

TEMA 4: PRESSIÓ I DENSITAT

PRESSIÓ

Quan una força actua sobre un cos que es pot deformar, l'efecte que produeix depèn de la intensitat de la força i de la superfície sobre la qual actua. Una persona amb botes s'enfonsa més en la neu que si porta esquís. La relació entre força i superfície du a la idea de pressió. Si algú ens trepitja el peu amb el seu tacó, no és el mateix que ho faça amb un tacó d'agulla que amb un tacó normal. El pes de la persona es concentra al cas del tacó d'agulla, en un espai molt reduït.

Quan clavem un clau exercim una força que es concentra en un punt molt menut, i entra en la fusta amb facilitat. Si colpegem amb el martell una superfície més gran (p.ex. sobre una planxa de ferro, la força es reparteix i la planxa no es pot clavar a la fusta.

És a dir, no és el mateix exercir una força sobre una superfície menuda que fer-ho sobre una més gran.

La pressió (de símbol p), en física és la mesura de la força per unitat de superfície. Per calcular la pressió, s'ha de dividir el valor de la força pel valor de la superfície sobre la qual actua:

$$P = \frac{F}{S}$$

Si es tracta d'un cos que es troba recolzat sobre una superfície horitzontal, la força exercida és el seu propi pes.

Al **SI**, la unitat de mesura de la força és el newton (N) i la de superfície és el metre quadrat (m^2); per tant, la pressió es mesura en newton per metre quadrat (N/m^2). Aquesta unitat rep el nom de **pascal** (Pa). ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/m^2$).

Al **Sistema Tècnic** la unitat es basa en els kiloponds com a unitat de força i al cm^2 com a unitat de superfície. La unitat és l'**atmosfera tècnica**. ($1 \text{ At} = 1 \text{ Kp}/cm^2$). La relació entre les dues és la següent: **1 At = 98.000 Pa**. Cal no confondre l'atmosfera tècnica (At) amb l'atmosfera normal (Atm), mesura de la pressió atmosfèrica. Altra unitat és el bar (o bària) i equival a 100.000 Pa. O el PSI.

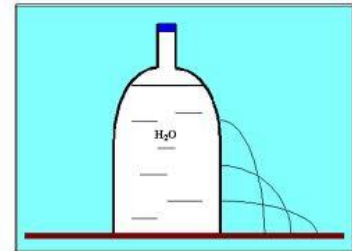
Unitats de Pressió							
	pascal (Pa)	bar	mil·libar (mbar)	atmosfera tècnica (at)	atmosfera (atm)	torricelli (Torr)	lliura per polzada quadrada (psi)
1 Pa	$\equiv 1 \text{ N}/m^2$	10^{-5}	10^{-2}	$1,0197 \times 10^{-5}$	$9,8692 \times 10^{-6}$	$7,5006 \times 10^{-3}$	$145,04 \times 10^{-6}$
1 bar	100.000	$\equiv 10^6 \text{ dyn}/cm^2$	10^3	1,0197	0,98692	750,06	$14,503774$
1 mbar	100	10^{-3}	$\equiv \text{hPa}$	0,0010197	$0,00098692$	0,75006	$0,0145037744$
1 at	98.066,5	0,980665	980,665	$\equiv 1 \text{ kgf}/cm^2$	0,96784	735,56	14,223
1 atm	101325	1,01325	1.013,25	1,0332	$\equiv 1 \text{ atm}$	760	14,696
1 torr	133,322	$1,3332 \times 10^{-3}$	1,3332	$1,3595 \times 10^{-3}$	$1,3158 \times 10^{-3}$	$\equiv 1 \text{ Torr}; \approx \text{mm Hg}$	$19,337 \times 10^{-3}$
1 psi	$6,894 \times 10^3$	$68,948 \times 10^{-3}$	68,948	$70,307 \times 10^{-3}$	$68,046 \times 10^{-3}$	51,715	$\equiv 1 \text{ lbf}/in^2$

PRESSIÓ HIDROSTÀTICA

Els sòlids concentren la seua pressió sobre la superfície de contacte, donat que parlem de la pressió exercida pel seu pes.

