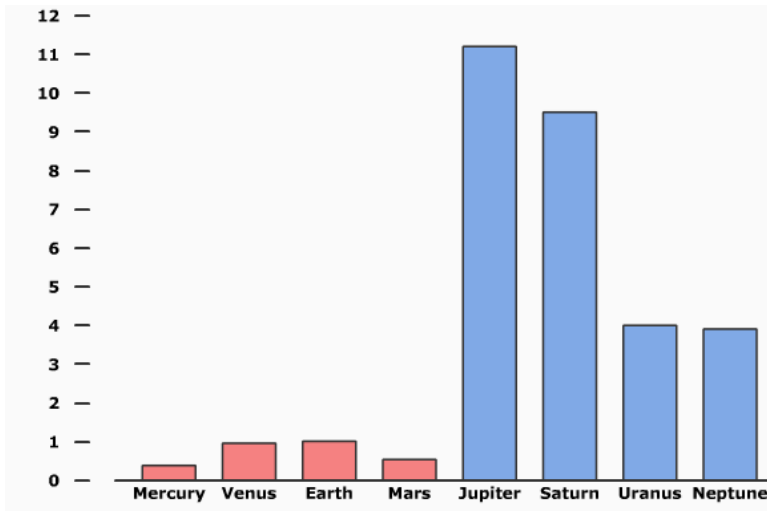




LATVIJAS 47. ASTRONOMIJAS ATKLĀTĀ OLIMPIĀDE  
2019. GADA 9. APRĪLĪ

## TESTS

1. Kāda Saules sistēmas planētu raksturlielumu diagramma redzama attēlā?

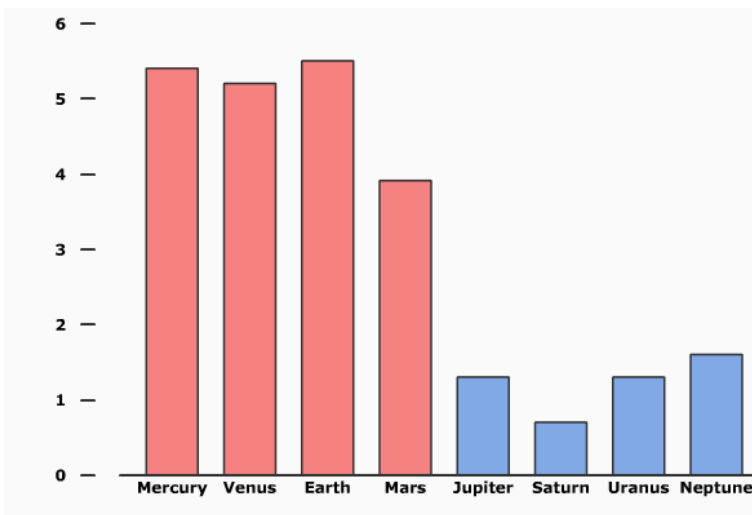


- pavadoņu skaits
- blīvums,  $\text{g/cm}^3$
- rādiuss salīdzinājumā ar Zemes rādiusu
- masa salīdzinājumā ar Zemes masu

Atbildi var pārbaudīt, izmantojot simulāciju  
saitē:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/solar/solarsystemproperties.html>

2. Kāda Saules sistēmas planētu raksturlielumu diagramma redzama attēlā?



- pavadoņu skaits
- blīvums,  $\text{g/cm}^3$
- rādiuss salīdzinājumā ar Zemes rādiusu
- masa salīdzinājumā ar Zemes masu

Atbildi var pārbaudīt, izmantojot simulāciju  
saitē:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/solar/solarsystemproperties.html>

3. Kura no zvaigznēm Rīgā 9. aprīlī pusnaktī atradīsies rietumu pusē pie horizonta?

- Polārzcvaigzne
- Procions
- Altairs
- Spika

Atbildi var atrast izmantojot zvaigžņu karti. Rietumu pusē 9. aprīlī pusnaktī atradīsies Mazā Suņa zvaigznājs, kura spožākā zvaigzne ir Procions.

4. Kurš no minētajiem Saules sistēmas planētu pavadoņiem apriņķo savu planētu vistuvāk planētas virsmai?

- Ganimēds
- Deimoss
- Foboss
- Mēness

Atbilde: Planētu orbītu lielās pusās: Ganimēds – 1 070 400 km, Deimoss – 23 459 km, Foboss – 9 378 km, Mēness – 384 399 km. Foboss apriņķo tuvāk Marsam nekā pārējie pavadoņi savām planētām.

5. Kurā rindā ir sakārtoti Visuma objekti pēc izmēriem dilstošā secībā?

- pārmilzu zvaigzne > neitronu zvaigzne > vaļējā zvaigžņu kopa > lodveida zvaigžņu kopa
- neitronu zvaigzne > pārmilzu zvaigzne > lodveida zvaigžņu kopa > vaļējā zvaigžņu kopa
- vaļējā zvaigžņu kopa > lodveida zvaigžņu kopa > pārmilzu zvaigzne > neitronu zvaigzne
- lodveida zvaigžņu kopa > vaļējā zvaigžņu kopa > pārmilzu zvaigzne > neitronu zvaigzne

Atbilde: Zvaigžņu kopas ir lielākas nekā zvaigznes. Vaļējās zvaigžņu kopas tipiskie izmēri ir 3 - 5 pc, lodveida zvaigžņu kopas tipiskie izmēri ir 20 - 60 pc.

6. Kuras valsts astronauts pirmais pasaulē ģitāras pavadījumā bezsvara apstākļos ierakstīja paša izpildītu dziesmu 2012. gadā, kā arī nospēlēja slavena mūziķa dziesmu un ierakstīja šīs dziesmas videoklipu 2013. gadā?

- Kanādas
- Japānas
- Korejas
- Krievijas

Atbilde: Kanādas astronauts Kriss Hedfīlds (Chris Hadfield). 2012. gadā starptautiskajā kosmiskajā stacijā bezsvara apstākļos ierakstīja dziesmu "Jewel in the Night" [<https://www.youtube.com/watch?v=YufsbE4-jmY>] un 2013. gadā ierakstīja Deivida Bovija dziesmas "Space Oddity" klipus pats dziedot un spēlējot ģitāru [<https://www.youtube.com/watch?v=KaOC9danxNo>]

7. Kurā zvaigznājā atrodas zvaigzne, kuras rekstascensija ir  $5^h20^m$  un deklinācija  $+10^\circ$ ?

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

Atbilde: Izmantojot zvaigžņu karti, var noteikt, ka zvaigzne, kuras koordinātas ir dotas, atrodas Oriona zvaigznājā.

