



## Proljetno kolo 2020./2021.

### M – F – K

M-F-K. Planinarka Maja odlučila se uspjeti na Triglav. Kako je Maja također i znanstvenica, u planinarskom domu u podnožju Triglava, na nadmorskoj visini od 2515 m, Maja je postavila sustav za elektrolizu vode. U posudu s elektrodama ulila je 2 L destilirane vode te pokrenula proces. Po završetku eksperimenta, u posudi s elektrodama ostalo je 1099 mL vode, a Maja ja imala dva zatvorena spremnika s produktima. Općenito, Maja zna da kada se sav kisik i vodik dobiveni elektrolizom vode pomiješaju, dobivamo smjesu u kojoj je maseni udio kisika 88,79 %.

Drugo jutro, Maja se uspela na vrh Triglava, koji je na nadmorskoj visini od 2864 m, noseći sa sobom spremnik s vodikom s kojim će dalje eksperimentirati. Koliko se promijenila gravitacijska potencijalna energija Majinog vodika na putu od planinarskog doma do vrha Triglava?

Gustoća vode iznosi 1 g/mL, a ubrzanje zemljine sile teže 9,81 m/s<sup>2</sup>.

*Napomena:* Maja je oprezna znanstvenica te je u elektrolizi prikupila **sve** produkte, bez gubitaka.

A.	B.	C.	D.	E.
345,8 J	767,59 J	2738,94 J	2837,74 J	Ne želimo odgovoriti na pitanje

Rješenje:

$$h_0 = 2515 \text{ m}$$

$$h_{vrh} = 2864 \text{ m}$$

$$V_0 = 2 \text{ L}$$

$$V_1 = 1099 \text{ mL}$$

$$W(O_2) = 88,79 \%$$

Prilikom elektrolize vode nastaju elementarni vodik i elementarni kisik. Volumen vode koji je izreagirao jest:

$$V = V_0 - V_1 = 901 \text{ mL}$$

S obzirom da u kemiji vrijedi zakon očuvanja mase, ukupna masa produkata bit će jednaka ukupnoj masi reaktanata (koji su odreagirali). Dakle, ukupna masa plinova koje je Maja skupila u elektrolizi bit će jednaka masi vode koja je sudjelovala u reakciji.

$$m_{plinovi} = m_{voda} = \rho \cdot V = 1 \text{ g/mL} \cdot 901 \text{ mL} = 901 \text{ g}$$

S obzirom da su vodik i kisik jedini produkti ove reakcije, maseni udio vodika u produktima bit će:

$$W(H_2) = 100\% - W(O_2) = 11,21 \%$$

Ukupna masa nastaloga vodika je:  $m_{vodik} = W(H_2) \cdot m_{plinovi} = 101,0021 \text{ g} = 0,101 \text{ kg}$ .

Promjena gravitacijske potencijalne energije iznosi:

$$E_{gp} = mg\Delta h$$

$$\Delta h = h_{vrh} - h_0 = 349 \text{ m}$$

$$E_{gp} = m_{vodik}g\Delta h = 345,8 \text{ J}$$

Točan odgovor je **A**.

M-F-K. 1.r. Planinarka Maja ujedno je i kemičarka koja voli geologiju. Kako bi se dodatno zabavila na planinarenju i ne bi morala unaprijed odlučiti kojom stazom ići, Maja je smislila igru koja će joj u tome pomoći. Igra počinje kod planinarskog doma koji je na nadmorskoj visini od 2 515 m. Tamo Maja s tla odabire neki mineral koji joj se sviđa te na temelju njegovih svojstava određuje svoje daljnje gibanje. Kada izvrši zadano gibanje, na mjestu na kojem se nalazi, Maja ponovno bira mineral s tla te se igra nastavlja. Pravila su sljedeća:

- Ostatak pri dijeljenju valencije metala u spoju s brojem 4 određuje smjer kretanja na način da 1 označava sjever, 2 istok, 3 jug, a 0 zapad.
- Majino gibanje u sljedećem koraku traje onoliko sekundi kolika je relativna molekulska masa spoja pomnožena s 50.

