

PRINCÍPIOS DE FÍSICO-QUÍMICA APLICADOS À ENFERMAGEM

Leda Mattos Kober *

INTRODUÇÃO

Um dos fatores mais importantes no desenvolvimento dos conhecimentos da enfermeira foi a aplicação dos princípios científicos de físico-química ao seu trabalho.

Um conhecimento elementar deste ramo importante da química é indispensável ao bom trabalho da enfermeira. Como o currículo das escolas de enfermagem compreende-se de um número muito grande de matérias, as mais variadas, seria impossível um curso aprofundado de físico-química, sendo apenas possível uma apresentação breve dos princípios elementares, seguida de suas aplicações na enfermagem.

O material, contido neste trabalho, tem por objetivo dar noções gerais ao estudante não pretendendo cobrir toda a físico-química.

A físico-química não é dada nas escolas de enfermagem como uma disciplina à parte, mas integrado nas diferentes disciplinas de acordo com as necessidades, facilitando a melhor compreensão do aluno.

* Professora de Nutrição, Dietética e Bioquímica da Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo.

A físico-química pode ser definida como o estudo das leis que regem o comportamento físico e químico das substâncias. Dentro de certas limitações, torna possível a predição do que acontecerá sob determinadas condições.

Há uma infinidade de problemas que o próprio aluno encontrará no seu trabalho diário e que poderá resolver aplicando os princípios já conhecidos. O material agora apresentado faz parte de um livro que tem por finalidade ajudá-los na resolução de alguns desses problemas e será publicado gradativamente nesta revista.

CAPÍTULO I

GRANDEZAS FÍSICAS, PADRÕES E UNIDADES

Para medir precisamos conhecer a unida
de da grandeza a ser medida. Existem vários sistemas de
unidades, e entre êles o sistema métrico decimal (S. M. D.)

O S. M. D. adota, como unidades funda
mentais:

Comprimento.....centímetro(cm)
Massa.....grama (g)
Tempo.....segundo (s)

No Brasil as unidades fundamentais do
S. M. D. legalmente usadas são assim definidas:

Unidades de Massa

A unidade padrão de massa é o quilogra
ma (Kg), o qual pode ser definido como a massa de um bloco
de platina, aprovada pela 1ª conferência de pesos e medidas
e que se acha depositada no Escritório Internacional de Pesos
e Medidas, em Paris. Êste bloco tem uma massa igual á mas
sa de 1.000 cm^3 de água pura, à pressão de uma atmosfera e
à temperatura de $3,98^\circ\text{C}$.

Gramma (g) é a milésima parte do quilogra
ma.

Precisamos distinguir os conceitos de

massa e pêso, embora comumente elas sejam usadas como si
nônimo.

A massa de um objeto refere-se à quanti
dade de matéria que êle contém e não varia com o local onde
está. O pêso representa a força com a qual a terra atrai o
corpo e pode variar com o local considerado. Assim, um mes
mo corpo pesa mais quando colocado em local perto do Polo
do que quando colocado em local próximo ao equador.

Unidades Brasileiras de Massa:

1 micrograma	(ug).....	0,000001 g
1 miligrama	(mg).....	0,001 g
1 centigrama	(cg).....	0,01 g
1 decigrama	(dg).....	0,1 g
<u>1 grama</u>	(g) unidade.....	1 g
1 Decagrama	(Dg).....	10 g
1 Hectograma	(Hg).....	100 g
1 arrôba.....		15 kg
1 quintal		100 kg
1 tonelada.....		1000 kg.

Sistema inglês de medidas (S.I.M)

1 grão	(grain).....	0,0648 g
1 onça	(ounce).....	28,3502 g
1 libra	(pound).....	453,6928 g

Unidades de comprimento:

A unidade padrão é o metro, que é um comprimen
to aproximadamente igual à décima milionésima parte do quar

to do meridiano terrestre.

Unidades Brasileiras de Comprimento:

1 Quilômetro	(km).....	1000 m
1 Hectômetro	(hm).....	100 m
1 Decâmetro	(dam).....	10 m
1 metro (m) unidade.....		1 m
Decímetro	(dm).....	0,1 m
Centímetro	(cm).....	0,01 m
Milímetro	(mm).....	0,001 m

Para as medidas muito pequenas e precisas usamos:

micron (μ).....	0,001 do milímetro
milimicron (m)	0,001 do micron

Para medidas grandes usamos:

Segundo luz..... distância percorrida pela luz em um segundo e que corresponde aproximadamente a 300.000 km.

Unidades Inglesas de Comprimento

1 polegada (inch).....	2,540 cm
1 pé (foot).....	30,480 cm
1 jarda (yard).....	91,440 cm
1 milha (mile).....	1,6093 Km

Unidade de Tempo

A unidade de tempo é o segundo (s) que é o intervalo de tempo igual à fração de $1/86.400$ do dia solar médio, de finido de acôrdo com as convenções de astronomia.

Unidades de Volume

A unidade legal do volume é o metro cúbico, que é o volume de um cubo que tem 1m de aresta.

Quilômetro cúbico (km^3).....	1.000.000.000 m^3
Hectômetro cúbico (hm^3).....	1.000.000 m^3
Decâmetro cúbico (dam^3)....	1.000 m^3
Metro cúbico (unidade) (m^3)...	1 m^3
Decímetro cúbico (dm^3)	0,001 m^3
Centímetro cúbico (cm^3).....	0,000 001 m^3
Milímetro cúbico (mm^3)....	0,000 000 001 m^3

Unidades Inglesas de Volume (S.L.M.)

polegada cúbica (cubic-inches).....	16,38 cm^3
pé cúbico (cubic foot).....	0,0283 m^3

Unidades de Capacidade

A unidade de capacidade é o litro, cujo volume é o de um decímetro cúbico.

1 mililitro (ml).....	0,001 l
1 centilitro (cl).....	0,01 l
1 decilitro (dl).....	0,1 l
<u>Litro (unidade)</u>	1 l
1 decalitro.....	10 l
1 hectolitro.....	100 l
1 quilolitro.....	1 000 l

Correspondência entre as Unidades de Volume, de Capacidade e de Massa para a água destilada a 4°C.

