



Recursos per a l'aula (eso)

IMMERSIÓ

Maria Mercè Andrés , Montse Enrech , Maria Teresa Pujol i Maria Dolors Ribera

Es presenten un seguit d'activitats que, per mitjà de simulacions, permeten a l'alumnat estudiar els diferents paràmetres que influencien la pressió i, finalment, arribar a una expressió matemàtica.

Introducció

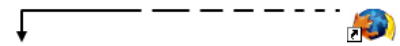
El concepte de pressió s'introdueix a 2n d'ESO com a força que realitza un cos sobre una superfície. A 4t d'ESO, el concepte s'esten a la força que líquids i gasos realitzen en diferents punts a causa del seu pes. L'activitat consta de dos grans blocs contextualitzats. El primer tracta de la pressió hidrostàtica utilitzant el submarinisme com a context, mentre que el segon tracta de la pressió atmosfèrica utilitzant el salt des de l'estratosfera de Félix Baumgartner com a element contextualitzador. L'activitat proposada utilitza dues simulacions amb les quals l'alumnat pot comprovar les hipòtesis inicials, analitzar els diferents paràmetres que influeixen la pressió i arribar a la seva expressió matemàtica. Finalment es proposen diversos exercicis d'aplicació.

Aquesta activitat ha estat elaborada per la Mercè Andrés Prat, la Montse Enrech Triviño, la Maite Pujol Bosch i la Ma Dolors Ribera Vall del Grup de Disseny i Implementació d'Activitats Digitals (DIATIC) coordinat per la Luisa Herreras (CRECIM) dintre del projecte de recerca ADIGIC i que, alhora, forma part del programa RecerCaixa, impulsat per la Caixa i l'Associació d'Universitats Públiques. Els objectius principals del projecte són:

- Explorar la utilització dels recursos de les aules digitals en els cursos de ciències.
- Identificar bones pràctiques que puguin ser utilitzades per altres professors.

Aquesta proposta s'ha elaborat, doncs, partint d'aquests objectius tot tenint en compte el contingut del currículum de 4t d'ESO de Física i Química: *Anàlisi experimental de la pressió exercida per sòlids, líquids i gasos. Identificació de les variables que influeixen en el valor de la pressió atmosfèrica.*

Guia del professorat



Temporització i nivell proposat

L'activitat està dirigida a quart d'ESO. La durada prevista és de 4 hores.

Una possible temporització és:

- Primera sessió: lectura "Vaixells enfonsats", activitat "Sota pressió" (exploració i anàlisi qualitativa).
- Segona sessió: activitat "Sota pressió" (anàlisi quantitativa), "La pressió que suporta el submarinista".
- Tercera sessió: visionat del "Salt estratosfèric", activitat "Estudiant l'atmosfera", "Un gran salt".
- Quarta sessió: qüestions finals.

Orientacions

L'alumne ha de conèixer el concepte de pressió, però no ha d'haver treballat la pressió hidrostàtica.

Proposta de treball a l'aula

L'activitat està dissenyada perquè l'alumnat treballi de forma autònoma en grups de dos. Cal insistir que cada alumne es llegeixi atentament el text de l'activitat. És interessant fer posades en comú després de cada part per comprovar que s'ha entès i veure els dubtes que s'han generat.

L'activitat comença amb la lectura de l'apartat "Vaixells enfonsats". Opcionalment es pot llegir l'article de l'annex. Abans de començar l'estudi de la pressió hidrostàtica cal remarcar la pregunta que motiva l'activitat "Sota pressió".

L'estudi de la pressió hidrostàtica es realitza amb una simulació. Després de l'exploració inicial, que serveix per comprendre què permet fer el simulador, es fa una anàlisi qualitativa per deduir de quines variables depèn la pressió hidrostàtica i de quines no. El treball d'aquesta part permet fer aflorar idees prèvies.

La segona part de l'activitat busca que l'alumnat faci un treball quantitatiu, semblant a l'experimental, per trobar la relació entre la pressió i les variables (densitat, gravetat i profunditat). Al final, l'alumnat ha d'arribar a relacionar-les matemàticament. Finalment s'hi inclou l'efecte de la pressió atmosfèrica en la pressió real que hi ha en un punt del líquid.

