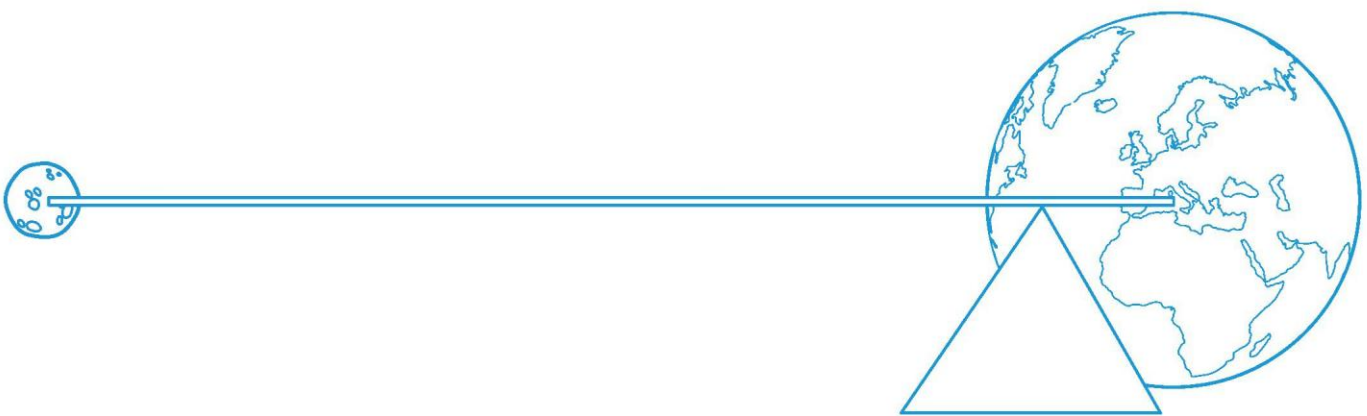
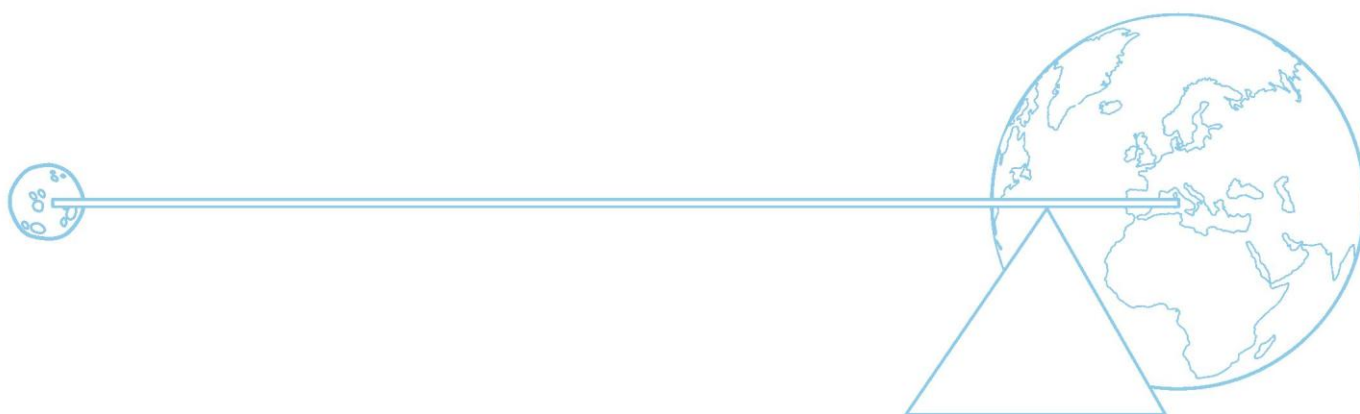


Tanítsunk a világgűrrel!

→ BARICENTRIKUS LABDÁK

Keringési pályák és a tömegközéppont





Alapadatok	3. oldal
Tevékenység – Baricentrikus labdák	4. oldal
Megbeszélés	7. oldal
Következtetések	8. oldal
Tanulói munkalapok	9. oldal
Függelék	11. oldal
A két teniszlabdakészlet összeállítása	11. oldal
Irányított beszélgetés	13. oldal
Glosszárium	18. oldal
Linkek	19. oldal

→ BARICENTRIKUS LABDÁK

Keringési pályák és a tömegközéppont

ALAPADATOK

Korosztály: 14–18 év

Típus: tanári bemutató

Nehézségi fok: könnyű

A tanár felkészülési ideje: 1 óra az eszközök előkészítésére

Tanítási idő: 10–30 perc

Készletenkénti költség: közepes (5–25 euró)

Helyszín: kültér vagy nagy beltéri helyiség (pl. iskolai nagyterem, tornaterem)

Eszközök: teniszlabdák, csapágygolyók

Kapcsolódás a tananyaghoz

Fizika

- Forgatónyomatékok egyensúlyának elve
- Tömegközéppont
- Bolygók/holdak keringési pályája
- Doppler-effektus
- Forgó testek mechanikája

Matematika

- Forgatónyomatékok egyensúlyának elve
- Tömegközéppont
- Forgó testek mechanikája

Csillagászat

- Bolygók/holdak keringési pályája
- Doppler-effektus
- Kettőscsillagok
- Exobolygók észlelése

Áttekintés

Ebben a tevékenységben a forgatónyomatékok egyensúlyának elvét alkalmazzuk forgó rendszerekre a tömegközéppont (más néven baricentrum) fogalmának, illetve az egymás körül keringő testek mozgásának demonstrálásához. Ezt követően a tanulók úgy erősítik meg ennek a fogalomnak az ismeretét, hogy több csillagászati rendszernek kiszámítják a tömegközéppontját.

A tanulók számára szükséges előismeretek

1. A forgatónyomatékok egyensúlyának elve.
2. A Doppler-effektus alkalmazása az elektromágneses spektrumra.

Tanulási célok

1. A tanulók ismereteket szereznek a tömegközéppontról, és megértik, hogy egy két vagy több testből álló, gravitációsan kötött rendszerben minden test egy közös tömegközéppont körül kering.
2. A tanulók megtanulják alkalmazni a forgatónyomatékok egyensúlyának elvét, hogy ki tudják számolni a tömegközéppontot egy két testből álló rendszerben.
3. A tanulók fizikai fogalmakat alkalmaznak csillagászati helyzetekben, megismerkednek a kettőscsillagokkal, a bolygó-hold rendszerekkel és a Naprendszeren kívüli bolygókkal.

Amire még szükség van



↑ „Baricentrikus labdák” videó (VP07a).

„Baricentrikus labdák a világűrben” videó (VP07b). Lásd a „Linkek” részt.

