



1. TESTS

1. Kura no šīm zvaigznēm Rīgā 21. aprīlī pusnaktī atradīsies rietumu pusē pie horizonta?

- Algols
- Altairs
- Polukss
- Spika

2. Kurā zvaigznājā atrodas zvaigzne, kuras rektascensija ir $4^{\text{h}}36^{\text{m}}$ un deklinācija $+16^{\circ}$?

- Vērša zvaigznājā
- Vedēja zvaigznājā
- Zaķa zvaigznājā
- Oriona zvaigznājā

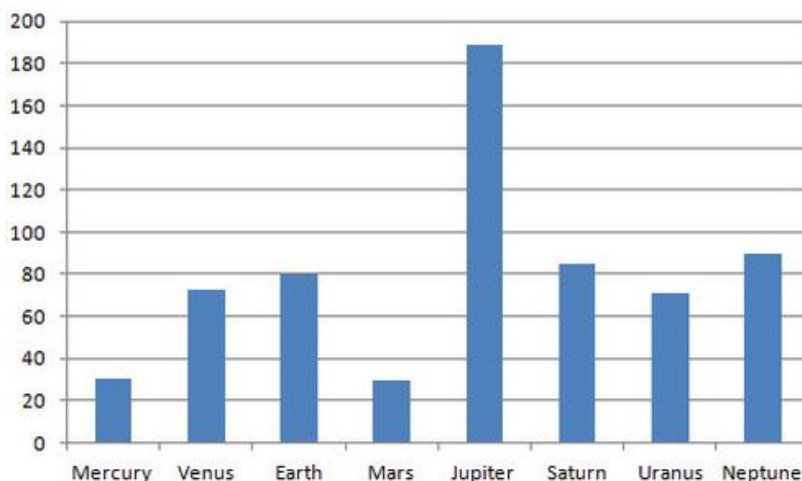
3. Kurš no minētajiem Galileja pavadoņiem apriņķo Jupiteru vistālāk no planētas virsmas?

- Ganimēds
- Eiropa
- Jo
- Kallisto

4. 2019. gadā Starptautiskā Astronomijas savienība (IAU) piedāvāja 100 valstīm izvēlēties nosaukumu vienai zvaigznei un ap to riņķojošajai citplanētai. Latvijai piešķirtā zvaigzne HD 118203 un ap to riņķojošā citplanēta atrodas Lielā Lāča zvaigznājā. Kāds nosaukums pēc priekšlikumu iesūtīšanas un balsošanas tika oficiāli piešķirts šai zvaigznei un citplanētai?

- Spīdola un Lāčplēsis
- Laimdota un Lāčplēsis
- Liesma un Staburags
- Laima un Māra

