

Spain



ENGINYERIA D'ASTRONAUS
Naus espacials en òrbita

IA-SB-04-C

Ampolla de reacció

Aplicació de les lleis
de Newton a coets



En aquesta activitat es barreja alcohol amb aire dins d'una ampolla gran de plàstic (de les utilitzades per envasar aigua) i després se'n provoca la ignició per reproduir els principis físics dels motors coet químics. L'activitat pot consistir en una demostració per part del docent o en un experiment perquè el realitzi l'alumnat, i en cada cas se seguiran procediments diferents. L'alumnat presenciarà una reacció ràpida acompanyada per un estrepitós «brunzit» i flames. A continuació els estudiants debatran les similituds i diferències entre la reacció obtinguda al laboratori i la reacció que es produeix als motors de coets. L'activitat conclourà amb l'aplicació matemàtica de les lleis de la dinàmica de Newton per part de l'alumnat al que acaben d'observar.

SUMARI

- 3** Dades bàsiques
- 4** Introducció
- 6** Activitat 1. Crema combustible, crema!
- 10** Activitat 2. Aplicació de la segona llei de Newton a coets
- 12** Fitxes de treball per a l'alumnat
- 19** Enllaços d'interès

IA-SB-04-C

Ampolla de reacció

Aplicació de les lleis de Newton a coets

1ª Edició. Juny 2020

Guia per al professorat

Cicle
Secundària i batxillerat

Edita
ESERO Spain, 2020 ©
Parque de las Ciencias. Granada

Traducció
Mercè Pallarols i Hortal

Direcció
Parque de las Ciencias, Granada.

Crèdits de la imatge de portada:
ESA. Anu Ojha

Crèdits de la imatge de la col·lecció:
NASA/ESA/ATG Medialab

Basat en la idea original:
WHOOSH BOTTLE
Applying Newton's laws to rockets
Colección "Teach with space". ESA Education

Idea desenvolupada per a l'ESA per
la National Space Academy (NSA, Regne Unit)



Vídeo demostratiu de
l'activitat
Ampolla de reacció
"Whoosh bottle"



Objectius didàctics



L'ALUMNAT APRENDRÀ:

- Com funcionen els motors de coet químics.
- A aplicar les tres lleis de la dinàmica de Newton als motors coet.
- La relació entre empena i acceleració.
- A realitzar càlculs relacionats amb força.

L'ALUMNAT REFORÇARÀ:

- La capacitat per aplicar els coneixements adquirits a través d'observacions experimentals per resoldre problemes teòrics.
- La capacitat per treballar amb seguretat en un laboratori.



45 min.

Matèria

Física i Química

Interval d'edats

De 14 a 17 anys

Tipus d'activitat

Demostració pràctica o activitat amb l'alumnat

Dificultat

Fàcil

Lloc per realitzar l'activitat

Laboratori

Termes clau

Física: llançament de coets, força d'acció i reacció, lleis de Newton. Química: reaccions de combustió

Inclou l'ús de

Combustibles molt inflamables (etanol o altre alcohol)

Temps de preparació docent

20 minuts*

* Per llegir l'activitat.

Ampolla de reacció

Coneixements científics



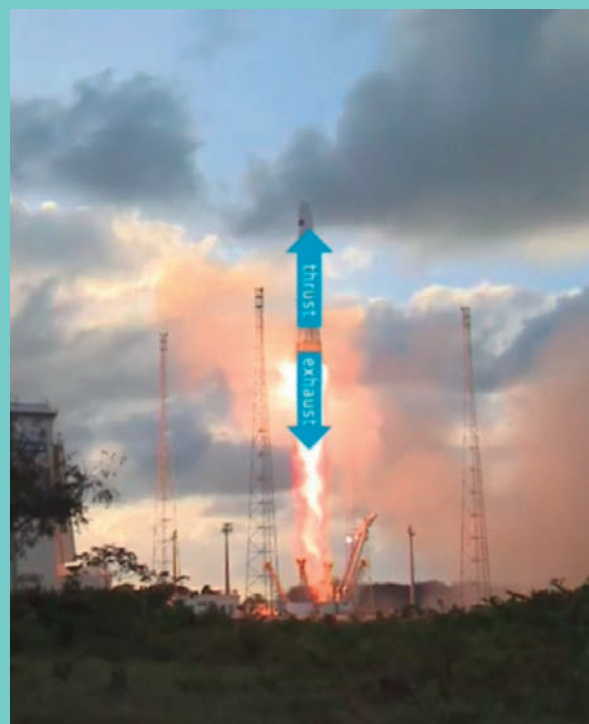
- Entendre les forces és fonamental per saber com i per què es mou la matèria a l'univers. Els efectes de les forces es poden descriure mitjançant les lleis de la dinàmica de Newton.

En aquesta activitat s'apliquen les lleis de Newton a la ciència dels coets:

- **Primera i segona lleis de Newton:** la força resultant sobre el coet (l'empenta menys el conjunt total de les forces que actuen en sentit contrari) causa una acceleració que es pot calcular aplicant la segona llei de Newton $F = ma$, i introduint-hi la massa del coet. A mesura que avança la combustió en el motor de cada etapa del coet, la massa del coet es redueix mentre el motor va expulsant els productes de la reacció química. Això significa que l'acceleració que es produeix a cada etapa per una empenta donada augmenta amb el temps.
- **Tercera llei de Newton:** quan un motor coet expel·leix gasos d'escapament en un sentit, els gasos expulsats exerceixen una força igual i oposada contra el coet. Això s'anomena la força de reacció o força d'empenta produïda pel motor. La reacció impulsa el coet cap amunt en sentit oposat al terra.

