

Republika Hrvatska - Ministarstvo znanosti i obrazovanja
Agencija za odgoj i obrazovanje - Hrvatsko kemijsko društvo

DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE

učenici(ka) osnovnih i srednjih škola 2018.

Crikvenica, 22–25. travnja 2018.

NAPOMENA:

1. Zadatci se rješavaju 120 minuta.
2. Dopušteno je koristiti samo dobivenu tablicu periodnog sustava elemenata.
3. Zadatci se moraju rješavati na mjestu predviđenom za taj zadatak (**ne** koristiti dodatne papire). Ako nema dovoljno mjesta za rješavanje zadatka, može se koristiti poledina prethodne stranice.
4. Odgovori na postavljena pitanja ili račun (kompletan) **moraju** biti pisani **kemijskom olovkom ili tintom plave boje**, jer se u protivnom neće uzimati u obzir pri bodovanju. Ispravljeni odgovori se ne vrjednuju.

Prijavu ispuniti tiskanim slovima!

Prijava za: **zadani pokus**

razred

Zaporka:

POSTIGNUTI BODOVI

(pet brojeva i do sedam velikih slova)

(potpisi članova povjerenstva):

1. _____

2. _____

3. _____

OTKINUTI OVAJ DIO PRIJAVE I STAVITI GA U OMOTNICU S NAPISANOM ZAPORKOM
PRIJAVU ISPUNITI TISKANIM SLOVIMA

Prijava za: **zadani pokus**

razred

Zaporka (pet brojeva i do sedam velikih slova):

Ime i prezime učenici(ka)ce: _____ OIB: _____

Datum rođenja:

Mjesto rođenja:

Spol: 1. muški 2. ženski (zaokružiti)

Telefon/mobitel: _____

e-mail: _____

Puni naziv škole:

Šifra škole:

Adresa škole (ulica i broj):

Grad u kojem je škola:

Županija:

Ime i prezime mentor(a)ice:

Temeljne prirodne konstante

Brzina svjetlosti u vakuumu	c_0	$2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	h	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Elementarni naboj	e	$1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masa mirovanja elektrona	m_e	$9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa mirovanja protona	m_p	$1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Masa mirovanja neutrona	m_n	$1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Atomska masena konstanta, unificirana atomska jedinica mase, dalton	$m_u, u, \text{ Da}$	$1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	L, N_A	$6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	k, k_B	$1,381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Molarna plinska konstanta	R	$8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Faradayeva konstanta	F	$9,649 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Molarni volumen idealnog plina ($p = 101,325 \text{ kPa}, t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$)	V_m	$22,41 \text{ L mol}^{-1}$

ZBRAJALICA

Cilj: Na temelju mjerenja (uporabom jednostavnog kalorimetra), opažanja, zaključaka i ponuđenih informacija: (a) odrediti identitet tvari **T1** i tvari **T2**.
 (b) odrediti reakcijsku entalpiju termičke disocijacije u reakciji označenoj kao (**R1**).
 (c) simbolički opisati i objasniti uočene promjene.

I. RADNI LIST

Pribor: jednostavni kalorimetar, alkoholni termometar od 0 do 100 °C, 6 epruveta, stalak za epruvete, dvije plastične bočice za dokapavanje od 50 mL, zaporni sat, kapalica s gumicom, stakleni štapić, čep za epruvetu, šibice, plinski plamenik, drvene treščiće, papirnati ubrusi, ravnalo, drvena hvataljka

Kemikalije: tvar **T1** (NaHCO_3 , s), tvar **T2** (Na_2CO_3 , s), klorovodična kiselina, $c(\text{HCl}) = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, destilirana voda, univerzalni indikatorski papir, plavi lakmus papir

Oprez: Rad s kiselinom, zaštitne naočale i rukavice.

Rad s plamenikom, oprez od opekline. (*Napomena: tijekom rada s plamenikom možete skinuti rukavice.*)

Podcrtani navodi su nužni za predviđene bodove

KORAK 1 Slijedite upute (1.1) do (1.5) i **zabilježite opažanja** u **Tablicu 1**.

