



Valsts izglītības satura centrs

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais
fonds

I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Valsts 61. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 9. klasei

Kopā 85 punkti

1. uzdevums

Kur tas fosfors paslēpies?

15 punkti

Sadedzinot 10,44 g bināru fosfora savienojumu **A**, ieguva baltu cietvielu **B** un gāzi **C**. Gāze **C** sastāvēja no diviem ķīmiskajiem elementiem, katra elementa masas daļa šajā gāzē bija 50 %. Gāzes **C** tilpums normālos apstākļos bija 4,704 litri. 10,44 g binārā fosfora savienojuma **A** sadedzināšanai izlietoja 8,064 litrus skābekli (normālos apstākļos).

1. Nosaki gāzes **C** formulu.
2. Aprēķini iegūtās gāzes masu! *Atbildi izsaki gramos ar diviem cipariem aiz komata!*
3. Aprēķini iegūtās baltās cietvielas **B** masu! *Atbildi izsaki gramos un ieraksti ar diviem cipariem aiz komata!*
4. Nosaki baltās cietvielas formulu!
5. Izmantojot aprēķinus, nosaki vielas **A** formulu! *Izmanto ķīmisko elementu molmasas, kas noapaļotas līdz veseliem skaitļiem!*
6. Uzraksti ķīmisko reakciju vienādojumus procesiem (kopā 4 reakciju vienādojumi), kuros:
 - a) kāds skābais oksīds reaģē ar amfotēro oksīdu
 - b) divi skābie oksīdi reaģē savā starpā
 - c) skābais oksīds reaģē ar skābi
 - d) skābais oksīds reaģē ar nemetālu

Dubultoksīdi no parastajiem oksīdiem atšķiras ar to, ka to sastāvā līdzās skābeklim ir nevis viens, bet vairāki, visbiežāk divi vai trīs ķīmiskie elementi. Piemēram, minerāli, kuru formulas ir ThVO_4 , Fe_2TiO_5 vai $\text{Ca}_2\text{FeAlO}_5$, pieder pie dubultoksīdiem. Dažkārt dubultoksīdu formulās visus metālisko elementu simbolus ietver vienās iekavās - $(\text{ThV})\text{O}_4$, $(\text{Fe}_2\text{Ti})\text{O}_5$ vai $(\text{Ca}_2\text{FeAl})\text{O}_5$.

Dubultoksīdu sastāvā var būt arī tikai viens metāliskais elements, taču ar dažādām oksidēšanas pakāpēm. Zināmākie piemēri ir Fe_3O_4 , Pb_3O_4 un U_3O_8 .

1. Nosaki, kāda ir oksidēšanas pakāpe katram no trim svina atomiem savienojumā Pb_3O_4 !
 - a) +2, +2 un +4
 - b) +1, +3 un +4
 - c) +2, +3 un +3
 - d) +1, +2 un +5

Pieņemsim, ka dubultoksīds $(\text{FeAl}_2)\text{O}_4$ šķīst atšķaidītā sērskābē.

2. Aprēķini, cik mL 0,25 M sērskābes šķīduma nepieciešams, lai izšķīdinātu 5,22 g šī savienojuma!

Pieņemsim, ka, reducējot dubultoksīdus ar ūdeņradi, vienmēr rodas brīvs metāls vai metāli. Kāds no dubultoksīdiem satur 20 % skābekli.

3. Izmantojot aprēķinus, nosaki šo ķīmisko elementu un uzraksti šī dubultoksīda formulu (nelietojot iekavas)!

Kāds cits dubultoksīds satur 33,33 % skābekli.

4. Atzīmē, kādus divus metāliskos elementus vēl satur šis dubultoksīds (skābekļa atomu skaits savienojuma formulā ir mazāks par 6)! Aprēķinos izmanto ķīmisko elementu molmasas, kas noapaļotas līdz veseliem skaitļiem!
 - a) Vanādiju un dzelzi
 - b) Magniju un titānu
 - c) Magniju un hromu
 - d) Varu un dzelzi
5. Uzraksti iepriekšējā jautājumā iegūtā savienojuma formulu (nelietojot iekavas)!
6. Nosaki metālisko elementu oksidēšanas pakāpes savienojumā, kura formulu Tu ieguvi iepriekšējā jautājumā!