8. Kāda īpašība tiek izmantota, lai klasificētu galaktikas?

- krāsa
- forma
- zvaigžņu daudzums
- izmērs

Atbilde: Galaktikas tiek iedalītas pēc to izskata jeb formas - eliptiskās galaktikas, lēcveida galaktikas, spirālveida galaktikas, neregulārās galaktikas.

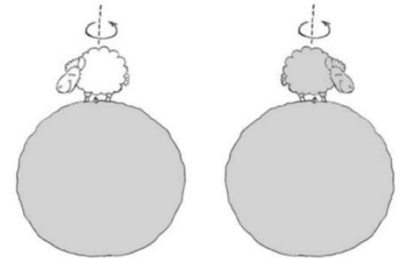
9. Ap kāda tipa zvaigzni riņķo pirmā atklātā citplanēta?

- ap pulsāru
- ap sarkano pārmilzi
- ap melno caurumu
- ap brūno punduri

Atbilde: Pirmā citplanēta tika atklāta 1992. gadā riņķojam ap pulsāru PSR B1257+12, kas atrodas 2300 gaismas gadu attālumā no Saules Jaunavas zvaigznājā.

10. Mazajam princim uz vienas no mazajām planētām bija īpaša aita - viena tās puse bija gaiša, bet otra tumša. Aitas gaišā puse atstaroja 96% gaismas, bet tumšā puse atstaroja 2% gaismas – tāpat kā planētas virsma.

Kādā reizē, kad aita ganījās uz mazās planētas ziemeļpola, to vēroja astronoms no Zemes. Kad planēta rotējot bija pagriezusi pret astronomu aitu ar gaišo pusi, mazā planēta izskatījās spožāka nekā, kad planēta rotējot bija pagriezusi pret astronomu aitu ar tumšo pusi.



Cik liela ir planētas redzamā spožuma izmaiņa, ja aitas vienas puses laukums ir 30 reizes mazāks nekā mazās planētas redzamā diska laukums? Planētas virsma gaismu atstaro viscaur vienādi.

Planētas redzamā spožuma izmaiņa

- 0.02 zvaigžņlielumi
- 0.5 zvaigžņlielumi
- 1 zvaigžņlielums
- 3.2 zvaigžņlielumi

Atbilde:

Aitas gaišā puse atstaro  $96/2 = 48$  reizes vairāk gaismas nekā tumšā puse. Planētas redzamā diska laukums ir 30 reizes lielāks nekā aitas redzamās puses laukums, tātad planēta atstaro tikpat daudz, cik 30 aitu tumšā puse. Tātad, kad aita pret astronomu atradās ar tumšo pusi, tad astronoms novēroja gaismu, kas līdzvērtīga 31 aitas virsmas atstarotai gaismai. Kad aita pret astronomu atradās ar gaišo pusi, tad planēta atstaro gaismu, kas līdzvērtīga  $48 + 30 = 78$  aitas virsmu atstarotai gaismai.

$78/31 = 2.516$ , t.i. aptuveni 1 zvaigžņlielums.

## Zonde uz Mēness

levēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem. Ja kādā uzdevuma apakšpunktā nepieciešams izmantot iepriekš iegūtu skaitlisko vērtību, izmanto to skaitli, ko ierakstīji atbildes lodziņā.

2019. gada janvārī Mēness neredzamajā pusē nolaidās Ķīnas zonde *Chang'e 4*. Zondes sakarus ar Zemi nodrošināja satelīts, kas riņķoja ap sistēmas Zeme-Mēness Lagranža punktu  $L_2$ , pa riņķveida orbītu, kuras centrs atrodas 61 500 km no Mēness centra. Mēness rādiuss 1737 km, Zemes rādiuss 6371 km, attālums starp Zemes un Mēness centriem 384 400 km.

1. Pret Zemi vienmēr pagriezta viena Mēness puse. Vai Mēness griežas ap savu asi? (1 p)

- Jā
- Nē
- Tas vēl nav noskaidrots

Atbilde:

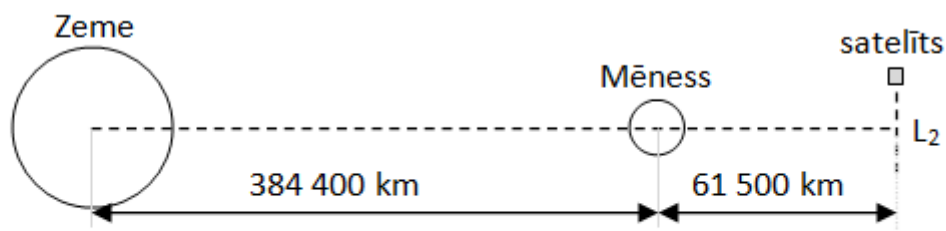
Jā. Mēness veic vienu apgriezianu ap savu asi tajā pat laikā, kad veic vienu apriņķojumu ap Zemi.

2. Kur Zemes-Mēness sistēmā atrodas punkts  $L_2$ , raugoties no Mēness? (1 p)

- Mēness orbītā, bet ar  $60^\circ$  novirzi no taisnes, kas savieno Zemes un Mēness centrus
- Zemei pretējā pusē, uz taisnes, kas savieno Zemes un Mēness centrus
- Tajā pusē, kur atrodas Zeme, uz taisnes, kas savieno Zemes un Mēness centrus

Atbilde:

Lagranža punkts  $L_2$  atrodas Zemei pretējā pusē.



Shematisks attēls - nav veidots mērogā

3. Cik liels ir Mēness leņķiskais rādiuss, raugoties no punkta  $L_2$ ? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ |° (noapaļo līdz loka grāda desmitdaļai)

Atbilde:

Leņķa tangenss, kādā redzams Mēness rādiuss, ir

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_M}{d} = \frac{1737}{61500} = 0.0282,$$

kur  $R_M$  ir Mēness rādiuss, bet  $d$  – attālums no satelīta orbītas centra līdz Mēness centram.

