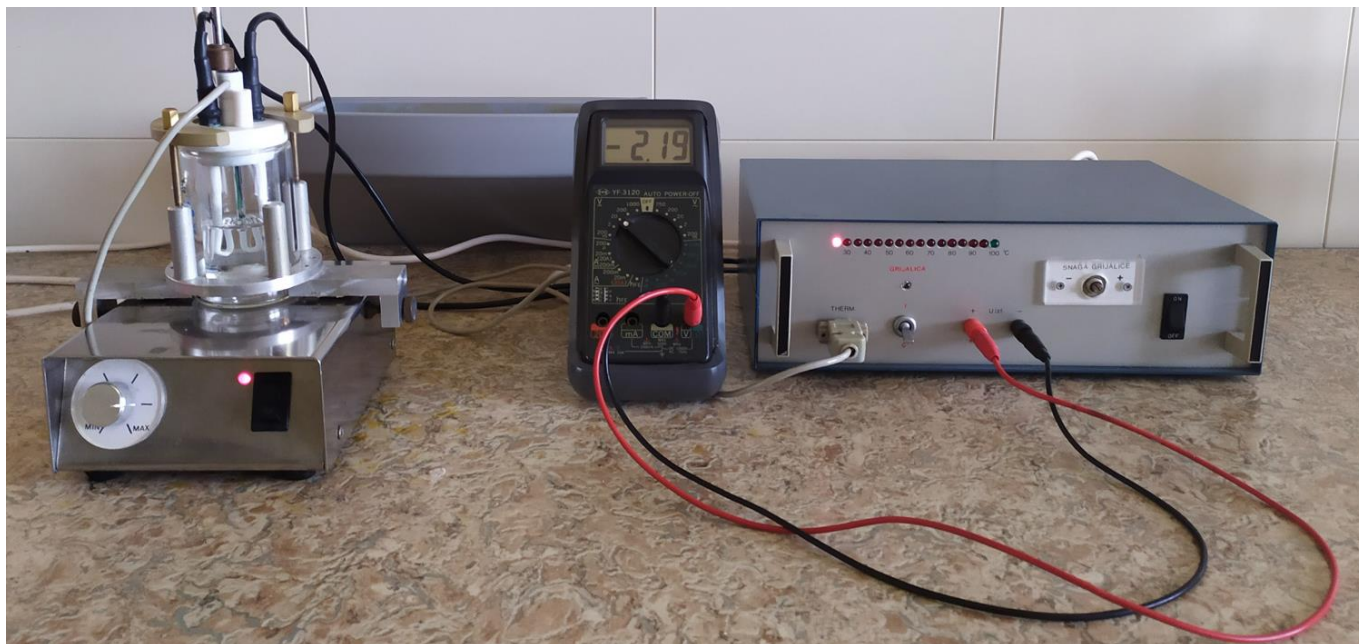


## POKUS: Neuhvatljiva *Aqua Vitae*

**Cilj pokusa:** Na temelju pokusa odrediti sastav otopine etanola (uzorka) te pripremiti otopinu etanola zadane koncentracije.

**Pribor:** aparatura za određivanje vrelišta tekućine, pipeta, vaga i čaša.

**Kemikalije:** otopina etanola i destilirana voda.



Na slici je aparatura kojom se određuje temperatura vrenja ili vrelište otopine. U izoliranoj staklenoj reakcijskoj posudi nalazi se otopina kojoj se mjeri temperatura vrenja. Za razliku od klasične aparature s analognim termometrom i kapilarom, s pomoću ove aparature moguće je mjeriti **promjene temperature vrenja** nakon više uzastopnih dodataka neke komponente smjese (u ovom slučaju etanola u smjesu etanola i vode). Aparatura je konstruirana tako da se sastav otopine ne mijenja tijekom vrenja unatoč isparavanju jer se tijekom vrenja para kondenzira u cjevčici za hlađenje i vraća u otopinu.

U otopinu je uronjen grijač i termistor (termistor je elektronička komponenta osjetljiva na temperaturu). Grijač i termistor spojeni su na elektronički kontrolni sklop i voltmetar s kojeg se očitava napon. Otopina se stalno miješa s pomoću magnetske mješalice.

Očitani napon i temperatura povezani su jednadžbom:

$$U = a \times t_v + b.$$

Mjerenje temperature vrenja temelji se na grijanju otopine (uzorka) dok ne zavrije, nakon čega se očitava napon na termistoru koji se zatim preračuna u temperaturu (vrelište). Grijač se isključi i kada se otopina ohladi, doda se nova količina etanola nakon čega se ponovno uključi grijač i odredi se nova temperatura vrenja. Postupak se može ponavljati dok se reakcijska posuda ne napuni.

