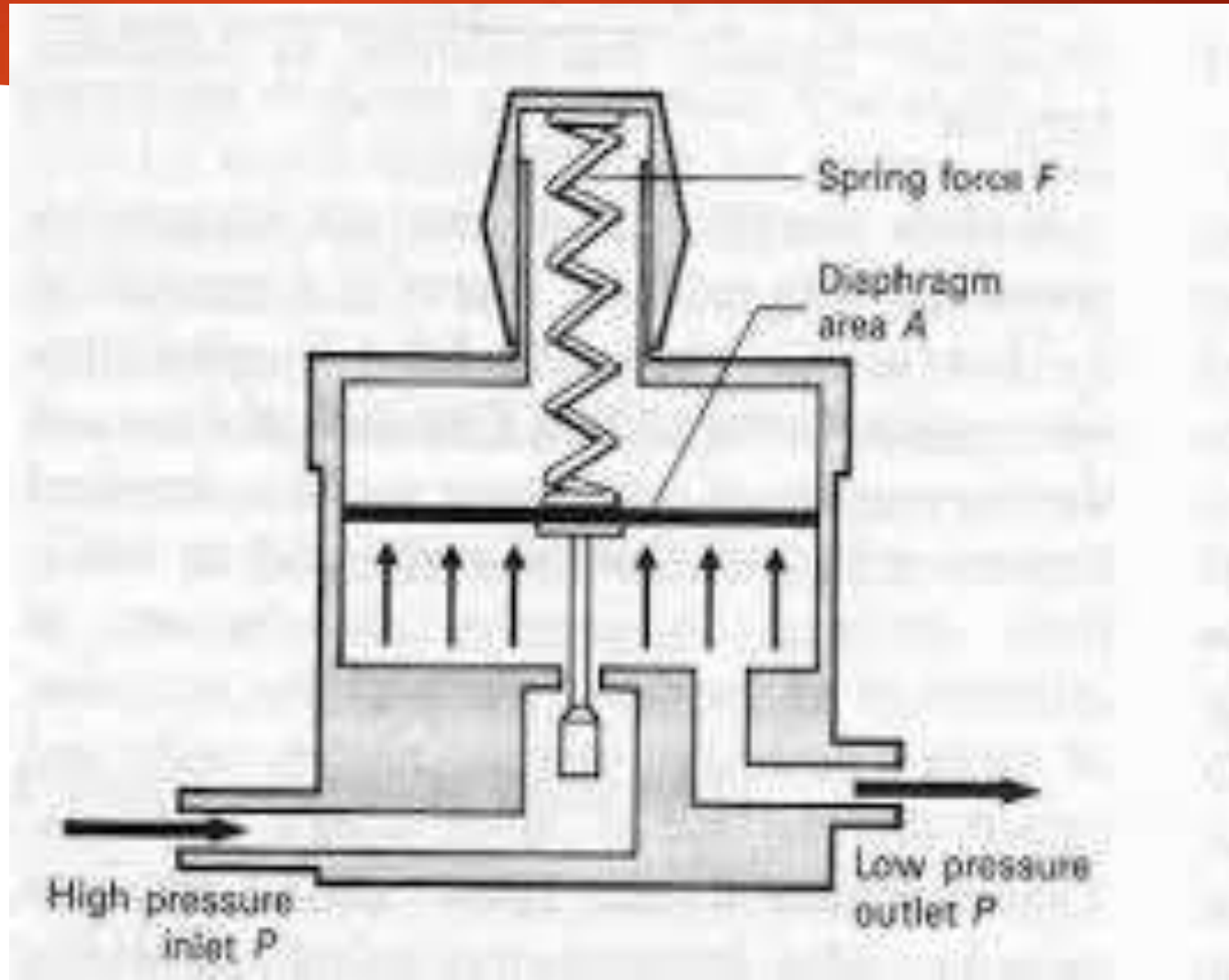
▶ $1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa} = 1,013 \text{ bar} = 14,696 \text{ psi}$

▶ Există tabele de conversie a valorilor presiunii dintr-o unitate de măsură în alta.

din \ in	kgf/cm²	bar	psi (lbf/in²)	mmHg	mmH₂O
1kPa	0.0101972	0.0100000	0.145038	7.50062	101.972
10kPa	0.101972	0.100000	1.45038	75.0062	1019.72
100kPa	1.01972	1.00000	14.5038	750.062	10197.2
101.3kPa	1.03298	1.01300	14.6923	759.813	10329.8
1000kPa (1MPa)	10.1972	10.0000	145.038	7500.62	101972
10MPa	101.972	100.000	1450.38	—	—
20MPa	203.944	200.000	2900.76	—	—
35MPa	356.902	350.000	5076.33	—	—
50MPa	509.86	500.000	7251.9	—	—
100MPa	1019.72	1000.00	14503.8	—	—
200MPa	2039.44	2000.00	29007.6	—	—

Aplicații : valve reductoare de presiune

$$F = P \times A$$



Aplicații

- ▶ valvele de suprapresiune

Măsurarea presiunii gazelor

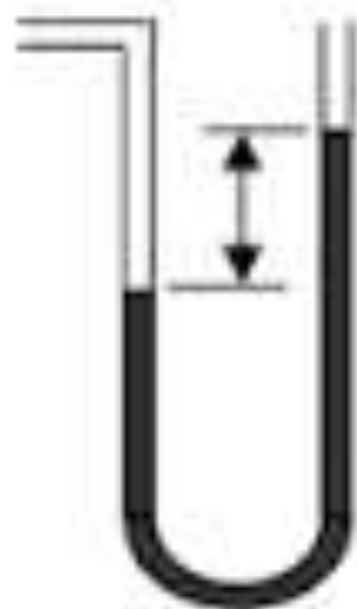
se face cu ajutorul

- ▶ manometrelor cu lichid (mercur, apa)
- ▶ manometrelor aneroide (dispozitive tip Bourdon -Bourdon gauge)
- ▶ traductoarelor electronice

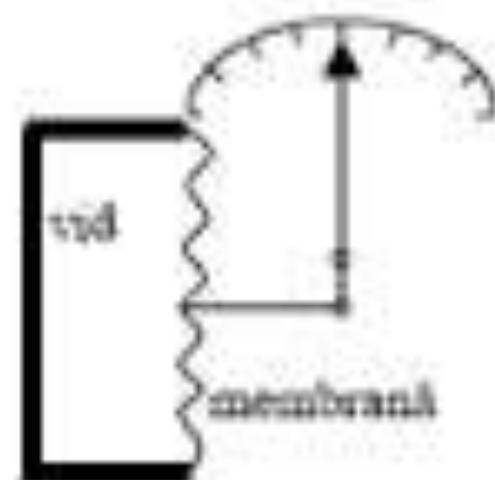
Tipuri de manometre:



Torricelli



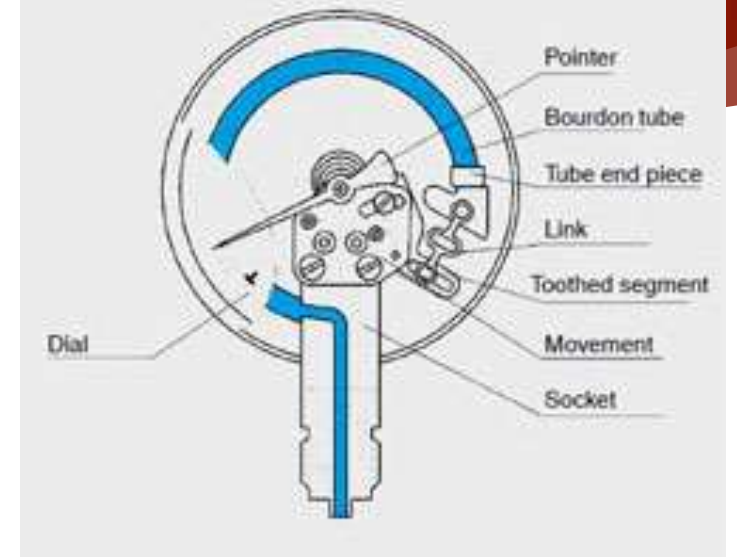
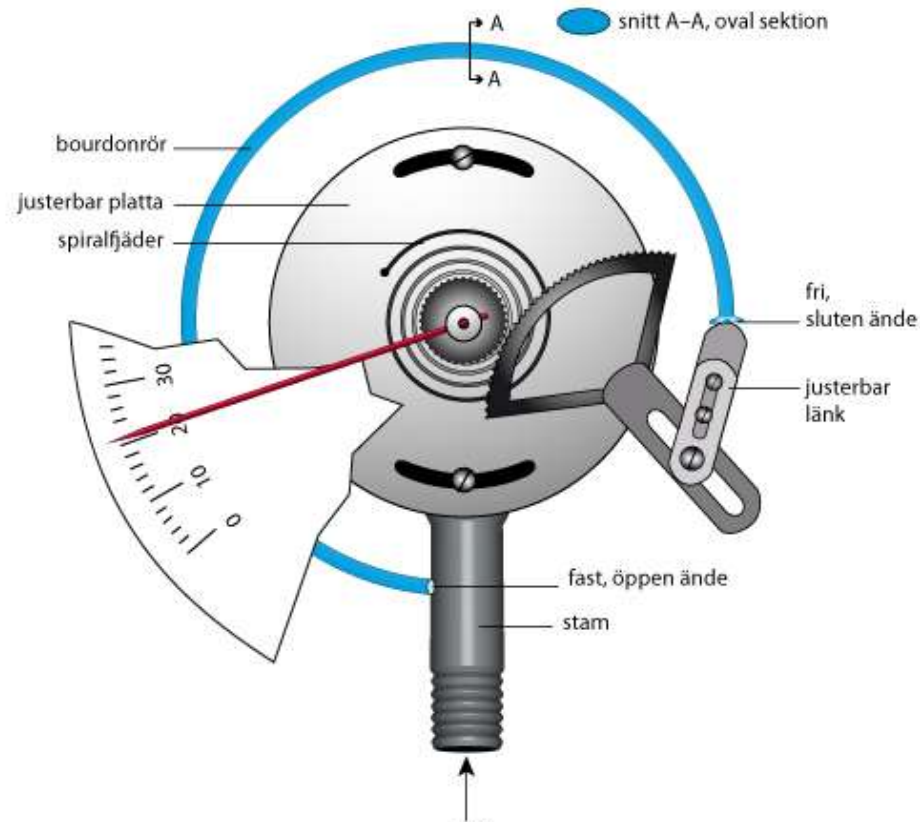
Manometru cu lichid



Aneroid



Metalic



Manometru tip Bourdon - datorită presiunii secțiunea ovală a unui tub spiralat devine circulară ceea ce mișcă un ac-pointer, a cărui valori pot fi astfel cuantificate pe un disc gradat.