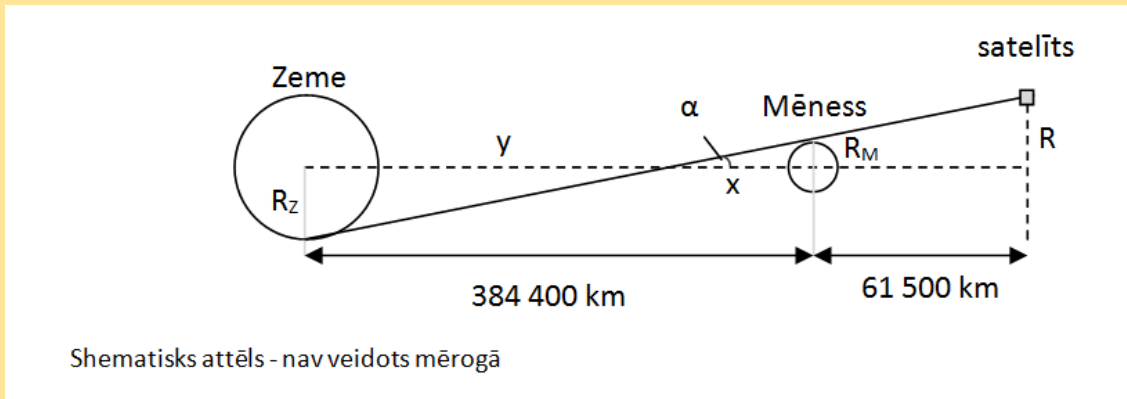
Leņķis ir attiecīgi 1,6 loka grādi.

4. Cik lielam jābūt pavadoņa orbītas rādiusam, lai no pavadoņa vienlaikus būtu redzami Zemes un Mēness diski tā, ka tie saskaras? (3 p)

Atbilde: \_\_\_\_\_ km

Atbilde:

Uzzīmējot situāciju, redzams, ka attālums Zemes – Mēness sadalās divos nogriežņos  $x$  un  $y$ , kas proporcionāli Mēness un Zemes rādiusiem.



Jāatrisina vienādojumu sistēma:

$$\begin{cases} x + y = d_{ZM} \\ \frac{x}{y} = \frac{R_Z}{R_M} \end{cases}$$

Mēnesim tuvākais nogrieznis

$$x = \frac{d_{ZM} \cdot R_M}{R_M + R_Z} = \frac{384400 \cdot 1737}{1737 + 6371} = 82351 \text{ km}$$

Leņķis, kurā no dalījuma punktiem redzams Mēness rādiuss ir

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_M}{x} = \frac{R}{x+d},$$

kur  $d = 61\,500$  km.

Orbītas rādiuss

$$R = \frac{R_M(x+d)}{x} = \frac{1737 \cdot (82351 + 61500)}{82351} = 3034 \text{ km}$$

5. Cik ilgā laikā – aptuveni – radiosignāls no Zemes caur satelītu sasniedz *Chang'e 4*? Gaismas ātrums ir  $3 \times 10^5$  km/s. (1 p)

- 1.3 s
- 1.5 s
- 1.7 s
- 1.9 s

Atbilde:

Signālam jāveic attālums Zeme – Mēness, kas ir 384 400 km, un attālums  $d$  no Mēness līdz Lagranža punktam  $L_2$  un atpakaļ. Aptuvenā aprēķinā – Zemes un Mēness rādiusus, kā arī satelīta orbītas rādiusu var neņemt vērā. Signāla izplatīšanās laiks aptuveni ir

$$t = \frac{d_{ZM} + 2d}{c} = \frac{384400 + 2 \cdot 61500}{300000} = 1.7 \text{ s}$$

6. Mēness sideriskais periods ir 27,32 Zemes diennaktis, sinodiskais periods ir 29,53 Zemes diennaktis. Cik gara ir nakts uz Mēness ekvatora? (1 p)

Atbilde: \_\_\_\_\_ h

Atbilde:

Mēness nakts aptuvenais ilgums ir puse no sinodiskā perioda  $t = 14,765 \text{ d} = 354,36 \text{ h}$ . Ja gribam būt precīzāki, jāņem vērā, ka nakts ir laiks, kad Saules disks atrodas zem horizonta. Saule uz Mēness ekvatora lec un riet aptuveni 28 reizes lēnāk nekā uz Zemes, jeb aptuveni 1 stundu. Tas nozīmē, ka Mēness diena ir par 2 h garāka nekā nakts. Dienas garums ir aptuveni 355 h, nakts garums aptuveni 353 h.

7. Kādā fāzē, raugoties no Zemes, ir Mēness, kad tā neredzamajā pusē diska centrā ir pusnakts? (1 p)

- Jaunmēness
- Pirmais ceturksnis
- **Pilnmēness**
- Pēdējais ceturksnis

Atbilde:

Mēness redzamajā pusē diska centrā ir pusdienu, ir apgaismota visā redzamā pusē, tas ir pilnmēness.

8. Vai Mēness neredzamajā pusē iespējams novērot Saules un Mēness aptumsumus? Mēness librāciju neņem vērā. (1 p)

- Jā, var novērot abu veidu aptumsumus
- Var novērot tikai Mēness aptumsumu
- Var novērot tikai Saules aptumsumu
- **Nevar novērot ne Saules, ne Mēness aptumsumu**

Atbilde:

Ja neņem vērā librāciju, Mēness neredzamajā pusē Zemes ēna nav redzama, tāpēc Mēness aptumsums nav redzams. Ja neņem vērā librāciju, Zeme Mēness neredzamajā pusē nav redzama, tāpēc nav redzams arī Saules aptumsums.

## Galaktikas

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem. Ja kādā uzdevuma apakšpunktā nepieciešams izmantot iepriekš iegūtu skaitlisko vērtību, izmanto to skaitli, ko ierakstīji atbildes lodziņā.

Ilgu laiku atpakaļ tālā galaktikā A...