VOLUME	CAPACIDADE	MASSA
1 m ³	1 kl	1 t
1 dm ³	1 l	1 Kg
1 cm ³	1 ml	1 g

Medidas Inglesas de Capacidade

1 quart.....	0,9465 l
1 pint.....	0,437 l (U.S.A.)
	0,568 l (Inglaterra)

Unidades de Pressão

No sistema C.G.S. a unidade de pressão é o dina por centímetro quadrado (d/cm^2).

No sistema M.K.S. é o quilograma - força por metro quadrado (Kgf/m^2).

Usamos ainda as unidades atmosfera (atm) e centímetro cúbico de mercúrio ou milímetro de mercúrio.

Atmosfera (atm) é a pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 760 mm de Hg.

Milímetro de mercúrio (mm/Hg) que é a pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 1 milímetro de altura.

$$1 \text{ mm/Hg} = 0,0013158 \text{ Atm.}$$

$$1 \text{ mm/Hg} = 13,595 \text{ Kgf/m}^2$$

Medidas Inglesas de Pressão

Libra por polegada quadrada (pounds per square inch)

$$\text{lb/pol}^2 = 0,06804 \text{ atm.}$$

Correspondência

$$1 \text{ atm.} \dots \dots \dots 1 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ atm.} \dots \dots \dots 760 \text{ mm/Hg}$$

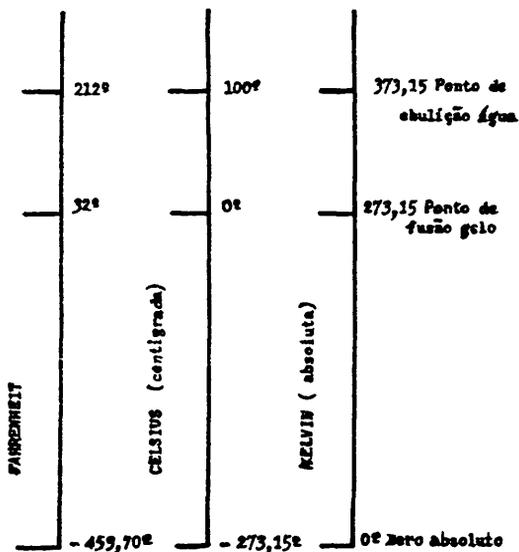
$$1 \text{ atm.} \dots \dots \dots 15 \text{ lbs/pol}^2$$

$$1 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots 15 \text{ lbs/pol}^2$$

Escalas termométricas:

As duas escalas mais comumente usadas são as escalas Fahrenheit e Centígradas. Na escala de Fahrenheit o ponto de fusão de gelo é 32° e o de ebulição de água 212° . Na escala Centígrada o ponto de ebulição da água 100° , e o de congelação 0° . A escala Kelvin tem o ponto de fusão do gelo correspondendo a $273,15^{\circ}$ e o de ebulição da água a $373,15^{\circ}$.

No gráfico abaixo temos a correspondência das 3 escalas:



Podemos converter uma escala na outra usando as seguintes fórmulas :

Transformação de Farenheit em Centígrada

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

Transformação de Centígradas em Kelvin

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

CAPÍTULO II

ESTUDO DOS GASES

Desenvolveu-se, durante o Século XIX, o conceito de que os átomos e moléculas se movem continuamente e de que a temperatura é a medida da intensidade deste movimento.

A teoria cinética dos gases procura explicar o comportamento físico dos mesmos e está fundamentada nos seguintes postulados:

1. Os gases são formados por moléculas muito pequenas e tão distantes umas das outras que o volume destas partículas é desprezível em relação ao espaço vazio in termolecular.

Esta hipótese é perfeitamente razoável, o que pode ser explicado pela facilidade com que os gases se comprimem.

2. Em um gás perfeito não existem forças de atração entre as moléculas, o que é demonstrado pela grande expansibilidade dos mesmos:

3. As moléculas dos gases se movem rápida e desordenadamente, chocando-se entre si e com as paredes de recipiente que as contém, resultando o que se chama de pressão.

4. A velocidade das moléculas de um gás é proporcional à temperatura. Elevando-se a temperatura de um gás, a velocidade de suas moléculas aumenta, caso contrário diminui. Aumentando a temperatura do gás, aumenta portanto a intensidade do bombardeio contra as paredes do recipiente e, conseqüentemente, a pressão.

Se o volume permanecer constante, o aumento da temperatura provoca o aumento da pressão, pois aumenta o número de choques das moléculas contra as paredes do recipiente que as contém.

Se a pressão permanecer constante, o gás se expandirá, ocupando um volume maior.

A teoria cinética aplica-se também aos líquidos e sólidos como veremos mais tarde.

Baseado na teoria cinética podemos explicar as leis dos gases:

1. Lei de Boyle - Mariotte:- relação entre volume e pressão de um gás.

"Os volumes ocupados por uma dada massa de um gás, em temperatura constante, variam na razão inversa das pressões que suportam".

A pressão exercida por um gás depende só do número de impactos moleculares, por segundo e por unidade de superfície da parede. A temperatura deve permanecer constante para que a velocidade média das moléculas seja constante.

Quando o volume diminui (fig. 1) as moléculas dispõem de menor espaço para moverem-se, chocando-se com mais frequência contra as paredes do recipiente, exercendo maior pressão.

Multiplicando, portanto, o volume de um gás pela pressão que êle suporta o resultado será constante.

De um modo geral, tendo-se um gás à pressão P_1 e ocupando um volume V_1 , à pressão P_2 o gás ocupará um volume V_2 , tal que a igualdade $P_1V_1 = P_2V_2 = \text{constante}$, ou $PV = K$ (constante). A lei de Boyle pode ser expressa gráficamente

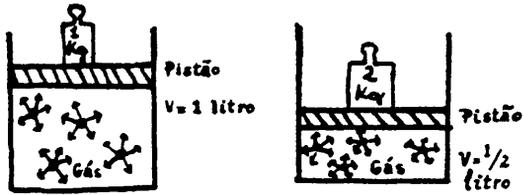


Fig. 1 Lei de Boyle
Interpretação Cinética

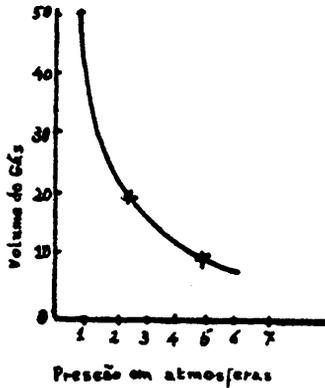


Fig. 1_a Lei de Boyle
Representação Gráfica

camente como na figura 1-a.

