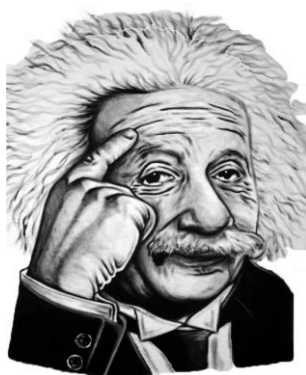


# FÍSICA

## FRENTE II

Professor Danilo



2º ANO DO ENSINO MÉDIO

Turmas Isaac Newton e Albert Einstein

Consulte nova versão após 14/Fev/2022 em

<http://fisica.professordanilo.com/>

## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO À FRENTE 2 .....	5
a)	AVALIAÇÃO.....	5
b)	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO .....	5
2.	INTRODUÇÃO À FÍSICA .....	5
3.	Letras Gregas .....	5
4.	HIDROSTÁTICA: CONCEITOS INICIAIS.....	5
5.	UNIDADES DE MEDIDAS .....	8
6.	FÓRMULAS DE ÁREA.....	10
7.	FÓRMULAS DE VOLUMES .....	11
8.	EXERCÍCIOS SOBRE UNIDADES DE MEDIDAS .....	13
	GRANDEZAS DERIVADAS .....	14
9.	LÍQUIDOS EM EQUILÍBRIO ESTÁTICO .....	15
10.	TENSÃO SUPERFICIAL .....	16
11.	FORÇAS E PRESSÕES EM FLUÍDOS .....	17
12.	STEVIN .....	20
a)	TEOREMA DE STEVIN .....	21
b)	ISOBÁRICA .....	21
c)	EXPERIMENTO DE TORRICELLI .....	22
d)	“Revisando” Gases Ideais .....	22
13.	VASOS COMUNICANTES .....	23

---

## NOTA DO AUTOR AOS LEITORES

Este material foi desenvolvido como notas de aula para o ensino médio do colégio Elite Col, Campinas, SP.

O Conteúdo deste material é livre para ser utilizado por qualquer pessoa para fins educacionais. A cópia e divulgação é livre.

O presente arquivo é a terceira edição (primeira em 2018, segunda em 2019, terceira em 2021 e agora estamos na quarta edição), que está sendo revisada, revista e reformulada ao longo de todo ano e você pode contribuir com isso enviando e-mail para o professor Danilo para:

[danilo@professordanilo.com](mailto:danilo@professordanilo.com)

Se você viu alguma figura com direitos autorais sem as devidas referências, por gentileza, envie e-mail para o endereço acima que providenciarei o quanto antes a adequação do material.

Campinas, 01 fevereiro de 2022.

## NOTA DO AUTOR AOS ALUNOS

O material de 2022 não será idêntico ao material de 2021 devido à algumas mudanças no cronograma, portanto, acompanhe a edição deste arquivo ao longo do ano bem como anote todo o conteúdo apresentado na aula: ao copiar você irá estudar e treinar fazer alguns desenhos, por exemplo.

Ao longo do ano, conforme as aulas forem sendo dadas, o professor irá modificar este material, adicionando links, figuras e textos que antes não tinham bem como melhorando ou corrigindo o conteúdo deste arquivo.

Você poderá visualizar as melhorias semanais deste material acessando o link:

[fisica.professordanilo.com](https://fisica.professordanilo.com)

Erratas e contato com o professor: [danilo@professordanilo.com](mailto:danilo@professordanilo.com)

Campinas, 01 fevereiro de 2022.

## 1. INTRODUÇÃO À FRENTE 2

### a) AVALIAÇÃO

↳ Prova

### b) CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

↳ Frente 2

➔ Basicamente o que vamos estudar nesta frente é a Hidrostática, Hidrodinâmica e Ondulatória.

