

Vaixells enfonsats

- Quin equip es necessita per veure aquest vaixell enfonsat? Fes una proposta del material que creus que seria imprescindible.
S'espera que els alumnes coneguin part de l'equip necessari per al busseig: equip lleuger (aletes, visor, i tub respirador) i equip autònom (ampolla, armilla hidrostàtica, regulador amb profundímetre i manòmetre, i llast)

Activitat: Sota pressió

Les magnituds que poden variar són:

- La posició del manòmetre
- La quantitat de líquid
- La densitat del líquid
- La gravetat
- L'atmosfera
- La forma del recipient

De què depèn la pressió dins del líquid?

1. Amb el tanc ple d'aigua, mesureu la pressió a diferents profunditats A, B i C, com mostra la figura. Ordeneu-les de menor a major pressió:
 $P_A < P_B < P_C$
2. Fixeu-vos en les figures següents. Els tres marcadors indiquen punts situats a 1 m de profunditat, respecte la superfície del líquid. Measureu la pressió en els tres punts.
Què observeu? *Les pressions són iguals en els tres casos.*
La quantitat d'aigua que hi ha en el recipient afecta la pressió mesurada en un punt?
No afecta. La quantitat de líquid en els diferents recipients és diferent però la pressió mesurada a igual profunditat és la mateixa.
La forma del recipient afecta la pressió dins del líquid? *No afecta.*
3. Situeu el manòmetre a una certa profunditat i canvieu de líquid, modificant la densitat. La densitat del líquid influeix en la pressió mesurada? Com?
La densitat del líquid influeix en la pressió que mesurem; quan la densitat del líquid augmenta la pressió en un punt també augmenta.
4. Situeu el manòmetre a una certa profunditat i modifiqueu el valor de la gravetat. La gravetat a la superfície de la Terra val $9,8 \text{ m/s}^2$, però té valors diferents en altres planetes. El valor de la gravetat faria variar la pressió mesurada? Com?
El valor de la gravetat fa variar la pressió mesurada. Com més gran és el seu valor més gran és la pressió.

Segons les vostres observacions, de quins factors depèn la pressió dins del líquid? *De la profunditat, de la densitat del líquid i de la gravetat.*
I de quins no? *De la forma del recipient i de la quantitat de líquid.*

Anàlisi quantitativa de la pressió

5. Ompliu totalment el recipient amb aigua i assegureu-vos que la gravetat, g , és de $9,8 \text{ m/s}^2$. Realitzeu els tres experiments següents:

- I. Situeu el regle per mesurar la profunditat respecte la superfície lliure del líquid, h . Situeu el manòmetre a 1 m, 2 m i 3 m de profunditat i mesureu la pressió, P . Anoteu els valors a la taula següent (Recordeu $1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$).

$h(\text{m})$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
1	9,8	9800
2	19,6	19600
3	29,3	29300

$$\text{Densitat} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Gravetat} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

*Conclusió: Quan dupliquem la profunditat, la pressió **la pressió es duplica**.
Si la profunditat es triplica, la pressió **es triplica**.
La profunditat i la pressió són **directament proporcionals**.*

- II. Poseu l'indicador de pressió a 1m de profunditat. Mesureu la pressió amb els valors de la gravetat indicats i anoteu els resultats.

$g (\text{m/s}^2)$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
4,9	4,9	4900
9,8	9,8	9800
19,6	19,6	19600

$$\text{Profunditat} = 1\text{m}$$

$$\text{Densitat} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

*Conclusió: Quan la gravetat es duplica, **la pressió es duplica**.
Si la gravetat és la meitat, la pressió també.
La gravetat i la pressió són **directament proporcionals**.*

- III. Poseu l'indicador de pressió a 1 m de profunditat i la gravetat a $9,8 \text{ m/s}^2$. Mesureu la pressió amb els líquids de les densitats indicades i anoteu els resultats.