2. Lei de Charles e de Gay Lussac: - relação entre volume e temperatura de um gás.

"Quando a pressão de uma amostra de um gás é mantida constante, o volume, ocupado pelo mesmo, é diretamente proporcional à temperatura absoluta"

O efeito produzido ao elevar a temperatura de um gás consiste em aumentar a energia cinética média das moléculas. Tendo maior energia cinética chocar-se-ão mais violentamente e com mais frequência contra as paredes do recipiente, originando maior pressão e produzindo a expansão do seu volume (fig. 2).

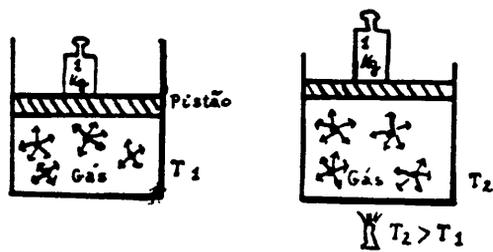


Fig. 2 Lei de Charles $V_2 > V_1$

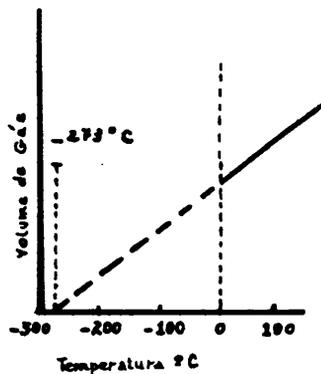


Fig. 2a Gráfico Representativo da Lei de Charles

Esta lei é representada por $V_1 T_1 = V_2 T_2 = K$ (constante) e pode ser expressa graficamente como na fig. 2a .

3. Lei de Dalton ou das Pressões Parciais

"Em uma mistura de gases cada gás age como se estivesse sozinho".

Segundo a teoria cinética, não existem forças de atração entre as moléculas de um gás. Assim, em uma mistura de gases, cada molécula choca-se contra as paredes do recipiente com a mesma força e frequência, como se não estivessem presentes outras moléculas. Em consequência, a pressão parcial de um gás não se altera pela presença de outros gases no mesmo recipiente. A pressão total exercida por uma mistura de gases é igual à soma das pressões parciais de cada um deles.

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3$$

4. Lei de Henry ou da Solubilidade de Gases em Líquidos

"A solubilidade de um gás em um líquido é proporcional à pressão parcial do gás".

Assim nas bebidas gasificadas, o gás é dissolvido no líquido sob pressão. Quando abrimos a garrafa, o gás que está sobre o líquido é libertado e a pressão parcial do mesmo diminui; o gás dissolvido sai do líquido, fazendo-o borbulhar.

MECANISMO DA RESPIRAÇÃO

O mecanismo da respiração pode ser explicado, aplicando a lei de Boyle se nós considerarmos a temperatura corporal constante.

Durante a inspiração os músculos intercostais externos contraem-se, as costelas e o esterno movem-se para cima e para fora, e o diafragma desce.

Com êstes movimentos há um aumento dos diâmetros torácicos e os pulmões se expandem e, como consequência, há uma diminuição de sua pressão interna, que se torna menor que a pressão atmosférica, e o ar entra.

Durante a expiração os músculos intercostais externos relaxam, as costelas e o esterno movem-se para baixo e para dentro, e o diafragma se eleva. A capacidade torácica diminui; provocando um aumento de pressão nos pulmões, o que provoca a saída do ar.

Mecanismo das Trocas Gasosas

A lei de Henry diz que a massa de um gás que se dissolve, a uma dada temperatura, em uma determinada quantidade de solvente, é diretamente proporcional à pressão do gás.

Se uma mistura de gases estiver confinada sobre água, cada gás se dissolverá na água, como se êle estivesse sôzinho, com uma pressão igual à sua pressão parcial na mistura.

Solubilidade dos Gases no Sangue

Os mais importantes gases são o oxigênio e o gás carbônico. A respiração é regulada pela solubilidade dêstes gases no sangue, uma vez que o sangue é o meio pelo qual o oxigênio é levado dos pulmões para todo o corpo, e o gás carbônico é recambiado aos pulmões e eliminado.

Como o sangue contém hemoglobina que é uma substância que se combina quimicamente com o oxigênio, êste é mais solúvel no sangue do que na água.

O mesmo acontece com o gás carbônico, que também é mais solúvel no sangue do que em água.

As solubilidades de todos os gases no sangue aumenta com a pressão parcial dos gases.

Determinação das Pressões Parciais dos Gases Importantes nas Trocas Gasosas

O ar, ao nível do mar, tem uma pressão de 760 mm Hg e a seguinte composição: 20,96% O₂, 0,04% CO₂ e 79,01% de N₂.

Se o ar contém 20,96% O₂ a pressão exercida pelo oxigênio ao nível do mar será:

$$\frac{20,96}{100} \times 760 = 159,2 \text{ mm Hg}$$

Fazendo o mesmo cálculo com o N₂ e CO₂ teremos, respectivamente, as seguintes pressões parciais 595 mm Hg e 0,30 mm Hg.

A pressão total do ar inspirado ou do ar alveolar é igual à pressão atmosférica (760mm Hg). O N₂ é um gás inerte, em relação à respiração, não sendo nem retido, nem produzido pelo organismo.

A diferença do valor do N entre o ar inspirado, expirado e alveolar é devido às variações nas pressões parciais dos outros gases, ou ao vapor d'água misturado ao ar, ao nível dos pulmões.

	VOLUME %		
	Ar Inspirado	Ar Expirado	Ar Alveolar
	O ₂	20,96	16,4
CO ₂	0,04	4,0	5,5
N ₂	79,01	79,7	80,3

Ar Alveolar

Como a pressão de vapor da água no ar dos pulmões é de 47 mm Hg, a pressão total dos outros gases Oxigênio, gás carbônico e nitrogênio é $760 - 47 = 713$ mm Hg.

