



Course n°:1

Sub-category: (ex: 3.2.1.)

Date: 03.09.2012

Language:Romanian

City:Târgu Mureş

Country:Romania

Speaker:Sanda-Maria Copotoiu

Vaporizoare

Principii fizice

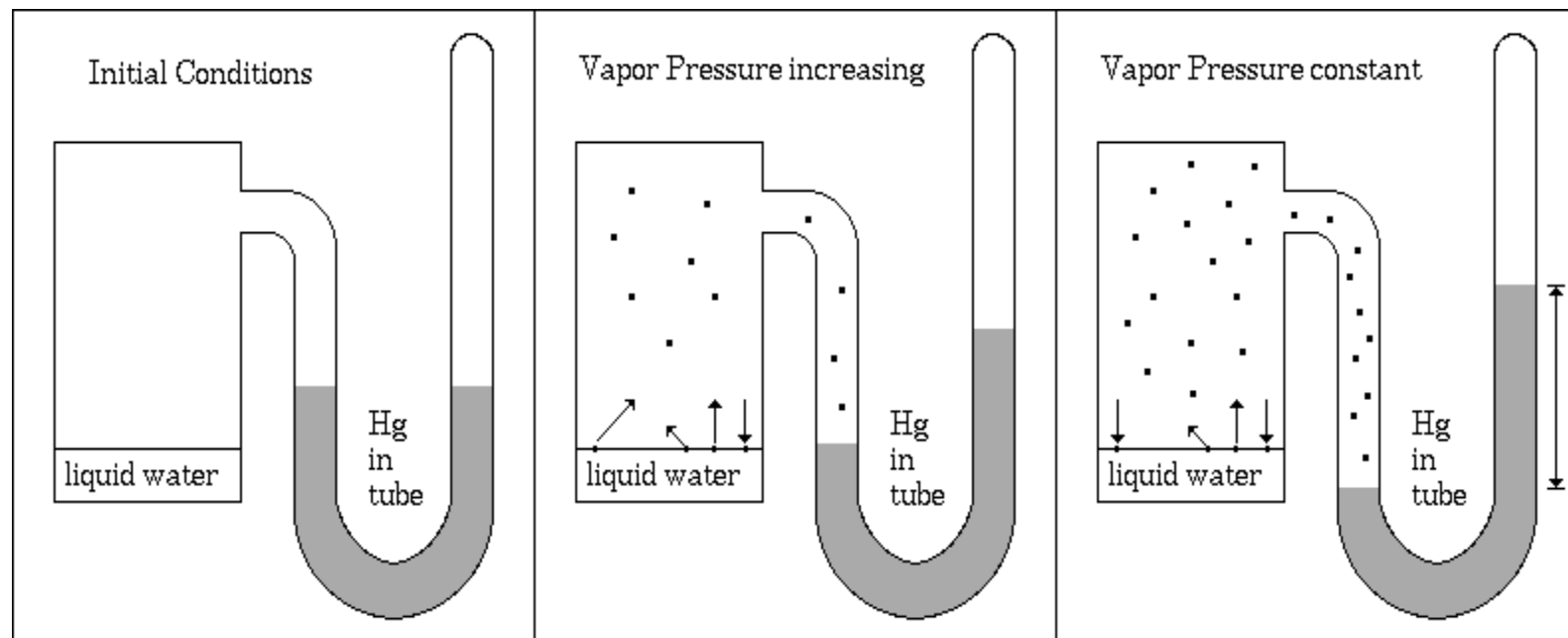
Clasificare

Funcționare

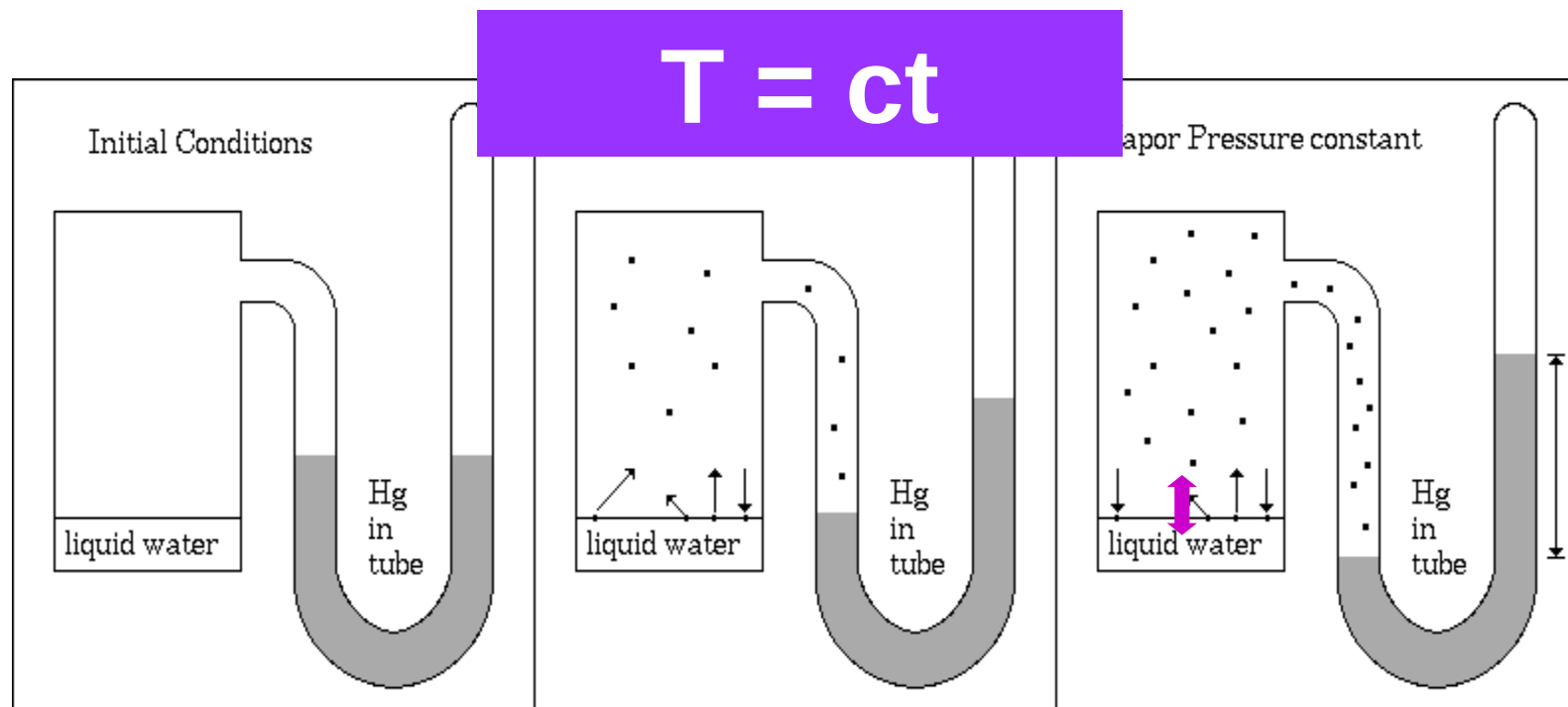
Parcul de vaporizoare indigen

Întrebări frecvente din partea rezidenților

Presiunea exercitată de vapori la suprafața lichidului de proveniență în stare de echilibru.



Presiunea exercitată de vapori la suprafața lichidului de proveniență în stare de echilibru.



- Există numai dacă cele 2 faze (lichid + vapori) sunt în contact
- Crește cu temperatura
- **Depinde de caracteristicile fizice ale lichidului dat**
- Nu depinde de presiunea atmosferică
- Creșterea cantității de lichid nu afectează pres vaporilor

**P vap Izo 238mmHg la 20°C
450mmHg la 35°C**

Punctul de fierbere

Temperatura la care pres vap = pres atm

Agent anestezic	Punct de fierbere °C, 760mmHg	Pres vaporilor în mmHg, 20°C	MAC în O ₂ (%)
Halotan	50.2	243	0.75
Izofluran	48.5	238	1.15
Sevofluran	58.6	157	2.0
Desfluran	22.8	669	6.4

Concentrația vaporilor anestezici

Volume %

Valoare pres parțială

Pres parțială/pres totală = vol %

Pentru aceleași valori ale p parțială, puterea anesteziacă nu depinde de presiunea atmosferică.