(1.1) U epruveti **E11** nalazi se uzorak tvari **T1**, a u epruveti **E21** nalazi se uzorak tvari **T2**. Promotrite tvari i zabilježite opažanja.

(1.2) U epruvetu **E11** ulijte do oznake destilirane vode, snažno protresite sadržaj epruvete i zabilježite opažanja. Postupak ponovite i s epruvetom **E21** (volumen dodane vode odredite prema oznaci na epruveti E11).

(1.3) Odredite pomoću univerzalnog indikatorskog papira približnu pH-vrijednost sadržaja u epruveti **E11** i epruveti **E21**. **Izvedite zaključke** na temelju mjerenja.

DEMONSTRACIJSKI POKUS

(1.4) Sadržaj iz epruvete **E11** poprskajte u plamen plinskog plamenika. Postupak ponovite i sa sadržajem epruvete **E21**. Zabilježite opažanja.

(1.5) U epruveti **E12** nalazi se uzorak tvari **T1**, a u epruveti **E22** nalazi se uzorak tvari **T2**.

- ✓ U epruvetu **E12** dokapajte uz protresanje 30–40 kapi klorovodične kiseline. Po završetku dokapavanja ispitajte goriva svojstva plinovitog sadržaja epruvete tinjajućom, a potom gorućom trešćicom. Zabilježite opažanja i **izvedite zaključke** na temelju opažanja i postupka provedbe pokusa.

- ✓ Postupak ponovite sa sadržajem epruvete **E22**.

UKUPNO BODOVA NA 1. STRANICI :

	0
--	---

Tablica 1. Opažanja i zaključci uz pojedine **KORAKE 1.1** do **1.5**.

KORAK	Tvar (T1)	Tvar (T2)
(1.1) O	E11 bijela čvrsta tvar, bijeli prah 0,5 boda	E21 bijela čvrsta tvar, bijeli prah 0,5 boda
(1.2) O	E11 otapa se ali uz dosta protresanja, ostaje malo taloga, <u>bistra</u> i <u>bezbojna otopina</u> 0,5 boda	E21 dobro se otapa (bolje od tvari T1), <u>bistra</u> i <u>bezbojna</u> otopina 0,5 boda
(1.3) O Z	E11 pH = 9 ± 1 0,5 boda <u>otopina je lužnata</u> (prihvatiti i odgovor - otopina je lužina) 0,5 boda	E21 pH = 11 ± 1 0,5 boda <u>otopina je lužnata</u> (prihvatiti i odgovor - otopina je lužina); otopina je lužnatija od otopine u E11 0,5 boda
(1.4) O	E11 <u>oboji plamen žuto</u> (žuto-narančasto) 0,5 boda	E21 <u>oboji plamen žuto</u> (žuto-narančasto) 0,5 boda
(1.5) O Z	E12 dolazi do pjenjenja, <u>nastaju mjehurići</u> , (razvija se bezbojan plin), <u>tinjajuća i goruća trešćica se ugase</u> 0,5 boda <u>plin ne podržava gorenje i nije zapaljiv</u> 0,5 boda <u>veće je gustoće od zraka</u> 0,5 boda	E22 dolazi do pjenjenja, <u>nastaju mjehurići</u> , (razvija se bezbojan plin), <u>tinjajuća i goruća trešćica se ugase</u> 0,5 boda <u>plin ne podržava gorenje i nije zapaljiv</u> 0,5 boda <u>veće je gustoće od zraka</u> 0,5 boda

Legenda: O - opažanje; Z – zaključak

16 × 0,5 boda = **8 BODOVA**

KORAK 2.1 * Rad s plamenikom, oprez od opeklini. (Napomena: tijekom rada s plamenikom možete skinuti rukavice.) Promislite prije provedbe ovog koraka o postupku. Ako smatrate potrebnim zatražite od dežurnog nastavnika novi uzorak i ponovite pokus.