Civilizācijas A astronoms novēroja divas savā starpā nesaistītas galaktikas B un C, ar augstu precizitāti izmērot tām sarkanās nobīdes - attiecīgi  $z_{AB} = 0,00140$  un  $z_{AC} = 0,00233$ , galaktiku katalogā tām atrada iepriekš izmērītos spožumus - attiecīgi  $m_{AB} = 8,9^m$  un  $m_{AC} = 9,0^m$ .

Tajā pat laikā galaktikas B civilizācijas astronoms iesāka galaktiku kataloga sastādīšanu, izmērot spožumus arī galaktikām A un C, kas izrādījās attiecīgi  $m_{BA} = 9,9^m$  un  $m_{BC} = 8,5^m$ .

Habla konstante  $H = 70$  km/(s·Mpc), gaismas ātrums  $c = 3 \times 10^5$  km/s. Kosmoloģisko telpas liekumu un relativistiskos efektus neņem vērā. Zināms, ka galaktikas A, B un C visas ir vienāda tipa.

1. Kuras galaktikas civilizācija (balstoties uz doto informāciju) astronomijā uzskatāma par attīstītāku? (1 p)

- A
- B
- C

Atbilde: A

Jo civilizācijai A jau ir galaktiku spožumu katalogi un tā prot izmērīt sarkano nobīdi; par civilizāciju B šādu ziņu nav, nav ziņas vai galaktikā C vispār ir civilizācija.

2. Cik liels ir attālums starp galaktikām A un B? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | Mpc

Atbilde: 6 Mpc. Galaktikas B attālināšanās ātrums  $v = c \cdot z = 300000 \cdot 0,0014 = 420$  km/s. Galaktikas attālums pēc Habla likuma  $R = v/H = 420/70 = 6$  Mpc.

3. Cik liels ir attālums starp galaktikām A un C? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | Mpc

Atbilde: Noapaļojot: 10 Mpc. Galaktikas C attālināšanās ātrums  $v = c \cdot z = 300000 \cdot 0,00233 = 699$  km/s. Galaktikas attālums pēc Habla likuma  $R = v/H = 699/70 = 9,99$  Mpc jeb aptuveni 10 Mpc.

4. Kāds ir galaktikas C absolūtais spožums zvaigžņlielos? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | <sup>m</sup>

Atbilde: Zvaigžņlielums  $-21^m$ . Absolūto spožumu aprēķina pēc formulas  $M = m - 5 \cdot \lg r + 5$ , kur  $m$  ir galaktikas redzamais spožums zvaigžņlielos un  $r$  ir attālums parsekos. Skaitliski  $M = 9 - 5 \cdot \lg(10\,000\,000) + 5 = -21^m$ .

5. Cik liels ir attālums starp galaktikām B un C? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | Mpc

Atbilde: Noapaļojot: 8 Mpc. Attālumu parsekos aprēķina pēc formulas  $\lg r = (m - M + 5)/5$ , kur  $m$  ir galaktikas redzamais spožums zvaigžņlielos un  $M$  ir galaktikas absolūtais spožums zvaigžņlielos. Skaitliski  $\lg r = (8,5 - (-21) + 5)/5 = 6,9$ . Attālums  $r = 7,94$  Mpc jeb aptuveni 8 Mpc.

6. Kāds ir galaktikas A absolūtais spožums zvaigžņlielos? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ |<sup>m</sup>

Atbilde: Zvaigžņliels  $-19^m$ . Absolūto spožumu aprēķina pēc formulas  $M = m - 5 \cdot \lg r + 5$ , kur  $m$  ir galaktikas redzamais spožums zvaigžņlielos un  $r$  ir attālums parsekos. Skaitliski  $M = 9.9 - 5 \cdot \lg(6\,000\,000) + 5 = -19^m$ .

7. Kāds ir galaktikas B absolūtais spožums zvaigžņlielos? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ |<sup>m</sup>

Atbilde: Zvaigžņliels  $-20^m$ . Absolūto spožumu aprēķina pēc formulas  $M = m - 5 \cdot \lg r + 5$ , kur  $m$  ir galaktikas redzamais spožums zvaigžņlielos un  $r$  ir attālums parsekos. Skaitliski  $M = 8.9 - 5 \cdot \lg(6\,000\,000) + 5 = -20^m$ .

8. Kura galaktika ir lielākā starp apskatītajām galaktikām? (1 p)

- A
- B
- C

Atbilde: Galaktika C. Tai ir vislielākais absolūtais spožums un tādā lielākie izmēri, jo visu galaktiku tipi ir vienādi.

9. Vai galaktika B ir vismazākā starp apskatītajām galaktikām?

- Jā
- Nē
- To nevar noteikt

Atbilde: Nē. Galaktikas B absolūtais spožums ir starp A un C, tā nav vismazākā.

10. Novērtē, no astronoma B skatu punkta, leņķisko attālumu grādos pie debesīm starp galaktikām A un C? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | loka grādi

Atbilde: 90 loka grādi. Galaktiku attāluma attiecība ir aptuveni 6:8:10 jeb 3:4:5. Šāda malu attiecība ir taisnleņķa trijstūrī, kur taisnais leņķis, izmantojot galaktiku apzīmējumus, atrodas pie virsotnes B. Tādā, leņķiskais attālums starp galaktikām A un C ir aptuveni 90 loka grādi.



## Mēness un Saules aptumsumi

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem. Ja kādā uzdevuma apakšpunktā nepieciešams izmantot iepriekš iegūtu skaitlisko vērtību, izmanto to skaitli, ko ierakstīji atbildes lodziņā.

Viens no nozīmīgiem astronomijas triumfiem senatnē bija iespēja paredzēt Saules un Mēness aptumsumus. Bet kas tie ir un kad tie notiek?

### 2. Kas ir Saules aptumsums? (1 p)

- Notikums, kad Saules plankums iziet caur Saules redzamā diska centru.
- Notikums, kad Saules gaisma pavājinās, jo Saules vēja daļiņas aizsedz Saules redzamā diska daļu.
- Notikums, kad no Zemes virsmas daļas nevar novērot visu Saules disku, jo Mēness kaut daļēji aizsedz to.
- Notikums, kad, skatoties no Zemes, Saules gaisma kaut daļēji neapspīd Mēness disku.