1. Apraksti, kā izdalīt tīru kalcija karbonātu no cietu vielu maisījuma, kas satur kalcija karbonātu, kālija sulfātu, bārija sulfātu, pulverveida dzelzi un jodu!

Maisījumu, kura masa bija 5,30 g, un kas sastāvēja no kalcija sulfīda un kalcija karbonāta, apstrādāja ar atšķaidītu sālsskābi. Izdalījās 1,344 L (n.a.) gāzu.

2. Izliec mazākos, veselos koeficientus šādām reakcijām:
 - a) $\text{CaS} + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
 - b) $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
3. Aprēķini iegūto gāzu daudzumu! *Atbilde izsaki molos un ieraksti ar trim cipariem aiz komata!*
4. Aprēķini reakcijā ar maisījumu izlietotās sālsskābes tilpumu, ja tās koncentrācija bija 1,520 mol/litrā! *Atbilde izsaki mililitros un ieraksti ar vienu ciparu aiz komata!*
5. Aprēķini kalcija karbonāta un kalcija sulfīda masas daļas maisījumā! *Aprēķinos izmanto ķīmisko elementu molmasas, kas noapaļotas līdz veseliem skaitļiem!*

Līdzīgā eksperimentā izmantoja 11,34 M sālsskābi, kuras blīvums bija 1,175 g/mL.

6. Aprēķini HCl masas daļu šajā šķīdumā! *Aprēķinos izmanto $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g/mol}$.*
7. Atzīmē ķīmiskās reakcijas, kurās rodas kalcija karbonāts:
 - a) CaO (cieta viela) + C (cieta viela) + t°
 - b) CaO (cieta viela) + CO_2 (gāze)
 - c) CaCl_2 (šķīdums) + H_2CO_3 (šķīdums)
 - d) CaCl_2 (šķīdums) + Na_2CO_3 (šķīdums)
 - e) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (suspensija) + CO_2 (gāze)
 - f) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (suspensija) + Na_2CO_3 (šķīdums)

Sērūdeņradi var iegūt, iedarbojoties uz metālu sulfīdiem ar atšķaidītām skābēm. Kādā eksperimentā iedarbojoties uz 8,94 g metāla sulfīdu ar atšķaidītu sālsskābi, ieguva 672 mL (n.a.) sērūdeņradi.

8. Izmantojot aprēķinus, noskaidro nezināmā metāla sulfīda ķīmisko formulu! *Aprēķinos izmanto ķīmisko elementu molmasas, kas noapaļotas līdz veseliem skaitļiem!*

H_2S raksturīgas daudzveidīgas ķīmiskās reakcijas.

9. Saliec koeficientus ķīmisko reakciju vienādojumos:
 - a) $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - b) $\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$
10. Atzīmē vielas, ar kurām H_2S reaģē:
 - a) BaO
 - b) Fe
 - c) K_2CO_3 šķīdums
 - d) H_2SO_3 šķīdums
 - e) $\text{Zn}(\text{OH})_2$
 - f) NH_3
 - g) O_2
 - h) CuCl_2 šķīdums

Šajā uzdevumā tiks pētītas ideālu gāzu īpašības. Ideāla gāze ir gāzes vienkāršots modelis. Šajā modelī gāzes tilpumu V , spiedienu p un absolūto temperatūru T , nemainoties gāzes masai, saista sakarība:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{const}$$

Šī sakarība ir ideālas gāzes stāvokļa vienādojuma vienkāršots variants, ko formulēja franču fiziķis Benua Klapeirons.