Baricentrikus labdák

Amikor a bolygók Nap körüli pályájára, egy holdnak az anyabolygója körüli pályájára vagy a Föld vagy egy más égitest körül haladó űreszköz pályájára gondolunk, könnyen feltételezhetnénk, hogy az egyik test (a legkisebb tömegű) mozog, a másik pedig egy helyben áll. Ugyanakkor Newton 3. törvénye kimondja:

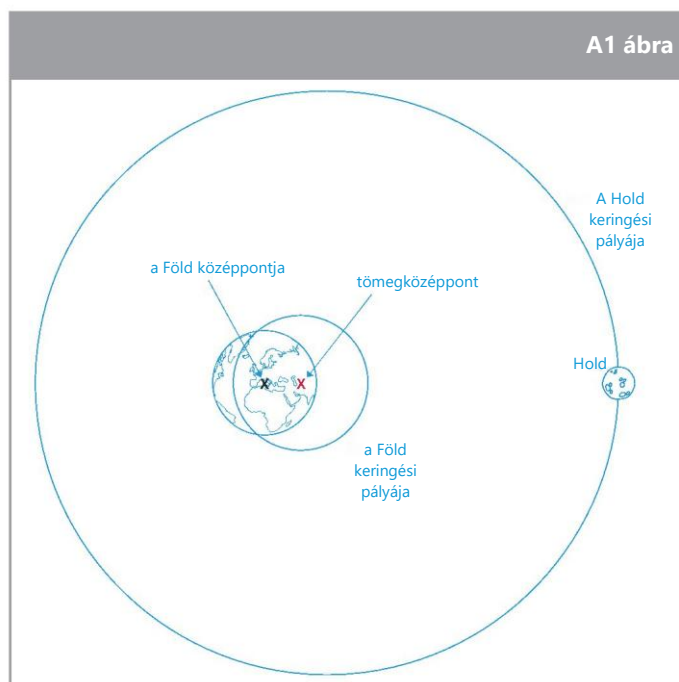
Ha egy A test erőt fejt ki B testre, akkor B test egyező nagyságú, ellentétes irányú erőt fejt ki A testre

(ez az erő-ellenerő törvénye), és ebből világos, hogy mindkét test ugyanazzal a gravitációs erővel vonzza a másikat, és ez a gravitációs erő mindkettő pályájára hatással van.

Ez azt jelenti, hogy ha veszünk egy két testből álló rendszert, például a Földet és a Holdat, nem a Hold kering a Föld körül – a Föld és a Hold is ugyanazon űrbeli pont körül kering. Ez a pont, a rendszer közös **tömegközéppontja***, amit **baricentrumnak*** is nevezünk.

Amikor az egyik testnek sokkal nagyobb a tömege, mint a másiknak, mint ami a Föld és a Hold (illetve a Föld és egy műhold) esetén is igaz, a nagyobb test (esetünkben a Föld) keringési pályán történő mozgása nem annyira egyértelműen látható. Ez azért van, mert a tömegközéppont sokkal közelebb van a Föld középpontjához, mint a Hold, illetve a műhold középpontjához. Az A1 ábra a Föld-Hold rendszert mutatja.

Ugyanez igaz a Naprendszer egészére is. A Naprendszer tömegének mintegy 99,85%-át a Nap teszi ki. Ezért a Naprendszer tömegközéppontja közel van a Nap középpontjához, így a Napnak ezen tömegközéppont körüli keringését csak nagyon precíz megfigyelésekkel lehet kimutatni.



↑ A Föld-Hold rendszer (nem arányos) sematikus ábrája, a rendszer tömegközéppontjával és a Föld és a Hold e pont körüli keringési pályájával. A tömegközéppont a Föld középpontjától mintegy 4650 km-re található – a Föld sugara valamivel kevesebb mint 6400 km. A tömegközéppont körülbelül 80-szor messzebb van a Hold középpontjától, mint a Földétől.

* **Baricentrum:** egy rendszer tömegközéppontja.

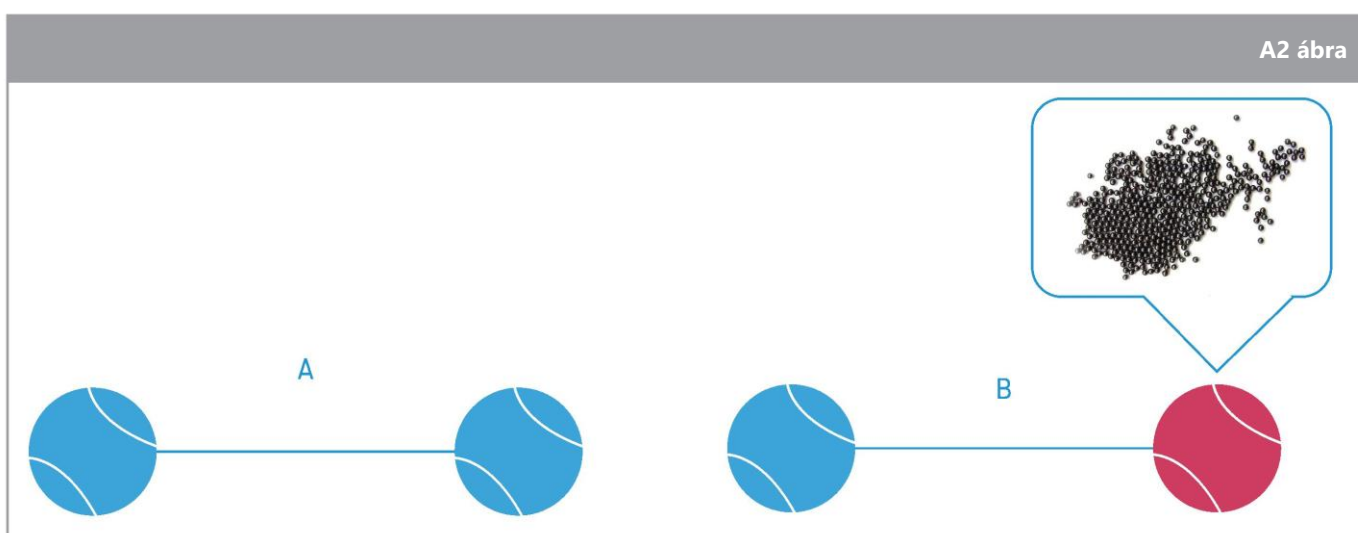
Tömegközéppont: egy test vagy rendszer azon egyetlen pontja, ahol az összetevők súlyának eredő hatása nulla. Ha a testet ennél a pontjánál fogva felfüggesztjük, egyensúlyban lesz.

Ebben a bemutatóban két, előre elkészített teniszlabdapárral szemléltetjük, hogy egy két testből álló rendszer tömegközéppontja hogyan változik, ha változik a testek tömege. Az első párban a labdák tömege megegyezik. A második párban az egyik teniszlabdát pénzérmékkel vagy csapágygolyókkal töltjük meg, hogy nagyobb legyen a tömege.

Eszközök

A teniszlabdák elkészítésének lépései megtalálhatók a Függelékben.

- Két egyforma tömegű teniszlabda zsinórral összekötve
- Két különböző tömegű teniszlabda zsinórral összekötve



↑ A) Egyforma tömegű (üres) teniszlabdák.