$d (\text{kg/m}^3)$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
700	6,8	6800
1000	9,8	9800
1400	13,7	13700

$$\text{Profunditat} = 1\text{m}$$

$$\text{Gravetat} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

*Conclusió: Quan el líquid té una densitat doble, la pressió es duplica.
La pressió i la densitat del líquid són directament proporcionals.*

6. En la taula següent es recullen algunes de les proves que acabeu de realitzar. Anoteu la pressió obtinguda expressada en Pascal.

d(kg/m ³)	g(m/s ²)	h(m)	P(Pa)
1000	9,8	1	9800
1000	9,8	2	19600
1000	4,9	1	4900
700	9,8	1	6800

Utilitzant les dades de la taula, busqueu una relació matemàtica que ens permeti calcular la pressió a partir de la profunditat (h), la densitat del líquid (d) i la gravetat (g). Escriviu-la.

$$P = d \cdot g \cdot h$$

7. Poseu a prova l'equació que heu deduït, calculant la pressió en noves situacions. Expressau el resultat també en kPa. Comproveu que els resultats predits són correctes fent les mesures corresponents.

d(kg/m ³)	g(m/s ²)	h(m)	P(Pa) calculada	P(kPa) calculada	P(kPa) mesurada
1000	9,8	3	29400	29,4	29,4
1025 (aigua de mar)	9,8	1	10045	10,0	10,0
1000	3,7 (gravetat a Mart)	1	3700	3,7	3,7

Hi ha diferències entre la pressió calculada i la mesurada? A què poden ser degudes?
No hi ha diferències. Si s'obtenen valors lleugerament diferents és perquè el punt en què col·loquem el manòmetre no està exactament a la profunditat indicada.

Segons l'anàlisi quantitativa que acabeu de realitzar, expliqueu com varia la pressió hidrostàtica amb la profunditat, la densitat del líquid i la gravetat:
La pressió hidrostàtica és directament proporcional a la profunditat, a la densitat i a la gravetat.

Com afecta la pressió atmosfèrica en la pressió dins del líquid?

8. Quin valor té la pressió atmosfèrica? 101,300 KPa

Quina relació hi ha entre la pressió hidrostàtica i la pressió total? La pressió total és la suma de la pressió hidrostàtica i la pressió atmosfèrica

La pressió que suporta el submarinista

- Per respirar a 45 m de profunditat, quina serà la pressió a la que ha de sortir l'aire de la bombona?

(Densitat aigua de mar = 1025 kg/m^3 , gravetat = $9,8 \text{ m/s}^2$, pressió atmosfèrica = $101,3 \text{ kPa}$)

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{atmosfèrica}} + P_{\text{hidrostàtica}} = P_{\text{atmosfèrica}} + d \cdot g \cdot h$$

$$P_{\text{Total}} = 101.300 + 1025 \cdot 9,8 \cdot 45 = 553.325 \text{ Pa} = 553,3 \text{ KPa}$$

- La pressió màxima que pot suportar el cos humà és de $8,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Fins a quina profunditat pot baixar un submarinista?

$$P_{\text{hidrostàtica}} = P_{\text{Total}} - P_{\text{atmosfèrica}} = 8,1 \cdot 10^5 - 101.300 = 708.700 \text{ Pa}$$

$$h = P_{\text{hidrostàtica}} / (g \cdot d) = 708700 / (1025 \cdot 9,8) = 70,5 \text{ m}$$

- Sabent que la densitat mitjana del nostre cos és de 933 kg/m^3 , proposa una explicació de quins cossos suren en l'aigua.

El nostre cos té una densitat mitjana més petita que la de l'aigua i per això surem.

- Quin element solen incorporar els submarinistes que volen baixar a més profunditat? Amb quin objectiu?

Els submarinistes han de portar llast per submergir-se amb més facilitat

- a. Quina pressió hi ha a 700 m de profunditat? (Densitat aigua de mar = 1025 kg/m^3 , gravetat = $9,8 \text{ m/s}^2$, pressió atmosfèrica = $101,3 \text{ kPa}$)

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{atmosfèrica}} + P_{\text{hidrostàtica}} = P_{\text{atmosfèrica}} + d \cdot g \cdot h$$

$$P_{\text{Total}} = 101.300 + 1025 \cdot 9,8 \cdot 700 = 7.132.800 \text{ Pa} = 7.132,8 \text{ KPa}$$

- b. Com és possible que el bus pugui respirar aire a 1 atmosfera si es troba a molta profunditat?