- ▶ În cazul cilindrilor care conțin gaze comprimate la valori mari, presiunea care este citită de manometru se numește gauge pressure și este dată de diferența dintre presiunea gazelor din cilindru și presiunea atmosferică.



LEGILE GAZULUI IDEAL

- ▶ **Legea Boyle Marriotte**= legea transformării izoterme. Dacă temperatura este constantă, presiunea (P) și volumul (V) unei mase de gaz variază invers proporțional (adică produsul PV este constant).
- ▶ **Legea lui Charles**: dacă presiunea este constantă, volumul unui gaz variază direct proporțional cu temperatura absolută (T). Alfel spus V/T este constant, dacă presiunea nu variază. Temperatura absolută= temperatura în grade Celsius+ 273
- ▶ **Legea lui Gay-Lussac**. Dacă volumul este fix, presiunea absolută a unei mase de gaz variază direct proporțional cu temperatura absolută (P/T este constant).
- ▶ **Legea lui Mendeleev- Clapeyton** reprezintă o sinteză a primelor trei legi și spune că, în cazul gazului ideal, raportul PV/T este constant.

Mai precis, $PV=nRT$, unde n este numărul de moli de substanță, iar R este constanta universală a gazelor.

- 
- ▶ **Legea lui Dalton sau legea presiunilor parțiale.** În cazul amestecurilor de gaze dintr-un recipient, presiunea exercitată de fiecare gaz este egală cu presiunea pe care gazul ar exercita-o dacă ar fi singur în recipient și se numește presiunea parțială a gazului. Presiunea totală a amestecului gazos rezultă din suma presiunilor parțiale ale gazelor din amestec.
 - ▶ **Legea lui Avogadro.** Volume egale de gaze diferite, la aceeași presiune și temperatură, conțin același număr de particule/molecule.

Aplicații:

- ▶ Dacă un cilindru cu oxigen, a cărui presiune inițială era de 137 bar, se golește, la temperatură constantă, conform **legii lui Boyle- Mariotte**, volumul de gaz variază invers proporțional cu presiunea. Astfel, citind valorile presiunii din cilindru, se poate afla cantitatea de gaz rămasă în cilindru.
- ▶ **Legea lui Avogadro și legile gazului ideal** au fost utilizate pentru a calcula volumul de protoxid de azot ce se poate obține prin vaporizarea protoxidului lichid aflat într-un cilindru. Valoarea presiunii din cilindru este constantă, dar greutatea cilindrului dă indicații despre cantitatea de protoxid lichid din cilindru. După vaporizarea completă a lichidului, odată cu utilizarea în continuare de protoxid apare și scăderea presiunii din cilindru.

Raportul de umplere

- ▶ Gradul de umplere al unui cilindru cu gaz lichefiat (ex. Protoxid de azot)
- ▶ Masa de protoxid lichid/ masa de apă
- ▶ 0,67 la protoxid
- ▶ Legea lui Charles- la încălzire ar crește presiunea: risc de explozie

Legea lui Graham.

Gazele difuzează cu o viteză care este invers proporțională cu radicalul greutatei moleculare a gazului respectiv.

Difuziunea depinde și de alți factori :

- ▶ gradientul de concentrație,
- ▶ suprafața membranei,
- ▶ tipul membranei.

Aplicații :

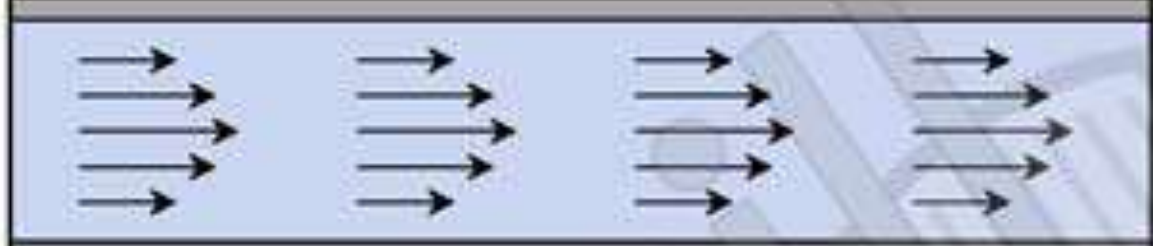
- ▶ efectul de concentrare
- ▶ efectul celui de al doilea gaz
- ▶ difuziunea alveolo-capilară

FLUXUL FLUIDELOR.

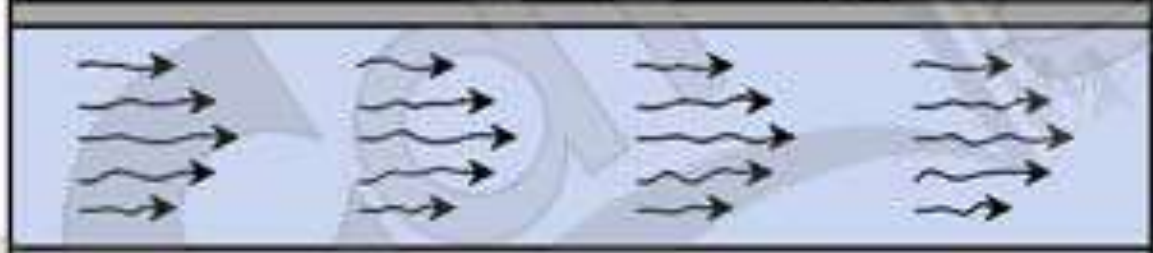
CURGEREA LAMINARĂ/ CURGEREA TURBULENTĂ

- ▶ Curgerea prin conducte poate fi laminară sau turbulentă.
- ▶ **Vâscozitatea** este proprietatea fluidelor de a se împotrivi la curgere. Există 2 tipuri de fluide- fluide de tip newtonian, la care coeficientul de vâscozitate este constant pentru un anumit fluid și fluide de tip non- newtonian, la care coeficientul de vâscozitate diferă la același fluid în funcție de condiții.
- ▶ **Legea Hagen-Poiseuille.** Pentru **curgerea laminară** prin conducte, viteza fluxului este direct proporțională cu presiunea de perfuzie, raza la puterea a patra și invers proporțională cu lungimea conductului și cu vâscozitatea :
- ▶ **$Q = \frac{\pi P r^4}{8 \eta l}$,**
- ▶ În curgerea laminară, fluxul este ordonat, viteza este mai mare la moleculele din centru.

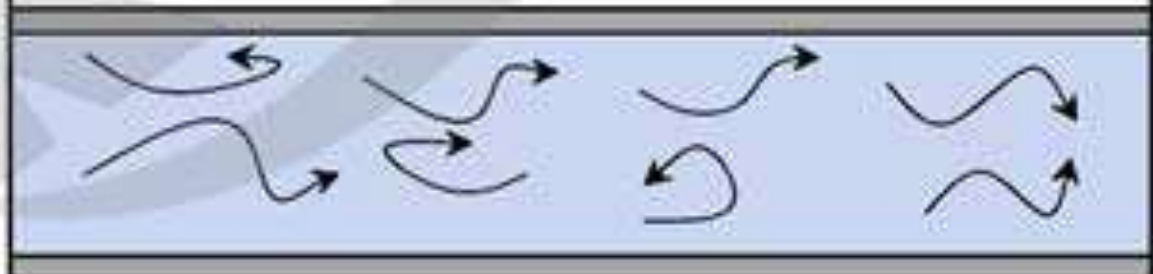
Regim de curgere laminar



Regim de curgere intermediar



Regim de curgere turbulent



Curgerea turbulentă

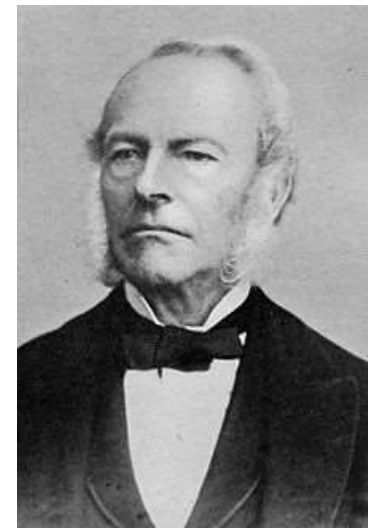
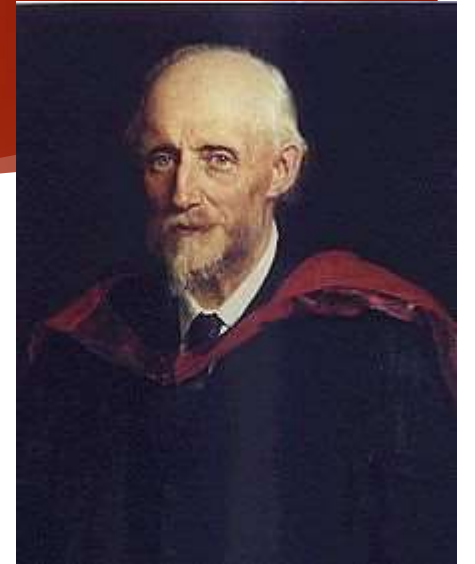
- ▶ In curgerea turbulentă, fluidul nu se mișcă ordonat, ci în vârtej, este imposibil de anticipat poziția moleculelor în spațiu.
- ▶ Dacă se notează pe un grafic variația fluxului și a presiunii unui fluid se observă că există o variație liniară între flux și presiune până la un anumit punct (**curgerea laminară**). După acest punct viteza crește și fluxul devine **turbulent**.
- ▶ Punctul de transformare dintre fluxul laminar și cel turbulent este reprezentat de viteza critică iar factorii de care depinde au fost cercetați de către fizicianul **Reynolds**.

