

FICHA DE PROYECTO 2017

TÍTOL : La clepsidra. Construcció d'un rellotge d'aigua.	
Centre: IES Ausiàs March - Gandia	Curs y Cicle (ESO/BAT/CFGM): 4 ^º ESO
Categoria de concurs: ☒ FÍSICA (demos. i experiments)	
Nom del professor/a tutor/a: Francisco Savall Alemany	
Nom i cognoms dels participants (4 màxim)	
Asensio Martínez, Lucia	Bertomeu Bartual, Silvia
Godoy Usó, Vera	Jiménez Balbastre, Alba

Resum breu del projecte i objectius

L'objectiu de la nostra investigació és construir un rellotge que aprofite un flux d'aigua constant per mesurar el pas de temps. Per fer-ho hem construït i calibrat un dispositiu, a partir d'una botella d'aigua, que aporta un flux constant de líquid. A continuació, hem acoblat aquest dispositiu a un mecanisme amb forma de rellotge que mesura el temps.

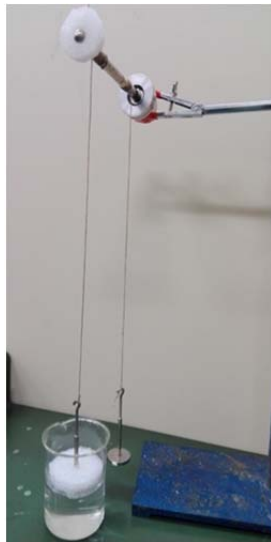


Figura 1: Flascó de Mariotte. Dispositiu que permet obtenir un flux d'aigua constant. L'aire entra en la botella per un tub vertical que penetra fins a una determinada profunditat. L'aigua ix per un tub estret situat en la part inferior esquerra. La figura 3 mostra un esquema que permet visualitzar millor l'estructura interior.

Figura 2: Muntatge que permet mesurar el temps. Un vas de precipitats recull l'aigua que ix de la botella, que fa pujar un portapeses. Un segon portapeses fa girar un eix horitzontal al qual hi ha adherit una "maneta".

Material i muntatge

La primera part del nostre treball ha consistit en construir un dispositiu (anomenat flascó de Mariotte) que done un flux d'aigua constant. Per fer-ho, hem agafat una botella d'aigua i li hem fet un forat menut, d'aproximadament 1 mm de radi, en la part baixa i li hem acoblat un tub de vidre. Per aquest forat eixirà l'aigua de la botella. En el tap de la botella hem obert un altre forat, d'aproximadament 2 mm de radi, i li hem acoblat un tub de vidre que permet l'accés de l'aire a mesura que la botella es buida. Aquest dispositiu queda com mostra la figura 1. Modificant la distància que separa el forat d'eixida de l'aigua de l'extrem inferior del tub vertical aconseguim canviar el flux, aspecte que expliquem amb més detall en el següent apartat. Ara ens queda acoblar aquest dispositiu a un mecanisme que aprofite el flux per mesurar el transcurs del temps.

El muntatge que permet mesurar el pas del temps es mostra en la figura 2. En la part inferior esquerra hi ha un vas de precipitats que recull l'aigua que ix de la botella. Com el flux que aporta és constant el nivell de l'aigua dins del vas ascendirà a velocitat constant. Dins del vas posem un portapeses enganxat a un suro i tot això lligat a un fil que puja fins a un eix horitzontal d'1cm de diàmetre. A l'altre costat de l'eix i enrollat en sentit contrari hi ha un segon fil del qual penja un segon portapeses. A mesura que l'aigua cau en el vas de precipitats el portapeses que hi ha a l'interior ascendeix i el segon portapeses fa que l'eix horitzontal gire. En l'extrem d'aquest eix enganxem una «maneta» i un disc que completen l'estructura del rellotge. Si aconseguim que l'eix faça una volta completa en 1 minut tindrem un rellotge bàsic.

Tenint en compte que el radi de l'eix és de 0,5 cm, es necessita que el portapeses que hi ha en el vas de precipitats ascendisca 3,14 cm cada minut per a què l'eix faça una volta completa en aquest temps. Considerant que el radi del vas de precipitats és de 3,25 cm, es necessita un volum d'aigua per minut de. Ara hem de calibrar «la botella» per a què ens aporte aquest flux.

$$V_{aigua} = S_{vas} \cdot h = \pi R_{vas}^2 \cdot h = \pi \cdot 3,25^2 \cdot 3,14 = 104,14ml$$

Fonamentació: Principis físics involucrats i la seua relació amb aplicacions tecnològiques

El teorema de Bernoulli indica que per a un corrent de fluid no viscos es compleix l'equació $P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = ct$. Si apliquem aquesta en els punts 1 i 2 (veure figura 3) arribem a:

$$P_{atm} + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_{atm} + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