U epruveti **E13** nalazi se uzorak tvari **T1**. Pažljivo zagrijavajte (~1 minutu) sadržaj epruvete uz protresanje. Ispitajte svojstva plinovitog sadržaja epruvete plavim lakmus papirom i tinjajućom, a potom gorućom trešćicom. **Zabilježite opažanja.**

Stijenke epruvete se orose. Plavi lakmus papir pocrveni. Plinoviti sadržaj u epruveti ugasi trešćice. U epruveti zaostaje bijela čvrsta tvar.
(svaki navod 0,5 boda)

2 BODA

KORAK 2.2 U ohlađeni sadržaj epruvete **E13** ulijte destiliranu vodu (prema oznaci na epruveti E11), odredite pH-vrijednost otopine i **izvedite zaključak** na temelju mjerenja.

Otopina u epruveti **E13** je lužnata, (pH = 11 ± 1).

1 BOD

UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI :

	11,0
--	-------------

KORAK 3 (NAJPRIJE PAŽLJIVO PROČITAJTE CIJELU UPUTU U OVOM KORAKU, PROMISLITE O POSTUPKU I TEK TADA ZAPOČNITE S MJERENJEM!)3.1. Složite jednostavni kalorimetar iz dostupnog pribora. *Oprez, rad s kiselinom.*3.2 Odmjerite menzutom **50 mL klorovodične kiseline** množinske koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ (**reaktant u suvišku**) i ulijte u posudu kalorimetra. (*Već načinio nastavnik.*) Poklopite kalorimetar poklopcem s otvorom. Kroz otvor provucite termometar i kroz iduće tri minute miješajte sadržaj kalorimetra i svakih 30 sekundi odčitajte i **bilježite temperaturu**.3.3. **Nakon treće minute** odignite poklopac kalorimetra i **brzo uspite 0,04 mol** tvari **T1** koja se nalazi u epruveti **E14** (pazeći pri tom da termometar **ostane uronjen** u sadržaj kalorimetra i da **sav** sadržaj iz epruvete kvantitativno bude prenesen u kalorimetar), **intenzivno miješajte** reakcijsku smjesu termometrom i nastavite odčitavati i bilježiti temperaturu svakih 30 sekundi tijekom sljedeće tri minute.**Tablica 2.** Vremenska ovisnost temperature sustava

t / s	0	30	60	90	120	150	180
$\theta / ^\circ\text{C}$							

t / s	210	240	270	300	330	360
$\theta / ^\circ\text{C}$						

Napomena: Celsiusova temperatura označena je malim grčkim slovom theta θ , da se inače rabljeni znak t ne miješa s znakom za vrijeme.**Zabilježite opažanja tijekom KORAKA 3.3.**Burna reakcija, razvijaju se mjehurići, dolazi do pjenjenja, jednaka kemijska promjena odvijala se i u KORAKU 1.5 i sl. Nakon reakcije temperatura u kalorimetru je niža (prihvatiti i odgovor - promjena je endotermna). **1 BOD****KORAK 4** Proučite Dodatak o određivanju temperaturnog skoka u kalorimetru. **Odredite temperaturni skok u kalorimetru.** Promjenu temperature prikažite na milimetarskom papiru tako da na ordinatu nanese temperaturu, a na apscisu pripadno vrijeme. (*Možete koristiti običnu olovku za crtanje grafa.*)

(milimetarski papir)

Odgovor: _____

 $(\Delta T = -5,0 \pm 0,5 \text{ K})$

za dobru raspodjelu vrijednosti na osima grafa

1 BOD

za dobro odčitavanje temperaturni skok iz grafa

1 BOD

UKUPNO BODOVA NA 3. STRANICI :

	3,0
--	------------

II. LIST ZA ODGOVORE

ZADATAK 1 Tvari **T1** i **T2** su soli diprotonske kiseline H_2A . Na temelju opažanja tijekom **KORAKA 1.5** napišite kemijsku formulu ili naziv kiseline kojoj pripadaju soli **T1** i **T2**.