Visas vielas gāzveida stāvoklī ir reālas gāzes un tām šis vienādojums ir pareizs tikai tuvināti, tomēr tas ir pietiekami precīzs praktiski visām retinātām gāzēm, ja to temperatūra ir tālu no kondensēšanās (iztvaikošanas) temperatūras. Konstanti (*const*) Klapeirona vienādojumā ērti noteikt tad, ja gāzes daudzums ir viens mols, jo zināms, ka 1 mol jebkuras gāzes absolūtajā temperatūrā $T_0 = 273,15 \text{ K}$ (0° C) un normālā spiedienā $p_0 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ vienmēr aizņem tilpumu $V_0 = 0,0224 \text{ m}^3$ (22,4 L). Šajos apstākļos

$$\frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = R,$$

kur konstanti R (izteiktu $\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$) sauc par universālo gāzu konstanti.

1. Izmantojiet dotos lielumus un aprēķiniet universālās gāzu konstantes vērtību.

Ideālās gāzes īpašību pētīšanai izmantosim šo virtuālo laboratoriju:

https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_en.html (saite tiks atvērta jaunā logā), tālāk izvēlamies izvēlni "Ideal". Atveras šāds logs (zemāk attēlā pievienoti skaidrojumi latviešu valodā):

temperatūra (K) K

var norādīt kuri lielumi eksperimenta laikā ir konstanti: Hold Constant

- Nothing (nekas)
- Volume (V) (tilpums)
- Temperature (temperatūra)
- Pressure \downarrow (spiediens)
- Pressure \uparrow (tilpums)
- Width \leftarrow \rightarrow (platums)
- Stopwatch (hronometrs)
- Collision Counter (sadursmju skaitītājs)

+ Particles

šeit izvēlas kādas daļiņas un cik lielā skaitā ievietot reaktorā

sildīt / dzesēt reaktoru

Heat Cool

Pressure 0.0 atm

spiediens

Notītīt visus datus (reset)

1. daļa

Pētīsim sakarību starp gāzes spiedienu un tilpumu. Izvēlamies melnraksta papīru (vēlams rūtiņu lapu vai Excel) un tur piefiksējam gāzes spiediena vērtības.

Sākotnējais reaktora platums ir 15 relatīvās vienības (reaktora platumu var apskatīt, atzīmējot ķeksīti izvēlnē "width"). **Reaktora platumu var mainīt, pavelkot reaktora rokturi kreisajā pusē.** Iepildām reaktorā 200 smagākās gāzes molekulas (attēlotas zilā krāsā) un pierakstām uz lapas (vai Excel) reaktora tilpumu (relatīvās vienībās; dziļums un augstums ir 10 relatīvās vienības) un gāzes spiedienu (nolasa no virtuālā manometra; ja svārstās, tad noteikt vidējo).

Atķeksējam, ka temperatūra eksperimenta gaitā ir jāuztur konstanta.

Tad samazinām reaktora platumu līdz 12, 10, 8 un 5 relatīvajām tilpuma vienībām, katrā no gadījumiem piefiksējam spiediena vērtības. Uz melnraksta papīra (vai Excel) uzskicējam grafiku ar spiediena izmaiņām atkarībā no reaktora tilpuma.

2. daļa

Pētīsim gāzes spiediena atkarību no temperatūras. Izmantojam to pašu gāzi, kas tika izmantota iepriekšējā uzdevumā. Atzīmējam reaktora tilpumu kā fiksētu (konstantu).

Uz melnraksta papīra (vai Excel) fiksējam sākotnējo temperatūru un spiedienu reaktorā.

Izmantojot zem reaktora esošo sildītāju, mainām reaktora temperatūru un fiksējam (uz papīra vai Excel) gāzes spiedienu vismaz piecās dažādās temperatūrās. Uz melnraksta papīra (vai Excel) uzskicējam grafiku ar spiediena atkarību no temperatūras.