Pressões Parciais

$$\text{Oxigênio: } \frac{13,8}{100} \times 713 = 98,3 \text{ mm Hg}$$

$$\text{Gás Carbônico: } \frac{5,5}{100} \times 713 = 39,2 \text{ mm Hg}$$

$$\text{Nitrogênio: } - \frac{80,3}{100} \times 713 = 572,0 \text{ mm Hg}$$

Ar Expirado

Fazendo o mesmo cálculo para os gases do ar expirado temos:

$$\text{Oxigênio: } - \frac{16,3}{100} \times 713 = 116,2 \text{ mm Hg}$$

$$\text{Gás Carbônico: } - \frac{4}{100} \times 713 = 28,5 \text{ mm Hg}$$

$$\text{Nitrogênio: } - \frac{79,7}{100} \times 713 = 568,3 \text{ mm Hg}$$

Resumindo as pressões parciais, temos:

	Pressões Parciais em mm Hg		
	Ar Inspirado	Ar Expirado	Ar Alveolar
O ₂	159, 2	116, 2	98, 3
CO ₂	0, 3	28, 5	39, 2
N ₂	596, 5	568, 3	572, 0
Vapor d'água	5, 0	47, 0	47, 0

Conhecidas as pressões parciais dos gases e sabendo que os mesmos fluem de uma área de maior pressão para uma de menor pressão podemos explicar a troca dos gases.

As diferenças de pressão parcial do ar inspirado, alveolar e expirado promovem a livre troca dos gases dentro dos pulmões. A pressão parcial do oxigênio do ar inspirado é cerca de 159, 2 mm Hg, e do ar alveolar é só 98, 3. O oxigênio então passa do ar inspirado para o alveolar. O reverso o corre com o CO₂.

O oxigênio passa dos alvéolos para os capilares pulmonares. O sangue nos capilares e o ar nos vasos alveolares estão separados por membranas finas que permitem a rápida difusão dos gases.

O sangue oxigenado entra no lado esquerdo do coração, de onde é mandado para todos os tecidos do corpo. A pressão do oxigênio nos tecidos é baixa, resultando a passagem de um fluxo de oxigênio do plasma do sangue através da membrana capilar para os tecidos.

A quantidade de oxigênio que passa através dos cap

lares para os tecidos é proporcional às pressões parciais do oxigênio nos capilares e nos tecidos.

EFEITO DAS VARIAÇÕES DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA SÔBRE O HOMEM

Mal das Montanhas

O recebimento inadequado ou insuficiente de oxigênio nos tecidos se conhece com o nome de anóxia.

Os efeitos da anóxia nas grandes altitudes são conhecidos como mal das montanhas.

A uma altitude de 4.500 m acima do nível do mar, a pressão atmosférica é, aproximadamente, de 450 mm de Hg.

A pressão parcial do oxigênio, sofrendo uma redução proporcional será de 94 mm Hg ($\frac{20,96}{100} \times 450 = 94$ mm Hg), ao passo que é de 160mm de Hg ao nível do mar. A pressão do oxigênio no ar alveolar e no sangue arterial cai, para 55 a 60 mm Hg, a saturação da hemoglobina pelo oxigênio fica abaixo do normal, 82% em comparação com a saturação normal que é de 95%. A vida é incompatível a uma pressão parcial de oxigênio menor que 23 mm Hg. Esta tensão, com efeito, corresponde à que produz a dissociação quase completa da hemoglobina.

Mal dos Caixões

Quando o ar é fornecido a indivíduos que trabalham sob alta pressão, como os mergulhadores, a solubilidade dos gases no sangue aumenta. Se a volta à superfície lí

quida, onde a pressão é menor, fôr muito rápida, o excesso de gás dissolvido, principalmente de nitrogênio, desprende-se na forma de bolhas, dando lugar a embolias, suscetíveis de interromper a circulação sanguínea.

Para evitar isso, os mergulhadores são trazidos à superfície lentamente, permitindo uma diminuição gradual de pressão, de maneira que o gás desprende-se lentamente e é eliminado pelos pulmões. O hélio é um gás cuja solubilidade no sangue é menor que a do nitrogênio; usam-se misturas de oxigênio e hélio em lugar de ar para os mergulhadores. O sangue não absorve tanto hélio como nitrogênio, portanto a subida do mergulhador até a superfície pode ser mais rápida.

Respiração Artificial

Sob o ponto de vista físico, a respiração artificial consiste em aumentar e diminuir alternadamente a pressão no tórax de maneira que o ar possa sair e entrar livremente nos pulmões.

Um dos métodos consiste em comprimir o tórax manualmente, e depois voltar lentamente à posição normal. Com a repetição destes movimentos a pressão alternadamente aumenta e diminui.

Outro é o método oscilante de EVE, que utiliza o peso das vísceras abdominais para elevar e abaixar o diafragma. Quando a cabeça está em um nível mais baixo a força de gravidade empurra as vísceras contra o diafragma, diminui a capacidade torácica e o ar sai.

Aparelhos de Respiração Artificial

O tipo mais comum de respirador é o pul mão de aço que consta de uma câmara cilíndrica metálica, a qual não permite a entrada de ar. O respirador é equipado de maca e colchão e possui em uma das extremidades uma a bertura circundada por uma gola de borracha que se adapta ao pescoço do paciente, ficando assim fechada a câmara. O pa ciente fica dentro da câmara apenas com a cabeça fora da mesma e repousando sôbre um travesseiro.

Os respiradores mais aperfeiçoados pos suem uma cúpula adaptável, feita de material plástico trans parente, a qual é ajustada sôbre a cabeça do paciente. É pos sível modificar a pressão dentro da campânula ou cúpula pe lo mesmo processo que o fazemos na carcaça cilíndrica. Pode-se, ajustando a cúpula à cabeça do paciente, mantê-lo respirando enquanto o aparelho é aberto, de modo que êle pos sa receber melhores cuidados de enfermagem.

O respirador consta de um fole adaptado à superfície externa do aparelho, o qual pode ser movido por meio de um motor, podendo expandir-se e contrair-se rítma damente.

Quando o fole atinge sua capacidade máxima de expansão, o ar contido dentro da câmara pode expandir -se mais, estando portanto sob menor pressão. Esta pressão é negativa (menor que a atmosférica) e é registrada no manôme tro à esquerda de zero. Como o ar contido nos pulmões está sob pressão atmosférica, êle empurra as paredes do mesmo, fazendo com que êste aumente de volume. Com o aumento do volume dos pulmões a pressão diminui ficando negativa, o que faz com que o ar entre nos pulmões através do nariz e bô ca. Com a entrada de ar a pressão no pulmão que era negati va, passa a ser novamente igual à atmosférica. Esta é a fa se de inspiração.

