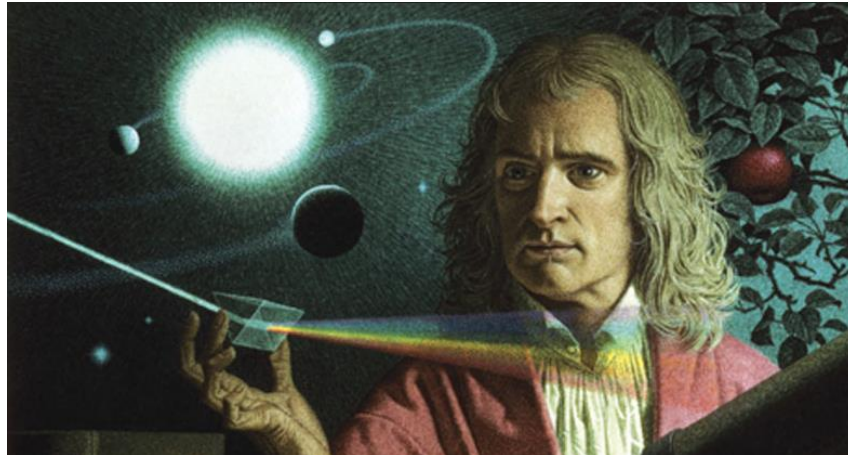


3. Gravitációs erőtvény

Azt a kérdést, hogy miért mozognak a bolygók úgy, ahogy mozognak, Isaac Newton vizsgálta, s írta le.



Gondolatrendszere a következő elveken nyugszik:

- a Nap és a bolygók közt (gravitációs) vonzó hatás van;
- ezen erőhatás iránya mindig a Nap és a bolygó összekötő egyenesébe esik;
- kimutatta, hogy a Föld és Hold közti vonzás is ugyanazon gravitációs jelenséggel magyarázható, mint a bolygók Nap körüli pályán történő mozgása;
- azt is kimutatta, hogy a Föld és a közelében lévő testek közti fellépő vonzóerő is előbbi elméleti okokkal magyarázható meg.

A gravitációs törvény egzakt alakja a következő:

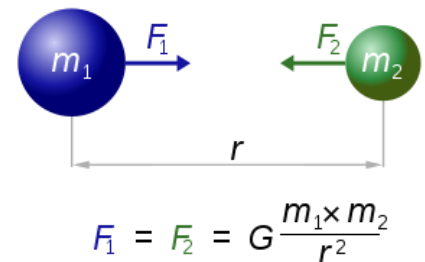
A Newton-féle gravitációs törvény szerint bármely két test kölcsönösen vonzza egymást; és a két pontszerűnek tekinthető test között ez az erő egyenesen arányos a tömegek szorzatával, és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével.

A klasszikus mechanikában ma használt összefüggés szerint a két pontszerű test közötti erőhatás a két testet összekötő egyenes mentén hat és nagysága:

$$F_{gr} = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

(m_1 és m_2 a két test tömege; r a két test távolsága; γ a Newton-féle gravitációs állandó, értéke: $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)

F_r mértékegysége triviálisan newton, a gravitációs erő értelemszerűen vektormennyiség.



Newton a tapasztalati megfigyelésekből, indukcióval levezetett összefüggést arányosság formájában fogalmazta meg, és a Philosophiae Naturalis Principia Mathematica művében publikálta 1687. július 5-én.

Amikor a Royal Society előtt bemutatta könyvét, Robert Hooke azt állította, hogy Newton tőle vette át az inverz négyzetes törvényt.

A gravitációs erőtvény a következő modellt használja:

- Gömb alakú testet gravitációs hatás szempontjából helyettesíthetünk egyetlen, a gömb közepébe helyezett ugyanakkora tömegű ponttal. Ezzel konzekvensen például a Föld gravitációs hatását ekvivalensnek tekintjük egy a közepébe helyezett, ugyanakkora tömegű pontszerű test eredményezte effektussal.

- A szabadesés gyorsulása a földrajzi pólusokon, a Föld felszínén a test mozgásegyenletéből (a dinamika alapegyenletéből) számítható. A pólusoktól eltérő helyeken figyelembe kell venni a Föld saját tengelye körüli forgását, de ennek hatása g_0 értékét tekintve elhanyagolható.
- A szabadesés gyorsulása a Föld felszínétől h magasságban az előbbivel azonos módon számítható, egyéb hatásoktól eltekintünk.