Izraz za izračun napona u temperaturu može se dobiti baždarenjem u dvije dobro definirane točke. Za prvu se točku može koristiti smjesa leda i vode ( $t = 0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a za drugu točku uzavrela destilirana voda ( $t = 100,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). U zadanom intervalu  $0 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  **napon na termistoru linearno se mijenja s temperaturom**.

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2021./2022.**

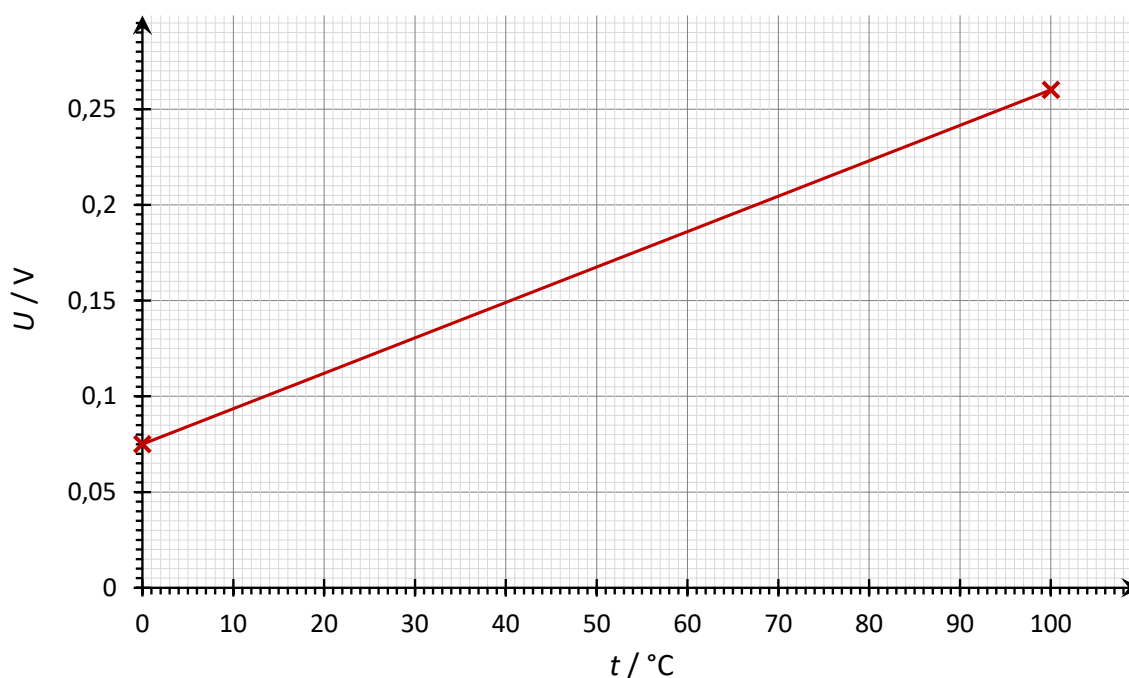
Pokus za 2. razred srednje škole

**ZADATAK 1.**

Baždarenjem termistora s dvjema temperaturama dobiveni su sljedeći naponi.

| otopina                   | $t_v / ^\circ\text{C}$ | $U / \text{V}$ |
|---------------------------|------------------------|----------------|
| smjesa leda i vode        | 0,0                    | 0,075 V        |
| uzavrela destilirana voda | 100,0                  | 0,260 V        |

- 1.a)** Koristeći se podacima iz tablice, konstruiraj baždarni pravac, odredi nagib pravca, odsječak na osi y (napon) i napiši jednadžbu pravca.



$$x_1 = 0 ^\circ\text{C}$$

$$x_2 = 100 ^\circ\text{C}$$

$$y_1 = 0,075 \text{ V}$$

$$y_2 = 0,260 \text{ V}$$

**Koeficijent smjera ili nagib pravca:**  $a = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1) = 0,185/100 = 0,00185 \text{ V } ^\circ\text{C}^{-1}$  (jedinice!)