Concentrația vaporilor anestezici

Volume %

Valoare pres parțială

Depinde de T

Pres parțială/pres totală = vol %

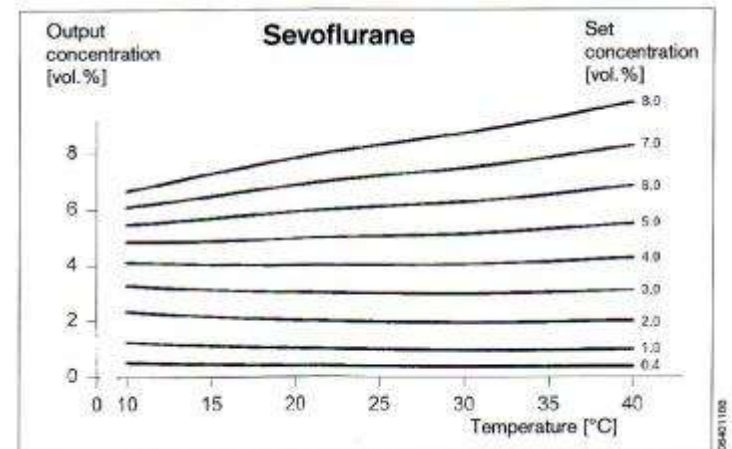
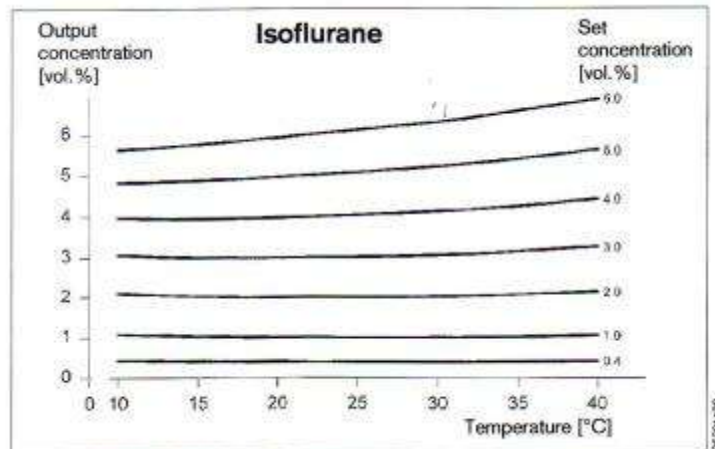
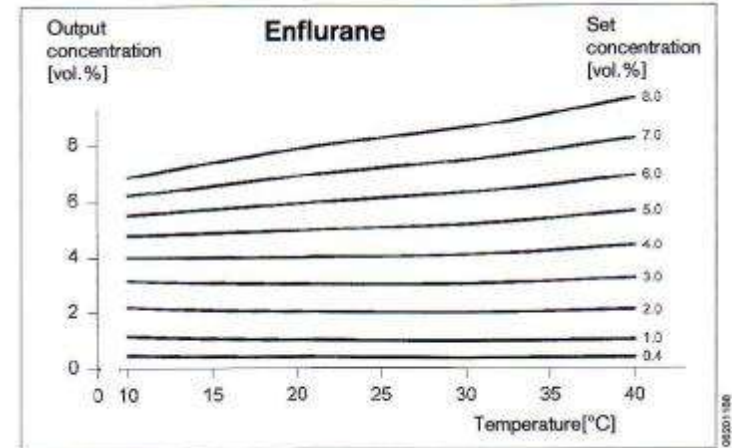
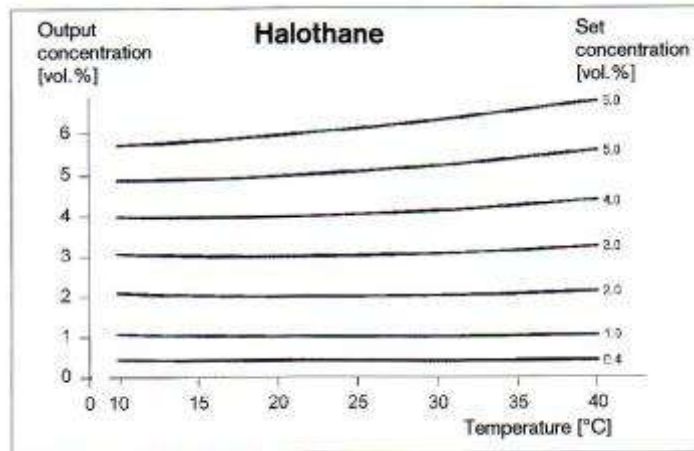
Pentru aceleași valori ale p parțială, puterea anestezie nu depinde de presiunea atmosferică.

Cea mai mare val a presiunii exercitata de vapori la T data

- Există numai dacă cele 2 faze (lichid + vapori) sunt în contact
- Crește cu temperatura
- **Depinde de caracteristicile fizice ale lichidului dat**
- Nu depinde de presiunea atmosferică
- Creșterea cantității de lichid nu afectează pres vaporilor

P vap Izo 238mmHg la 20°C
450mmHg la 35°C

Influența temperaturii asupra concentrației vol% pentru un flux de aer de 2,5l/min



Concentrația vaporilor anestezici

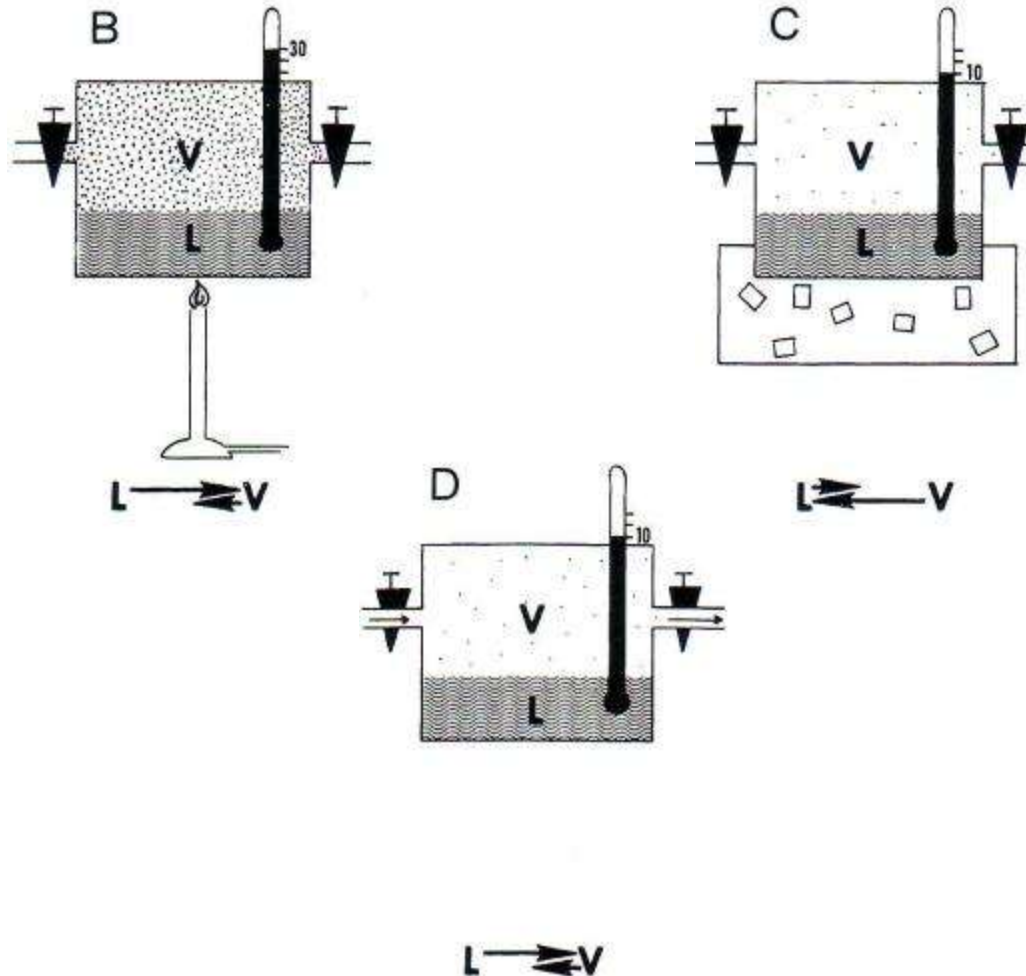
Calibrarea individuală la 22°C flux de 2,5l/min fără presiune de ventilație Drager vapor 20.0

Concentrația în %pp la 760mmHg este identică numeric cu debitul în vol% → marcarea în vol%