Un model més realista d'aquest concepte es pot estudiar mitjançant l'aplicació de la versió completa de la segona llei de Newton (la força és proporcional al ritme al qual canvia la quantitat de moviment). Si això es combina amb la tercera llei de Newton, es veu que es pot aconseguir una empenta més gran si:

- A** Es maximitza la massa dels gasos d'escapament que s'expulsen per segon.
- B** Es maximitza la velocitat del gas d'escapament.
- C** Es minimitza el temps en el qual tot això té lloc. ●





1ª Llei de Newton

Si sobre un objecte no actua cap força neta (o RESULTANT), aleshores aquest objecte es quedarà en repòs o seguirà movent-se amb una velocitat constant (és a dir, viatjarà en línia recta amb una celeritat constant). Es necessiten forces per alterar la celeritat o la direcció de qualsevol objecte.

Es produeix un equilibri quan la força resultant (o neta) sobre un objecte val zero. Si un objecte s'accelera (és a dir, si canvia de direcció de moviment o de celeritat, o totes dues coses) és perquè ha d'haver-hi una força resultant que actuï sobre seu.

2ª Llei de Newton

La força neta que actua sobre un cos és proporcional al ritme al qual canvia la seva quantitat de moviment: $F = ma$, on F es mesura en newtons (N).

La segona llei de Newton resol com una força resultant altera el moviment d'un objecte.

3ª Llei de Newton

Si el cos A exerceix una força sobre el cos B, aleshores a través d'aquest procés el cos B exercirà una força igual i oposada sobre el cos A.

Això sol expressar-se com «tota acció té una reacció igual i oposada». Les forces es produeixen per parells i cap objecte pot exercir una força sobre si mateix de manera aïllada.

Pàgina anterior. De dalt a baix: per llançar un coet a l'espai fa falta un impuls suficientment intens. Imatges del vídeo demostratiu de l'experiment de l'ampolla de reacció (The Whoosh bottle Classroom Demonstration Video).

thrust = empena

exhaust = gas d'escapament



ACTIVITATS

01

CREMA, COMBUSTIBLE, CREMA!

Descripció

Aquesta activitat consisteix en fer que una barreja d'aire i alcohol entri en ignició a dins d'una ampolla, per reproduir el que té lloc amb la ignició dels combustibles durant el llançament d'un coet.

Resultat

L'alumnat observarà una reacció veloç acompanyada per un estrepitós brunzit i flames, fet que els revelarà la gran quantitat d'energia que alliberen les reaccions de combustió.

Requisits

Cap.

Temps

25 minuts.

02

APLICACIÓ DE LA SEGONA LLEI DE NEWTON A COETS

Descripció

Per llançar un coet a l'espai ha d'haver-hi prou empena com per contrarestar la gravetat.

Resultat

En aquesta activitat l'alumnat aplicarà la segona llei de Newton a coets per calcular la quantitat de combustible que necessita un coet per generar l'empena necessària per al seu llançament.

Requisits

Cap.

Temps

20 minuts.

ACTIVITAT 1

Crema, combustible, crema!



25 min.

Exercicis

1



Aquesta activitat consisteix en fer que una barreja d'aire i alcohol entri en ignició a dins d'una ampolla, per reproduir el que té lloc amb la ignició dels combustibles durant el llançament d'un coet. L'alumnat observarà una reacció veloç acompanyada per un estrepitós brunzit i flames, fet que els revelarà la gran quantitat d'energia que alliberen les reaccions de combustió. Els motors coet químics aprofiten les altes pressions i temperatures de la combustió per accelerar els gasos d'escapament i impulsar el coet cap amunt.

MATERIAL NECESSARI

- 1 o més ampolles d'aigua grans de plàstic com les que utilitzen les màquines dispensadores d'aigua (d'uns 20 litres)
- 15 ml d'alcohol desnaturalitzat industrial (més econòmic) o d'alcohol pur (més car)
- Llumins i varetes de fusta
- Ulleres de seguretat
- Un metre de fusteria (el llumí o vareta de fusta s'haurà de fixar a l'extrem d'aquest metre perquè qui realitzi la demostració es mantingui a una distància segura en el moment d'encendre l'ampolla d'aigua gran)
- 1 parell de guants d'alta protecció

SEGURETAT

- L'etanol (i tot altre alcohol en cas d'utilitzar-se) és una substància molt inflamable. **No l'utilitzis en contacte directe amb flames.**
- Assegura't que les substàncies químiques inflamables, inclosos tots els alcohols, es desen en recipients tancats mentre no els utilitzes.
- **Porta posades** en tot moment les ulleres de seguretat.
- Comprova que les ampolles **no estan deteriorades o danyades**. Si tenen alguna esquerda, canvia-les per altres en bon estat.
- **Porta guants** posats en tot moment quan encenguis l'ampolla. Presta atenció per apartar el cos de la part superior de l'ampolla.
- Avisa l'alumnat i totes les persones presents sobre els possibles nivells de soroll i demana que qui tingui problemes d'audició **es protegeixi les orelles**.
- **No realitzis la demostració amb l'ampolla invertida** per intentar que l'ampolla de reacció surti disparada cap amunt.
- Segueix les **mesures generals de seguretat** dins del laboratori.