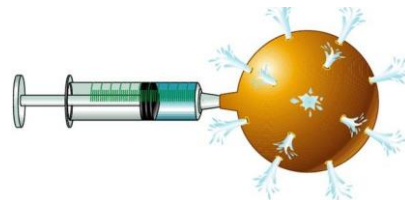
Els líquids i els gasos també exerceixen pressió. A diferència dels sòlids, ho fan sobre totes les parets del recipient que els conté. A més, la pressió que exerceixen els líquids i els gasos augmenta amb la profunditat, i és directament proporcional a la seua densitat.

Com es veu a la figura, la pressió del líquid no sols es concentra en el fons del recipient, per efecte de la gravetat. El líquid que ix per els forats de les parets ho fa impulsat per la pressió, tot i que ho faça en direcció perpendicular. I, a més, ix més ràpidament des dels forats inferiors, donat que quan més al fons del recipient, més pressió. És la raó per la qual els murs dels embassaments són més gruixuts al fons que a la part de dalt.



Una característica molt important de la pressió hidrostàtica és el **Principi de Pascal**.

Aquest diu que la pressió exercida sobre qualsevol punt d'un fluid es transmet immediatament sobre tots els punts del fluid sense perdre intensitat. Per tant, en un fluid la pressió és multidireccional. Un bussejador pateix la mateixa pressió a la seua esquena que al seu pit.



Per calcular la pressió que exerceix un líquid o un gas, s'ha de multiplicar la seua densitat per la profunditat i per l'acceleració de la gravetat:

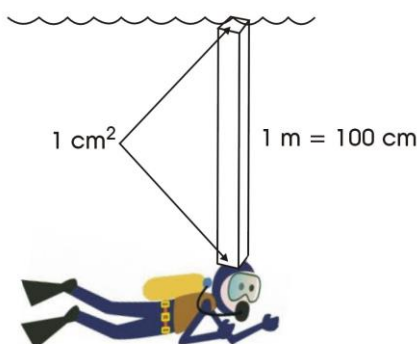
$p = \text{densitat} \cdot \text{acceleració de la gravetat} \cdot \text{profunditat}$

$$p = d g h \quad p = \frac{F}{s} = \frac{m \cdot a}{s} = \frac{d \cdot v \cdot g}{s} = \frac{d \cdot s \cdot h \cdot g}{s} = d \cdot h \cdot g$$

Si la densitat la mesurem en Kg/m^3 , l'altura en metres i l'acceleració en m/s^2 , el resultat de la pressió hidrostàtica serà en pascals (totes són unitats del SI).

Per a calcular la pressió hidrostàtica en at podem calcular simplement el pes de la columna de líquid que hi ha sobre 1 cm^2 de superfície, donat que, independentment de la superfície del cos que està patint la pressió, aquesta es dona per unitat de superfície.

Si calculem la pressió hidrostàtica amb la fórmula:



$$p = d g h$$

$$p = 1000 \cdot 9,8 \cdot 1 = 9.800 \text{ pa} \quad 9.800 \text{ pa} = 0,1 \text{ at}$$

(considerem la densitat de l'aigua com $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

Però si ho fem calculant el pes de la columna d'aigua:

$$\text{Volum de la columna } 1 \times 1 \times 100 = 100 \text{ cm}^3 \quad 100 \text{ cm}^3 = 0,1 \text{ Kg}$$

$$P = 0,1 \text{ Kg} / \text{cm}^2 = 0,1 \text{ at}$$

(considerem la densitat de l'aigua com $1 \text{ g}/\text{cm}^3$)

PRESSIÓ ATMOSFÈRICA

La Terra està envoltada d'una capa d'aire anomenada atmosfera, que té centenars de quilòmetres d'altura. Hi ha, doncs, una gran quantitat d'aire damunt la Terra (es consideren uns 400 km d'aire sobre nosaltres) capaç d'exercir una gran pressió. Aquesta pressió s'anomena pressió atmosfèrica.