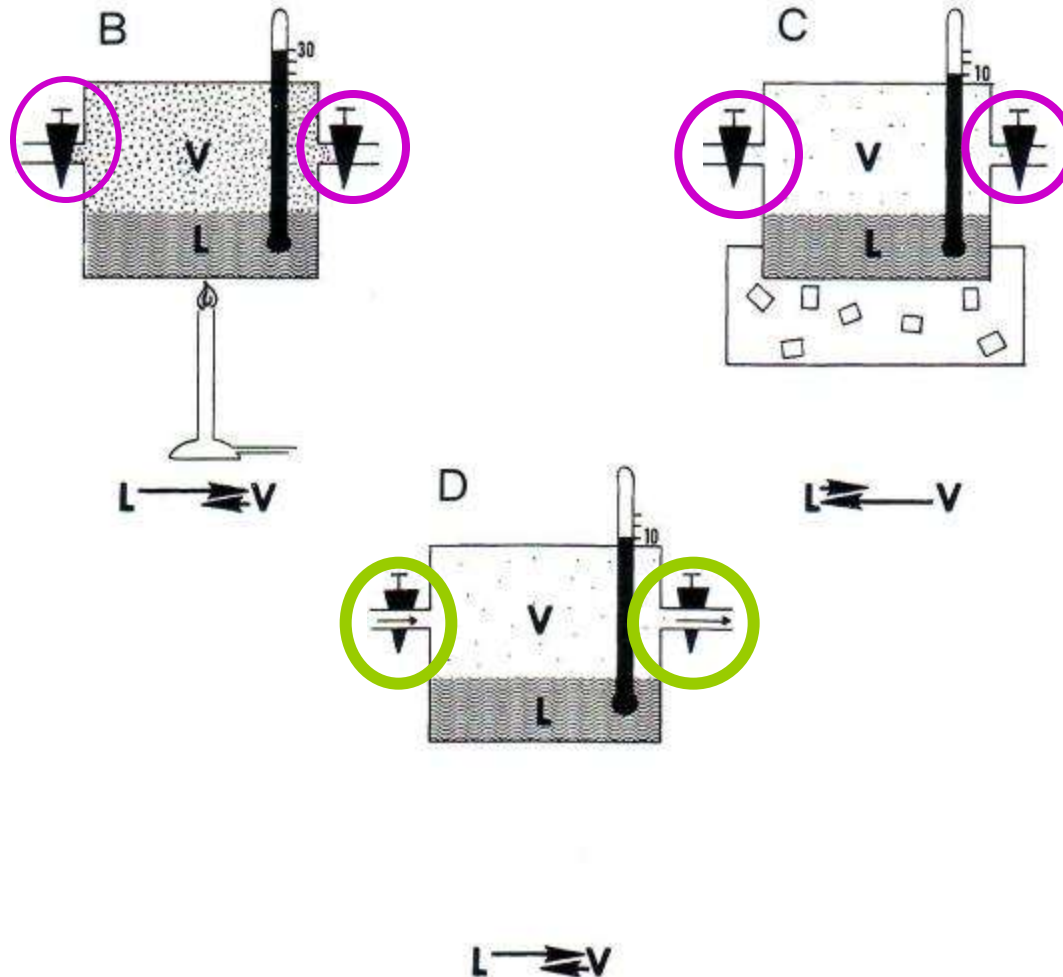
Căldura latentă de vaporizare

Nr de calorii necesare transformării unui g sau ml de lichid volatil în vapori fără a induce o modificare de temperatură (cal/g; cal/ml)

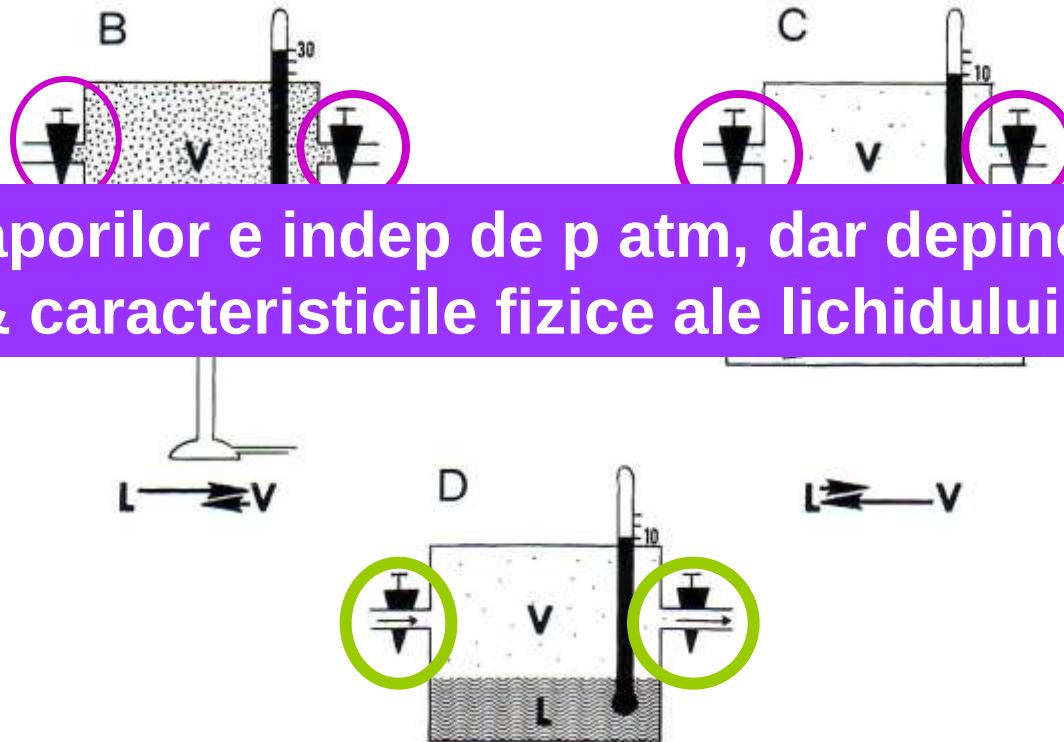
Variația presiunii vaporilor cu temperatura



Variația presiunii vaporilor cu temperatura



Variația presiunii vaporilor cu temperatura



P vaporilor e indep de p_{atm} , dar depinde de T & caracteristicile fizice ale lichidului dat.

Variația presiunii vaporilor cu temperatura

P Izofluran = 238mmHg la 20°C



450mmHg la 35°C



Căldura specifică

Cantitatea de căldură necesară pentru ridicarea temperaturii a 1g (1ml) de substanță cu 1°C.

Capacitatea termică

- Cantitatea de căldură depozitată într-un vaporizor = căldura specifică x masă

Conductibilitatea termică

- Viteza de conducere a căldurii



Căldura specifică

$$\text{H}_2\text{O } 1\text{cal/g} = 1\text{cal/ml}^{\circ}\text{C}$$

Cantitatea de căldură necesară pentru ridicarea temperaturii a 1g (1ml) de substanță cu 1°C.

Capacitatea termică

- Cantitatea de căldură depozitată într-un vaporizor = căldura specifică x masă

Conductibilitatea termică

- Viteza de conducere a căldurii

Vaporizor

**transformă un agent anestezic din stare lichidă
în vapori**

**Adaugă o cantitate controlată de vapori la FGP
din circuitul respirator**

Reglarea concentrației debitului

- **Calibrare în concentrație**
- Flux măsurat

Metoda de vaporizare

- Flow-over = plenum
- Barbotare
- Injecție

Metoda de compensare termică

- Termocompensare
- Supliment termic

Ex: Datex Ohmeda Tec 4,5,7 și Drager 19 și 20: by pass variabil, flow-over, compensare termică, specificitate de agent

Reglarea concentrației debitului

- **Calibrare în concentrație**
- Flux măsurat

Metoda de vaporizare

- Flow-over = plenum
- Barbotare
- Injecție

Metoda de compensare termică

- Termocompensare
- Supliment termic

Sinonime: by pass variabil, cu citire directă, cu cadran de control (dial), automatic-plenum, de tip procentual, de tip Tec, cu scurtcircuitarea camerei de vaporizare.

Ex: Datex Ohmeda Tec 4,5,7 și Drager 19 și 20: by pass variabil, flow-over, compensare termică, specificitate de agent