## 2. INTRODUÇÃO À FÍSICA

↳ FÍSICA

➔ Do grego physis: natureza

➔ Ferramenta principal: Matemática

➔ Modo de estudo

● Princípios

⇒ Assume-se como verdade sem poder ser demonstrado

● Teoremas

⇒ Podem ser demonstrados

● Leis

⇒ Podem ser Princípios ou Teoremas

➔ Desenvolvimento

● Utilizaremos a matemática

## 3. Letras Gregas

Nome	Minúsculo	Maísculo	Mi	$\mu$	
Alfa	$\alpha$		Ni	$\nu$	
Beta	$\beta$		Csi	$\xi$	$\Xi$
Gama	$\gamma$	$\Gamma$	Pi	$\pi$	$\Pi$
Delta	$\delta$	$\Delta$	Rô	$\rho$	
Épsilon	$\epsilon$		Sigma	$\sigma$	$\Sigma$
Zeta	$\zeta$		Tau	$\tau$	
Etá	$\eta$		Upsilon	$\upsilon$	$\Upsilon$
Teta	$\theta$	$\Theta$	Fi	$\phi$	$\Phi$
Iota	$\iota$		Chi	$\chi$	$\Xi$
Capa	$\kappa$		Psi	$\psi$	$\Psi$
Lambda	$\lambda$	$\Lambda$	Omega	$\omega$	$\Omega$

## 4. HIDROSTÁTICA: CONCEITOS INICIAIS

↳ A Hidrostática é uma área da física que estuda líquidos parados.

➔ Significa água (hidro) parada (stática)

↳ Conceitos Iniciais

➔ Densidade  $d$  é a razão entre a massa  $m$  de um corpo e o volume  $V$  que este corpo ocupa

$$d = \frac{m}{V}$$

→ Massa específica  $\rho$  (letra grega “rô”) ou  $\mu$  (letra grega “mi”) é a razão entre a massa  $m$  do corpo e o volume que apenas o material ocupa  $V_{\text{mat}}$ .

$$\rho = \mu = \frac{m}{V_{\text{mat}}}$$

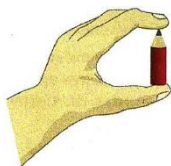
→ Peso específico  $\gamma$  (letra grega “gama”) é a razão entre seu peso  $W = m \cdot g$  (*weight*) e o volume do material  $V_{\text{mat}}$ :

$$\gamma = \frac{W}{V_{\text{mat}}} = \frac{m \cdot g}{V_{\text{mat}}}$$

→ A pressão  $p$  é a razão entre uma força  $F$  aplicada de forma distribuída em uma superfície de área  $A$

$$p = \frac{F}{A}$$

● Exemplos:



Segurando um lápis: pressões diferentes nos dedos



Salto alto: pressão maior que sola comum



Escavadeira: pressão menor que pneus



Tanque de Guerra: pressão menor que pneus



Sapatos tipo raquete: pressão menor que sola comum



Ao fixar um prego, a parte mais fina vai na madeira



A parte de corte da faca possui menor área de contato

## 5. UNIDADES DE MEDIDAS

↳ Relembrando potenciação:

$$5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 = 5^5$$

↳ Unidades de medidas também podem ser multiplicadas

→ EXEMPLOS

$$m \cdot m \cdot m = m^3$$

$$N \cdot N \cdot N = N^3$$

$$kg \cdot \frac{m}{s^2} = \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

$$\frac{kg}{m^3} \cdot m^3 = kg$$

$$1 \cdot \frac{km}{h} = \frac{1000 \cdot m}{3600 \cdot s} = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{m}{s}$$

→ Na multiplicação utilizaremos tanto  $\cdot$  como  $\times$  e na divisão usaremos  $/$ ,  $-$  e  $\div$ .

↳ MASSA

→ Tudo o que os físicos sabem medir é tempo e deslocamento

→ Qualquer unidade de medida é apenas uma comparação

→ A massa pode ser medida, por exemplo, colocando o corpo em uma mola e medindo o tempo

→ Unidade de medida no Sistema Internacional

● kg (quilograma) – tudo minúsculo

↳ FORÇA

→ Podemos medir uma força como função do quanto se comprime uma mola quando nela é aplicada a força que se quer medir

→ A unidade de medida é em homenagem à Isaac Newton

→ Como regra, quando uma unidade é em homenagem a alguém, escreve-se sua abreviação em letra maiúscula

→ Quando escrito por extenso sempre será com letra minúscula

→ Unidade de medida no Sistema Internacional

● N (newton)

