

## A rakétahajtómű

A világűr elérése a legegyszerűbben és legolcsóbban rakétahajtóművekkel valósítható meg. Működése a hatás - ellenhatás elvén alapul: az üzemanyagot egy égéstéren elégetve az kitágul és a fűvókán keresztül nagy sebességgel távozik a szabadba. Eközben a rakéta az ellentétes irányba indul el, hogy az összes lendületük állandó legyen. A rakéták jellemzője, hogy nem függenek a külső levegőtől, vagy annak hiányától, mert az égéshez szükséges oxigént is magukkal viszik. Ez ugyan megnöveli a tömegüket, viszont így minden körülmények között képesek üzemelni.

A rakétahajtóművek között megkülönböztetjük a szilárd és a folyékony hajtóanyagú rakétákat. A szilárd hajtóanyagú rakéták reakciójukhoz nem igényelnek oxigént, egyszerűbb felépítésűek. Ezen túl olcsóbbak és kezelésük is könnyebb, ellenben ha egyszer beindultak, nem állíthatók le. A folyékony hajtóanyagú rakéták ugyan bonyolultabbak, hiszen az üzemanyaguk mellett az égéshez szükséges oxigént is szállítaniuk kell, viszont megbízhatóbbak és probléma esetén leállíthatóak. Ezeknek az üzemanyaga lehet kerozin, vagy folyékony hidrogén.

Egy egyszerű, egyfokozatú rakétahajtómű által nyújtott teljesítmény nem elegendő ahhoz, hogy elhagyjuk a Föld légkörét. Ennek megoldására készítették el a többfokozatú rakétákat, ahol az egyes fokozatok a kiegészük után leválnak a rakétatestről, könnyebbé téve azt.

Az egyre kisebb tömegű rakéta egyre nagyobb sebességre tud felgyorsulni, s így el lehet érni a 7,91 km/s-os sebességet, ami a Föld körüli körpályára álláshoz szükséges. További fokozatok beiktatásával még jobban növelni lehet a végső sebességet, s így akár a Naprendszerből való szökési sebesség is elérhető.

A fényképen látható űrrepülőgép két szilárd hajtóanyagú gyorsító rakétával rendelkezik, amik kb. 40 km-es magasságban leválnak. A középső nagy tartály az űrrepülő fő hajtóműveit látja el üzemanyaggal a felszállás során. A szilárd rakétameghajtó hajtóanyag ammónium-perklorátot ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ ) és alumíniumot tartalmaz. Miután a reakció beindult, azt nem lehet leállítani. Az ammónium-perklorát oxigéntartalma reagál az alumíniummal és alumínium-oxid, alumínium-klorid, vízgőz és nitrogéngáz keletkezik. Ez a reakció a gyorsító rakéták belsejét 3200 °C-ra hevíti, ezáltal a két gáz nagyon gyorsan tágulni kezd, és a táguló gázok óriási erővel emelik meg a rakétát. Eközben a fő üzemanyagtartályban levő cseppfolyós hidrogén és oxigén reakciójával szintén rendkívül magas hőmérséklet érhető el (kb. 3300 °C), ami a keletkező a vízgőzt kiterjeszti és további felfelé irányuló tolóerő keletkezik.

„[astro.u-szeged.hu/szakdolg/vegiandras/mukodes/raketahajtomu.html](http://astro.u-szeged.hu/szakdolg/vegiandras/mukodes/raketahajtomu.html)” alapján

a) Írja le a szilárd üzemanyaggal működő hajtómű előnyeit, illetve hátrányát a folyékony üzemanyaggal működőhöz képest!

előnyök: .....

hátrány: .....

b) A szöveg alapján egészítse ki és rendezze a szilárd üzemanyag esetén lejátszódó reakció egyenletét!

.....(sz) + .....(sz) = .....(sz) + .....(sz) + .....(g) + 3 N<sub>2</sub> (g)

- c) Mi lehet az üzemanyaga a folyékony hajtóanyagú rakétáknak?
- d) A szilárd, illetve folyékony üzemanyagok esetén kerül-e környezetszennyező gáz a légkörbe? Ha igen, írja le, hogy melyik az, és milyen környezetszennyező hatása van!
- e) Írja fel a fényképen látható rakéta folyékony üzemanyagtartályában lejátszódó reakció rendezett egyenletét és jelölje a résztvevő anyagok halmazállapotát!
- f) A fényképen szereplő rakétát mely gázok juttatják a földközi pályára?
- g) A szöveg és kémiai ismeretei alapján húzza alá a helyes válaszokat!

A fényképen látható rakéta esetén a szilárd üzemanyagban lejátszódó reakció:

sav-bázis reakció redoxireakció exoterm reakció endoterm reakció

a folyékony üzemanyagban lejátszódó reakció:

sav-bázis reakció redoxireakció exoterm reakció endoterm reakció

(2019. május id.)

### Megoldás: (14 pont)

- a) előny:** nem igényelnek plusz oxigént / egyszerűbb felépítésűek / olcsóbbak / könnyebben kezelhetők (legalább három helyes válasz:) **1 pont**
- hátrány:** ha a reakció beindul, nem lehet leállítani **1 pont**
- b)  $10 \text{ Al}(\text{sz}) + 6 \text{ NH}_4\text{ClO}_4(\text{sz}) = 4 \text{ Al}_2\text{O}_3(\text{sz}) + 2 \text{ AlCl}_3(\text{sz}) + 12 \text{ H}_2\text{O}(\text{g}) + 3 \text{ N}_2(\text{g})$**
- a helyes kiindulási anyagok felírása: **1 pont**
- a helyes termékek felírása **1 pont**
- az egyenlet rendezése **1 pont**
- c) hidrogén vagy kerozin **1 pont****
- d) A szilárd hajtóanyag és a folyékony hidrogén reakciójában nem keletkezik környezetszennyező gáz. **1 pont****
- A kerozin égése során szén-dioxid jut a levegőbe, ami növeli az üvegházhatást. **1 pont**
- e)  $2 \text{ H}_2(\text{f}) + \text{O}_2(\text{f}) = 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$  **2 pont****
- (egyenlet helyes felírása: 1 pont, halmazállapotok helyes jelölése: 1 pont)
- f) nitrogén és víz(gőz) **1 pont****
- g) a szilárd üzemanyagban lejátszódó reakció: sav-bázis reakció redoxi reakció**
- exoterm reakció endoterm reakció**
- a folyékony üzemanyagban lejátszódó reakció: sav-bázis reakció redoxi reakció
- exoterm reakció endoterm reakció**
- 2 pont**

(4 helyes aláhúzás 2 pont, 3 vagy 2 helyes aláhúzás 1 pont, 1 vagy 0 helyes aláhúzás 0 pont)