Calibrarea în concentrație

By pass variabil

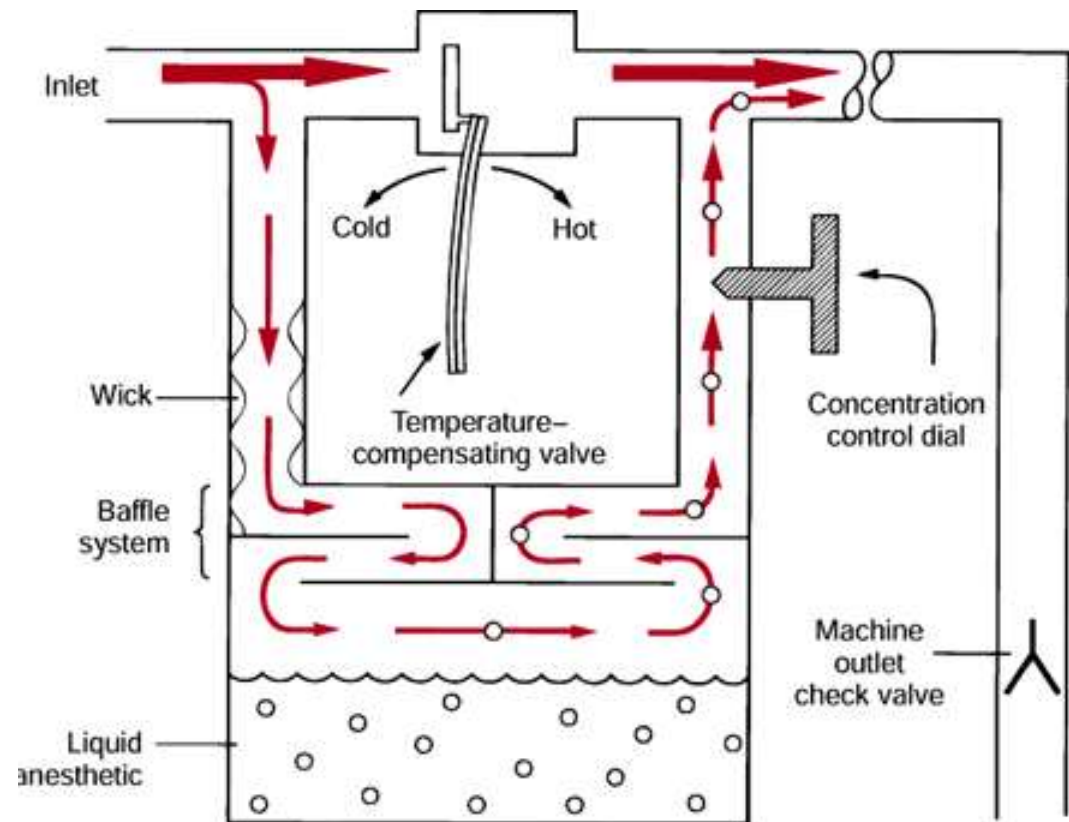
Electronice

- Volumul fluxului gazos portant calculat de computer pentru o concentrație dorită
- Injecția unei cantități calculate de lichid în sistemul respirator sau în FGP

Controlul temperaturii Compensarea termică

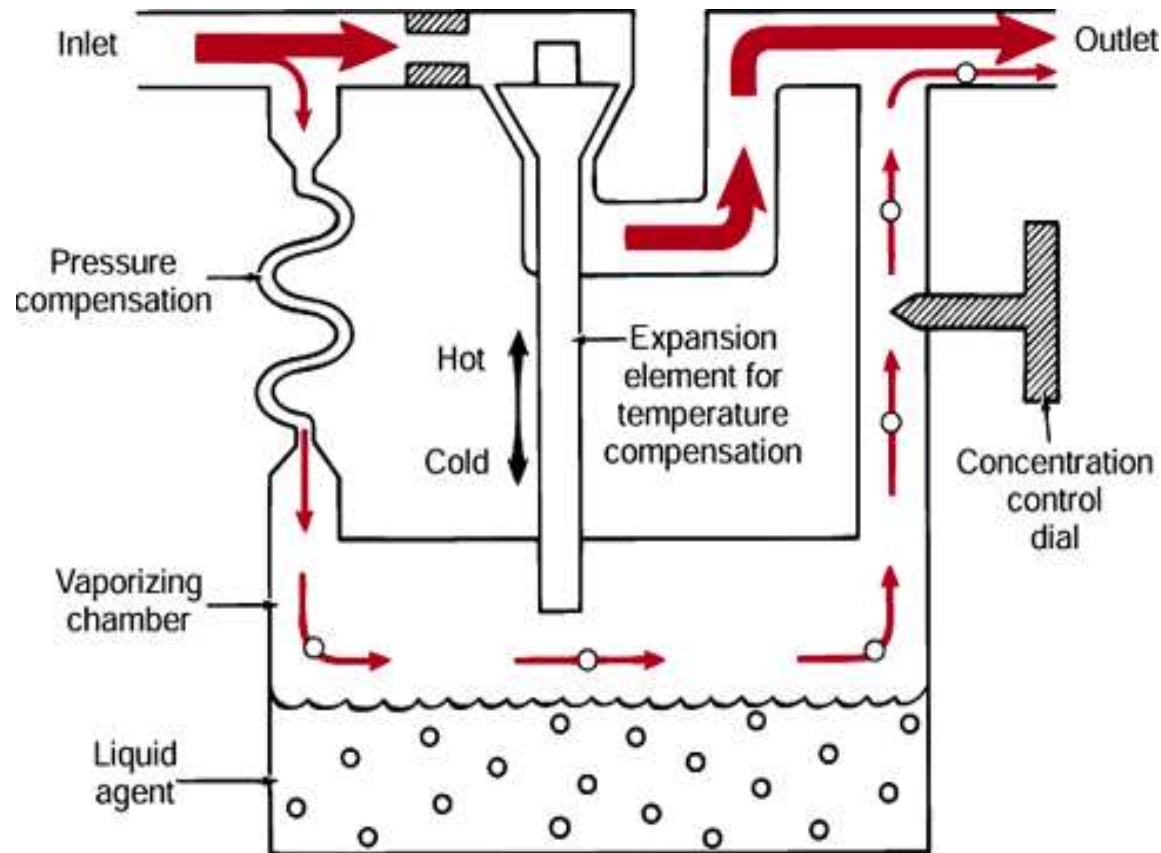
Supape cu control termic:

- Bandă bimetalică
- Burduf
- Vergea metalica

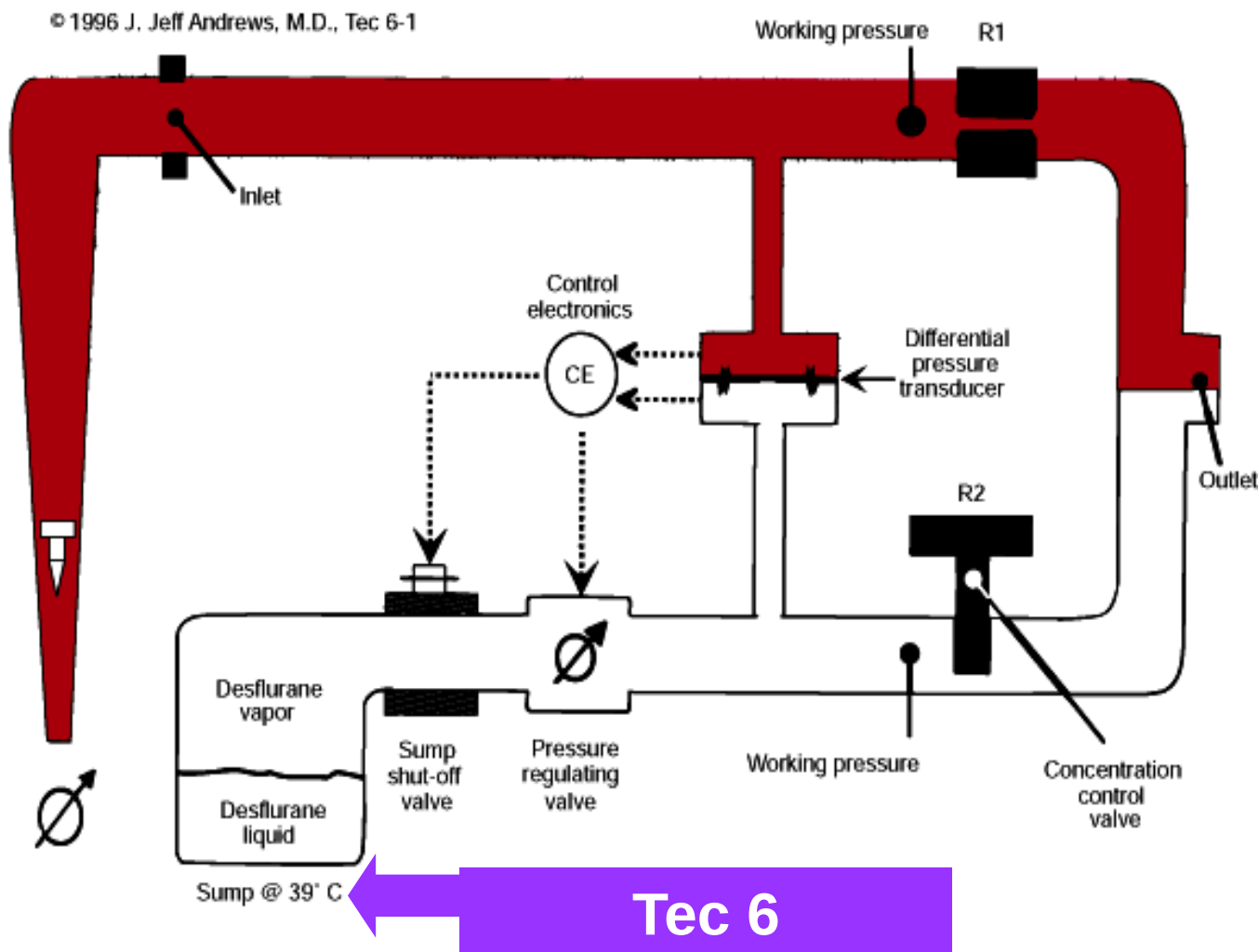


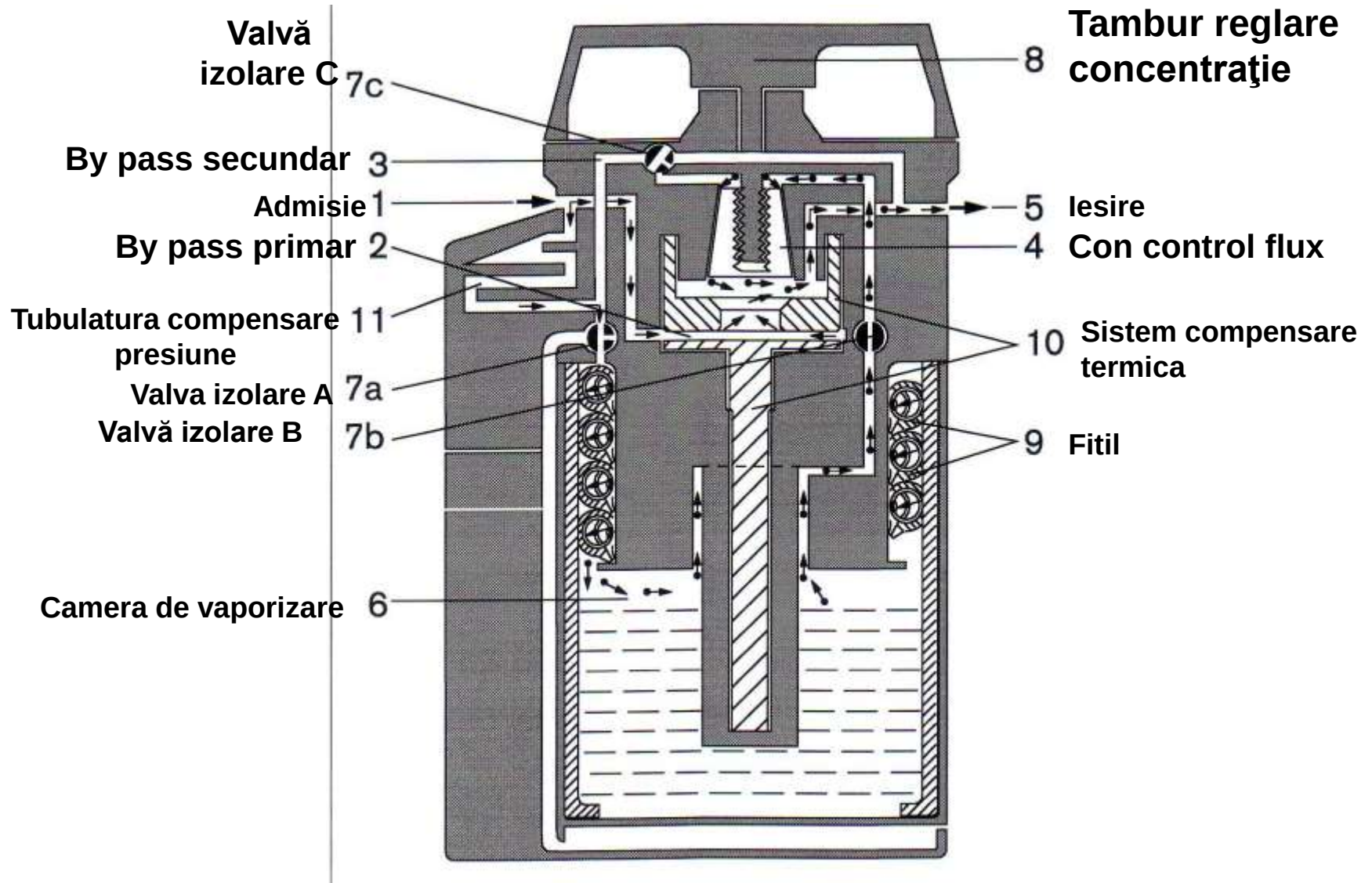
Ohmeda Tec cu valvă bimetalică

Drager Vapor 19,1 cu compensare termică automată- by pass variabil, debit ct



Compensare termică desfluran





Parcul de vaporizoare anul 2006



Diferă sau nu MAC de concentrația de pe tambur?

**Ce se întâmplă cu concentrația unui agent volatil
sau cu MAC ul dacă FGP variază?**

Factorii ce influențează debitul unui vaporizor

Viteza fluxului

Temperatură

Retropresiunea intermitentă

Compoziția gazului portant

Influența vitezei fluxului asupra concentrației anestezicului livrat

Fluxuri mici < 250ml/min

debit mai mic- turbulență prea mică

+ pierderi, consum, diluare (apă, N expirat)

Dezavantaje:

- Capacitate mică de variație rapidă a concentrațiilor inspiratorii**
- Riscul hipercarbiei (epuizarea absorbantului)**
- Acumulare de gaze nedorite: CO, acetonă, metan, H₂, etanol, metaboliți anestezici, argon, N**

Influența vitezei fluxului asupra concentrației anestezicului livrat cont

Fluxuri extreme 15l/min

Debit mai mic – amestec și saturație incomplete (running time!)

Toate vaporizoarele pentru sevofluran sunt mai puțin exacte la fluxuri mari datorită

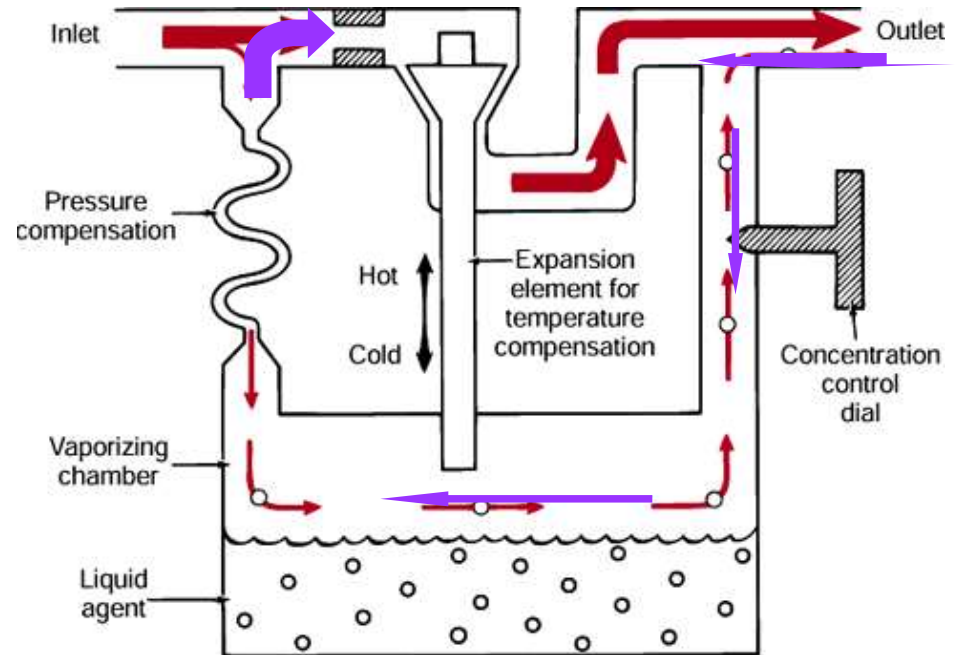
- presiunii mai mici a vaporilor**
- setării de conc mari după inducție - livrează << setarea!**
- accentuarea efectului odată cu golirea vaporizorului**

Anesth Analg 2000; 91: 834-6

Ce sunt efectele de vaporizor?

Presiunea retrogradă intermitentă

- IPPV
- Utilizarea fluxului de spălare cu O₂ fără decuplarea FGP
- În lipsa supapelor unidirecționale dintre vaporizor și ieșirea comună a gazelor

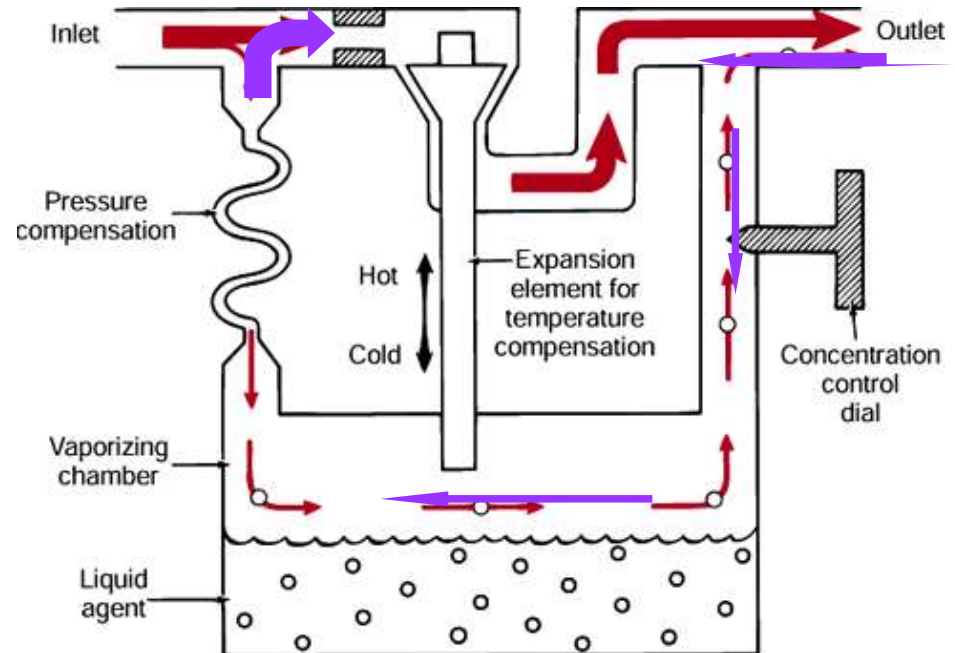


Ce sunt efectele de vaporizor?