Numărul lui Reynolds= $v\rho r/\eta$

- ▶ unde v = viteza, ρ = densitatea, r =raza, η = vâscozitatea.

Studiile au arătat că dacă în conducte cilindrice, **numărul lui Reynolds**

- ▶ **peste 2000**, curgerea va fi probabil **turbulentă**,
- ▶ iar dacă este **sub 2000** fluxul este de obicei **laminar**.



George
Gabriel
Stokes

Densitatea= raportul masă/unitate de volum

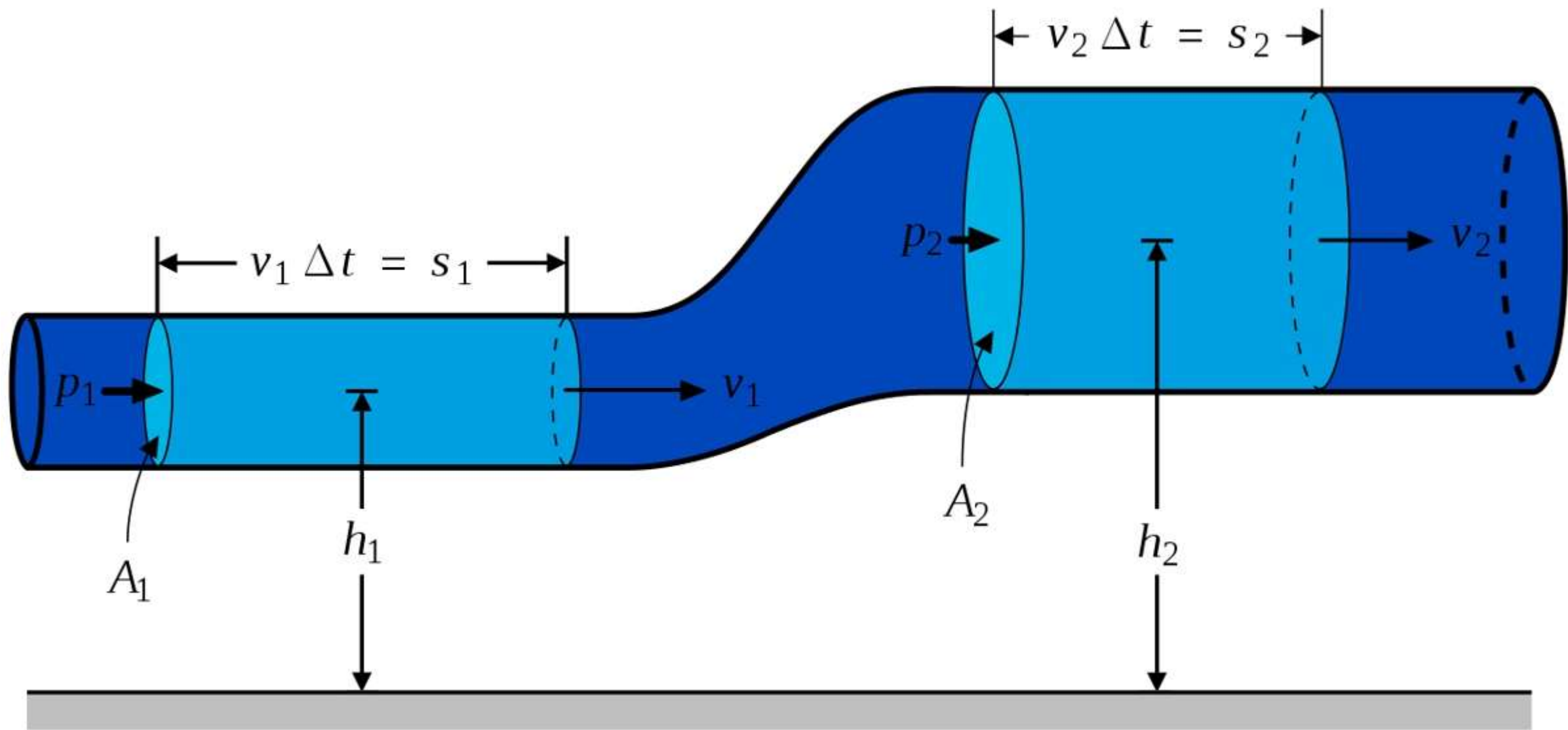
- ▶ Densitatea unui gaz sau vapor este proporțională cu greutatea moleculară.
- ▶ Halotanul este de 6,85 mai dens/greu decât aerul,
- ▶ Enfluranul 6,41 x densitatea aer
- ▶ Bioxidul de carbon , protoxidul de azot de 1,53 ori;
- ▶ Vaporii de apă au 0,63 x densitatea aerului,
- ▶ Heliul 0,14.

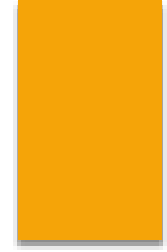
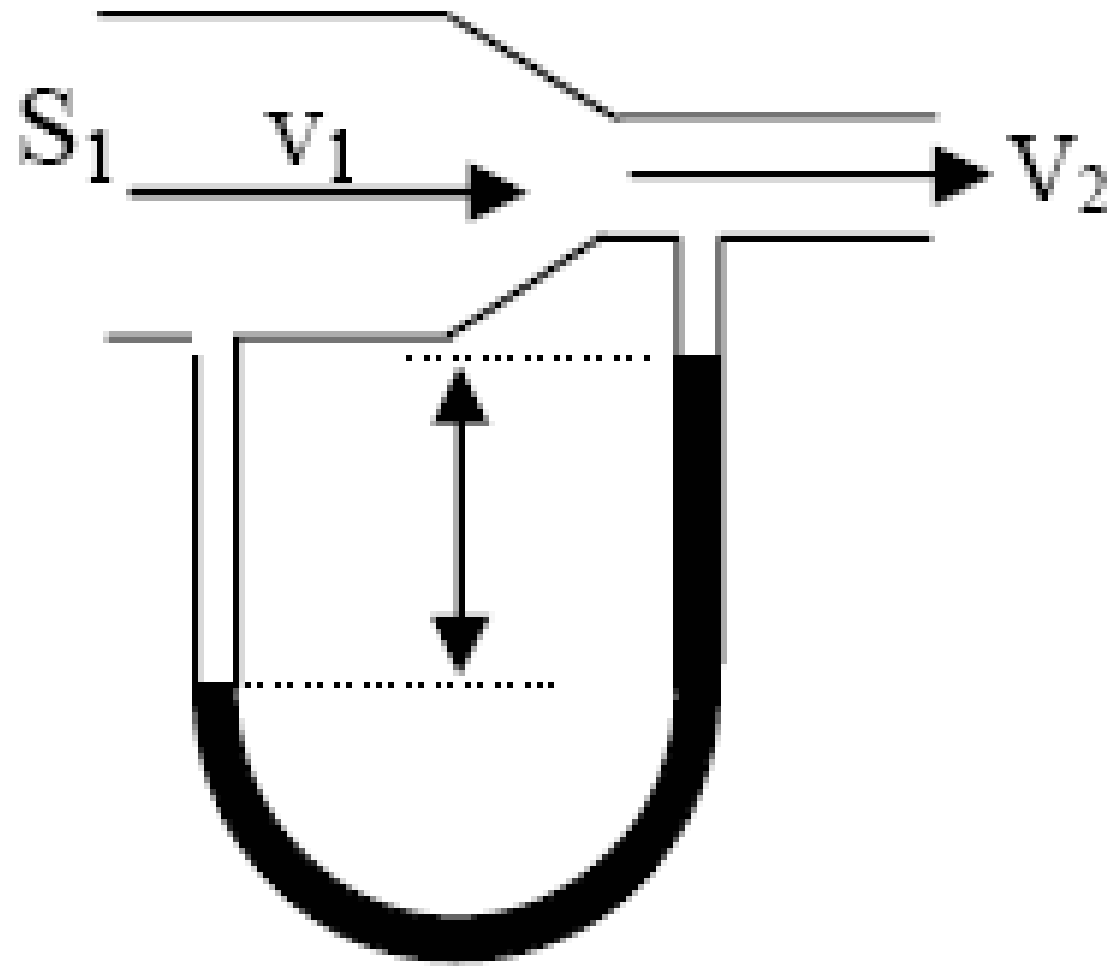
Aplicații:

- ▶ In obstrucțiile de cale aeriană superioară, fluxul laminar se transformă în flux turbulent, orice efort respirator va produce un volum tidal mai redus decât în condiții de flux laminar. Amplasarea fluxului turbulent poate fi redusă prin scăderea densității amestecului gazos- în practică se folosește administrarea unui amestec de heliu (densitatea 0,14) și oxigen (densitatea la oxigen 1,3), în loc de oxigen singur.
- ▶ Circuitele anestezice trebuie să aibă suprafața internă netedă, iar schimbarea de diametre să nu fie bruscă, lungimea să fie cât mai mică și diametrul cât mai mare pentru a evita apariția de flux turbulent.