Quando o fole se contrai, o ar contido dentro da câmara é comprimido e a pressão aumenta. Esta pressão, sendo maior que a de dentro do pulmão, faz com que este se contraia e expulse o ar nele contido. Esta é a fase de expiração.

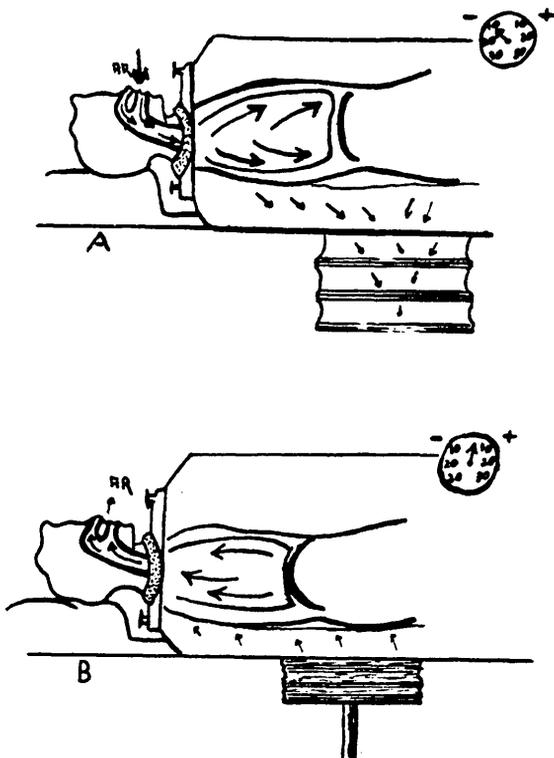


Fig. 3 Pulmão de Aço

Couraça

É usada pelo paciente durante o período de convalescência, desde que lhe dá maior independência. A couraça é ajustada ao tórax do paciente e ligada a uma bomba que alternadamente enche e esvasia a couraça, aumentando e diminuindo a pressão exercida sobre o tórax e, conseqüentemente, o volume da caixa torácica.

Medidores de Oxigênio

O oxigênio é colocado sob pressão em um cilindro. Em um cilindro, de 50 litros de capacidade, podemos comprimir oxigênio à pressão de 120 atmosferas ou 2.000 lbs, que equivale a 6.000 litros de oxigênio à pressão atmosférica.

Podemos calcular a quantidade de gás contido em um cilindro se soubermos o valor real do cilindro e a pressão ao qual está submetido. Se o valor real do cilindro é de 50 litros e a pressão de 120 atmosferas pela lei de Boyle-Mariotte (o produto do volume ocupado pelo gás x a pressão, é constante) teremos o volume de gás à pressão atmosférica

$$50 \times 120 = V \times 1$$

$$6.000 = V$$

Se soubermos a quantidade de gás contido no cilindro, podemos saber o tempo de consumo. Basta sabermos o fluxo por minuto. Vamos supor o cilindro cheio com um fluxo de 8 litros por minuto:

Durará $\frac{6.000}{8} = 750$ minutos ou 12 horas e meia.

Um cilindro pela metade com uma pressão de 60 atm., corresponderá a 3.000 litros de oxigênio à pressão atmosférica e com um fluxo de 8 litros por minuto durará 6 horas e 15 minutos.

Pressão Atmosférica (experiência de Torricelli)

A atmosfera é a camada gasosa que envolve

a terra. O impacto das moléculas de ar, em constante movimento contra as superfícies que lhe opõem resistência, dá origem a uma pressão que é chamada pressão atmosférica. Por isso, com a rarefação do ar, a pressão atmosférica diminui; é o que notamos quando subimos uma montanha.

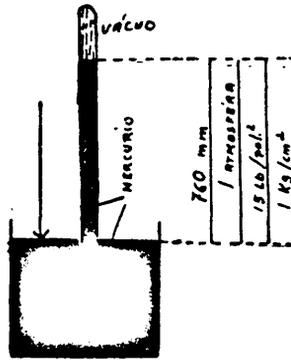


Fig. 4 Experiência de Torricelli

Pela experiência de Torricelli é possível medir o valor da pressão exercida pela atmosfera sobre os corpos nela mergulhados. Toma-se um tubo de vidro de cerca de 1 metro de comprimento (diâmetro: 6 a 8 milímetros), fechado em uma das extremidades, e enche-se de mercúrio. Obturando a extremidade aberta com o dedo, emborça-se este em uma cuba com mercúrio. Retirando-se o dedo, verifica-se que o mercúrio baixa no tubo e se detém à altura de 76 cm quando a experiência é feita ao nível do mar em condições normais. (Fig. 4)

A atmosfera exerce então, sobre tudo o que está mergulhado nela, uma pressão que é equivalente ao peso da coluna de mercúrio ($P_{atm} = p_{Hg}$). É por isso que se costuma medir pressão em centímetros de mercúrio. Se, em lugar de mercúrio, quiséssemos usar água, a coluna líquida teria de ser muito maior. A densidade do mercúrio à temperatura de 20°C é de $13,6 \text{ g/cm}^3$, e a da água à mesma temperatura é de 1 g/cm^3 , de modo que uma coluna de água para corresponder a de mercúrio teria que ser 13,6 vezes maior ou

13, 6x76 cm = 10, 33m aproximadamente.

A pressão atmosférica pode modificar-se de um dia para outro e de acordo com a altitude.

A pressão atmosférica medida ao nível do mar é chamada pressão normal e, como vimos, equivale a 760 mm Hg ou 76 cm Hg. Convencionalmente atribui-se a ela o valor de 1. atmosfera.

A pressão atmosférica modifica-se de acordo com a altitude como mostra a tabela:

ALTITUDE	PRESSÃO
1.000 m	675 mm Hg
2.000 m	600 mm Hg
4.500 m	430 mm Hg
18.000 m	50 mm Hg

Aparelhos de sucção: aplicação da pressão sub-atmosférica nos aparelhos de sucção.

Qualquer pressão menor do que a pressão atmosférica é dita, pressão sub-atmosférica ou negativa. Se todo o gás for removido de um recipiente, resultará no mesmo vácuo perfeito, se porém, só uma parte do gás for retirada teremos um vácuo parcial.

Como gases ou líquidos fluem dos pontos de maior para os de menor pressão, os fluidos, à pressão atmosférica, fluirão sempre para recipientes com pressão negativa. Esta é a base de todos os aparelhos de sucção.