La pressió atmosfèrica es mesura, com totes les pressions, en pascals (Pa). Però, habitualment, s'expressa en hectopascals (hPa) o mil·libars. L'atmosfera estàndard (atm) que s'utilitza per a mesurar la pressió atmosfèrica no és la mateixa que la tècnica, ha estat desplaçada i ja no pertany al SI. Equival a 101.325 Pa o a 1,03 At.

La **pressió atmosfèrica** és la que exerceix l'atmosfera sobre la superfície terrestre i sobre tots els éssers que hi viuen, és a dir, el pes que exerceix l'aire sobre una superfície. La pressió atmosfèrica afecta a totes les superfícies que estan en contacte amb l'aire, independentment de la seva posició. Els éssers humans no notem la pressió atmosfèrica perquè la nostra pressió interna és gairebé igual que l'exterior.

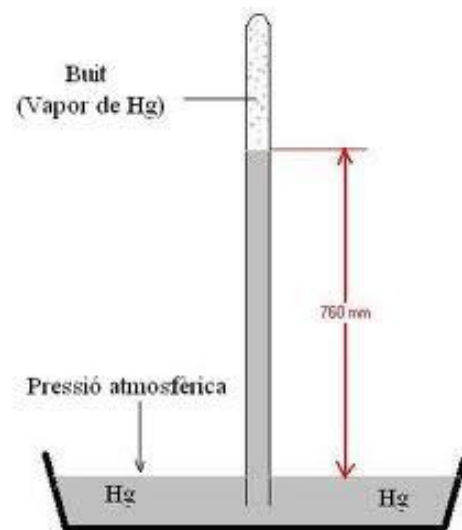
Podem mesurar la pressió atmosfèrica amb un baròmetre. Aquests aparells mesuren la pressió en mil·límetres de mercuri (mmHg), o en mil·libars (Mb). La pressió normal al nivell del mar equival a 760 mmHg o 1013 Mb.

Per què en mil·límetres de mercuri?

Evangelista Torricelli (1608-1647) va ser el primer (en 1643) que va aconseguir mesurar la pressió atmosfèrica per mitjà d'un curiós experiment.

Torricelli va omplir de mercuri un tub d'1 m de llarg, (tancat per un dels extrems) i el va invertir sobre un cubeta plena de mercuri. Sorprenentment la columna de mercuri va baixar diversos centímetres, romanent estàtica a uns 76 cm (760 mm) d'altura.

Torricelli va raonar que la columna de mercuri no queia pel fet que la pressió atmosfèrica exercida sobre la superfície del mercuri (i transmesa a tot el líquid i en totes direccions) era capaç d'equilibrar la pressió exercida pel seu pes.



Es pot calcular quina és la pressió exercida per la columna de mercuri, i serà igual a la exercida per l'aire que tenim damunt (a nivell del mar). Densitat del mercuri 13600 kg/m³

$$p = d g h \quad p = 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,76 = 101300 \text{ pa} = 1013 \text{ Hpa}$$

$$1013 \text{ Hpa} = 1013 \text{ mbar} = 1 \text{ atmosfera física}$$

$$1 \text{ atmosfera física} = 1,033 \text{ atmosfera tècnica}$$

Un augment de la pressió atmosfèrica per sobre de la normal, indica la presència d'un anticicló, una disminució ens indicarà una depressió. Es fan mapes de pressió atmosfèrica, on es marquen les línies isòbares (amb igual pressió atmosfèrica), que ajuden als meteoròlegs a fer prediccions meteorològiques.

DENSITAT

La densitat és una magnitud referida a la quantitat de massa present en una unitat de volum. La seua fórmula és:

$$\text{Densitat} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volum}}$$

És a dir, un mateix volum (p.ex. un litre o dm³) pot tindre més o menys massa depenent del material del qual estem parlant. Un litre de fusta té menys massa que un litre d'aigua, i aquest té menys massa que un litre de ferro.