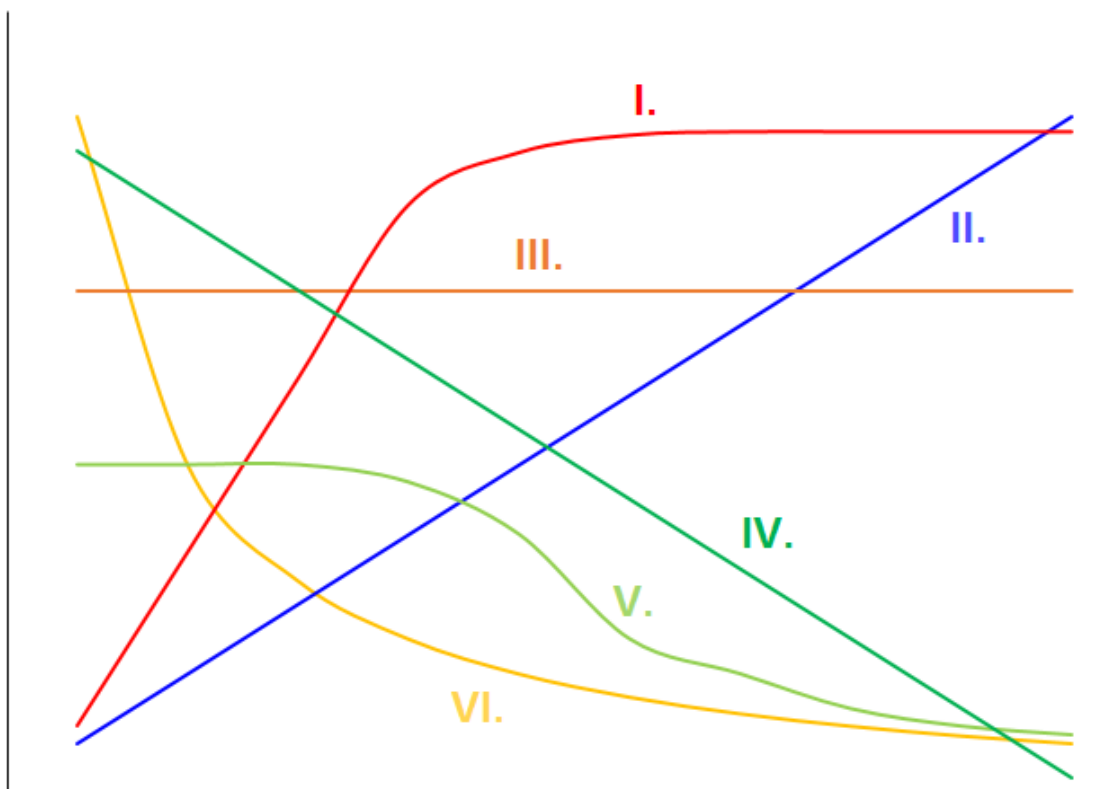
Jaunais ķīmiķis Gustavs uzsāka gāzes karsēšanu, tomēr saņēma steidzamu telefona zvanu un devās prom, aizmirstot atslēgt karsēšanu. Modelējiet aprakstīto situāciju, turpinot virtuālā reaktora karsēšanu arī pēc tam, kad reģistrēts pietiekams daudzums eksperimentālo punktu grafikam 2. daļā.

2. Kas notiktu ar jaunā ķīmiķa reaktoru, ja viņš laicīgi nepamanītu, ka karsēšana turpinās?
 - a) aprakstītais reaktors visticamāk uzsprāgtu
 - b) ja reaktorā būtu iebūvēts temperatūras vai spiediena sensors un atbilstoša reaktora vadības programmatūra, tad karsēšana tiktu automātiski atslēgta, ja temperatūra vai spiediens pārsniegtu kritisko vērtību
 - c) gāzes spiediens reaktorā kļūtu vienāds ar bezgalību
 - d) no jebkuras gāzes veidotos jauna gāze, kuras molekulās būtu divas reizes lielāks atomu skaits nekā sākotnējās gāzes molekulās
 - e) sāktos kodolreakcija un rastos radioaktīvas vielas

3. daļa

Pētīsim gāzes spiediena atkarību no molekulu veida. Reaktorā uztur konstantu temperatūru (fiksēts lielums) un nemaina reaktora tilpumu. Ievieto reaktorā 200 smagākās (zilā krāsā) gāzes molekulas. Tad pakāpeniski samazina smagāko molekulu skaitu uz 180, uz 160 utt. līdz smagāko molekulu skaits sasniedz 100. Vienlaikus palielina vieglāko molekulu skaitu, uzturot vienmēr reaktorā 200 gāzes molekulas. Fiksē spiediena izmaiņas, kuras attēlo grafiski (uz papīra vai Excel) atkarībā no smagāko molekulu skaita traukā.