↳ ÁREA

→ É uma unidade de medida derivada do comprimento

→ No S.I. a unidade de medida do comprimento é o metro

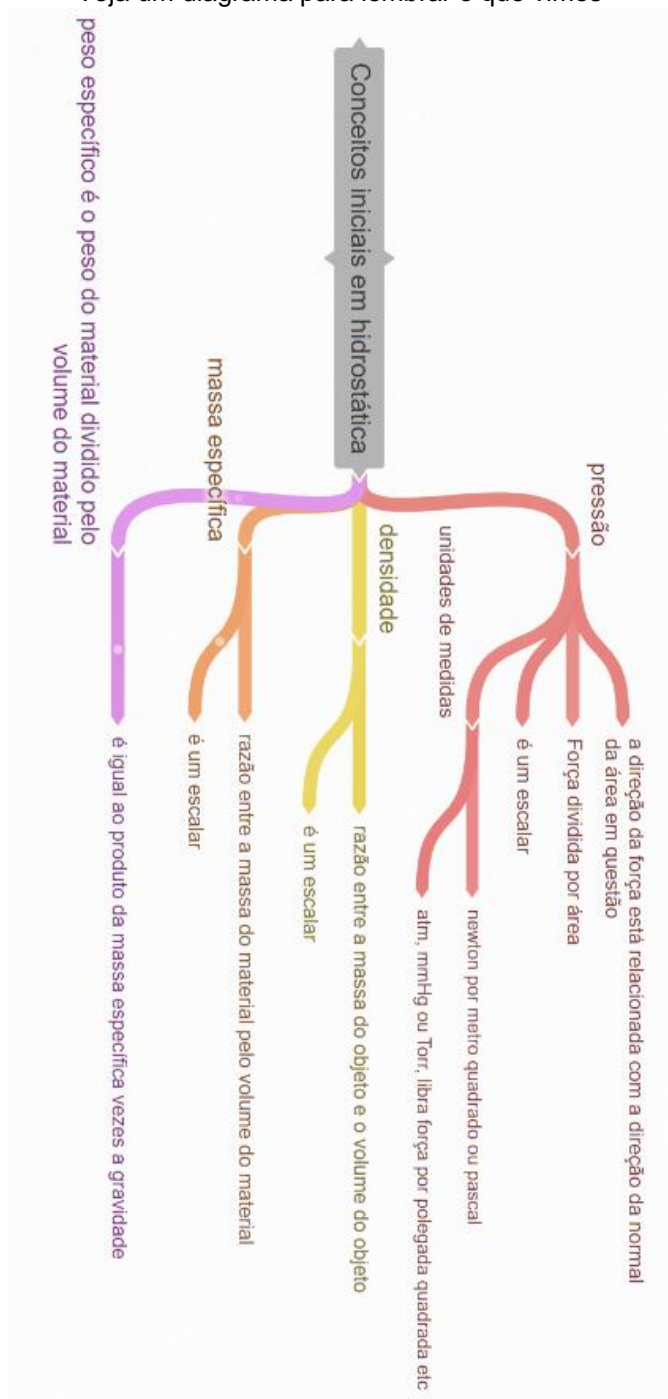
● Portanto para a área a unidade no S.I. é o  $m^2$

↳ VOLUME



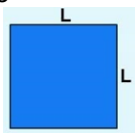
- É mais uma unidade de medida derivada do comprimento
- No S.I. a unidade de medida é o  $m^3$

Veja um diagrama para lembrar o que vimos



## 6. FÓRMULAS DE ÁREA

↳ Quadrado



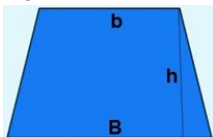
$$A = L^2$$

↳ Retângulo



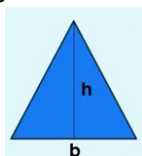
$$A = b \cdot h$$

↳ Trapézio



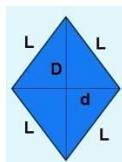
$$A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

↳ Triângulo



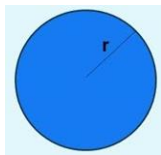
$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

↳ Losango



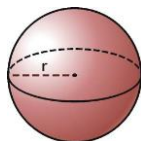
$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

↳ Círculo



$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

↳ Esfera



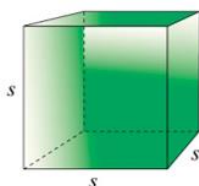
$$A = 4\pi r^2$$

↳ Com relação às fórmulas de áreas, as principais (você **precisa** decorar) são:



