

**35. Nagy László Fizikaverseny**  
**Szalézi Szent Ferenc Gimnázium, Kazincbarcika**  
**2020. február 27 – 28.**  
**J a v í t ó k u l c s**  
**12. osztály**

**2. feladat**

Adatok:

$$D_{\text{Nap}} = 1,392 \cdot 10^6 \text{ km} = 1,392 \cdot 10^9 \text{ m} \Rightarrow R_{\text{Nap}} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m} \quad 1 \text{ pont}$$

$$R_{\text{Föld}} = 6371 \text{ km} = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m} \quad 1 \text{ pont}$$

$$M_{\text{Nap}} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$M_{\text{Föld}} = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$M = 3,8 \cdot M_{\text{Nap}} = 7,5582 \cdot 10^{30} \text{ kg} \quad 1 \text{ pont}$$

$$\gamma = 6,672 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad 1 \text{ pont}$$

a)

Newton gravitációs elmélete szerint a szökési sebesség (vagy más néven a második kozmikus

sebesség) egy  $M$  tömegű,  $R$  sugarú égitest felszínéről:  $v_{\text{II}} = \sqrt{\frac{2\gamma \cdot M}{R}}$  3 pont

A fekete lyuk olyan égitest, amelynél **a felszínre vonatkoztatott szökési sebesség eléri vagy meghaladja a fénysebesség értékét.** 4 pont

Azaz  $v_{\text{II}} \equiv c$  (ahol  $c$  a fény sebességét jelöli) 1 pont

Így  $c \leq \sqrt{\frac{2\gamma \cdot M}{R}}$  érvényes. 2 pont

Ebből  $c^2 \leq \frac{2\gamma M}{R} \Rightarrow R \cdot c^2 \leq 2\gamma \cdot M \Rightarrow R \leq \frac{2\gamma \cdot M}{c^2}$  1 pont

Az adatok behelyettesítésével  $R \leq \frac{2 \cdot 6,672 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 7,5582 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 11,2 \cdot 10^3 \text{ m}$  1 pont

**Tehát a ma ismert legkisebb méretű fekete lyuk sugara  $R \leq 11,2 \text{ km}$ .**

b)

Ezen sugár és a Nap sugarának aránya:  $1,6 \cdot 10^{-5}$ .

A Földre vonatkoztatva ez az arány:  $1,76 \cdot 10^{-3}$ . 1 pont

c)

A fekete lyuk és a Föld tömegének aránya:  $1,27 \cdot 10^6$ . 1 pont

d)

Az elnevezés *fekete* jelzője szerencsés, hiszen, ha a fény sem hagyja el az „égitestet”, a fény hiánya a fekete színt jelenti. 0,5 pont

A lyuk viszont általában egy felületen meglévő folytonossági hiányt jelent a köznyelvben, pedig itt egy térbeli folytonossági hiányról van szó. Legfeljebb a felettünk lévő, félgömbként elképzelt égbolton lévő „lyuk”-ra utal. 0,5 pont

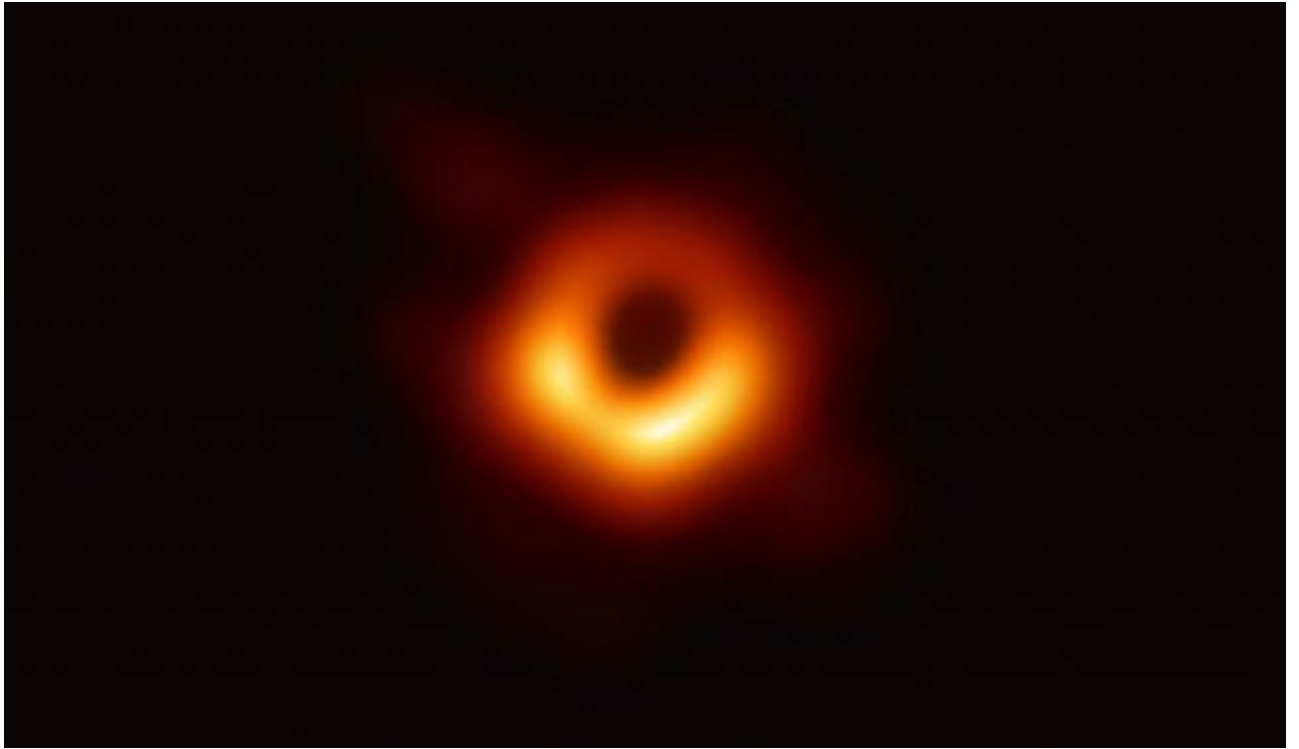
**Összesen: 20 pont**

Megjegyzések:

1) A ma ismert legkisebb tömegű fekete lyukra vonatkozó adat a *Wikipediából* való.

2) 2019. április 10-én jelentették be hivatalosan, hogy nyolc földi rádióteleszkóp nemzetközi együttműködésében üzemeltetett bolygó méretű hálózat (hivatalos nevén: Eseményhorizont Távcső /Event Horizon Telescope, EHT/) segítségével le tudtak fényképezni egy fekete lyukat. Ez az M87 galaxis központjában helyet foglaló fekete lyuk, amely 55 millió fényévre van tőlünk, tömege pedig a Napénak 6,5 milliárdszorosa.

Bővebben: <https://www.csillagaszat.hu/hirek/extragalaktikus-csillagaszat-hirek/exg-aktiv-galaxismagok/exg-kozponti-fekete-lyukak/eloszor-alkottak-kepet-egy-fekete-lyukrol/>



Egy fekete lyukról alkotott első kép. Az objektum az M87 katalógusjelű óriás elliptikus galaxis centrumában helyezkedik el. (EHT)