Cal no confondre "massa" amb "pes". Tot i que nosaltres les utilitzem d'igual manera a nivell col·loquial, el pes és l'efecte de la gravetat sobre la massa, de manera que la mateixa massa no pesa el mateix en la Terra, en la Lluna o en Júpiter. La massa es mesura en Kg i el pes, per ser una força, en Kp o en N.

La densitat es mesura en unitats del Sistema Internacional en Kg/m³. Nosaltres farem servir els Kg/litre, o els g/cm³, equivalent a l'anterior.

Així, l'aigua té una densitat de 1000 Kg/m³ al SI, o d'1 Kg/litre o d'1 g/cm³ a nivell més general.

La fusta té una densitat aproximada de 0,8 Kg/litre i el ferro de 7,87 Kg/litre.

Relacionant la densitat de l'aigua amb la d'un altre material podem veure com, si un material té menys densitat que l'aigua, flota en aquesta i, si en té més, s'enfonsa.

TEOREMA D'ARQUIMEDES

Diu: **"Tot cos submergit en un fluid experimenta una força cap amunt equivalent al pes del volum desallotjat"**.

Conten que Arquimedes, mentre prenia un bany pensava en la solució a un problema amb una corona d'or, de la qual un rei li demanava que demostrara si era d'or pur. La inspiració li va venir al veure com l'aigua de la banyera pujava i ell pesava menys. D'ací allò d'Eureka!

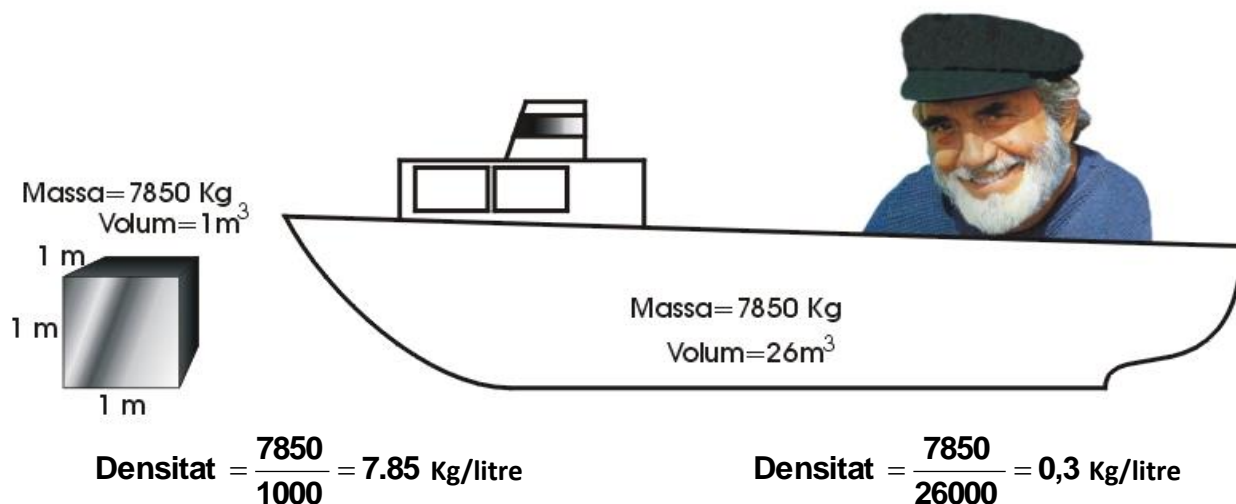
I què significa el teorema? Suposem que el fluid és aigua (podria ser oli, gasolina, aigua salada, gas, etc).