Presiunea retrogradă intermitentă

- IPPV
- Utilizarea fluxului de spălare cu O₂ fără decuplarea FGP
- În lipsa supapelor unidirecționale dintre vaporizor și ieșirea comună a gazelor

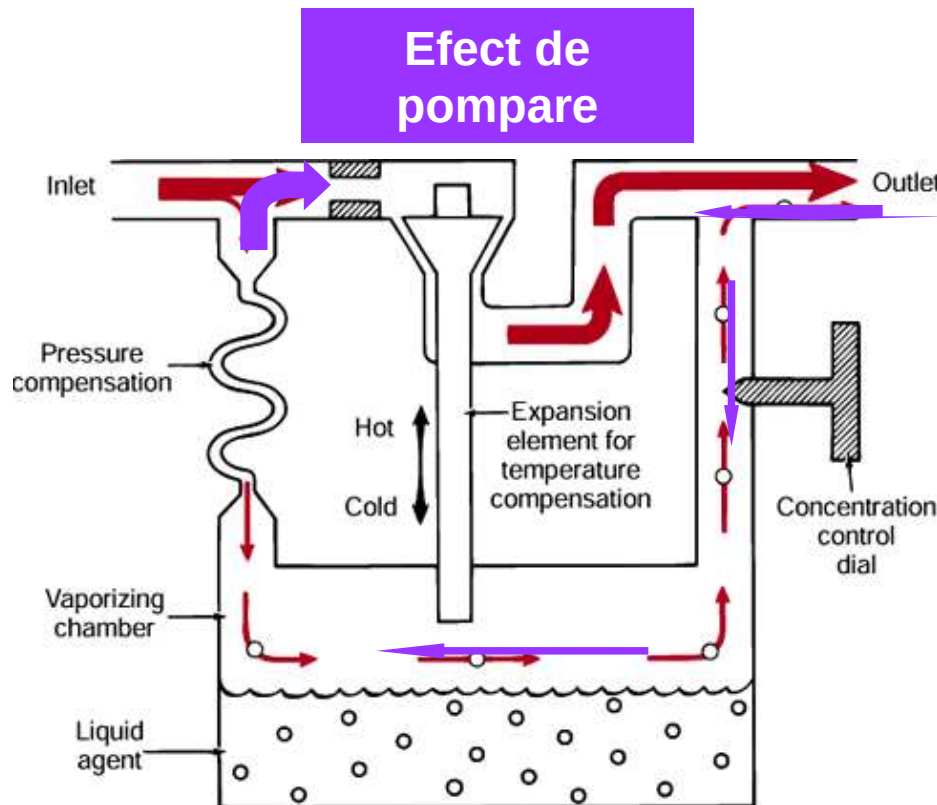
Inspir



Ce sunt efectele de vaporizor?

Presiunea retrogradă intermitentă

- IPPV
- Utilizarea fluxului de spălare cu O₂ fără decuplarea FGP
- În lipsa supapelor unidirecționale dintre vaporizor și ieșirea comună a gazelor



Efectele presiunii retrograde intermitente

Efectul de pompare – crește debitul vaporizorului

Efectul de presurizare – reduce debitul vaporizorului

Efectul de pompare

Mai evident pentru:

- **FGP ↓**
- **Conc vol% ↓ prestabilite**
- **Nivel ↓ de anestezic în camera de vaporizare**
- **Frecvențe resp ↑**
- **Pres inspiratorii de vf ↑**
- **↓ rapide ale presiunii expiratorii**

Efectul de presurizare

Mai evident pentru:

- **FGP ↑**
- **Fluctuații de presiune ↑**
- **Setări de concentrație ↓**
- **Aparate de ventilație automate vs flux liber atmosferic**

Efectul altitudinii asupra debitului vaporizorului

**Mai susceptibile : anestezicele cu puncte de fierbere ↓
(desfluran)**

Presiuni barometrice ↓

- **Vaporizoare calibrate în conc** - alterarea raportului de separare, pasaj facilitat prin camera de vaporizare (↓rezistența)
→↑ debitul

$$c' = c (p/p')$$

c, p = setare și presiune barometrică de calibrare

**c', p' = concentrația și presiunea barometrică în noile condiții
date**

Cipcigan V, Pătrașcu C, Olariu E
Aconcagua, Argentina 6962m – în 5 zile!!!



Efectul altitudinii asupra debitului vaporizorului

Presiuni barometrice ↓
Altiplano La Paz Bolivia

- Vaporizoare cu măsurarea fluxului
 - ↑ pres parțiale livrate
 - ↑ vol%

Efectul ↑ cu apropierea pres vaporilor de pres atmosferică.

+ N₂O efectul se anulează de ↓pres parțiale a N₂O



Efectul altitudinii asupra debitului vaporizorului

Presiuni barometrice↑

Vaporizoare calibrate în concentrație

- Modificarea densității gazelor →↑ rezistența la flux în camera de vaporizare
- ↓debitul vaporizorului în pres parțiale și conc în vol%↓

Ex: $p = 2\text{atm} \rightarrow \text{conc vol\%} \downarrow \text{la } \frac{1}{2}$

Vaporizoare cu măsurarea fluxului

- ↓conc vol% sau pres parțiale

Ce efecte exercită temperatura asupra concentrației unui amestec inhalator?

- **Compensare**
- **Dacă temperatura atinge punctul de fierbere
→ concentrația devine necontrolabilă.**
- **Temperaturi excesive + presiuni barometrice↓
= dozaj excesiv**

Cum afectează fluxul de O₂ (by-pass) concentrația gazelor care ajung la pacient?

Debitele mari → amestec variabil de gaze + saturație incompletă în camera de vaporizare → ↓ conc gazelor livrate

Răspuns caracteristic steady state pentru gaze portante diferite:

- **Vâscozitatea, densitatea, solubilitatea rol în anestezicul volatil**
- **Caracteristicile de separare specifice vaporizorului**
- **Setarea concentrației**

Răspuns caracteristic steady state pentru gaze portante diferite:

- Vâscozitatea, densitatea, solubilitatea rel în anestezicul volatil
- Caracteristicile de separare specifice vaporizorului
- Setarea concentrației

Vaporizoarele sunt calibrate cu aer astfel încât conc livrată să se regăsească la mijlocul limitelor de variație a amestecurilor gazoase.

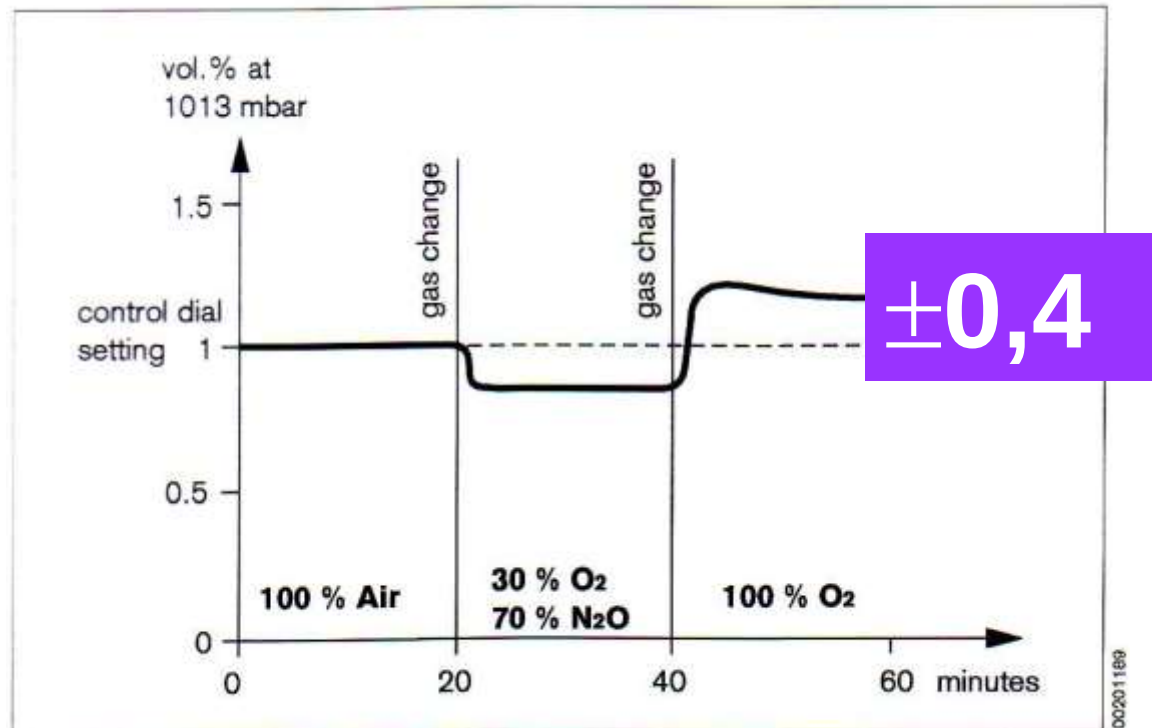
Compoziția gazului portant și debitul vaporizorului