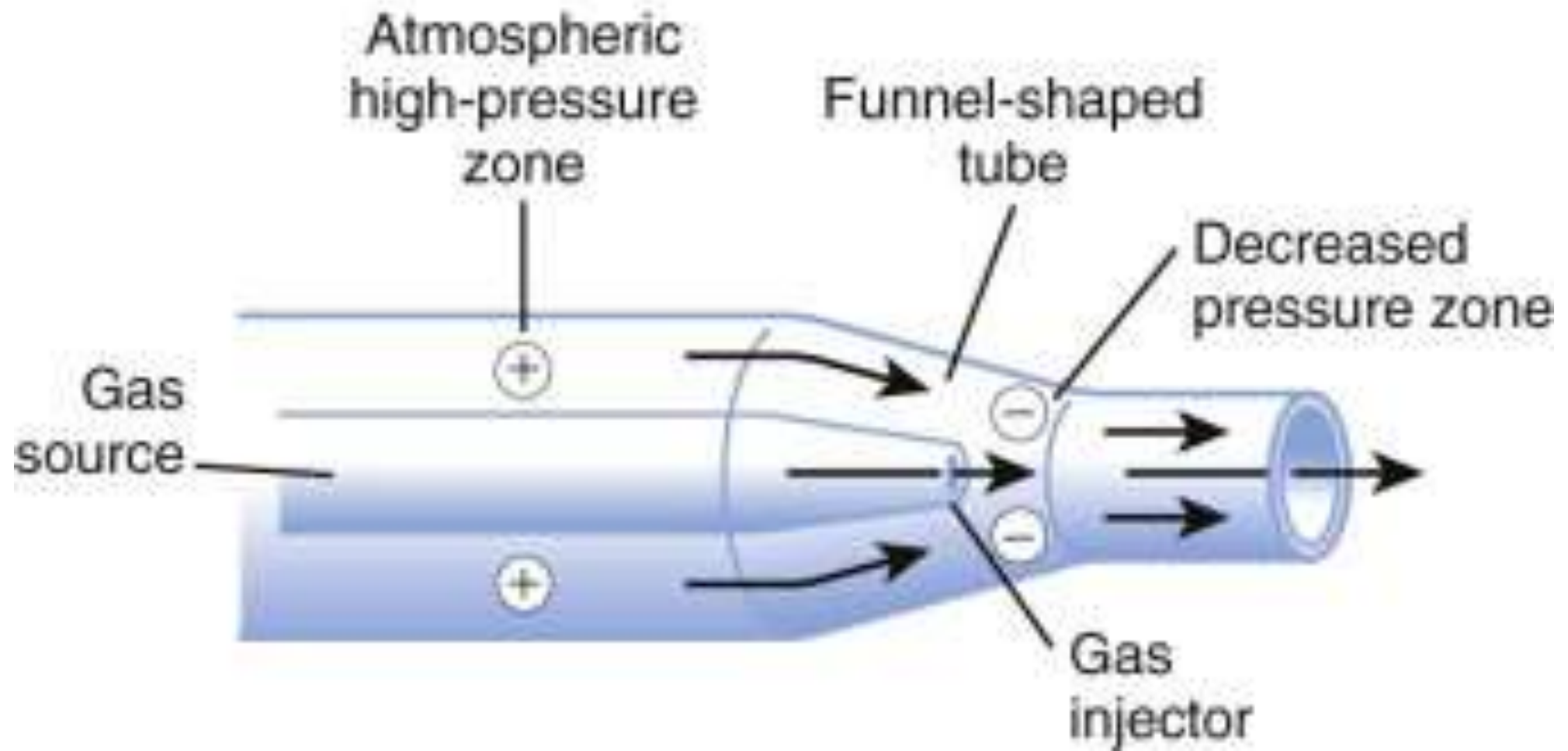
CURGEREA FLUIDELOR PRIN ORIFICII

- ▶ **Legea conservării energiei.** Energia totală a unui sistem fizic izolat rămâne nemodificată în timp, indiferent de natura proceselor interne care au loc în sistem. Deci energia se poate transforma dintr-o formă în alta, suma energiilor rămâne constantă.
- ▶ **Legea lui Bernoulli.** Dacă un fluid traversează conducte de diferite diametre, presiunea este cea mai mică în punctul în care viteza e cea mai crescută. La trecerea prin orificiu viteza crește (energia cinetică) iar atunci presiunea scade (energia potențială), conform legii conservării energiei. După orificiu, viteza scade din nou, iar presiunea crește.
- ▶ **Principiul Venturi.** Reprezintă o aplicație a legii lui Bernoulli. Principiul Venturi stabilește că dacă se realizează o presiune subatmosferică într-un tub în formă de con, printr-o îngustare controlată a unui tub/conductă, atunci un fluid poate fi introdus în acesta printr-un tub lateral. Particularitățile intrării fluidului depind de poziția tubului lateral, de gradul constricției, de creșterea graduală a diametrului postconstricție.



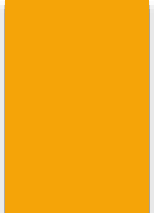


Venturi principle

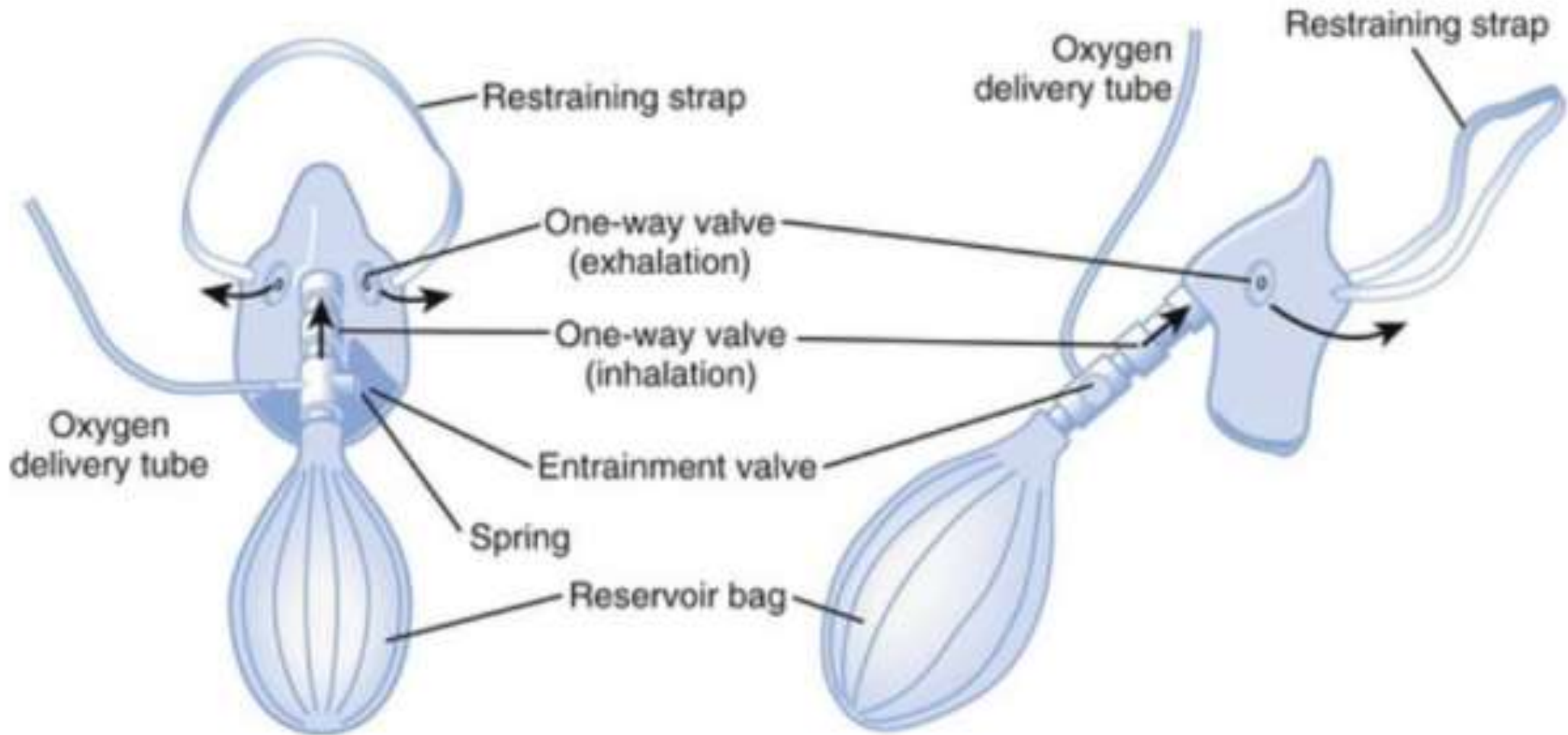


Aplicații :

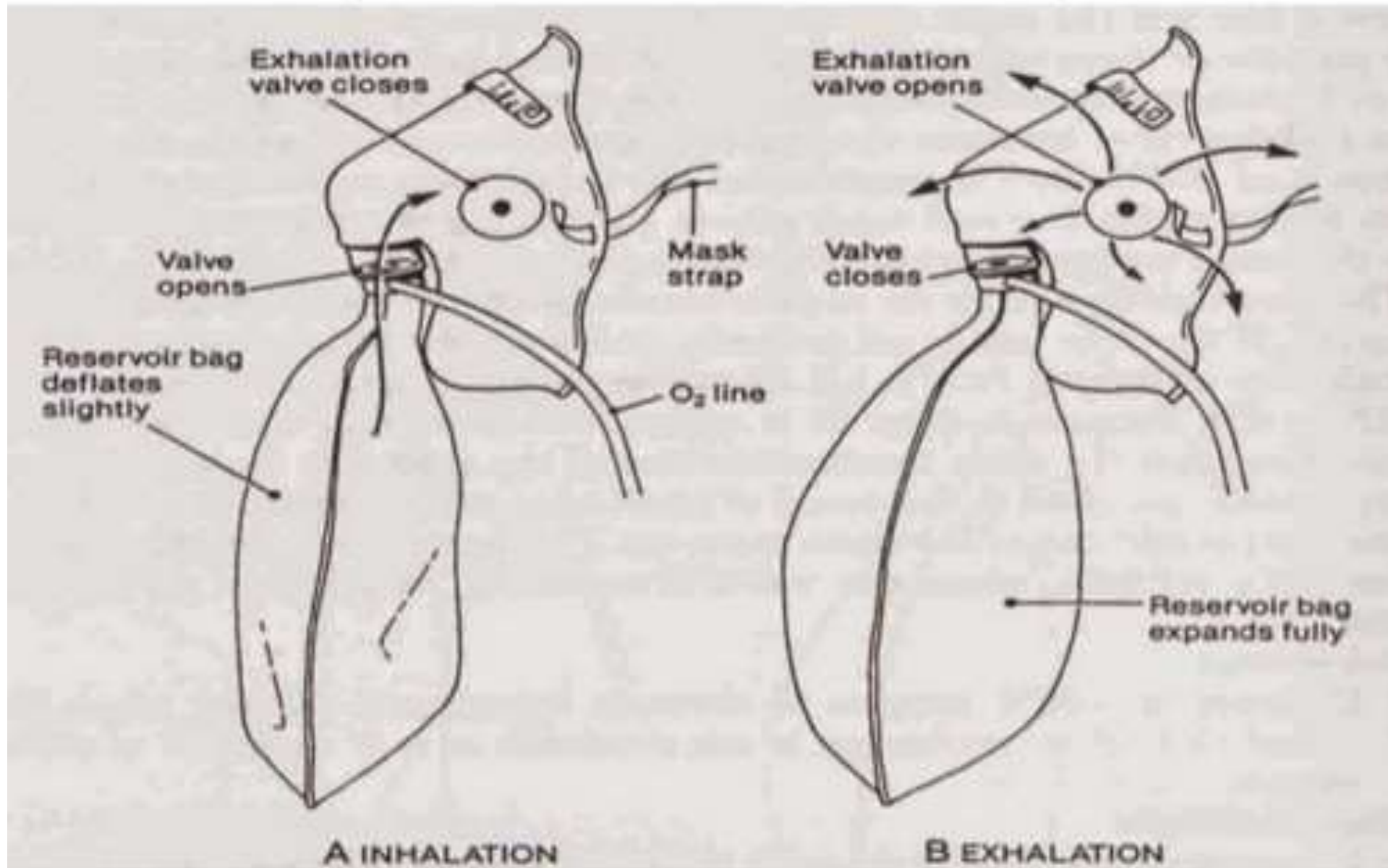
- ▶ Dispozitivele de amestecare a gazelor, inclusiv la măștile faciale pentru oxigenoterapie,
- ▶ Nebulizoare
- ▶ Aparatele de suțione portabile,
- ▶ Jet -ventilația ,
- ▶ Echipamentele de exhaustare

