

Tecnologia dels avions de paper

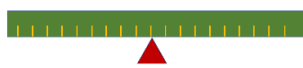


L'avió de paper, suspès a l'aire, planejava elegantment. En el moment de tocar a terra va esclatar una explosió de crits i aplaudiments: en Ken Blackburn¹ havia aconseguit el rècord mundial de temps de vol: 27,6 segons!

Sembla mentida la quantitat d'enginyeria i de física que pot haver-hi en un full de paper doblegat en forma d'avió... nosaltres anem a fer-ne un tastet. Investigarem com afecta en el seu vol l'angle de llançament i el punt on concentrem la major part del seu pes.

Una mica de teoria

Després d'una infància envoltat d'avions de paper, en Ken Blackburn va estudiar enginyeria aeroespacial... i ara ens pot explicar la ciència darrera el vol dels seus avions de paper¹. Hi ha dos factors determinants per dissenyar l'avió de paper guanyador de tots els rècords de vol: la forma de les seves ales i el punt on està concentrat la major part del seu pes: el que anomenem centre de gravetat o centre de masses. Però com ell mateix diu hi ha una altra cosa tan important com el disseny de l'avió: la forma de llançar-lo!



Comencem pel centre de masses. Aquest és un punt molt especial de qualsevol objecte. Si fem bascular un regle, el seu centre de masses serà el punt pel qual el regle estarà en equilibri. En el cas dels avions de paper, el podem canviar d'una forma molt senzilla: podem afegir pes a la punta de l'avió si el volem desplaçar cap endavant. Si el volem cap enrere l'únic que ens cal és moure aquest pes cap a la cua. I quin és el punt òptim? Doncs quant més cap al davant més estable serà l'avió... però caurà a terra més ràpidament i farà un vol més curt. El punt òptim es pot trobar... només després de moltes proves!



Hi ha dos factors principals que determinen l'èxit d'un llançament d'un avió de paper: la velocitat i l'angle amb el qual el llencem. Nosaltres us oferim dues llançadores amb angles de 8° i 45° que impulsen els avions a la mateixa velocitat, per poder comparar els dos angles de llançament... Abans de continuar us proposem que penseu quin dels dos angles farà volar més lluny als nostres avions!

¹ Podeu trobar tota la informació sobre aquest record, i sobre com fer l'avió de paper guanyador del record Guinness al web d'en Ken Blackburn: www.paperplane.org Aquest web també us farà cinc cèntims sobre la (complicada) aerodinàmica darrera els avions de paper!

El nostre experiment

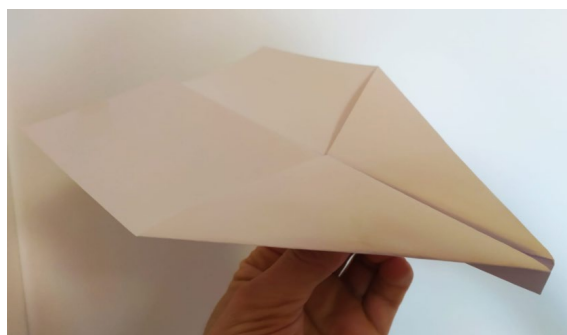
Per tal de poder investigar el vol dels avions de paper el primer que haurem de fer és... un avió de paper. Per tal que tots els que fem siguin (més o menys) iguals seguirem les instruccions que trobareu, juntament amb les plantilles impreses, a les taules a l'inici de la prova. Cadascun i cadascuna farem *dos avions de paper* en les taules que tenim a l'exterior del lloc on farem els llançaments. Un dels avions el deixarem tal com està i a l'altre li enganxarem una anella de ferro a la punta. Un cop fets els avions, serà el moment d'accedir al terreny de llançament!



Us presentem la nostra llançadora d'avions. A cada taula en tindreu dues: cadascuna amb un angle diferent... ara només cal que feu dos llançaments amb cadascun dels dos avions que teniu: un sense pes, i l'altre amb el pes a la punta.

Mesurem!

Abans de començar cal que fem els dos avions de paper. Els podeu fer utilitzant les taules que trobareu abans d'entrar a la zona de llançament. Trobareu el paper i les instruccions per fer-lo en aquestes taules. És molt important seguir les instruccions exactament per tal que l'avió es pugui llençar amb la llançadora que utilitzareu.

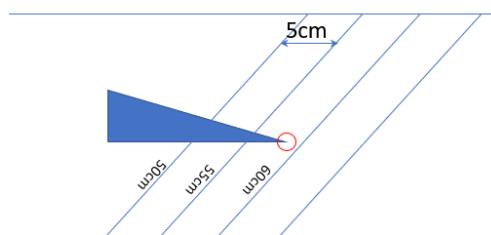


Un cop heu fet els dos avions de paper, escolliu un d'ells i enganxeu amb cel·lo una anella de metall, Aquesta anella la podeu demanar als monitors que trobareu a les taules on es pleguen els avions de paper. Un cop tingueu fet els dos avions: un amb l'anella de metall enganxada i l'altre sense, podeu entrar a la zona de llançament!