El bus respira aire a 1 atmosfera perquè l'escafandre rígid el protegeix d'aquesta pressió tant elevada.

- c. Quines particularitats us sembla que ha de tenir l'escafandre rígid?

L'escafandre rígid ha de cobrir tot el cos i ha de ser totalment estanc. Per altra banda ha de permetre els moviments del bus.

Salt estratosfèric

- Quines diferències creieu que hi haurà entre la pressió atmosfèrica a terra i a 30 km d'altitud?

La pressió atmosfèrica a 30 km d'altura serà més petita que a terra

- Observeu l'equip que porta Félix Baumgartner. A què s'assembla? Feu una llista de les particularitats que observeu i doneu una possible explicació del perquè són necessàries.

L'equip que porta Félix Baumgartner s'assembla a un vestit d'astronauta o vestit espacial que ha de permetre que la persona que el porti pugui moure's i respirar i a més l'ha de protegir dels canvis de pressió i temperatura i de les radiacions.

- El salt és espectacular, però anem a centrar-nos en l'ascensió. La càpsula utilitza un globus aerostàtic d'heli per enlairar-se. Com us sembla que varia la pressió atmosfèrica mentre va pujant? Feu la vostra predicció representant la gràfica altura-pressió (altitud a l'eix Y i pressió a l'eix X).
Mentre el globus va pujant la pressió disminuirà. (La gràfica hauria de ser compatible amb la predicció)

Activitat: Estudiant l'atmosfera

- Per què es necessita omplir el globus amb heli? Què succeiria si l'omplíssim amb aire?
Cal omplir el globus amb heli perquè pugui enlairar-se ja que és menys dens que l'aire. Si omplíssim el globus amb aire no pujaria.

- Tenint en compte que el globus de làtex és d'una gran elasticitat i que la pressió del gas contingut en el globus és semblant a la pressió atmosfèrica exterior, mentre el globus vagi pujant, quin efecte tindrà la variació de la pressió atmosfèrica amb l'altura en el volum del globus?

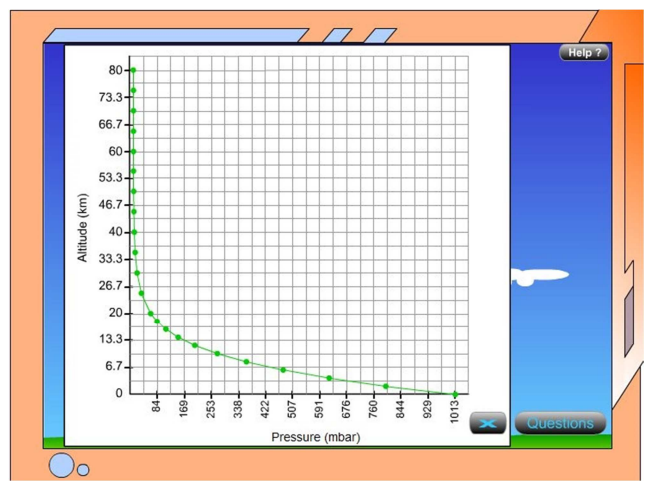
•

La disminució de la pressió farà que el globus vagi augmentant de volum.

- Creieu que el globus pot pujar indefinidament?

No pot pujar indefinidament perquè quan la pressió sigui molt petita el volum haurà de ser molt gran i el globus pot petar.

Una vegada fetes les mesures premeu "View data" i "Plot" i obtindreu la taula de valors i la



gràfica corresponent. Feu-ne una captura de pantalla.