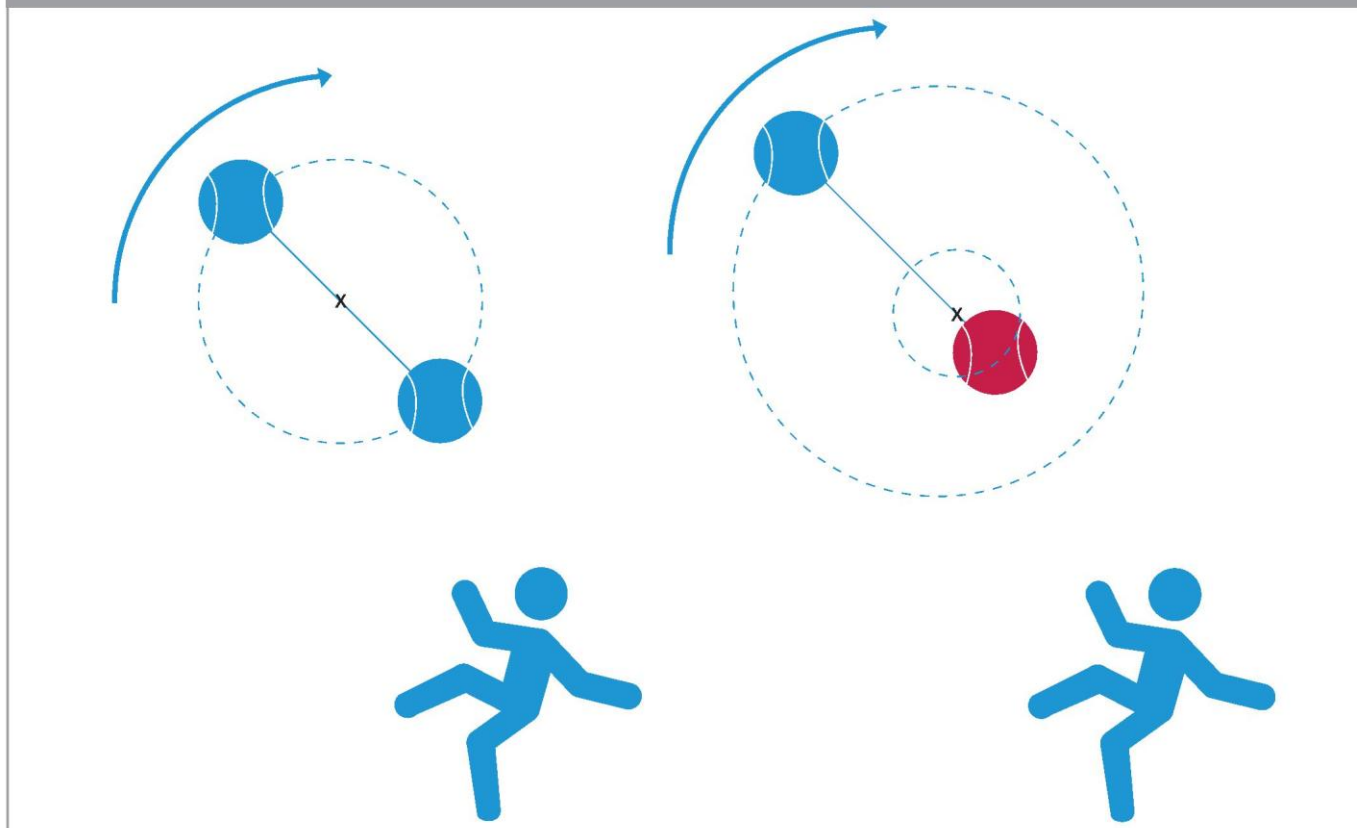
B) Különböző tömegű teniszlabdák: az egyik teniszlabda csapágygolyókkal, ólomszemcsékkel vagy pénzérmékkel van megtöltve, szín jelzi, hogy ennek nagyobb a tömege.

Lépések

Kérjük megtekinteni a kapcsolódó videót: Tanítsunk a világgúrral! – Baricentrikus labdák | VP07a.

1. Fogjuk meg az egyforma tömegű labdákból álló labdapárt úgy, hogy az egyik a másik alatt lóg.
2. Néhányszor lengessük meg, hogy legyen lendülete, majd engedjük el a kezünkben lévő labdát.
3. A röppályáján haladva mindkét labda keringeni fog a rendszer tömegközéppontja körül. Az egyforma tömegű labdák esetén ez a pont a zsinór közepénél van (A3 ábra).
4. Ismételjük meg ezt az eltérő tömegű labdákkal. A bemutatót végző személy tetszőlegesen eldöntheti, hogy a kisebb vagy a nagyobb tömegű labdát fogja-e a kezébe. Amikor az eltérő tömegű labdákat elengedjük, a nehezebb labda jól láthatóan egy kisebb keringési pályán mozog a tömegközéppont (azaz egy, a nehezebb labdához közeli pont) körül, míg a könnyebb labda sokkal nagyobb pályán mozog (A3 ábra). Minél nagyobb a különbség a két labda tömege között, annál közelebb van a tömegközéppont a nehezebb labdához.

A3 ábra



↑ Bal oldalon: Az egyforma tömegű labdáknál a tömegközéppont a rendszer közepén, a zsinór felénél található, ezt X jelöli. A két labda ugyanazt a keringési pályát követi (szaggatott vonal). Jobb oldalon: A különböző tömegű labdáknál a tömegközéppont sokkal közelebb van a nagyobb tömegű, megtöltött (pirossal jelölt) labdához – ezt X jelöli. Ezt megfigyelhetjük, mikor látjuk, hogy a nagyobb tömegű labda sokkal kisebb keringési pályán/körön mozog, a kisebb tömegű labda pedig sokkal nagyobbban.

Egészség és biztonság

- A bemutatót kültéren vagy egy nagy beltéri helyiségben tartsuk, például iskolai nagyteremben vagy tornateremben.
- A tanulók álljanak sokkal hátrébb.
- A bemutatót végző személy gyakorolja a labdák eldobását, mielőtt bemutatná az osztálynak.
- Minden bemutató előtt gondosan ellenőrizni kell, hogy a csomók szorosak-e, és hogy a nagy tömegű labda megtöltésére használt lyuk jól le van-e zárva.

Megbeszélés

A bemutató után beszéljük meg a tanulókkal a látottakat. Alább olvasható néhány ehhez javasolt kérdés.

A Függelékben található egy irányított beszélgetés, amely ezeken a kérdéseken alapul és az űrrel való kapcsolatra koncentrál. Szintén elérhető és igény szerint használható egy tanulói munkalap, amely számításokat tartalmaz űrbeli rendszerekre vonatkozóan.

A cél, hogy a megbeszélés végére a tanulók tisztában legyenek a következőkkel:

- Egy két vagy több testből álló rendszerben van egy közös tömegközéppont, amely körül mindegyik test kering.
- A tömegközéppont elhelyezkedése a testek tömegétől függ. Két azonos tömegű test esetén a tömegközéppont a rendszer geometriai középpontjában található. Ha a tömegek nem azonosak, a tömegközéppont a nagyobb tömegű test tömegközéppontjához van közelebb.
- Egy egyszerű, két testből álló rendszerben a tanulóknak képesnek kell lenniük alkalmazni a forgatónyomatékok egyensúlyának elvét, és ezzel kiszámolni a tömegközéppont helyét.
- Az űrben is fontos, hogy értsük a tömegközéppont fogalmát, mert ennek az elvnek az alkalmazásával egyébként nem látható bolygókat észlelhetünk más csillagok körül, illetve ennek segítségével osztályozhatjuk Naprendszerünk égitesteit, megkülönböztetve azt, hogy bolygóról és holdjáról vagy bolygók kettős rendszeréről beszélünk.