Comencem l'experiment! Per tal de llençar els dos avions que porteu cadascuna i cadascun del vostre grup us dirigireu a una taula on trobareu dues llançadores inclinades 8° i a 45° sobre un suport de fusta. La idea és llançar els dos avions que porteu dos cops utilitzant la llançadora a 8° i altres do amb la de 45° . La distància assolida en cada llançament l'heu d'apuntar a la taula que trobareu a la pàgina. Per tant, els passos a seguir són els següents:

- Escolliu l'avió sense cap pes
- Poseu la punta de l'avió a la ranura de la llançadora i aneu empenyent l'avió per la cua fins que el motor agafi l'avió i surti volant
- Un cop ha aterrat apunteu a la taula de la pàgina següent a quina distància ha arribat. La distància que apuntarem serà la que marca la punta de l'avió.
- Per fer això fixeu-vos en les línies que teniu marcades cada cinc centímetres a terra. Apuntarem el valor de la línia més propera a la punta de l'avió. En el cas de la figura, apuntaríem 60cm.



T1.- Avions de paper

VISIONS: STEAM-FÒRUM

Podeu apuntar les dades de cadascun dels vostres llançaments a la següent taula:

	Llançadora a 8°		Llançadora a 45°	
	Sense pes	Pes a la punta	Sense pes	Pes a la punta
Llançament 1 Distància (cm)				
Llançament 2 Distància (cm)				

Us animem també a pujar els vostres resultats a la xarxa!

Podeu pujar els resultats dels vostres llançaments en la pàgina web que us indiquem amb el codi bidi. En acabar l'activitat farem els resultats públics i us ensenyarem les estadístiques de tots els vostres llançaments!

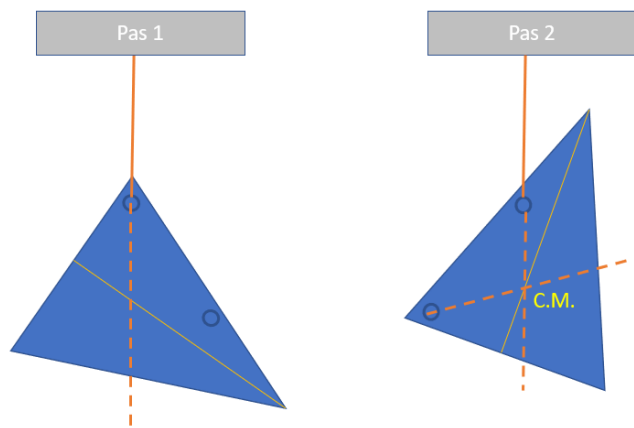


<https://visions.upc.edu/ca/steam-forum/activitats/estadistiques/estadistica-avions-de-paper>

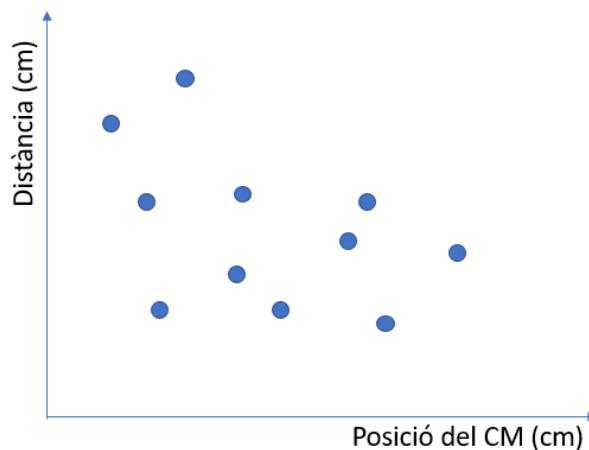
Vull saber més!

... determinem el centre de masses

Un cop a classe podeu determinar el centre de masses del vostre avió de paper amb molta exactitud i així estudiar com afecta al seu vol. Per fer-ho l'únic que cal fer és penjar-lo amb un cordill des d'un punt qualsevol. Preferentment des d'un extrem d'una ala propera a la punta tal com indica el dibuix. Un cop penjat traceu una línia que continuï amb la vertical de la corda. Un cop fet això preneu un altre punt de l'ala, aquest cop proper a la cua i repetiu el procés. El punt on es creuin les dues línies serà el centre de masses.