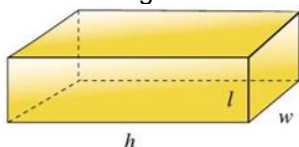
## 7. FÓRMULAS DE VOLUMES

↳ Quadrado



$$V = s^3$$

↳ Prisma Retangular

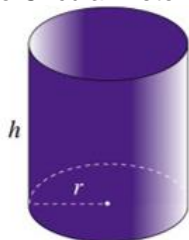


$$V = A \cdot l = h \cdot w \cdot l$$

sendo  $A$  a área da base

$$A = h \cdot w$$

↳ Cilindro Circular Reto

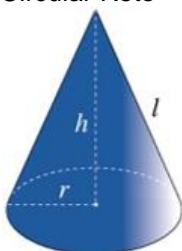


$$V = A \cdot h = \pi r^2 \cdot h$$

sendo  $A$  a área da base

$$A = \pi \cdot r^2$$

↳ Cone Circular Reto

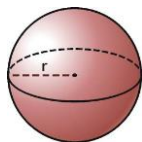


$$V = \frac{1}{3} \cdot A \cdot h = \frac{1}{3} \cdot \pi r^2 \cdot h$$

sendo  $A$  a área da base

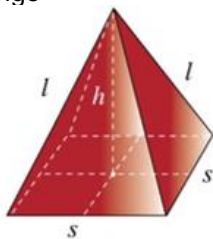
$$A = \pi \cdot r^2$$

↳ Esfera



$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

↳ Losango

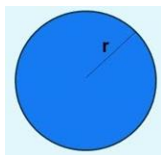


$$V = \frac{1}{3} \cdot A \cdot h = \frac{1}{3} \cdot \pi r^2 \cdot h$$

sendo  $A$  a área da base

$$A = \pi \cdot r^2$$

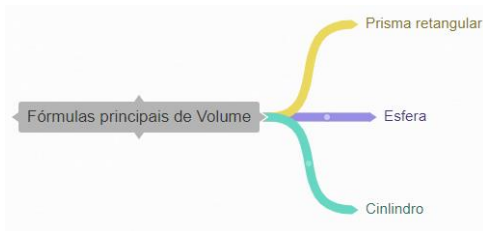
↳ Círculo



$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

↳ Lembre-se que no caso de um prisma de base qualquer, basta multiplicar a área da base pela altura para determinar o volume.

↳ Com relação às fórmulas de volumes, as principais (você **precisa** decorar) são:



## 8. EXERCÍCIOS SOBRE UNIDADES DE MEDIDAS

### 1) Seja a tabela de conversão de unidades

Factor	Nome	Símbolo	Factor	Nome	Símbolo
$10^1$	deca	da	$10^{-1}$	deci	d
$10^2$	hecto	h	$10^{-2}$	centi	c
$10^3$	kilo	k	$10^{-3}$	milli	m
$10^6$	mega	M	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^9$	giga	G	$10^{-9}$	nano	n
$10^{12}$	tera	T	$10^{-12}$	pico	p
$10^{15}$	peta	P	$10^{-15}$	femto	f
$10^{18}$	exa	E	$10^{-18}$	atto	a
$10^{21}$	zetta	Z	$10^{-21}$	zepto	z
$10^{24}$	yotta	Y	$10^{-24}$	yocto	y

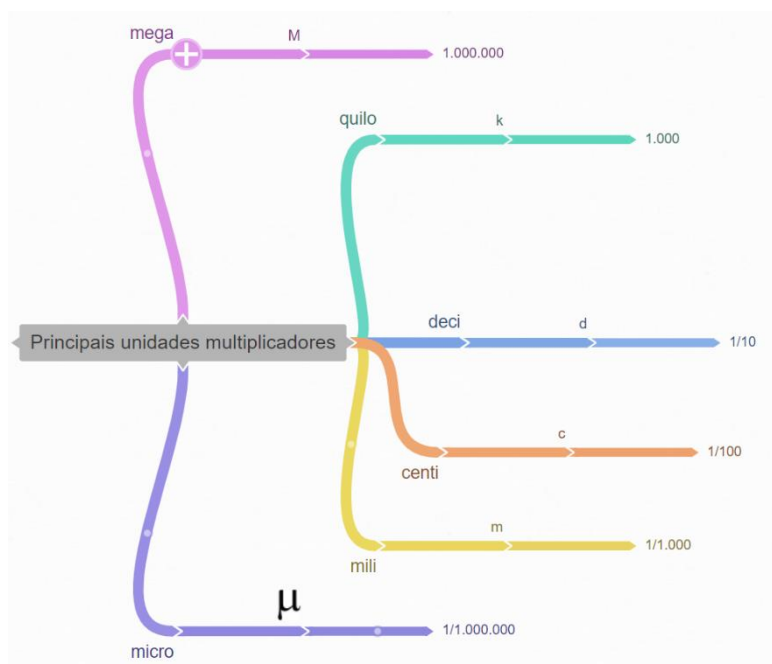
a) Monte uma tabela onde relaciona-se as unidades de medidas de metro com quilômetro, decímetro e centímetro.