Javasolt kérdések

- **Hogyan találhatjuk meg egy rendszer tömegközéppontját?**
- **Hogyan találják meg a csillagászok az űrben távol keringő rendszerek – például kettőscsillagok vagy más csillagok körül keringő bolygók – tömegközéppontját?**
- **Hogyan lehet a tömegközéppont elvét használva megállapítani, hogy egy bolygóról és holdjáról vagy kettős bolygórendszerrel (amikor két bolygó közös tömegközéppont körül kering) van-e szó?**
- **A Plútó valóban egy „kettős törpebolygórendszer” része?**
- **Mi történik egy kettőscsillagban, ha két nagyon nagy tömegű test egymás körül, egymáshoz közel kering?**

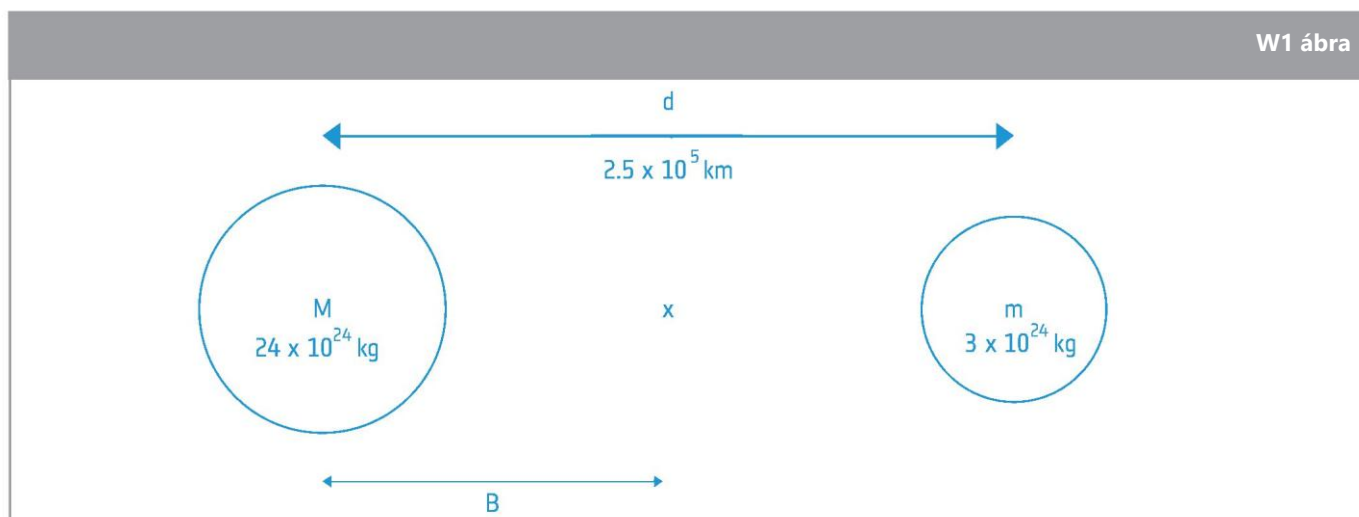
→ KÖVETKEZTETÉSEK

Ez a tevékenység a fizika és a mechanika két alapfogalmát, a tömegközéppontot és a forgatónyomatékok egyensúlyának elvét ismerteti egy egyszerű, de hatásos demonstrációval. A tevékenység ezeket a fogalmakat az űrbeli keringési pályák kontextusában, a holdak, kettős bolygórendszerek és csillagok segítségével mutatja be, hogy felkeltse a tanulók érdeklődését és hasson a képzeletükre.

Tömegközéppontok a világűrben

Feladatok

1. A W1 ábrán látható testeknél keressétek meg a tömegközéppont és az M test, illetve a tömegközéppont és az m test középpontjának távolságát.



2. a) A hold tömege $0,0123 M_F$ (ahol M_F a Föld tömege), a Föld középpontja és a Hold középpontja közötti távolság $384\,000 \text{ km}$. Ha a Föld sugara $6,37 \times 10^3 \text{ km}$, mutassátok meg, hogy a Föld és a Hold egy bolygó-hold rendszert alkot.

b) Alább néhány adat látható a Plútóról és legnagyobb holdjáról, a Charonról (forrás: a NASA holdakról és bolygókról összeállított adatai):

A Plútó tömege	$1,31 \times 10^{22} \text{ kg}$
A Plútó sugara	1195 km
A Charon tömege	$1,62 \times 10^{21} \text{ kg}$
Középpontok távolsága	$19\,600 \text{ km}$

Mutassátok meg, hogy a Plútó és a Charon rendszere egy bolygóból és holdból vagy két bolygóból áll-e.

3. A Nap átmérője $1,4$ millió km , a Jupiter sugara $140\,000 \text{ km}$. A Nap és a Jupiter közepes távolsága 778 millió km . A Nap tömege körülbelül 1000 -szerese a Jupiterének. Számoljátok ki és jellemezzétek a Nap-Jupiter rendszer tömegközéppontjának helyzetét.

4. A „Tanítsunk a világűrrel! – Baricentrikus labdák a világűrben | VP07b” videóban Samantha Cristoforetti, az ESA asztronautája a Nemzetközi Űrállomás (International Space Station, ISS) mikrogravitációs környezetében mutatja be a tömegközéppont elvét.

Az első szituációban Samantha kötőtűvel erősít össze két baseball-labdát. A két labdának azonos a tömege, így a tömegközéppont a rendszer geometriai középpontjában, azaz a kötőtű közepénél található. Amikor Samantha erőt fejt ki az egyik labdára, a rendszer a tömegközéppont körül kezd el forogni. Amikor Samantha aztán a tömegközéppontra fejt ki erőt, az egész rendszer haladó mozgást végez a térben, de nem forog.

A második szituációban Samantha az egyik baseball-labdát egy másik, azonos méretű, de különböző tömegű labdára cseréli. Amikor Samantha erőt fejt ki az új labdára, a rendszer a tömegközéppont körül kezd el forogni, de az már nem a rendszer geometriai középpontjában van. Ahogy az előbb is, amikor Samantha a tömegközéppontra fejt ki erőt, a rendszer nem forog, csak haladó mozgást végez.

Ha a baseball-labda tömege $0,145\text{ kg}$, a kötőtű hossza $0,3\text{ m}$ és a tömegközéppont a baseball-labda középpontja és a másik labda középpontja közötti távolság egynegyedénél található, mekkora a tömege a másik labdának? Melyik labdának nagyobb a tömege?