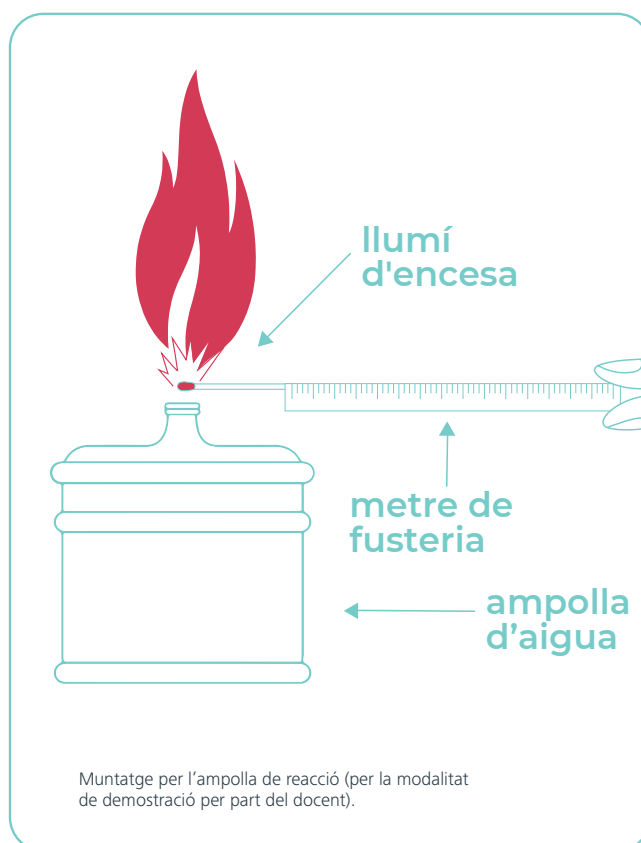
PREPARACIÓ DE L'EXPERIMENT

El vídeo amb la demostració a classe de l'experiment de l'ampolla de reacció (The Whoosh bottle Classroom Demonstration Video), disponible als enllaços d'interès i en el QR de la pàgina anterior, mostra tots els preparatius necessaris per realitzar aquesta activitat i descriu com dur-la a terme. El procediment que se segueix en aquesta guia docent dona informació sobre els materials requerits i instruccions perquè el docent realitzi aquesta activitat a mode de demostració a classe. Per realitzar aquesta activitat en forma d'experiment de laboratori amb l'alumnat s'hauran d'utilitzar ampolles de plàstic (d'envasar aigua) petites, tal com es proposa a la fitxa d'activitats per a l'alumnat.

La demostració es veu millor si es realitza en una habitació fosca.

EXERCICI

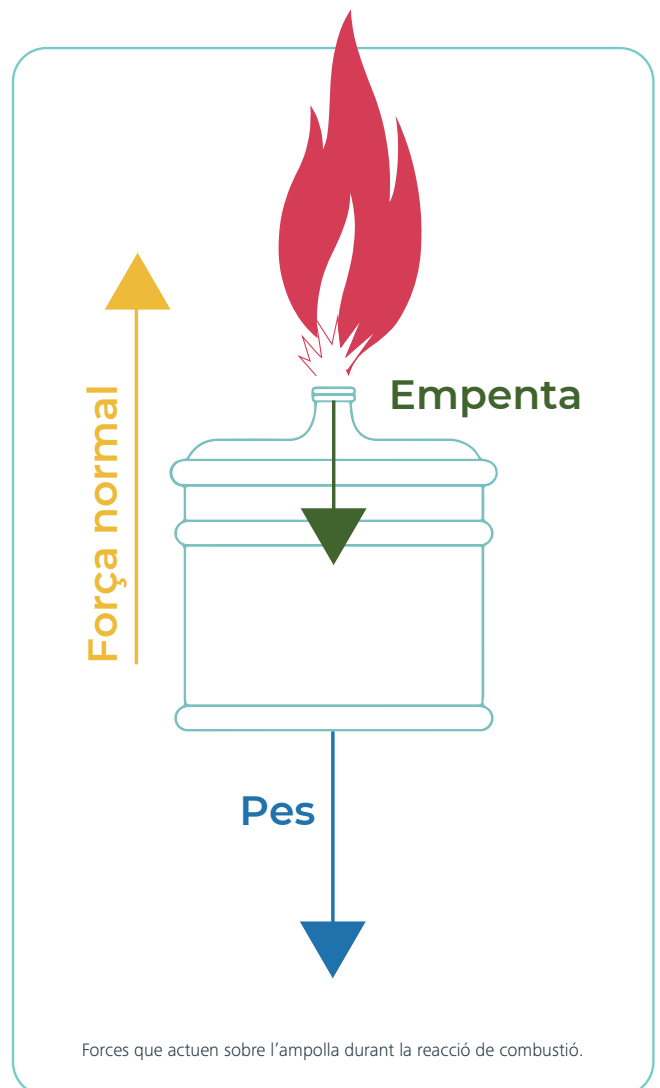
- 1 Posa't les ulleres de seguretat.
- 2 Retira el tap de l'ampolla d'aigua i assegura't que està completament seca.
- 3 Aboca a l'interior de l'ampolla uns 15 ml de combustible. Els combustibles adequats per a aquest experiment són alcohol desnaturalitzat, metanol, etanol, 1-propanol (alcohol propílic) o 2-propanol (alcohol isopropílic).
- 4 Torna a col·locar el tap i agita bé durant un minut com a mínim. El moviment servirà per a evaporar l'alcohol.
- 5 Si queda combustible al fons de l'ampolla, aboca'l a fora i torna a posar el tap. Assegura't que l'alumnat veu que ho fas.
- 6 Fixa un llumí llarg o una vareta de fusta a l'extrem d'un metre de fusteria i subjecta'l amb un angle lleugerament inclinat cap avall. Encén la vareta, retira el tap de l'ampolla i subjecta el regle de manera que l'extrem encès es trobi just damunt del coll de l'ampolla.
- 7 La reacció es produirà amb rapidesa i amb un fort estrèpit! Un cop conclouï la reacció, gira l'ampolla perquè quedi invertida i mostra a l'alumnat les gotes de líquid incolor que queden a l'exterior. Entrega'ls l'ampolla perquè se la passin els uns als altres i comprovin que està calenta, sobretot a la superfície superior.
- 8 Si disposes de més ampolles, podria ser interessant repetir l'experiment amb altres combustibles. Una altra opció consisteix en reutilitzar la mateixa ampolla després de renovar l'aire utilitzant una bomba de buit que funcioni a la inversa o després de bombejar aire net a l'interior de l'ampolla amb una bomba de bicicletes.