5. Kas ir attēlots dotajā diagrammā?

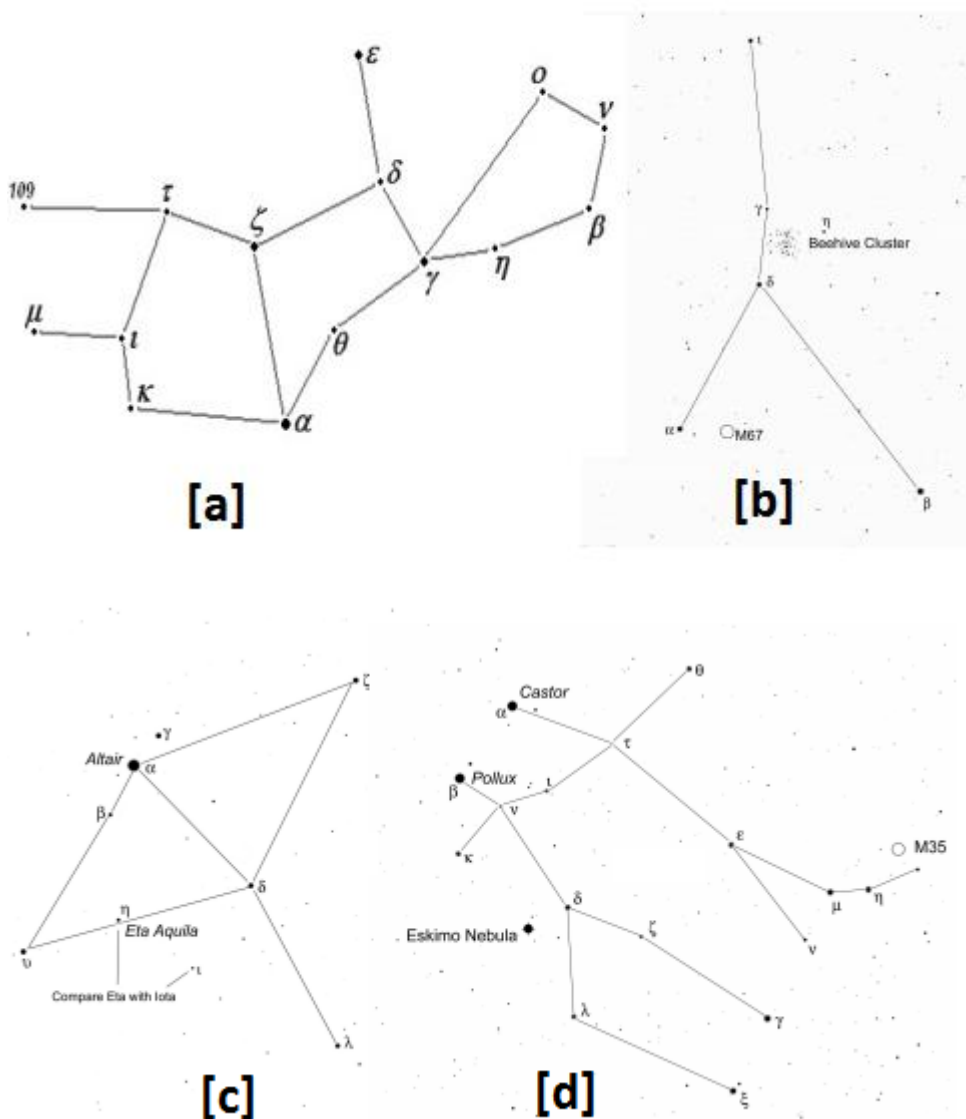


- Saules sistēmas planētu izmēri
- Saules sistēmas planētu masas
- Objekta svars Saules sistēmas planētas virsmas tuvumā
- Saules sistēmas planētu pavadoņu skaits

6. Cik reižu vairāk vai mazāk gaismas var uztvert vienā un tajā pašā laikā ar teleskopu, kura apertūra ir 8 metri, salīdzinājumā ar teleskopu, kura apertūra ir 4 metri?

- uz pusi mazāk gaismas
- tikpat daudz gaismas
- divas reizes vairāk gaismas
- četras reizes vairāk gaismas

7. Kuram no zīmējumā attēlotajiem zvaigznājiem gada laikā neiziet cauri Saulei?



- a
- b
- c
- d

8. Kuras no šīm zvaigznēm ir viskarstākās?

- brūnie punduri
- dzeltenas galvenās secības zvaigznes
- sarkanie milži
- O - tipa zilie milži

9. Kura no planētām Latvijā nebūs redzama 2020. gada aprīļa otrajā pusē nakts laikā pie debesīm?

- Merkurs
- Venēra
- Jupiters
- Saturns

10. Pieņemsim, ka uz Marsa ir nodibināta cilvēku apmetne. Cik ilgs laiks būs nepieciešams astronautam uz Marsa, lai nosūtītu jautājumu kolēģim uz Zemes un saņemtu atpakaļ atbildi, ja Marss atrodas vistuvāk Zemei. Marsa orbītas rādiuss ir 1.524 AU. Pieņemsim, ka kolēģis uz Zemes atbild uzreiz, tiklīdz saņem ziņu no Marsa.

- 4.3 minūtes
- 8.7 minūtes
- 12.7 minūtes
- 25.3 minūtes

2. PĀRKERA SAULES ZONDE

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

2018. gadā no Zemes startējusi Pārķera Saules zonde pēta mūsu zvaigzni – Sauli. Tā apriņķo Sauli tikpat ilgā laikā kā Merkurs, taču orbītas ekscentricitāte ir 0,9. Pārējos datus aprēķini vai sameklē pats!

