GEO-2 C-0 C
Ioane Kapanadze

IChO
General instructions
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

GEO-2 C-0 G-1

G0-1

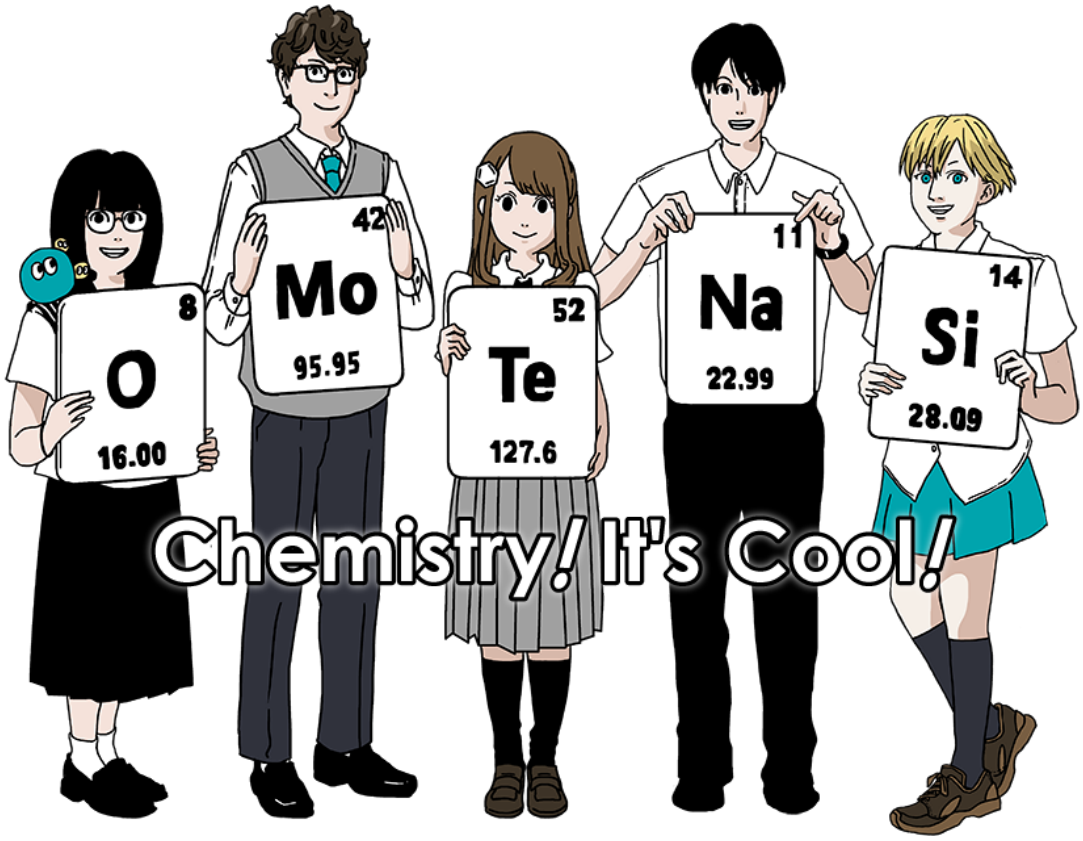
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ქიმიის საერთაშორისო ოლიმპიადა 2021 იაპონია

53rd IChO2021 Japan

25 ივლისი – 2 აგვისტო, 2021

https://www.icho2021.org



G0-2

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ზოგადი ინსტრუქცია

- წერისას გამოიყენეთ მხოლოდ კალამი.
- გამოიყენეთ არაპროგრამირებადი კალკულატორი.
- გამოცდა მოიცავს **9 ამოცანას**.
- ამოცანები შეგიძლიათ ამოხსნათ ნებისმიერი თანმიმდევრობით.
- ამოცანების ამოსახსნელად გეძლევათ **5 საათი.**
- **დაიწყეთ** წერა მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მიიღებთ **მითითებას** წერის დაწყების შესახებ.
- შედეგები უნდა ჩაწეროთ **პასუხებისთვის გამოყოფილ სპეციალურ უჯრაში.** შავი სამუშაოსთვის გამოიყენეთ საგამოცდო ფურცლის უკანა მხარე. დაიმახსოვრეთ, პასუხებისთვის განკუთვნილი უჯრის გარეთ დაწერილი პასუხი არ ჩაითვლება.
- საჭიროების შემთხვევაში დაწერეთ შესაბამისი გამოთვლები უჯრაში. მაქსიმალურ შეფასებას მიიღებთ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც შესაბამისი გამოთვლაც იქნება წარმოდგენილი.
- დამკვირვებლისგან მიიღებთ გაფრთხილებას **30 წუთით ადრე** გამოცდის დასრულების შესახებ.
- **შეწყვიტეთ წერა,** როგორც კი მიიღებთ მითითებას წერის შეწყვეტის თაობაზე. მითითების გაუთვალისწინებლობის შემთხვევაში შედეგი ანულირდება.
- საგამოცდო ტესტების ოფიციალურ ინგლისურ ვერსიას მიიღებთ მოთხოვნის შემთხვევაში.
- თქვენ არ შეგიძლიათ დატოვოთ საგამოცდო ოთახი ნებართვის გარეშე. თუ დაგჭირდებათ რაიმე სახის დახმარება (კალკულატორის პრობლემა, გასვლა საპირფარეშოში და ა. შ), აწიეთ ხელი და დაელოდეთ დამკვირვებელს.

გისურვებთ წარმატებას!

ამოცანები და ინფორმაცია შეფასებაზე

	სათაური	ჯამური ქულა	ჯამური ქულის %
1	წყალბადი მეტალის ზედაპირზე	24	11
2	იზოტოპური დროის კაფსულა	35	11
3	ლამბერტ - ბერის კანონი?	22	8
4	თუთიის ჟანგვა - აღდგენის ქიმია	32	11
5	მისტიური სილიციუმი	60	12
6	გარდამავალი მეტალების მყარი მდგომარეობის ქიმია	45	13
7	არაბენზენოიდული არომატულობით თამაში	36	13
8	დინამიური ორგანული მოლეკულები და მათი ქირალობა	26	11
9	ჰგავს და არ ჰგავს კაფსულას?	23	10
		ჯამი	100

G0-4

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ფიზიკური კონსტანტები და ფორმულები

კონსტანტები

სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში	$c = 2.99792458 \times 10^{8}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
პლანკის მუდმივა	$h = 6.62607015 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\ s}$
ელექტრონის მუხტი	$e = 1.602176634 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$
ელექტრონის მასა	$m_{\mathrm{e}} = 9.10938370 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$
ელექტრული მუდმივა (ვაკუუმის დიელექტრიკული შეღწევადობა)	$\varepsilon_0 = 8.85418781 \times 10^{-12}\ \mathrm{F\ m^{-1}}$
ავოგადროს მუდმივა	$N_{\mathrm{A}} = 6.02214076 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$
ბოლცმანის მუდმივა	$k_{\mathrm{B}} = 1.380649 \times 10^{-23}\ \mathrm{J\ K^{-1}}$
ფარადეის მუდმივა	$F = N_{\mathrm{A}} \times e = 9.64853321233100184 \times 10^{4}\ \mathrm{C\ mol^{-1}}$
აირის უნივერსალური მუდმივა	$R = N_{\mathrm{A}} \times k_{\mathrm{B}} = 8.31446261815324\ \mathrm{J\ K^{-1}\ mol^{-1}}$ $= 8.2057366081 \times 10^{-2}\ \mathrm{L\ atm\ K^{-1}\ mol^{-1}}$
უნიფიცირებული ატომური მასის ერთეული	$u = 1\ \mathrm{Da} = 1.66053907 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$
სტანდარტული წნევა	$p = 1\ \mathrm{bar} = 10^{5}\ \mathrm{Pa}$
ატმოსფერული წნევა	$p_{\mathrm{atm}} = 1.01325 \times 10^{5}\ \mathrm{Pa}$
ნული ცელსიუსის სკალაზე	$0\ ^{\circ}\mathrm{C} = 273.15\ \mathrm{K}$
ანგსტრემი	$1\ \text{Å} = 10^{-10}\ \mathrm{m}$
პიკომეტრი	$1\ \mathrm{pm} = 10^{-12}\ \mathrm{m}$
ელექტრონვოლტი	$1\ \mathrm{eV} = 1.602176634 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$
მილიონის წილი	$1\ \mathrm{ppm} = 10^{-6}$
მილიარდის წილი	$1\ \mathrm{ppb} = 10^{-9}$
ტრილიონის წილი	$1\ \mathrm{ppt} = 10^{-12}$
pi	$\pi = 3.141592653589793$
ნატურალური ლოგარითმის ფუძე (ეილერის რიცხვი)	$e = 2.718281828459045$

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

განტოლებები

იდეალური აირის განტოლება	$PV = nRT$, სადაც P არის წნევა, V - მოცულობა, n ნივთიერების რაოდენობა, T იდეალური აირის აბსოლუტური ტემპერატურა.
კულონის კანონი	$F = k_\mathrm{e}\frac{q_1 q_2}{r^2}$, სადაც F არის ელექტროსტატიკური ძალა, $k_\mathrm{e}(\simeq 9.0 \times 10^9\,\mathrm{N\,m^2\,C^{-2}})$ კულონის მუდმივა, q_1 და q_2 მუხტის მაგნიტუდა, და r მუხტებს შორის მანძილი.
თერმოდინამიკის პირველი კანონი	$\Delta U = q + w$, სადაც ΔU შიდა ენერგიის ცვლილება, q გამოყენებული სითბო, w შესრულებული მუშაობა.
ენთალპია H	$H = U + PV$
ენტროპია დაფუძნებული ბოლცმანის პრინციპზე S	$S = k_\mathrm{B}\ln W$, სადაც W არის მიკრო მდგომარეობათა რიცხვი.
ენტროპიის ცვლილება ΔS	$\Delta S = \frac{q_\mathrm{rev}}{T}$, სადაც q_rev არის შექცევადი პროცესის სითბო.
გიბსის თავისუფალი ენერგია G	$G = H - TS$ $\Delta_\mathrm{r}G^\circ = -RT\ln K = -zFE^\circ$, სადაც K არის წონასწორობის მუდმივა, z ელექტრონების რიცხვი, E° სტანდარტული ელექტროდული პოტენციალი.
რეაქციის მაჩვენებელი Q	$\Delta_\mathrm{r}G = \Delta_\mathrm{r}G^\circ + RT\ln Q$ რეაქციისთვის $a\mathrm{A} + b\mathrm{B} \rightleftharpoons c\mathrm{C} + d\mathrm{D}$ $Q = \frac{[\mathrm{C}]^c[\mathrm{D}]^d}{[\mathrm{A}]^a[\mathrm{B}]^b}$, სადაც [A] არის A ნივთიერების კონცენტრაცია.

G0-6

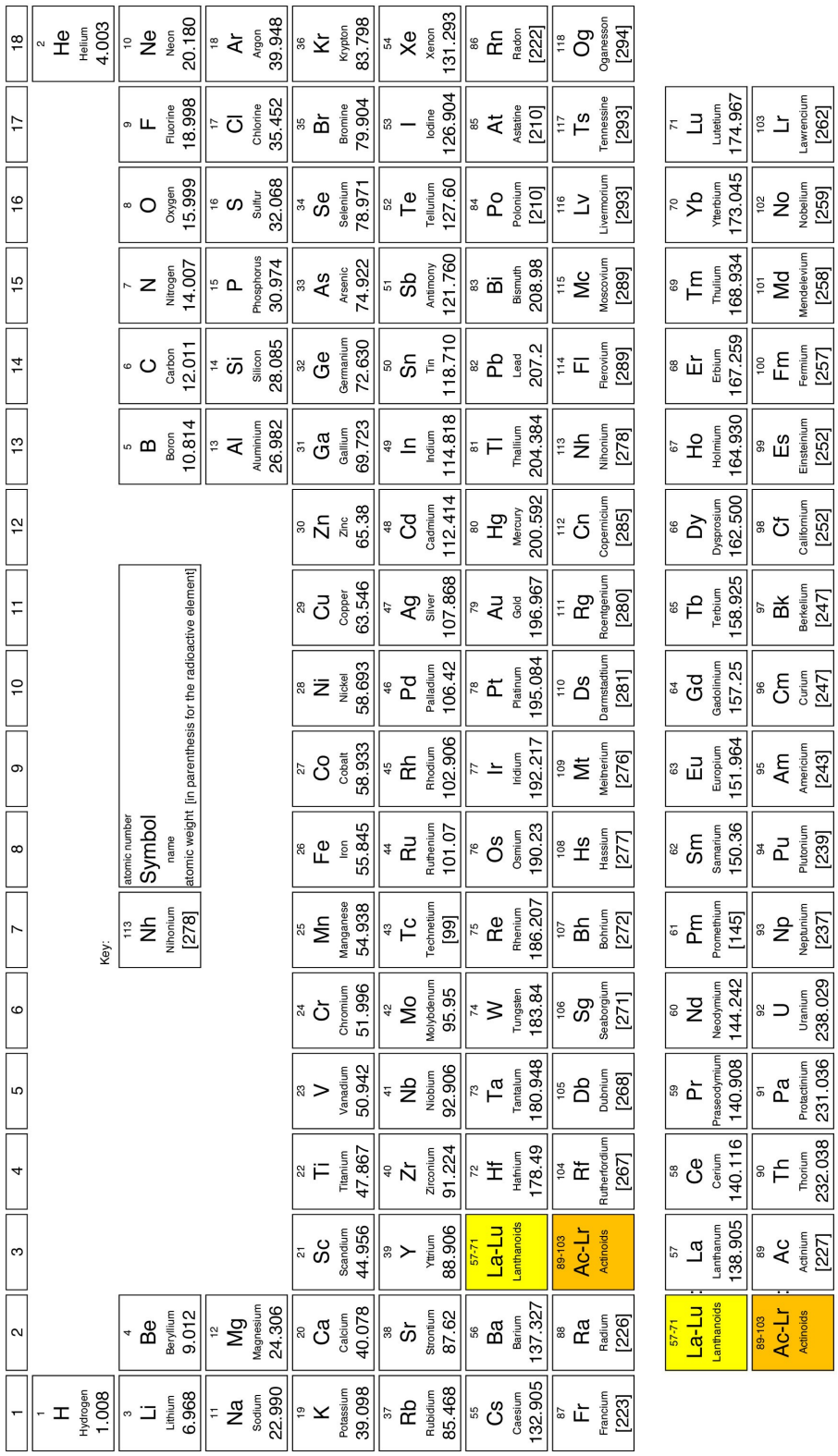
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

სითბოს ცვლილება Δq	$\Delta q = nc_{\mathsf{m}}\Delta T$, სადაც c_{m} არის მოლური სითბოტევადობა, რომელიც ტემპერატურაზე არ არის დამოკიდებული.
ნერნსტის განტოლება	$E = E^{\circ} + \frac{RT}{zF}\ln\frac{C_{\mathsf{ox}}}{C_{\mathsf{red}}}$, სადაც C_{ox} არის დაჟანგული ნივთიერების კონცენტრაცია, C_{red} - აღდგენილი ნივთიერების კონცენტრაცია.
არენიუსის განტოლება	$k = A\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$, სადაც k სიჩქარის მუდმივა, A - პრე-ექსპონენციალური ფაქტორი, E_a აქტივაციის ენერგია $\exp(x) = e^x$
ლამბერტის - ბერის განტოლება	$A = \varepsilon lc$, სადაც A არის შთანთქმაe, ε - მოლური აბსორბციული კოეფიციენტი, l - ოპტიკური ფენის სისქე, c ხსნარის კონცენტრაცია.
ჰენდერსონ-ჰასელბახის განტოლება	წონასწორობისთვის $\mathsf{HA} \rightleftharpoons \mathsf{H^+} + \mathsf{A^-}$ სადაც K_{a} არის წონასწორობის მუდმივა, $\mathsf{pH} = \mathsf{p}K_{\mathsf{a}} + \log\left(\frac{[\mathsf{A^-}]}{[\mathsf{HA}]}\right)$
ფოტონის ენერგია	$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ სადაც ν არის სიხშირე, λ სინათლის ტალღის სიგრძე.
გეომეტრიული პროგრესიის ჯამი	როცა $x \neq 1$, $1 + x + x^2 + \cdots + x^n = \sum_{i=0}^{n} x^i = \frac{1-x^{n+1}}{1-x}$
ამოცანების ამოსახსნელად საჭირო მიახლოებითი განტოლება	როცა $x \ll 1$, $\frac{1}{1-x} \simeq 1 + x$

