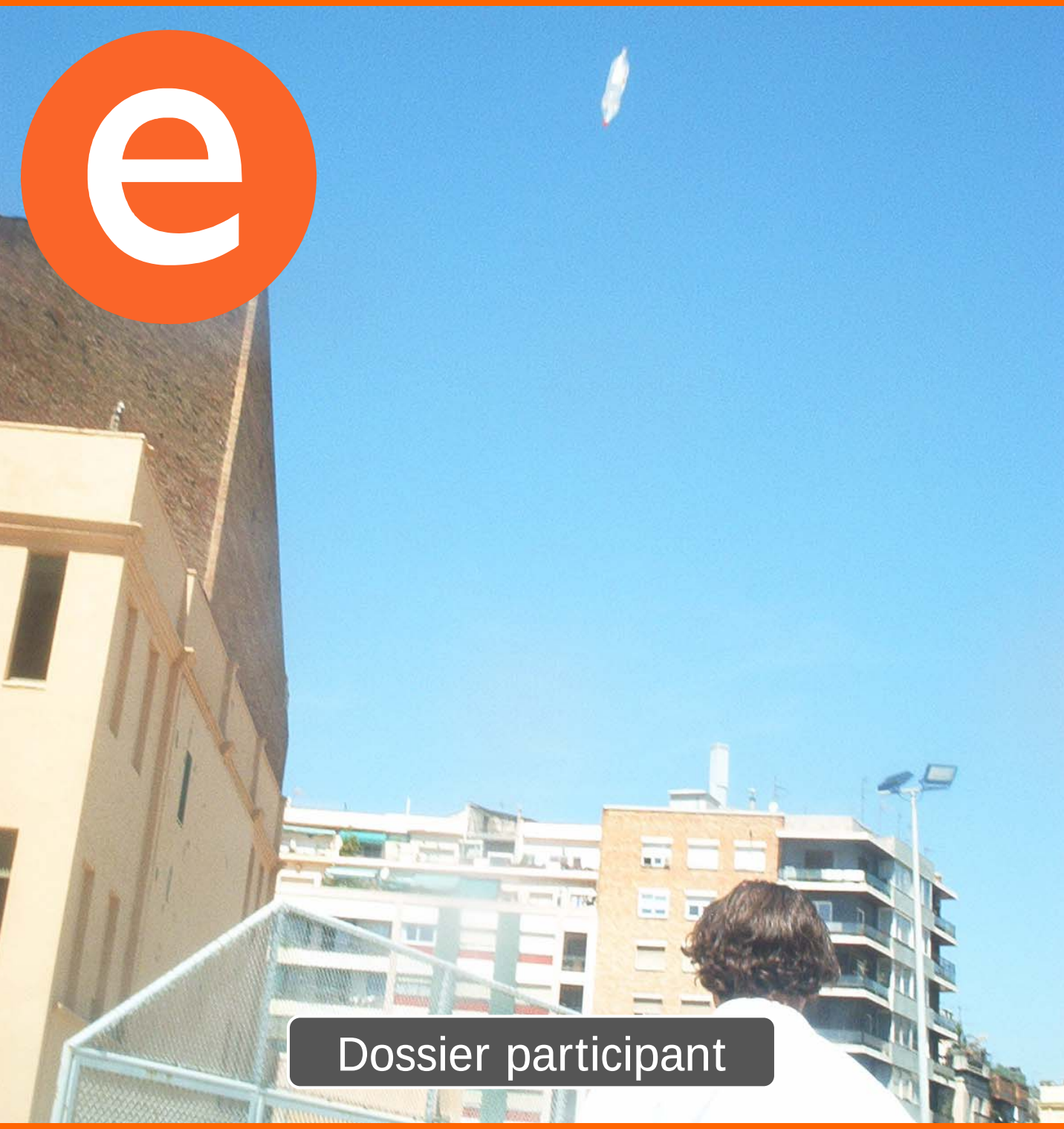
Propulsió a raig

Una EUSSperiència física



Dossier participant

Programes *ADD*

Col·lecció

EUSS Activa Virtual

www.euss.es

Centre adscrit UAB

Introducció

En aquesta eussperiència estudiarem com funciona la propulsió a raig, que és la mateixa que fan servir els coets i els reactors.

La propulsió a raig (en castellà, direm *a chorro*) es basa en la 3a llei de Newton, el principi d'acció i reacció, i ens ve a dir que si donem una empenta a un cos nosaltres també rebrem la mateixa empenta però en sentit contrari. Aleshores si llencem un 'xorro' de fluid cap avall, per exemple, pel fet d'haver de fer una força sobre el fluid cap avall, nosaltres rebrem una força, la força de reacció del fluid sobre nosaltres, cap amunt.

Descripció de l'EUSSperiència

En el nostre cas, el sistema mecànic que volem impulsar serà un coet eusspacial format per una ampolla de plàstic de 2l de capacitat i el fluid que utilitzarem per propulsar-la serà aigua.

Per poder empènyer l'aigua cap avall (aplicant-li la força d'Acció), el que farem serà ficar aire comprimit a dins. Quan obrim la vàlvula d'expulsió (el tap de l'ampolla) la força deguda a la pressió de l'aire farà sortir l'aigua de l'ampolla i aquesta mateixa força però cap amunt empenyerà la nostra ampolla.