Quando nós tomamos uma bebida com auxílio de um canudinho, primeiramente, aspiramos o ar do

mo, de maneira que a pressão aí se torna negativa, fazendo com que o líquido, sujeito à pressão atmosférica se desloque do recipiente que o contém, para o tubo. (fig. 5)

As seringas funcionam da mesma maneira (fig. 6). Para enchê-las com um líquido contido em uma ampola, mergulhamos a agulha no líquido e puxamos o êmbolo. O volume dentro da seringa aumenta e a pressão diminui. A pressão atmosférica, agindo sobre a superfície do líquido da ampola, empurra o mesmo para dentro da seringa.

Para retirar um líquido de dentro de um frasco herméticamente fechado por uma rolha de borracha, usando para isso uma seringa, precisamos injetar primeiramente dentro do frasco uma quantidade de ar correspondente ao volume do líquido que queremos retirar. Caso contrário, à medida que retiramos o líquido, forma-se dentro do frasco um vácuo parcial que impede a saída do mesmo.



Fig. 5 - Aspiramos o ar

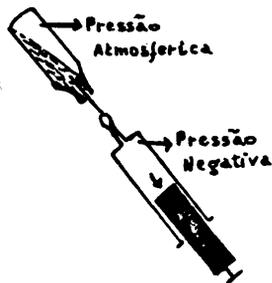


Fig. 6 - Retirada de líquido de ampola

Sifão- É um aparelho muito simples, que consiste em um tubo de borracha em forma de J possuindo, portanto, um braço curto e um longo. É usado para transferir um líquido sob pressão atmosférica de um recipiente situado em um nível mais alto para outro, em nível mais baixo. O braço mais longo do aparelho é colocado no recipiente para onde queremos transferir o líquido. Para que o sifão funcione, é necessário retirar todo o ar do tubo, ou melhor virar o tubo longo para cima, encher de água e virá-lo rapidamente para baixo. O líquido escoá do braço de maior pressão (curto) para o de me

nor pressão(longo). (fig. 7)

Pressão do braço curto (B) = Pressão atmosférica - pressão co
luna líquida.

Pressão do braço longo (A) = Pressão atmosférica - pressão co
luna líquida.

Como no braço longo a pressão da coluna lí
quida é maior que no braço mais curto, a pressão no 1º (dife
rença entre pressão atmosférica e pressão coluna líquida) - é
menor do que no segundo.

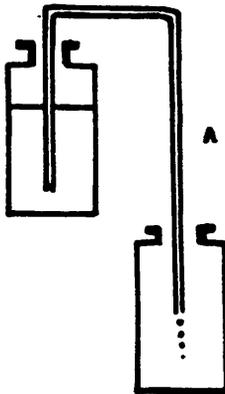


Fig. 7 Sifão

Técnicas em que usamos sifonagem:

Lavagem do estômago-limpeza do estômago
pela introdução de grande quantidade de uma solução cujo re
fluxo se faz por sifonagem. Quando o estômago está cheio de
líquido e o tubo também, vira-se o tubo de maneira a formar
o braço mais longo do sifão e o líquido flui.

Lavagem intestinal-introdução de líquido no
reto com o fim de amolecer a matéria fecal, estimular o pe
ristaltismo e provocar a defecção. Se o paciente não expelir
o líquido dentro de 30 minutos, introduzir o tubo retal adapta
do a um funil. Despejar água suficiente para estabelecer a si
fonagem. Emborcar o tubo.

Irrigação vesical: lavagem da bexiga com uma solução antis
sética introduzida através de um catéter. Adaptar um funil à
extremidade da sonda.

Drenagem por sucção:

A drenagem de um líquido da cavidade pleu
ral pode ser feita por sucção ou aspiração, quando há nece
sidade de forçar a sua saída.

Como já vimos todo líquido flui de um local
de maior pressão para um de menor pressão. Se nós ligarmos
a cavidade pleural a um frasco (C) com pressão mais baixa, o
líquido pleural escôa dela para o frasco.

A pressão negativa no frasco coletor (C) po
de ser obtida de várias maneiras:

1) Sucção por gravidade

O frasco (A) colocado em nível superior ao
(B), está em comunicação com este último por meio de um tu
bo plástico transparente. (1). No início da drenagem o frasco
(A) está cheio d'água e o frasco (B) vazio. Por gravidade a
água do frasco (A) escôa para o (B) estabelecendo um vácuo
parcial no primeiro frasco. Como o frasco (A) está em comu
nicação com o frasco (C), o ar de dentro deste último é aspi
rado para o frasco (A), criando portanto no frasco (C) uma
pressão também negativa, que aspira o líquido da cavidade
pleural.

O sistema usado é o apresentado abaixo:

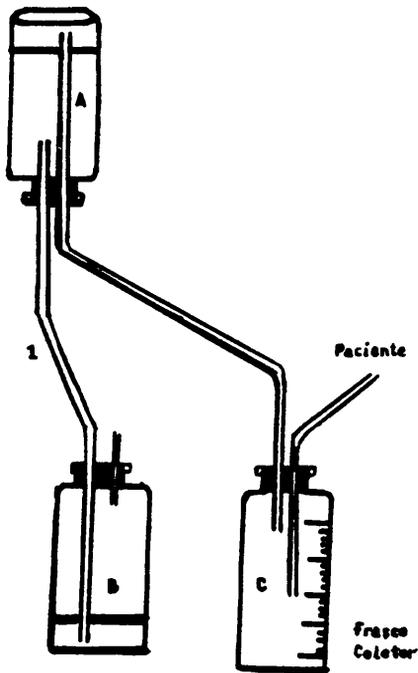


Fig. 8 Sucção por Gravidade

2) Sucção por sifonagem:

O frasco (C) é vazio e calibrado, usado para coletar o material drenado, e está em comunicação com um frasco (B) cheio de água. O frasco (B) está ligado a um frasco (A), colocado em um nível inferior. Retiramos por meio de uma seringa o ar do tubo que liga (B) a (A). Desta maneira estabelece-se um sifão e a água de (B) escôa para (A). Quando a água flui de (B) para (A) cria na parte superior do frasco (B) um vácuo parcial. Como o frasco (B) está em comunicação com o frasco (C), a pressão neste último também será negativa, e succionará o líquido pleural. Quando o frasco (A) está cheio pinçamos o tubo (2) e trocamos de posição os frascos (A) e (B) (fig. 9).