L'estudi realitzat permet aplicar el concepte de pressió hidrostàtica a situacions reals en "La pressió que suporta el submarinista".

L'activitat continua amb el visionat del vídeo "El salt estratosfèric" i la predicció de la variació de la pressió atmosfèrica amb l'altura. S'utilitza una simulació que permet obtenir fàcilment les dades necessàries. Cal assenyalar que en la simulació el volum del globus no canvia mentre va pujant. Per acabar, l'apartat "Un gran salt" aprofundeix en l'equipació del saltador.

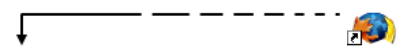
Com a cloenda es proposen unes qüestions finals d'aplicació.

Material

L'alumnat ha de disposar d'ordinadors amb connexió a Internet i amb el Java actualitzat.



Full de l'alumnat



Vaixells enfonsats

Una notícia publicada fa temps en la premsa t'ha cridat molt l'atenció. El titular diu "*El litoral de l'Empordà té la concentració de vaixells enfonsats més gran del país.*" (El Punt, 18-8-2008).

El litoral de l'Empordà té la concentració de vaixells enfonsats més gran del país

A la Costa Brava hi ha localitzades més de 350 naus enfonsades en naufragis de totes èpoques

JOAN TRILLAS / *Girona*
 ● Els fons submarins de les comarques gironines tenen la concentració més gran de naufragis del país, principalment entre l'Alt i el Baix Empordà. En total, a dia

d'avui, les restes superen els 350; només a l'Alt Empordà se n'han localitzat 214, mentre que al Baix Empordà arriben als 120, aproximadament. Naufragis de totes les èpoques, començant per embarcacions

romanes que expliquen històries sorprenents, tràgiques, ja sigui com a conseqüència de temporals, per problemes mecànics o de navegació o per la guerra, o embarrancaments espectaculars, relats

misteriosos –alguns freguen la llegenda i el misteri– que fan dels naufragis un univers que excita la imaginació i els converteixen en testimonis que ajuden a explicar la gran activitat humana a les costes.

Fig. 1. Pots trobar l'article sencer fent clic sobre la imatge, a l'annex.

Un dels vaixells enfonsats que encara està sencer, l'"Avvenire", està a **45 m** de profunditat, i es pot visitar.

Quin equip es necessita per veure aquest vaixell enfonsat? Feu una proposta del material que penseu que seria imprescindible.

Un dels problemes en la immersió aquàtica és la respiració. Quan respirem els moviments del diafragma permeten variar lleugerament la pressió de l'aire dels pulmons respecte de la pressió atmosfèrica, que és la pressió a la qual està sotmès tot el nostre cos. Quan inspirem, el diafragma es mou cap avall i la pressió dins dels pulmons baixa lleugerament respecte de la pressió atmosfèrica, així entra l'aire. Quan expirem fem el procés contrari, el diafragma s'eleva, augmenta la pressió de l'aire dels pulmons i així l'obliguem a sortir.

El submarinista respira l'aire de la bombona, es tracta d'una mescla de gasos en una proporció adequada.

Dins del dipòsit l'aire està a uns **20260 kPa** de pressió. El regulador permet modificar la pressió de sortida de l'aire que es respira.

A **45 m** de profunditat el submarinista ha de regular la pressió de sortida de l'aire de la bombona per poder respirar. Quina és aquesta pressió? Per poder respondre aquesta pregunta amb una base científica, et proposem que realitzis l'activitat següent.

Activitat: Sota pressió

Obriu l'enllaç següent:

http://phet.colorado.edu/sims/fluid-pressure-and-flow/under-pressure_ca.jnlp

Exploració inicial

En la pantalla (figura 2) apareixen tres escenaris possibles.



Fig. 2. Escenes possibles.

Observeu que disposeu de dos aparells de mesura: el **manòmetre**, que mesura la pressió en el punt on el situeu, i un regle.

A més, disposeu de diferents controls que us permeten modificar característiques de l'escenari estudiat (figura 3). Exploreu la simulació per investigar què fan.



Fig. 3. Escenari de la simulació

Les magnituds que podeu variar són:

De què depèn la pressió dins del líquid?

Per saber quines magnituds influeixen en la pressió i quines no, realitzeu les mesures següents.

Amb el tanc ple d'aigua, mesureu la pressió a diferents profunditats **A**, **B** i **C**, com mostra la figura 4.