Attēlā parādītas dažādu grafiku skices:



3. Kura no skicē parādītajām līnijām atbilst katram no pētītajiem procesiem ?
- spiediena atkarība no reaktora tilpuma
 - spiediena atkarība no temperatūras
 - spiediena atkarība no smagāko molekulu skaita reaktorā, ja kopējais molekulu skaits tiek uzturēts konstants

4. daļa

Šajā eksperimentā noteiksim reaktora maksimālo tilpumu. Ieregulējam reaktora maksimālo tilpumu un iepildām reaktorā 1000 smagākās gāzes (zilā krāsā) molekulas, norādām temperatūru $T = 300 \text{ K}$.

- Nolasiet spiedienu no manometra šajos apstākļos.
- Aprēķiniet reaktora tilpumu un izsakiet to litros! Aprēķiniem nepieciešamās konstantes var atrast šī uzdevuma ievadā un ķīmijas olimpiāžu formulu lapā.

Atkarībā no temperatūras mainās ne tikai gāzes molekulu spiediens, bet arī molekulu kustības ātrums. Kā to var novērot arī Jūsu izmantotajā simulācijā, ne visas gāzes molekulas kustas ar vienādu ātrumu, tomēr vidējā gāzu molekulu kustības ātruma raksturošanai izmanto gāzu molekulu vidējo kvadrātisko ātrumu, kuru aprēķina pēc formulas:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3RT}{M}},$$

kur R - universālā gāzu konstante ($\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$), T - absolūtā temperatūra (K) un M - molmasa (kg/mol).

Ja jāsalīdzina vairāku gāzu molekulu vidējie kvadrātiskie ātrumi, tad ātrumu attiecība ir izsakāma:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}},$$