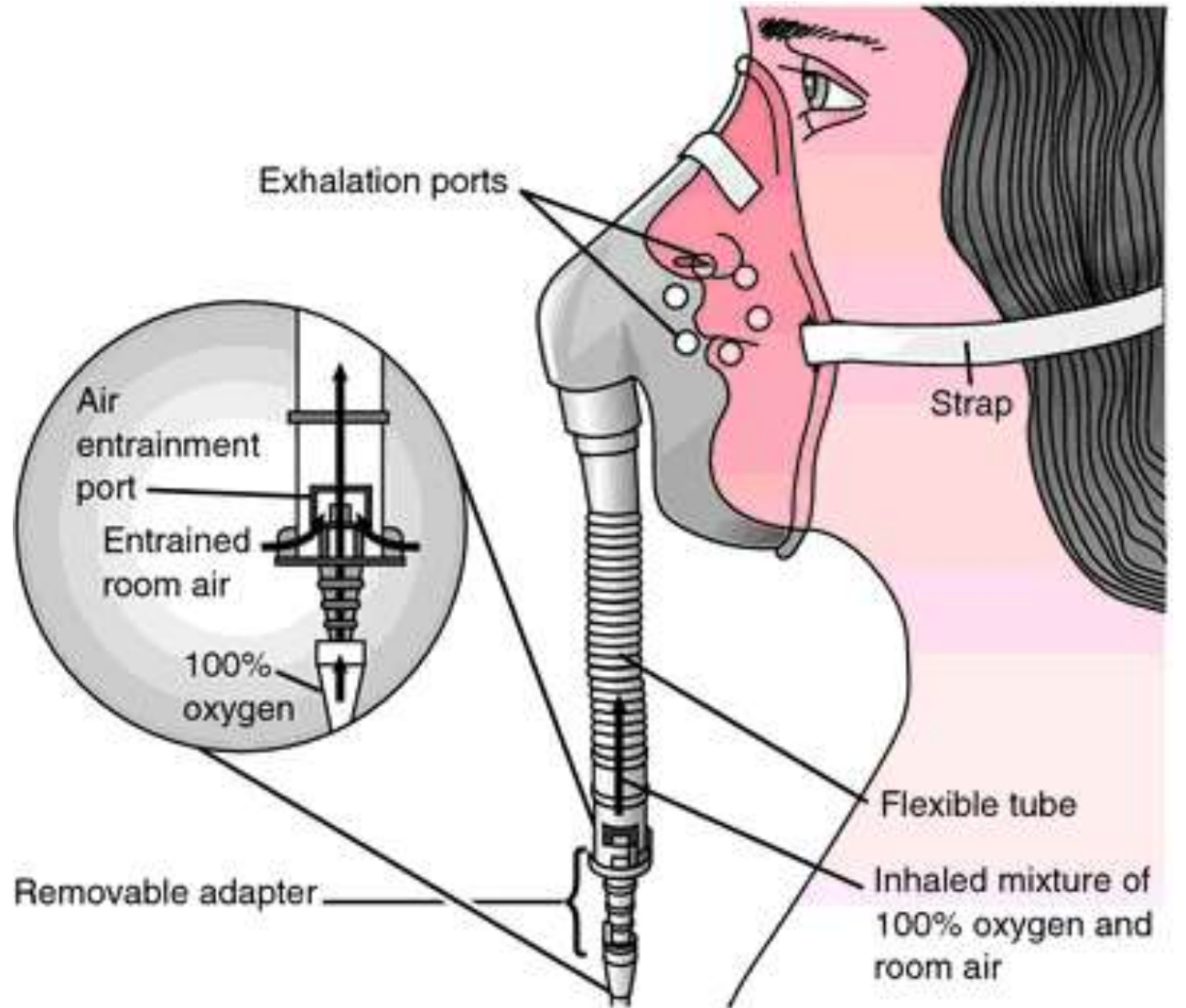


Nonrebreathing oxygen mask



NON REBREATHER MASK





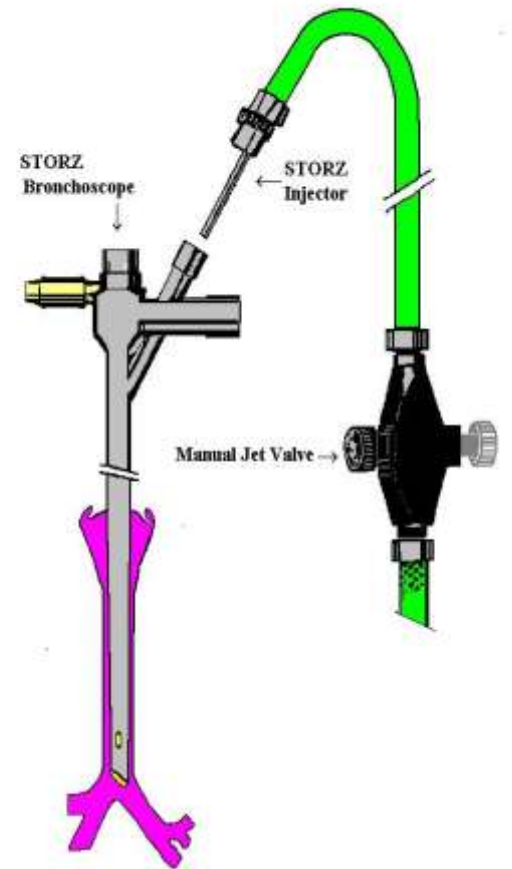
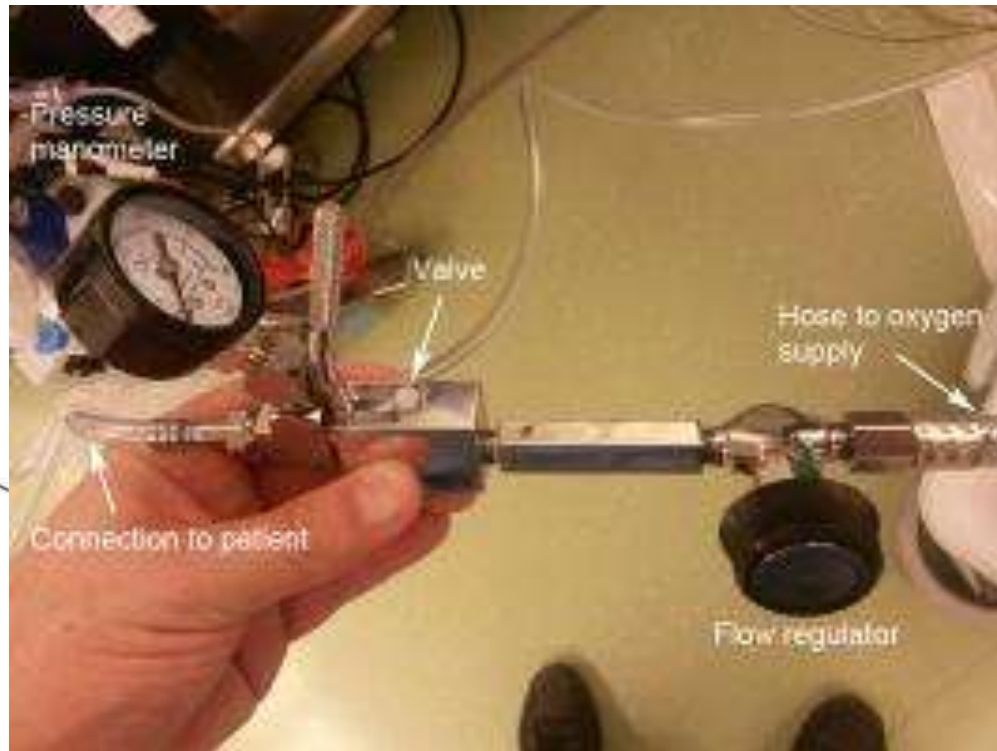
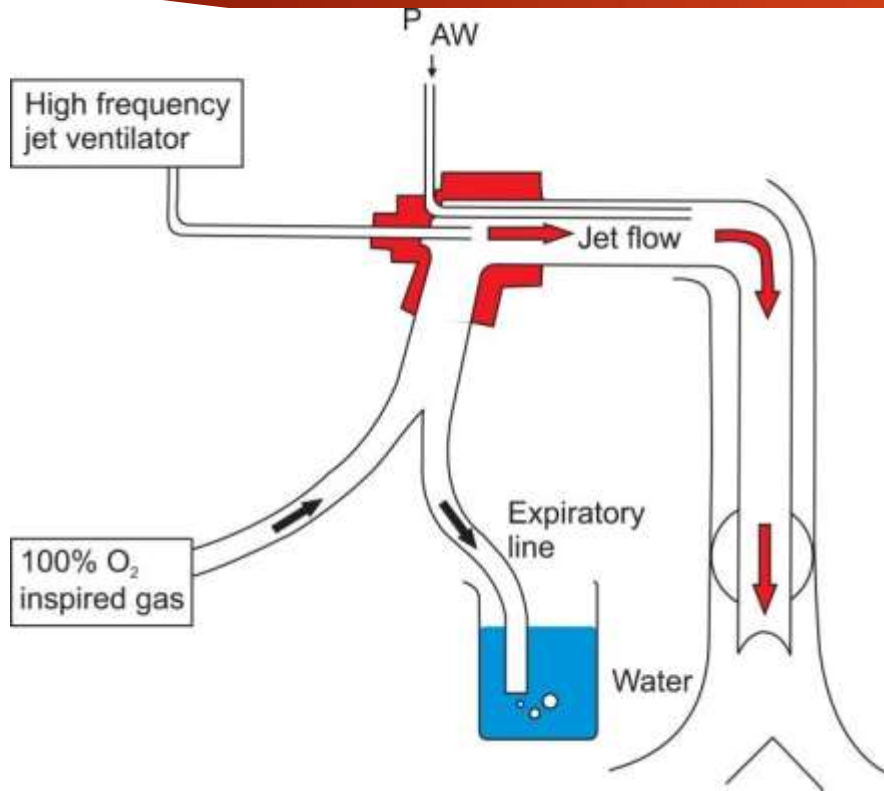
Nebulizoarele