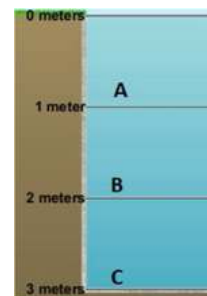


Fig. 4. Escenes possibles.

Ordeneu-les de menys a més pressió:

Fixeu-vos en les imatges següents (figures 5 i 6). Els tres marcadors indiquen punts situats a 1 m de profunditat respecte de la superfície del líquid. Mesureu la pressió en els tres punts.

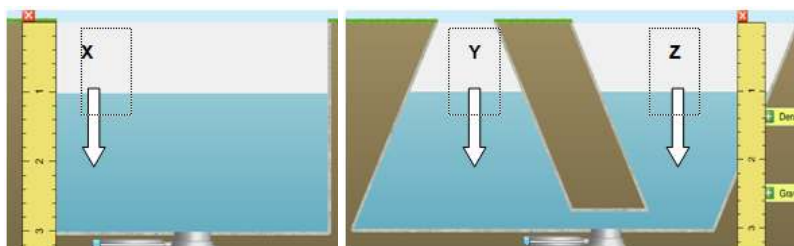


Fig. 5 i 6. Marcadors a diferents posicions

Què observeu?

La quantitat d'aigua que hi ha en el recipient afecta la pressió mesurada en un punt?

La forma del recipient afecta la pressió dins del líquid?

Situeu el manòmetre a una certa profunditat i canvieu de líquid, amb la qual cosa modificareu la densitat.

La densitat del líquid influeix en la pressió mesurada? Com?

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?

Fins aquí heu fet un estudi qualitatiu de la pressió dins d'un líquid, també anomenada **pressió hidrostàtica**, utilitzant un manòmetre i canviant les condicions en què es fan les mesures. Els paràmetres que heu investigat són: *profunditat*, *quantitat d'aigua*, *forma del recipient*, *densitat del líquid* i *gravetat*.

Segons les vostres observacions, de quins factors depèn la pressió dins del líquid?

I de quins no?

Anàlisi quantitativa de la pressió

Per portar a terme l'anàlisi quantitativa investigareu la dependència de la pressió en els líquids de les variables de les quals depèn. Per estudiar únicament la pressió que exerceix el líquid elimineu l'efecte de l'atmosfera posant-la en *off*.

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

1. Situeu el regle per mesurar la profunditat respecte de la superfície lliure del líquid, h . Situeu el manòmetre a 1, 2 i 3 m de profunditat i mesureu la pressió, P .

 Ompliu els buits i anoteu els valors a la taula següent (recordeu: $1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$).Densitat = Gravetat =

$h(\text{m})$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Conclusió: Quan dupliquem la profunditat, la pressió . Si la profunditat es triplica, la pressió . La profunditat i la pressió són .

2. Poseu l'indicador de pressió a 1 m de profunditat. Mesureu la pressió amb els valors de la gravetat indicats.

 Ompliu els buits i anoteu els resultats.
Profunditat = Densitat =

$g(\text{m/s}^2)$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
4,9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9,8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
19,6	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Conclusió: Quan la gravetat es duplica...

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

 Ompliu els buits i anoteu els resultats.
Profunditat = Gravetat =

$d(\text{kg/m}^3)$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
700	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1000	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1400	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Conclusió: Quan el líquid té una densitat doble...

En la taula següent es recullen algunes de les proves que acabeu de realitzar.

- Anoteu la pressió obtinguda expressada en pascals.

$d(\text{kg/m}^3)$	$g(\text{m/s}^2)$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
1000	9,8	1	
1000	9,8	2	
1000	4,9	1	
700	9,8	1	

- 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.

- 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.

$d(\text{kg/m}^3)$	$g(\text{m/s}^2)$	$h(\text{m})$	$P(\text{Pa})$	$P(\text{Pa})$	$P(\text{kPa})$
1000	9,8	3			
1025 aigua de mar	9,8	1			
1000	3,7 gravetat de Mart	1			

- Hi ha diferències entre la pressió calculada i la mesurada? Quina en pot ser la causa?

- Segons l'anàlisi quantitativa que acabeu de realitzar, expliqueu com varia la pressió hidrostàtica amb la profunditat, la densitat del líquid i la gravetat.