Maja je igru započela kod planinarskog doma gdje je pronašla komad kalcijeva karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ). Zadatak ju je vodio uzbrdo te je prešla visinsku razliku u iznosu od 500 m. Prosječna brzina kretanja bila je 0,7 m/s.

Nadalje, Maja je pronašla komad hrđavog željeza, dakle željezov oksid trihidrat u kojem je maseni udio željeza 52,25 %. Ovaj puta, Maja je nastavila po ravnom terenu srednjom brzinom od 1,046 m/s.

Sljedeće, Maja je vidjela komadić safira u stijeni, čiji je kemijski naziv aluminijev oksid. Maja je krenula uzbrdo brzinom 1 m/s, ali kako se umorila odmah je krenula jednoliko usporavati do brzine 0,5 m/s, akceleracijom iznosa  $0,1 \text{ m/s}^2$ , nakon čega se nastavila gibati jednoliko. Po završetku zadatka nalazila se na nadmorskoj visini od 3190 m.

Kolika je razlika između Majinog puta i pomaka?

*Napomena:* Smatrajte da su sve uzbrdice glatke kosine, tj. da im se ne mijenja kut.

<b>A.</b>	<b>B.</b>	<b>C.</b>	<b>D.</b>	<b>E.</b> Ne želimo odgovoriti na pitanje
2,885 km	3,062 km	3,785 km	4,520 km	

Rješenje:

$$h_0 = 2515 \text{ m}$$

$$v_1 = 0,7 \text{ m/s}$$

$$h_1 = 500 \text{ m}$$

$$W(\text{Fe}) = 52,25 \%$$

$$v_2 = 1,046 \text{ m/s}$$

$$v_{30} = 1 \text{ m/s}$$

$$v_{31} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$a = 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$h_{kraj} = 3190 \text{ m}$$

Maja igru započinje na nadmorskoj visini  $h_0$  i pronalazi  $\text{CaCO}_3$ . Metal u spoju je kalcij (Ca) te je njegova valencija uvijek jednaka 2 što daje ostatak 2 pri dijeljenju s 4, dakle Maja kreće na istok.

$$M_r(\text{CaCO}_3) = A_r(\text{Ca}) + A_r(\text{C}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 40,08 + 12,01 + 3 \cdot 16,00 = 100,09$$

Dakle, vrijeme kretanja iznosilo je  $t_1 = 5004,5 \text{ s}$ . Put koji je prešla za to vrijeme:

$$s_1 = v_1 \cdot t_1 = 3503,15 \text{ m}$$

Sljedeće, Maja je pronašla željezov oksid trihidrat. Maseni udio željeza ako se u spoju nalazi  $N$  atoma željeza i  $M$  atoma kisika koji nisu vezani u molekuli vode:

$$W(\text{Fe}) = \frac{N \cdot A_r(\text{Fe})}{N \cdot A_r(\text{Fe}) + M \cdot A_r(\text{O}) + 3 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O})}$$

Okretanjem formule dobivamo:

$$N = \frac{W(\text{Fe}) \cdot (M \cdot A_r(\text{O}) + 3 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}))}{A_r(\text{Fe}) \cdot (1 - W(\text{Fe}))}$$

Uvrstimo li sada zadane vrijednosti  $W(\text{Fe}) = 0,5225$ ,  $A_r(\text{O}) = 16,00$ ,  $A_r(\text{Fe}) = 55,85$  i  $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$  te  $M = 1, 2, 3$  dobivamo  $N = 1,37$ , zatim  $N = 1,68$  te  $N = 1,9996 \approx 2$ . Budući da broj atoma mora biti cijeli broj točno je rješenje  $N=2$ , pa je formula zadanog spoja  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Budući da je valencija kisika uvijek 2, valencija željeza bit će 3 što pri dijeljenju s 4 daje ostatak 3, dakle Maja nastavlja južno. Vrijeme gibanja je:

$$t_2 = 50 \cdot M_r(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{Fe}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) + 3 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}) = 10688 \text{ s}$$

Put koji je Maja prešla:  $s_2 = v_2 \cdot t_2 = 11179,648 \text{ m}$ .