Mărimea și durata efectului cresc odată cu:

- ↓ vol de agent volatil în camera de vaporizare
- Setări de conc ↑
- ↓ FGP
- Variații extreme ale compoziției gazului portant

Efectul umidității asupra Drager Vapor 2000 este nesemnificativ.

Compoziția gazului portant și debitul vaporizorului



Ce se întâmplă la utilizarea unui anesteziec neadecvat
într-un vaporizor destinat altui agent?
Modificat după Longnecker DE, 2008

Vaporizor	Anesteziec	Setare%	Debit %	MAC debitat
Halotan	Halotan	1.0	1.0	1.25
	Izofluran	1.0	0.96	0.84
Izofluran	Izofluran	1.5	1.5	1.30
	Halotan	1.5	1.56	1.95

Ce se întâmplă la utilizarea unui anestezic neadecvat într-un vaporizor destinat altui agent?

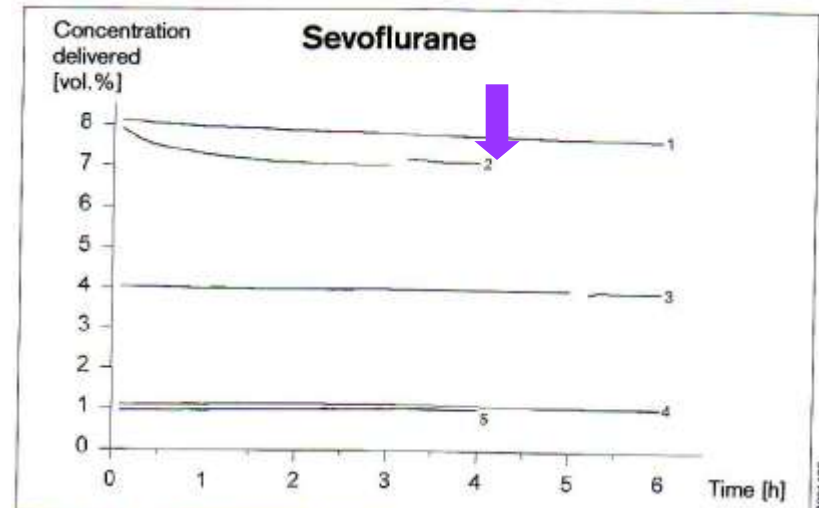
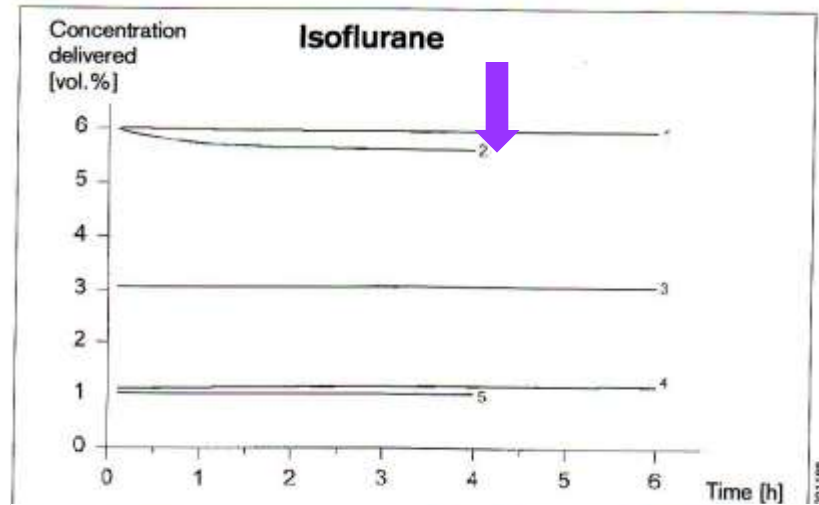
**Vaporizor cu by pass variabil + desfluran = catastrofă
amestec hipoxic + supradozare**

- **Izofluran în vaporizor pt halotan = malpraxis**
- **Riscuri: concentrații debitate mai mici, explozii**

**Devierile neobișnuite de concentrații afișate = umplere
incorectă, cu alt agent!!!**

Ar putea durata unei intervenții chirurgicale să influențeze concentrația de agent anestezic?

Evaporarea → ↓ lent
temperatura vaporizorului →
stabilizare la temp mai mici
→ ↓ conc livrate



Putem anticipa consumul de agent anestezic?

$$\text{ml consuma\c{t}i} = 3 \times \text{FGP (l/min)} \times \text{conc (vol\%)}$$

Drager Vapor 2000

Coeficienții de partiție plastic/gaz

Dispozitiv	Sevofluran	Izofluran	Halotan
Circuit anestezic	31±1	58 ±1	128 ±1
Burduf latex	23 ±1	43 ±6	199 ±4
Balon latex	29 ±3	49 ±6	190 ±5
Canulă traheală — clorură de polivinil	68 ±1	114 ±2	233 ±2

Mitul sterilității vaporizorului și tubulaturii

- Lichidă – glutaraldehida singura eficientă împotriva bacilului tuberculos + virusurilor
- Aseptor $< 40^{\circ}\text{C}$
- Obligatorietatea sterilizării după utilizare la pts cu infecții respiratorii!

Umplere nemijlocită a vaporizorului Drager Vapor 2000 cu sevofluran



Drager vapor 2000 pentru halotan



Primingul cu izofluran în vaporizorul Dräger Vapor 2000



Closed Claims Study

3791 reclamații, 2% dat echipamentului, din care 21% legate de vaporizoare

Utilizarea neadecvată a aparaturii a fost de 3x mai prevalentă decât defecțiunile echipamentului...

S-a dovedit necesitatea măsurilor educative și a strategiilor preventive.