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

En l'anàlisi anterior no hem tingut en compte l'atmosfera, ja que analitzàvem només la pressió deguda al líquid (pressió hidrostàtica). Però en les situacions reals cal considerar-la.

Les imatges (figures 7 i 8) mostren la mesura de la pressió a 1 m de profunditat ($d = 1000 \text{ kg/m}^3$ i $g = 9,8 \text{ m/s}^2$) quan no es considera l'efecte de l'atmosfera i quan es té en compte. Compareu els valors de la pressió hidrostàtica i la pressió total que inclou l'efecte de l'atmosfera.

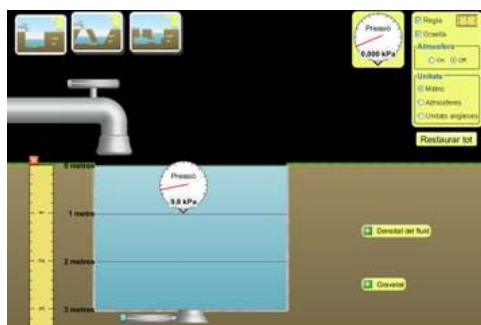


Fig. 7. Mesures de la pressió a 1 m de profunditat sense considerar l'atmosfera.

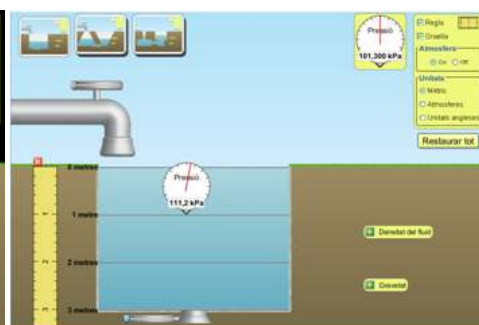


Fig. 8. Mesures de la pressió a 1 m de profunditat considerant l'atmosfera.

- Quin valor té la pressió atmosfèrica?

- Quina relació hi ha entre la pressió hidrostàtica i la pressió total?

La pressió que suporta el submarinista

En l'activitat que acabeu de fer heu deduït de què depèn la pressió que rebrà el submarinista i com la podeu calcular. Utilitzeu les vostres conclusions per respondre la pregunta inicial:

- Per respirar a 45 m de profunditat, quina serà la pressió a la qual 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 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?

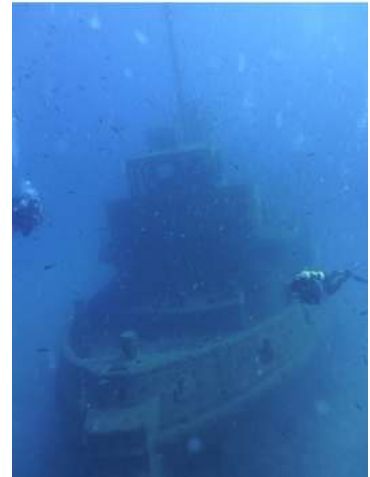


Fig. 9. Vaixell enfonsat. Extreta de http://1.bp.blogspot.com/-BiowSzJmolo/UDN2_sQ7JWI/AAAAAAAAAFU/8RWcxERazXY/s1600/P1040391.JPG

La immersió a poca profunditat (figures 10 i 11) se sol fer sense cap equip especial o, com a molt, amb un tub i unes ulleres. En aquesta modalitat de submarinisme els canvis de pressió no són importants. La dificultat és poder-se submergir, ja que, si no fem cap esforç, surem.



Fig. 10 i 11. Immersió a poca profunditat. Extretes de:

https://encrypted-bn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTJxPT5QcppWWMFyylZVWFV83MqiMPj6pbbRd83MNXUclLudLsn3Ahttp://www.aladinia.com/media/catalog/product/cache/1/image/800x600/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/r/e/regalos_originales_para_hombres_snorkel_12.jpg

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

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

En els treballs d'immersió profunda, fins a **700 m**, el bus ha d'estar molta estona en immersió a pressions molt elevades. En aquestes situacions, s'utilitza un escafandre rígid, que en anglès s'anomena *atmosphericdivingsuit*, com el de les fotografies (figures 12 i 13).