Atbilde:

Notikums, kad no Zemes virsmas daļas nevar novērot visu Saules disku, jo Mēness kaut daļēji aizsedz to.

### 3. Kad notiek Mēness aptumsumi? (1 p)

- Vienmēr tad un tikai tad, kad Zeme atrodas tuvāk Saulei, nekā Mēness.
- Vienmēr tad un tikai tad, kad Saules vēja daļiņas aizsedz Mēness virsmas daļu.
- Vienmēr tad un tikai tad, kad Mēness kaut daļēji aizsedz Saules disku, skatoties no Zemes virsmas.
- Vienmēr tad un tikai tad, kad Zeme kaut daļēji aizsedz Saules disku, skatoties no Mēness virsmas.
- Vienmēr tad un tikai tad, kad Saules, Zemes un Mēness centri atrodas uz vienas taisnes.

Atbilde:

Vienmēr tad un tikai tad, kad Zeme kaut daļēji aizsedz Saules disku, skatoties no Mēness virsmas.

### 4. Kāda ir atšķirība starp pilno un pusēnas Mēness aptumsumu? (1 p)

- Pilnā Mēness aptumsuma laikā visa Zeme atrodas tuvāk Saulei nekā Mēness; pusēnas aptumsuma laikā tikai daļa Zemes atrodas tuvāk.
- Pilnā Mēness aptumsuma laikā Saules vējš aizsedz praktiski visu Mēness gaismu (Mēness zvaigžņlielums izmainās par vairāk nekā  $5^m$ ).
- Pilnā Mēness aptumsuma laikā Mēness var pilnīgi aizsegt Saules disku, skatoties no Zemes virsmas.
- Pilnā Mēness aptumsuma laikā Zeme var pilnīgi aizsegt Saules disku, skatoties no Mēness virsmas.
- Pusēnas Mēness aptumsuma laikā tikai divi no trim centriem (Saules, Zemes un Mēness) atrodas uz vienas taisnes.
- Pastāv tikai pilnie Mēness aptumsumi. Kosmosā nav gaisa un līdz ar to arī pusēnas.

Atbilde:

Pilnā Mēness aptumsuma laikā Zeme var pilnīgi aizsegt Saules disku, skatoties no Mēness virsmas.

### 5. Kāpēc starp Saules un Mēness aptumsumu pāriet divas nedēļas? (1 p)

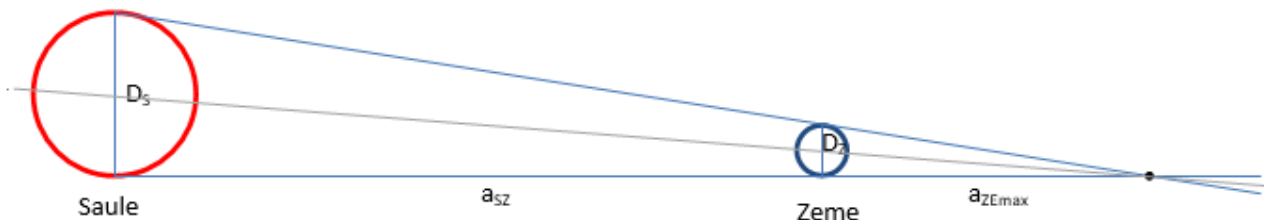
- Saules aptumsums notiek pilnmēness fāzē, bet Mēness aptumsums – jaunmēness fāzē.
- Saules aptumsums notiek pirmā ceturkšņa fāzē, bet Mēness aptumsums – pēdējā ceturkšņa fāzē.
- Mēness aptumsums notiek pilnmēness fāzē, bet Saules aptumsums – jaunmēness fāzē.
- Saules aptumsums notiek pēdējā ceturkšņa fāzē, bet Mēness aptumsums – pirmā ceturkšņa fāzē.

Atbilde:

Mēness aptumsums notiek pilnmēness fāzē, bet Saules aptumsums – jaunmēness fāzē.

6. Saules (S), Zemes (Z) un Mēness (M) attālumi viēnam no otra:  $a_{SZ} = 150$  milj.km;  $a_{ZM} = 380\,000$  km un to diametri  $D_S = 1.4$  milj.km,  $D_Z = 12\,700$  km,  $D_M = 3\,500$  km.

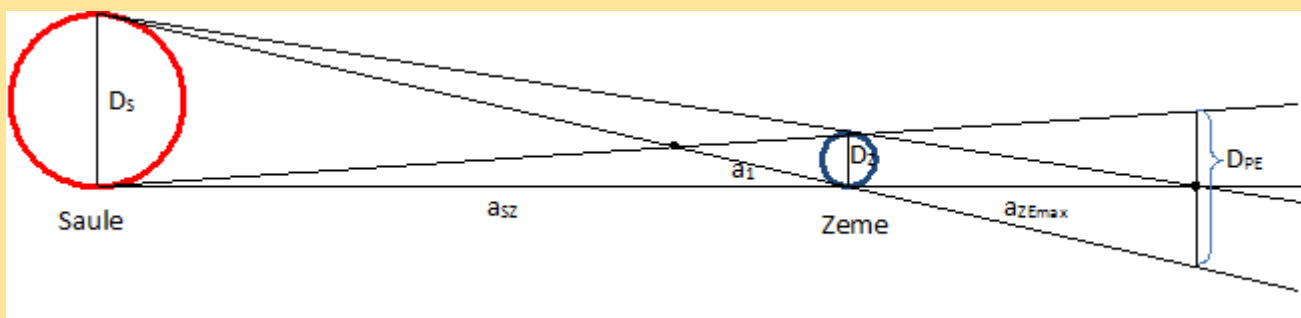
Apskatīsim situāciju, kad Saules, Zemes un Mēness centri atrodas uz vienas taisnes, pie tam Zeme atrodas starp Sauli un Mēnesi, tā, ka Zemes ēna krīt Mēness virzienā.