**odsječak na osi y:**  $b = 0,075 \text{ V}$  (nije potrebno računati, ali treba napisati jedinicu)

Jednadžba pravca:  $U = 0,00185 \text{ V } ^\circ\text{C}^{-1} \times t_v + 0,075 \text{ V}$

Pravilno označene osi

**0,5 bodova**

Pravilno ucrtane točke na graf, povezane pravcem

**1 bod**

Izračunat nagib pravca

**1 bod**

Određen odsječak na y-osi

**1 bod**

Napisana jednadžba pravca

**1 bod**

Pravilno upisane jedinice

**0,5 bodova**

**Napomena:** na osima priznati i riječima napisane veličine: "temperatura", "napon" i sl. ako je pravilno

- 1.b)** Napiši matematički izraz za preračunavanje napona u temperaturu.

Izraz za preračunavanje napona u temperaturu:  $t_v = (U - 0,075 \text{ V}) / 0,00185 \text{ V } ^\circ\text{C}^{-1}$

Izraz za preračunavanje napona u temperaturu

**0,5 bodova**

Pravilno upisane jedinice

**0,5 bodova**

**- RJEŠENJA -**

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2021./2022.**

**Pokus za 2. razred srednje škole**

U istoj je aparaturi izmjerena temperatura vrenja za niz otopina različitog masenog udjela etanola u vodi tako da je u početnih 20 g destilirane vode pet puta uzastopno dodano po 2 g čistog (100 %) etanola. Nakon svakog dodatka otopina je zagrijana do vrenja nakon čega je izmjeren napon na termistoru. Dobiveni su podatci upisani u tablicu.

| $m(\text{etanol}) / \text{g}$<br>(ukupno dodani etanol) | $U / \text{V}$ | $t_v / ^\circ\text{C}$ | $w / \%$ |
|---|----------------|------------------------|----------|
| 0,0   | 0,260          | 100                    | 0,00     |
| 2,0   | 0,245          | 91,9                   | 9,09     |
| 4,0   | 0,237          | 87,6                   | 16,67    |
| 6,0   | 0,232          | 84,9                   | 23,08    |
| 8,0   | 0,230          | 83,8                   | 28,57    |
| 10,0  | 0,228          | 82,7                   | 33,33    |

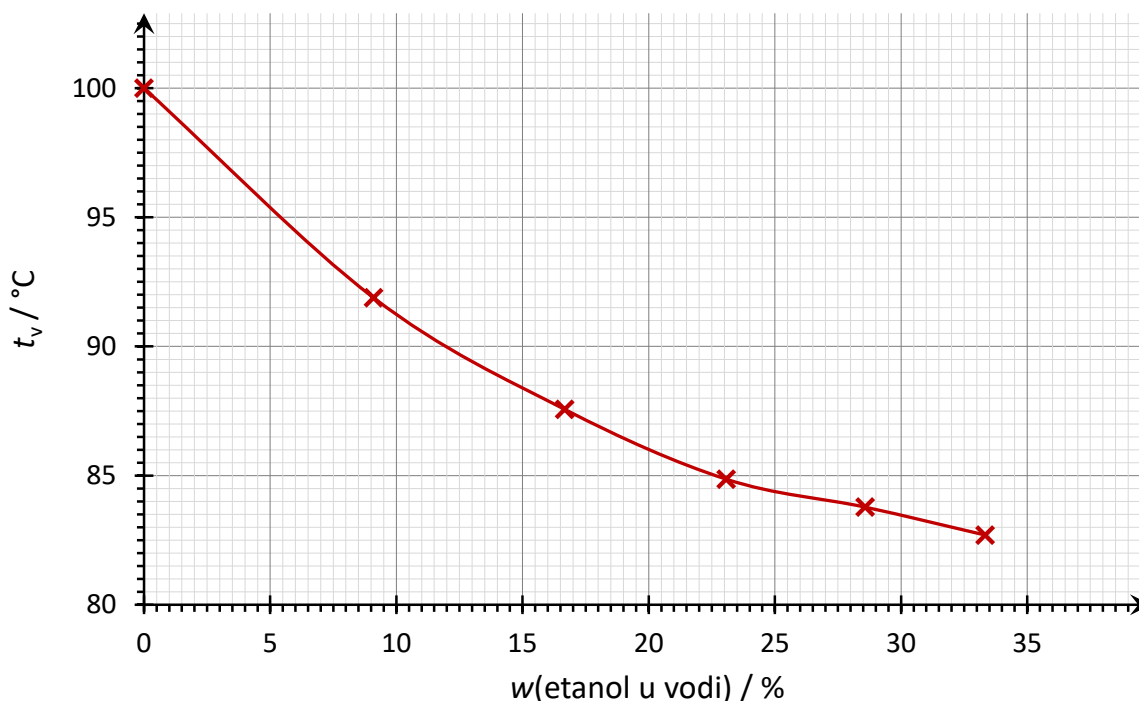
**1.c)** S pomoću jednadžbe dobivene u zadatku 1.b) preračunaj dobivene napone u temperature te ih upiši na odgovarajuća mjesta u tablicu.