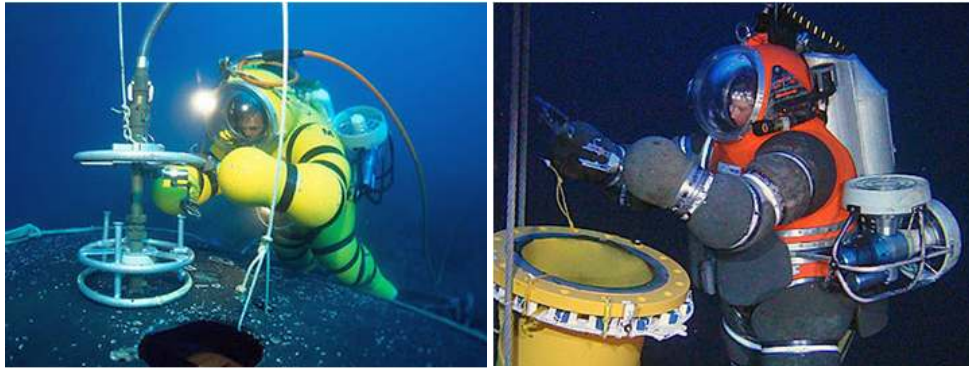


Fig. 12 i 13. Atmosphericdivingsuit. Extretes de:
<http://1.bp.blogspot.com/-2tS1aFrf3g/UGz6lTUR5O1/AAAAAAAAACV4/tBq2YnbzRnQ/s400/divsuit1.jpg>

El bus respira a través d'un tub molt llarg que arriba fins l'exterior. Podeu veure'n un exemple a:

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=2Mv4vmB81Qo

- Quina pressió hi ha a **700 m** de profunditat? (Densitat de l'aigua de mar = **1025 kg/m³**, gravetat = **9,8 m/s²**, pressió atmosfèrica = **101,3 kPa**)

- Com és possible que el bus pugui respirar aire a **1 atm** (atm és el símbol emprat per a la unitat atmosfera, **1 atm = 101325 Pa ≈ 101,3 kPa**) si es troba a molta profunditat?

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

Salt estratosfèric

Així titulaven alguns mitjans de comunicació el salt protagonitzat per Felix Baumgartner i l'equip de Red Bull Stratos el 14 d'octubre de 2012. Un globus aerostàtic va portar la càpsula fins a **30 km** d'altura, des d'on Felix Baumgartner es va deixar caure. Encara que pugui semblar impossible, va arribar a terra sa i estalvi. Si no heu vist el salt, el podeu trobar a:

<http://www.rtve.es/alacarta/videos/programa/asi-fue-salto-estratosferico-felix-baumgartner/1552276/>

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

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

- El salt és espectacular, però centrem-nos en l'ascensió. La càpsula utilitza un globus aerostàtic d'heli per enlairar-se. Com us sembla que varia la pressió atmosfèrica amb l'altura? Feu la vostra predicció representant la gràfica altura-pressió (altura a l'eix *Y* i pressió a l'eix *X*).



A continuació us proposem que feu l'activitat següent per comprovar la vostra predicció.

Activitat: Estudiant l'atmosfera

En aquesta activitat us convertireu en científics que envien un globus sonda (figura 14) per tal d'estudiar com varia la pressió atmosfèrica amb l'altura.

El nostre globus està fet de làtex, un material lleuger i molt flexible. L'omplirem amb heli, un gas de molt baixa densitat ($d = 0,08988 \text{ g/L}$) que permet assolir altures de més de **50 km**.

El globus està equipat amb un aparell que mesura la pressió.



Fig. 14. Globus sonda

- Per què es necessita omplir el globus amb heli? Què succeiria si l'omplíssim amb aire? **NOTA:** Densitat de l'aire al nivell del mar = **1,2 g/L**.

- Tenint en compte que el globus de làtex té d'una gran elasticitat i que la pressió del gas contingut en l'interior del 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?

- Creieu que el globus pot pujar indefinidament?

Ara podeu obrir <http://aspire.cosmic-ray.org/labs/atmosphere/atm1.swf>

Per moure el globus solament cal que l'arrossegueu i per mesurar la pressió atmosfèrica premeu el botó verd de la cistella i llegiu els valors de l'altura i la pressió al requadre de la dreta (figura 15).