A Cik liela ir zondes orbītas lielā pusass? **[1 p]**

Atbilde: $a =$ miljoni km (noapaļo vērtību līdz veseram skaitlim, turpmāk izmanto šo vērtību)

B Cik liels ir zondes afēlija attālums? **[1 p]**

Atbilde: miljoni km (noapaļo vērtību līdz veseram skaitlim)

C Cik liels ir zondes minimālais attālums no Saules virsmas? **[1 p]**

Atbilde: $r =$ miljoni km (noapaļo vērtību līdz veseram skaitlim, turpmāk izmanto šo vērtību)

D Vai zonde ieiet Saules hromosfērā? **[1 p]**

Atbilde: Jā/Nē/Nav viennozīmīgas atbildes

E Zondes teleskopi netiks vērsti tieši pret Sauli, taču, kad zonde atrodas minimālajā attālumā no Saules virsmas, cik sīkas detaļas varētu izšķirt uz Saules virsmas, ja optikas izšķirtspēja ir 3 loka sekundes? **[1 p]**

Atbilde: $d =$ km (noapaļo vērtību līdz veseram skaitlim)

F Pieņemsim, ka zondes karstuma vairogu laboratorijā pakļāva izturības pārbaudei, to karsējot ar jaudu 650 kW/m^2 . Vairogam ir cilindriska diska forma. Tā diametrs 2,3 m, biezums 11,4 cm, blīvums 1700 kg/m^3 , īpatnējā siltumietilpība

760 J/kg×K. Vairogu uzkaršēja līdz vidējai temperatūrai 1293 K no sākuma temperatūras 293 K. Izstarošanu, atstarošanu un siltuma zudumus neņemt vērā.

F1 Cik liela ir vairoga masa? [1 p]

Atbilde: $m =$ kg

F2 Cik lielu siltuma daudzumu saņēma vairogs karsēšanas procesā? [1 p]

Atbilde: $Q =$ MJ (noapaļo vērtību līdz vesalam skaitlim)

F3 Cik ilgā laikā vairogs uzkarša līdz vidējai temperatūrai 1293 K, ja tā sākuma temperatūra bija 293 K? [1 p]

Atbilde: $t =$ s (noapaļo vērtību līdz vesalam skaitlim)

G Kad zonde atrodas minimālajā attālumā, Saules starojuma jauda ir 650 kW/m². Zondes instrumentus sedz karstuma vairogs, kas izgatavots no oglekļa šķiedru un grafīta kompozītmateriāla. Ja pieņem, ka vairogs ir pilnīgi melns, cik augsta ir tā līdzsvara temperatūra? [2 p]

Atbilde: $T =$ K (noapaļo vērtību līdz vesalam skaitlim)

3. PLANĒTAS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā apskatīsim planētu kustību ap Sauli, novērojot kustību no Zemes. Lai nevarētu izmantot gatavus datus no informācijas avotiem, iedomāsimies planētu Ausma, kas atrodas 0.5 ua no Saules un planētu Dzintra, kas atrodas 2 ua no Saules. 1 astronomiskā vienība ir attālums no Zemes līdz Saulei. Visas planētu orbītas pieņemsim par vienā plaknē esošām riņķveida orbītām.

A Nosakiet planētu Ausmas un Dzintras apriņķošanas periodus ap Sauli (sideriskos periodus) Zemes gados? [0.5 + 0.5 p]

Atbilde: $T_A =$ Zemes gadi; $T_{Dz} =$ Zemes gadi (noapaļo līdz simtdaļām)

B Cik bieži atkārtojas planētu Ausma un Dzintra fāzes (piemēram, planētas Ausma apakšējās konjunktijas un planētas Dzintra opozīcijas), t.i., cik lieli ir planētu sinodiskie periodi Zemes gados? [0.5 + 0.5 p]

Atbilde: $S_A =$ Zemes gadi; $S_{Dz} =$ Zemes gadi (noapaļo līdz simtdaļām)

C Cik lielā leņķiskajā attālumā no Saules var novērot planētu Ausma novērotājs, kurš atrodas uz Zemes, kad planēta Ausma atrodas maksimālā elongācijā? [1 p]

Atbilde: $\alpha =$ grādi

D Par planētas jeb pavadoņa fāzes vērtību sauc tās apgaismotās daļas laukuma attiecību pret visu spīdekļa diska laukumu. Piemēram, Mēness fāzes vērtības: pilnmēness laikā ir 1, jaunmēness laikā ir 0, bet pirmā un pēdējā ceturkšņa laikā ir 0.5. Cik liela ir planētas Ausma fāze tās maksimālās elongācijas laikā? [1 p]