→ FÜGGELÉK

A két teniszlabdakészlet összeállítása

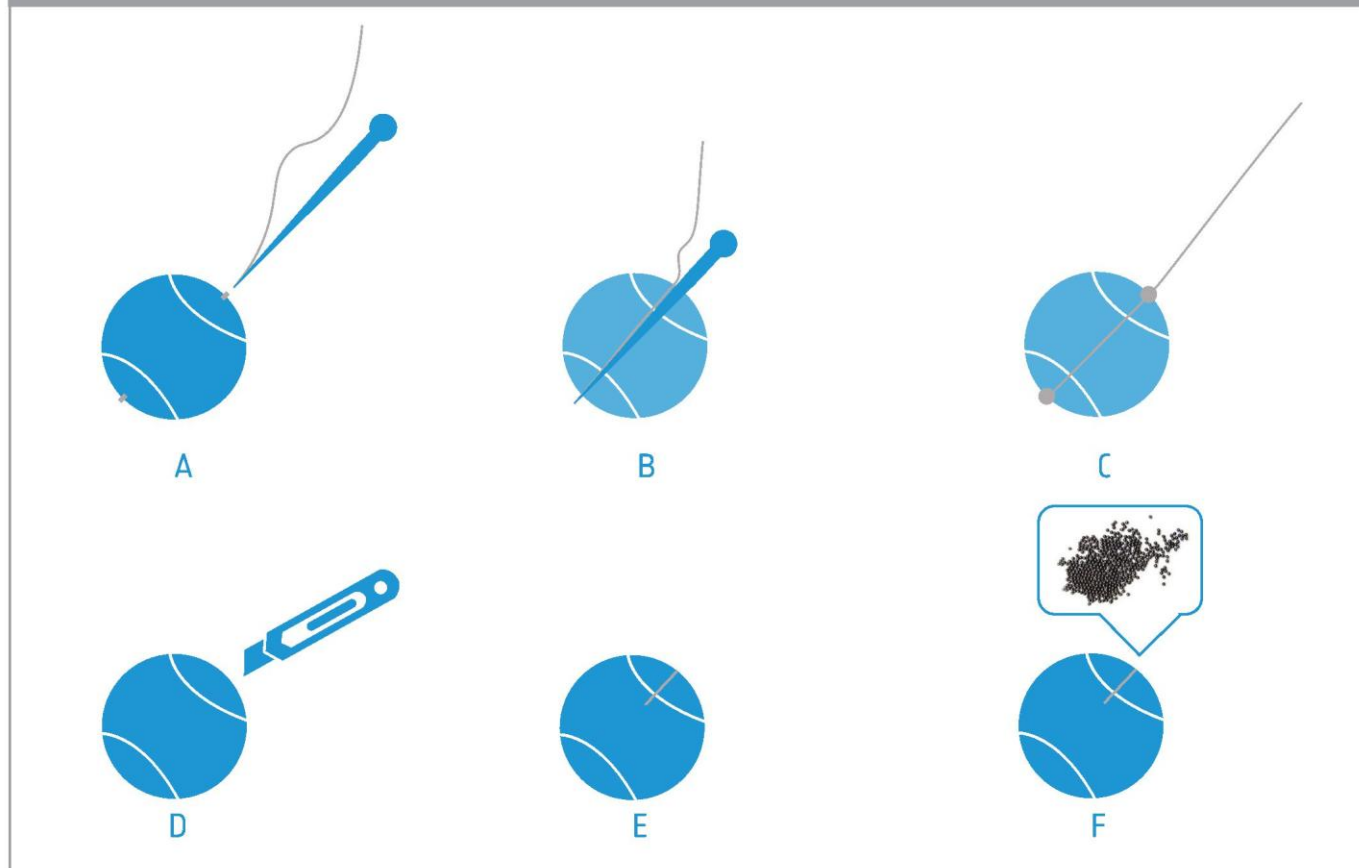
A két teniszlabdát mindkét esetben erős zsinór köti össze. Az első párban a labdák tömege azonos. A második párban az egyik teniszlabda csapágygolyókkal vagy pénzérmékkel van megtöltve, hogy a két test tömege eltérő legyen.

Eszközök

- 4 teniszlabda
- Erős zsinór
- Olló
- Filctoll
- Kötőtű (vagy csavarhúzó)
- Csapágygolyók/ólomszemcsék/pénzérmék – amennyi elég egy teniszlabda megtöltéséhez
- Erős ragasztó vagy ragasztószalag
- Ragasztószalag
- Pengekés

Lépések

1. Vágjunk le egy nagyjából 60 cm hosszú darabot a zsinórból.
2. Az egyik végét erősítsük ragasztószalaggal a kötőtűhöz.
3. Egy kis lyukat ejtve szúrjuk bele a kötőtűt a teniszlabdába. A kötőtű hegyével szúrjuk át a labda ellentétes oldalát, hogy ott is legyen egy lyuk – érdemes lehet ezt pontokkal jelölni a teniszlabda külsején, hogy könnyebben eltaláljuk. Amikor a kötőtű hegye kibukkan a túloldalon, távolítsuk el a ragasztószalagot, és dupla csomóval rögzítsük a zsinórt (Ld. AX1 ábra, A-B).
4. Húzzuk ki a kötőtűt az eredeti lyukon és kössünk még egy dupla csomót a zsinórra. Ekkor a zsinór áthalad a labdán, és mindkét oldalon erősen rögzítik a csomók. Ha szükséges, erősítsük meg a lyukak környékét ragasztóval vagy erős ragasztószalaggal (Ld. AX1 ábra, C).
5. Ismételjük meg az 1-4. lépéseket a második teniszlabdával a zsinór másik végén. A két labda között mintegy 40-50 cm hosszú zsinórnak kell maradnia.
6. Ismételjük meg az 1-5. lépéseket a másik két teniszlabdával. Gondoskodjunk róla, hogy a 2-2 labda között közel egyforma legyen a zsinór hossza.
7. Válasszuk ki az egyik teniszlabdapárt. Az egyik labdába vágjunk egy kis rést pengékessel. Töltsük meg a labdát csapágygolyókkal/ólomszemcsékkel/kis pénzérmékkel. Zárjuk le a rést ragasztóval vagy erős ragasztószalaggal (Ld. AX1 ábra, D-F).
8. Színezzük be/jelöljük meg filccel a megtöltött labdát.



↑ A két teniszlabdakészlet összeállítása

Irányított beszélgetés

Hogyan találhatjuk meg egy rendszer tömegközéppontját?

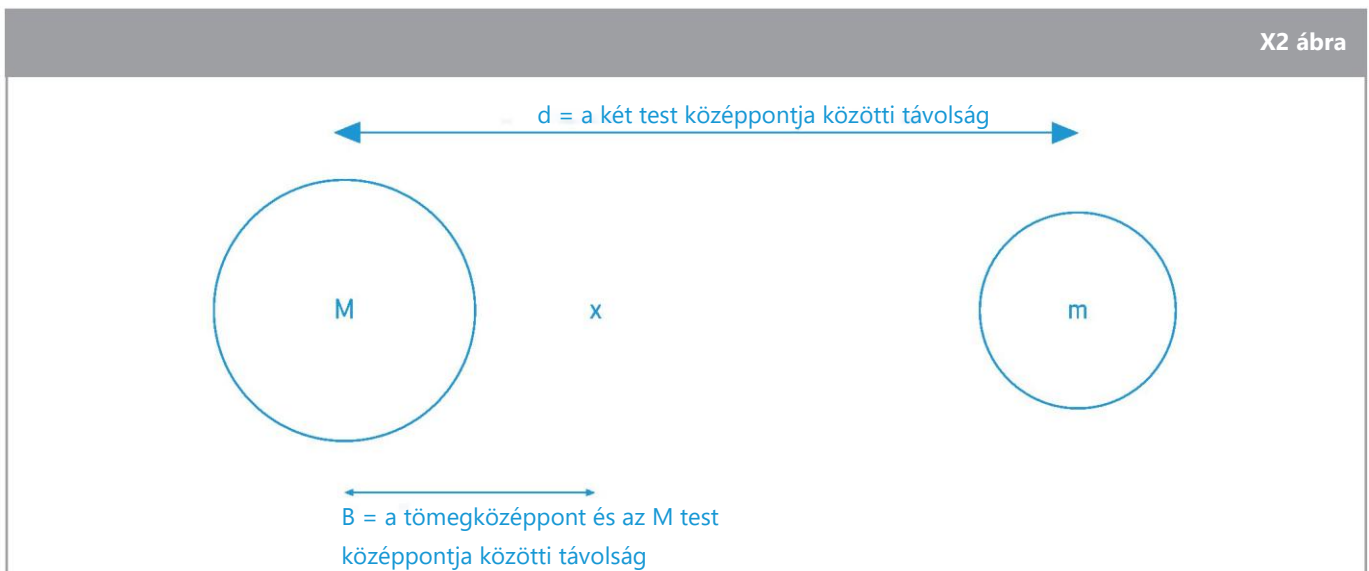
Minden olyan űrbeli rendszernek, amelyben két vagy több test egymás körül kering, van egy tömegközéppontja (más néven baricentruma), e körül a pont körül kering az összes test.