**6 × 0,5 bodova = 3 boda**

**1.d)** Za svaku točku vrenja izračunaj sastav otopine izražen kao maseni udio etanola u vodi i dobivene vrijednosti upiši na odgovarajuća mjesta u tablicu.

**6 × 0,5 bodova = 3 boda**

**1.e)** Nacrtaj eksperimentalno dobiveni dijagram ovisnosti temperature vrenja o sastavu otopine.



Pravilno ucrtane točke na grafu

Pravilno označene osi na grafu: maseni udio na apcisu, temperatura na ordinatu

Pravilno naznačene jedinice na osima, čak i ako su osi zamijenjene

**Napomena:** priznati ako su sve točke ucrtane na koordinate

**Napomena:** priznati i riječima napisane veličine na osima: "temperatura", "maseni udio" i sl. ako je pravilno

**1 bod**

**0,5 bodova**

**0,5 bodova**

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2021./2022.**

Pokus za 2. razred srednje škole

**1.f)** Objasni ukratko kako temperatura vrenja ovisi o sastavu smjese etanola i vode. Matematički opiši dobivenu funkciju.

Temperatura vrenja smjese etanola i vode opada s porastom udjela etanola, ali funkcija nije linearna, već se nagib smanjuje s povećanjem koncentracije ili udjela etanola.

Opis toka funkcije (obrnuta proporcionalnost)

**1 bod**

uočavanje nelinearnosti funkcije

**1 bod**

**ZADATAK 2.**

Istom aparaturom određena je temperatura vrenja smjese etanola i vode nepoznatog masenog udjela etanola. Tijekom vrenja izmjeren je napon na termistoru,  $U = 0,234 \text{ V}$ .

**2.a)** Upotrebom eksperimentalnih podataka izračunaj temperaturu vrenja otopine nepoznatog sastava.

$$U = 0,00185 \text{ V } ^\circ\text{C}^{-1} \times t_v + 0,075 \text{ V}$$

$$t_v = (0,234 \text{ V} - 0,075 \text{ V}) / 0,00185 \text{ V } ^\circ\text{C}^{-1} = 85,95 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 86 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Za točno postavljen matematički izraz

**1 bod**

Za točnu numeričku vrijednost vrelišta

**0,5 bodova**

Za pravilno napisanu mjernu jedinicu  $t_v$

**0,5 bodova**

**2.b)** Iz grafičkog prikaza u zadatku 1.e) očitaj maseni udio etanola u nepoznatoj otopini.

$$w(\text{etanola}) = 20 \%$$

**1 bod**

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2021./2022.**

Pokus za 2. razred srednje škole

**2.c)** Smjese etanola i vode često se izražavaju u  $\sigma$  / vol% odnosno volumnim postotcima [engl. *ABV = Alcohol by volume*]. Smjese etanola i vode su neidealne jer volumen smjese nije jednak zbroju volumena etanola i vode.

$$\sigma(\text{etanol}) / \text{vol\%} = \frac{V(\text{etanol})}{V(\text{smjese nakon miješanja})} \neq \frac{V(\text{etanol})}{V(\text{etanol}) + V(\text{voda})}$$

Pretvaranje masenog udjela u vol% izvodi se s pomoću tablica, poput ove priložene. Izrazi sastav zadane nepoznate otopine u vol% etanola u vodi.