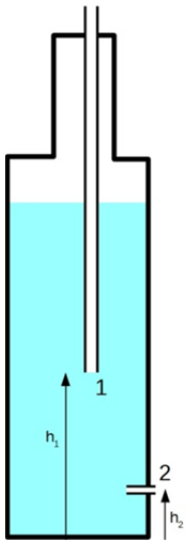


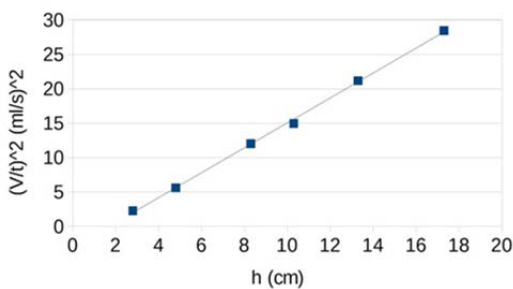
Figura 3: El punt 1 (entrada d'aire) es troba a una altura h_1 i el punt 2 (eixida de l'aigua) a una altura h_2 . Ambdós punts es troben a pressió atmosfèrica.

Tenint en compte que v_1 és molt menor que v_2 , podem escriure que $\rho g h_1 = \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \rightarrow v_2 = \sqrt{2g\Delta h}$, expressió coneguda com llei de Torricelli. Arribem així a què la velocitat a la que ix l'aigua depèn de l'altura de l'orifici 1 respecte a l'orifici 2. El flux d'un fluid a través d'un conducte es defineix com $\phi = S \cdot v$, on S és la secció del conducte i v la velocitat del fluid. Substituint l'equació (1) en (2) obtenim:

$$\phi_2 = S_2 v_2 = S_2 \sqrt{2g\Delta h} \rightarrow \phi^2 = 2S_2^2 g \Delta h$$

Per a una secció fixa, el flux depèn de Δh . Ajustant el tub vertical a la profunditat adequada podem aconseguir un volum d'aigua de $104,19 \text{ cm}^3$ per minut, la necessària per fer girar la maneta del rellotge a un ritme d'una volta per minut.

Figura 4: Representació gràfica del flux al quadrat en funció de l'altura a què es troba l'entrada d'aire.



Funcionament i Resultats: observacions i mesures

Hem usat tubs de diferents longituds per modificar Δh i hem mesurat, per a cada cas, el flux d'aigua que aportava la botella. Els resultats obtinguts es mostren en la taula 1.

En representar gràficament ϕ^2 en funció de Δh obtenim la gràfica de la figura 4. L'equació de la recta de regressió és $\phi^2 = 1,81\Delta h - 3,07$, amb un valor de $R^2 = 0,998$.

Δh (cm)	ϕ (cm ³ /s)	ϕ^2 (cm ⁶ /s ²)
2,8	1,50	2,25
4,8	2,37	5,60
8,3	3,46	12,00
10,3	3,87	14,95
13,3	4,60	21,16
17,3	5,33	28,44

Taula 1: Flux de l'aigua a través de l'orifici inferior en funció de l'altura a què es troba l'entrada d'aire.

El valor de R^2 és molt pròxim a 1, la qual cosa ens indica que les dades s'ajusten correctament a una recta, com calia esperar. Ara, amb aquesta equació, podem calcular la diferència d'altures que ens proporciona un volum de $104,19 \text{ cm}^3/\text{min}$, i arribem a un valor de $\Delta h = 3,4 \text{ cm}$.

Després d'introduir un tub vertical en la botella que ajustara la diferència d'altures al valor calculat hem posat en funcionament

el nostre rellotge i hem comprovat que la maneta gire amb un ritme constant i que faça una volta completa en 1 minut i 3 segons.

Aquests 3 segons d'error suposen un error relatiu d'un 5%, valor que considerem acceptable si tenim en compte la dificultat de construir un tub de la mida exacta, a més de controlar altres imprecisions.

Conclusions

Aprofitant el teorema de Bernoulli hem aconseguit calibrar un dispositiu que ens proporciona un flux d'aigua constant i que permet, després d'acoblar-lo a un segon mecanisme, mesurar el temps. Som conscients de què el nostre muntatge té un error relatiu d'un 5%, aspecte que ens resultarà difícil de millorar atenent als materials i procediments que estem usant. A més del treball orientat a reduir aquest error, també treballem en altres dos objectius:

- La millora estètica del rellotge.
- La construcció d'un rellotge que mesure una hora, i que esperem poder presentar en la fira-concurs.

Bibliografia

BELÉNDEZ VÁZQUEZ, Augusto, et al. "El frasco de Mariotte: vaciado de un depósito a velocidad constante". En: Experiencias de innovación docente en la enseñanza de la Física Universitaria 3.0 / Enrique Arribas y Alberto Nájera (eds.). Albacete : Lulu Enterprises, 2013. ISBN 978-1-291-43632-7, pp. 99-11. <http://hdl.handle.net/10045/30418>

Franco, A. Curso de Física en Internet. http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/_fluidos/dinamica/vaciado/vaciado.html