**A** Iedomājies, ka Mēness atrastos tālāk, nekā tas ir īstenībā! Atrodi maksimālo attālumu  $a_{ZEmax}$  līdz Mēnesim, lai uz tā vēl kristu pilnā Zemes ēna (t.i., lai Zeme pārklātu visu Saules disku kaut vienā Mēness punktā)! (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | miljoni km

Atbilde:



Lai atrastu meklēto attālumu, izmantojam proporciju:

$$\frac{a_{ZEmax}}{D_Z} = \frac{a_{ZEmax} + a_{SZ}}{D_S}$$

no kurienes

$$a_{ZEmax} = \frac{a_{SZ}}{\frac{D_S}{D_Z} - 1} = \frac{150 \cdot 10^6}{\frac{1.4 \cdot 10^6}{12.7 \cdot 10^3} - 1} = 1.36 \text{ miljoni km}$$

("-1" var atņemt aprēķinā).

**B** Cik liels ir Zemes pusēnas diametrs šajā attālumā no Zemes, izteikts Zemes diametros? (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ |  $D_Z$

Atbilde:

Acīmredzams, tas ir aptuveni divi Zemes diametri (katrā pusē no pilnās ēnas punkta būs aptuveni pa vienam Zemes diametram). Noteiksim precīzāko vērtību. Attālumu līdz diagonālstaru krustojuma punktam  $a_1$  noteiksim no proporcijas

$$\frac{a_1}{D_Z} = \frac{a_{SZ} - a_1}{D_S}$$

no kurienes

$$a_1 = \frac{a_{SZ}}{\frac{D_S}{D_Z} + 1} = \frac{150 \cdot 10^6}{\frac{1.4 \cdot 10^6}{12.7 \cdot 10^3} + 1} = 1.36 \text{ miljoni km}$$

Tagad no proporcijas noteiksim DPE:

$$\frac{D_{PE}}{a_1 + a_{ZEmax}} = \frac{D_Z}{a_1}$$

no kurienes

$$D_{PE} = \frac{(a_1 + a_{ZEmax})D_Z}{a_1} = \left(1 + \frac{a_{ZEmax}}{a_1}\right) D_Z = \left(1 + \frac{1.37}{1.36}\right) D_Z = 2.007 D_Z$$

t.i., nedaudz vairāk par diviem Zemes diametriem.

**C** Aprēķini Zemes pilnās ēnas un pusēnas diametrus  $D_E$  un  $D_{PE}$  tādā attālumā no Zemes, kur ēna un pusēna šķērso īsto Mēness orbītu, t.i., attālumā  $a_{ZM}$ ! (2 p)

**Atbilde:**

Ēnas diametrs | \_\_\_\_\_ | tūkstoši km

Pusēnas diametrs | \_\_\_\_\_ | tūkstoši km

**Atbilde:**

Ēnas diametru noteiksim pēc proporcijas:

$$\frac{D_E}{a_{ZEmax} - a_{ZM}} = \frac{D_Z}{a_{ZEmax}}$$

no kurienes

$$D_E = D_Z \left(1 - \frac{a_{ZM}}{a_{ZEmax}}\right) = 12.7 \cdot 10^3 \cdot \left(1 - \frac{380 \cdot 10^3}{1.37 \cdot 10^6}\right) = 9.18 \text{ tūkstoši km}$$

Pusēnas diametrs

$$\frac{D_{PE}}{a_1 + a_{ZM}} = \frac{D_Z}{a_1}$$

no kurienes

$$D_{PE} = D_Z \left(1 + \frac{a_{ZM}}{a_1}\right) = 12.7 \cdot 10^3 \cdot \left(1 + \frac{380 \cdot 10^3}{1.35 \cdot 10^6}\right) = 16.27 \text{ tūkstoši km}$$

7. Zemes un Mēness orbītas neatrodas vienā plaknē. Starp to plaknēm ir leņķis  $\varphi \approx 5^\circ$ . Tas nozīmē, ka Mēness atrodas Zemes orbītas plaknē tikai divos savas orbītas punktos – uz līnijas, kuru šķērso šīs orbītas. Šos punktus sauc par **mezglu punktiem** un līniju sauc par **mezglu līniju**. Ja Mēness orbītu pieņem par riņķveida (kas arī ir jāpieņem nākamā uzdevuma atrisināšanai), tad divi mezglu punkti atrodas orbītas pretējos galos.

Pieņemsim, ka Mēness orbītas orientācija ir nemainīga, kaut gan praksē tas nozīmētu, ka Saules un Mēness aptumsumi notiktu vienos un tajos pašos mēnešos, kad mezglu līnija ir tuva taisnei, kas savieno Sauli un Zemi. Patiesībā Mēness orbītas plakne lēni kustās un aptumsumu mēneši no gada uz gadu lēni nobīdās.

Izmantosim sekojošas vērtības: gada ilgums 365 dienas, laika starpība starp jaunmēnesi un pilnmēnesi 14.5 dienas.

Apskatīsim situāciju, kad Mēness kustībā pa savu orbītu atrodas precīzi starp Sauli un Zemi, t.i., vienā no mezglu punktiem. Tas nozīmē, ka mezglu līnija sakrīt ar līniju, kas savieno Sauli un Zemi, ir jaunmēness un uz Zemes notiek Saules aptumsums.

A Nosaki Mēness attālumu no Zemes orbītas tuvāka pilnmēness laikā! Atceries par Zemes kustību ap Sauli! (1 p)

**Atbilde:** | \_\_\_\_\_ | km

**Atbilde:**

Laikā starp jaunmēnesi un pilnmēnesi Zeme savā kustībā ap Sauli noies  $14.5/365$  daļu no savas orbītas, kas veido  $\alpha = 14.3$  grādus = 0.250 rad. Tas arī būs leņķis starp mezglu līniju un virzienu uz Sauli.

Izmērot pa Mēness orbītu, tas atbilst attālumam  $a_{ZM} \cdot \sin \alpha = 93.8$  tūkstoši km.