Atbilde:

E Cik ilgs laiks paiet starp planētas Ausma vakara un rīta maksimālo elongāciju? Par vakara un rīta maksimālo elongāciju sauc maksimālās elongācijas, kad planēta tiek novērota respektīvi no rīta vai vakarā. Ievēro, ka Zemes rotācijas virziens ap savu asi un aprīņošanas virziens ap Sauli sakrīt. Pieņemsim, ka planētas sinodiskais periods ir 0.6 gadi (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās). **[1 p]**

Atbilde: Zemes gadi

F Cik liela ir planētas Dzintra fāze, ja planēta ir opozīcijā un konjunktijā? **[0.5 + 0.5 p]**

Atbilde: Fāze opozīcijā: ; Fāze konjunktijā:

G Planētas fāze f tiek noteikta ar leņķisko attālumu α starp Sauli un Zemi, skatoties no planētas. Nosakiet saistību starp šīm vērtībām. **[1 p]**

Atbilde:

- $f = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$
- $f = \frac{1+\sin \alpha}{2}$
- $f = \frac{1+\cos \alpha}{2}$
- $f = \frac{1-\sin 2\alpha}{2}$
- $f = \frac{1-\cos 2\alpha}{2}$

H Pie cik liela planētas Dzintra leņķiskā attāluma no Saules šīs planētas fāze ir minimālā? **[1 p]**

Atbilde: $\varphi =$ grādi

I Cik liels ir maksimālais leņķiskais attālums starp Zemi un Sauli, skatoties no planētas Dzintra? **[1 p]**

Atbilde: $\alpha =$ grādi

J Nosaki minimālo planētas Dzintra fāzi. Pieņemsim, ka maksimālais leņķiskais attālums starp Zemi un Sauli, skatoties no planētas Dzintra, ir 30° (šī vērtība var atšķirties no iepriekš iegūtās). **[1 p]**

Atbilde: $f =$

4. KOSMISKĀS CIVILIZĀCIJAS ENERĢIJAS AVOTS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Kosmiskā civilizācija kā enerģijas avotu nolēma izmantot melno caurumu ar Hokinga starojuma temperatūru $T = 40\,900\,000\text{ K}$. Hokinga starojuma temperatūru aprēķina pēc formulas $T \approx 1,227 \times 10^{23} \times 1/M$, kur M ir melnā cauruma masa. Gaismas ātrums $c = 3 \times 10^8\text{ m/s}$, gravitācijas konstante $G = 6,67 \times 10^{-11}\text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

A Cik liela aptuveni ir melnā cauruma masa? **[1 p]**

Atbilde: $M =$ kg

B Melnā cauruma Švarcšilda rādiusu R var aprēķināt, ja otro kosmisko ātrumu pielīdzina gaismas ātrumam c . Kura ir pareizā Švarcšilda rādiusa aprēķināšanas formula? G ir gravitācijas konstante [1 p]

Atbilde:

- $R = \frac{2M}{Gc}$
- $R = \frac{Mc^2}{2G}$
- $R = \frac{2GM}{c^2}$
- $R = \frac{cM}{2G}$

C Cik liels ir melnā cauruma Švarcšilda rādiuss? [1 p]

Atbilde: $R =$ m

D Kas pēc izmēriem aptuveni atbilst šim melnajam caurumam? [1 p]

Atbilde:

- Mēness
- Pilsēta
- Monēta
- Atoms

E Cik liela ir melnā cauruma starjauka? Izmanto Stefana – Bolcmaņa likumu! [3 p]

Atbilde: $L =$ W

F Vai dotajā brīdī kosmiskā civilizācija varēs izmantot šo melno caurumu kā jaudīgu enerģijas avotu? [1 p]

Atbilde:

- Jā, jauda ir pietiekama
- Nē, jauda nav pietiekama
- Tas atkarīgs no civilizācijas vajadzībām

G Jo mazāka melnā cauruma masa, jo lielāka tā starjauka. Civilizācija atrada vēl vienu melno caurumu ar masu 100 000 tonnu. Cik enerģijas pavisam no tā iespējams iegūt? [1 p]

Atbilde: $E =$ J

H Cik ilgi G punktā minētais melnais caurums kalpos kā enerģijas avots, ja tā aptuvenš „iztvaikošanas” laiks ir $2,66 \times 10^{24} \times M^3$ gadi? [1 p]

Atbilde: $t =$ gadi

5. MELNĀ CAURUMA AUGŠANAS ĀTRUMS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Melnie caurumi ir telpas apgabali, kur gravitācijas lauks ir tik stiprs, ka no tā ietekmes nevar izklūt ne matērija, ne gaisma. Viela var iekrist melnā caurumā, taču (klasiskās, t.i., ne-kvantu, fizikas ietvaros) nekas nevar izklūt no tā.