G0-7

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

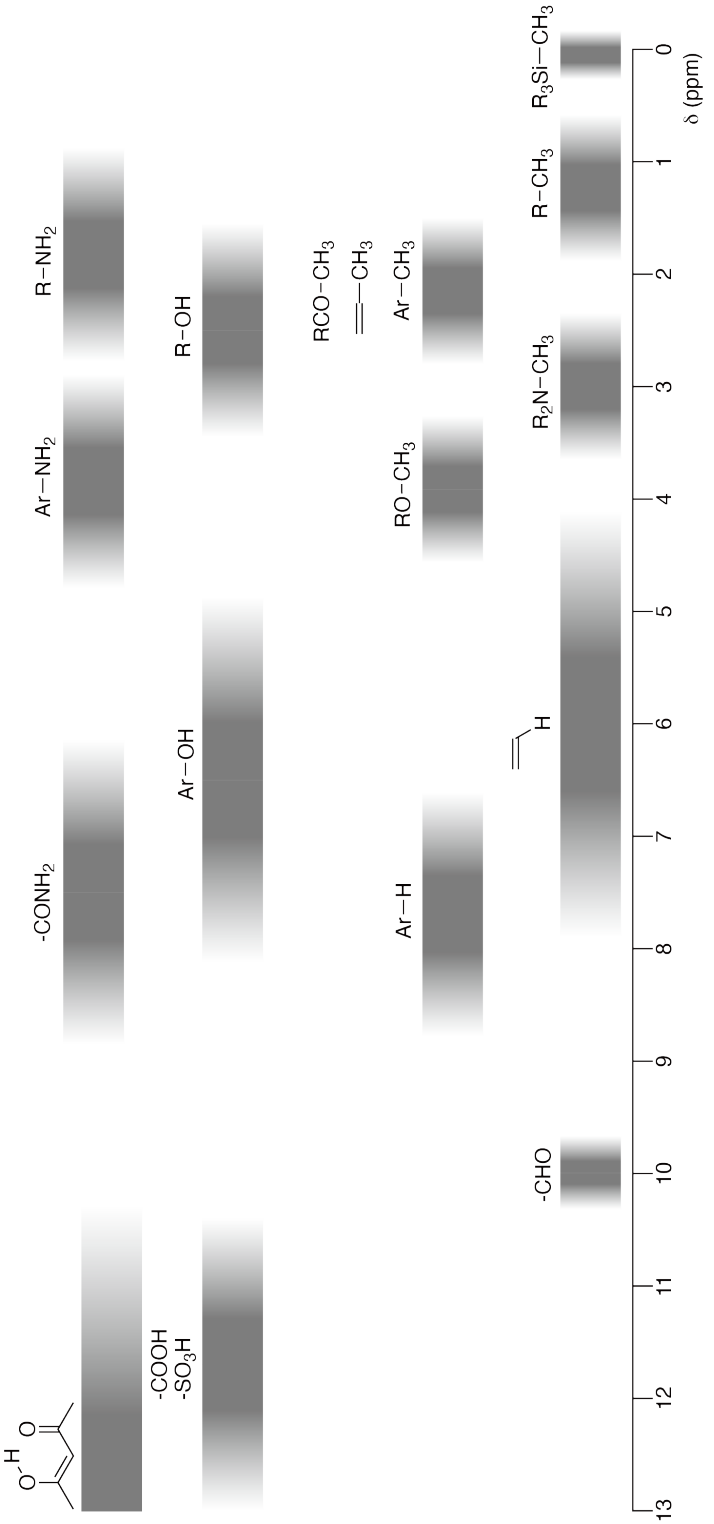
პერიოდულობის ცხრილი



G0-8

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

^{1}H NMR ქიმიური წანაცვლება



G0-9

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

$\Delta\delta$ ერთი ალკილ ჯგუფის ჩანაცვლებაზე: დაახლ. +0.4 ppm

GEO-2 C-1 C
Ioane Kapanadze

IChO
Problem 1
Cover sheet

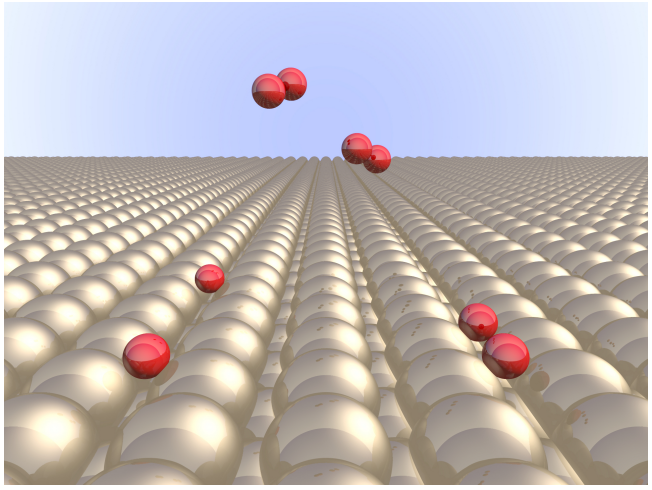
Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q1-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

წყალბადი მეტალის ზედაპირზე

11 % of the total							
Question	A.1	A.2	B.1	B.2	B.3	B.4	**Total**
Points	6	4	5	3	3	3	**24**
Score							



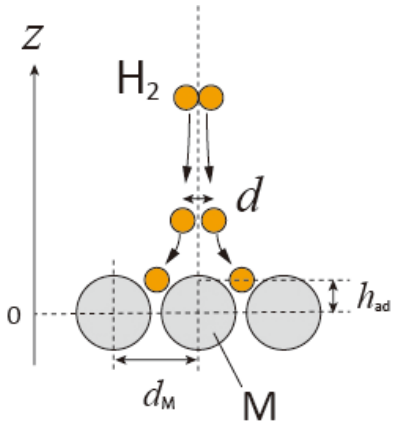
წყალბადი მოიაზრება მომავლის ენერგიის წყაროდ, რომელიც არ იქნება დამოკიდებული წიაღისეულ საწვავზე. აქ განვიხილავთ წყალბადის მეტალში შენახვას, რომელიც წარმოადგენს მისი ტრანსპორტირებისა და შენახვის ტექნოლოგიას.

Part A

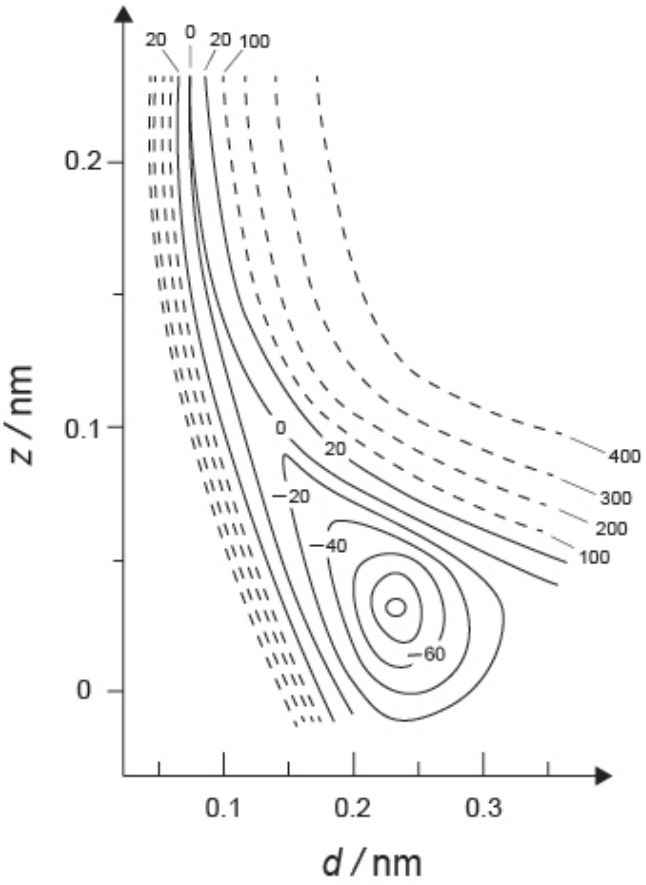
ნაწილი A

რადგან წყალბადი აბსორბირდება მეტალის მოცულობაში მისი ზედაპირის საშუალებით, პირველ რიგში განვიხილოთ მეტალის ზედაპირზე წყალბადის ადსორბციის პროცესი, $H_2(g) \rightarrow 2H(ad)$,სადაც წყალბადის აირადი და ადსორბირებული მდგომარეობები შესაბამისად წარმოდგენილია, როგორც (g) და (ad). წყალბადის მოლეკულა (H_2), რომელიც ურთიერთქმედებს მეტალის ზედაპირთან (M) განიცდის დისოციაციას და ადსორბირდება H ატომის სახით (ნახ. 1). აქ H_2 -ის პოტენციალური ენერგია დამოკიდებულია ორ ცვლადზე: ატომთშორის მანძილზე d და მეტალის ატომთა ზედაპირამდე მანძილზე z. იგულისხმება, რომ H ატომების შემაერთებელი ღერძი ზედაპირის პარალელურია და სიმძიმის ცენტრი ყოველთვის იმყოფება ნახ 1-ზე ნაჩვენებ ვერტიკალურ წყვეტილ წრფეზე. ნახ.2-ზე ნაჩვენებია ზედაპირზე დისოციაციის პოტენციური ენერგიის კონტურული გრაფიკი. პოტენციური ენერგიის რიცხვითი მნიშვნელობები მოცემულია kJ ერთეულებში H_2-ის ერთ მოლზე გადათვლით. უწყვეტ მრუდებს შორის ინტერვალია 20 kJ mol^{-1}, წყვეტილ მრუდებს შორის ინტერვალია 100 kJ mol^{-1}, ხოლო უწყვეტსა და წყვეტილ მრუდებს შორის 80 kJ mol^{-1}. ნულოვანი წერტილის რხევის ენერგია უგულვებელყავით.

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)



ნახ.1 ცვლადების განმარტება. ნახაზი მასშტაბში არ არის.



ნახ. 2.

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.1 შემდეგი ჩამონათვალიდან (i)–(iii), თითოეულისათვის A–G-დან **აირჩიეთ** უახლოესი მნიშვნელობა. 6pt

(i) ატომთშორისი მანძილი H_2 აირადი მოლეკულისათვის
(ii) მეტალის ატომებს შორის ატომთშორისი მანძილი (d_M ნახ.1-ზე)
(iii) ადსორბირებული H ატომებსა და ზედაპირს შორის მანძილი (h_{ad} ნახ.1-ზე)

A. 0.03 nm	B. 0.07 nm	C. 0.11 nm	D. 0.15 nm
E. 0.19 nm	F. 0.23 nm	G. 0.27 nm	

A.2 შემდეგი ჩამონათვალიდან თითოეულისათვის (i)–(ii), **აირჩიეთ** შესაბამისი მნიშვნელობა A–H - დან. 4pt

(i) აირადი H_2 -დან აირად H-ში დისოციაციისათვის საჭირო ენერგია [$H_2(g) \rightarrow 2H(g)$]
(ii) აირადი H_2-ის ადსორბციისას გამოყოფილი ენერგია [$H_2(g) \rightarrow 2H(ad)$]

A. 20 kJ mol^{-1}	B. 40 kJ mol^{-1}	C. 60 kJ mol^{-1}	D. 100 kJ mol^{-1}
E. 150 kJ mol^{-1}	F. 200 kJ mol^{-1}	G. 300 kJ mol^{-1}	H. 400 kJ mol^{-1}

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი B

წყალბადის ადსორბირებული ატომები აბსორბირდებიან მოცულობაში ან განიცდიან რეკომბინაციას და დესორბირდებიან აირად ფაზაში, როგორც ნაჩვენებია (1a) და (1b) - რეაქციებში. H(ab) წარმოადგენს მოცულობაში აბსორბირებულ წყალბადის ატომს.

$$\mathrm{H_2(g)} \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} 2\mathrm{H(ad)} \tag{1a}$$

$$\mathrm{H(ad)} \xrightarrow{k_3} \mathrm{H(ab)} \tag{1b}$$

ზედაპირის ერთეულოვან უჯრედზე რეაქციის სიჩქარე ადსორბციისათვის, დესორბციისაათვის და აბსორბციისათვის შესაბამისად არის $r_1[\mathrm{s}^{-1}], r_2[\mathrm{s}^{-1}]$ და $r_3[\mathrm{s}^{-1}]$. ისინი ასე გამოისახება:

$$r_1 = k_1 P_{\mathrm{H_2}} (1-\theta)^2 \tag{2}$$

$$r_2 = k_2 \theta^2 \tag{3}$$

$$r_3 = k_3 \theta \tag{4}$$

სადაც $k_1\,[\mathrm{s}^{-1}\,\mathrm{Pa}^{-1}], k_2\,[\mathrm{s}^{-1}]$ და $k_3\,[\mathrm{s}^{-1}]$ რეაქციის სიჩქარის კონსტანტებია და $P_{\mathrm{H_2}}$ $\mathrm{H_2}$-ის არის წნევა. θ ($0 \leq \theta \leq 1$) არის ზედაპირის უჯრედებს შორის ხელმისაწვდომი ფართის ის ფრაქცია, რომელის დაკავებულია წყალბადით. ჩათვალეთ, რომ ადსორბცია და დესორბცია აბსორბციასთან შედარებით სწრაფი პროცესებია ($r_1, r_2 \gg r_3$) და θ რჩება მუდმივი.

B.1 r_3 შეიძლება გამოისახოს შემდეგი სახით: 5pt

$$r_3 = \frac{k_3}{1 + \sqrt{\dfrac{1}{P_{\mathrm{H_2}} C}}} \tag{5}$$

<u>გამოსახეთ</u> C k_1 და k_2-ის საშუალებით

Q1-5

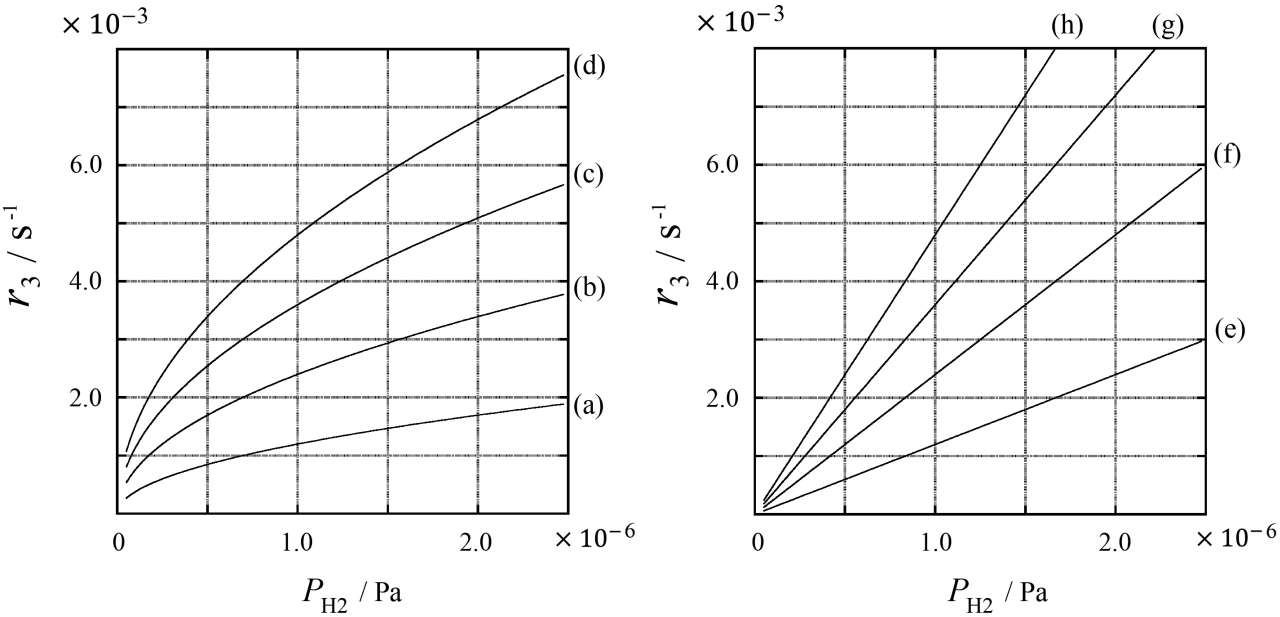
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

მეტალის ნიმუში ზედაპირის ფართით $S = 1.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}^2$ მოათავსეს კონტეინერში (1L = $1.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}^3$) , რომელშიც იმყოფება H_2 ($P_{H_2} = 1.0 \times 10^2\,\mathrm{Pa}$). წყალბად ატომების ადსორბციის ადგილების სიმკვრივე არის $N = 1.3 \times 10^{18}\,\mathrm{m}^{-2}$. ზედაპირის ტემპერატურას ინარჩუნებენ $T = 400\,\mathrm{K}$. რეაქცია (1)-ის მიმდინარეობისას, P_{H_2} მცირდებოდა მუდმივი სიჩქარით $v = 4.0 \times 10^{-4}\,\mathrm{Pa\,s}^{-1}$. ჩათვალეთ H_2 არის იდეალური აირი და მეტალის მოცულობა უგულვებელყოფილია.

B.2 **გამოთვალეთ** ზედაპირის ფართის ერთეულზე დროის ერთეულში შთანთქმული H ატომების რაოდენობა მოლებში $A\,[\mathrm{mol\,s}^{-1}\,\mathrm{m}^{-2}]$. 3pt

B.3 $T = 400\,\mathrm{K}$-ზე, C ტოლია $1.0 \times 10^2\,\mathrm{Pa}^{-1}$. **გამოთვალეთ** k_3-ის მნიშვნელობა 400 K-ზე. თუ ვერ მიიღეთ პასუხი **B.2**-ში, გამოიყენეთ $A = 3.6 \times 10^{-7}\,\mathrm{mol\,s}^{-1}\,\mathrm{m}^{-2}$. 3pt

B.4 განსხვავებულ T-ზე, მოცემულია $C = 2.5 \times 10^3\,\mathrm{Pa}^{-1}$ და $k_3 = 4.8 \times 10^{-2}\,\mathrm{s}^{-1}$. r_3-ისათვის, როგორც ფუნქცია P_{H_2}-ისა ამ ტემპერატურაზე, **აირჩიეთ** სწორი გრაფიკი (a)–(h) -იდან. 3pt



A1-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

წყალბადი მეტალის ზედაპირზე

ნაწილი A

A.1 (6 pt)

(i)	(ii)	(iii)

A.2 (4 pt)

(i)	(ii)

ნაწილი B

B.1 (5 pt)

$C =$ _____

B.2 (3 pt)

$A =$ _____ $\mathrm{mol\ s^{-1}\ m^{-2}}$

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

B.3 (3 pt)

$k_3 =$ _____ s^{-1}

B.4 (3 pt)

_____

Ioane Kapanadze

IChO
Problem 2
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q2-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

იზოტოპური დროის კაფსულა

11 % of the total					
Question	A.1	A.2	A.3	A.4	**Total**
Points	8	8	10	9	**35**
Score					



მოლეკულები, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან მხოლოდ იზოტოპური შემცვლობით, როგორიცაა, მაგალითად CH_4 და CH_3D, ეწოდებათ იზოტოპოლოგები. იზოტოპოლოგებს აქვთ ერთი და იგივე ქიმიური მახასიათებლები. მიუხედავად ამისა, ბუნებაში გავრცელების თვალსაზრისით ძლიერ განსხვავდებიან.