Feu la primera mesura de pressió atmosfèrica a altura zero abans d'enlairar el globus, després feu mesures de la pressió cada **2 km** aproximadament fins a assolir **20 km** d'altura i continueu fent mesures cada **5 km** fins a arribar a la màxima altura possible.

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

- Feu una captura de pantalla de la gràfica.



Fig. 15. Mesura de la pressió segons l'altura

- S'assembla la gràfica obtinguda a partir de les mesures a la que havíeu predit? Quines diferències hi ha? Hi ha algun resultat que no esperàveu?

- La pressió atmosfèrica augmenta o disminueix amb l'altura?

- La pressió atmosfèrica disminueix proporcionalment a l'altura?

- 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?

La taula següent mostra com varien la temperatura i la densitat de l'aire, i la gravetat amb l'altura.

Capa atmosfèrica	Altura(m/s ²)	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

- Quin factor ens permet explicar perquè la pressió atmosfèrica disminueixi tan dràsticament amb l'altura?

- Quina explicació podeu donar del fet que el globus peti a una altura superior als **80 km** ?

Un gran salt

Després d'analitzar com varia la pressió atmosfèrica amb l'altura, podreu valorar millor el salt realitzat per Felix Baumgartner.

Per complementar la informació podeu veure una versió d'animació del salt a

http://www.redbull.com/cs/Satellite/en_INT/Video/Red-Bull-Stratos-An-Animated-View-021243232880658

o l'aplicació interactiva que trobareu a

<http://www.redbullstratos.com/the-mission/mission-timeline/>



Fig. 16. Vestit pressuritzat de Felix Baumgartner

- Per què el vestit de Felix Baumgartner (figura 13) està pressuritzat des del cap fins als peus?

- Què li succeiria si el vestit no fos pressuritzat? Considereu que disposa d'una bombona d'oxigen per poder respirar.

Qüestions finals

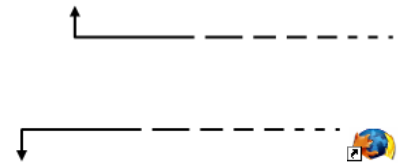
- La immersió aquàtica i el salt des de molta altura presenten similituds. Quines hi veieu?

- 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 finestreta?

Per què quan una banyera està molt plena costa molt de destapar?

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.

Quan es busseja en el mar o en una piscina a vegades se sent un malestar a l'oïda, el mateix que passa quan es puja en un avió. Quina creieu que és la causa d'aquestes sensacions?



Solucions

Vaixells enfonsats

Quin equip es necessita per veure aquest vaixell enfonsat? Feu una proposta del material que penseu que seria imprescindible.

S'espera que els alumnes coneguin una 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 podeu 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?

Per saber quines magnituds influeixen la pressió i quines no, realitzeu les mesures següents.

Amb el tanc ple d'aigua, mesureu la pressió a diferents profunditats **A**, **B** i **C**, com mostra la figura 4.

Ordeneu-les de menys a més pressió:

$$P_A < P_B < P_C$$

Fixeu-vos en les imatges següents (figures 5 i 6). Els tres marcadors indiquen punts situats a 10 cm de profunditat respecte de la superfície del líquid. Mesureu la pressió en els tres punts.

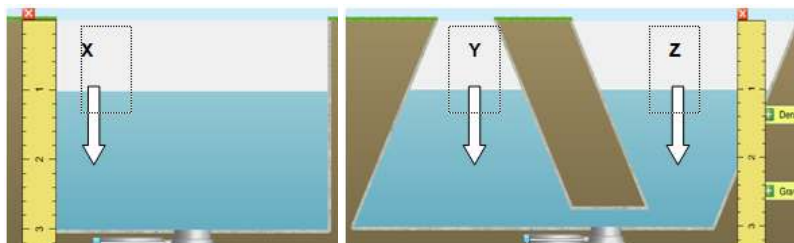


Fig. 5 i 6. Marcadors a diferents posicions

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 l'afecta. La quantitat de líquid en els diferents recipients és diferent però la pressió mesurada a la mateixa profunditat és la mateixa.

La forma del recipient afecta la pressió dins del líquid?

- No l'afecta.

Situeu el manòmetre a una certa profunditat i canvieu de líquid, amb la qual cosa modificareu 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.

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.