Bet melnā cauruma "apetītei" ir sava robeža, virs kura tas nevar "apēst" gāzveida vielu. Aprīņojot melno caurumu akrēcijas diskā un iekrītot pa šauro spirāli, gāzveida vielas potenciālā enerģija melnā cauruma gravitācijas laukā pārvēršas no sākuma kinētiskajā enerģijā un tad daļēji, vielas daļiņu sadursmju rezultātā, arī siltuma enerģijā. Karstā viela sāk starot un šī starojuma spiediens, kas ir vērsts prom no melnā caurumā, var kompensēt vai pat pārsniegt gravitācijas pievilkšanos, kas ir vērsta virziena uz melno caurumu. Šajā uzdevumā izskatīsim šo situāciju.

Melnā cauruma masa ir 10 Saules masas, t.i. $M = 2 \cdot 10^{31}$ kg. Gaismas ātrums $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Gravitācijas konstante $6.67 \cdot 10^{-11}$ (N·m²)/kg². Bolcmaņa konstante $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K. Protona masa ir $m = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg.

A Melnā cauruma robežas jeb notikumu horizonta rādiusu var noteikt, pieņemot, ka otrais kosmiskais ātrums ir vienāds ar gaismas ātrumu ("pat gaisma nevar izbēgt no melnā cauruma gravitācijas lauka"). Cik liels ir melnā cauruma notikumu horizonta rādiuss? **[1 p]**

Atbilde: $r =$ km

B Cik liels ātrums ir ķermenim, kas lido pa riņķveida orbītu $R = 1$ miljona km attālumā no melnā cauruma? **[1 p]**

Atbilde: $v =$ m/s

C Kura no šīm kinētiskās enerģijas izteiksmēm apraksta kinētisko enerģiju ķermenim ar masu m , kas lido pa riņķveida orbītu ap melno caurumu? **[1 p]**

Atbilde:

- $E_k = \frac{Mc^2}{R^2}$
- $E_k = G \frac{Mm}{2R}$
- $E_k = G^2 \frac{c^2}{R}$
- $E_k = G \frac{M^3}{mR}$
- $E_k = G \frac{Mm}{R}$

D Punktveida ķermeņa gravitācijas laukā potenciālā enerģija attiecībā pret bezgalīgi attālināto ķermeņa pozīciju ir negatīva (jo gravitācija pievelk) un to nosaka izteiksme $E_p = -G \frac{Mm}{R}$.

Kad ķermenis, lidojot pa riņķveida orbītu ap melno caurumu, lēni kustās pa spirāli virzienā uz melno caurumu, gravitācijas lauka potenciālās enerģijas starpība pārvēršas citos enerģijas veidos: kinētiskajā enerģijā (ķermenim kustoties arvien ātrāk ap pievilkšanās centru) un siltumenerģijā (mikroskopisko daļiņu kustībā). Kura no šīm izteiksmēm apraksta siltumenerģiju, t.i., pārpalikumu virs kinētiskās enerģijas, ķermenim uz riņķveida orbītas ap melno caurumu? Siltuma zudumus neievērot! **[1 p]**

Atbilde:

- $Q = \frac{Mc^2}{R}$
- $Q = G \frac{Mm}{2R}$
- $Q = G^2 \frac{c^2}{R}$
- $Q = G \frac{M^3}{mR}$
- $Q = G \frac{Mm}{R}$