დაუშვით, რომ ყველა ნივთიერება ამ კითხვაში არის აირად მდგომარეობაში.

განვიხილოთ შემდეგი წონასწორობა:

$$^{12}C^{16}O_2 + {}^{12}C^{18}O_2 \rightleftharpoons 2\,{}^{12}C^{16}O^{18}O \qquad K = \frac{[{}^{12}C^{16}O^{18}O]^2}{[{}^{12}C^{16}O_2][{}^{12}C^{18}O_2]} \tag{1}$$

ენტროპია, S, იზრდება სისტემის შესაძლო მიკროსკოპული მდგომარეობის რიცხვის ზრდასთან ერთად, W:

$$S = k_B \ln W \tag{2}$$

$^{12}C^{16}O_2$ და $^{12}C^{18}O_2$ -თვის $W = 1$. $^{12}C^{16}O^{18}O$ მოლეკულისთვის კი $W = 2$, რადგან ჟანგბადის ატომები განსხვავებულია ამ მოლეკულაში. როგორც წონასწორობის 1 ტოლებიდან ჩანს, მარჯვენა მხარეს არის $^{12}C^{16}O^{18}O$ ორი მოლეკულა, $W = 2^2 = 4$.

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.1 ენთალპიის ცვლილება, ΔH, მე-3 განტოლებაში არის დადებითი მიუხედავად ტემპერატურისა. 8pt

$$H_2 + DI \rightleftharpoons HD + HI \quad (3)$$

გამოთვალეთ წონასწორობის მუდმივები, K, მე-3 ტოლებისთვის ძალიან დაბალ (ჩათვალეთ $T \to 0$) და ძალიან მაღალ (ჩათვალეთ $T \to +\infty$) ტემპერატურაზე. დაუშვით, რომ რეაქცია რჩება უცვლელი ამ ტემპერატურებზე და ენთალპია ΔH მიისწრაფის მუდმივი მნიშვნელობისკენ მაღალ ტემპერატურაზე.

მოცემული პროცესის ΔH შეიძლება აიხსნას მოლეკულური რხევით.

$$2HD \rightleftharpoons H_2 + D_2 \qquad K = \frac{[H_2][D_2]}{[HD]^2} \quad (4)$$

როცა T = 0 K, დიატომური მოლეკულების რხევითი ენერგია, რომელთა რხევის სიხშირე არის ν [s^{-1}], გამოისახება შემდეგნაირად:

$$E = \frac{1}{2}h\nu \quad (5)$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad (6)$$

სადაც k არის ძალური მუდმივა და μ დაყვანილი მასა, რომელიც გამოისახება დიატომურ მოლეკულის ატომთა მასების საშუალებით შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \quad (7)$$

A.2 H_2-ის რხევა არის 4161.0 cm^{-1} როდესაც რხევა გამოისახება ტალღურ რიცხვებში. **გამოთვალეთ** ΔHJ mol^{-1} ერთეულებში შემდეგი ტოლებისთვის თუ T = 0 K. 8pt

$$2HD \to H_2 + D_2 \quad (8)$$

დაუშვით, რომ:

- მხოლოდ რხევითი ენერგია ღებულობს მონაწილეობას ΔH.
- k -ს მნიშვნელობა H_2, HD, და D_2-თვის არის ერთნაირი.
- H-ის მასა უნდა იყოს 1 Da და D -ის მასა - 2 Da.

Q2-3

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

H_2, HD, და D_2-ის მოლური თანაფარდობა წონასწორულ მდგომარეობაში სისტემის ტემპერატურაზე არის დამოკიდებული. Δ_{D_2}განისაზღვრება, როგორც D_2 -ის მოლური თანაფარდობის ცვლილება.

$$\Delta_{D_2} = \frac{R_{D_2}}{R^*_{D_2}} - 1 \tag{9}$$

სადაც, R_{D_2} აღნიშნავს $\frac{[D_2]}{[H_2]}$ ფარდობას ნიმუშში და $R^*_{D_2}$ - $\frac{[D_2]}{[H_2]}$ ფარდობას $T \to +\infty$ ტემპერატურაზე. უნდა აღინიშნოს, რომ იზოტოპების განაწილება ხდება შემთხვევითი $T \to +\infty$ ტემპერატურაზე.

A.3 **გამოთვალეთ** Δ_{D_2} ბუნებრივი D გავრცელებით, როცა იზოტოპური მიმოცვლა არის წონასწორობაში ტემპერატურაზე, K ტოლობაში 4 არის 0.300. დაუშვით, რომ D და H-ს ბუნებრივი გავრცელების ფარდობა არის $1.5576 \times 10^{-4}\, 1 - 1.5576 \times 10^{-4}$, შესაბამისად. 10pt

ზოგადად, ორმაგად ჩანაცვლებული იზოტოპოლოგების მოლური თანაფარდობა, რომლის ერთი მოლეკულა შეიცავს 2 მძიმე იზოტოპურ ატომს, იზრდება ტემპერატურის შემცირებით. განვიხილოთ CO_2 მოლეკულების მოლური თანაფარდობა მოლური მასებით 44 და 47, რომელიც ქვევით განხილულია როგორც $CO_2[44]$ და $CO_2[47]$. Δ_{47}-ის რაოდენობა განისაზღვრება, როგორც:

$$\Delta_{47} = \frac{R_{47}}{R^*_{47}} - 1 \tag{10}$$

R_{47} აღნიშნავს $\frac{[CO_2[47]]}{[CO_2[44]]}$ ფარდობას ნიმუშში და R^*_{47} $\frac{[CO_2[47]]}{[CO_2[44]]}$ ფარდობას $T \to +\infty$ ტემპერატურაზე. ნახშირბადისა და ჟანგბადის ბუნებრივი გავრცელება მოცემულია ქვემოთ; არ მიაქციოთ ყურადღება იზოტოპებს, რომლებიც არაა მოყვანილი.

	^{12}C	^{13}C
ბუნებაში გავრცელება	0.988888	0.011112

	^{16}O	^{17}O	^{18}O
ბუნებაში გავრცელება	0.997621	0.0003790	0.0020000

Δ_{47}-ის ტემპერატურის დამოკიდებულება განისაზღვრება შემდეგი სახით, სადაც T არის აბსოლუტური ტემპერატურა კელვინებში K:

$$\Delta_{47} = \frac{36.2}{T^2} + 2.920 \times 10^{-4} \tag{11}$$

A.4 ანტარქტიკის ზღვაში აღმოჩენილი პლანქტონების ნამარხის R_{47} არის 4.50865×10^{-5}. **განსაზღვრეთ** ტემპერატურა R_{47}- ის გამოყენებით. ეს ტემპერატურა მიიჩნევა, როგორც ჰაერის ტემპერატურა იმ პერიოდის განმავლობაში, როცა პლანქტონი ცოცხლობდა. გამოთვლებისთვის გამოიყენეთ $CO_2[47]$- ის მხოლოდ ყველაზე მეტად გავრცელებული იზოტოპოლოგი . 9pt

A2-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

იზოტოპური დროის კაფსულა

A.1 (8 pt)

$T \to 0 : K =$ _____ , $T \to +\infty : K =$ _____

A.2 (8 pt)

$\Delta H =$ _____ J mol^{-1}

A.3 (10 pt)

$\Delta_{D_2} =$ _____

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.4 (9 pt)

$T =$ _____ K

GEO-2 C-3 C
Ioane Kapanadze

IChO
Problem 3
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q3-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ლამბერტ-ბერის კანონი?

8 % of the total				
Question	A.1	B.1	B.2	**Total**
Points	10	6	6	**22**
Score				

ამ ამოცანაში უგულებელყავით უჯრედის (კიუვეტის) და გამხსნელის შთანთქმა. ყველა ხსნარის და აირის ტემპერატურა მუდმივია 25 °C-ზე.

ნაწილი A

წყალხსნარი **X** მომზადებულია HA და NaA-ს გამოყენებით. **X** ხსნარში $[A^-]$, $[HA]$, და $[H^+]$ -ის კონცენტრაციები არის 1.00×10^{-2} mol L^{-1}, 1.00×10^{-3} mol L^{-1}, და 1.00×10^{-4} mol L^{-1}, შესაბამისად, რომლებიც ურთიერთკავშირშია შემდეგი მჟავა-ფუძე წონასწორობის მიხედვით:

$$HA \rightleftharpoons A^- + H^+ \qquad K = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]} \tag{1}$$

ოპტიკური ფენის სისქე არის l ნაწილში A. უგულებელყავით სიმკვრივის ცვლილება განზავების პროცესში. ჩათვალეთ რომ 1 განტოლების გარდა სხვა რეაქცია არ მიმდინარეობს.

A.1 **X**-ის შთანთქმა იყო A_1ტალღის სიგრძეზე λ_1. შემდეგ ხსნარი **X** განზავეს ორჯერ მარილმჟავას გამოყენებით, რომლის pH = 2.500. განზავების შემდეგ შთანთქმა ისევ იყო A_1, λ_1-ზე. **განსაზღვრეთ** თანაფარდობა $\varepsilon_{HA}/\varepsilon_{A^-}$, სადაც ε_{HA} და ε_{A^-} წარმოადგენს HA-ს და A^--ის შთანთქმის კოეფიციენტს, შესაბამისად λ_1-ზე. 10pt

Q3-2

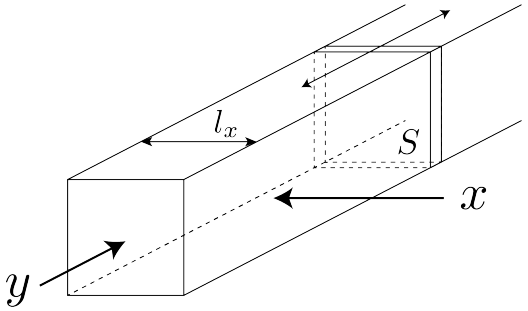
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი B

განვიხილოთ შემდეგი წონასწორობა აირად ფაზაში.

$$\mathrm{D} \rightleftharpoons 2\mathrm{M} \tag{2}$$

P წნევაზე, სუფთა აირი D მოათავსეს კუბისმაგვარ კონტეინერში, რომელსაც აქვს გამჭვირვალე, მოძრავი კედელი განივკვეთის ფართობით S (იხილეთ ნახაზი ქვევით). დამყარდა წონასწორობა და წნევა შენარჩუნებული იყო P-ზე. აირის შთანთქმა არის $A = \varepsilon(n/V)l$, სადაც ε, n, V, და l შესაბამისად არის შთანთქმის კოეფიციენტი, აირის რაოდენობა მოლებში, აირის მოცულობა, ფენის სისქე. ჩათვალეთ რომ ნარევის ყველა კომპონენტი იქცევა როგორც იდეალური აირი.



თუ საჭიროა გამოიყენეთ შემდეგი განმარტებები.

	საწყისი მდგომარეობა		წონასწორობის შემდეგ	
	D	M	D	M
პარციალური წნევა	P	0	p_D	p_M
რაოდენობა მოლებში	n_0	0	n_D	n_M
მოცულობა	V_0		V	

B.1 აირის შთანთქმა λ_{B1} -ზე, რომელიც გაზომილი იყო x მიმართულებიდან ($l = l_x$) იყო A_{B1} როგორც საწყის მდგომარეობაში, ისე წონასწორობის შემდეგ. **განსაზღვრეთ** თანაფარდობა $\varepsilon_\mathrm{D}/\varepsilon_\mathrm{M}$ λ_{B1}-ზე, სადაც ε_D და ε_M წარმოადგენს D და M-ის შთანთქმის კოეფიციენტებს, შესაბამისად. 6pt

B.2 აირის შთანთქმა λ_{B2}-ზე, რომელიც გაზომილი იყო y მიმართულებიდან იყო A_{B2} როგორც საწყის მდგომარეობაში ($l = l_{y0}$) ისე წონასწორობის შემდეგ ($l = l_y$). **განსაზღვრეთ** თანაფარდობა $\varepsilon_\mathrm{D}/\varepsilon_\mathrm{M}$ λ_{B2}-ზე. 6pt

A3-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ლამბერტ-ბერის კანონი?

ნაწილი A

A.1 (10 pt)

(გრძელდება შემდეგ გვერდზე)

A.1 (cont.)

$\varepsilon_{HA}/\varepsilon_{A^-} =$ _____

ნაწილი B

B.1 (6 pt)

$\varepsilon_D/\varepsilon_M =$ _____

B.2 (6 pt)

$\varepsilon_D/\varepsilon_M =$ _____

GEO-2 C-4 C
Ioane Kapanadze

IChO
Problem 4
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q4-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

თუთიის ჟანგვა-აღდგენითი ქიმია

11 % of the total							
Question	A.1	A.2	B.1	B.2	B.3	B.4	**Total**
Points	6	5	4	3	5	9	**32**
Score							



თუთია გამოიყენებოდა დიდი ხნის განმავლობაში შენადნობების დასამზადებლად, როგორიც არის მაგალითად, თითბერი და ფოლადი. სამრეწველო ჩამდინარე წყლებიდან თუთიის გამოყოფა ხდება დალექვით წყლის დეტოქსიფიცირებისთვის, და მიღებული ნალექიდან თუთიას აღადგენენ მეტალურ თუთიამდე ხელახალი გამოყენების მიზნით.

ნაწილი A

თუთიის ჰიდროქსიდის $Zn(OH)_2(s)$ გახსნის წონასწორობა 25 °C-ზე და შესაბამისი წონასწორობის კონსტანტები მოცემულია 1–4 ტოლობების სახით.

$$Zn(OH)_2(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \qquad K_{sp} = 1.74 \times 10^{-17} \tag{1}$$

$$Zn(OH)_2(s) \rightleftharpoons Zn(OH)_2(aq) \qquad K_1 = 2.62 \times 10^{-6} \tag{2}$$

$$Zn(OH)_2(s) + 2OH^-(aq) \rightleftharpoons Zn(OH)_4^{2-}(aq) \qquad K_2 = 6.47 \times 10^{-2} \tag{3}$$

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq) \qquad K_w = 1.00 \times 10^{-14} \tag{4}$$

თუთიის ხსნადობა, S, (თუთიის კონცენტრაცია ნაჯერ წყალხსნარში) მოცემულია მე-5 განტოლებაში. .

$$S = [Zn^{2+}(aq)] + [Zn(OH)_2(aq)] + [Zn(OH)_4^{2-}(aq)] \quad (5)$$

A.1	როცა დამყარებულია წონასწორობები, რომელიც მოცემულია 1–4 ტოლობებში, **გამოთვალეთ** pH-ის ზღვრები, რომელშიც $[Zn(OH)_2(aq)]$ არის ყველაზე მეტი $[Zn^{2+}(aq)]$, $[Zn(OH)_2(aq)]$ და$[Zn(OH)_4^{2-}(aq)]$-ს შორის.	6pt

A.2	მომზადდა $Zn(OH)_2(s)$-ის ნაჯერი წყალხსნარი pH = 7.00-ზე და შემდეგ გაიფილტრა. ფილტრატს დაამატეს NaOH ისე რომ pH მიეყვანათ 12.00-ზე. **გამოთვალეთ** თუთიის მოლური წილი (%) რომელიც დაილექება როცა pH იზრდება 7.00-დან 12.00-მდე. უგულებელყავით მოცულობის და ტემპერატურის ცვლილება.	5pt

ნაწილი B

შემდეგ გამოყოფილი თუთიის ჰიდროქსიდი გააცხელეს თუთიის ოქსიდის მიღების მიზნით, ქვემოთ მოცემული რეაქციის მიხედვით:

$$Zn(OH)_2(s) \rightarrow ZnO(s) + H_2O(l) \quad (6)$$

თუთიის ოქსიდი აღადგინეს მეტალურ თუთიამდე წყალბადთან რეაქციით:

$$ZnO(s) + H_2(g) \rightarrow Zn(s) + H_2O(g) \quad (7)$$

B.1	იმისათვის რომ (7) რეაქციაში შენარჩუნებული იყოს წყალბადის წნევა 1 ბარზე, აუცილებელია შემცირდეს წარმოქმნილი წყლის ორთქლის პარციალური წნევა. **გამოთვალეთ** წყლის ორთქლის პარციალური წნევის ზედა ზღვარი, რომელიც (7) რეაქციას მისცემს საშუალებას რომ წარიმართოს 300 °C-ზე. მოცემულია, გიბსის წარმოქმნის ენერგიები თუთიის ოქსიდის და წყლისთვის 300 °C-ზე და 1 ბარი წნევის პირობებში ყველა აირადი ნივთიერებისთვის $\Delta G_{ZnO}(300^\circ C) = -2.90 \times 10^2$ kJ mol^{-1} და $\Delta G_{H_2O}(300^\circ C) = -2.20 \times 10^2$ kJ mol^{-1}, შესაბამისად.	4pt

მეტალური თუთია გამოიყენება როგორც უარყოფითი ელექტროდი (ანოდი) მეტალ-აირი ტიპის ბატარეებში. ელექტროდი შედგება Zn-ის და ZnO-ისგან. ის იყენებს შემდეგ ჟანგვა-აღდგენით რეაქციას ელექტროენერგიის გენერირებისთვის, რომლის ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ემძ. e.m.f.) 25 °C-ზე და 1 ბარ წნევაზე არის E°.

$$Zn(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow ZnO(s) \qquad E^\circ = 1.65\,V \quad (8)$$

B.2 თუთია-აირის ბატარეა განიმუხტა 20 mA-ზე 24 საათის განმავლობაში. **გამოთვალეთ** ბატარეის უარყოფითი ელექტროდის (ანოდის) მასის ცვლილება. 3pt



Mt. Fuji

B.3 განვიხილოთ ემძ-ს (e.m.f) ცვლილება თუთია-აირის ბატარეისთის გარემო პირობებზე დამოკიდებულებით. **გამოთვალეთ** ემძ (e.m.f.) Mt. Fuji-ის მწვერვალზე, სადაც ტემპერატურა და სიმაღლე არის შესაბამისად, $-38\,^{\circ}\mathrm{C}$ (თებერვალი) და 3776 მ. ატმოსფერული წნევა წარმოდგენილია 5pt

$$P\,[\mathrm{bar}] = 1.013 \times \left(1 - \frac{0.0065h}{T + 0.0065h + 273.15}\right)^{5.257} \qquad (9)$$

$h\,[\mathrm{m}]$ სიმაღლეზე და $T\,[^{\circ}\mathrm{C}]$ ტემპერატურაზე ამ განტოლებით. ჟანგბადის მოლური თანაფარდობა ატმოსფეროში არის 21%. რეაქციაში (8) გიბსის ენერგიის ცვლილება არის$\Delta G_{\mathrm{ZnO}}(-38^{\circ}\mathrm{C}) = -3.26 \times 10^{2}\ \mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ $-38\,^{\circ}\mathrm{C}$ -ზე და 1 ბარ-ზე.