Sljedeće, Maja je pronašla aluminijev oksid  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Aluminiij uvijek ima valenciju 3, što pri dijeljenju s 4 daje ostatak 3, dakle Maja nastavlja prema jugu.

$$M_r(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 \cdot A_r(\text{Al}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 26,98 + 3 \cdot 16,00 = 101,96$$

Vrijeme gibanja u ovom koraku iznosilo je  $t_3 = 5098 \text{ s}$ , a put moramo računati u dva dijela, usporeno gibanje te jednoliko gibanje.

$$t_3 = t_{30} + t_{31}$$

$$v_{31} = 0,5 \text{ m/s} = v_{30} - a \cdot t_{30} = 1 \text{ m/s} - 0,1 \text{ m/s}^2 \cdot t_{30}$$

$$t_{30} = 5 \text{ s}$$

$$s_3 = v_{30} \cdot t_{30} - \frac{a}{2} \cdot t_{30}^2 + v_{31} \cdot t_{31}$$

$$s_3 = 1 \cdot 5 - \frac{0,1}{2} \cdot 5^2 + 0,5 \cdot 5093 = 2550,25 \text{ m}$$

Visinska razlika koju je Maja prešla u ovom dijelu gibanja iznosi:  $h_3 = h_{kraj} - (h_0 + h_1) = 175 \text{ m}$ .

Ukupni put koji je Maja prešla iznosi:  $S = s_1 + s_2 + s_3 = 17233,048 \text{ m} = 17,23 \text{ km}$ .

Ukupna visinska razliku koju je Maja prešla iznosi  $H = h_{kraj} - h_0 = 675 \text{ m}$ .

Ukupni pomak u horizontalnom smjeru možemo dobiti iz Pitagorina poučka. Horizontalni pomak na istok iznosi  $x_{hor1} = \sqrt{s_1^2 - h_1^2} = 3467,284 \text{ m} = 3,467 \text{ km}$ . Horizontalni pomak na jug bit će zbroj  $s_2$  i horizontalnog gibanja u trećem koraku  $x_{hor3} = \sqrt{s_3^2 - h_3^2} = 2544,239 \text{ m} = 2,544 \text{ km}$ . Ukupni horizontalni pomak sada dobivamo na sljedeći način  $x_{hor} = \sqrt{x_{hor1}^2 + (s_2 + x_{hor3})^2} = 14,15 \text{ km}$ .

Ukupni pomak iznosi  $X = \sqrt{H^2 + x_{hor}^2} = 14,17 \text{ km}$ .

Razlika puta i pomaka je tada:  $\Delta = S - X = 3,06 \text{ km}$ .

Točan odgovor je **B**.

M-F-K. 3.r Planinarka Maja odlučila je uspeti se na jednu planinu. Kako je Maja također i znanstvenica na izlet je ponijela i opremu za jedan eksperiment. U planinarskom domu u podnožju planine Maja je u zatvorenoj posudi s pomičnim klipom pokrenula ravnotežnu reakciju dekompozicije didušikova tetraoksida ( $N_2O_4$ ) na dušikov(IV) oksid. Nakon što se uspostavila ravnoteža, tlak dušikova(IV) oksida u posudi iznosio je 1051,32 Pa, a tlak didušikova tetraoksida 75601,53 Pa. Drugoga dana, Maja se uspela na vrh planine pri čemu je prešla 349 visinskih metara. Spomenutu reakcijsku posudu ponijela je na vrh (bez otvaranja posude). Nakon uspostave kemijske i fizikalne ravnoteže koliko je iznosio parcijalni tlak dušikova(IV) oksida? Temperatura na vrhu planine drugoga dana bila je jednaka temperaturi u planinarskom domu prethodni dan.