| w(etanol) / % | $\sigma$ / vol% | w(etanol) / % | $\sigma$ / vol% | w(etanol) / % | $\sigma$ / vol% |
|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 0             | 0               | 34            | 40,7            | 68            | 75,1            |
| 1             | 1,3             | 35            | 41,9            | 69            | 76              |
| 2             | 2,5             | 36            | 43              | 70            | 76,9            |
| 3             | 3,8             | 37            | 44,1            | 71            | 77,8            |
| 4             | 5               | 38            | 45,2            | 72            | 78,6            |
| 5             | 6,2             | 39            | 46,3            | 73            | 79,5            |
| 6             | 7,5             | 40            | 47,4            | 74            | 80,4            |
| 7             | 8,7             | 43            | 50,6            | 75            | 81,2            |
| 8             | 10              | 44            | 51,6            | 76            | 82,1            |
| 9             | 11,2            | 45            | 52,6            | 77            | 83              |
| 10            | 12,4            | 46            | 53,7            | 78            | 83,8            |
| 11            | 13,6            | 47            | 54,7            | 79            | 84,6            |
| 12            | 14,8            | 48            | 55,8            | 80            | 85,4            |
| 13            | 16,1            | 49            | 56,8            | 81            | 86,2            |
| 14            | 17,3            | 50            | 57,8            | 82            | 87,1            |
| 15            | 18,5            | 51            | 58,8            | 83            | 87,9            |
| 16            | 19,7            | 41            | 48,43           | 84            | 88,7            |
| 17            | 20,9            | 42            | 49,51           | 85            | 89,5            |
| 18            | 22,1            | 52            | 59,8            | 86            | 90,2            |
| 19            | 23,3            | 53            | 60,8            | 87            | 91              |
| 20            | 24,5            | 54            | 61,8            | 88            | 91,8            |
| 21            | 25,7            | 55            | 62,8            | 89            | 92,5            |
| 22            | 26,9            | 56            | 63,8            | 90            | 93,2            |
| 23            | 28,1            | 57            | 64,8            | 91            | 94              |
| 24            | 29,2            | 58            | 65,8            | 92            | 94,7            |
| 25            | 30,4            | 59            | 66,8            | 93            | 95,4            |
| 26            | 31,6            | 60            | 67,7            | 94            | 96,1            |
| 27            | 32,7            | 61            | 68,6            | 95            | 96,7            |
| 28            | 33,9            | 62            | 69,6            | 96            | 97,4            |
| 29            | 35,1            | 63            | 70,5            | 97            | 98,1            |
| 30            | 36,2            | 64            | 71,5            | 98            | 98,7            |
| 31            | 37,4            | 65            | 72,4            | 99            | 99,3            |
| 32            | 38,5            | 66            | 73,3            | 100           | 100             |
| 33            | 39,6            | 67            | 74,2            |               |                 |

$\sigma$  (etanol) = 24,5 vol%

**0,5 bodova**

**Napomena:** Priznati pretvorbu w(etanola) dobivenog u zadatku 2.b), čak i ako je u istom zadatku dobivena netočna vrijednost. Priznati i ako je naveden samo postotak bez oznake veličine ( $\sigma$ ).

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2021./2022.**

Pokus za 2. razred srednje škole

**2.d)** Na raspolaganju imaš etanol masenog udjela  $w = 100\%$  i destiliranu vodu, izračunaj točne volumene etanola i vode koji miješanjem daju 100 mL otopine etanola volumne koncentracije  $\sigma(\text{etanol}) = 36,2 \text{ vol}\%$ . U tablici su navedene gustoće smjese etanola i vode različitih koncentracija pri  $25^\circ\text{C}$ .

$$w(\text{etanol}; 36,2 \text{ vol}\%) = 30\% = 0,30$$

(iz tablice vol%)

$$\rho(\text{etanol}, 30\%) = 0,95064 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\rho(\text{etanol}, 100\%) = 0,78504 \text{ g cm}^{-3}$$

(iz tablice gustoća)

$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,99705 \text{ g cm}^{-3}$$

(iz tablice gustoća)

$$V(\text{etanol}, 30\%) = 100,00 \text{ mL}$$

$$m_{\text{uk.}} = m(\text{etanol}, 30\%) = \rho(\text{etanol}, 30\%) \times V(\text{etanol}, 30\%) = 95,064 \text{ g}$$

$$m_{\text{uk.}} = m(\text{etanol}, 100\%) + m(\text{H}_2\text{O}) = 95,064 \text{ g}$$

$$m(\text{etanol}, 100\%) = w(\text{etanol}) \times m_{\text{uk.}} = 28,519 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{uk.}} - m(\text{etanol}) = 66,545 \text{ g}$$

$$V(\text{etanol}, 100\%) = m(\text{etanol}, 100\%) / \rho(\text{etanol}, 100\%) = 28,519 \text{ g} / 0,78504 \text{ g cm}^{-3} = 36,328 \text{ mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / \rho(\text{H}_2\text{O}) = 66,545 \text{ g} / 0,99705 \text{ g cm}^{-3} = 66,742 \text{ mL}$$