La força instantània que hi ha entre l'ampolla i l'aigua es pot calcular com:

$$F = \rho\, Q\, v_S = \rho\, S\, v_S^2 \qquad (1)$$

a on F és l'empenta en N

ρ és la densitat de l'aigua 1000 kg/m^3

Q és el cabal d'aigua instantani que surt en m^3/s

v_S és la velocitat de sortida de l'aigua respecte l'ampolla en m/s

S és la secció de la boca de sortida en m^2

En general és difícil mesura el cabal d'aigua que està sortint en cada moment, així com la velocitat a la què surt. El que sí podem fer és estimar el cabal i la velocitat de sortida inicial de l'aigua en funció de la pressió d'aire que en ficat a l'ampolla. Això ho podem fer gràcies a l'equació de Bernouilli que ens relaciona l'energia deguda a la pressió amb l'energia cinètica que tindrà l'aigua al sortir, veiem-ho:

$$P_{aire} = ½\ \rho\ (v_S2 - v_{IN}^2) = ½\ \rho\ v_S^2\ (1-S_{OUT}/S_{IN}) \qquad (2)$$

a on P_{aire} és la pressió inicial a la què hem ficat l'aire a dins de l'ampolla en Pa

v_{IN} és la velocitat de l'aigua a la part central de l'ampolla en m/s

S_{OUT} , S_{IN} són les seccions de l'obertura de sortida i de la part central de l'ampolla respectivament en m^2

Material necessari:

1 ampolla buida de 2 l (tipus Coca-Cola).

1 tap de plàstic per la boca.

1 vàlvula estàndard de càmara de cotxe.

1 brida per subjectar el tap a l'ampolla.

1 compressor manual o elèctric per ficar l'aire a pressió per la válvula amb manòmetre.

1 m de canonada de PVC de 105 mm de diàmetre per fer de rampa de llançament del projectil.

Un espai lliure d'obstacles, cables elèctrics, finestres, persones... en un radi de 15m

Realització de l'experiment i gràfiques obtingudes

En l'experiment realitzat per nosaltres i del qual podeu veure les fotos a la web hem obtingut els següents resultats:

Dades inicials

Capacitat de l'ampolla: 2 l.

Quantitat d'aigua a dins de l'ampolla: 0,95 kg.

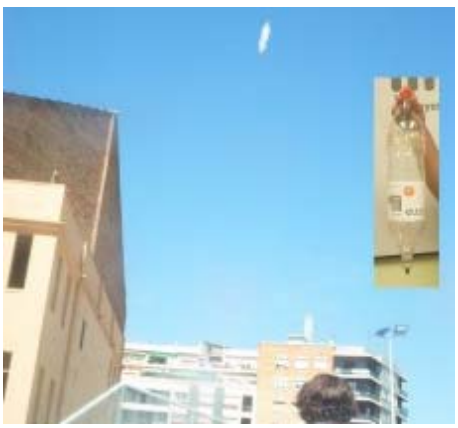
Diàmetre de l'ampolla a S_{IN}: 10 cm.

Diàmetre de l'ampolla a S_{OUT}: 2,2 cm.

Explicació inicial

Situació dels elements

Aplicant pressió al sistema



Enlairament de l'element

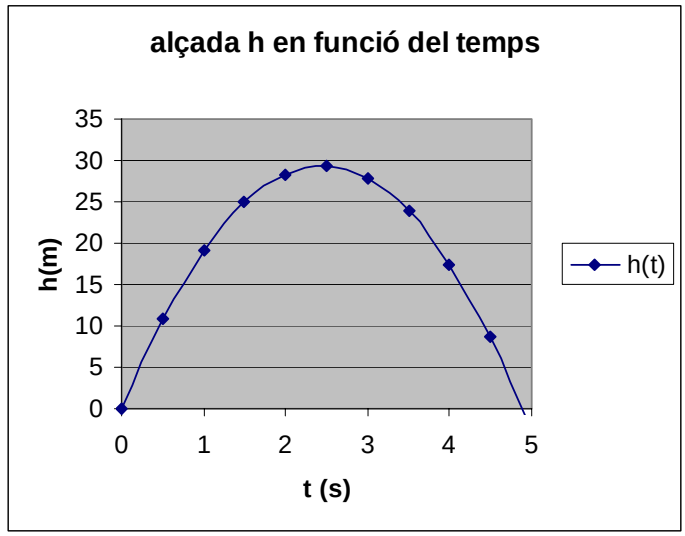
Resultats obtinguts

Pressió de l'aire que fa saltar l'ampolla: 3,0 bar.

Temps que triga en caure l'ampolla des del punt més alt de la seva trajectòria: 2,2 s

Exercicis proposats

Amb aquestes dades féu els següents càlculs:



a) Trobeu la velocitat inicial de sortida de l'aigua.

Sol: 24,84 m/s = 89,4 km/h.

b) Quina empenta inicial rep l'ampolla?

Sol: 302,9 N → acceleració inicial ≈ 30g !!!

c) Féu el balanç d'energies per trobar l'alçada màxima a la què podria arribar

Sol: h màxima teòrica = 30m.

d) Calculeu ara a quina alçada va arribar l'ampolla al nostre experiment

Sol: 24,2 m

Pràctiques proposades

A més dels càlculs indicats també podeu ampliar l'experiència fent:

a) Estudi del "Tir parabòlic": si varieu l'angle d'elevació de l'ampolla en el llançament podeu veure com varia l'abast i podreu comparar els resultats obtinguts (distància recorreguda i temps de vol) amb els teòrics.

b) Estudi del fregament amb l'aire: podeu canviar la forma aerodinàmica de l'ampolla i veure com afecta això a l'alçada màxima a la què arriba, tot avaluant l'energia que es perd per fregament amb l'aire.

c) Estudi de la mecànica de fluids: provant amb diferents ampolles diferents fluids podeu verificar l'equació de Bernouilli tot mesurant la relació entre la pressió i la velocitat de sortida i, per tant l'alçada a la què arriba.

Autor: Dr. José Maria Ruiz
Chema Ruiz, professor de Mecànica de Fluids de l'EUSS, doctor en ciències físiques per la Universitat de Barcelona.