Atbilstoši, no taisnstūra trīsstūra – attālums no ekliptikas plaknes būs  $d = a_{ZM} \sin \alpha \cdot \sin \varphi = 8175 \text{ km}$

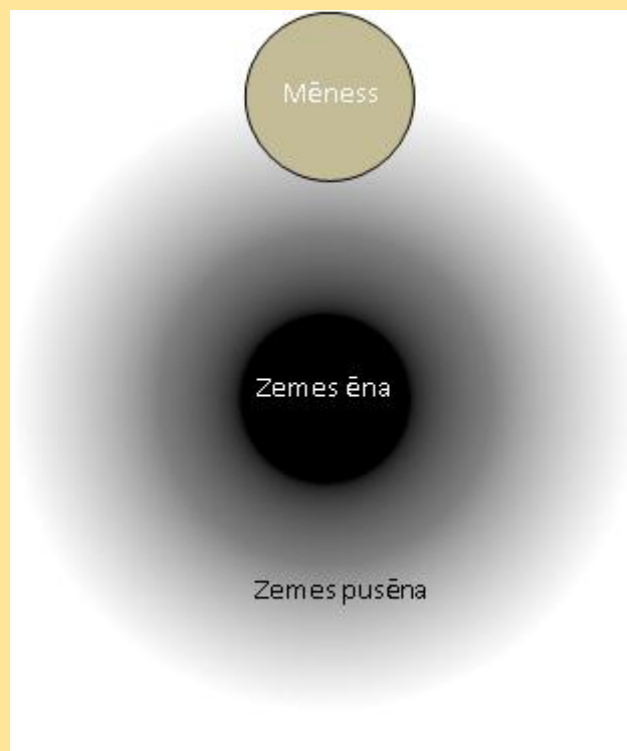
B Vai aprēķinātā pilnmēness laikā būs novērojams Mēness aptumsums? (1 p)

- Jā, riņķveida Mēness aptumsums
- Mēness aptumsumi nekad nenotiek pilnmēness laikā
- Jā, pilnais Mēness aptumsums
- **Jā, pusēnas Mēness aptumsums**
- Nē, aptumsums nenotiks

Atbilde:

Attālums no ekliptikai tuvākā Mēness punkta līdz ekliptikai ir  $d - D_M/2 = 8175 - 1750 = 6425 \text{ km}$ , bet pilnās ēnas rādiuss ir  $D_E/2 = 4590 \text{ km}$ , t.i. mazāk. Tāpēc pilnais aptumsums nenotiks.

Pusēnas rādiuss ir  $D_{PE}/2 = 8185 \text{ km}$ , tas ir, Zemes pusēna aizklās aptuveni pusi no Mēness. To var ilustrēt ar diagrammu:



## Ūdeņraža stāvokļi kosmosā

levēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem. Ja kādā uzdevuma apakšpunktā nepieciešams izmantot iepriekš iegūtu skaitlisko vērtību, izmanto to skaitli, ko ierakstīji atbildes lodziņā.

Izplatītākais ķīmiskais elements Visumā ir ūdeņradis. Kosmosā ir sastopami visdažādākie apstākļi: ārkārtīgi zemas un augstas temperatūras, vismazākie un vislielākie spiedieni, bieži vien pastāv gan stipra, gan vāja cauri videi ejoša jonizējošā starojuma plūsma.

Tik atšķirīgos apstākļos ūdeņradis pastāv ne tikai trīs mūs visiem pazīstamos agregātstāvokļos (ciets, šķidrums, molekulārā gāze), bet arī citos. Pie ne pārāk augstām temperatūrām un lieliem spiedieniem no cieta izolatora (elektrību nevadoša ķermeņa) ūdeņradis pārvēršas par cietu metālu (elektrību vadošu ķermeni). Kaut gan tas nemaina agregātstāvokli (ūdeņradis bija un palika ciets), taču šie stāvokļi atšķiras ar **fāzi**, t.i., ar atomu savstarpējo izvietojumu vai citiem parametriem.

Dažādām fāzēm, pat ja vielas agregātstāvoklis ir tas pats, var atšķirties blīvums, siltumietilpība, magnetizācija un citi parametri. Vielai mainot savu fāzi, bieži vien tiek izdalīta vai absorbēta enerģija, līdzīgi kā pārejās starp agregātstāvokļiem; šo enerģiju raksturo ar īpatnējo fāzu pārejas siltumu  $\lambda$  un aprēķina, tāpat kā citus īpatnējos siltumus, kā siltumu, kas ir nepieciešams vielas masas vienībai, lai pārietu starp fāzēm pie tādās pašas temperatūras (iekšējās enerģijas).

Kā piemērus var minēt, ka

– Jupitera kodolā ūdeņradis ir visdrīzāk **šķidrā metāliskā stāvoklī**;

– “siltā” starpzvaigžņu telpā virs aptuveni 3000 K tas bieži vien ir **atomārā stāvoklī** (ūdeņraža molekulas sadalās siltuma kustības dēļ);

– virs aptuveni 50 000 K, kā arī tuvu jaunām zvaigznēm tas ir **plazmas stāvoklī** (t.i., ūdeņraža atoms zaudē saistīto elektronu – siltuma kustības vai stipra ārējā starojuma dēļ).

Šajā uzdevumā mēs apskatīsim fāzu pārejas no molekulārā ūdeņraža  $H_2$  uz atomāro H, kā arī no atomārā H uz plazmas  $H^+$  stāvokli.

Piezīme: atšķirībā no pārejām “ciets ķermenis” – “šķidrums” un “šķidrums” – “gāze” pie noteikta spiediena, šīs fāzu pārejas nenotiek nemainīgā temperatūrā.

### No molekulas uz atomu

1. Kad divi ūdeņraža atomi H apvienojas ūdeņraža molekulā  $H_2$ , tiek izdalīta  $\epsilon_{mol} = 4.48$  eV enerģija. Atbilstoši, tāda pati enerģija ir jāpatērē, lai molekula disociētu (sadalītos atomos).