Anesthesiology 1997; 87: 741-8

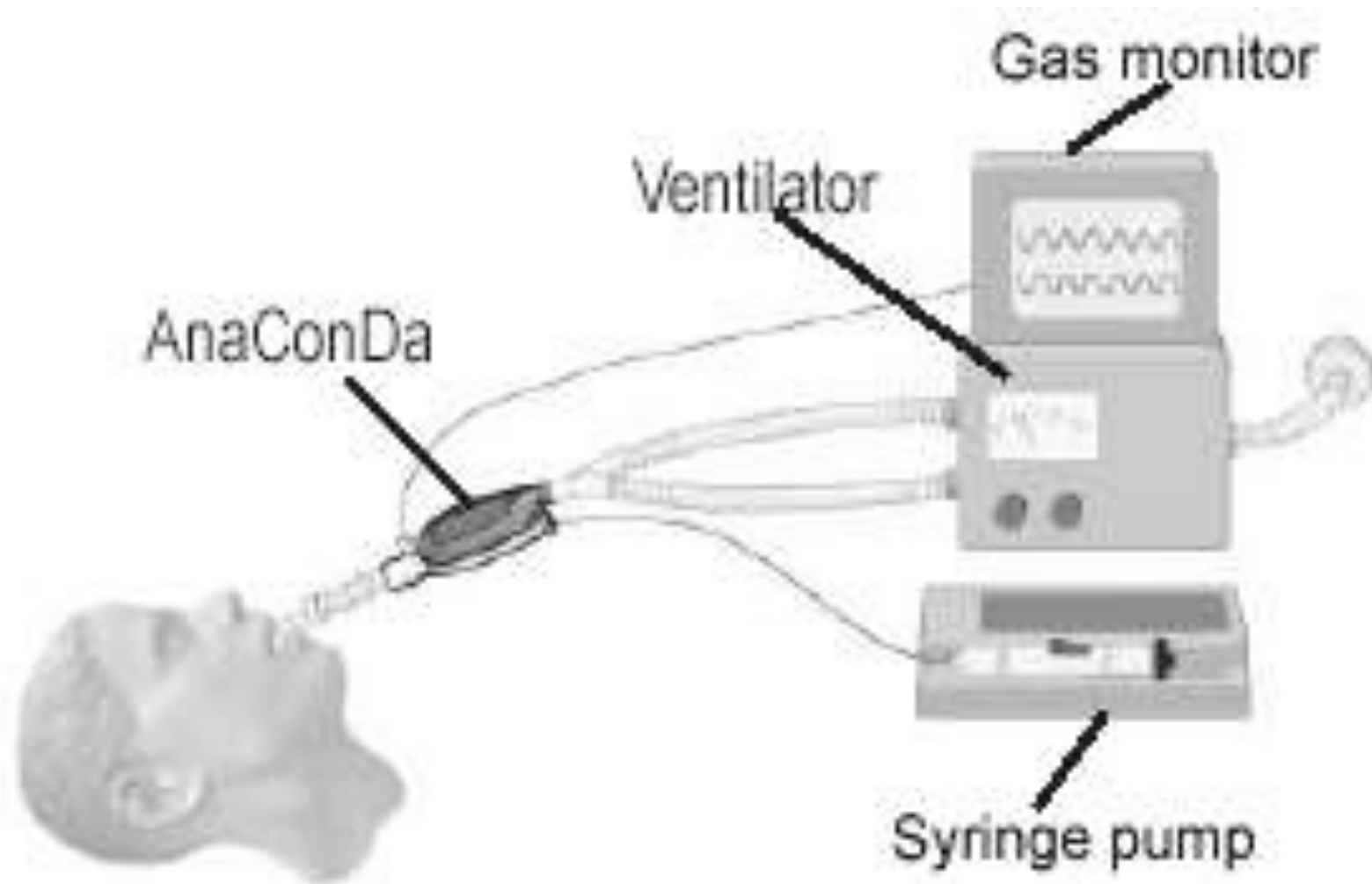
MAC vârstă # de cel afișat ?

- Armonizarea setării la efect
- Verificarea vaporizorului
- Reconsiderare în spiritul celor de mai sus (fizicii)
- Întreruperea administrării la conc periculoase
- Verificarea vaporizorului și a circuitului la sfârșit (golire completă, reumplere, repetarea verificării tehnice).

Ce e nou în administrarea agenților volatili?

- Sedarea inhalatorie Monitored Anesthesia Care
 - Sevofluran Anaconda **0,3-0,6%**
- Desfluran ADU Datex Ohmeda – casete Aladin
- **Tec 6 Drager (albastru)**
- Hipertermia malignă – ghiduri UK

AnaConDa (Anesthetic Concentrating Device)



AnaConDa (Anesthetic Conserving Device)

Start of expiration



Patient exhaling Air/Oxygen, CO₂ and Anaesthetic agent

End of expiration



The Anaesthetic agent exhaled adsorbs in the high efficiency conserving medium. CO₂ passes the medium.

- Air/Oxygen
- CO₂
- Anaesthetic agent

Start of inspiration

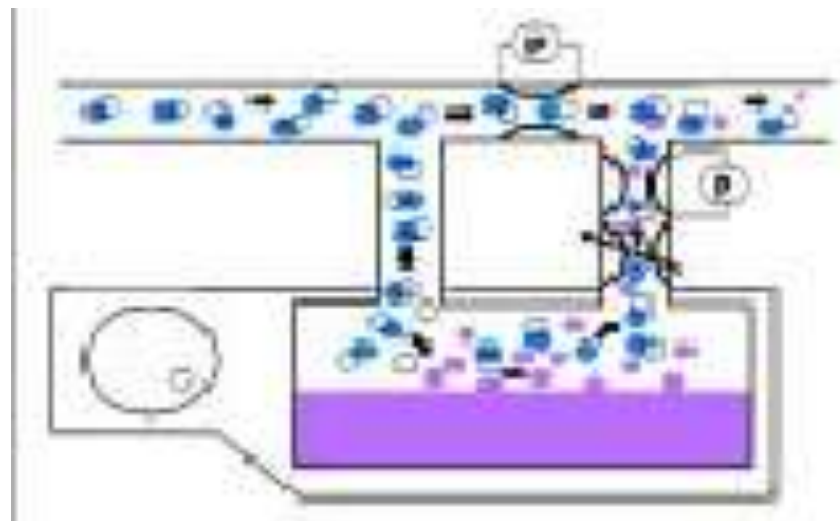
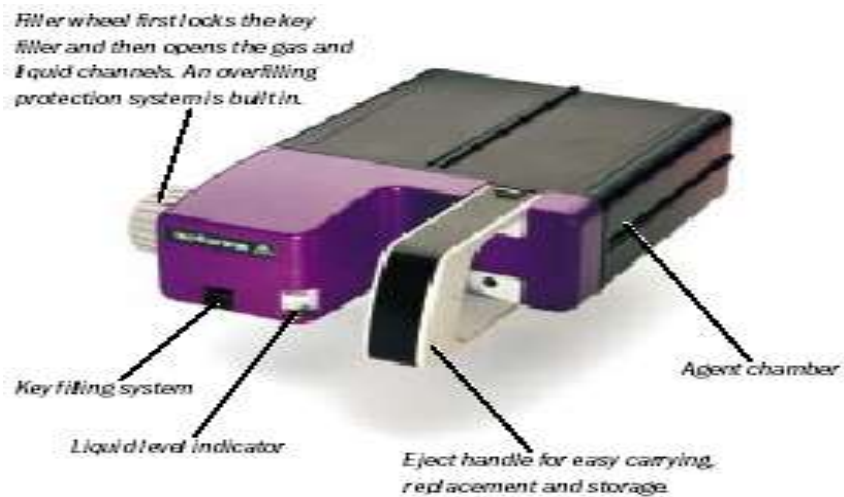


Anaesthetic agent in the media ready to be released

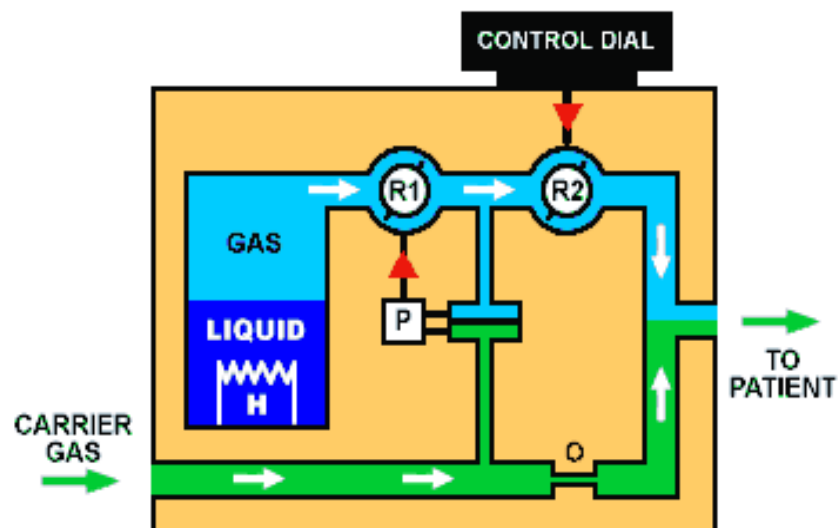
End of inspiration



Anaesthetic agent released and re-cycled back to the patient



Tec 6 Draeger



Securizare suplimentară în risc de hipertemie malignă Children's Hospital Dallas



- **Înclinarea – tipping –reutilizare după 20-30min de spălare cu viteze mari de flux și tamburul la conc mari Tec 4**
- **Debordarea**
- **Contaminarea**
- **Scurgerile interne**
- **Scăpările de gaze 100ml/min → ↓ critică a conc de anestezie (awareness), amestecuri hipoxice**

Care sunt calitățile vaporizorului ideal?

Performanță indiferentă la :

- Variațiile FGP
- Volumul agentului volatil
- Temp + pres mediului
- Pierderea de căldură prin vaporizare
- Variațiile pres datorate modului de ventilație

Rezistență scăzută la flux

Greutate mică

Să necesite volume reduse de agent

Economie și siguranță de utilizare – service minim

Rezistență la coroziune și solvenți – durabilitate mare

Tec 7 Sevo și consola sa



Tambur Tec 7



Verso și față Tec 7



Priming al vaporizorului Tec 7 cu Sevofluran



Vaporizoare Penlon



Care din vaporizoare funcționează?



Priming corect al vaporizorului de sevofluran



Vaporizoare diferite în tandem

Courtesy Dr Al Ioniță, Sp jud Tg.Mureș



Courtesy Dr Al Ioniță, Sp jud Tg.Mureș
Vaporizor pentru Desfluran