B.4 **გამოთვალეთ** გიბსის ენერგიის ცვლილება (6) რეაქციაში $25\,^{\circ}\mathrm{C}$-ზე. გაითვალიწინეთ, რომ აღდგენის სტანდარტული პოტენციალები, $E^{\circ}(\mathrm{Zn^{2+}/Zn})$ and $E^{\circ}(\mathrm{O_2/H_2O})$ $25\,^{\circ}\mathrm{C}$ -ზე და 1 ბარზე მოცემულია შესაბამისად, (10) და (11) განტოლებებში. 9pt

$$\mathrm{Zn^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Zn} \qquad E^{\circ}(\mathrm{Zn^{2+}/Zn}) = -0.77\,\mathrm{V} \qquad (10)$$

$$\mathrm{O_2 + 4H^{+} + 4e^{-} \rightarrow 2H_2O} \qquad E^{\circ}(\mathrm{O_2/H_2O}) = 1.23\,\mathrm{V} \qquad (11)$$

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

თუთიის ჟანგვა-აღდგენითი ქიმია

ნაწილი A

A.1 (6 pt)

_____ < pH < _____

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.2 (5 pt)

_____ %

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი B

B.1 (4 pt)

$p_{H_2O=}$ _____ bar

B.2 (3 pt)

_____ g

B.3 (5 pt)

V

B.4 (9 pt)

$\Delta G^\circ =$ _____ $\mathrm{J\,mol^{-1}}$

GEO-2 C-5 C
Ioane Kapanadze

IChO
Problem 5
Cover sheet

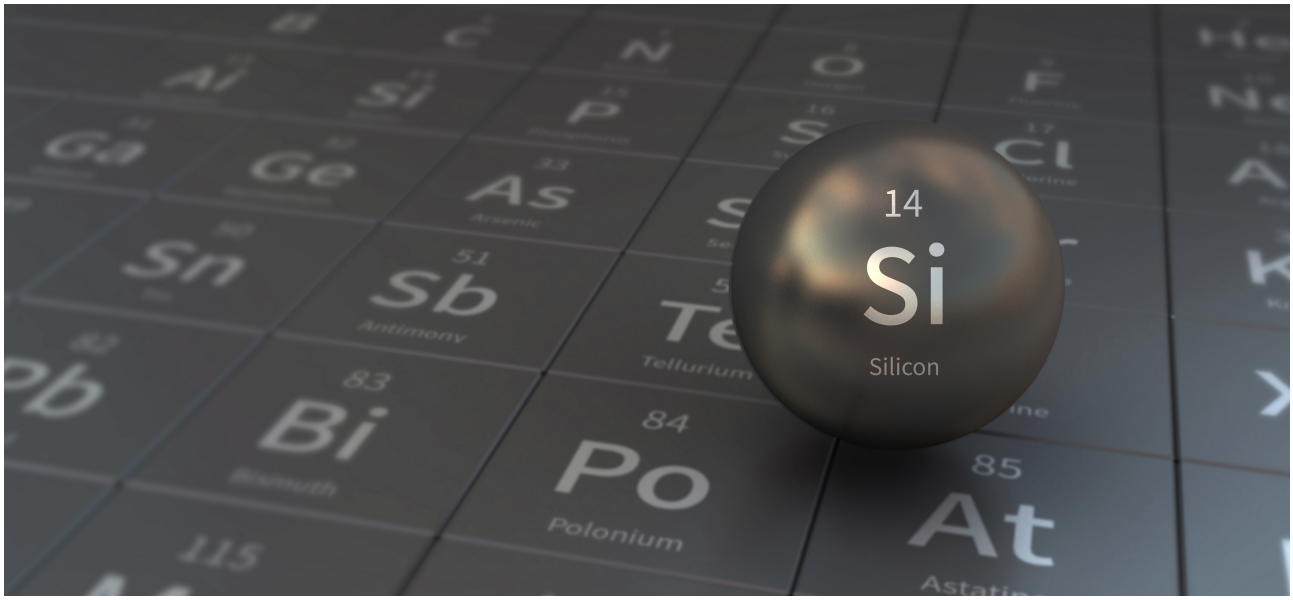
Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q5-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

მისტიური სილიციუმი

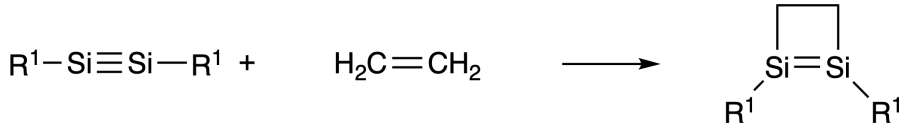
12 % of the total								
Question	A.1	A.2	A.3	A.4	B.1	B.2	B.3	**Total**
Points	9	7	6	10	5	15	8	**60**
Score								



მიუხედავად იმისა, რომ სილიციუმი ნახშირბადის მსგავსად მე-14 ჯგუფის ელემენტია, მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან თვისებებით.

ნაწილი A

ნახშირბად-ნახშირბად სამმაგი ბმისაგან განსხვავებით, $R^1–Si \equiv Si–R^1$ (R: ორგანული ფრაგმენტი) ტიპის ნაერთებში სილიციუმ-სილიციუმ სამმაგი ბმა ავლენს ექსტრემალურად მაღალ რეაქციისუნარიანობას. მაგალითად, იგი რეაქციაში შედის ეთილენთან და იძლევა ოთხწევრიან ციკლურ ნაერთს.ნახშირბად-ნახშირბად სამმაგი ბმისაგან განსხვავებით.

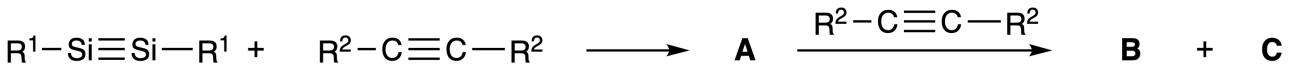


როდესაც $R^1–Si \equiv Si–R^1$ ნაერთი ურთიერთქმედებს ალკინთან $R^2–C \equiv C–R^2$, პირველ ეტაპზე საწყისი ინტერმედიატის სახით წარმოიქმნება ოთხწევრიანი ციკლური ნაერთი **A**. ნაერთის **A**

Q5-2

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

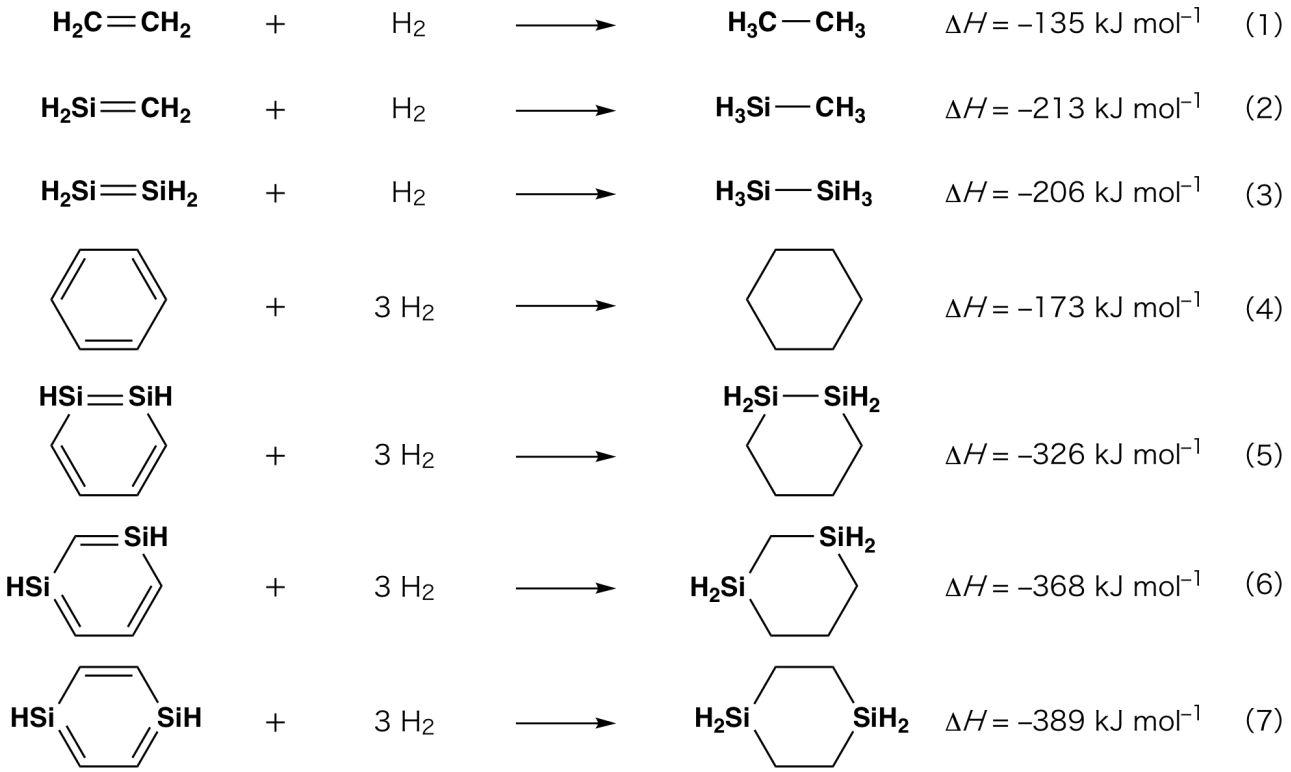
შემდგომი ურთიერთქმედებით $R^2–C\equiv C–R^2$-ის კიდევ ერთ მოლეკულასთან მიიღება იზომერები **B** და **C**. ორივე მათგანს აქვს ბენზოლის მსგავსი ციკლური შეუღლებული სტრუქტურა, ე.წ. „დისილაბენზოლები“, მოიცავენ ექვს წევრიან ციკლს და შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით: $(R^1–Si)_2(R^2–C)_4$



Si_2C_4 ექვსწევრა ციკლური სტრუქტურების ^{13}C ბმრ ანალიზი აჩვენებს, რომ ნაერთს **B** აქვს ორი სიგნალი, ხოლო ნაერთს **A** - ერთი სიგნალი.

A.1 **დაწერეთ A**, **B** და **C**-ს ერთ-ერთი შესაძლო რეზონანსული სტრუქტურული ფორმულები R^1, R^2, Si-ის და **C**-ს გამოყენებით. 9pt

A.2 **გამოთვალეთ** ბენზოლისა და ნაერთის C (როდესაც $R^1 = R^2 = H$) არომატულობის სტაბილიზაციის ენერგია დადებითი მნიშვნელობების სახით. მხედველობაში მიიღეთ ქვემო მოცემულ სქემაზე მოყვანილი ზოგიერთი უჯერი სისტემის ჰიდრირების ენთალპიის ცვლილება (სურ. 1). 7pt



სურ. 1.

Q5-3

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაერთის C ქსილოლის ხსნარის გაცხელება იწვევს მის იზომერიზაციას, რომლის დროსაც მიიღება ნაერთების **D** და **E** წონასწორული ნარევი მოლური თანაფარდობით **D** : **E** = 1 : 40.0 50.0 ˚C-ზე და **D : E** = 1 : 20.0 120.0 ˚C-ზე.

A.3	**D**-დან **E**-ში გარდაქმნისათვის **გამოთვალეთ** ΔH. ΔH არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე.	6pt

C-დან **D**-ში და **E**-ში იზომერიზაცია მიმდინარეობს π ბმების σ-ბმებში გარდაქმნით რომელიმე σ-ბმის გახლეჩის გარეშე. ^{13}C ბმრ ანალიზი აჩვენებს, რომ Si_2C_4ჩონჩხის მქონე ნაერთს **D** აქვს ერთი სიგნალი, ხოლო ნაერთს **E** - ორი სიგნალი. ნაერთის **D** ჩონჩხი არ მოიცავს რამე სახის სამწევრიან ციკლებს, მაშინ როდესაც ნაერთი **E** მოიცავს საერთო ბმის მქონე ორ სამწევრიან ციკლს.

A.4	**დაწერეთ** ნაერთების **D** და **E** ფორმულები R^1, R^2, Si და C-ს გამოყენებით.	10pt

ნაწილი B

სილიციუმს შეუძლია მაღალ კოორდინაციული (> ოთხი ჩამნაცვლებელი) ნაერთების წარმოქმნა ელექტროუარყოფით ელემენტებთან როგორიცაა ფთორი. ვინაიდან მეტალის ფთორიდები ხშირად გამოიყენებიან მაფთორირებელ აგენტებად, მაღალ კოორდინაციული სილიციუმფთორიდებიც ასევე შეიძლება განვიხილოთ როგორც ფთორირების აგენტები. CCl_4 ფთორირების რეაქცია Na_2SiF_6 -ის გამოყენებით ტარდება შემდეგნაირად.

- **Na_2SiF_6-ის ხსნარის სტანდარტიზაცია**:

- მომზადება

F-ის წყალხსნარი: : 0.855 გ Na_2SiF_6 (188.053 $g\,mol^{-1}$) გახსნეს წყალში (ჯამური მოცულობა 200 მლ).

G-ს წყალხსნარი: 6.86 გ $Ce_2(SO_4)_3$ (568.424 $g\,mol^{-1}$) გახსნეს წყალში (ჯამური მოცულობა 200 მლ).

· პროცედურა:

F-ის ხსნარის (50.0 მლ) გამოლექვითი ტიტრაცია **G** ხსნარის წვეთ-წვეთობით დამატებით, ინდიკატორ ქსილენოლ ნარინჯის თანაობისას, რომელიც წარმოქმნის კოორდინაციულ ნაერთს Ce^{3+}-თან. 18.8 მლ **G**-ს ხსნარის დამატების შემდეგ ხსნარის ფერი შეიცვლა ყვითელიდან იასამნისფერში. წარმოქმნილი ნალექი ბინარული ნაერთია, რომელიც მოიცავს Ce^{3+}-ს და წარმოქმნილი ნაერთებიდან ერთდაერთი სილიციუმშემცველი ნაერთი არის $Si(OH)_4$.

B.1	**დაწერეთ** Na_2SiF_6-ის $Ce_2(SO_4)_3$-თან რეაქციის გათანაბრებული ტოლობა.	5pt

- **CCl_4 რეაქცია Na_2SiF_6-თან:**

(რეაქციის მიმდინარეობას ნივთიერებების დანაკარგი, მაგ. აორთქლების გამო უმნიშვნელოა)

Na_2SiF_6([გ]) დაამატეს CCl_4-ს (500.0 g) და გააცხელეს 300°C-მდე დახშულ წნევაგამძლე რეაქტორში. რეაქციაში შეუსვლელი Na_2SiF_6 და წარმოქმნილი NaCl მოაცილეს გაფილტვრით. ფილტრატი განაზავეს CCl_4-ით ხსნარის 1.00 ლ საერთო მოცულობამდე (ხსნარი **H**). ხსნარის **H** ^{29}Si და ^{19}F ბმრ სპექტრმა აჩვენა, რომ სარეაქციო სისტემაში SiF_4 იყო ერთადერთი სილიციუმშემცველი ნაერთი. ^{19}F ბმრ სპექტრში SiF_4-თან ერთად შეინიშნებოდა $CFCl_3$, CF_2Cl_2, CF_3Cl და CF_4ნაერთების სიგნალებიც (იხ. ცხრილი 1). ^{19}F ბმრ სპექტრში ინტეგრირებული ფარდობები ფთორის ბირთვების მოლების რიცხვის პროპორციულია.

ცხრილი 1

^{19}F NMR data	$CFCl_3$	CF_2Cl_2	CF_3Cl	CF_4
Integration ratio	45.0	65.0	18.0	2.0

SiF_4ჰიდროლიზით წარმოქმნის H_2SiF_6-ს ქვემოთ მოყვანილი მე-8 რეაქციის ტოლობის შესაბამისად.

$$3SiF_4 + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 2H_2SiF_6 \qquad (8)$$

ხსნარი **H** (10 მლ) დაამატეს წყლის ჭარბ რაოდენობას, რომლის დროსაც ადგილი ჰქონდა SiF_4-ის სრულ ჰიდროლიზს. განცალკევების შემდეგ წყალხსნარში ჰიდროლიზით წარმოქმნილი H_2SiF_6გაანეიტრალეს და სრულად გარდაქმნეს Na_2SiF_6-ში (წყალხსნარი **J**).