H_2CO_3 , ugljična ili karbonatna kiselina

1 BOD

ZADATAK 2 Napišite kemijsku formulu ili naziv **aniona** koji se nalazi u sastavu tvari **T1** na temelju opažanja iz **KORAKA 1.3** i **KORAKA 2.1.** i **2.2**

hidrogenkarbonatni ion, HCO_3^-

1 BOD

ZADATAK 3 Napišite kemijsku formulu ili naziv **aniona** koji se nalazi u sastavu tvari **T2** na temelju opažanja iz **KORAKA 1.3** i **KORAKA 2.1.** i **2.2**

karbonatni ion, CO_3^{2-}

1 BOD

ZADATAK 4.1 Na temelju opažanja u **KORAKU 1.3.** (epruveta **E11**) i odgovora u **ZADATKU 2** napišite naziv ili kemijsku formulu vrsta u otopini, koje su Brønsted-Lowryjeve baze.

hidrogenkarbonatni ion ili HCO_3^- i hidroksidni ion ili OH^-

za potpun odgovor 1 BOD

ZADATAK 4.2 Napišite jednadžbu kemijske reakcije (u ionskom obliku i uz naznaku agregacijskih stanja) kojom se može objasniti pH-vrjednost u epruveti **E21** u **KORAKU 1.3.**

$CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightarrow HCO_3^-(aq) + OH^-(aq)$

1 BOD

ZADATAK 5 Na temelju opažanja tijekom **KORAKA 1.4** napišite kemijsku formulu ili naziv **kationa** koji se nalazi u sastavu tvari **T1** i **T2**.

Natrijev ion, natrijev kation, Na^+

1 BOD

ZADATAK 6 Napišite **kemijsku formulu** tvari **T1** i tvari **T2**.

T1 _____

$T1_NaHCO_3$

0,5 BODA

T2 _____

$T2_Na_2CO_3$

0,5 BODA

ZADATAK 7 Napišite jednadžbu kemijske reakcije (**R1**) koja se odvijala u **KORAKU 2.1** na temelju opažanja tijekom cijelog **KORAKA 2** i dijela opažanja iz **Tablice 1**. Naznačite pripadna agregacijska stanja.

(**R1**): _____

1,5 BODA

(**R1**): $2 NaHCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$

1 bod za JKR + 0,5 boda za sva ispravno napisana AS

UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI :

	8,5
--	-----

ZADATAK 8.1 Napišite jednadžbu kemijske reakcije (R2) koja se odvijala tijekom **KORAKA 1.5** u epruveti **E12** i naznačite pripadna agregacijska stanja. **Jednaka reakcija se odvijala i u posudi kalorimetra tijekom KORAKA 3.3.**

(R2): _____ **1,5 BODA**

(R2): $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

1 bod za JKR + 0,5 boda za sva ispravno napisana AS

ZADATAK 8.2 Na temelju opažanja, mjerenja i interpretacije rezultata tijekom **KORAKA 3.3** i **KORAKA 4** navedite je li promjena entalpije sustava pozitivna ili negativna vrijednost?

Pozitivna: $\Delta H > 0$: (toplina je prešla iz kalorimetra na reakcijski sustav, u sustavu se povećala energija pa zaključujemo da je promjena entalpije sustava pozitivna i sl.) **1 BOD**

ZADATAK 8.3 Izračunajte **promjenu entalpije** reakcijskog sustava iz **KORAKA 3.3** koristeći podatak o promjeni temperature određen u **KORAKU 4**, uz pretpostavku da toplinski kapacitet kalorimetra (kalorimetrijska konstanta C) iznosi $0,21 \text{ kJ K}^{-1}$.

$$\Delta H = C \cdot \Delta T$$

za veličinski račun **1 BOD**

$$\Delta H = (1,05 \pm 0,1) \text{ kJ};$$

za točan rezultat **1 BOD**

ZADATAK 8.4 Izračunajte **reakcijsku entalpiju** za promjenu (R2) na temelju informacija o kalorimetrijskom postupku, rezultata mjerenja tijekom **KORAKA 3.3** te rješenja **ZADATAKA 8.1** do **8.3**.

$$\Delta_r H(\text{R2}) = \Delta H / n(\text{T1})$$

za veličinski račun **1 BOD**

$$\Delta_r H(\text{R2}) = 1,05 \text{ kJ} / 0,04 \text{ mol} = (26,3 \pm 2,5) \text{ kJ mol}^{-1}$$

za točan rezultat **1 BOD**

ZADATAK 9. Jednakim postupkom kao u **KORAKU 3** i **4** određeno je da **0,02 mol** tvari **T2** u reakciji s 50 mL klorovodične kiseline jednake množinske koncentracije kao i u provedenom kalorimetrijskom pokusu **povisi** temperaturu sadržaja kalorimetra za **3,3 °C**.