Fins aquí heu fet un estudi qualitatiu de la pressió dins d'un líquid, també anomenada **pressió hidrostàtica**, utilitzant un manòmetre i canviant les condicions en què es fan les mesures. Els paràmetres que heu investigat són: *profunditat, quantitat d'aigua, forma del recipient, densitat del líquid i gravetat*.

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

1. Situeu el regle per mesurar la profunditat respecte de la superfície lliure del líquid, h. Situeu el manòmetre a 1, 2 i 3 m de profunditat i mesureu la pressió, P.

Ompliu els buits i anoteu els valors a la taula següent (recordeu: $1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$).

Densitat = 1000 kg/m^3

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

h(m)	P(kPa)	P(Pa)
1	9,8	9800
2	19,6	19600
3	29,3	29,300

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

2. Poseu l'indicador de pressió a 1 m de profunditat. Mesureu la pressió amb els valors de la gravetat indicats.

Ompliu els buits i anoteu els resultats.

Profunditat = 1 m

Densitat = 1000 kg/m^3

g(m/s ²)	P(kPa)	P(Pa)
4,9	4,9	4900
9,8	9,8	9800
19,6	19,6	19600

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**.

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

Ompliu els buits i anoteu els resultats.

Profunditat = **1 m**

Gravetat = **9,8 m/s²**

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

Conclusió: Quan el líquid té una densitat doble...

la pressió es duplica. La pressió i la densitat del líquid són directament proporcionals.

En la taula següent es recullen algunes de les proves que acabeu de realitzar.

Anoteu la pressió obtinguda expressada en pascals.

$d(\text{kg/m}^3)$	$g(\text{m/s}^2)$	$P(\text{kPa})$	$P(\text{Pa})$
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.

$$P = d g h$$

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

$d(\text{kg/m}^3)$	$g(\text{m/s}^2)$	$h(\text{m})$	$P(\text{Pa})$	$P(\text{Pa})$	$P(\text{kPa})$
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 de Mart	1	3700	3,7	3,7

Hi ha diferències entre la pressió calculada i la mesurada? Quina en pot ser la causa?

- 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?

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 qual ha de sortir l'aire de la bombona?

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

- $P_{\text{Total}} = P_{\text{atmosfèrica}} + P_{\text{hidrostàtica}} = P_{\text{atmosfèrica}} + d \cdot g \cdot h$
- $P_{\text{Total}} = 101300 + 1025 \cdot 9,8 \cdot 45 = 553325 \text{ Pa} = 553,3 \text{ KPa}$

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?

- $P_{\text{hidrostàtica}} = P_{\text{Total}} - P_{\text{atmosfèrica}} = 8,1 \cdot 10^5 - 101300 = 708700 \text{ Pa}$
- $h = \frac{P_{\text{hidrostàtica}}}{g \cdot d} = \frac{708700}{1025 \cdot 9,8} = 70,5 \text{ m}$

Sabent que la densitat mitjana del nostre cos és de 933 kg/m^3 , proposeu una explicació al fet que alguns cossos suren en l'aigua.

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

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 = $101,3 \text{ kPa}$)

- $P_{\text{Total}} = P_{\text{atmosfèrica}} + P_{\text{hidrostàtica}} = P_{\text{atmosfèrica}} + d \cdot g \cdot h$
- $P_{\text{Total}} = 101300 + 1025 \cdot 9,8 \cdot 700 = 7132800 \text{ Pa} = 7132,8 \text{ KPa}$

Com és possible que el bus pugui respirar aire a 1 atm (atm és el símbol emprat per a la unitat atmosfera, $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 101,3 \text{ kPa}$) si es troba a molta profunditat?

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

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. D'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 Felix 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 Felix 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 centrem-nos en l'ascensió. La càpsula utilitza un globus aerostàtic d'heli per enlairar-se. Com us sembla que varia la pressió atmosfèrica amb l'altura? Feu la vostra predicció representant la gràfica altura-pressió (altura a l'eix Y i pressió a l'eix X).

- Mentre el globus va pujant la pressió disminueix. (la gràfica hauria de ser compatible amb la predicció)

A continuació us proposem que feu l'activitat següent per comprovar la vostra predicció.

Activitat: Estudiant l'atmosfera

Per què es necessita omplir el globus amb heli? Què succeiria si l'omplíssim amb aire? **NOTA:** Densitat de l'aire al nivell del mar = $1,2 \text{ g/L}$.