b) Monte uma outra tabela onde relaciona-se as unidades de medidas de metro quadrado com quilômetro quadrado, decímetro quadrado e centímetro quadrado.

c) Monte mais uma tabela onde relaciona-se as unidades de medidas de metro cúbico com quilômetro cúbico, decímetro cúbico e centímetro cúbico.

d) Para treinar, converta 108 km/h para m/s sem usar a regra do 3,6.

### UNIDADES DE MEDIDAS PRINCIPAIS



2) Seja a tabela a seguir de unidades de medidas no Sistema Internacional de unidades, ou simplesmente S.I.

Grandeza de base	Unidade de base	
Nome	Nome	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampere	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de substância	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Deduza as unidades de medidas da massa específica, do peso específico e da pressão utilizando as grandezas de base.

Lembre-se que  $W = m \cdot g$  e que a aceleração da gravidade  $g$  tem unidades de  $m/s^2$ . **Resposta:**  $kg/m^3$ ,  $kg/(m^2s^2)$ ,  $kg/(ms^2)$ .

### GRANDEZAS DERIVADAS

↳ Às vezes renomeamos algumas grandezas

→ Força

$$[F] = [m] \cdot [a] = kg \cdot \frac{m}{s^2} = N \quad (\text{newton})$$

→ Pressão

$$[p] = \frac{[F]}{[A]} = \frac{N}{m^2} = Pa \quad (\text{pascal})$$

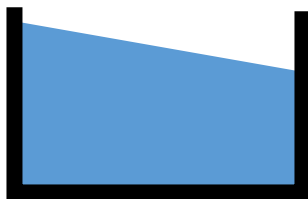
No SisQ, sugiro que façam os exercícios de 1 à 13 da lista "Hidrostática: princípio de Stevin e Pascal".

## 9. LÍQUIDOS EM EQUILÍBRIO ESTÁTICO

↳ Na superfície da Terra, na situação em que os líquidos estejam em repouso ou com velocidade constante (referencial inercial) um líquido não viscoso está em equilíbrio estático (parado) se a superfície do líquido, em contato com a atmosfera, formar uma superfície plana e horizontal.



a) Líquido em equilíbrio estável



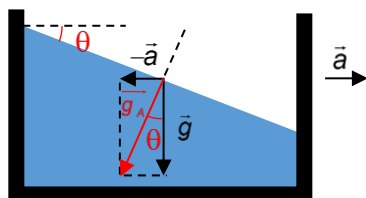
b) Líquido em equilíbrio instável

↳ Caso o líquido esteja em um referencial acelerado temos que considerar a direção da gravidade aparente sobre o líquido.

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{a}{g}$$

e

$$g_A = \sqrt{a^2 + g^2}$$

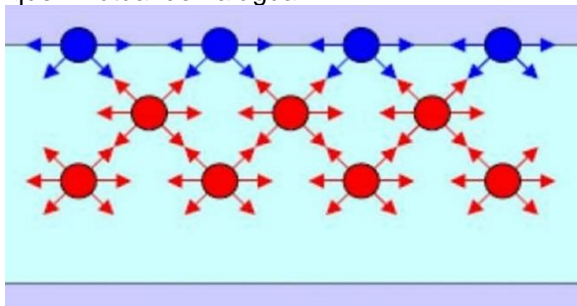


No SisQ, sugiro que façam os exercícios de 1 à 3 da lista “**Hidrodinâmica**”.