RESPOSTES

Respostes de les preguntes que ha de debatre l'alumnat.

- 1 **Explica per què s'ha d'agitar l'ampolla després d'introduir-hi l'alcohol.**
Per facilitar que l'alcohol s'evapori.
- 2 **La reacció va anar acompanyada d'un brunzit. Explica què causa aquest so.**
El brunzit apareix quan els gasos d'escapament es veuen obligats a sortir amb rapidesa per l'estreta obertura de l'ampolla. Això passa com a conseqüència de l'expansió del gas calent a dins de l'ampolla.
- 3 **Reflexiona sobre la tercera llei de Newton, identifica quines forces actuen sobre l'ampolla durant la reacció de combustió.**
Les tres forces implicades són:
 - El pes de l'ampolla
 - La força normal cap amunt (exercida pel terra)
 - L'empenta produïda pels gasos d'escapament (diòxid de carboni i vapor d'aigua). Aquests gasos s'expulsen cap amunt i surten de l'ampolla, per això la tercera llei de Newton ens diu que la força de reacció igual i oposada que actua sobre l'ampolla es dirigeix cap avall, cap a terra.
- 4 **Dibuixa un diagrama de força on es mostrin les forces que actuen sobre l'ampolla durant la reacció de combustió.**
Fixa't que la fletxa corresponent a la força normal cap amunt hauria de ser aproximadament igual a la magnitud combinada de la fletxa del pes i la fletxa de l'empenta.



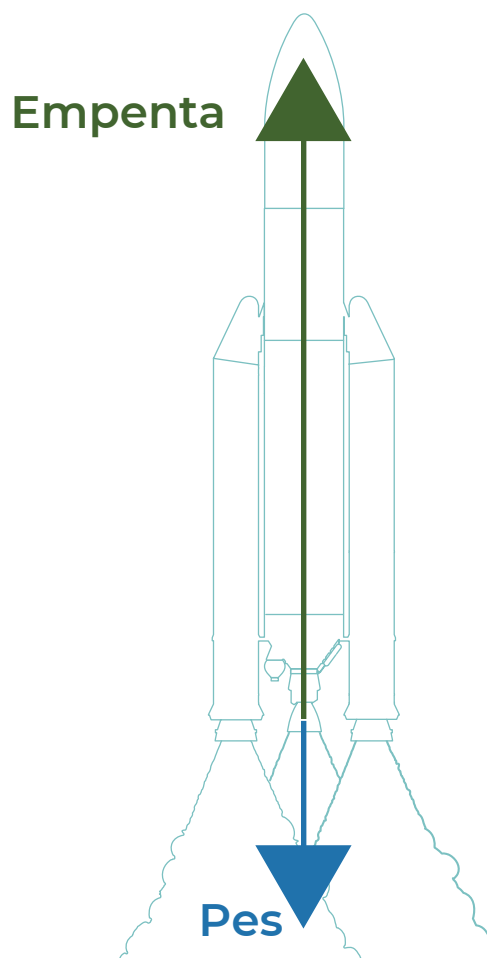
5 Traça un diagrama de força on es mostrin les forces que actuen sobre un coet en el moment del seu llançament, immediatament després d'abandonar el terra. Ignora la resistència de l'aire. Fixa't que la fletxa de l'empenta hauria de ser superior que la fletxa del pes.

6 Descriu les similituds i diferències entre els dos diagrames que has dibuixat.

Les forces són similars pel que fa a pes i empenta. Això no obstant, a l'ampolla, l'empenta que generen els gasos d'escapament es dirigeix cap avall, cap a terra, mentre que en el coet l'empenta es dirigeix cap amunt.