- 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 té d'una gran elasticitat i que la pressió del gas contingut en l'interior del 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.

- Feu una captura de pantalla de la gràfica.

Vegeu les figures 17 i 18

- S'assembla la gràfica obtinguda a partir de les mesures a la que havíeu predit? Quines diferències hi ha? Hi ha algun resultat que no esperàveu?

- És possible que la gràfica corresponent a la predicció fos una recta i en canvi la gràfica obtinguda no ho és.

- La pressió atmosfèrica augmenta o disminueix amb l'altura?

- La pressió atmosfèrica disminueix amb l'altura.

- 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.

- 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 **6 km** 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**.

- Quin factor ens permet explicar perquè la pressió atmosfèrica disminueixi tan dràsticament amb l'altura?

- 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.



Fig. 17. Captura

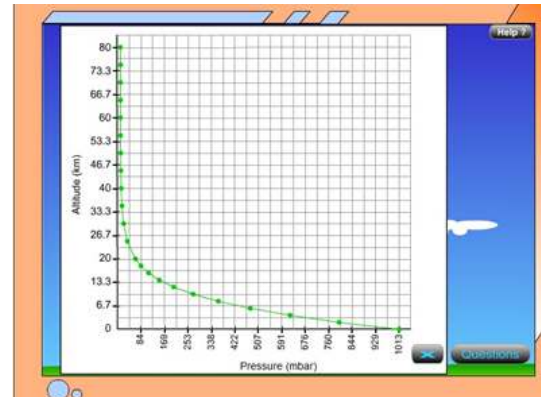


Fig. 18. Captura

- Quina explicació podeu donar del fet que el globus peti a una altura superior als **80 km**?

- 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 Felix Baumgartner (figura 13) 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

- 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.

- 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.

- 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. Per la part inferior del tap només hi actua la pressió atmosfèrica.

- 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 a aconseguir igualar les pressions als dos costats de la porta del vehicle per poder obrir-la.

- Quan es busseja en el mar o en una piscina a vegades se sent un malestar a l'oïda, el mateix que passa quan es puja en un avió. Quina creieu que és la causa d'aquestes sensacions?

- El nostre cos està sotmès normalment a la pressió atmosfèrica. Quan es busseja la pressió sobre l'oïda és més gran i en els avions, tot i que estan pressuritzats, podem patir una disminució de la pressió que explicaria aquestes sensacions.

**Maria Mercè Andrés**

és professora de Física i Química a l'institut Viladecavalls. Ha participat en l'experimentació del projecte de Física en Context i ha format part del grup de treball del CDEC encarregat d'elaborar els materials de Química en Context.

Montse Enrech

Montserrat Enrech és professora de Física i Química amb quinze anys d'experiència. Actualment està treballant a l'institut Montserrat Roig de Terrassa. Interessada des de sempre en fer propera la Física als estudiants. Des del curs 2004-2005 ha participat en el projecte, vinculat al CDEC, d'adaptació del projecte anglès de Física Salters-Horners Advanced Physics i en l'elaboració dels cursos de Física de batxillerat de Física en context, gràcies a una llicència del Departament d'Ensenyament.
Adreça electrònica: menrech@xtec.cat.

Maria Teresa Pujol

és professora de Física i Química des de l'any 1984. En l'actualitat treballa a l'institut Arraona de Sabadell. Ha estat formadora del PIE i ha format part del grup d'experimentadors dels materials de Física en Context.

Maria Dolors Ribera

és llicenciada en Ciències Químiques per la Universitat Autònoma de Barcelona, professora de Física i Química a l'Institut de Matadepera. Ha format part del grup d'experimentadors i d'adaptació dels materials de Física en Context. Ha format part del Projecte QUIMBAT de l'ICE de la UB, "Projecte d'innovació curricular i metodològica de la Química del Batxillerat" l'objectiu del qual va ser treballar sobre les concepcions químiques alternatives: prevenció, diagnosi i tractament, a partir de la traducció del projecte anglès "Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure" de Keith Taber. Ha impartit un curs a l'Escola d'Estiu de Secundària organitzada pel Col.legi de Llicenciats de Catalunya sobre "Ensenyar a raonar la Química".