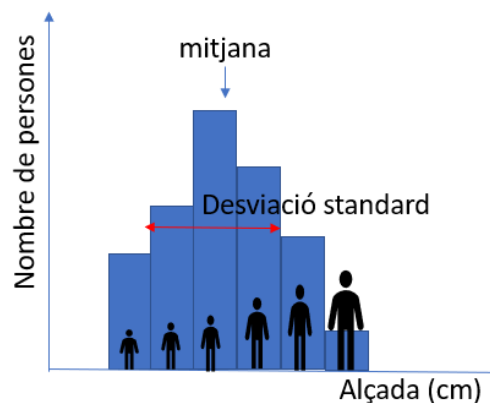
Com que teniu les dades de tota la classe, ara podeu mirar de trobar quina és la mitjana del centre de masses dels vostres avions... o encara més interessant! Podeu representar la distància que han volat tots els vostres avions en funció de la posició del centre de masses mesurat des de la punta... i estareu fent una anàlisi molt semblant al que es fa a "Big Data".



... mesurar molt és mesurar millor

El nostre cervell ens enganya. Ens fa fer coses o ens fa tenir por per motius que, de fet, són altament improbables. La por a volar després d'arribar en cotxe a l'aeroport és un bon exemple: és molt més probable tenir un accident de cotxe que d'avió. Per tant: el nostre cervell no és estadístic... i això és un problema!

Per tal de poder prendre decisions tan racionals com sigui possibles és convenient basar-se en moltes dades: quantes més millor! I això es el que fa l'estadística: ens mostra què diuen les dades i amb quina exactitud. Imaginem, per exemple, que mesurem l'alçada de moltes persones.



La **mitjana** de l'alçada de moltes i moltes persones, ens dóna una idea de quina és l'alçada més probable que pot tenir un ésser humà. Aquesta frase, però, és molt perillosa i té moltes excepcions²... el que no té excepcions és la seva definició matemàtica. Si mesurem l'alçada h de N persones, l'alçada mitjana serà:

$$h_{mitjana} = \bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_N}{N}$$

L'alçada mitjana de les dones de més de 18 anys al món és $164,7\text{cm}^3$, però... quantes en podem trobar d'un metre, o d'un metre vuitanta? O són totes les dones exactament de la mateixa alçada???

La resposta ens la dóna la **desviació estàndard** o desviació tipus que designem amb la lletra grega sigma σ . Una desviació estàndard gran ens dirà que hi ha una gran variabilitat d'alçades. Si és molt petita, en canvi, ens diria que totes les dones tenen exactament la mateixa alçada. Per si us ho esteu preguntant, la desviació estàndard de les alçades de les dones al món és de 7 cm.

² Quan el número de cops que mesures és infinit això es estrictament cert: la distribució de l'estadística tindrà una forma de campana... que s'anomena de Gauss. (Teorema del límit central)

³ Les dades les podeu trobar a <https://ourworldindata.org/human-height#height-is-normally-distributed>

Per calcular la desviació estàndard al quadrat, restarem a cada dada la mitjana, l'elevarem al quadrat, i després dividirem entre el nombre de dades N... millor ho escrivim:

$$\sigma_{alçades}^2 = \frac{(h_1 - \bar{h})^2 + (h_2 - \bar{h})^2 + (h_3 - \bar{h})^2 + \dots + (h_n - \bar{h})^2}{N}$$

Posem ara a treballar a l'estadística! Us proposem la següent activitat amb les dades de tota la classe (o si teniu temps i paciència, les que pengem a internet).

Sou la presidenta o el president de la famosa empresa d'avions de paper Aerosteam. Els clients volen saber quina és la distància a la qual volen els vostres avions de paper (sense l'anella). Per tant:

- Quina és la distància mitjana a la qual arriben els vostres avions quan els llencem amb angles de 8° i 45°?
- Quina fiabilitat podeu oferir de la distància que dones als vostres clients? (calculeu la desviació estàndard!)

Un dia apareix l'enginyera tota esvarada. Posant una anella a la punta de l'avió encara volen més lluny! Això vol dir que podem augmentar el preu dels avions!!! Per tant us poseu a fer experiments amb avions que tenen una anella a la punta:

- Quina és la nova distància mitjana a la qual volen els vostres avions amb anella quan els llencem als angles de 8° i 45°?
- ... i més important: *aquest guany és significatiu??* (torneu a calcular la desviació estàndard!)

Aquesta mena de preguntes són les que es fan empreses i governs en el seu dia a dia... i malauradament no sempre es prenen les decisions basades en fets! Fins i tot quan es prenen decisions basades en estadístiques només es té en compte la mitjana... però ningú es pregunta si els resultats son significatius... tothom oblida la pobra desviació estàndard 😞.

En el nostre cas si el guany és de 5cm en mitjana, però resulta que la nostra desviació és de 10 cm... doncs no haurem guanyat gaire: molts avions amb un pes a la punta avançaran menys distància que els que no tenen cap pes... Però si la desviació estàndard és d'un centímetre, gairebé tots els avions amb un pes a la punta cauran més lluny que els que no el tenen!!!