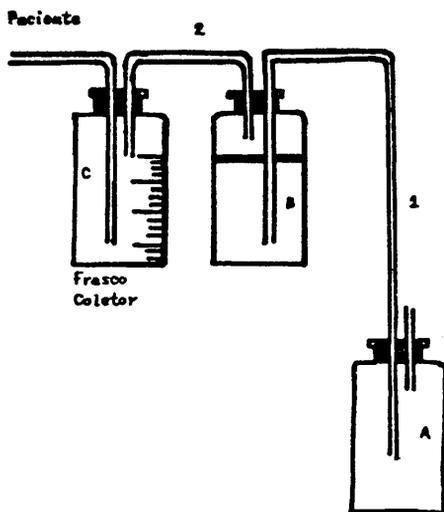


Fig. 9 Sucção por Sifonagem

Regulador de pressão: quando a sucção é muito grande podemos usar um sistema de três frascos para reduzi-la. O sistema consta de um frasco (C) que recebe o material drenado, um frasco (A) ligado ao aparelho de sucção e um frasco (B) que é o frasco redutor ou regulador de pressão. O frasco redutor (B) é fechado por uma rolha de borracha, com (3) orifícios por onde passamos três tubos. Os tubos (1) e (2) estão acima do nível da água do frasco (B) e ligados respectivamente aos frascos (A) e (C). O tubo (3) é o tubo de controle da pressão, tem a extremidade superior aberta, em comunicação com a atmosfera, e a inferior mergulhada na água do frasco. A pressão de sucção é controlada pelo comprimento do tubo que está mergulhado dentro da água. Geralmente a extremidade de inferior do tubo está a 15 cm abaixo do nível da água. (fig. 10)

Quando o aparelho está desligado o nível da água dentro do tubo é o mesmo da água fora dele. Ao ligarmos o sistema que faz o vácuo, o ar no frasco (B) acima da água será retirado, fazendo baixar a pressão. Ao mesmo tempo a

água do tubo (3) é empurrada para baixo e o tubo vai enchendo de ar. O ar contido no tubo procura sair através dos 15 cm de água que separam a extremidade inferior do tubo do nível da água no frasco. Êstes 15 cm de água como já vimos anteriormente correspondem a 11 mm de Hg, porque 1 mm de Hg corresponde a 1,36 cm de água. Assim a pressão no frasco (B) será de 760 mm de Hg - 11 mm Hg = 749 mm Hg. Isto é verdadeiro quando o frasco A estiver vazio. À medida que o líquido fôr drenando dentro do frasco (A) a pressão de drenagem será calculada, levando em consideração a parte do tubo mergulhada no líquido drenado. Se a parte do tubo submersa no líquido do frasco (A) fôr 2 cm, teremos que subtrair 2 cm de 15 cm que é a parte do tubo submersa no frasco (B), o que nos dará 13 cm de água ou 10 mm de Hg. A pressão de drenagem será : 760 mm - 10 mm = 750 mm Hg. Quando a parte submersa de ambos os tubos fôr igual não haverá sucção.

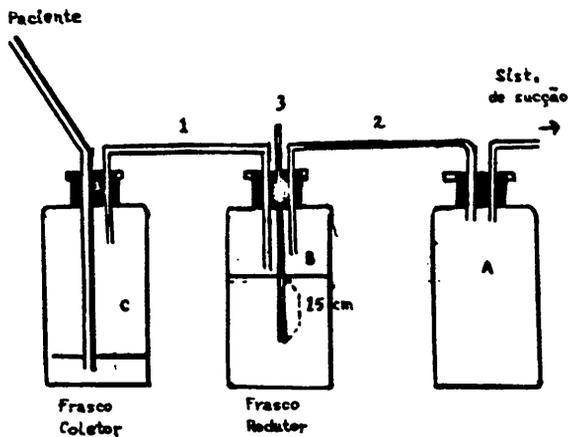


Fig. 10 Regulador de Pressão

Atualmente usam-se aparelhos mais modernos de aspiração em cirurgia torácica. O "GOMCO" nº 766 é um aparelho automático com um mecanismo semelhante ao de um relógio, contendo um filamento em um cilindro lacrado. Quando a corrente é ligada, o filamento se aquece, a temperatura do ar no cilindro aumenta e o ar se expande. O ar expandindo escapa pela válvula de saída na parte superior do cilin

dro. Ao desligar a corrente, o ar que permaneceu no cilindro contraí-se por resfriamento e forma-se um vácuo parcial. Este ciclo se repete oito vezes por minuto, mas a sucção permanece constante devido ao vácuo que foi criado nas conexões.

O aparelho está ligado a um manômetro o qual indica a pressão em cm de água, e não funciona a não ser que haja líquido no mesmo. Assim sendo, quando não se requer vácuo maior que 25 cm de água, enche-se o tubo do manômetro até à altura requerida. Este tubo funciona como um regulador de pressão. Ele tem no seu interior um tubo de menor calibre que está em comunicação com o ar atmosférico. Quando o cilindro faz o vácuo, o ar acima do nível da água é aspirado e cria-se uma pressão negativa. O ar atmosférico empurra a água que está dentro do tubo de menor calibre e quando êle atinge a parte inferior do tubo, borbulha. Assim parte do ar aspirado pelo cilindro é repostado. Se o tubo interno do manômetro estiver mergulhado 15 cm na água, a diferença entre a pressão atmosférica e a do aparelho é de 15 cm de água ou de 11 mm de Hg. (fig. 11). Costuma-se dizer que o vácuo é de 15 cm de água. O maior vácuo que podemos conseguir com o aparelho é de 25 cm se usarmos água, ou de 152 mm, se usarmos mercúrio. (aproximadamente 6 polegadas).