Gustoća zraka iznosi  $1 \text{ kg/m}^3$ , a ubrzanje zemljine sile teže  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

*Napomena:* Pretpostavite da se klip nalazi s bočne strane posude te da se može slobodno pomicati bez trenja. Također, razlika u visini na kojoj se nalaze donja, odnosno gornja strana klipa je zanemariva.

<b>A.</b> 1027,42 Pa	<b>B.</b> 1189,09 Pa	<b>C.</b> 3423,69 Pa	<b>D.</b> 5796,06 Pa	<b>E.</b> Ne želimo odgovoriti na pitanje
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	---

Rješenje:

$$p_1(\text{NO}_2) = 1051,32 \text{ Pa}$$

$$p_1(\text{N}_2\text{O}_4) = 75601,53 \text{ Pa}$$

$$h = 349 \text{ m}$$

Općenito vrijedi da ukupni tlak plinova u nekoj posudi odgovara sumi parcijalnih tlakova svakog od plinova.

Kako bismo izračunali parcijalni tlak dušikova(IV) oksida drugi dan  $p_2(\text{NO}_2)$ , moramo prvo izračunati atmosferski tlak na novoj visini.

$$p_{atm2} = p_{atm1} - \rho gh = p_1(\text{NO}_2) + p_1(\text{N}_2\text{O}_4) - \rho gh = 73199,16 \text{ Pa}$$

Kada se sustav nalazi u ravnoteži vrijedi:

$$p_{atm2} = p_2(\text{NO}_2) + p_2(\text{N}_2\text{O}_4)$$

Tlačna konstanta ravnoteže  $K_p$  ovisi o temperaturi sustava, što znači da ju promjena vanjskoga tlaka neće mijenjati. Drugim riječima, tlačna konstanta ravnoteže bit će jednaka za oba slučaja koje promatramo.

$$K_p = \frac{(p_1(\text{NO}_2))^2}{p_1(\text{N}_2\text{O}_4)} = \frac{(p_2(\text{NO}_2))^2}{p_2(\text{N}_2\text{O}_4)} = 14,6197 \text{ Pa}$$

Kombinacijom gornjih jednadžbi dobivamo sljedeće:

$$(p_2(\text{NO}_2))^2 + K_p \cdot p_2(\text{NO}_2) - K_p \cdot p_{atm2} = 0$$

Rješavanjem kvadratne jednadžbe i uzimanjem fizikalnog rješenja (s pozitivnim predznakom) dobivamo iznos parcijalnog tlaka dušikova(IV) oksida.

$$p_2(\text{NO}_2) = 1027 \text{ Pa}$$

Točan odgovor je **A.**

M-F-K.. 4.r. Znanstvenica Maja voli planinarenje i letove helikopterom. U planinarskom domu pored kojega se nalazi heliodrom Maja je u zatvorenoj posudi s pomičnim klipom pokrenula ravnotežnu reakciju dekompozicije didušikova tetraoksida ( $N_2O_4$ ) na dušikov(IV) oksid. Nakon što se uspostavila ravnoteža, tlak dušikova(IV) oksida u posudi iznosio je 1051,32 Pa, a tlak didušikova tetraoksida 75601,53 Pa. Drugoga dana, Maja je otišla na let helikopterom ponijevši sa sobom spomenutu reakcijsku posudu. Helikopter se vertikalno uzdizao jednolikom brzinom 24,93 s te okomito prema tlu ispuštao zvuk frekvencije 20 kHz i detektirao povratnu frekvenciju zvuka (nakon odbijanja od tla) iznosa 18,44 kHz. Koliko je iznosio parcijalni tlak dušikova(IV) oksida u reakcijskoj posudi nakon ponovne uspostave fizikalne i kemijske ravnoteže na visini do koje je došao helikopter? Temperatura u helikopteru bila je jednaka temperaturi u planinarskom domu prethodnog dana.