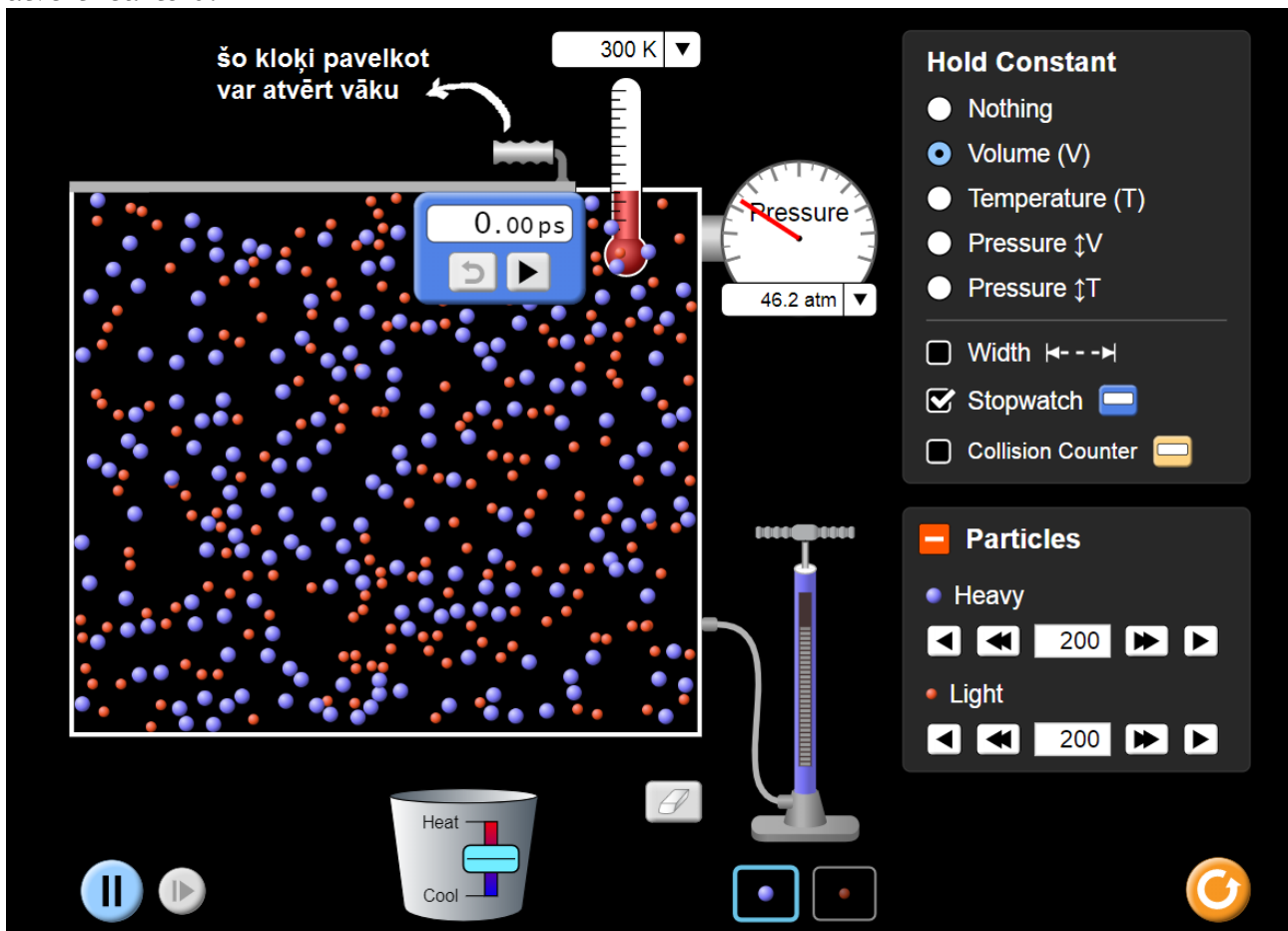
kur v un M - gāzes 1 un gāzes 2 molekulu vidējais kvadrātiskais ātrums un molmasas.

6. Aprēķiniet slāpekļa (N_2) molekulu vidējo kustības ātrumu (m/s) $27^\circ C$ ($300 K$) temperatūrā.

5. daļa

Sagatavojiet eksperimentu kā parādīts bildē zemāk:

- 1) reaktorā ar tilpumu 10 relatīvās vienības iepildiet 200 katra veida molekulas un ļaujiet tām vienmērīgi izkliedēties reaktorā;
- 2) iestatiet temperatūru $300 K$ un fiksējiet reaktora tilpumu kā konstantu;
- 3) atveriet hronometru un novietojiet to (pārvelkot ar peli) zem kloķa reaktora vākā, ar kuru var atvērt reaktoru.



Tad atveriet reaktora vāku tik plaši, cik vietas aizņem hronometrs, nekavējoties ieslēdziet hronometru un sāciet reaktora sildīšanu (nepārkarsēt!) tā, lai temperatūra turētos ap $300 K$. Gāzu molekulas pa caurumu reaktora vākā lidos ārā no reaktora. Procesu turpiniet apmēram 1 minūti, tad aizveriet reaktora vāku, pabīdot kloķi atpakaļ.

Saskaitiet (nolasiēt rādījumus sadaļā "Particles") reaktorā palikušo molekulu skaitu un aprēķiniet, cik katra veida molekulas no reaktora izlidoja. No reaktora izlidojušo molekulu skaits ir gāzu vidējo kvadrātisko ātrumu attiecība (v_1 / v_2). Aprēķiniet gāzu molmasu attiecību M_2/M_1 .