Aparatele de sucțiune portabile



Jet-ventilația

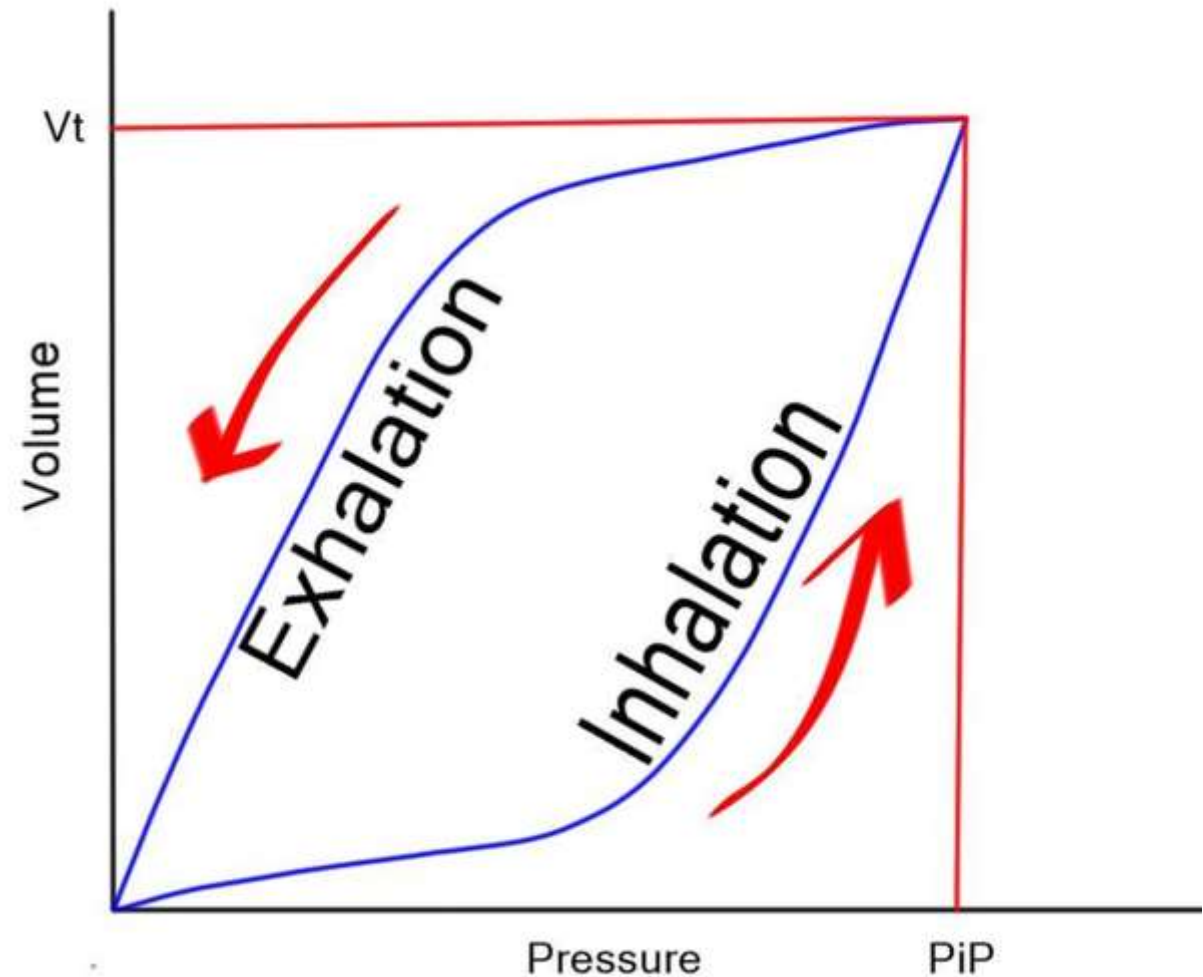


LUCRUL MECANIC

- ▶ Este rezultatul forței care deplasează un obiect în direcția forței.
- ▶ Deci $L = F \times D$, unde F este forța, D este distanța
- ▶ Unitatea de măsură **Joule (J)**. **$1 \text{ J} = 1 \text{ Nxm}$** .
- ▶ 1 J reprezintă lucrul efectuat de o forță de 1 N care deplasează pe distanță de 1 m un obiect în direcția forței.

Lucrul mecanic al respirației

- ▶ diferența de presiune x volum



Complianța

- ▶ Măsoară distensibilitatea: diferența de volum/presiune
- ▶ Presiunea transmurală= presiunea alveolară- presiunea intrapleurală

Complianța pulmonară:

- ▶ 1.5-2 l/kPa
- ▶ 130-200 ml/cm H₂O

Complianța toracică totală

- ▶ 0,85 l//kPa
- ▶ 85 ml/ cm H₂O

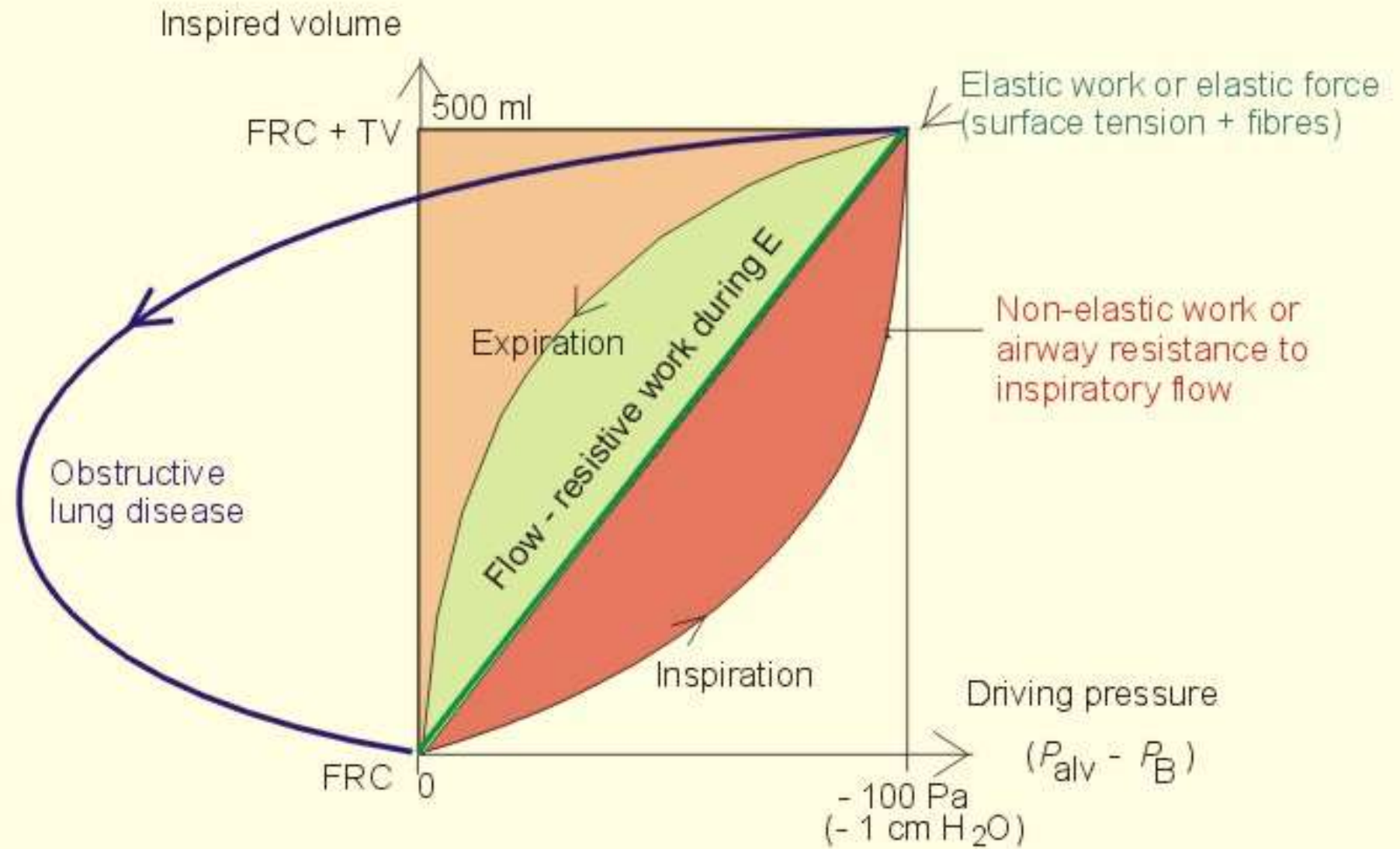
Complianța pulmonară

- ▶ $1/\text{toracică totală} = 1/\text{complianță perete} + 1/\text{complianță plămâni}$