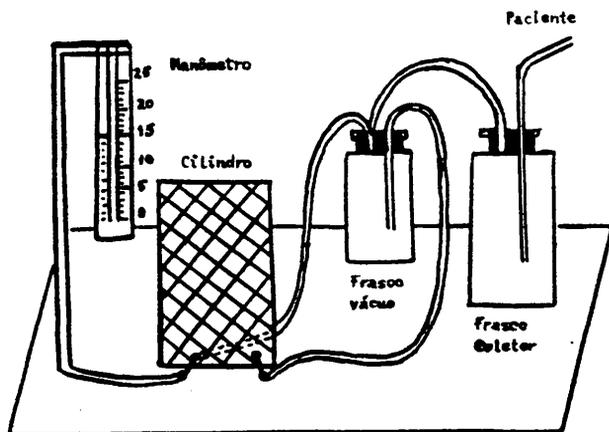


Fig. 11 Gomco

Outro aparelho comumente usado é o tipo Emerson, para sucções pleurais e gástricas. Êste aparelho pode ser regulado para pressões de 0 (zero) a 60 cm de água, e possui dois frascos, um ligado ao paciente - frasco coletor, outro ligado ao aparelho de Emerson protege o mesmo contra eventual refluxo de líquido,

Teorema de Bernouilli:

Observemos o escoamento de um líquido a través de um tubo de secção variável ; a massa do líquido que flui deve ser a mesma em todo o tubo, portanto se a secção diminui, a velocidade de vazão aumenta. "As velocidades ao longo de um tubo são inversamente proporcionais a secção reta do tubo."

O que foi visto acima pode ser comparado com a mudança de trânsito de um trecho de via dupla para um de via simples e novamente para um de via dupla. Para que não haja diminuição de velocidade na via dupla, a velocidade na via simples deve ser duas vezes maior.

Se nós tomarmos um tubo de Venturi (fig. 12), que consiste de um tubo em U que funciona como manômetro, e adaptarmos ao tubo onde o líquido escôa podemos observar : onde há estrangulamento (B) no tubo a velocidade do líquido aumenta, a pressão diminui e o mercúrio do manômetro é aspirado em direção ao ponto B. Êste manômetro mede a diferença de pressão entre o tubo largo e o estreito.

O teorema de Bernouilli diz "quando um líquido flui por um tubo de secção reta variável , a pressão é menor onde a velocidade é maior".

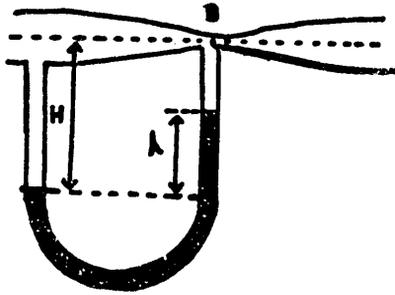


Fig. 12 Tubo de Venturi

Aplicação do teorema de Bernouilli:

Trompa d'água : consta de um tubo AC que termina por um estreitamento envolvido por um recipiente B, que está em comunicação com o exterior por um orifício D. A água entra em A e tem sua velocidade aumentada pelo estreitamento C. O aumento da velocidade de escoamento da água, provoca uma diminuição de pressão nesta área, originando uma sucção do ar existente no recipiente no qual queremos fazer o vácuo e que está em comunicação com o recipiente B pelo orifício D. (fig. 13)

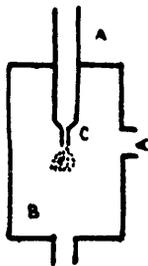


Fig. 13 Trompa D'água

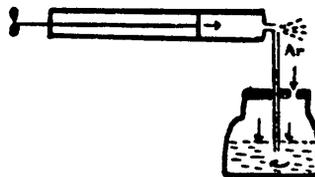


Fig. 14 Bomba para Inseticidas

Vaporizador : por meio de uma pera de borracha B o ar é forçado através de um estreitamento C, tendo sua velocidade de aumentada, produzindo uma área de menor pressão. O estreitamento C está em comunicação por meio de um tubo A, com o líquido do frasco. Este líquido está sob pressão atmosférica, porque no frasco há um pequeno orifício que permite a entrada de ar. O líquido do frasco é aspirado para dentro do tubo e sai sob a forma de uma névoa fina. (fig. 15). O nebulizador (fig. 16) e a bomba de inseticidas (fig. 14) funcionam da mesma maneira.

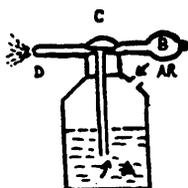


Fig. 15 Vaporizador

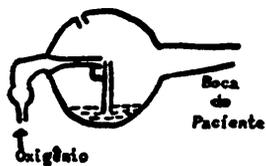


Fig. 16 Nebulizador

Hoje se generalizou as aplicações de produtos em forma de aerossol. Os aerossóis são importantes na medicina, no tratamento de moléstias respiratórias, devido ao seu alto poder de penetração. As partículas de aerossóis são menores do que as obtidas nos nebulizadores comuns, variando de 0,1 a 50 microns.

Uma unidade de aerossol é formada por um recipiente que tem em seu interior um líquido sob pressão, possuindo na parte superior um dispositivo que ao ser pressionado permite a saída do líquido para o exterior como uma nuvem. Usa-se um agente ativo qualquer, inseticida, cosmético, produtos farmaceuticos, dissolvido em um dissolvente orgânico, e parcialmente em um gás liquefeito, que é o gás propulsor. Este gás propelente pode ser etano, butano, freon, dióxido de carbono na proporção de 80% e 20% do princípio ativo concentrado. O dissolvente se evapora em presença do ar.

AUTOCLAVE

O funcionamento da autoclave é baseado na lei dos gases que diz "quando o volume permanece constante , a temperatura de um gás aumenta com o aumento de pressão".

Uma autoclave consta, principalmente, de uma câmara de metal, perfeitamente fechada , mantendo assim o seu volume constante.

Primeiramente é necessário eliminar o ar contido na câmara , por meio de vapor d'água. Quando todo o ar tiver sido eliminado, começa a sair um jato contínuo de vapor d'água se comprime dentro do aparelho provocando um aumento de pressão e, concomitantemente, de temperatura . Regula-se então, a entrada de vapor d'água para manter a temperatura desejada. Êste vapor à alta temperatura destrói os micro organismos. A câmara deve estar livre de ar por que a temperatura de uma mistura de ar, vapor d'água é mais baixa que a temperatura do vapor sòzinho.

Desde que a esterilização é provocada mais pela temperatura do que pela pressão, devemos observar sempre a que temperatura está o termômetro.

Relação entre pressão e a temperatura na autoclave:

Pressão	Temperatura
0 Atm	100° C
0,35	108° C
0,50	111° C
1,0	120,6° C
1,50	127° C

Terminado o tempo de esterilização desliga-se o vapor, a água se condensa e forma um vácuo parcial dentro da autoclave. Como a pressão externa é maior do que a interna não é possível abrir a porta da autoclave, sendo preciso para abri-la deixar entrar ar e assim igualar as pressões interna e externa.