(Opaska: ovo mjerenje niste načinili sami zbog ograničenog vremena, ali smatrajte kao da je i ono načinjeno tijekom vašeg eksperimenta i koristite navedene podatke u daljnjem radu.)

ZADATAK 9.1 Napišite jednadžbu kemijske reakcije (R3) koja se odvijala tijekom **KORAKA 1.5** u epruveti **E22** i naznačite pripadna agregacijska stanja. **Jednaka reakcija bi se odvijala i u posudi kalorimetra tijekom KORAKA 3.3. da je načinjen kalorimetrijski pokus s tvari T2.**

(R3): _____ **1,5 BODA**

(R3): $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

1 bod za JKR + 0,5 boda za sva ispravno napisana AS

ZADATAK 9.2 Na temelju informacija o kalorimetrijskom postupku iz uvoda **ZADATKA 9** navedite je li promjena entalpije sustava pozitivna ili negativna vrijednost?

Negativna: $\Delta H < 0$: (toplina je prešla iz reakcijskog sustava na kalorimetar, u sustavu se smanjila energija pa zaključujemo da je promjena entalpije sustava negativna i sl.) **1 BOD**

UKUPNO BODOVA NA 5. STRANICI :

	9,0
--	------------

ZADATAK 9.3 Izračunajte **promjenu entalpije** reakcijskog sustava na temelju informacija o kalorimetrijskom postupku i rezultatima mjerenja navedenim u uvodu **ZADATKA 9**, uz pretpostavku da toplinski kapacitet kalorimetra (kalorimetrijska konstanta C) iznosi $0,21 \text{ kJ K}^{-1}$.

$$\Delta H = C \cdot \Delta T = -0,69 \text{ kJ}$$

za točan rezultat **1 BOD**

ZADATAK 9.4 Izračunajte **reakcijsku entalpiju** za promjenu (**R3**) na temelju informacija o kalorimetrijskom postupku i rezultatima mjerenja navedenim u uvodu **ZADATKA 9** te rješenja **ZADATKA 9.1** do **9.3**.

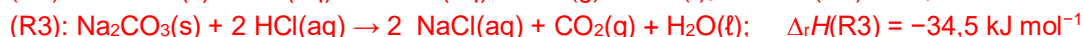
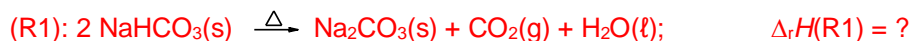
$$\Delta_r H(\text{R3}) = \Delta H / n(\text{T2})$$

$$\Delta_r H(\text{R3}) = -0,69 \text{ kJ} / 0,02 \text{ mol} = -34,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

za točan rezultat **1 BOD**

ZADATAK 10 Nemoguće je neposrednim mjerenjem dovoljno točno odrediti prirast entalpije u reakciji termičke disocijacije (KORAK 2) tvari **T1** koju ste jednadžbom kemijske reakcije (**R1**) opisali u **ZADATKU 7**. Međutim, može se izmjeriti prirast entalpije u reakciji tvari **T1** i klorovodične kiseline u suvišku (**R2**), kao i reakcije tvari **T2** i klorovodične kiseline u suvišku (**R3**). Prema Hessovom zakonu ukupna reakcijska entalpija jednaka je zbroju reakcijskih entalpija pojedinih koraka na koje se reakciju može rastaviti.