Note que estamos adiantando três exercícios de uma lista futura, pois ainda falta um bom tempo para começarmos a estudar este novo assunto: Hidrodinâmica

## 10. TENSÃO SUPERFICIAL

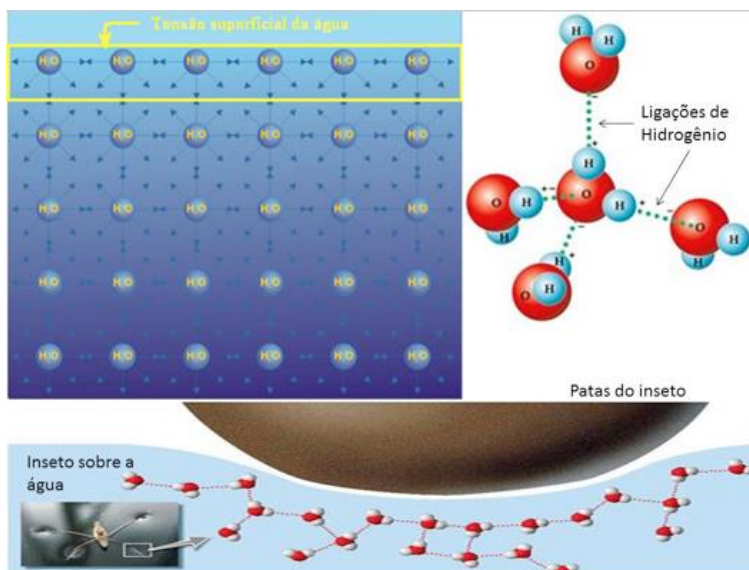
↳ Devido às forças intermoleculares cada molécula de água é “puxada” em todas as direções. Na interface (seja entre água e ar ou água e outro meio) as forças intermoleculares agem como de fossem uma membrana, permitindo que objetos com densidades maiores que a da água fiquem flutuando na água.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/tensao-superficial-agua/>



Fonte: <https://lumateck.weebly.com/tensao-superficial.html>



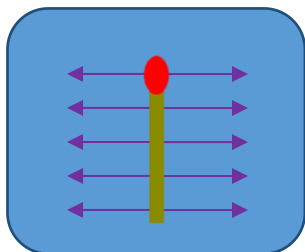
Fonte: <https://www.nanocell.org.br/tensao-superficial-da-agua-como-os-insetos-andam-por-sobre-a-agua/>



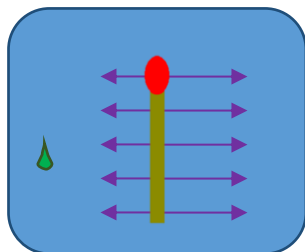
↳ Devido às forças intermoleculares, dizemos que na superfície da água existe uma tensão superficial. Existem substâncias capazes de diminuir a tensão superficial da água que são conhecidas como surfactantes. Para visualizar isso, faça o seguinte experimento em casa:

→ Coloque um palito de fósforo boiando na superfície da água e pingue uma gota de detergente próximo a um dos lados dele.

↳ O que ocorre é uma redução da tensão superficial da água do lado onde o detergente caiu resultando numa maior tensão do outro lado do palito puxando-o para o lado oposto ao lado onde se colocou o detergente.



a) Palito de fósforo boiando na água



b) Uma gota de detergente é colocada à esquerda do palito e com isso o palito é puxado para a direita

## 11. FORÇAS E PRESSÕES EM FLUÍDOS

↳ Podemos nos fazer inúmeras questões, como:

- Pressão é mesmo um escalar?
- Como medimos a pressão?
- Como obter o sentido da força a partir da pressão?
- A área tem alguma coisa a ver com o sentido da força?

↳ Vamos tentar responder à estas perguntas. Primeiramente, pressão é sim um escalar e para medir a pressão necessitaremos de um instrumento de medida:

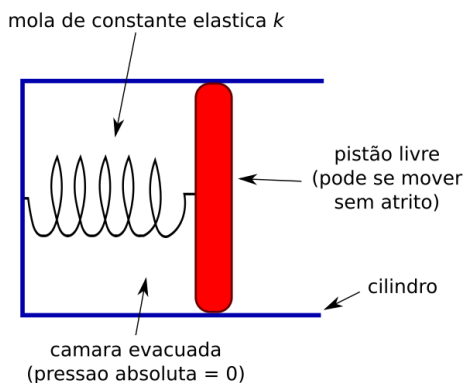
- Barômetro
  - Mede pressão atmosférica
- Manômetro
  - Podem medir a pressão absoluta ou a relativa

$$p_{\text{relativa}} = p_{\text{absoluta}} - p_{\text{atmosférica}}$$

↳ Já parou para pensar que um pneu de um carro, quando vazio, na verdade não está vazio, mas sim com gás à uma pressão de uma atmosfera (igual à pressão atmosférica), caso contrário teríamos a existência de vácuo no pneu.