რეაქციაში შეუსვლელი Na_2SiF_6-სა და NaCl-ის ნალექი, რომელიც მოცილებული იქნა საწყის სტადიაზე გაფილტვრით, სრულად გახსნეს წყალში და მიიღეს წყალხსნარი (ხსნარი **K**, 10.0 ლ).

შემდეგ ხსნარის **G** საშუალებით დამატებით ჩაატარეს გამოლექვითი ტიტრაცია და გატიტვრის წერტილი იყო შემდეგი:

·ხსნარისათვის **J** (მთლიანი რაოდენობა): 61.6 მლ.

·100 მლ ხსნარისთვის **K**: 44.4 მლ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ NaCl ან SiO_2-ის თანაარსებობა არ მოქმედებს გამოლექვით ტიტრაციაზე.

B.2	**გამოთვალეთ** რეაქტორში წარმოქმნილი NaCl-ის მასა (ინფორმაცია ხაზგასმულია) და **გამოთვალეთ** საწყის ნაერთად აღებული Na_2SiF_6-ის მასა (x [გ]).	15pt

B.3	საწყის ნაერთად აღებული CCl_4-ის 77.8% არ შევიდა რეაქციაში. **გამოთვალეთ** წარმოქმნილი CF_3Cl მასა.	8pt

A5-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

მისტიური სილიციუმი

ნაწილი A

A.1 (9 pt)

A (3 pt)	**B** (3 pt)	**C** (3 pt)

A.2 (7 pt)

C_6H_6 : kJ mol^{-1}, **C** : kJ mol^{-1}

A.3 (6 pt)

ΔH = _____ kJ mol^{-1}

A.4 (10 pt)

D (5 pt)	**E** (5 pt)

ნაწილი B

B.1 (5 pt)

B.2 (15 pt)

(გრძელდება შემდეგ გვერდზე)

B.2 (cont.)

NaCl : g, Na_2SiF_6 : g

B.3 (8 pt)

CF_3Cl : _____ g

GEO-2 C-6 C
Ioane Kapanadze

IChO
Problem 6
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

GEO-2 C-6 Q-1

Q6-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

გარდამავალი მეტალების მყარი მდგომარეობის ქიმია

Question	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3	B.4	C.1	C.2	C.3	**Total**
Points	6	3	3	6	4	4	4	5	5	5	**45**
Score											



ვულკანი საკურაჯიმას კუნძულზე

ნაწილი A

იაპონია ერთ-ერთი ქვეყანაა მსოფლიოში, რომელიც გამოირჩევა ვულკანების დიდი რიცხვით. როცა სილიკატური მინერალები გამოკრისტალდება მაგმიდან, გარდამავალი მეტალების იონების (M^{n+}) ნაწილი გადადის სილიკატურ მინერალებში. M^{n+} რომელიც შესწავლილია ამ ამოცანაში, კოორდინაციულად დაკავშირებულია ოქსიდ იონებთან (O^{2-}) და ღებულობს ოთხ-კოორდინაციულ ტეტრაედრულ (T_d) გეომეტრიას მაგმაში და ექვს-კოორდინაციულ ოქტაედრულ (O_h) გეომეტრიას სილიკატურ მინერალებში, სადაც ორივე ამჟღავნებს მაღალ-სპინურ ელექტრონულ კონფიგურაციას. M^{n+} განაწილების კოეფიციენტი D სილიკატურ მინერალებსა და მაგმას შორის, შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:

$$D = \frac{[\mathrm{M}]_\mathrm{s}}{[\mathrm{M}]_\mathrm{l}}$$

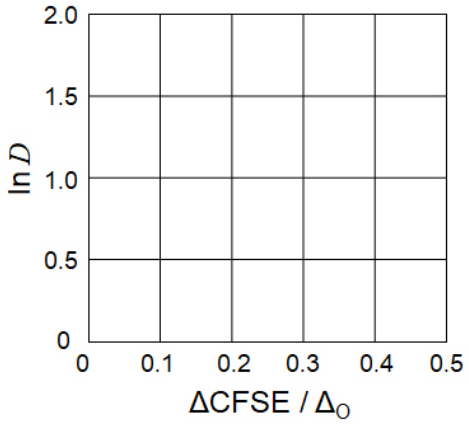
სადაც $[M]_s$ და$[M]_l$ არის M^{n+} კონცენტრაცია შესაბამისად, სილიკატურ მინერალებსა და მაგმაში. ქვემოთ მოცემულ ცხრილში მაგალითისთვის ნაჩვენებია D-ს მნიშვნელობები Cr^{2+}და Mn^{2+}-სთვის.

	Cr^{2+}	Mn^{2+}
D	7.2	1.1

ჩათვალეთ რომ Δ_O და $CFSE^O$ არის M^{n+} -ის d-ორბიტალების დაყოფის ენერგია და კრისტალური ველის სტაბილიზაციის ენერგია O_h ველში, შესაბამისად. ჩათვალეთ რომ Δ_T და $CFSE^T$ არის იგივე T_d ველში.

A.1 **გამოთვალეთ** $|CFSE^O - CFSE^T| = \Delta CFSE$, Δ_O-ში Cr^{2+}, Mn^{2+}, და Co^{2+}-სთვის; ჩათვალეთ რომ $\Delta_T = 4/9\Delta_O$. 6pt

A.2 წრფივი დამოკიდებულება გამოვლინდა $\ln D$-ის $\Delta CFSE / \Delta_O$ -ზე დამოკიდებულების აგებით კარტესიანის საკოორდინატო სისტემაში რომელიც ნაჩვენებია ქვემოთ. 3pt
შეაფასეთ D for Co^{2+}.



მეტალის ოქსიდები MO (M: Ca, Ti, V, Mn, ან Co) გამოკრისტალდება ქვა-მარილის სტრუქტურაში სადაც M^{n+} ღებულობს O_h გეომეტრიას მაღალ-სპინური ელექტრონული კონფიგურაციით. ამ ოქსიდების კრისტალური მესრის ენერგია ძირითადად განისაზღვრება კულონის ურთიერთქმედების ძალებით, რომელიც ეფუძნება იონების რადიუსს და მუხტს და ნაწილობრივ განპირობებულია M^{n+}-ის CFSE -ით O_h ველში.

A.3 **შეარჩიეთ** კრისტალური მესრის ენთალპიების შესაბამისი ნაკრები [kJ mol^{-1}] ქვემოთ ჩამოთვლილი ვარიატებიდან (a) - (f). 3pt

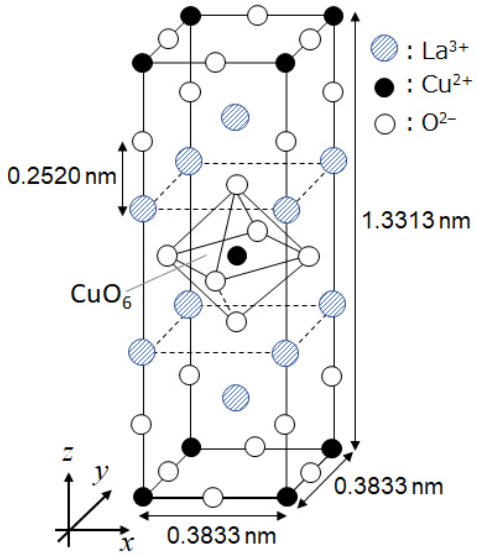
	CaO	**TiO**	**VO**	**MnO**	**CoO**
(a)	3460	3878	3913	3810	3916
(b)	3460	3916	3878	3810	3913
(c)	3460	3913	3916	3810	3878
(d)	3810	3878	3913	3460	3916
(e)	3810	3916	3878	3460	3913
(f)	3810	3913	3916	3460	3878

Q6-4

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი B

შერეული ოქსიდი **A**, რომელიც შეიცავს La^{3+} და Cu^{2+}, კრისტალდება ტეტრაგონალური ერთეულოვან უჯრედში (unit cell) რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე. $[CuO_6]$ ოქტაედრში, Cu–O სიგრძე z-ღერძის (l_z) გასწვრივ არის უფრო გრძელი ვიდრე იგივე x-ღერძის (l_x), და $[CuO_6]$ გადახრილია (distorted) წესიერი O_h გეომეტრიიდან. ეს გადახრა (distortion) აცილებს (remove) e_g ორბიტალების დეგენერაციას (degeneracy) ($d_{x^2-y^2}$ და d_{z^2}).



ნახ. 1

A-ს სინთეზი შესაძლებელია კომპლექს **B**-ს თერმული დაშლით (პიროლიზი), რომელიც მიიღება მეტალის ქლორიდების შერევით განზავებული ამიაკის წყალხსნართან, რომელიც შეიცავს სქვარინის მჟავას (squaric acid) $C_4H_2O_4$, ანუ დიმჟავა. **B**-ს პიროლიზის დროს მშრალ ჰაერში 200 °C-მდე გაცხელებისას მასის დანაკარგი შეადგენს 29.1 %-ს კრისტალიზაციური წყლის დაკარგვის გამო. შემდგომი გაცხელებით 700 °C-მდე მასის დანაკარგი გამოწვეულია CO_2-ის გამოყოფით. **B**-დან **A**-ს წარმოქმნის დროს მასის დანაკარგი არის 63.6%. აღსანიშნავია რომ პიროლიზის რეაქციის დროს გამოიყოფა მხოლოდ წყალი და ნახშირორჟანგი.

B.1	**<u>დაწერეთ</u> A** და **B**-ს ქიმიური ფორმულები.	6pt
B.2	**<u>გამოთვალეთ</u>** l_x და l_z ნახ. 1-ის გამოყენებით.	4pt
B.3	Cu^{2+}-სთვის გამრუდებულ (distorted) $[CuO_6]$ ოქტაედრში **A**-ში ნახ. 1-ზე, **<u>დაწერეთ</u>** გახლეჩილი e_g ორბიტალების სახელები ($d_{x^2-y^2}$ და d_{z^2}) (i) და (ii)-ში, და **<u>დახაზეთ</u>** ელექტრონული კონფიგურაცია პასუხების ფურცელში.	4pt

Q6-5

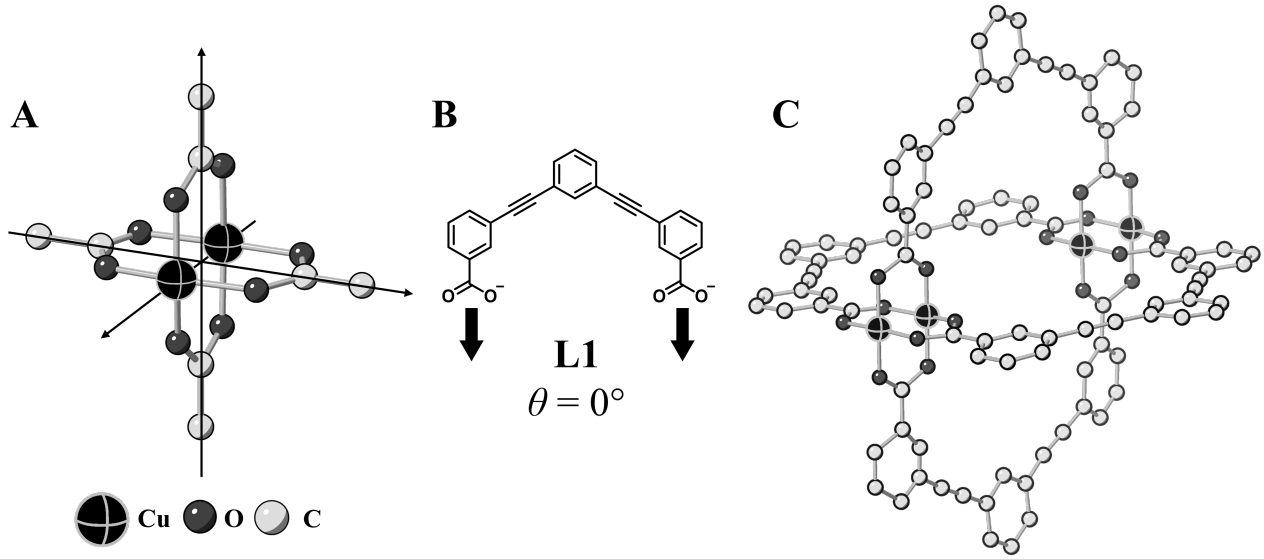
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A არ არის გამტარი. როცა ერთი La^{3+} ჩანაცვლდება ერთი Sr^{2+}-ით, კრისტალურ მესერში წარმოიქმნება ერთი ნახვრეტი რომელიც გაატარებს ელექტროობას. შედეგად Sr^{2+}-ჩანერგილი **A** ამჟღავნებს ზეგამტარობას 38 K-ზე დაბლა. ჩანაცვლების რეაქციაში **A**-ში, წარმოიქმნება 2.05×10^{27} ნახვრეტი m^{-3}.

B.4	**გამოთვალეთ** Sr^{2+}-ის პროცენტულობა, რომლითაც ჩანაცვლდა La^{3+} ჩანაცვლების რეაქციის მოლური თანაფარდობის საფუძველზე. გაითვალიწინეთ რომ შემადგენელი იონების ვალენტობა და კრისტალური სტრუქტურა არ იცვლება ჩანაცვლების რეაქციაში.	4pt

ნაწილი C

$Cu_2(CH_3CO_2)_4$ შედგება ოთხი $CH_3CO_2^-$ -სგან რომელიც კოორდინაციულად დაკავშირებულია ორ Cu^{2+} -თან (ნახ. 2A). $Cu_2(CH_3CO_2)_4$ ამჟღავნებს მაღალი დონის სტრუქტურულ სიმეტრიას, ორი ღერძით რომელიც გადის ოთხი $CH_3CO_2^-$ -ის ნახშირბადატომებს შორის და ღერძი რომელიც გადის ორ Cu^{2+} შორის, ყველა მათგანი ერთმანეთის მიმართ ორიენტირებულია ორთოგონალურად. როცა დიკარბოქსილატის ლიგანდი გამოიყენება $CH_3CO_2^-$-ის ნაცვლად, მიიღება "გალიისმაგვარი კომპლექსი- cage complex". გალიისმაგვარი კომპლექსი $Cu_4(\mathbf{L1})_4$ ბრტყელი დიკარბოქსილატის **L1** (ნახ. 2B) და Cu^{2+} (ნახ. 2C)-სგან. კუთხე θ ორი კარბოქსილატის კოორდინაციულ მიმართულებებს შორის, რომელიც მითითებულია ისრით ნახ. 2B-ზე, განსაზღვრავს გალიისმაგვარი კომპლექსის სტრუქტურას. θ არის 0° **L1**-სთის. გაითვალისწინეთ რომ წყალბადატომები არ არის ნაჩვენები ნახ 2-ზე.

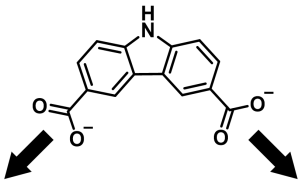


ნახ. 2

Q6-6

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

C.1 ბრტყელი დიკარბოქსილატის **L2**-ის θ ფიქსირებულია 90˚-ზე. თუ გალიისმაგვარი კომპლექსის შემადგენლობა რომელიც მიღებულია **L2**-დან და Cu^{2+}-დან არის $Cu_n(\mathbf{L2})_m$, **წარმოადგინეთ** n და m-ის უმცირესი მთელი რიცხვების კომბინაცია. ჩათვალეთ რომ მხოლოდ **L2**-ის CO_2^- ჯგუფები წარმოქმნიან კოორდინაციულ ბმებს Cu^{2+} იონებთან. 5pt



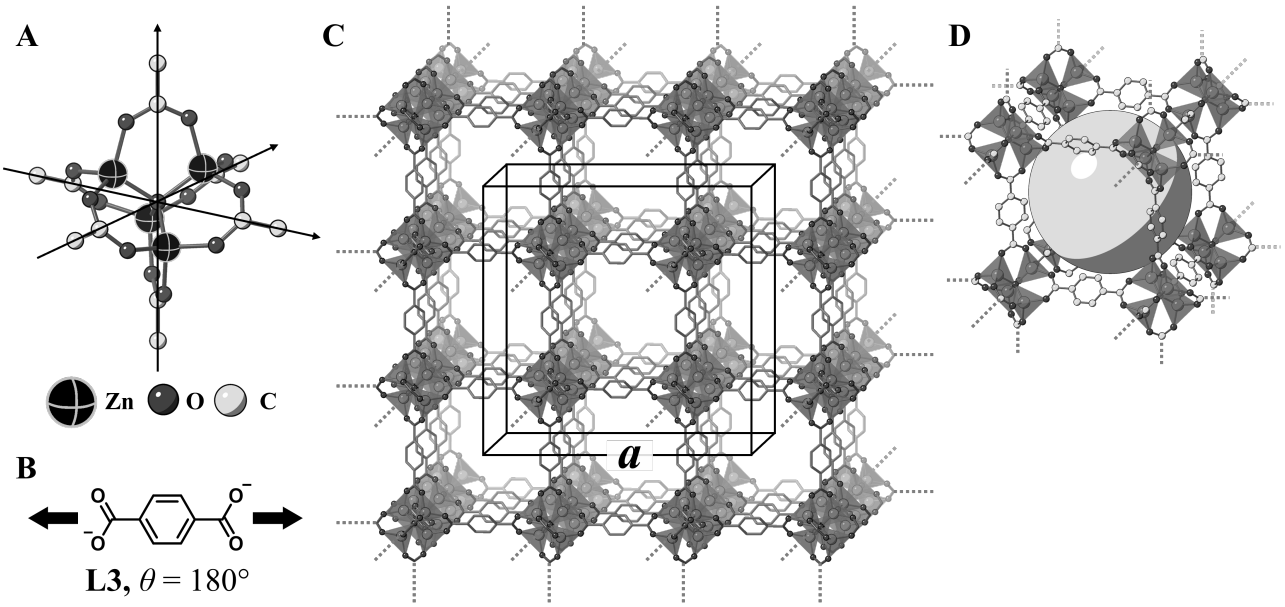
L2

$\theta = 90°$

Q6-7

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

თუთიის კომპლექსი, $Zn_4O(CH_3CO_2)_6$, შეიცავს ოთხ ტეტრაედრულ Zn^{2+}-ს, ექვს $CH_3CO_2^-$-ს, და ერთ O^{2-}-ს (ნახ. 3A). $Zn_4O(CH_3CO_2)_6$-ში, O^{2-} მოთავსებულია ათვლის წერტილში და სამი ღერძი რომელიც გადის $CH_3CO_2^-$-ის ნახშირბად ატომებს შორის მიმართულია ორთოგონალურად ერთმანეთის მიმართ. როცა p-ბენზოლდიკარბოქსილატი (Fig. 3B, **L3**, θ = 180°) გამოიყენება $CH_3CO_2^-$-ის ნაცვლად, Zn^{2+} კლასტერები უკავშირდება ერთმანეთს კრისტალური მყარი (**X**)-ის წარმოქმნით, რომელსაც ეწოდება "ფოროვანი კოორდინაციული პოლიმერი" (ნახ. 3C). **X**-ის შემადგენლობა არის $[Zn_4O(\mathbf{L3})_3]_n$, და მას აქვს კუბური კრისტალური სტრუქტურა ნანო-ზომის ფორებით. ფორს აქვს სფერული ფორმა ნახ. 3D-ზე, და თითოეული ტეტრაედრული Zn^{2+}-ის კლასტერი წარმოდგენილია როგორც მუქი ნაცრისფერი მრავალწახნაგა ნახ. 3C და 3D-ზე. გაითვალისწინეთ რომ წყალბადატომები არ არის ნაჩვენები ნახ. 3-ზე.