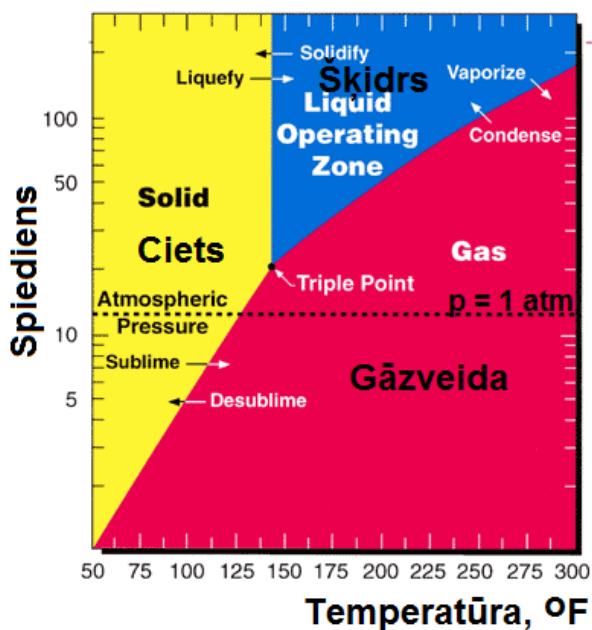
Atkārtojiet eksperimentu un molmasu attiecības aprēķinus vismaz vēl divas reizes.

7. Aprēķiniet vidējo M_2/M_1 attiecību, kur M_2 ir vieglākās molekulas molmasa.
8. Norādiet galveno(os) kļūdu avotu(us) iepriekšējā jautājumā veiktajā eksperimentā:
 - a) visi eksperimenti nebija veikti vienādu laiku
 - b) reaktorā nebija konstanta temperatūra, tādēļ eksperimenta laikā mainījās arī gāzu molekulu ātrumi
 - c) molekulu skaits reaktorā tika izmērīts nepareizi
 - d) reaktora vāks bija atvērts dažādā platumā dažādos eksperimentos
9. Balstoties uz Jūsu aprēķināto gāzu molmasu attiecību, norādiet divas gāzu formulas, kuras tuvu (vai vistuvāk) atbilst uzdevuma nosacījumiem. Atkāpes no Jūsu aprēķinātās molmasu attiecības nevar būt lielākas par 10%.

6. daļa - Praktiskais pielietojums

Atšķirības gāzu molekulu kustības ātrumos izmanto urāna radioaktīvo izotopu atdalīšanā (urāna bagātināšanā). Izotopi ir viena elementa atomi ar atšķirīgām atommasām, piemēram, ^{235}U izotops ar atommasu 235 un ^{238}U izotops ar atommasu 238.

Urāns dabā ir atrodams UO_2 veidā (minerāla uranīta sastāvdaļa). UO_2 reaģējot ar HF veidojas UF_4 , kam reaģējot ar F_2 , iegūst urāna(VI) fluorīdu, kurš viegli pārvēršas gāzveida stāvoklī. UF_6 stāvokļa diagramma ir parādīta attēlā:



Gāzveida UF_6 , kas satur abus minētos urāna izotopus, iepilda reaktorā ar šauru atveri, kuru savieno ar nākamo reaktoru, tad nākamo reaktoru utt. Šādā veidā UF_6 , kas satur ^{235}U izotopu, pēdējā reaktorā nonāk ātrāk nekā smagākais ^{238}U izotops. Zemāk attēlā parādīta urāna bagātināšanas rūpnīca:



10. Aplūkojiet UF_6 stāvokļa diagrammu un nosakiet, kāda procesa rezultātā atmosfēras spiediena apstākļos veidojas gāzveida UF_6 :

- a) sublimācijas
- b) vārīšanās (viršanas)
- c) kondensācijas
- d) kristalizācijas
- e) jonizācijas

11. Aprēķiniet $^{235}\text{UF}_6$ un $^{238}\text{UF}_6$ molekulu ātrumu attiecību (v_{235}/v_{238}) konstantā temperatūrā.