7 Explica els efectes de les forces en aquests dos exemples (l'ampolla de reacció i el coet).

En la pràctica, l'ampolla de reacció és una versió invertida del llançament d'un coet. En aquest cas, els gasos d'escapament produeixen una força cap avall (empenta) deguda a la tercera llei de Newton. Com que l'ampolla està recolzada a terra o damunt d'una taula, aquesta empenta actua en realitat sobre tota la massa de la Terra, fet que significa que no tindrà cap efecte. En el cas d'un coet, l'empenta es dirigeix cap amunt i actua únicament sobre la massa del coet i, per tant, li imprimeix una acceleració bastant elevada (primera i segona lleis de Newton). A mesura que el coet s'accelera a través de la baixa atmosfera, es produirà una resistència aerodinàmica considerable, sobretot durant els dos o tres primers minuts després del llançament, quan la velocitat és alta i l'atmosfera encara és bastant densa. A partir d'altituds de 120 km la resistència atmosfèrica es torna mínima. Tot i que les forces gravitatòries disminueixen amb la distància, mai desapareixen totalment.



Forces que actuen sobre un coet durant el seu llançament.

Activitat 2



20 min.

Exercicis

-

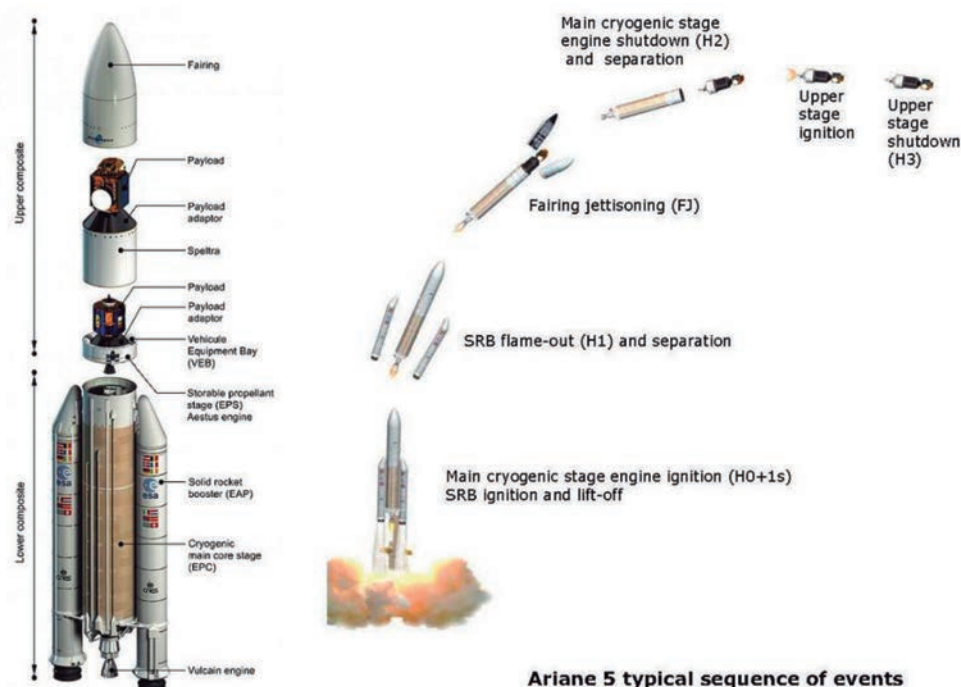
L'aplicació de la segona llei de Newton a coets

Per llançar un coet a l'espai ha d'haver-hi prou empenta com per contrarestar la gravetat. En aquesta activitat l'alumnat aplicarà la segona llei de Newton per calcular la quantitat de combustible que necessita un coet per generar l'empenta necessària per al llançament.

r

RESPOSTES DELS EXERCICIS

- 1 Un coet Ariane 5 ECA es troba a la plataforma de llançament de Kourou, a la Guaiana Francesa. La part inferior de l'Ariane 5 ECA està formada per l'etapa principal de nucli criogènic (EPC) i els dos acceleradors de propel·lent sòlid (EAP) (vegeu la figura 4). L'empenta que generen aquests motors ascendeix a 960 kN a l'etapa principal criogènica EPC, i a 6450 kN a cada un dels dos acceleradors de propel·lent sòlid que hi estan units. La massa total del coet situat a la plataforma de llançament és de 777 tones. Considera que l'acceleració deguda a la gravetat (g) ascendeix a 9.8 N/kg o 9.8 m/s^2 .
 - A Calcula la força resultant que actua sobre el coet. Pot ser que sigui útil dibuixar un diagrama de força. Ignora la resistència de l'aire.
Força resultant sobre el coet = 6.25 MN
 - B Calcula l'acceleració del coet en el moment del llançament.
Acceleració = 8.04 m/s^2
- 2 Suposa que el coet ascendeix en vertical durant els primers vint segons. Cada accelerador EAP utilitza 1.8 tones de propel·lent per segon i l'etapa principal EPC utilitza 0.3 tones de propel·lent per segon.
 - A Calcula la massa del coet després de 20 segons i calcula'n l'acceleració en aquell moment.
Massa del coet després de 20 segons:
 $777\,000 \text{ kg} - (2 \times 1.8 \text{ t} \times 1000 \text{ kg} \times 20 \text{ s}) - (0.3 \text{ t} \times 1000 \text{ kg} \times 20 \text{ s}) = 699\,000 \text{ kg}$
Acceleració instantània:
Empenta = $13\,860\,000 \text{ kg m/s}^2$
Pes = $699\,000 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 6\,850\,200 \text{ kg m/s}^2$
Força resultant = $13\,860\,000 \text{ kg m/s}^2 - 6\,850\,200 \text{ kg m/s}^2 = 7\,009\,800 \text{ kg m/s}^2$
Acceleració = força/massa = 10.03 m/s^2



Ariane 5 typical sequence of events

Seqüència habitual del llançament d'un coet Ariane 5.