Complianță plămâni

- ▶ Statică- destinderea alveolară
- ▶ Dinamică în legătură cu rezistența căii aeriene

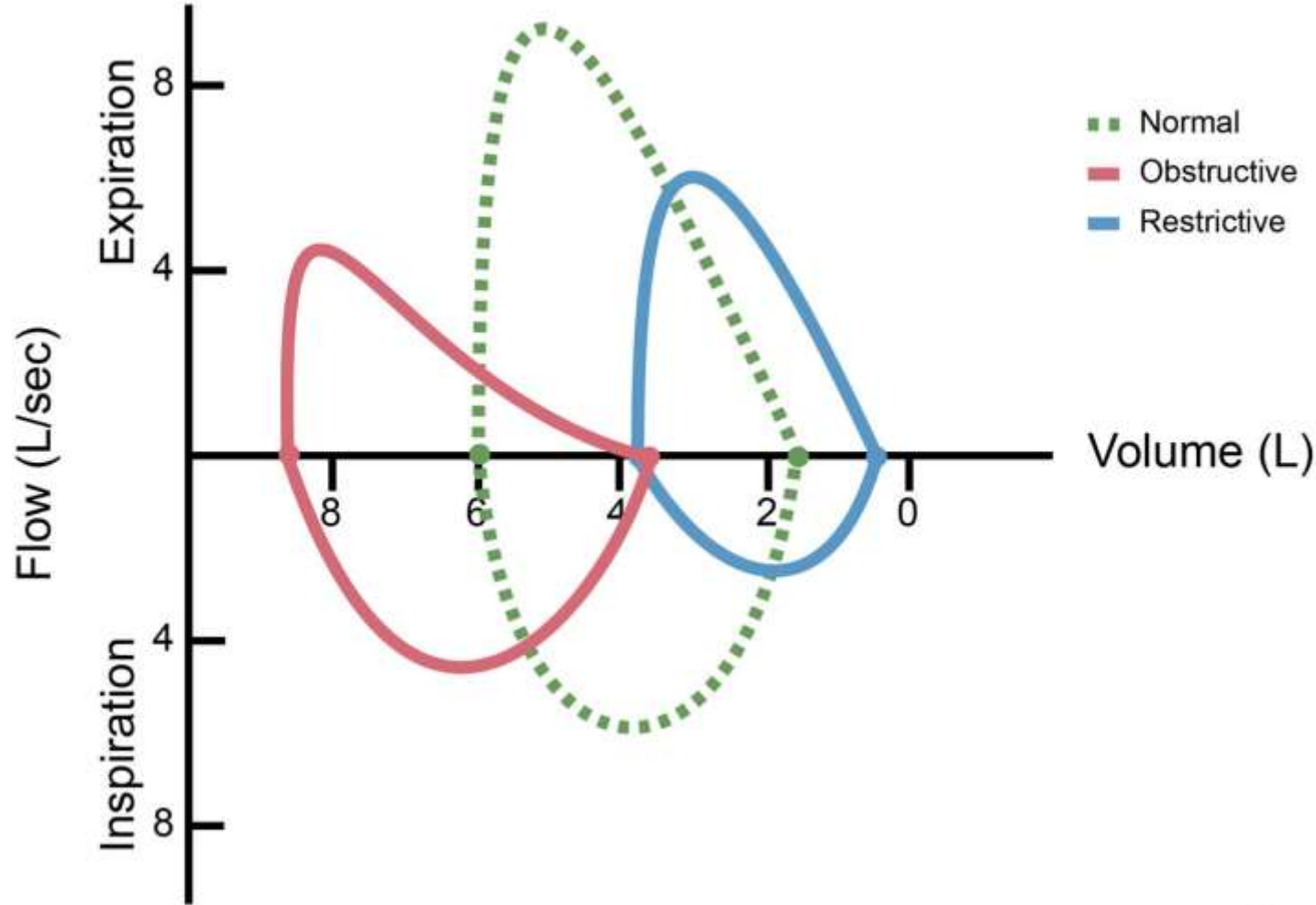
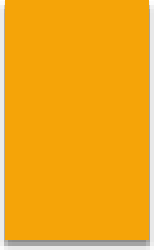
The Dynamic Pressure - Volume Curve



Inspiratory work = Force * distance.
Expiratory work of COLD patient is superimposed on a normal curve.

Fig. 13-4

Flow Volume Loops



PUTEREA

- ▶ Viteza cu care e efectuat lucrul. $PUTEREA = LUCRU / TIMP$.
- ▶ Se măsoară în watts. 1 Watt este lucrul efectuat de 1J /1s.
- ▶ Respirațiile utilizează sub 2% din rata metabolismului bazal- Basal Metabolic Rate (BMR).
- ▶ În repaus se consumă 2-5% din VO_2 , adică aproximativ 3 ml/min.

LICHEFIERE

- ▶ Un gaz poate fi lichefiat (= transformat în lichid) dacă îi creștem presiunea și/sau îi scădem temperatura.
- ▶ Există o **temperatură critică**, deasupra căreia, un gaz nu poate fi lichefiat, indiferent cât de mult s-ar crește presiunea.
- ▶ Peste temperatura critică o substanță se găsește doar în fază gazoasă, indiferent de presiune.
- ▶ Sub această temperatură critică o substanță poate fi găsită sub formă lichidă sau de vapor.
- ▶ Vaporii sunt prin definiție gazele aflate sub temperatura critică. De multe ori termenul de gaz/vapor sunt utilizate imprecis.
- ▶ Presiunea critică este presiunea necesară pentru a lichefia un gaz aflat la temperatura critică.

	Temperatuta critică (grade C)	Presiunea critică (bar)
Oxigen	-118	50,8
Azot	- 147	33,9
Hidrogen	- 239,8	12,94
Aer	- 141	37,2
Bioxid de carbon	31	73,8
Protoxid de azot	36.4	72,4
Entonox	-7	

APLICAȚII : Entonox

- ▶ este denumirea unui amestec de 50% oxigen, 50% protoxid de azot.
- ▶ Acest amestec poate fi comprimat în cilindri la o presiune de 137 bar.
- ▶ oxigenului în amestec face ca temperatura critică a protoxidului de azot să se reducă iar protoxidul să nu se lichefieze. Temperatura critică a Entonox este -7°C .
- ▶ Sub temperatura de -7°C se produce lichefierea protoxidului de azot, cu riscul de producere de accidente hipoxice dacă un cilindru este utilizat în astfel de condiții.



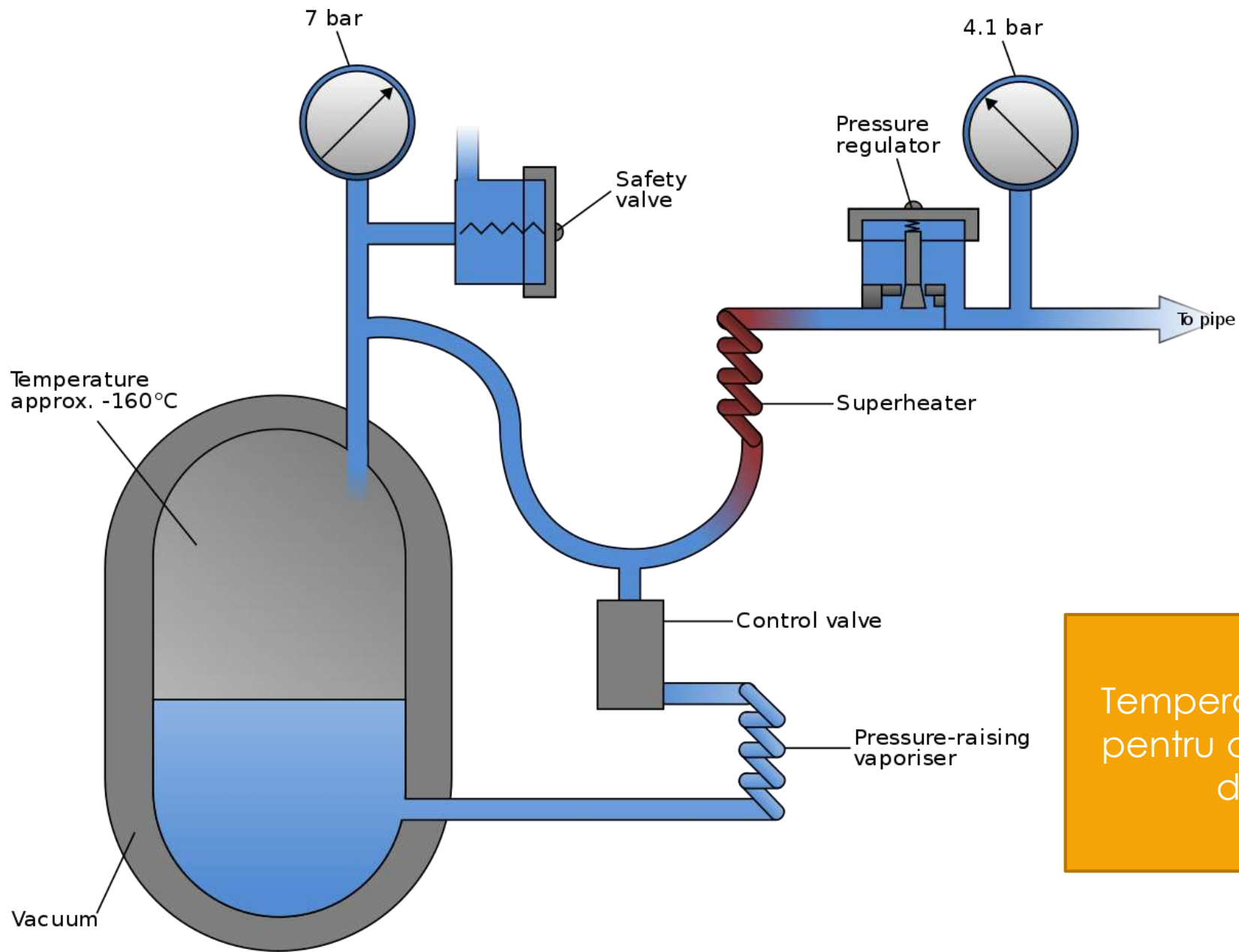
APLICAȚII : Vacuum insulated evaporator

Pentru a fi stocate cantități mai mari de oxigen, oxigenul este lichefiat. Temperatura din containerul cu oxigen lichid este menținută între -180°C și -160°C .