**Napomena:** Priznati i brožčane rezultate koji odstupaju od navedenih zbog drukčijeg zaokruživanja.

| $w(\text{etanol}) / \%$ | $\rho / \text{g cm}^{-3}$ |
|-------------------------|---------------------------|
| 0                       | 0,99705                   |
| 5                       | 0,98814                   |
| 10                      | 0,98040                   |
| 15                      | 0,97331                   |
| 20                      | 0,96636                   |
| 25                      | 0,95892                   |
| 30                      | 0,95064                   |
| 35                      | 0,94143                   |
| 40                      | 0,93145                   |
| 45                      | 0,92082                   |
| 50                      | 0,90982                   |

| $w(\text{etanol}) / \%$ | $\rho / \text{g cm}^{-3}$ |
|-------------------------|---------------------------|
| 55                      | 0,89847                   |
| 60                      | 0,88696                   |
| 65                      | 0,87524                   |
| 70                      | 0,86337                   |
| 75                      | 0,85131                   |
| 80                      | 0,83908                   |
| 85                      | 0,82658                   |
| 90                      | 0,81360                   |
| 95                      | 0,79989                   |
| 100                     | 0,78504                   |
|                         |                           |

Pronađene dobre vrijednosti u tablicama:  $w(\text{etanol}; 36,2 \text{ vol}\%) = 30\%$ ;  $\rho(\text{etanol}, 30\%) = 0,95064 \text{ g cm}^{-3}$ ;  $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,99705 \text{ g cm}^{-3}$ ;  $\rho(\text{etanol}, 100\%) = 0,78504 \text{ g cm}^{-3}$

**4 × 0,5 bodova = 2 boda**

Za točnu numeričku vrijednost  $m(\text{etanol}, 100\%)$

**0,5 bodova**

Za pravilno napisanu mjernu jedinicu  $m(\text{etanol}, 100\%)$

**0,5 bodova**

Za točnu numeričku vrijednost  $m(\text{H}_2\text{O})$

**0,5 bodova**

Za pravilno napisanu mjernu jedinicu  $m(\text{H}_2\text{O})$

**0,5 bodova**

Za točnu numeričku vrijednost  $V(\text{etanol}, 100\%)$

**0,5 bodova**

Za pravilno napisanu mjernu jedinicu  $V(\text{etanol}, 100\%)$

**0,5 bodova**

Za točnu numeričku vrijednost  $V(\text{H}_2\text{O})$

**0,5 bodova**

Za pravilno napisanu mjernu jedinicu  $V(\text{H}_2\text{O})$

**0,5 bodova**

**2.e)** Zaokruži slova ispred tvrdnji koje opisuju pravilan postupak pripreme navedene otopine.

☒ a) Odvagnuti izračunate mase etanola ( $w = 100\%$ ) i vode pa tako odvagute komponente pomiješati.

☐ b) Menzurom odmjeriti 100 mL vode pa u taj volumen dodati izračunatu masu etanola.

☒ c) Odvagnuti izračunatu masu etanola ( $w = 100\%$ ) u odmjernu tikvicu od 100 mL, zatim tikvicu dopuniti destiliranom vodom do 100 mL.

☐ d) Odmjeriti volumen etanola menzurom pa ga dodati u odvagutih 100 g vode.