↳ Basicamente vamos trabalhar apenas com a pressão absoluta e quando quisermos a pressão relativa vamos dizer “a diferença entre a pressão  $p$  e a pressão atmosférica”.

↳ Vamos imaginar uma forma de medir a pressão absoluta de um gás ou mesmo de um líquido: podemos montar uma câmara de vácuo em um cilindro fechado em uma extremidade e aberto na outra, onde se encontra um êmbolo que pode mover-se livremente, mas que é preso por uma mola que liga o êmbolo à extremidade fechada do cilindro. Veja abaixo um esquema sobre esse nosso manômetro de pressão absoluta:



Manômetro fictício

↳ Se colocarmos este nosso manômetro em uma região onde há um gás com pressão desconhecida (queremos medir seu valor), o gás causará uma força empurrando o êmbolo. Suponha que a área do cilindro seja  $A$  e a força que o gás faz seja  $F$ , então podemos relacionar estas grandezas da seguinte forma:

$$p = \frac{F}{A}.$$

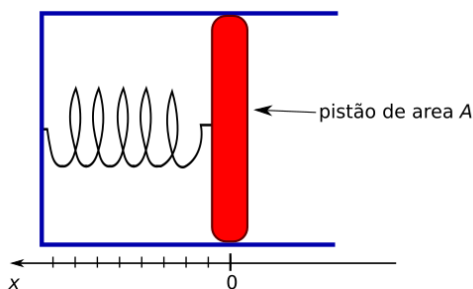
↳ Note que se o êmbolo ficar em repouso durante nosso experimento (após a compressão da mola) então a força que a mola faz será igual à força que o gás faz. No ano passado você viu que a força elástica se relaciona com a compressão  $x$  da mola pela fórmula abaixo:

$$F_{elá} = k \cdot x.$$

↳ Portanto, podemos reescrever a equação anterior:

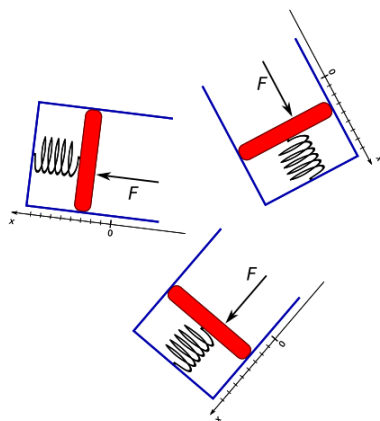
$$p = \frac{k \cdot x}{A}.$$

↳ Vamos voltar ao nosso manômetro colocando uma escala ao lado dele para assim podermos medir o quanto a mola foi comprimida.



↳ Colocamos uma graduação para determinarmos de quanto a mola foi comprimida

↳ Por fim, vamos criar vários deste manômetro e colocá-los imerso em um gás com pressão constante.



↳ Quando usamos manômetros em um gás com pressão constante a compressão da mola será a mesma independente da orientação do manômetro (note que o peso do êmbolo deve ser desconsiderado)

↳ O que podemos concluir:

→ A pressão não depende da orientação do nosso manômetro, pois a força elástica e a força do gás serão sempre iguais;

→ Percebemos que a força que o gás faz é sempre perpendicular à superfície do êmbolo.

↳ Esta última conclusão é a chave do nosso problema: a pressão é sempre normal à superfície que está sofrendo a ação da força produzida pelo gás.

↳ Vamos resumir algumas propriedades dos fluidos em repouso (estáticos) em relação a um referencial inercial, isto é, não podem estar acelerados.

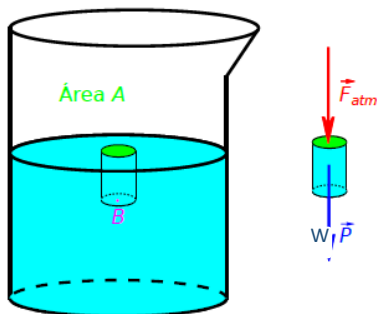
As forças que um fluido faz sobre a superfície de um corpo com o qual esteja em contato são sempre perpendiculares à superfície.