ნახ. 3

C.2	**X** აქვს კუბური ერთეულოვანი უჯრედი (a cubic unit cell), რომლის წიბოს სიგრძე არის a (ნახ. 3C) და სიმკვრივე 0.592 g cm^{-3}. **გამოთვალეთ** a [cm]-ში.	5pt

C.3	**X** შეიცავს მნიშნელოვანი რაოდენობით ფორებს, და 1 გ **X**-ს შეუძლია 3.0×10^2 მლ CO_2 -ის აკომოდაცია ფორებში 1 ბარზე და 25 °C-ზე. **გამოთვალეთ** CO_2 მოლეკულების საშუალო რიცხვი ერთ ფორში.	5pt

A6-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

გარდამავალი მეტალების მყარი მდგომარეობის ქიმია

ნაწილი A

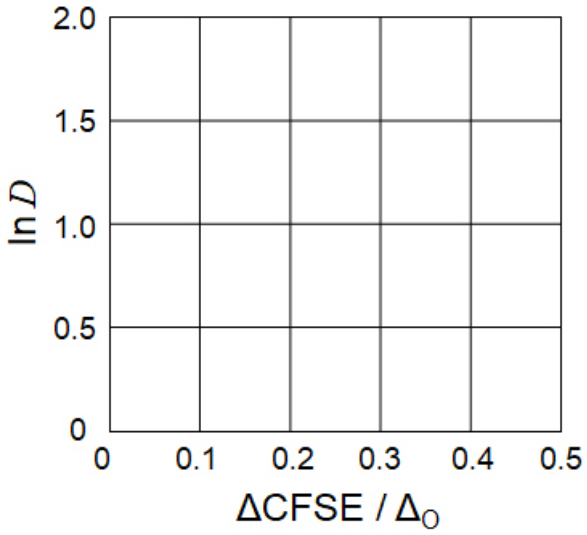
A.1 (6 pt)

Cr^{2+} : _____ Δ_O, Mn^{2+} : _____ Δ_O , Co^{2+} : _____ Δ_O

A6-2

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.2 (3 pt)



D : _____

A.3 (3 pt)

_____

A6-3

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი B

B.1 (6 pt)

A : _____, B : _____

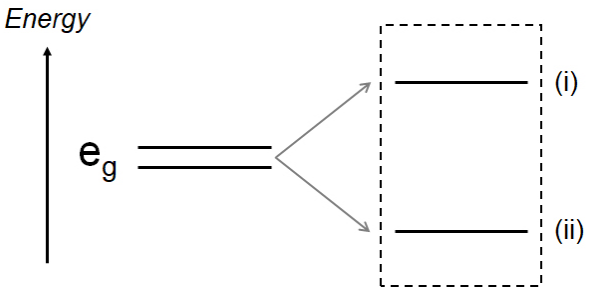
B.2 (4 pt)

$l_x =$ _____ nm, $l_z =$ _____ nm

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

B.3 (4 pt)

(i) : _____ , (ii) : _____



B.4 (4 pt)

_____ %

A6-5

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი C

C.1 (5 pt)

$n =$ _____, $m =$ _____

C.2 (5 pt)

$a =$ _____ cm

C.3 (5 pt)

GEO-2 C-7 C
Ioane Kapanadze

IChO
Problem 7
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q7-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

არაბენზენოიდული არომატულობით თამაში

13 % of the total					
Question	A.1	A.2	A.3	B.1	**Total**
Points	5	2	19	10	**36**
Score					

პროფ. ნოზოიმ (1902-1996) დასაბამი დაუდო არაბენზოიდური არომატული ნაერთების კვლევის სფეროს, რომელის დღეს ფართოდ გამოიყენება ორგანულ ქიმიაში.



Photo courtesy: Tohoku Univ.

ნაწილი A

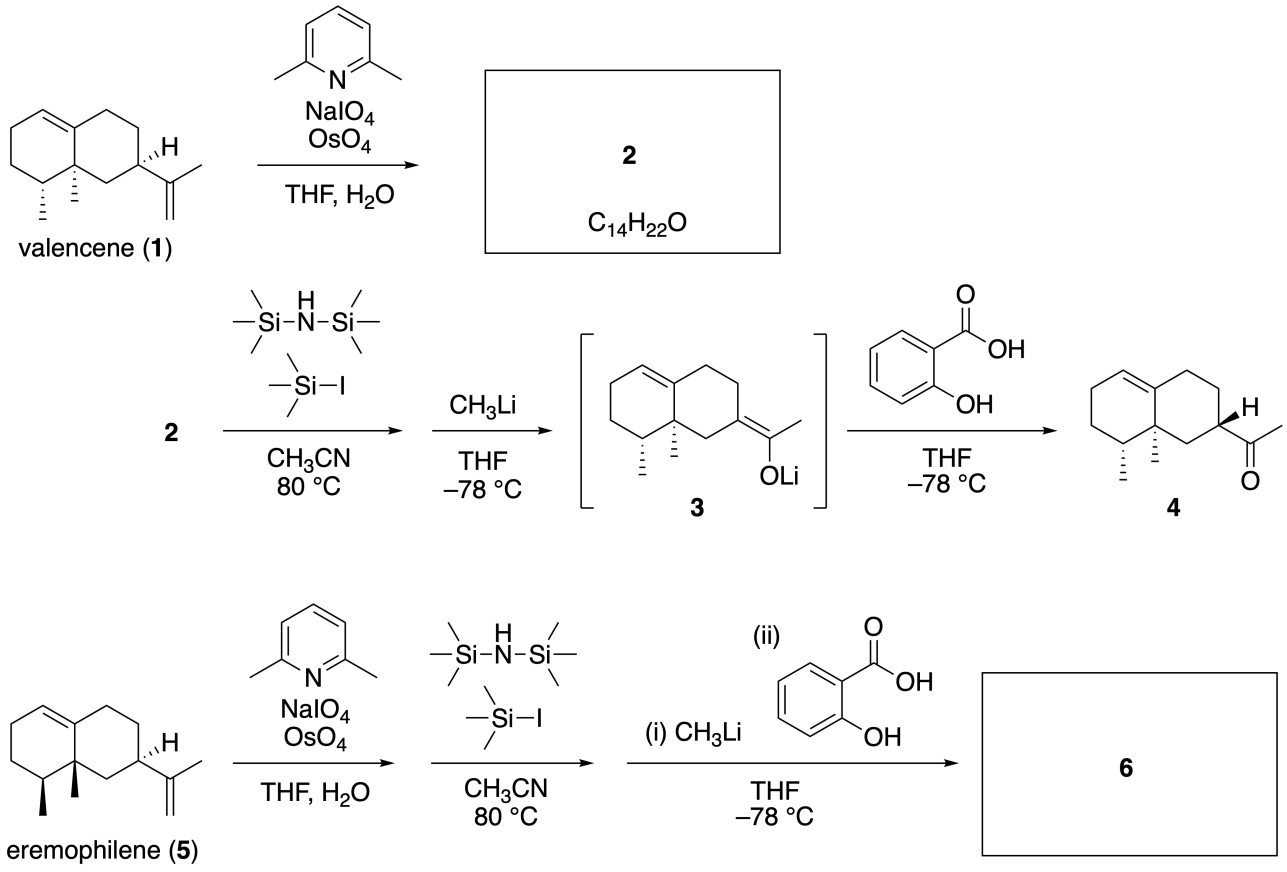
ლინეარიფოლიანონი უნიკალური სტრუქტურის მქონე ბუნებრივი ნივთიერებაა, რომელიც გამოყოფილია მცენარიდან Inula linariifolia. ვალენცენი (**1**) ერთ საფეხურიანი გარდაქმნით იძლევა ნაერთს **2**-ს, ხოლო შემდეგ სამსაფეხურიანი გარდაქმნით წარმოქნის კეტონს **4** ნაერთის **3** გავლით. ერემოფილენი (**5**) გარდაიქმნება ნაერთში **6** იმავე ოთხ საფეხურიანი გარდაქმნით.

Q7-2

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)



Inula linariifolia



A.1 **დაწერეთ** ნაერთების 2 და 6 სტრუქტურული ფორმულები და სადაც არის საჭირო ნათლად აღნიშნეთ სტერეოქიმია. 5pt

შემდეგ კეტონი **4** გარდაქმნეს ესტერში **15**. ნაერთი **8** (მოლეკულური წონა 188) ინარჩუნებს ნაერთის **7** ყველა სტერეოცენტრს. ნაერთებს **9** და **10** აქვთ ხუთი სტერეოცენტრი და არც ერთი

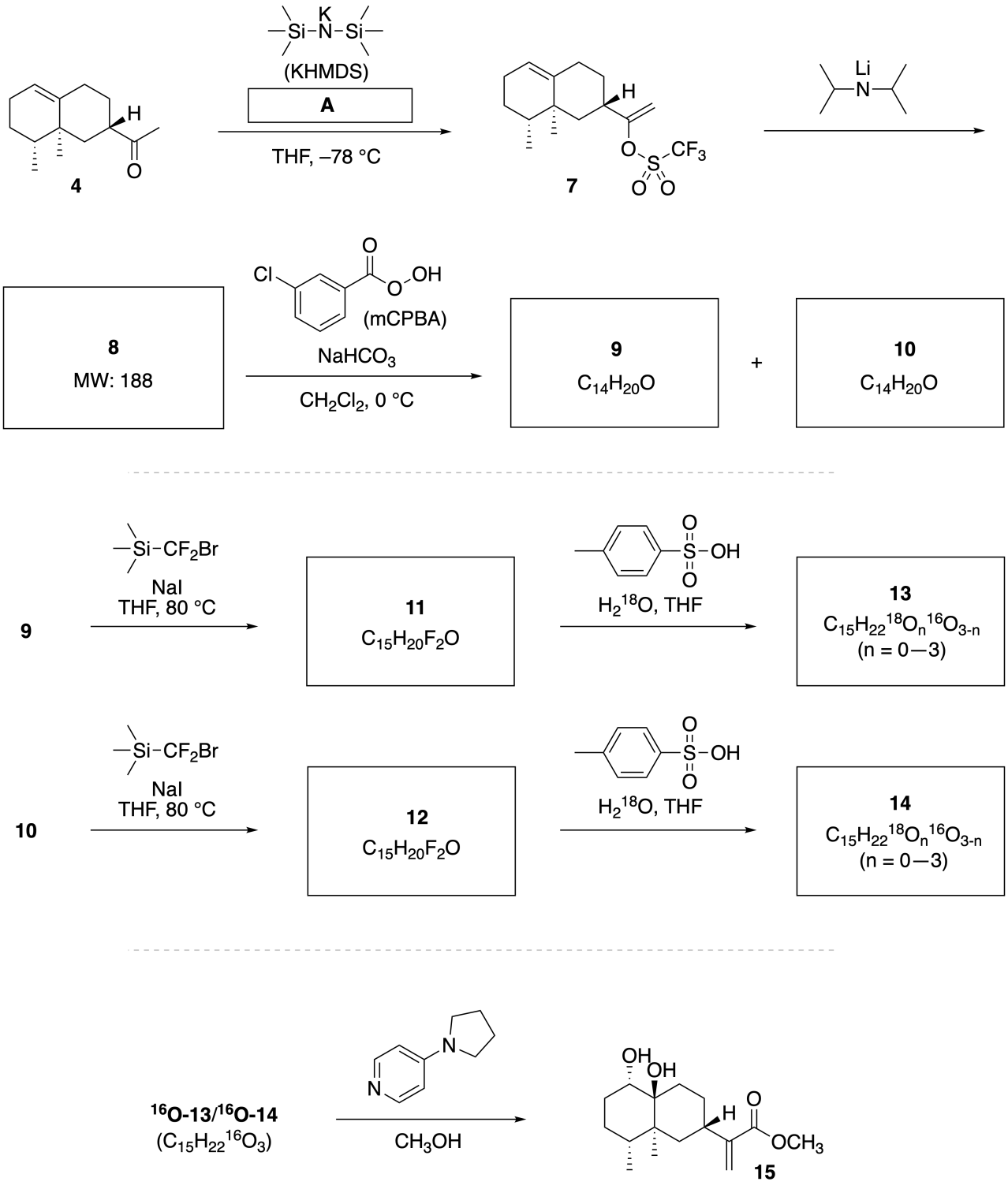
Q7-3

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნახშირბად-ნახშირბად ორმაგი ბმა. დავუშვათ, რომ $H_2{}^{18}O$ არის გამოყენებული $H_2{}^{16}O$-ის ნაცვლად ^{18}O-ნიშანდებული ლინეარიფოლიანონების **13** და **14** სინთეზის დროს ნაერთებიდან **11** და **12**, შესაბამისად. ნაერთები **13** და **14** არის ^{18}O-ნიშანდებული იზოტოპომერები. იზოტოპური ნიშანდების გათვალისწინების გარეშე ორივე ნაერთი **13** და **14** იძლევა ერთი და იგივე ნაერთს **15** იდენტური სტერეოქიმიით.