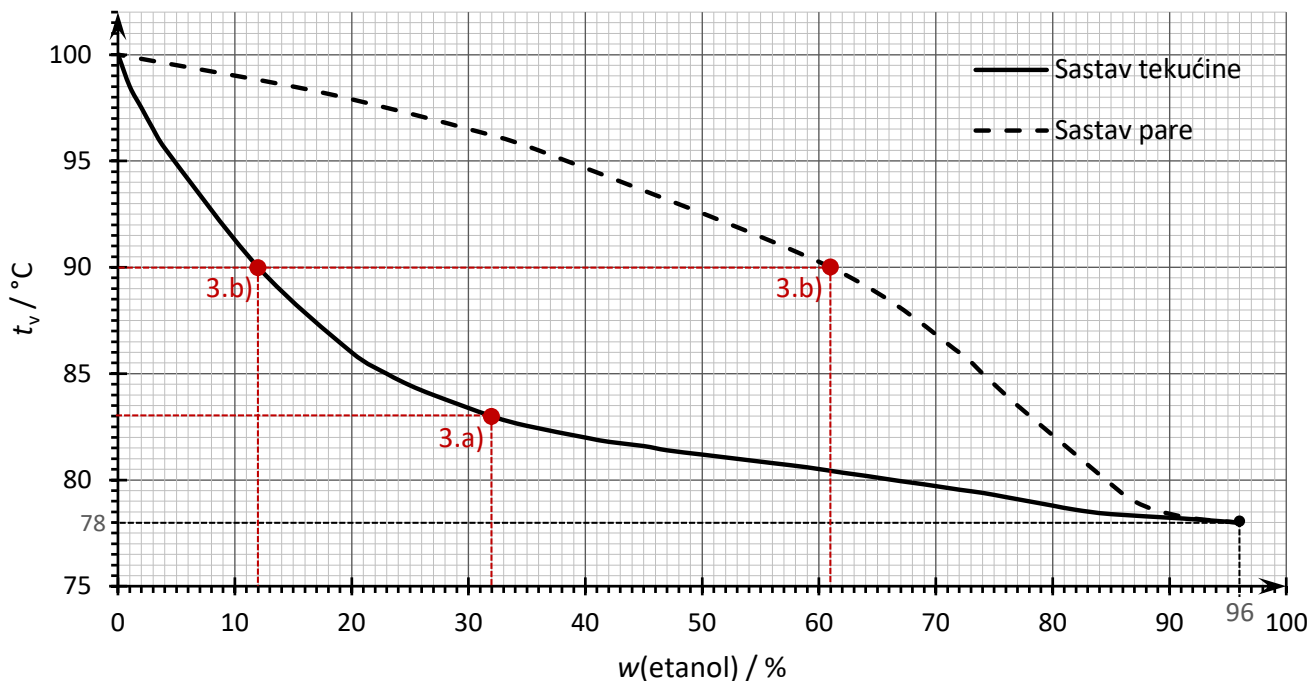
☐ e) Pomiješati izračunatu masu etanola ( $w = 100\%$ ) i 100 g vode.

☒ f) Izračunati volumene etanola ( $w = 100\%$ ) i vode pa ih odmjeriti biretom i pomiješati.

**3 × 0,5 bodova = 1,5 boda**

**ZADATAK 3.**

Fazni dijagram opisuje ovisnost temperature vrenja o sastavu otopine te sastav pare iznad iste otopine u temperaturi vrenja. Služeći se faznim dijagramom, dijagramom ovisnosti vrelišta o sastavu otopine etanola u vodi, odgovori na sljedeća pitanja.



**3.a)** Procijeni temperaturu vrenja otopine etanola volumne koncentracije 38,5 vol%.

38,5 vol% = 32 % (iz tablice vol%)

Očitano iz dijagrama:  $t_v(\text{etanol}, 32 \%) = 83,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

za točno određen  $w(\text{etanol})$  iz tablice

**0,5 bodova**

za točno očitano vrijednost  $t_v$  iz grafičkog prikaza

**0,5 bodova**

**Napomena:** učenik NE MORA na grafu označiti kako je došao do točnog odgovora.

**3.b)** Na temelju prikaza faznog dijagrama odredi sastav smjese etanola i vode koja vrije pri 90 °C. Odredi sastav para iznad zagrijavane otopine pri temperaturi vrenja. Sastav izrazi masenim udjelom.

Pri 90 °C smjesa sadrži 12 % etanola i 88 % vode. Pri toj temperaturi maseni udio etanola u pari je 61 %, a vode 39 %

za točno određen sastav tekućine

**1 bod**

za točno određen sastav pare iznad tekućine

**1 bod**

**Napomena:** učenik NE MORA na grafu označiti kako je došao do točnog odgovora.

**3.c)** Objasni zašto se destilacijom smjese etanola i vode ne može dobiti destilat s udjelom etanola većim od 96 %.

Etanol koncentracije  $w = 96 \%$  ne može se destilacijom dalje koncentrirati jer je sastav pare pri vrelištu jednak sastavu otopine. Destilacija je moguća samo ako je u pari koncentracija etanola veća nego u otopini.

Za točan zaključak da je pri vrelištu 96 % etanola **jednak sastav otopine i pare iznad otopine**

**1 bod**



**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2021./2022.**

Pokus za 2. razred srednje škole

**ZADATAK 4.**

Ako je tvrdnja točna, zaokruži slovo T. Ako je tvrdnja netočna, zaokruži slovo N.

Etanol se miješa s vodom u svim omjerima.

Destilacijom 96 % etanola može se dobiti 99 % etanol.

100 % etanol je pri 101 325 Pa i 25 °C u plinovitom stanju.