Egyszerű eset: két testből álló rendszer

Egy egyszerű, két testből álló rendszerben a tömegközéppont az a pont, amely körül mindkét test kering. A tömegközéppontot tekinthetjük úgy, mint a rendszer „egyensúlyi pontját”.

Ha ismerjük a két test tömegét és távolságát, a **forгатónyomatékok*** egyensúlyának elvét használva kiszámolhatjuk a tömegközéppont elhelyezkedését. Először is képzeljük el úgy a rendszert, mint ami egy forgási középponton egyensúlyoz – mint amikor két ember ül egy mérleghintán. Ha ez a pont a tömegközéppontban van, a két oldalon lévő forgatónyomatékok kiegyenlítik egymást, ha a rendszert egy elképzelt, külső gravitációs mezőben helyeznénk el.

Vegyük az X2 ábrán szereplő, két testből álló rendszert. A testek tömege M és m , középpontjuk távolsága d . A tömegközéppont a két test között helyezkedik el. A tömegközéppont és a nagyobb tömegű test középpontja közötti távolság B .



↑ Két (M és m tömegű) test kering közös tömegközéppontjuk körül. A két test távolsága d , a tömegközéppont és a nagyobb, M tömegű test középpontja közötti távolság B .

Ha alkalmazzuk a forgatónyomatékok egyensúlyának elvét a tömegközéppont körül, a következőt kapjuk:

$$\begin{array}{l} \text{Óramutató járásával megegyező} \\ \text{forgatónyomatékok összege a} \\ \text{tömegközéppont körül} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Óramutató járásával ellentétes} \\ \text{forgatónyomatékok összege a} \\ \text{tömegközéppont körül} \end{array}$$

azaz a forgatónyomatékok kiegyenlítik egymást. Ezért az X2 ábrán szereplő rendszerben:

***Forgatónyomaték:** forgás, különösen egy pont vagy tengely körüli forgó mozgás kiváltásának képessége.

B = az M tömegű test középpontjának és a tömegközéppontnak a távolsága (méterben) d = a két test tömegközéppontja közötti távolság (méterben) m = a kisebb test tömege (kilogrammban)
 M = a nagyobb test tömege (kilogrammban)

Tehát:

$$M \times B = m \times (d - B)$$

$$MB = md - mB$$

$$MB + mB = md$$

$$B \times (M + m) = md$$

Így a tömegközéppont és az M tömegű test középpontjának a távolsága:

$$B = md/(M+m)$$

Hogyan találják meg a csillagászok az űrben távol keringő rendszerek – például kettőscsillagok vagy más csillagok körül keringő bolygók – tömegközéppontját?

Csillagászati léptékű távolságok esetén nehéz észlelni egy **kettőscsillag*** csillagjainak a rendszer tömegközéppontja körüli mozgását. Bár a csillagok közötti fizikai távolság sok millió kilométer lehet, a mi földi vagy Földhöz közeli nézőpontunkból az égbolton a csillagok mozgása nagyon kis mértékű, egy fok ezredrésze vagy annál is kevesebb.

Még a kettőscsillagok mozgásánál is nehezebb megfigyelni az anyacsillagok kicsike „imbolygását”, amelyet egy, a közös tömegközéppontjuk körül keringő bolygó (**exobolygó***) mozgása okoz – egy bolygó-csillag rendszerben a tömegközéppont az anyacsillagon belül van. Az ilyen kis mozgások észleléséhez nagyon pontosan kell mérni a csillagok helyzetét és nagyon sokszor kell ismételni a mérést, hogy ki tudjuk mutatni az „imbolygást”.

Tudtad?

2013 decemberében az Európai Űrügynökség elindította a Gaia asztrometriai műholdat (X3 ábra), amelynek célja a Tejút galaxisban található mintegy 1,2 milliárd csillag helyzetének és jellemzőinek pontos feltérképezése. A Gaia ezzel az ESA korábbi – 1989-ben indított – Hipparcos küldetésének (X4 ábra) nyomdokaiba lépett. Négy év leforgása alatt a Hipparcos mintegy 120 000 csillag helyzetéről gyűjtött pontos adatokat. A Hipparcos méréseinek köszönhetően sok kettőscsillag tömegközéppontját lehetett kiszámítani. Bizonyos rendszereknél az eredmények eltértek a várakozásoktól, ami arra utalt, hogy az adott csillagnak kísérője lehet, amit aztán a későbbi megfigyelések is megerősítettek. A csillagok égbolton való helyzetének és mozgásának tanulmányozása, azaz az **asztrometria*** tudománya, csak az egyik módszer, amelyet a csillagászok a kísérőcsillagok vagy -bolygók jelenlétének kimutatására használnak. Egy másik, kiegészítő módszer a **radiális sebesség*** technikája, amely a Doppler-effektust használja arra, hogy egy csillag fény spektrumában „imbolygásokat” keressen. Ezekről, és az exobolygók keresésére használt más módszerekről részletesebb forrásokat tartalmaz a „Linkek” részben a „Hogyan keressünk exobolygókat?” hivatkozás.

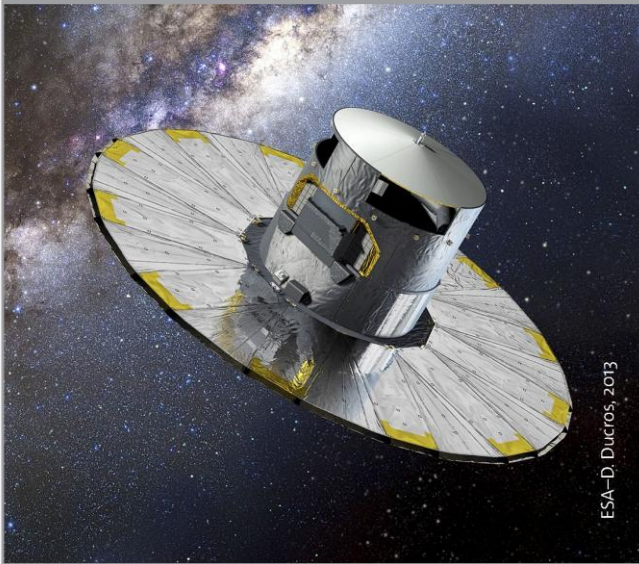
* **Asztrometria:** a csillagászat azon ága, amely az égitestek helyzetének és mozgásának pontos mérésével foglalkozik.

Kettőscsillag: két, közös tömegközéppontjuk körül keringő csillag.

Exobolygó/Naprendszeren kívüli bolygó: egy, a Naptól eltérő csillag körül keringő bolygó.