Q7-4

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

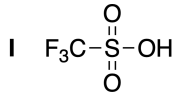


Q7-5

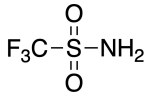
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.2 მონიშნეთ ნაერთის **A** შესაბამისი სტრუქტურა. 2pt

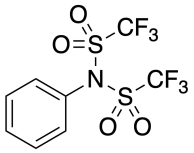
I



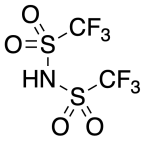
II



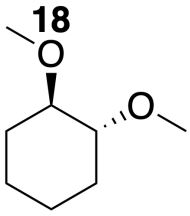
III



IV



A.3 **დაწერეთ** ნაერთების **8-14** სტრუქტურული ფორმულები და სადაც შესაძლებელია მკაფიოდ გამოსახეთ სტერეოქიმია. ასევე, ნაერთებისათვის **13** და **14** **მიუთითეთ** ჩანაცვლებული ^{18}O ატომები როგორც ნაჩვენებია ქვემოთ მოყვანილ მაგალითში. 19pt

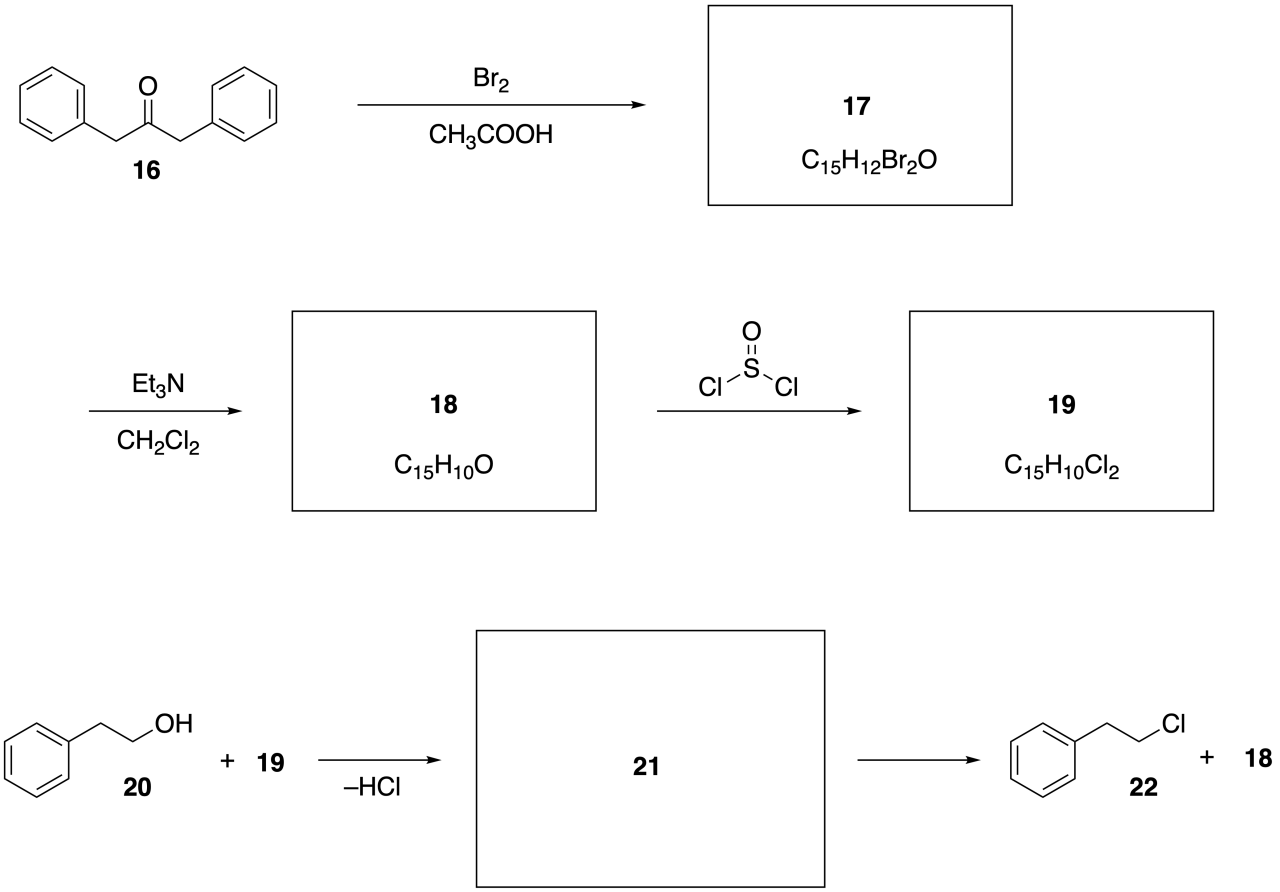


Q7-6

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი B

ნაერთი **19** სინთეზირებულია ქვემოთ მოცემული სქემის მიხედვით. რაც შეეხება არაბენზოიდურ არომატულობას, **19** შეიძლება გამოყენებული იქნას სპირტებისათვის აქტივატორად და ნაერთი **20** გარდაიქმნას ნაერთში **22** იონური წყვილის ტიპის ინტერმედიატის **21**-ის გავლით. მიუხედავად იმისა, რომ ნაერთის **21** წარმოქმნა შეინიშნება ბმრ-ით, ნაერთი **21** თანდათანობით იშლება ნაერთებში **18** და **22**.



^{1}H NMR (CD_3CN, ppm) **20**: δ 7.4–7.2 (5H), 3.7 (2H), 2.8 (2H), 2.2 (1H)
21: δ 8.5–7.3 (15H), 5.5 (2H), 3.4 (2H)

B.1	**დაწერეთ** ნაერთების **17-19** და **21** სტრუქტურული ფორმულები. სტერეოქიმიის მითითება სავალდებულო არ არის.	10pt

A7-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

არაბენზენოიდული არომატულობით თამაში

ნაწილი A

A.1 (5 pt)

2 (2 pt)	**6** (3 pt)

A.2 (2 pt)

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.3 (19 pt)

8 (3 pt)

9 (2 pt)

10 (2 pt)

11 (2 pt)

12 (2 pt)

13 (4 pt)

14 (4 pt)

ნაწილი B

B.1 (10 pt)

17 (2 pt)	**18** (2 pt)
19 (3 pt)	**21** (3 pt)

GEO-2 C-8 C
Ioane Kapanadze

IChO
Problem 8
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q8-1

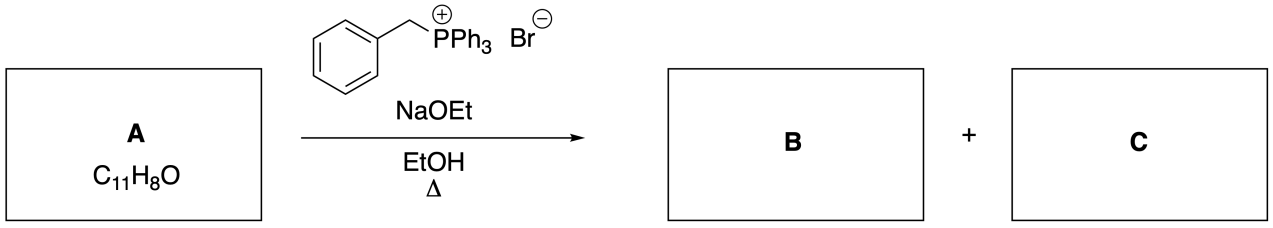
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

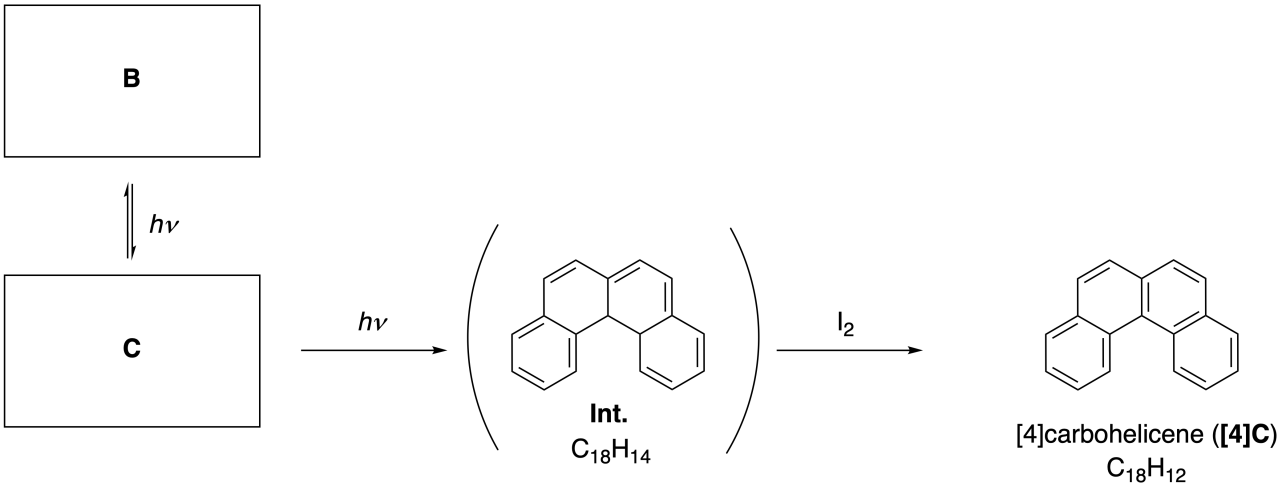
დინამიური ორგანული მოლეკულები და მათი ქირალობა

11 % of the total						
Question	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	**Total**
Points	9	3	7	3	4	**26**
Score						

ნაწილი A

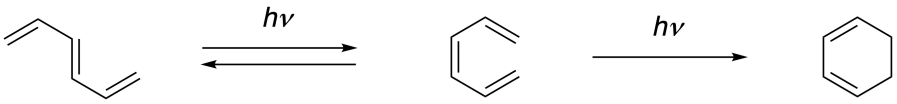
პოლიციკლურ არომატულ ნახშირწყალბადებს თანმიმდევრული ორთო - კავშირებით ეწოდება [n] კარბოჰელიცენები (სადაც, n წარმოადგენს 6- წევრიანი ციკლების რიცხვს) (იხილეთ ქვევით). [4] კარბოჰელიცენი (**[4]C**) მაღალი გამოსავლიანობით მიიღება ქვემოთ მოცემული ფოტორეაქციის გამოყენებით შუალედური ინტერმედიატის (**Int.**) გავლით, რომელიც ადვილად იჟანგება იოდით.





ფოტორეაქცია ხორციელდება მოცემული მაგალითის მსგავსად

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

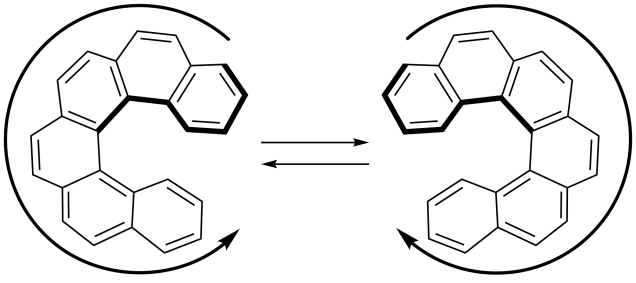


შენიშვნა: მე-8 ამოცანის ყველა შეკითხვის პასუხში, მიუთითეთ ერთმაგი და ორმაგი ბმების მონაცვლეობა, ისევე როგორც გამოსახულია კარბოჰელიცენის მაგალითში. არ გამოიყენოთ წრე შეუღლებული π სისტემების აღნიშვნისათვის.

A.1	**დაწერეთ A–C** ნაერთების სტრუქტურული ფორმულები. სტერეოიზომერია უნდა იყოს მითითებული.	9pt

A.2	მცდელობა იმისა, რომ მიეღოთ [5] კარბოჰელიცენი იგივე ფოსფონიუმის მარილიდან და შესაბამისი საწყისი რეაგენტებიდან, იძლეოდა მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობის [5]კარბოჰელიცენს. მოსალოდნელი პროდუქტის ნაცვლად მიიღებოდა ნაერთი **D**, რომლის მოლეკულური მასა 2 Da (დალტონით) ნაკლები იყო [5] კარბოჰელიცენის მოლეკულურ მასაზე. **D** პროდუქტის ^{1}H NMR სპექტრული მონაცემები მოცემულია ქვემოთ. **დაწერეთ D** ნაერთის სტრუქტურული ფორმულა. **[D** (δ, ppm in CS_2, r.t.), 8.85 (2H), 8.23 (2H), 8.07 (2H), 8.01 (2H), 7.97 (2H), 7.91 (2H)**]**	3pt

[5]- და უფრო დიდ [n] კარბოჰელიცენებს გააჩნიათ სპირალური (ხვეული) ქირალობა და ამ ჰელიცენების ენანტიომერებს შორის ურთიერთგარდაქმნა არის საგრძნობლად ნელი ოთახის ტემპერატურაზე. [n] კარბოჰელიცენების ქირალობა აღინიშნება (M)-ით ან (P)-თი, როგორც ქვემოთაა მოცემული



4-ზე დიდი n-ის მნიშვნელობით [n]კარბოჰელიცენები შესაძლებელია ენანტიომერულად დაყოფილ იქნას ქირალურ სვეტური ქრომატოგტაფიით, რომელიც შექმნილი იქნა პროფ. Prof. Yoshio Okamoto - ს მიერ.

Q8-3

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

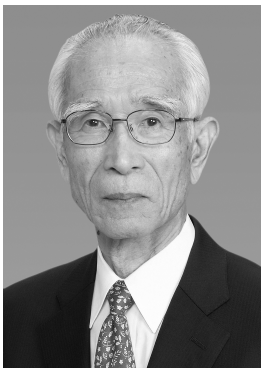
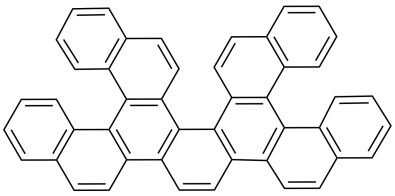


Photo courtesy: The Japan Prize Foundation

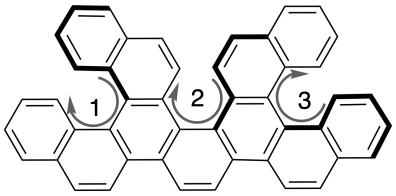
Q8-4

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ჯერადი ჰელიცენები ეწოდებათ მოლეკულებს, რომლებიც შეიცავენ 2 ან მეტ ჰელიცენისმაგვარ სტრუქტურას. თუ მის სპირალურ ქირალობას განვიხილავთ , მაშინ ჯერად ჰელიცენებს ექნებათ რამდენიმე სტერეოიზომერი. მაგალითად, ნაერთი **E** შეიცავს სამ [5]კარბოჰელიცენისმაგვარ ფრაგმენტს ერთ მოლეკულაში. ერთ-ერთი სტრეოიზომერი გამოისახება (P, P, P) , როგორც ქვემოთაა ნაჩვნები.



E

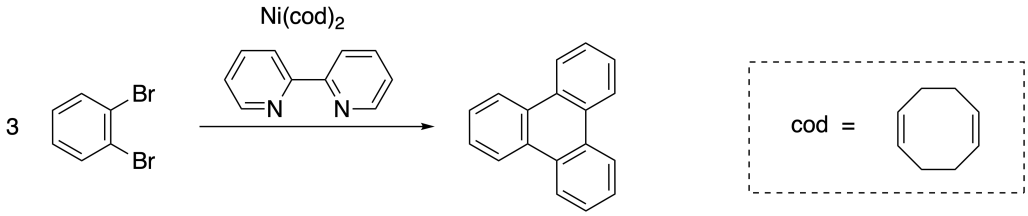


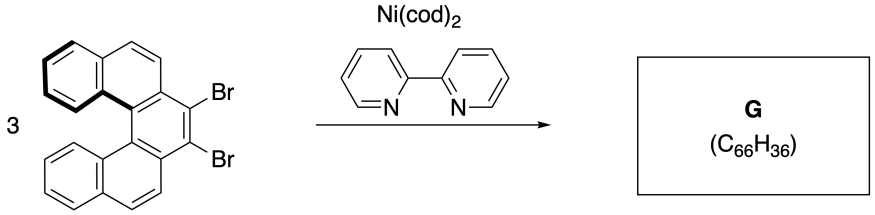
(1, 2, 3) = (*P*, *P*, *P*)

A.3 1,2 -დიბრომბენზოლის ნიკელით კატალიზებული ტრიმერიზაცია იძლევა ტრიფენილენს. როდესაც იგივე რეაქცია გამოიყენება **F** ენანტიომერისთვის, (P)-**F**, ჯერადი ჰელიცენი **G** ($C_{66}H_{36}$) მიიღება. ამ შემთხვევაში სტერეოიზიმერებს შორის ურთიერთგარდაქმნა არ შეინიშნება რეაქციის დროს. დუბლირების (განმეორების) გარეშე **<u>განსაზღვრეთ</u>** **G** ნაერთის ყველა შესაძლო სტერეოიზომერი, რომელიც ამ პროცესში წარმოიქმნება. შედარებისთვის, ერთ- ერთი იზომერი შეიძლება გამოისახოს სრულად ქირალობის მითითებით, როგორც ზედა მაგალითშია ნუმერაციის გამოყენებით; სხვა სტრეოეიზომერები შესაძლოა ჩამოთვლილ იქნას ადგილმდებარეობის რიცხვითი (ლოკანტების) და M და P სიმბოლოების მითითებით იმავე ნუმერაციის გამოყენებით. მაგალითად, **E** ნაერთის სხვა სტერეოიზომერები შეიძლება დასახელდეს შემდეგნაირად: (1, 2, 3) = (P, M, P), (P, M, M), (P, P, M), (M, M, M), (M, M, P), (M, P, P), და (M, P, M). 7pt

Q8-5

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)





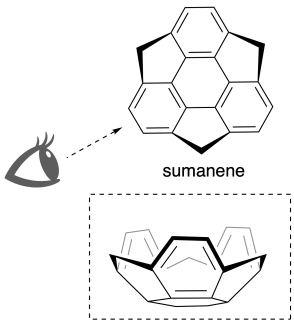
(*P*)-**F**

Q8-6

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

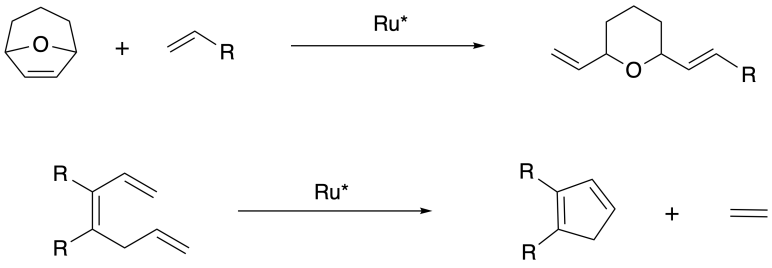
ნაწილი B

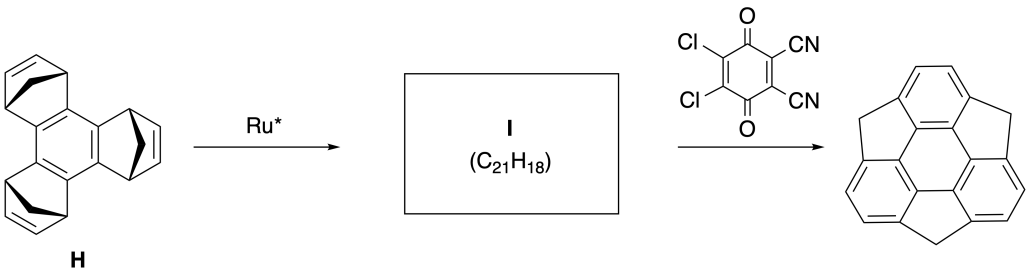
სუმანინი (Sumanene) არის ჯამის-ფორმის ნახშირწყალბადი, რომელიც პირველად აღმოჩენილ იქნა იაპონიაში 2003 წელს. სახელწოდება "სუმანინი" წარმოებულია სანსკრიტულ-ჰინდური სიტყვიდან "suman", რაც ნიშნავს მზესუმზირას. სუმანინის სინთეზი შესაძლებელია მრავალსაფეხურიანი გარდქმნით, რომელიც მოიცავს ციკლის გახსნა - შეკვრის მეტათეზისის რეაქციებს.