Izračunajte **reakcijsku entalpiju** za promjenu (**R1**) na temelju rješenja u **ZADATKU 7, 8.1, 8.4, 9.1 i 9.4**.



$$(\text{R1}) = 2 (\text{R2}) - (\text{R3}); \quad \Delta_r H(\text{R1}) = 2 \Delta_r H(\text{R2}) - \Delta_r H(\text{R3})$$

za veličinski račun **2 BODA**

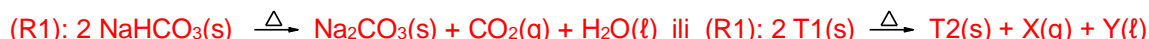
$$\Delta_r H(\text{R1}) = [2 \cdot 26,3 - (-34,5)] \text{ kJ mol}^{-1} = (87,1 \pm 5,0) \text{ kJ mol}^{-1}$$

za točan rezultat **1 BOD**

ZADATAK 11 Izračunajte teorijsku vrijednost reakcijske entalpije u promjeni termičke disocijacije opisane jednadžbom kemijske reakcije (**R1**) na temelju sljedećih podataka koje ćete pripisati tvarima identificiranim tijekom pokusa.

$$\Delta_f H^\circ(\text{T1}, \text{s}) = -948 \text{ kJ mol}^{-1}; \quad \Delta_f H^\circ(\text{T2}, \text{s}) = -1131 \text{ kJ mol}^{-1};$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{X}, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}; \quad \Delta_f H^\circ(\text{Y}, \text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}.$$



$$\Delta_r H^\circ = \sum \nu_P \Delta_f H^\circ(\text{P}) - \sum |\nu_R| \Delta_f H^\circ(\text{R});$$

za veličinski račun **0,5 BODA**

$$\Delta_r H^\circ = 85 \text{ kJ mol}^{-1}$$

za točan rezultat **1 BOD**

ZADATAK 12 Usporedite rezultate iz **ZADATKA 10 i 11** i navedite eksperimentalne pogreške koje su mogle uzrokovati neslaganje mjerenih i računatih vrijednosti reakcijske entalpije.

Konstrukcija kalorimetra (slaba izolacija, izmjena topline kroz čašu i sl); gubitak tvari **T1** tijekom postupka, vađenje termometra iz reakcijskog sustava tijekom mjerenja; nepreciznost pri odčitavanju temperature i sl. (nužna bar tri navda)
1 BOD

ZADATAK 13 Bi li na temperaturnu promjenu u provedenom kalorimetrijskom pokusu (**KORAK 3.3.**) utjecala uporaba dvostrukog volumena klorovodične kiseline jednake množinske koncentracije? **Obrazložite** odgovor.

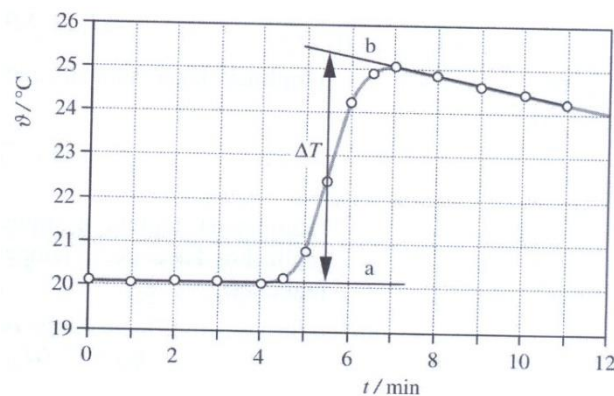
Utjecala bi, zbog povećanja vrijednosti toplinskog kapaciteta kalorimetra smanjuje se vrijednost promjene temperature.
1 BOD

UKUPNO BODOVA NA 6. STRANICI :

8,5

DODATAK UZ KORAK 4

Promjena temperature s vremenom u nekom kalorimetrijskom pokusu prikazana je na slici 1. Temperaturni skok određuje se kao razlika temperatura dobivenih ekstrapolacijom iz ravnih dijelova krivulje. Drugim riječima, između dva područja došlo je do temperaturnog skoka koji se procjenjuje na temelju razmaka pravaca a i b u sredini područja temperaturnog skoka.



Slika 1. Određivanje temperaturnog skoka, $\Delta\theta = \Delta T$

1. stranica

2. stranica

3. stranica

+

+

4. stranica

5. stranica

6. stranica

Ukupni bodovi

+

+

=

40

UKUPNO BODOVA NA 7. STRANICI :

	0
--	---