- Si pose un baló de plàstic ple d'aire sobre l'aigua, flota. Si intente enfonsar-lo em costa. Per què? Suposem que el baló té un volum d'1 litre. Quan està dins l'aigua ocupa el volum que abans ocupava 1 litre d'aigua, que pesa 1 Kg. Doncs la força que experimente cap amunt és equivalent a 1 Kg (menys el poc pes del baló).
- Ara imaginem que és una bola de fusta amb el mateix volum que el baló. Com la densitat de la fusta és de 0,8 Kg/litre, la bola pesa 800 g. i flota. I si ocupa dins l'aigua el volum que abans ocupava 1 litre d'aigua, (que pesa 1 Kg.), experimentaré cap amunt una força equivalent a 1 Kg menys el pes de la fusta (800 g), és a dir 1000-800= 200 g.
- Si la bola és de ferro, com pesa 7,87 Kg. (té més densitat que l'aigua) s'enfonsarà, però si l'agafe amb les mans notaré que pesa menys que fora de l'aigua. Per què? Com ocupa el volum que abans ocupava 1 litre d'aigua, que pesa 1 Kg., la bola de ferro pesarà 7,87-1= 6,87 Kg quan està dins l'aigua.

I per què flota un vaixell, si pesa tant?

La densitat d'un vaixell no és la del metall amb el que està construït, sinó la relació entre el pes de tots els materials i el volum que ocupen, inclòs l'aire que té dins. Com que l'aire és molt, el volum és molt gran, i la densitat molt petita, i flota.

Imaginem un vaixell d'acer que pesa (o té una massa de) 7850 Kg. La densitat de l'acer és de 7850 Kg/m³ (o 7,85 Kg/litre).



El m³ d'acer s'enfonsaria. Té una densitat molt superior a la de l'aigua.

El vaixell reparteix els 7.850 Kg entre 26.000 litres (o 26 m³) de volum, donat que està ple d'aire. Ara la seua densitat és menor que la de l'aigua, i flota.

Densidad (Kg/l)	Elemento	Símbolo	Densidad (Kg/l)	Elemento	Símbolo	Densidad (Kg/l)	Elemento	Símbolo
0.09	Hidrógeno	H	4.54	Titanio	Ti	10.07	Actinio	Ac
0.18	Helio	He	4.79	Selenio	Se	10.22	Molibdeno	Mo
0.53	Litio	Li	4.93	Iodo	I	10.5	Plata	Ag
0.86	Potasio	K	5.5	Radio	Ra	11.35	Plomo	Pb
0.9	Neón	Ne	5.72	Arsénico	As	11.5	Tecnecio	Tc
0.97	Sodio	Na	5.9	Xenón	Xe	11.72	Torio	Th
1.25	Nitrógeno	N	6.11	Vanadio	V	11.85	Talio	Tl
1.43	Oxígeno	O	6.15	Lantano	La	12.02	Paladio	Pd
1.55	Calcio	Ca	6.24	Teluro	Te	12.37	Rutenio	Ru
1.63	Rubidio	Rb	6.51	Zirconio	Zr	12.41	Rodio	Rh
1.7	Fluor	F	6.68	Antimonio	Sb	13.31	Hafnio	Hf
1.74	Magnesio	Mg	6.77	Cerio	Ce	13.5	Curio	Cm
1.78	Argón	Ar	7.13	Zinc	Zn	13.55	Mercurio	Hg
1.82	Fósforo	P	7.19	Cromo	Cr	13.67	Americio	Am
1.85	Berilio	Be	7.31	Indio	In	14.78	Berkelio	Bk

1.87	Cesio	Cs	7.31	Estaño	Sn	15.4	Protactinio	Pa
2.07	Azufre	S	7.43	Manganeso	Mn	16.65	Tantalio	Ta
2.26	Carbono	C	7.87	Hierro	Fe	18.95	Uranio	U
2.33	Sílice	Si	8.65	Cadmio	Cd	19.32	Oro	Au
2.34	Boro	B	8.8	Holmio	Ho	19.35	Wolframio	W
2.54	Estroncio	Sr	8.9	Cobalto	Co	19.84	Plutonio	Pu
2.7	Aluminio	Al	8.9	Níquel	Ni	20.2	Neptunio	Np
3.12	Bromo	Br	8.96	Cobre	Cu	21.04	Renio	Re
3.21	Cloro	Cl	9.3	Polonio	Po	21.45	Platino	Pt
3.59	Bario	Ba	9.73	Radón	Rn	22.4	Iridio	Ir
3.75	Kriptón	Kr	9.75	Bismuto	Bi	22.6	Osmio	Os