Elektronvolts (eV) ir enerģija, kuru iegūst elektrons, kas iziet caur elektrisko lauku ar potenciālu starpību 1 V. Tas ir vienāds ar  $1.6 \times 10^{-19}$  J. Bolcmaņa konstante  $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K =  $8.62 \times 10^{-5}$  eV/K

**A** Nosaki gāzes temperatūru, pie kuras daļiņām vidēji ir siltuma (haotiskās kustības) enerģija, kas ir vienāda ar  $\epsilon_{mol}$ ! (1 p)

**Atbilde:** | \_\_\_\_\_ | K

Atbilde:

$$\text{Siltuma enerģija ir } \frac{3}{2} k_B T, \text{ tātad šī temperatūra ir } T = \frac{2 \epsilon_{mol}}{3 k_B} = \frac{2 \cdot 4,48}{3 \cdot 8,62 \cdot 10^{-5}} = 34648 \text{ K}$$

**B** Nosaki, cik daudz enerģijas ir jāpatērē, lai 1 kg molekulārās ūdeņraža gāzes disociētu (visas molekulas sadalītos atsevišķos atomos)! Ūdeņraža atoma masa ir  $m_H = 1$  u, kur  $1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27}$  kg. (2 p)

**Atbilde:** | \_\_\_\_\_ | MJ

Atbilde:

Tam ir nepieciešams, lai katrai molekulai tiktu piešķirta disociācijai pietiekama enerģija. Tātad

$$E_{dis} = \frac{\varepsilon_{mol}}{2m_H} = \frac{4,48 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{2 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} = 216 \text{ MJ}$$

**C** Pēc disociācijas mainās gāzes siltumietilpība. Molekulāram ūdeņradim kā divatomu molekulai pie augstām temperatūrām pilnā enerģija ir  $\frac{7}{2}k_B T$ , no kurām  $\frac{3}{2}k_B T$  ir haotiskās kustības enerģija un  $2k_B T$  ir iekšējo brīvības pakāpju enerģija.

Kāda būs pilnā enerģija diviem ūdeņraža atomiem temperatūrā  $T$ ? (1 p)

- $\frac{3}{2}k_B T$
- $\frac{5}{2}k_B T$
- $\frac{6}{2}k_B T$
- $\frac{7}{2}k_B T$
- $\frac{9}{2}k_B T$

Atbilde:

Divu ūdeņraža atomu pilnā enerģija temperatūrā  $T$  būs  $3k_B T$ , jo katra atoma nesaistīta atoma enerģija ir  $\frac{3}{2}k_B T$ .

**D** Tātad, daļa no molekulas iekšējās enerģijas paliks pāri un izdalīsies disociācijas procesā. Nosaki, cik daudz enerģijas izdalās šī procesa dēļ, disociējot 1 kg ūdeņraža 10 000 K temperatūrā. (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | MJ

Atbilde:

No katras ūdeņraža molekulas pāri paliks  $\frac{1}{2}k_B T = \frac{1}{2} \cdot 8,62 \cdot 10^{-5} \cdot 10000 = 0,431 \text{ eV}$  enerģijas. Tātad kopējā enerģija, kas izdalās disociējot 1 kg ūdeņraža

$$E_{bp} = \frac{1}{2} \cdot \frac{k_B T}{2m_H} = \frac{0,431 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{2 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} = 20,7 \text{ MJ}$$

**E** Nosaki īpatnējo disociācijas siltumu  $\lambda_{mol}$  10 000 K temperatūrā. (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | MJ/kg

Atbilde:

Īpatnējais disociācijas siltums ir disociācijai piešķirtās enerģijas (jautājums 1B) un disociācijas procesā izdalītās enerģijas (jautājums 1D) summa:

$$\lambda_{mol} = \frac{E_{dis} - E_{dp}}{m} = \frac{216 - 20,7}{1} = 195,3 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

## No atoma uz jonu

2. Izmantosim līdzīgus spriedumus, lai iegūtu atziņas par ūdeņraža jonizāciju, t.i. pārvēršanos no atomārās vielas jonos. Kā zināms, ūdeņraža atomu veido kodols (viens protons) un viens elektrons.

A Lai atdalītu elektronu no ūdeņraža atoma, ir jāpatērē  $\epsilon_{jon} = 13.6$  eV enerģijas. Nosaki, cik daudz enerģijas ir nepieciešams, lai jonizētu 1 kg atomārās ūdeņraža gāzes! (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | GJ

Atbilde:

Ūdeņraža atoma masa ir aptuveni  $m_H = 1$  u. Tātad,

$$E_{jon} = \frac{\epsilon_{jon}}{m_H} = \frac{13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,66 \cdot 10^{-27}} = 1,31 \text{ GJ}$$

Pieņemsim, ka ūdeņraža jonizācija notiek 10 000 K temperatūrā. Kaut gan šī temperatūra ir nepietiekama, lai jonizācija notiktu siltuma kustības dēļ, taču tas notiek gadījumos, kad starpzvaigžņu gāze atrodas netālu no zvaigznēm, kas to apspīd ar savu intensīvu jonizējošo starojumu.

B Kāda ir pilnā enerģija elektronam un ūdeņraža kodolam pēc jonizācijas temperatūrā  $T$ ? (1 p)

- $\frac{3}{2}k_B T$
- $\frac{5}{2}k_B T$
- $\frac{6}{2}k_B T$
- $\frac{7}{2}k_B T$
- $\frac{9}{2}k_B T$

Atbilde:

Pilnā enerģija būs  $3k_B T$ , jo katrai no minētajām daļiņām enerģija ir  $\frac{3}{2}k_B T$

C Līdzīgi kā iepriekš, nosaki īpatnējo jonizācijas siltumu  $\lambda_{jon}$  10 000 K temperatūrā! Ņem vērā gan enerģiju, kas ir nepieciešama atoma jonizācijai, gan to, kas aizies vai tiks iegūta no daļiņu siltuma kustības. (2 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | GJ/kg

Atbilde:

Šoreiz katrai no daļiņām (atomam pirms jonizācijas; elektronam, kā arī ūdeņraža kodolam pēc jonizācijas) ir pilnā enerģija  $\frac{3}{2}k_B T$ . Tātad pēc jonizācijas, lai temperatūra paliktu konstanta, uz katru ūdeņraža atomu ir jāpievada papildus enerģija  $\frac{3}{2}k_B T$ .

Rezultātā īpatnējā jonizācijas siltumietilpība ir

$$\lambda_{jon} = E_{jon} + E_{bp} = \frac{\epsilon_{jon}}{m_H} + \frac{3}{2} \cdot \frac{k_B T}{m_H} = \frac{(13,6 + 1,3) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,66 \cdot 10^{-27}} = 1,43 \frac{\text{GJ}}{\text{kg}}$$