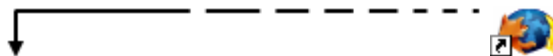




L'OU COM BALLA

Jaume Pont

Per saber-ne més *L'ou com balla, sí; però abans, la pilota de ping-pong com balla!*



Guia del professorat

Estudi de l'equilibri d'una pilota en un brollador

Recordo que a l'escola hi havia uns brolladors on fèiem ballar les pilotes de ping-pong. Més tard, vaig descobrir que aquesta era una de les tradicions més singulars de Barcelona. Des del 1637, el dia de Corpus és costum de fer ballar un ou als brolladors dels claustres, patis i jardins de la ciutat. Mai no s'ha interromput aquesta tradició, i l'ou com balla del claustre de la Catedral i del pati de la Casa de l'Ardiaca són tota una experiència de primavera viva a la memòria de generacions i generacions de barcelonins i barcelonines.

Al darrere, hi ha un joc molt senzill, que s'assembla al del brollador que fa ballar la pilota, que consisteix a mantenir una pilota de ping-pong flotant a l'aire simplement bufant per un tub. El que jo em pregunto és:

A quina velocitat s'ha de bufar per mantenir la pilota a l'aire?

La pilota no cau perquè l'aire de la bufera la manté flotant. La pilota es manté en equilibri (acceleració nul·la) perquè la suma de totes les forces externes que actuen sobre ella s'anul·la. Així, la llei de moviment de Newton

$$\sum F = ma \text{ ens diu, en aquest cas, } F_F - P = 0, \text{ o bé}$$

$$F_F = P$$

Per tant la força de fricció F_F ha de ser igual però de sentit contrari a la força pes P .

La força de fricció F_F que fa l'aire sobre la pilota depèn de la densitat de l'aire, de la seva velocitat, de la forma de l'objecte i de la seva secció, i ve donada per l'equació:

$$F_F = 1/2 \rho_{aire} v^2 S C_x \quad (1)$$

en què $\rho_{aire} = 1,225 \text{ kg/m}^3$ és la densitat de l'aire, v



Fig. 1: L'ou com balla de Casa de l'Ardiaca, Barcelona.



Fig. 2:

és la velocitat de l'aire, S és la secció del cos que s'oposa al moviment de l'aire (en aquest cas la pilota) i $C_x=0,1$ és el coeficient de forma d'una esfera. Per saber-ne més vegeu les referències de la secció "**Enllaços d'interès**". Tenint en compte que el diàmetre de la pilota és $d=3,77 \cdot 10^{-2}$ m, la seva secció serà:

$$S = \pi R^2 = \pi(3,77 \cdot 10^{-2} / 2)^2 = 11,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

i, per tant, la força de fricció F_F resulta:

$$\begin{aligned} F_F &= 1/2 \rho v^2 S C_x = \\ &= 1/2 \cdot 1,225 \cdot v^2 \cdot 11,16 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 = \\ &= 6,8355 \cdot 10^{-5} v^2. \end{aligned}$$

La massa de la pilota és $m = 2,12 \cdot 10^{-3}$ kg, per la qual cosa així el seu pes és:

$$\begin{aligned} P &= m g = 2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = \\ &= 2,078 \cdot 10^{-2} \text{ N}. \end{aligned}$$

Igualant $F_F = P$, tenim

$6,8355 \cdot 10^{-5} v^2 = 2,078 \cdot 10^{-2}$, i aïllant la velocitat, obtenim:

$$v = 17,43 \text{ m/s} = 62,3 \text{ km/h}$$

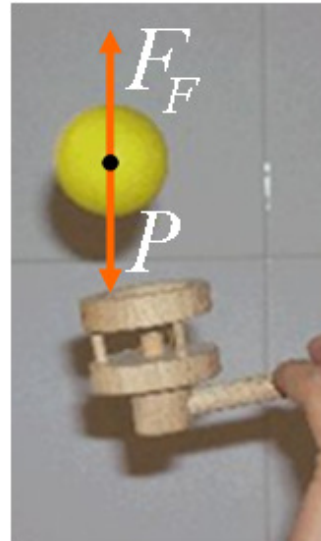


Fig. 3:

Per tant, cal bufar amb una velocitat de **62 km/h** per mantenir la pilota de ping-pong en equilibri. Ara, tornant a la tradicional festa de l'ou com balla, podem preguntar-nos:

Quina hauria de ser la velocitat de l'aigua per mantenir la pilota sobre el brollador?

Respecte als càlculs anteriors, l'únic que canvia és la densitat. Ara hem de prendre la de l'aigua $\rho_{\text{aigua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Igualant $F_F = P$ tenim ara
 $0,0558v^2 = 2,078 \cdot 10^{-2}$, i aïllant la
 velocitat obtenim:

$$v = 0,61 \text{ m/s} = 2 \text{ km/h}$$

Per tant, l'aigua que està en contacte amb la pilota ha d'anar a només **2 km/h**. En ser la densitat de l'aigua molt més gran que la de l'aire, la velocitat pot ser molt més petita.



Fig. 4:

Proposta didàctica

Amb alumnes de batxillerat, mentre estem estudiant la dinàmica i més concretament les lleis de Newton, podem dur a terme l'experiència de la pilota de ping-pong a l'aula (com a element motivador). Posteriorment podem proposar als alumnes que resolguin a casa les dues qüestions de l'article donant-los només l'expressió matemàtica (1), que permet calcular la força de fricció d'un objecte en moviment dins d'un fluid. Els alumnes hauran d'aplicar la segona llei de Newton i cercar les dades necessàries per a la resolució matemàtica (mides i massa de la pilota, densitat de l'aire i de l'aigua).

És molt important que tinguin cura d'utilitzar correctament les unitats (sovint les densitats les trobem expressades en g/cm^3) i que analitzin la coherència del resultat obtingut.

També els podem demanar que calculin aproximadament la velocitat de l'aigua de les fonts que aguanten en equilibri els ous en aquesta festa tradicional barcelonina.

Altres


Segurament, algun alumne es preguntarà perquè la pilota o l'ou es mantenen en equilibri i no cauen cap als costats. Si cap alumne ho qüestiona, sempre podem fer nosaltres la pregunta.

Aquesta qüestió seveix per fer alguna experiència molt senzilla i per parlar força estona sobre l'aerodinàmica. Algunes propostes:

- A més velocitat, la pressió augmenta o disminueix?
- Experiència de bufar fort entre dos fulls de paper.
- Experiència de bufar fort per sobre un full de paper.
- Perquè vola un avió?
- Funcionament de la trompa de buit del laboratori de química (efecte Venturi)

Amb tot, per desenvolupar aquest tema caldria tot un altre article.

Enllaços d'interès

- "Resistencia aerodinámica" Wikipedia : http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_aerodinámica
- Jou, D. "La força de l'aire". Revista Ciències núm. 2: <http://ddd.uab.cat/pub/ciencies/16996712n2p34.pdf>



Jaume Pont

Professor de Física i Química a l'INS Lluís de Peguera de Manresa.

Membre i coordinador del Grup d'Intercanvi d'Experiències de Física i Química de la Catalunya Central.

Adreça electrònica: jpont@xtec.cat