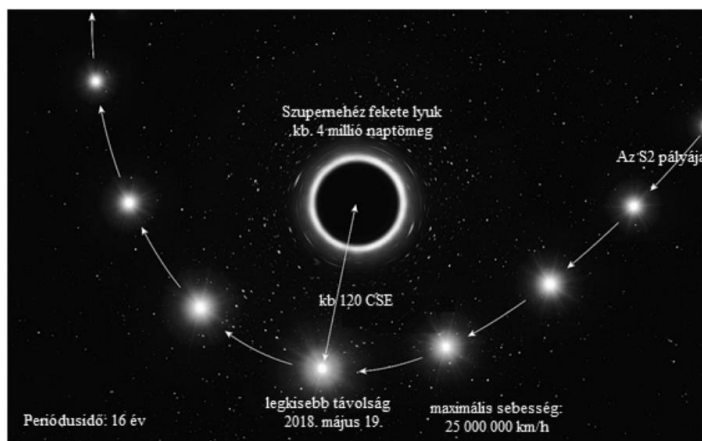


A fekete lyuk

A fekete lyuk a téridő olyan tartománya, ahonnan az erős gravitáció miatt semmilyen információ, még a fény sem tud távozni. Szemléletes, de némileg egyszerűsítő képpel élve ez egy olyan égitest, amelynek felszínére vonatkoztatott szökési sebesség eléri vagy meghaladja a fénysebesség értékét. A lyuk elnevezés alatt nem a szokásos értelemben vett lyukat kell érteni, inkább a világűr egy olyan tartományát, amely a gravitáció révén mindent magába szív, és ahonnan semmi sem tud visszatérni. Fekete lyukak nagy tömegű csillagok életútjának egyik lehetséges végállapotaként, szupernóva-robbanás következtében keletkezhetnek, amennyiben a csillag elég nagy, hogy a belőle keletkezett neutroncsillag is összeroppanjon a hatalmas gravitáció miatt. Mivel a fekete lyukakat nem hagyja el sugárzás, létükre, tulajdonságaikra csak roppant erős gravitációjuk környezetükre gyakorolt hatásán keresztül következtethetünk. Saját galaxisunk központja körül keringő csillagok mozgásából megállapítható, hogy a Tejút központjában egy szupernéhez, körülbelül 4 millió naptömegű objektum van, amely nagy valószínűséggel egy fekete lyuk. Ugyancsak észlelhetők a Földön azok a gravitációs hullámok, amelyek két fekete lyuk összeütközése, összeolvadása során keletkeztek.



(Kép: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/>)

- Mitől és hogyan függ egy égitest felszínén a gravitációs gyorsulás értéke?
- Mit nevezünk első, illetve második kozmikus sebességnek?
- Tegyük fel, hogy egy kis méretű csillag kering egy nagy tömegű fekete lyuk körül, távolsága a fekete lyuktól nem állandó, de nem esik bele a fekete lyukba. Milyen pályán keringhet a csillag? Mit lehet mondani a pálya menti sebességének változásáról?
- Hogyan vehetünk észre egy fekete lyukat?
- Miből következtethetünk két fekete lyuk összeolvadására?
- A mellékelt fantáziarajzon az S2 jelű, a galaxisunk központja körül elnyújtott ellipszispályán keringő csillag pályájának egy szakasza látható a legújabb mérési adatok szerint. A rajz a pályának a központi fekete lyukhoz legközelebb eső szakaszát ábrázolja. Körülbelül mennyi a csillag sebessége a pálya legtávolabbi pontján, amely mintegy 1000 CSE (csillagászati egység = a Nap-Föld távolság) távolságra van a fekete lyuktól?

(2021. május id.)

Megoldás: (18 pont)

- a) *A felszíni gravitációs gyorsulást befolyásoló tényezők meghatározása és a függés megnevezése:*

2 pont

$g \sim M$, ahol M az égitest tömege (1 pont), és

$g \sim 1/R^2$, ahol R az égitest sugara (1 pont).

- b) *A kozmikus sebességek meghatározása:*

2 pont

Az első kozmikus sebesség az R sugarú körpályán keringés sebessége (1 pont), a második a gravitációs környezet elhagyásához szükséges sebesség (1 pont).

- c) *A csillag keringésére vonatkozó törvényszerűségek meghatározása:*

4 pont

Kepler első törvénye szerint a pálya ellipszispálya, melynek egyik gyújtópontjában a fekete lyuk áll (2 pont).

Kepler második törvénye szerint a csillaghoz húzott vezérsugar egyenlő idők alatt egyenlő területet sűrol (2 pont).

(A Kepler-törvények megnevezése nélkül is a teljes pont jár, amennyiben a leírás pontos. A sebességnél, ha a vizsgázó csak annyit állapít meg, hogy távolabb lassabban halad a csillag, közelebb pedig gyorsabban, 1 pont jár.)

- d) *A fekete lyuk észrevehető hatásának megnevezése:*

2 pont

A körülötte mozgó égitestek (csillagok) mozgásából következtethetünk a léteire. (Pusztán a „gravitációs hatás” megemlítése bármilyen magyarázat nélkül nem elég.)

- e) *Az összeolvadó fekete lyukak észrevehető hatásának megnevezése:*

2 pont

Az összeolvadás során keletkező gravitációs hullámokat lehet detektálni.

- f) *Az ábra megfelelő értelmezése és a keresett sebesség meghatározása:*

6 pont

Az ábrából leolvashatók a szükséges adatok: $R_{\min} = 120$ CSE (1 pont),

$v_{\max} = 25\,000\,000$ km/h (1 pont).

Mivel Kepler második törvénye szerint:

$$v_{\max} \cdot R_{\min} = v_{\min} \cdot R_{\max} \Rightarrow v_{\min} = \frac{120}{1000} \cdot 25\,000\,000 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 3\,000\,000 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

(képlet + rendezés + számítás, 2 + 1 + 1 pont)

Összesen: 18 pont