Radiális sebesség: egy test látóirányú (két testet összekötő egyenes mentén mérhető) sebessége

X3 ábra



↑ Az ESA Gaia űrszondájának művészi ábrázolása.

X4 ábra



↑ A Hipparcos űrszonda 2 millió csillag helyzetét mérte fel.

Hogyan lehet a tömegközéppont elvét használva megállapítani, hogy egy bolygóról és holdjáról vagy kettős bolygórendszerrel (amikor két bolygó közös tömegközéppont körül kering) van-e szó?

Ha egy rendszerben két test egymás körül kering, a tömegközéppont mindig a nagyobb tömegű test tömegközéppontjához van közelebb. Minél nagyobb a két test tömege közötti különbség, annál közelebb lesz a rendszer tömegközéppontja a nagyobb tömegű test tömegközéppontjához.

Ezért az olyan, két testből álló rendszerekben, ahol nagyon nagy a két test tömege közötti különbség, a tömegközéppont a nagyobb tömegű testen belül található. Ezért tűnik úgy, hogy a könnyebb test a nehezebb test körül kering. Ezt így tudjuk könnyen elképzelni:

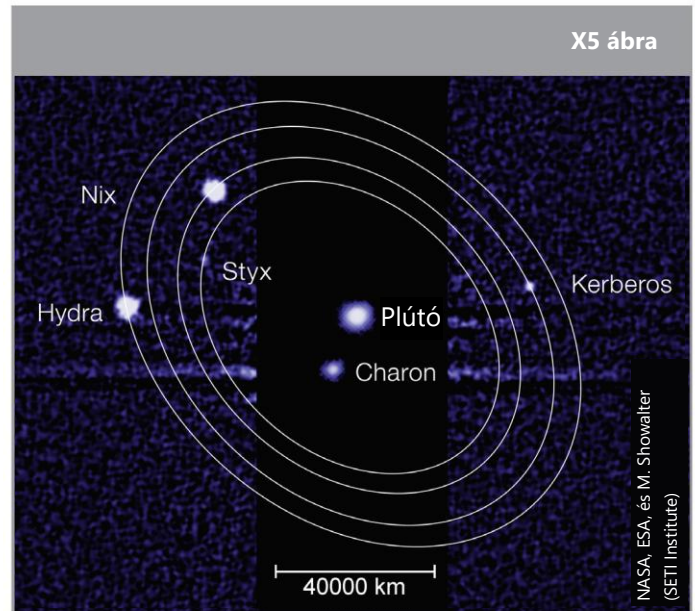
A **bolygó-hold** rendszer olyan rendszer, ahol a tömegközéppont a nehezebb testen (a bolygón) belül található.

A **kettős bolygórendszer** olyan rendszer, ahol a tömegközéppont a két testen kívül található.

A tömegközéppontra vonatkozó elvek érvényesek minden keringő rendszerre, így a két vagy több csillagból álló rendszerekre, a saját csillagjuk körül keringő bolygókra és a Föld, illetve a Naprendszer egyéb égitestei körül keringő (mű)holdakra és űrhajókra is.

A Plútó valóban egy „kettős törpebolygórendszer” része?

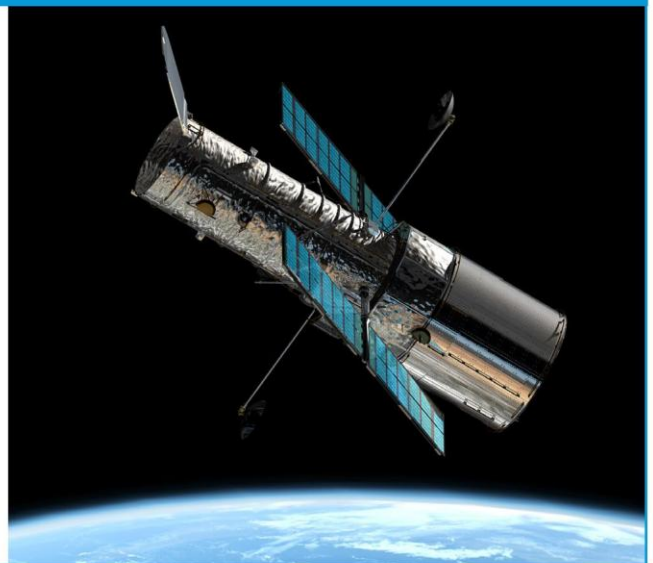
Bár a Plútót 2006-ban lefokozták és **törpebolygónak*** minősítették, ismételt megfigyelések arra utalnak, hogy a Plútó rendszere összetettebb lehet. A Plútónak öt holdja van. Ezek közül a legközelebbi a Charon, ami méretben és tömegben is sokkal közelebb van a Plútóhoz, mint a többi négy hold. Valójában az egész rendszer a Plútó és a Charon között található tömegközéppont körül kering, nem pedig a Plútó sugarán belüli tömegközéppont körül, amire egy törpebolygó és annak öt holdja esetében számítanánk. A Plútót és a Charont ezért néha kettős törpebolygórendszernek nevezik, amelyet négy kisebb hold kísér. Az X5 ábrán a Hubble űrtávcső képét látjuk a Plútóról, a Charonról és a négy kisebb holdjukról. A képre ráhelyezve látszik a négy kisebb hold keringési pályája. Az X5 ábráról látszik, hogy a rendszer tömegközéppontja a Plútó és a Charon között található.



↑ A Hubble űrtávcső képe a Plútó-Charon kettős törpebolygórendszer körül keringő négy kisebb holdról. A képre ráhelyezve látszik a kisebb holdak keringési pályája.

Tudtad?

A Hubble űrteleszkóp az ESA és a NASA közös projektje. 1990-ben állították pályára 600 km-rel a Föld felett, és ez a valaha volt egyik legnagyobb és legsikeresebb űrtávcső. A Föld folyamatosan mozgó, az űrből a földfelszínre érkező fényt eltorzító légkörén kívül elhelyezkedve a Hubble űrteleszkóp lenyűgöző, nagy felbontású képeket készített több ezer testről az űrben, köztük bolygókról, kettőscsillagokról, galaxisokról, csillagködökről (nebulákról) és csillagkeletkezési régiókról. Az űrtávcső forradalmi előrelépést hozott abban, ahogy a Világegyetemet látjuk.

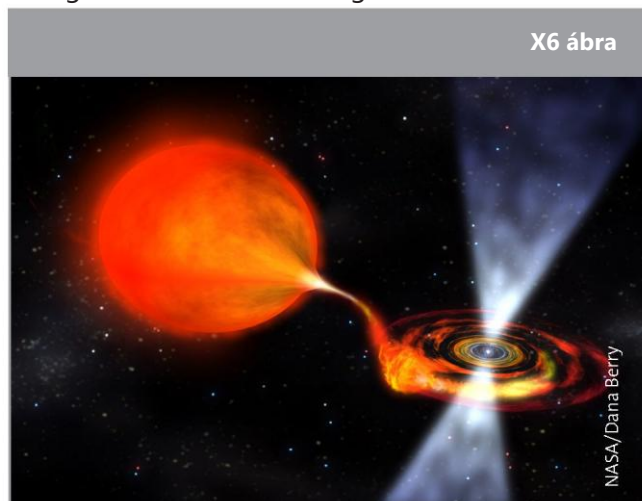


***Törpebolygó:** bolygónak megfelelő tömegű test, amely nem bolygó és nem hold. A törpebolygó tömege elég nagy ahhoz, hogy alakja a gömbhöz közelítsen, közvetlenül a Nap körül kering, de nem söpörte tisztára a pályáját övező térséget. A törpebolygó szakkifejezést 2006-ban fogadta el a Nemzetközi Csillagászati Unió. Jelenleg a Naprendszerben öt test minősül törpebolygónak, ezek a Plútó, a Ceres, a Haumea, a Makemake és az Eris. A Ceres az aszteroidaövből (kisbolygóövből) található, a többi négy törpebolygó pedig a Neptunusz pályáján kívül. Véltetően a Naprendszer külső, jeges vidékein még számos törpebolygó létezik.