1. S'assembla la gràfica obtinguda a partir de les mesures amb la que havíeu predit? Quines diferències hi ha? Hi ha algun resultat que no us esperéssiu?
És possible que la gràfica corresponent a la predicció fos una recta i en canvi la gràfica obtinguda no ho és.
2. La pressió atmosfèrica augmenta o disminueix amb l'altura?
La pressió atmosfèrica disminueix amb l'altura.
3. La pressió atmosfèrica disminueix proporcionalment a l'altura?
La disminució de la pressió no és proporcional a l'altura; quan es comença a pujar la pressió disminueix molt ràpidament i després varia més lentament.
4. D'acord amb les dades recollides, aproximadament a quina altura la pressió atmosfèrica és la meitat de la que hi ha a la superfície terrestre? A quina altura la pressió atmosfèrica només és un 10% de la que hi ha a la superfície terrestre?
Al voltant de 6km d'altura la pressió ha disminuït a la meitat de la que hi ha a la superfície terrestre, és a dir uns 507 mbar. Al voltant de 16 km d'altura la pressió ha disminuït a 101 mbar
5. La taula següent mostra com varien la temperatura i densitat de l'aire, i la gravetat amb l'altitud. Quin factor ens permet explicar perquè la pressió atmosfèrica disminueixi tan dràsticament amb l'altitud?

Capa de l'atmosfera	Altitud (km)	Temperatura (K)	Densitat (kg/m ³)	Gravetat (m/s ²)
Troposfera	0	288	1,2	9,80
	10	216	0,4	9,77
	15	216	0,2	9,75
Estratosfera	20	216	0,09	9,74
	35	235	gairebé nul·la	9,72
	50	270	gairebé nul·la	9,68

La pressió atmosfèrica disminueix tant ràpidament amb l'altura perquè la densitat de l'aire no és constant i disminueix també molt ràpidament amb l'altura.

6. Quina explicació podeu donar del fet que el globus peti a una altura per sobre dels 80km?
A aquesta altura la pressió és gairebé nul·la i per tant el gas contingut en el globus s'expandeix molt i fa que el globus peti.

Un gran salt

- Per què el vestit de Félix Baumgartner està pressuritzat des del cap fins als peus?
Per protegir-lo de la baixa pressió.
- Què li succeiria si el vestit no fos pressuritzat? Considereu que disposa d'una bombona d'oxigen per poder respirar.
Si el vestit no fos pressuritzat qualsevol cèl·lula del cos s'expandiria i rebentaria

Qüestions finals

1. La immersió aquàtica i el salt des de molta altura presenten similituds, quines hi veieu?
Hem de protegir el nostre cos de les pressions elevades i de les pressions molt baixes
2. Els avions comercials volen a uns 10 km d'altura. Com és que els passatgers poden respirar sense dificultat? Què passaria si es trenqués el vidre d'una finestra?
Els passatgers poden respirar sense dificultat perquè els avions estan pressuritzats. Si es trenqués el vidre d'una finestra la pressió a l'interior baixaria bruscament i s'activaria el subministrament d'oxigen mitjançant mascaretes.
3. Per què quan una banyera està molt plena costa molt de destapar?
Quan una banyera està molt plena costa molt de destapar perquè sobre el tap actua la pressió hidrostàtica a més de l'atmosfèrica.
4. En una pel·lícula d'acció, el vehicle dels protagonistes cau al mar. S'enfonsa ràpidament i hi queden atrapats. Com s'ho faran per poder sortir del vehicle?
Raoneu la resposta.
Cal que deixin entrar l'aigua a poc a poc a dins del vehicle fins aconseguir igualar les pressions als dos costats de la porta del vehicle per poder obrir-la.
5. Quan es busseja en el mar o en una piscina a vegades se sent un malestar a l'oïda, igualment passa quan es puja a un avió. Quina creieu que és la causa d'aquestes sensacions?
El nostre cos està normalment a la pressió atmosfèrica. Quan es busseja la pressió sobre l'oïda és més gran i en els avions, tot i estar pressuritzats, podem patir una disminució de la pressió que explicaria aquestes sensacions.