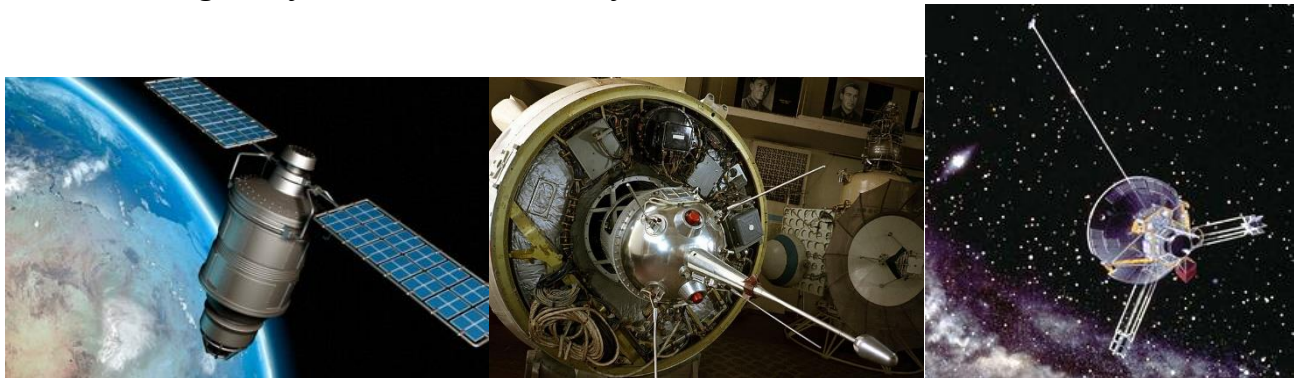
A fent leírtak nyomán ma már tudjuk, hogy az űrben mozgó mesterséges égitestek mozgása is a Kepler törvényekkel konzekvensen történik, és a Newton-féle gravitációs erőtvénnyel magyarázható.

A Föld gravitációs terében triviálisan értelmezhető a *helyzeti energia* fogalma is.

Továbbá a Föld (vagy a Nap) gravitációs terében értelemszerűen teljesül az *energiamegmaradás elve* is.

A XXI. században már mindennapos, hogy mesterséges égitesteket juttatunk az űrbe, a Föld köré, a Nap köré vagy a Naprendszeren túlra. (S persze azt is meg kell említeni, hogy az emberiség a Holdra is eljutott.)

A mesterséges égitestek mozgása attól függ, hogy milyen magasra juttatják fel őket, illetve milyen irányú és nagyságú sebességgel indítják útnak őket; az előbbieket függvényében az alábbi lehetséges céljai lehetnek a fellőtt objektumnak:



- műholdként (mesterséges holdként) kering a Föld körül, az ehhez szükséges sebesség a v_I I. kozmikus sebesség;
- mesterséges bolygóként Nap körüli pályán kering, az ehhez szükséges sebesség a v_{II} II. kozmikus sebesség – ez a sebesség értelemszerűen már elegendő ahhoz, hogy az adott test elhagyja a Föld gravitációs terét;
- csillagközi szondaként elhagyja a Naprendszert, az ehhez szükséges sebesség a v_{III} III. kozmikus sebesség.

A Föld körül keringő objektumok esetében megvalósítható az is, hogy a műhold mindig a Föld egy meghatározott pontja felett legyen, azaz együtt forogjon a Földdel.



Feladatok:

- Hogyan demonstrálhatnánk kísérlettel a gravitációs erőtvényt? Mit használnánk, mit vizsgálnánk, mi lenne a hipotézis?
- Hogyan lehetne mérőkísérleteket végezni a gravitációs erőtvényre vonatkozóan? Mit használnánk, mit vizsgálnánk, mi lenne mérésünk hipotézise?
- Hogyan demonstrálhatnánk kísérlettel a szökési sebességek jelentését? Mit használnánk, mit vizsgálnánk, mi lenne a hipotézis?
- Mitől függ, hogy a Földről kilőtt űrhajó/műhold kör, ellipszis vagy hiperbola pályán mozog-e?
- ** Adjunk leírást a kör, ellipszis és hiperbolapálya esetére fizikai összefüggések felhasználásával!
- * Írjuk fel az energiamegmaradás elvét a Föld (vagy a Nap) gravitációs terében történő mozgásokra!
- Mit értünk I., II. és III.: kozmikus sebesség alatt?
- * Számítsuk ki az I., II. és III. szökési sebesség értékét!
- * Számítsuk ki a szabadesés gyorsulását a földrajzi pólusokon, a Föld felszínén!
- Nézzetek utána, hol használnak olyan műholdakat, melyek mindig a Föld adott pontja felett vannak!
- Az égi objektumok, égitestek különböző módon csoportosíthatók; adjuk meg az alábbiak alapvető dinamikai és kémiai tulajdonságait:
 - csillag
 - bolygó
 - hold
- Merrefelé mutat a gravitáció pl. egy szobában?
- * Adjunk meg a Föld gravitációs terében érvényes potenciál összefüggését – a gravitációs erőtvény felhasználásával!
- ** Adjuk meg a Nap és adott bolygó közti gravitációs potenciált!
- ** Miként számolhatnánk a Napon kívüli további égi objektumok (pl. további bolygók) adott bolygóra tett gravitációs hatásával? Hogyan nevezzük ezt a problémát és eljárást?