Mi történik egy kettőscsillagban, ha két nagyon nagy tömegű test egymás körül, egymáshoz közel kering?

A kettőscsillag egy két csillagból álló rendszer, amelyben a csillagok elég közel vannak egymáshoz ahhoz, hogy a gravitációs kölcsönhatás egy közös tömegközéppont körüli keringésre kényszerítse őket. Azoknál a kettőscsillagoknál, ahol a két csillag nagyon közel van egymáshoz, gyakran tapasztalható, hogy az egyikből anyag áramlik át a másikba. Az X6 ábra annak művészi ábrázolása, hogy egy ilyen, közeli testekből álló kettős rendszerben forgó, **pulzárnak*** nevezett **neutroncsillag*** tömeget von el a kísérőcsillagától.

Mi történik ilyenkor a tömegközépponttal és ebből következően a kettős rendszer pályájának jellemzőivel? Ahogy megtörténik a pulzár és a kísérőcsillag között az anyagátadás, a pulzár tömege nő, a kísérőcsillagé csökken. Ennek hatására a tömegközéppont közelebb kerül a pulzárhoz. Idővel úgy tűnik majd, hogy a kísérőcsillag a pulzár körül kering.



↑ Egy gyorsan forgó csillag, úgynevezett pulzár, anyagot von el a kísérőcsillagától – művészi ábrázolás. A nagy sűrűségű pulzár (jobb oldal) által kifejtett nagy gravitációs erő anyagot vonz el a kísérőcsillagtól (bal oldal).

***Neutroncsillag:** egy nagy, az élete végén felrobbant csillag maradványa. A neutroncsillagok rendkívül kicsik, de a tömegük nagy, ezért nagyon nagy a sűrűségük.

Pulzár: forgó neutroncsillag erős mágneses mezővel. A pulzárok sugárzást bocsátanak ki, amely, ha egy vonalba esik a Földdel, periodikus, rádióhullámhosszú „villogásként” érzékelhető.

Glosszárium

Asztrometria: a csillagászat azon ága, amely az égitestek helyzetének és mozgásának pontos mérésével foglalkozik.

Baricentrum: egy rendszer tömegközéppontja.

Kettőscsillag: két, közös tömegközéppontjuk körül keringő csillag.

Tömegközéppont: egy test vagy rendszer azon egyetlen pontja, ahol az összetevők súlyának eredő hatása nulla. Ha a testet ennél a pontjánál fogva felfüggesztjük, egyensúlyban lesz.

Törpebolygó: bolygónak megfelelő tömegű test, amely nem bolygó és nem hold. A törpebolygó tömege elég nagy ahhoz, hogy alakja a gömbhöz közelítsen, közvetlenül a Nap körül kering, de nem söpörte tisztára a pályáját övező térséget. A törpebolygó szakkifejezést 2006-ban fogadta el a Nemzetközi Csillagászati Unió. Jelenleg a Naprendszerben öt test minősül törpebolygónak, ezek a Plútó, a Ceres, a Haumea, a Makemake és az Eris. A Ceres az aszteroidaövben (kisbolygóövben) található, a többi négy törpebolygó pedig a Neptunusz pályáján kívül. Vélhetően a Naprendszer külső, jeges vidékein még számos törpebolygó létezik.

Exobolygó/Naprendszeren kívüli bolygó: egy, a Naptól eltérő csillag körül keringő bolygó.

Forgatónyomaték: forgás, különösen egy pont vagy tengely körüli forgó mozgás, kiváltásának képessége.

Neutroncsillag: egy nagy, az élete végén felrobbant csillag maradványa. A neutroncsillagok rendkívül kicsik, de a tömegük nagy, ezért nagyon nagy a sűrűségük.

Pulzár: forgó neutroncsillag erős mágneses mezővel. A pulzárok sugárzást bocsátanak ki, amely, ha egy vonalba esik a Földdel, periodikus, rádióhullámhosszú „villogásként” érzékelhető.

Radiális sebesség: egy test látóirányú (két testet összekötő egyenes mentén mérhető) sebessége

Linkek

„Tanítsunk a világűrrel”-gyűjtemény

ESA Tanítsunk a világűrrel – Csodás ellipszisek tanári útmutató és tanulói tevékenységek | P02:

esamultimedia.esa.int/docs/edu/P02_Marble-ous_ellipses_teacher_guide.pdf

ESA Tanítsunk a világűrrel – Csodás ellipszisek – videó | VP02: www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Marble-ous_ellipses_classroom_demonstration_video_VP02

Tanítsunk a világűrrel! – Készítsünk üstököst – videó | VP06: www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/10/Cooking_a_comet_ingredients_for_life_classroom_demonstration_video_VP06

ESA Tanítsunk a világűrrel! – Baricentrikus labdák videó | VP07a: www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2015/04/Barycentric_balls_classroom_demonstration_video_VP07a

ESA Tanítsunk a világűrrel! – Baricentrikus labdák a világűrben videó | VP07b: www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2015/04/Baricentric_balls_in_space_classroom_demonstration_video_VP07b

Baricentrikus labdák a világűrben – osztálytermi bemutató videója VP07b

Az ESA-hoz kapcsolódó küldetések, tudományos anyagok

Az ESA Gaia küldetése: www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Gaia

Kiskönyvek a Gaiáról (7 európai nyelven): www.esa.int/Education/Little_Books_of_Gaia

Gaia iPhone-alkalmazás: blogs.esa.int/gaia/2014/09/01/gaia-in-your-pocket-mapping-the-galaxy-with-the-new-gaia-app/

Science@ESA podcast: 6. rész: A galaxis felmérése – a Hipparcos-tól a Gaiáig: www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Science_ESA_Episode_6_Charting_the_Galaxy_from_Hipparcos_to_Gaia

Az ESA Hipparcos küldetése: www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Hipparcos_overview

Készíts te is Hipparcos-éggömböt: www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Create_your_own_Hipparcos_star_globe2

ESA/NASA Hubble űrtávcső: sci.esa.int/hubble/

Hogyan keressünk exobolygókat: www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/How_to_find_an_extrasolar_planet

A NASA holdakról és bolygókról összeállított adatbázisa

Kezdőlap: nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/

Bolygók adatlapjainak mutatója: nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html

A Nap adatlapja: nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html

Tanítsunk a világűrrel! – Baricentrikus labdák | P07

www.esa.int/education

Az Európai Űrügynökség (ESA) Oktatási Irodája örömmel fogadja a visszajelzéseket és észrevételeket:
teachers@esa.int

Az Európai Űrügynökség oktatási programja

Copyright © Európai Űrügynökség 2015