წარმოდგენილი მეტათეზისის რეაქციები რუთენიუმის კატალიზატორის (Ru*) გამოიყენებით მოცემულია ქვემოთ.



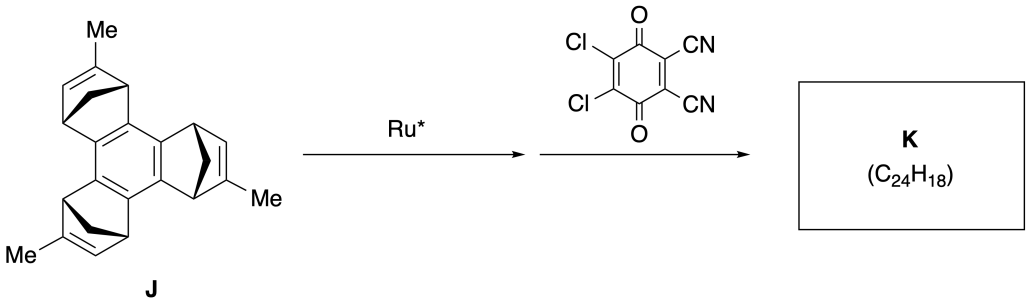


H

B.1	**დაწერეთ** შუალედური **I** ნაერთის სტრუქტურული ფორმულა (სტერეოქიმიის მითითება არაა საჭირო)	3pt

Q8-7

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)



J

B.2	თუ სინთეზს დავიწყებთ ოპტიკურად აქტიური საწყისი **J** ნაერთით, რეაქციებს იგივე თანმიმდევრობა იძლევა ოპტიკურად აქტიურ სუმამინის წარმოებულს **K** ნაერთს. სტერეოცენტრები **J** ნაერთში არ განიცდიან ინვერსიის მეტათეზისის რეაქციებში. **დაწერეთ** **K** ნაერთის სტრუქტურული ფორმულა სტერეოქიმიის მითითებით.	4pt

A8-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

დინამიური ორგანული მოლეკულები და მათი ქირალობა

ნაწილი A

A.1 (9 pt)

A (3 pt)	**B** (3 pt)	**C** (3 pt)

A.2 (3 pt)

A.3 (7 pt)

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ნაწილი B

B.1 (3 pt)

B.2 (4 pt)

Ioane Kapanadze

IChO
Problem 9
Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

Q9-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ჰგავს და არ ჰგავს კაფსულას

10 % of the total						
Question	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	**Total**
Points	13	2	2	3	3	**23**
Score						

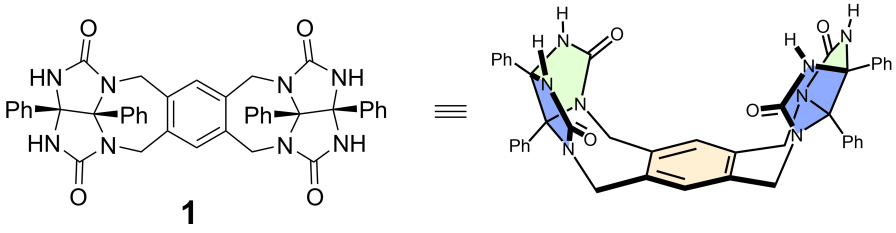
კარგი ბავშვები ასე არ იქცევიან, მაგრამ თუ თქვენ გაიმეტებთ ტენისის ბურთს, შეგიძლიათ მიიღოთ ორი U-ს მაგვარი ფორმის ნაწილი.



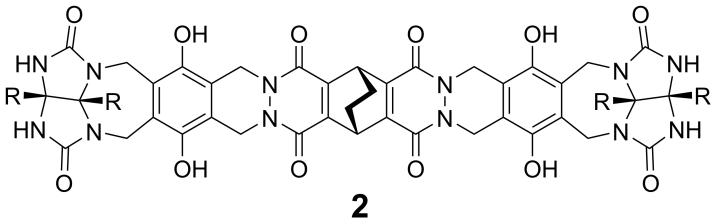
ამ მიდგომაზე დაფუძნებით, ნაერთები **1** და **2** სინთეზირებულია სხვადასხვა ზომის U-ს მაგვარი ფორმის მოლეკულების სახით. ნაერთი **3** მიღებული იქნა შედარების მიზნით. შესწავლილი იქნა ამ ნაერთების ინკაფსულირების თვისებები.

Q9-2

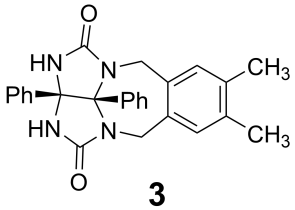
Elizbar Elizbarashvili (Georgia)



1



2

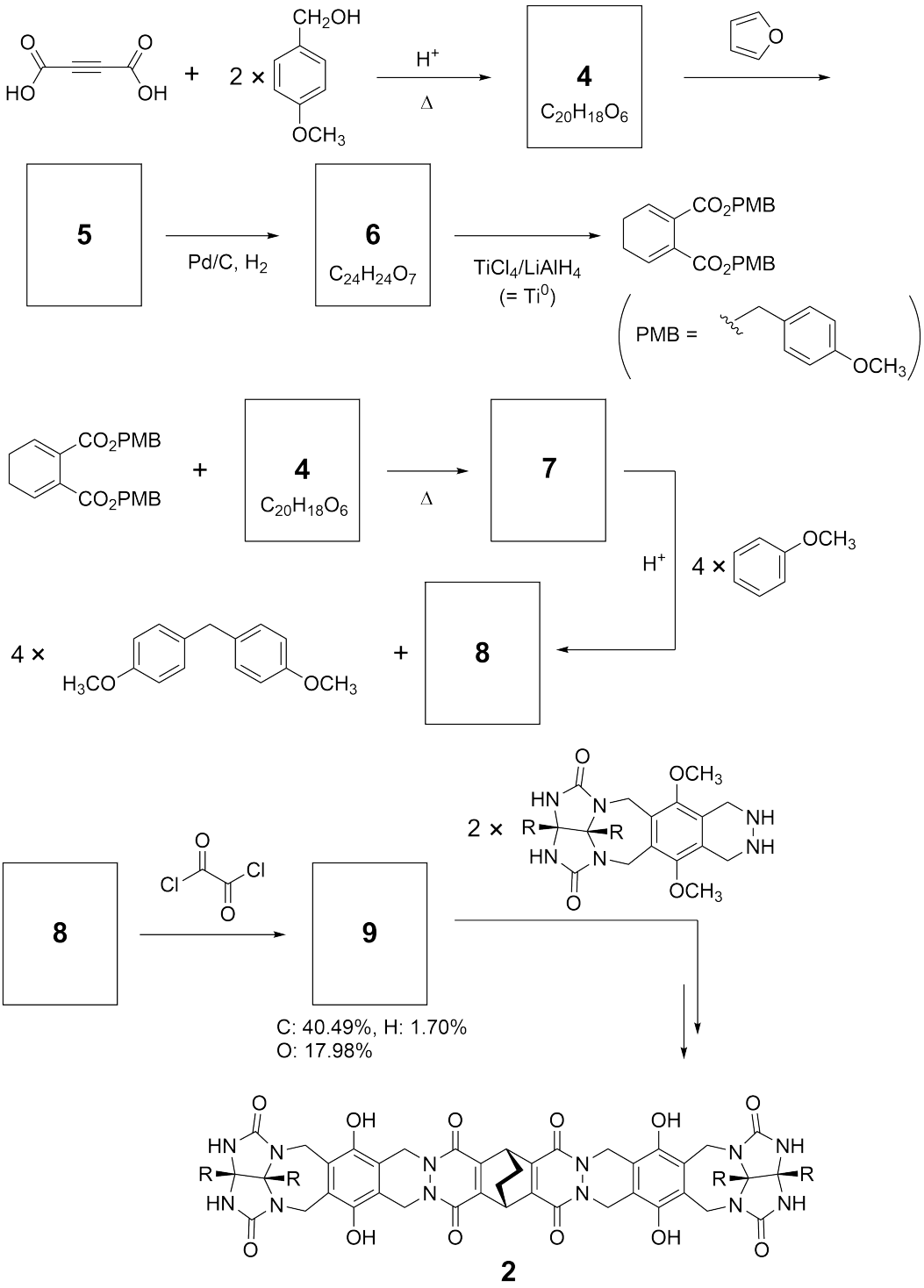


3

ნაერთის **2** სინთეზის გზა მოცემულია ქვემოთ. ნაერთის **9** ელემენტური შედგენილობაა: 40.49%, H; 1.70%, და O; 17.98% მასის მიხედვით.

Q9-3

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)



Q9-4

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.1	დაწერეთ ნაერთების **4-9** სტრუქტურული ფორმულები. სტერეოქიმია შეგიძლიათ უგულებელყოთ. ჩამნაცვლებლის პ-მეთოქსიბენზილის ჯგუფის სრული სტრუქტურული ფორმულის ნაცვლად გამოიყენეთ აღნიშვნა "PMB", როგორც სქემაზეა ნაჩვენები.	13pt

ნაერთის **1** მას სპექტრში იონის პიკი, რომელიც შეესაბამება დიმერს ($\mathbf{1}_2$) ნათლად შეინიშნება, მაშინ როდესაც $\mathbf{3}_2$ დიმერის იონის პიკი ნაერთისათვის **3** მას სპექტრზე საერთოდ არ ვლინდება. $\mathbf{1}_2$-ის ხსნარის ^{1}H ბმრ სპექტრზე ნაერთის **1** ყველა NH პროტონი ავლენს ქიმიურ ეკვივალენტობას და მათი ქიმიური წანაცვლება მნიშვნელოვნად განსხვავდება ნაერთის **3** NH პროტონებისაგან. ეს მონაცემები მიუთითებს, რომ ნაერთის **1** NH ფრაგმენტსა და ნაერთის **1** მეორე მოლეკულის X ატომებს შორის ადგილი აქვს წყალბადური ბმების ჩამოყალიბებას, რის შედეგაც მიიღება დიმერული კაფსულა..

A.2	**შემოხაზეთ** ნაერთში **1** შესაბამისი **X** ატომები.	2pt

A.3	დიმერულ კაფსულაში ($\mathbf{1}_2$) წყალბადურ ბმებს **მიანიჭეთ** ნომრები.	2pt

ნაერთი **1**-ის დიმერულ კაფსულას ($\mathbf{1}_2$) გააჩნია შიდა სივრცე, რომელშიც შესაძლებელია Z პატარა მოლეკულის ინკაფსულირება. ეს მოვლენა გამოისახება შემდეგი სახის ფორმულის საშუალებით.

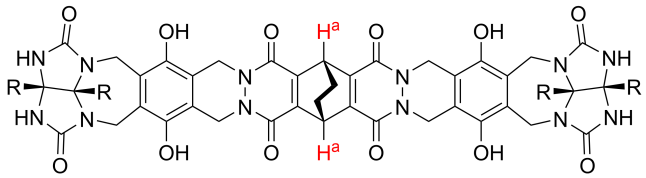
$$Z + \mathbf{1}_2 \rightarrow Z@\mathbf{1}_2 \quad (1)$$

Z-ის $\mathbf{1}_2$-ში ინკაფსულირების წონასწორობის კონსტანტა გამოისახება შემდეგი სახით:

$$K_a = \frac{[Z@\mathbf{1}_2]}{[Z][\mathbf{1}_2]} \quad (2)$$

მოლეკულის კაფსულაში ინკაფსულირების პროცესი შეიძლება დაკვირვებული იყოს ბმრ სპექტროსკოპიით. მაგალითად, C_6D_6-ში გახსნილი $\mathbf{1}_2$ ^{1}H ბმრ სპექტრში იძლევა განსხვავებულ სიგნალებს CH_4-ის დამატებამდე და დამატების შემდეგ.

ნაერთი **2** ასევე იძლევა მდგრად უფრო დიდი ზომის დიმერულ კაფსულას ($\mathbf{2}_2$). $\mathbf{2}_2$ ^{1}H-ის ბმრ სპექტრი ჩაწერილი იქნა C_6D_6, C_6D_5F გამხსნელებში და C_6D_6/C_6D_5F ნარევში, ხოლო სხვა დანარჩენი პირობები იყო უცვლელი. ნაერთის **2** H^aპროტონის ქიმიური წანაცვლების მონაცემები მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში. ნაერთი **2**-ის H^aპროტონის სხვა რაიმე დამატებითი სიგნალები არ შეინიშნება, გარდა იმათი, რომელიც მოცემულია ცხრილში. დავუშვათ, რომ კაფსულის შიგა სივრცე ყოველთვის შევსებულია გამხსნელის მოლეკულების მაქსიმალური შესაძლო რაოდენობით და ყოველი სიგნალი შეესაბამება კაფსულის შემავსებელ ერთ ნაწილაკს.



2

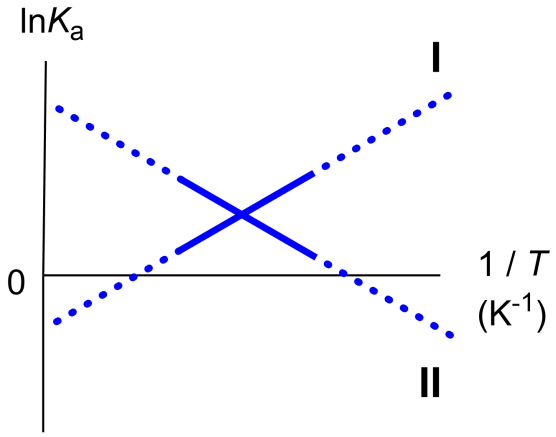
გამხსნელი	δ (ppm) of H^a
C_6D_6	4.60
C_6D_5F	4.71
C_6D_6 / C_6D_5F	4.60, 4.71, 4.82

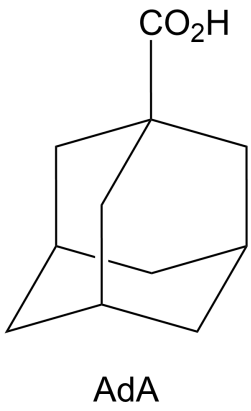
A.4	განსაზღვრე -$\mathbf{2}_2$ში ინკაფსულირებული C_6D_6 და C_6D_5F მოლეკულების რაოდენობა მიანიჭე თითოეულს H^a სიგნალი.	3pt

C_6D_6-ში ^1H მბრ გაზომვებმა აჩვენა, რომ $\mathbf{2}_2$-ს შეუძლია მხოლოდ 1-ადამანტანკარბომჟავას (AdA) ერთი მოლეკულის ინკაფსულირება. ქვემოთ მოცემული ასოციაციის კონსტანტები (K_a) განსაზღვრულია სხვადასხვა ტემპერატურაზე.

$$K_a = \frac{[Z@\mathbf{2}_2]}{[Z][solvent@\mathbf{2}_2]} \quad (3)$$

მსგავსად, CH_4-ის და $\mathbf{1}_2$-ის K_aმნიშვნელობები, მოცემული ტოლობის (2) საშუალებით, განსაზღვრულია ^1H ბმრ მეთოდით C_6D_6 -ში სხვადასხვა ტემპერატურაზე. ორი ასოციაციის კონსტანტის გრაფიკები (ln K_a- 1/T დამოკიდებულება) მოცემულია ქვემოთ.





$\mathbf{1}_2$-ში C_6D_6-ის არც ერთი მოლეკულა არაა ინკაფსულირებული. **II** წრფეზე ენტროპიის ცვლილება (ΔS) არის (1) და ენთალპიის ცვლილება (ΔH) არის (2) და მიუთითებენ, რომ ინკაფსულირების მამოძრავებელი ძალა **II** წრფეზე არის (3). აქედან გამომდინარე, წრფე **I** შეესაბამება (4)-ს და წრფე **II** შეესაბამება (5)-ს.

A.5 A და B სვეტებში მონიშნეთ სწორი ვარიანტები (1)-(5) -თვის. 3pt

	A	B
(1)	დადებითი	უარყოფითი
(2)	დადებითი	უარყოფითი
(3)	ΔS	ΔH
(4)	$\mathbf{1}_2$ და CH_4	$\mathbf{2}_2$ და AdA
(5)	$\mathbf{1}_2$ და CH_4	$\mathbf{2}_2$ და AdA

A9-1

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

ჰგავს და არ ჰგავს კაფსულას

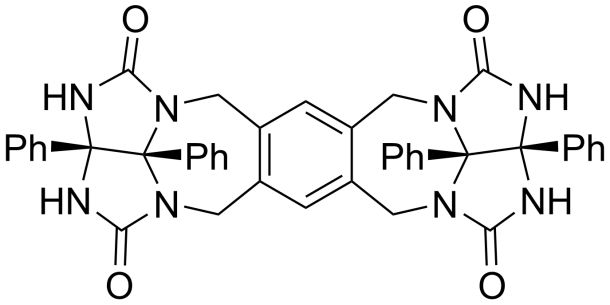
A.1 (13 pt)

4 (2 pt)	**5** (3 pt)
6 (2 pt)	**7** (2 pt)
8 (2 pt)	**9** (2 pt)

A9-2

Elizbar Elizbarashvili (Georgia)

A.2 (2 pt)



A.3 (2 pt)

A.4 (3 pt)

δ (ppm) of H[a]	numbers of C_6D_6	numbers of C_6D_5F
4.60 ppm		
4.71 ppm		
4.82 ppm		

A.5 (3 pt)

(1) : (2) : (3) :

(4) : (5) :