- B** En realitat, l'acceleració del coet en aquest moment serà diferent de l'acceleració que has calculat. ¿Creus que el valor real serà superior o inferior? Justifica la teva resposta. Potser un nou diagrama de força t'ajudi a resoldre-ho.

A mesura que el coet s'accelera a través de l'atmosfera, la seva velocitat augmenta i, en conseqüència, augmenta també la fricció atmosfèrica. Això es deu al fet que la força de la fricció atmosfèrica és proporcional a la densitat de l'aire i també al quadrat de la velocitat. Això significa que a mesura que augmenta la velocitat a través de l'atmosfera, la fricció atmosfèrica és cada vegada més rellevant. Com a resultat, després de 20 segons de vol, l'efecte de la força de fricció és que la força resultant (empenta-fricció-pes) serà inferior a la força que resultaria si no hi hagués fricció (empenta-pes) i, per tant, l'acceleració serà menor que la que acabes de calcular. A mesura que el coet avanci a través de l'atmosfera, la densitat de l'aire es reduirà progressivament i, alhora, augmentarà la velocitat (i l'acceleració) del coet perquè, a més, el pes del coet disminueix a causa de l'esgotament dels propel·lents en els motors.

- 3** El manual d'instruccions de l'Ariane 5 dona dos valors per a l'empenta de l'etapa principal EPC (la qual es manté en funcionament durant nou minuts):

960 kN al nivell del mar

1390 kN al buit

Explica per què aquestes quantitats difereixen.

L'empenta que exerceix un motor coet depèn de la velocitat dels gasos que expulsa la càmera de combustió. La diferència de pressió entre els gasos a la càmera de combustió i l'atmosfera exterior circumdant és el que impulsa els gasos d'escapament cap a l'exterior de la càmera de combustió i genera l'empenta. Aquesta diferència serà màxima en un entorn al buit. I aquest és el motiu pel qual l'empenta al buit sempre és superior que l'empenta al nivell del mar.

ACTIVITAT 1

Crema, combustible, crema!

Els coets s'utilitzen des de fa segles. Els primers coets es van utilitzar a la Xina per produir focs artificials fa gairebé 1000 anys. Avui dia, els coets tenen nombroses aplicacions que inclouen portar astronautes a l'Estació Espacial Internacional, enviar sondes a l'espai per explorar el Sistema Solar i llançar satèl·lits a l'espai per situar-los en òrbita al voltant de la Terra. En aquesta activitat farem que una barreja d'aire i alcohol entri en ignició a dins d'una ampolla de plàstic per emular el que té lloc durant la ignició del combustible en el llançament d'un coet. Observaràs una reacció ràpida acompanyada per un estrepitós brunzit i flames, el que il·lustrarà la gran quantitat d'energia que alliberen les reaccions de combustió.

MATERIAL NECESSARI

- 1 ampolla petita de plàstic buida i amb tap *(com les que solen utilitzar-se per envasar mig litre d'aigua)*
- 1 ml d'alcohol desnaturalitzat o etanol *(o qualsevol altre combustible de la teva elecció)*

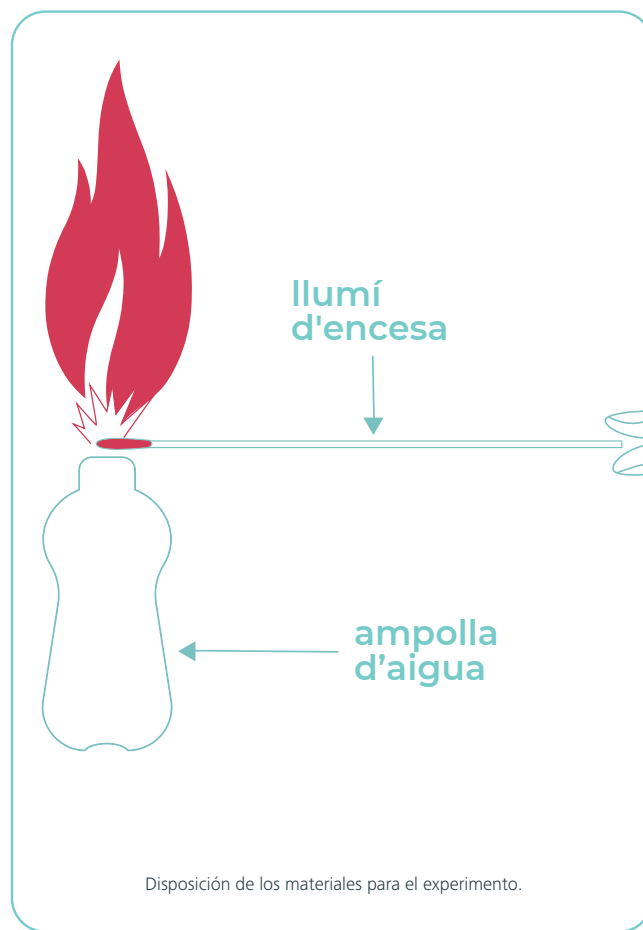
- Ulleres de seguretat
- 1 estora d'aïllament tèrmic
- Llumins de fusta llargs *(que només el docent utilitzarà)*