Smjesa etanola i vode u svim omjerima ima niži tlak para od čiste vode.

|                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <input checked="" type="radio"/> T | <input type="radio"/> N            |
| <input type="radio"/> T            | <input checked="" type="radio"/> N |
| <input type="radio"/> T            | <input checked="" type="radio"/> N |
| <input type="radio"/> T            | <input checked="" type="radio"/> N |

4 × 0,5 bodova = 2 boda

**ZADATAK 5.**

Zaokruži slova ispod piktoograma koji se odnose na 96 % etanol.



A



☒ B



C



☒ D



E

2 × 0,5 bodova = 1 bod

**ZADATAK 6.**

Napiši jednadžbu kemijske reakcije gorenja etanola uz navođenje agregacijskih stanja. Izračunaj masu CO<sub>2</sub> koja se dobije izgaranjem 100,0 mL otopine etanola masenog udjela etanola u vodi w(etanol) = 75 %.



$$w(\text{etanol}) = 75 \% = 0,75 \quad V(\text{otopine}) = 100,0 \text{ mL} = 100,0 \text{ cm}^3$$

$$\rho(\text{etanol, 75 \%}) = 0,85131 \text{ g cm}^{-3} \quad [\text{iz tablice}]$$

$$m(\text{otopine}) = m(\text{etanol, 75 \%}) = \rho(\text{etanol, 75 \%}) \times V(\text{otopine}) = 0,85131 \text{ g cm}^{-3} \times 100,0 \text{ cm}^3 = 85,131 \text{ g}$$

$$m(\text{etanol}) = w(\text{etanol}) \times m(\text{otopine}) = 0,75 \times 85,131 \text{ g} = 63,848 \text{ g}$$

$$M(\text{etanol}) = 46,07 \text{ g mol}^{-1} \quad n(\text{etanol}) = m(\text{etanol}) / M(\text{etanol}) = 63,848 \text{ g} / 46,07 \text{ g mol}^{-1} = 1,39 \text{ mol}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n(\text{CO}_2) = 2 \times n(\text{etanol}) = 2,78 \text{ mol} \quad m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \times M(\text{CO}_2) = 2,78 \text{ mol} \times 44,01 = \underline{122,35 \text{ g}}$$

Točno navedeni svi reaktanti i produkti JKR

0,5 bodova

Zapis izjednačen po masi i naboju

0,5 bodova

Točno pripisana agregacijska stanja

0,5 bodova

**Napomena:** priznati H<sub>2</sub>O (g) i H<sub>2</sub>O (l)

Za točno očitavanu vrijednost  $\rho(\text{etanol, 75 \%})$  iz tablice

0,5 bodova

Za točnu numeričku vrijednost i mjernu jedinicu mase otopine

0,5 bodova

Za točnu numeričku vrijednost i mjernu jedinicu mase etanola

0,5 bodova

Za točnu numeričku vrijednost i mjernu jedinicu množine etanola

0,5 bodova

Za točnu numeričku vrijednost i mjernu jedinicu množinu CO<sub>2</sub>

0,5 bodova

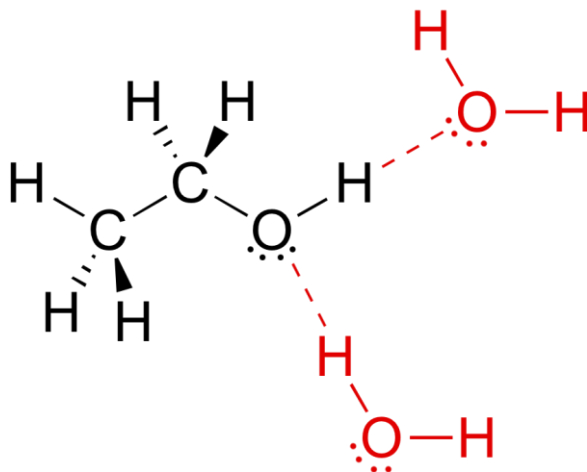
Za točnu numeričku vrijednost i mjernu jedinicu mase CO<sub>2</sub>

0,5 bodova



**ZADATAK 7.**

Prikaži interakcije između prikazane molekule etanola i dvije molekule vode tako da molekule vode prikažeš Lewisovim strukturnim formulama, poštujući njihovu prostornu građu.



Za pravilno ucrtane molekule vode

Za ucrtane elektronske parove na molekulama vode i vodikove veze crtkanom crtom

2 × 0,5 bodova

0,5 bodova