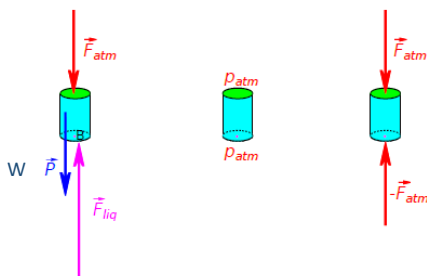
A pressão num ponto de um fluido em equilíbrio estático é um valor que depende unicamente do ponto escolhido e não da orientação da força que o gás realiza, por exemplo, na superfície que usamos para obtermos informações sobre a pressão no gás

Em um fluido em equilíbrio todos os pontos em um mesmo nível terão uma mesma pressão

↳ Este último caso será extensivamente estudado no futuro e o conjunto de pontos com a mesma pressão será chamado de superfície isobárica.

## 12. STEVIN





↳ Condição de equilíbrio: IGUALANDO FORÇAS

$$F_{atm} + W = F_{liq} + F_{atm} \Rightarrow W = F_{liq} \Rightarrow$$

$$F_{liq} = W \Rightarrow E = m \cdot g$$

↳ Igualando as pressões:

$$p_{peso} = p_{líquido} \Rightarrow \frac{W}{A} = p_{líquido} \Rightarrow$$

$$p_{líquido} = \frac{m \cdot g}{A}.$$

↳ Note que a massa é a densidade vezes o volume e o volume é a área da base vezes a altura:

$$\begin{cases} m = d \cdot V \\ V = A \cdot h \end{cases} \Rightarrow m = d \cdot A \cdot h.$$

↳ Com isso temos a pressão do líquido:

$$p_{líquido} = \frac{d \cdot A \cdot h \cdot g}{A} \Rightarrow \boxed{p_{líquido} = d \cdot g \cdot h}.$$

a) TEOREMA DE STEVIN

$$\boxed{p_{líquido} = d \cdot g \cdot h}$$

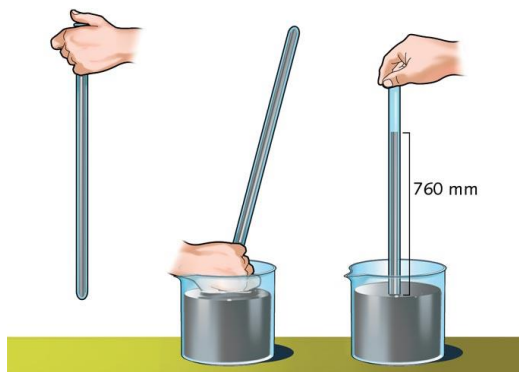
↳ Pressão é um escalar, portanto a pressão em um determinado ponto é a soma da pressão do líquido mais a pressão atmosférica local:

$$\boxed{p = p_{atm} + p_{líquido}}$$

b) ISOBÁRICA

**A uma mesma profundidade a pressão hidrostática é a mesma.**

### c) EXPERIMENTO DE TORRICELLI



↳ O experimento de Torricelli serve para medir a pressão atmosférica. Ele usa o mmHg como unidade de medida, sendo  $1 \text{ mmHg} = 1 \text{ Torr}$  (ou torricelli) uma homenagem a ele.

↳ Em aula veremos como Torricelli mediu a pressão atmosférica além de aproveitarmos para fazer alguns exercícios.

#### d) “Revisando” Gases Ideais

$$pV = nRT$$

↳ Sendo

$P$  : pressão

$V$  : volume



$n$  : número de moles

$T$  : temperatura

↳ Se o gás é o mesmo:

$$\frac{p_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{p_f \cdot V_f}{T_f}$$

↳ Quando você estiver resolvendo exercícios envolvendo pressão, temperatura e volume de gases, é nas duas relações acima que você deverá se apoiar. Por outro lado, não se preocupe com esses assuntos em provas, pois assuntos não dados não podem ser cobrados em provas.

↳ Saiba, por lado, que você terá que estudar estes assuntos no futuro, portanto não será perdido se esforçar agora: te garantirá mais facilidade no futuro acredite.

Na apostila (SisQ), na lista “Hidrostática – Princípio de Pascal e Stevin”, façam os exercícios 14 ao 20.

### 13. VASOS COMUNICANTES

↳ É uma aplicação do Teorema de Stevin em conjunto com a isobárica.

Na apostila (SisQ), na lista “Hidrostática – Princípio de Pascal e Stevin”, façam os exercícios 21 ao 28.