E Visbiežāk melnā cauruma apkārtnē esošā gāzveida viela galvenokārt ir ūdeņradis. Apskatīsim ūdeņraža atomu, kas sastāv no viena protona un viena elektrona. Protona masa ir $m = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg, elektrona masu neņemsim vērā. Novērtē ūdeņraža gāzes temperatūru 1 miljona km attālumā no melnā cauruma, pieņemot, ka gāze kustas pa riņķveida orbītu. Ievērot, ka pie temperatūrām virs 10^4 K ūdeņradis galvenokārt ir jonizētā stāvoklī, t.i. elektroni un protoni kustās atsevišķi! Izmantojiet izteiksmi no iepriekšējā punkta! **[1 p]**

Atbilde: $T =$ miljoni K

F Lielākā daļa no šīs siltumkustības enerģijas, kas izdalās vielas krišanas laikā melnajā caurumā, tiek izstarota kā elektromagnētiskais starojums (radioviļņi, gaisma, rentgenstari utt.). Nosaki enerģiju, ko izstaro viens kilograms vielas, kas krīt melnajā caurumā no lielā attāluma līdz melnā cauruma rādiusam $r_{MC} = 100$ km (šī vērtība var atšķirties no iepriekš iegūtās). **[1 p]**

Atbilde: $E =$ J

G Starojumam piemīt arī impulss. Šis impulss tiek atdots apstarotai vielai, kā rezultātā rodas spiediens $p_{st} = \frac{I_f}{c}$, kur I_f - vielas apgaismojums (W/m^2) un c - gaismas ātrums. Nosaki starojuma spiedienu uz vielu attālumā 1 miljons km no melnā cauruma, ja ap melno caurumu esošās uz tā krītošās vielas starojuma jauda ir $P_{st} = 10^{32}$ W. **[1 p]**

Atbilde: $p_{st} =$ kPa

H Sakarsētā viela tuvu melnajam caurumam ir jonizētā (plazmas) stāvoklī un katra tās daļiņa (protoni un elektroni) uzvedas kā lodīte ar šķērsriezuma laukumu $\sigma_T = 6.65 \cdot 10^{-29}$ m² (to sauc par Tomsona šķērsriezumu).

H1 Pieņemot, ka starojuma spiediens ir 10 kPa (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās), nosakiet starojuma spiediena spēku uz katru ūdeņraža atomu (protonu un elektronu). **[0.5 p]**

Atbilde: $F_{st} =$ N

H2 Cik liels gravitācijas spēks darbojas uz katru ūdeņraža atomu 1 miljons km attālumā? **[0.5 p]**

Atbilde: $F_{gr} =$ N

I Gan starojuma spiediena spēks, gan arī gravitācijas pievilkšanas spēks ir līdzīgi atkarīgi no attāluma līdz melnam caurumam (apgriezti proporcionāli attāluma kvadrātam), tāpēc ja tiek pārsniegts krītošās vielas maksimāls spožums, tad vielas krišana apstājas līdz spožums nokrīt zem kritiskās vērtības.

Novērtējiet ar šo maksimālo ātrumu augoša melnā cauruma spožumu Saules spožuma vienībās ($L_{Saules} = 3.94 \cdot 10^{26}$ W). Pieņemiet sekojošus lielumus (tie var atšķirties no vērtībām, kas tika iegūtas iepriekš): starojuma spiediena spēks uz vienu ūdeņraža atomu 1 miljona km attāluma no $L = 10^{32}$ W spoža objekta ir $F_{st} = 1 \cdot 10^{-24}$ N, gravitācijas pievilkšanas spēks uz katru ūdeņraža atomu 1 miljona km attālumā no melnā cauruma ir $F_{gr} = 2 \cdot 10^{-24}$ N. **[1 p]**

Atbilde: $L_{max} =$ L_{Saules}

J Nosaki maksimālo ātrumu (Saules masas gadā), ar kuru mūsu apskatītajā melnajā caurumā var iekrist viela. Pieņemsim, ka maksimālais spožums apskatītajam melnajam caurumam ir 300 tūkstoši L_{Saules} (lielums var atšķirties no iepriekš iegūtās vērtības) un izstarotā starojuma enerģija no viena krītošās vielas kilograma ir $E_{1\text{kg}} = 10^{16}$ J/kg. Vienā gadā ir 31.5 miljoni sekundes. $L_{\text{Saules}} = 3.94 \cdot 10^{26}$ W. **[1 p]**

Atbilde: $\frac{\Delta m}{\Delta t} =$ $\frac{M_{\text{Saules}}}{\text{gadā}}$