Gustoća zraka iznosi  $1 \text{ kg/m}^3$ , a ubrzanje zemljine sile teže  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

*Napomena 1:* Brzina zvuka u zraku pri uvjetima u kojima se Maja nalazila iznosi 345 m/s.

*Napomena 2:* Pretpostavite da se klip nalazi s bočne strane posude te da se može slobodno pomicati bez trenja. Također, razlika u visini na kojoj se nalaze donja, odnosno gornja strana klipa je zanemariva.

<b>A.</b>	<b>B.</b>	<b>C.</b>	<b>D.</b>	<b>E.</b> Ne želimo odgovoriti na pitanje
1027,42 Pa	1189,09 Pa	3423,69 Pa	5796,06 Pa	

Rješenje:

$$p_1(\text{NO}_2) = 1051,32 \text{ Pa}$$

$$p_1(\text{N}_2\text{O}_4) = 75601,53 \text{ Pa}$$

$$t = 24,93 \text{ s}$$

$$f_0 = 20 \text{ kHz}$$

$$f_1 = 18,44 \text{ kHz}$$

$$c = 345 \text{ m/s}$$

Kako bismo odredili visinu do koje doleti helikopter koristit ćemo se Dopplerovim efektom. Frekvenciju zvuka koju bi čuo promatrač na tlu možemo dobiti prema sljedećoj jednakosti.

$$f' = f_0 \frac{c}{c + v}$$

Kada se odbije od tla, zvuk će imati frekvenciju  $f'$ . Novu frekvenciju koju čuje promatrač u helikopteru dobivamo prema sljedećoj jednakosti.

$$f_1 = f' \frac{c - v}{c} = f_0 \frac{c - v}{c + v}$$

Obrtanjem gornje jednadžbe dobivamo izraz za brzinu helikoptera.

$$v = c \cdot \frac{f_0 - f_1}{f_0 + f_1}$$

Visina do koje doleti helikopter tada je:  $h = v \cdot t = 349 \text{ m}$ .

Općenito vrijedi da ukupni tlak plinova u nekoj posudi odgovara sumi parcijalnih tlakova svakog od plinova.

Kako bismo izračunali parcijalni tlak dušikova(IV) oksida drugi dan  $p_2(\text{NO}_2)$ , moramo prvo izračunati atmosferski tlak na novoj visini.

$$p_{atm2} = p_{atm1} - \rho gh = p_1(\text{NO}_2) + p_1(\text{N}_2\text{O}_4) - \rho gh = 73199,16 \text{ Pa}$$

Kada se sustav nalazi u ravnoteži vrijedi:

$$p_{atm2} = p_2(\text{NO}_2) + p_2(\text{N}_2\text{O}_4)$$

Tlačna konstanta ravnoteže  $K_p$  ovisi o temperaturi sustava, što znači da ju promjena vanjskoga tlaka neće mijenjati. Drugim riječima, tlačna konstanta ravnoteže bit će jednaka za oba slučaja koje promatramo.

$$K_p = \frac{(p_1(\text{NO}_2))^2}{p_1(\text{N}_2\text{O}_2)} = \frac{(p_2(\text{NO}_2))^2}{p_2(\text{N}_2\text{O}_2)} = 14,6197 \text{ Pa}$$

Kombinacijom gornjih jednadžbi dobivamo sljedeće:

$$(p_2(\text{NO}_2))^2 + K_p \cdot p_2(\text{NO}_2) - K_p \cdot p_{atm2} = 0$$

Rješavanjem kvadratne jednadžbe i uzimanjem fizikalnog rješenja (s pozitivnim predznakom) dobivamo iznos parcijalnog tlaka dušikova(IV) oksida.

$$p_2(\text{NO}_2) = 1027 \text{ Pa}$$

Točan odgovor je A.