SEGURETAT

- L'etanol (i tot altre alcohol en cas d'utilitzar-se) és una substància molt inflamable. No l'utilitzis en contacte directe amb flames.
- Assegura't que les substàncies químiques inflamables, inclosos tots els alcohols, es queden en recipients tancats mentre no els utilitzes.
- Porta posades en tot moment les ulleres de seguretat.
- Comprova que les ampolles no estan deteriorades ni danyades. Si tenen alguna esquerda, canvia-les per altres en bon estat.
- Separa't de la part superior de l'ampolla de manera que el teu cos no estigui inclinat sobre seu.
- Segueix les mesures generals de seguretat a dins del laboratori.

EXERCICI

- 1 Posa't les ulleres de seguretat.
- 2 Retira el tap de l'ampolla de plàstic i assegura't que està completament seca.
- 3 Aboca-hi 1 ml de combustible.
- 4 Torna a col·locar el tap i agita-ho bé.
- 5 Si encara queda combustible al fons de l'ampolla, llença'l en un lloc segur i torna a posar el tap.
- 6 Col·loca l'ampolla dreta damunt d'una taula coberta amb l'estora d'aïllament tèrmic i espera que vingui el docent. Mantingues la taula sempre neta.
- 7 Quan el professorat hi sigui present, retira el tap de l'ampolla, aparta-te'n i fixa't en què passa quan el professorat apropa el llumí encès a la boca de l'ampolla.
- 8 Observa què passa; observa també què passa quan s'encenguin les ampolles de la resta de l'alumnat.

**POSADA EN COMÚ**

- 1 Explica per què s'ha d'agitar l'ampolla després d'introduir-hi l'alcohol.

- 2 La reacció va anar acompanyada d'un brunzit. Explica d'on sorgeix aquest so.

pc

A1

pc

- 3** Pensa en la tercera llei de Newton i identifica quines forces actuen sobre l'ampolla durant la reacció de combustió.

- 4** Dibuixa un diagrama de força on apareguin les forces que actuen sobre l'ampolla durant la reacció de combustió.

- 5** Dibuixa un diagrama de força que il·lustri les forces que actuen sobre un coet en el moment del seu llançament, immediatament abans que abandoni el terra. Ignora la resistència de l'aire.

- 6** Descriu les similituds i diferències entre els dos diagrames que has traçat.

- 7** Explica els efectes de les forces en tots dos casos (l'ampolla de reacció i el coet).

SABIES QUE...

L'empenta sobre un coet n'accelera tota la massa (càrrega útil, combustible, comburent i estructura del coet). Per reduir la quantitat de massa extra que es transporta durant tot el viatge i, per tant, aprofitar al màxim l'acceleració, els coets solen construir-se en diverses etapes. Generalment, dues o més etapes es desprendran de la nau (fet que en redueix considerablement la massa) un cop s'hagi consumit tot el combustible per al motor. En el diagrama de la dreta es mostra Vega, el petit coet de llançament de l'ESA. Vega compta amb tres etapes impulsores de combustible sòlid i un mòdul superior de propel·lent líquid per controlar el coet quan està en òrbita.

ACTIVITAT 2

Aplicació de la segona llei de Newton a coets

Per llançar un coet a l'espai ha d'haver-hi prou empenta com per contrarestar la gravetat. En aquesta activitat et convertiràs en un científic o enginyer espacial de l'ESA. Aplicaràs la segona llei de Newton a coets amb la finalitat de calcular la quantitat de combustible que necessita un coet que aconsegueixi generar l'empenta necessària per al seu llançament.

- 1 Un coet Ariane 5 ECA es troba a la plataforma de llançament de Kourou, a la Guaiana Francesa. La secció inferior de l'Ariane 5 ECA està formada per l'etapa principal de nucli criogènic (EPC) i els dos acceleradors de propel·lent sòlid (EAP) (vegeu la imatge de la pàgina següent). L'empenta que generen aquests motors ascendeix a 960 kN en l'etapa principal criogènica EPC, i a 6450 kN en cada un dels dos acceleradors de propel·lent sòlid que hi estan units. La massa total del coet situat a la plataforma de llançament és de 777 tones.

Considera que l'acceleració deguda a la gravetat (g) ascendeix a 9.8 N/kg o 9.8 m/s^2 .

