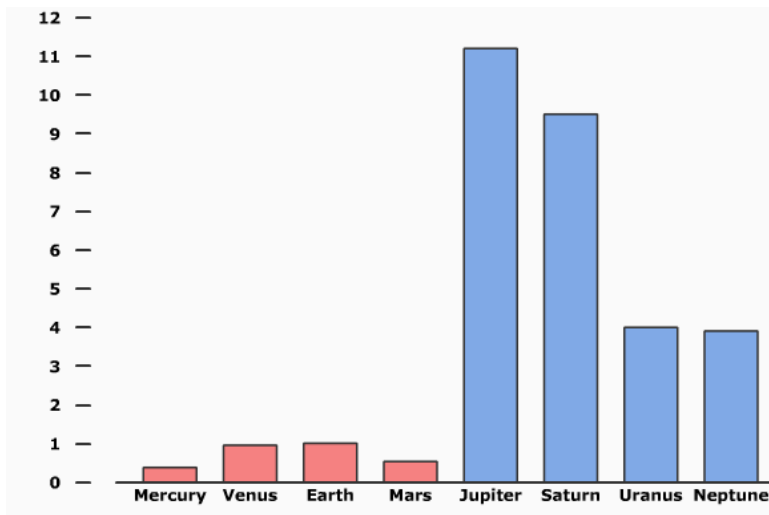




**LATVIJAS 47. ASTRONOMIJAS ATKLĀTĀ OLIMPIĀDE  
2019. GADA 9. APRĪLĪ**

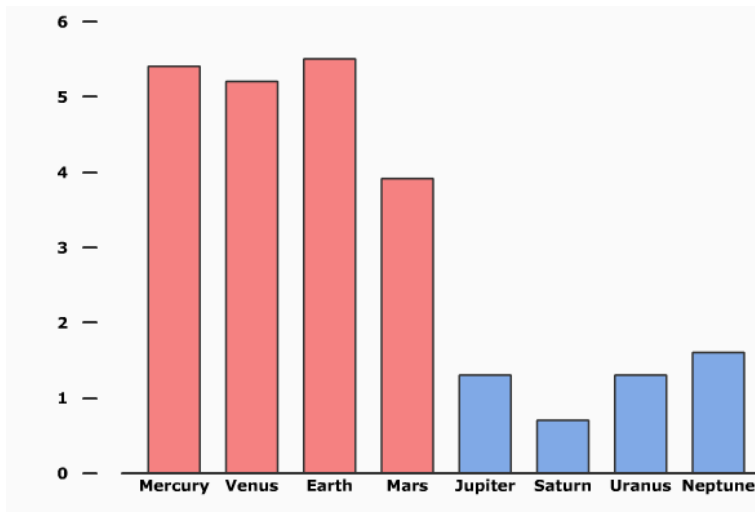
**TESTS**

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

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

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

- Polārzvaigzne
- Procions
- Altairs
- Spika

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

- Ganimēds
- Deimoss
- Foboss
- Mēness

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

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

7. Kurā zvaigznājā atrodas zvaigzne, kuras rekstascensija ir  $5^{\text{h}}20^{\text{m}}$  un deklinācija  $+10^{\circ}$ ?

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

8. Kāda īpašība tiek izmantota, lai klasificētu galaktikas?

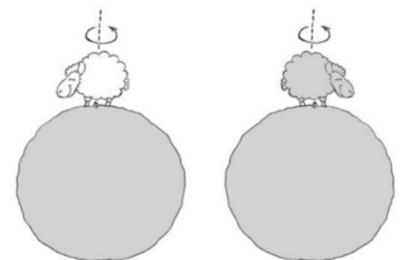
- krāsa
- forma
- zvaigžņu daudzums
- izmērs

9. Ap kāda tipa zvaigzni riņķo pirmā atklātā citplanēta?

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

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 pagriezusī pret astronomu aitu ar gaišo pusi, mazā planēta izskatījās spožāka nekā, kad planēta rotējot bija pagriezusī 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

## 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

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

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

Atbilde: |\_\_\_\_\_|<sup>o</sup> (noapaļo līdz loka grāda desmitdaļai)

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

5. Cik ilgā laikā – aptuveni – radiosignāls no Zemes caur satelītu sasniedz *Chang'e 4*? Gaismas ātrums ir  $3 \times 10^8$  km/s. (1 p)

- 1.3 s
- 1.5 s
- 1.7 s
- 1.9 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

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

- Jaunmēness
- Pirmais ceturksnis
- Pilnmēness
- Pēdējais ceturksnis

8. Vai Mēness neredzamajā pusē iespējams novērot Saules un Mēness aptumsumus? Mēness librāciju neņemt 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

## 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 neņemt 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- A
- B
- C

9. Vai galaktika B ir vismazākā starp apskatītajām galaktikām?

- Jā
- Nē
- To nevar noteikt

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

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | 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.

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.

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

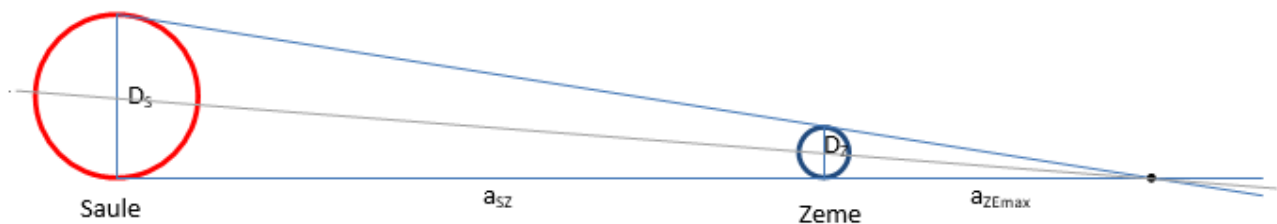
- Pilnā Mēness aptumsuma laikā visa Zeme atrodas tuvāk Saulei nekā Mēness; pusēnas aptumsuma laikā tikai daļa Zemes atrodas tuvāk.
- Pilnā Mēness aptumsuma laikā Saules vējš aizsedz praktiski visu Mēness gaismu (Mēness zvaigžņlielums izmainās par vairāk nekā  $5^m$ ).
- Pilnā Mēness aptumsuma laikā Mēness 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.

5. Kāpēc starp Saules un Mēness aptumsumu paiet 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.

6. Saules (S), Zemes (Z) un Mēness (M) attālumi viena 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  $a_{ZE_{max}}$  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

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

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

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

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 pretējās 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

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

## Ūdeņraža stāvokļi kosmosā

*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.*

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  $\epsilon_{\text{mol}} = 4.48$  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  $\epsilon_{\text{mol}}$ ! (1 p)

**Atbilde:** | \_\_\_\_\_ | 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  $1$  u =  $1.66 \times 10^{-27}$  kg. (2 p)

**Atbilde:** | \_\_\_\_\_ | 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)

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



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

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

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | MJ/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  $\epsilon_{\text{jon}} = 13.6$  eV enerģijas. Nosaki, cik daudz enerģijas ir nepieciešams, lai jonizētu 1 kg atomārās ūdeņraža gāzes! (1 p)

Atbilde: | \_\_\_\_\_ | 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)

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

C Līdzīgi kā iepriekš, nosaki īpatnējo jonizācijas siltumu  $\lambda_{\text{jon}}$  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