Există un strat de izolare pentru a păstra temperatura containerului scăzută. Din recipient se poate elibera oxigen gazos care este încălzit la temperatura mediului, înainte de utilizare.

Dacă presiunea din recipientul cu oxigen lichid scade, o cantitate de oxigen lichid va fi eliberată într-un vaporizor unde se va transforma în gaz, iar oxigenul gazos rezultat va fi reintrodus în container pentru a restabili presiunea de lucru.

Există și o valva de siguranță de suprapresiune pentru situația în care temperatura din containerul interior ar crește iar prin vaporizarea unei cantități crescute de oxigen lichid ar mări presiunea în container, cu risc de explozie.



Temperatura critică are pentru oxigen valoarea de -118°C .

VAPORIZARE



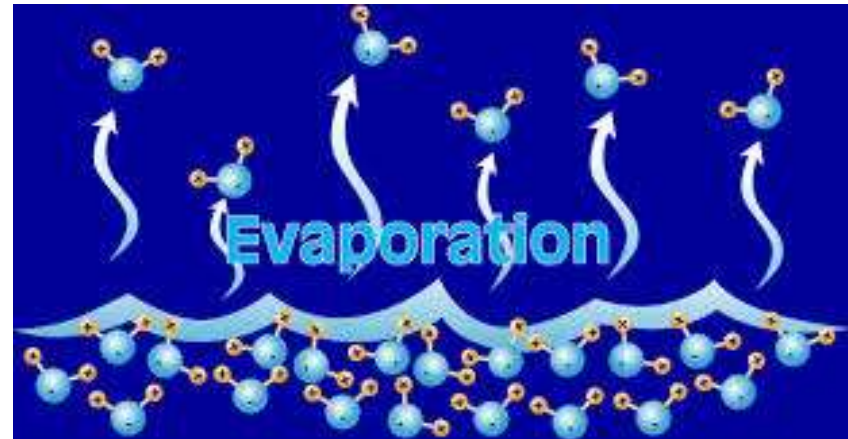
- ▶ In stare lichidă, moleculele sunt în continuă mișcare datorită forțelor van der Waals.
- ▶ Moleculele cu viteză mare de la suprafață pot scăpa de influența acestor forțe și să se evapore (să treacă în fază gazoasă).
- ▶ Dacă se crește temperatura unui lichid, mai multe molecule trec în faza gazoasă.
- ▶ Atunci când un vapor este în echilibru cu lichidul din care se evaporă, se spune că este saturat, iar presiunea corespunzătoare reprezintă **presiunea de saturație a vaporului- saturated vapour pressure (SVP)**.
- ▶ SVP crește cu temperatura.
- ▶ In cazul unui container închis, starea de echilibru este atinsă când moleculele care părăsesc lichidul sunt egale ca număr cu vaporii care intră în lichid.

VAPORIZARE

- ▶ **Căldura de evaporare** este cantitatea de căldură necesară pentru a evapora o masă de lichid, fără a schimba temperatura lichidului.
- ▶ Vaporizarea se face cu consum energetic, pentru ca vaporizarea să fie constantă la vaporizare se va realiza o modalitate de menținere constantă a temperaturii.
- ▶ **Punctul de fierbere** al unui lichid (the boiling point) este valoarea temperaturii la care presiunea vaporilor saturați este egală cu presiunea atmosferică.
- ▶ **Umiditatea relativă** este presiunea vaporilor la o anumită temperatură/ presiunea de saturație a vaporilor la acea temperatură.

Aplicații :

- ▶ Vaporizare
- ▶ Umidificatoare
- ▶ Umidificarea aerului în tractul respirator



Volumul de vapori anestezici

- ▶ Valoarea **numărului lui Avogadro** a fost utilizată pentru a calcula volumul de vapori care se obține prin evaporarea unui ml de anestezic halogenat.
- ▶ Volumul de vapori la STP (standard temperature and pressure) :
- ▶ $\text{ml vapori} = 22400 \times d / GM$,
- ▶ unde d este densitatea, GM - greutatea moleculară, 22400 ml reprezintă volumul exprimat în ml al unui gaz la temperatura și presiunea standard.

- ▶ Calculele au dat următoarele valori la 20°C : halotan 227 ml, enfluran 198 ml, izofluran 195 ml.
- ▶ Deci : 1 ml izofluran lichid va elibera 19,5 l de vapori de izofluran 1%



DACĂ ÎNVETI BINE
TEORIA TE SCUTIM
DE PROBA
PRACTICĂ!

MANUAL
EDUCAȚIE
FIZICĂ

© 2011

Cand un lichid curge printr-un tub de diametre diferite

- a. Fluxul este o manifestare a energiei cinetice
- b. Presiunea este o manifestare a energiei potențiale
- c. La nivelul constricției/ îngustării dispozitivului Venturi, fluxul crește
- d. La nivelul constricției/îngustării dispozitivului Venturi, presiunea crește
- e. Principiul Venturi se aplică doar la gaze

Unități din S.I.

- a. Metrul
- b. Gramul
- c. Centigradul
- d. Candela
- e. Amperul

Umiditatea

- a. Umiditatea absolută reprezintă numărul de grame de vapori de apă/m cub gaz
- b. Umiditatea relativă- procentul de saturare a aerului cu vapori de apă la o temperatură și presiune dată
- c. Aerul care este complet saturat la 20 gr C rămâne complet saturat când e încălzit la 37 gr C
- d. Umiditatea absolută poate depăși valoarea celei saturate la aceea temperatură
- e. O creștere a umidității crește riscul de scântei electrice

Temperatura critică

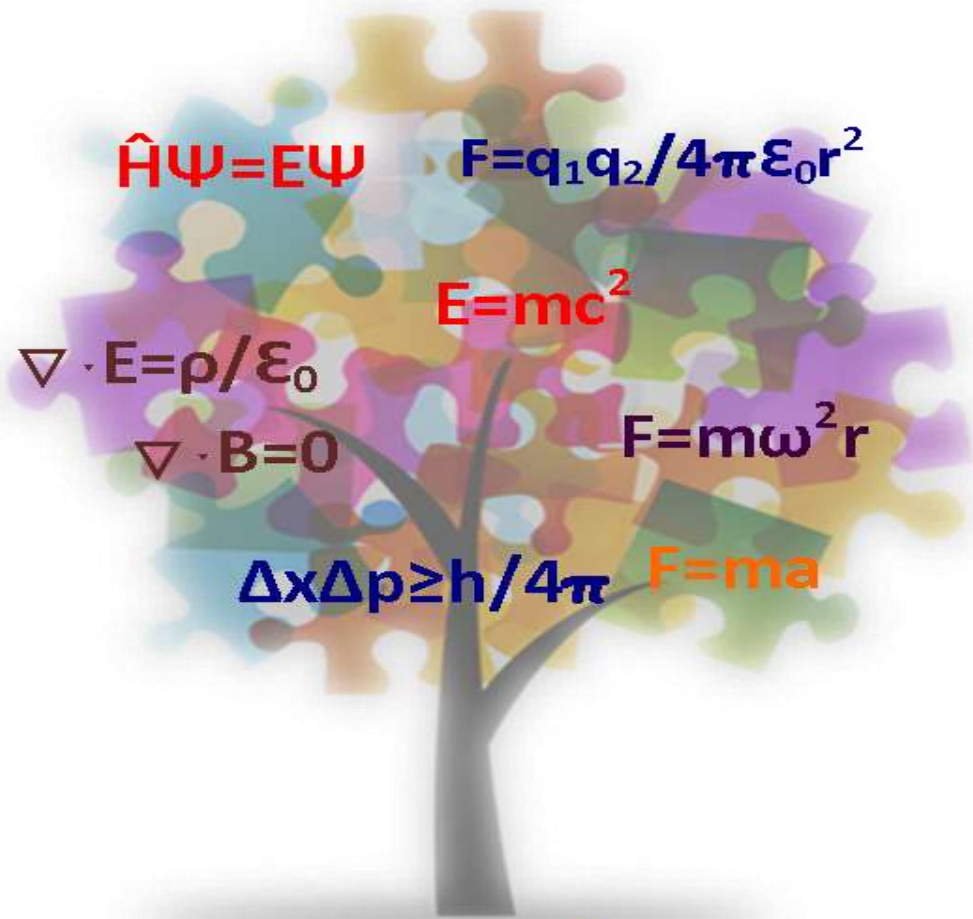
- a. Temperatura la care un gaz se lichefiază la presiunea de 1 atm
- b. 36,5 gr C pentru protoxid
- c. Temperatura peste care un gaz nu poate fi lichefiat
- d. Temperatura la care cilindri de gaz trebuie depozitați
- e. Temperatura sub care amestecurile de gaze se pot separa în gazele constituente

Fluxul laminar

- a. Viteza fluxului este invers proporțională cu presiunea de perfuzie
- b. Viteza fluxului este direct proporțională cu raza la puterea a 4-a
- c. Densitatea este proprietatea fizică care influențează fluxul unei substanțe
- d. Fluidul se mișcă cu o viteză uniformă
- e. Un lichid newtonian este necesar pentru ca să avem flux laminar

1 Pascal e egal cu:

- a. 1 N/m^2
- b. 1 kgxm/s^2
- c. $7,6\text{ mmHg}$
- d. 1 J/m
- e. 1 kg/ms^2



***o poartă
mereu deschisă
spre cunoaștere***

A portrait of Isaac Newton, showing him from the chest up. He has long, curly hair and is wearing a dark coat with a white cravat. The background is a dark, textured brown. A yellow rectangular shape is visible in the top right corner of the image.

Truth is ever to be found in the simplicity,
and not in the multiplicity
and confusion of things.

—— *Isaac Newton* ——

AZ QUOTES