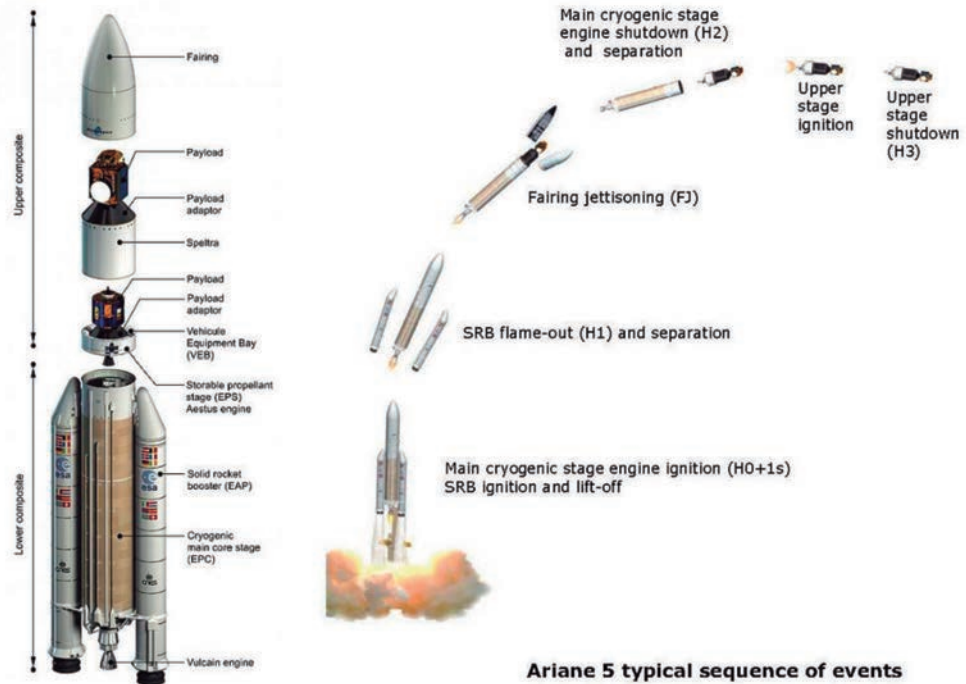


Llançament de l'Ariane el 5 de novembre de 2019. John Kraus

e1

A2

e1



Seqüència habitual del llançament d'un coet Ariane 5.

- A** Calcula la força resultant que actua sobre el coet i la seva acceleració inicial. Pot ser que et resulti útil traçar un diagrama de força. Ignora la resistència de l'aire.

Càlcul:

- B** Calcula l'acceleració del coet en el moment del llançament.

Càlcul:

- 2** Suposa que el coet ascendeix en vertical durant els primers vint segons. Cada accelerador EAP utilitza 1,8 tones de propel·lent per segon i l'etapa principal EPC utilitza 0,3 tones de propel·lent per segon. Ignora la resistència de l'aire.

- A** Calcula la massa del coet després de 20 segons i, d'aquí, calcula'n l'acceleració en aquell moment.

Càlcul:

- B** En realitat, l'acceleració del coet en aquest moment serà diferent de l'acceleració que has calculat. Creus que el valor real serà major o menor? Justifica la teva resposta. Potser un nou diagrama de força t'ajuda a resoldre-ho.

.....

.....

.....

.....

- 3** El manual d'instruccions de l'Ariane 5 dona dos valors per a l'empenta de l'etapa principal EPC (que es manté en funcionament durant nou minuts):

960 kN al nivell del mar

1390 kN al buit

Explica per què difereixen aquestes quantitats.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Notes

AMPOLLA DE REACCIÓ



Enllaços d'interès

RECURSOS DE L'ESA

Ampolla de reacció - Vídeo de demostració a classe (VP01)

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Whoosh_bottle_-_classroom_demonstration_video_VP01

Recurs relacionat: Miniampolla de reacció

www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Mini-whoosh_bottle_using_rockets_to_understand_combustion_reactions_Teach_with_space_c01

Coets de combustible sòlid i líquid

www.esa.int/Education/Solid_and_liquid_fuel_rockets

Introducció a coets d'ESA Kids:

www.esa.int/kids/es/Aprende/Tecnologia/Lanzadores/Cohetes_europeos

Introducció al coet Ariane 5

www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Ariane_5

Recursos de l'ESA per utilitzar a l'aula

esa.int/Education/Classroom_resources

RECURSOS SOBRE L'ARIANE 5

Informació sobre el coet Ariane 5

www.arianespace.com/vehicle/ariane-5/

Entrada a Viquipèdia sobre Ariane 5

https://es.wikipedia.org/wiki/Ariane_5



Spain



EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE
A collaboration between ESA & national partners



L'Oficina Europea de Recursos per a l'Educació Espacial a Espanya (**ESERO Spain**), amb el lema «De l'espai a l'aula» i aprofitant la fascinació que l'alumnat sent per l'espai, té com a objectiu principal proporcionar recursos a docents de primària i secundària per millorar-ne l'alfabetització i competències en matèries CTIM (Ciències, Tecnologia, Enginyeria i Matemàtiques).

Aquest projecte educatiu de l'**Agència Espacial Europea** està liderat a Espanya pel **Parque de las Ciencias de Granada** i compta amb la col·laboració d'institucions educatives tant nacionals com d'àmbit regional a les diferents comunitats autònomes.



Enginyeria d'astronaus

COL·LECCIÓ
NAUS ESPACIALS EN ÒRBITA

Inclou, entre altres:

Kit de materials per a naus espacials
Llançament de coets
L'aliatge perfecte
3, 2, 1, ens enlairem!
Miniampolla de reacció
Ampolla de reacció

ESERO SPAIN

Parque de las Ciencias
Avda. de la Ciencia s/n.
18006 Granada (Espanya)
T: 958 131 900

info@esero.es
www.esero.es

