

準備問題

第 47 回国際化学オリンピック (IChO-2015)

Moscow State University
Baku Branch
Azerbaijan

Vadim Eremin, Alexander Gladilin 編

e-mail:

vadim@educ.chem.msu.ru

alexander.gladilin@simeon.ru

発行日

2015 年 1 月 31 日

著者

Moscow State University, Baku Branch, Azerbaijan

M. Beklemishev
A. Drozdov
A. Dubenskiy
V. Eremin
A. Gladilin
E. Karpova
I. Kas'yanov
M. Korobov
M. Kovalchuk
E. Lukovskaya
P. Matveev
V. Nikitina
A. Prokhorova
G. Rusakova
E. Skokan
I. Trushkov
V. Zelikman

Medical clinics No 33, Ufa, Russia

B. Garifullin

Belarusian State University, Minsk, Belarus'

Yu. Halauko

Aix-Marseille University, Marseille, France

D. Kandaskalov

Kazan' Federal University, A.Butlerov Institute of Chemistry, Russia

I. Sedov

Institute of Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

D. Volochnyuk

Multidisciplinary Lyceum, Vologda, Russia

A.Z. Lisitsyn

序

みなさん!

ここに準備問題をお届けします。科学委員会委員はベストを尽くして問題作成を行いました。問題冊子は現代化学の主要な部分を網羅してあります。すべての課題は基本的な化学知識で解くことができ、上級の難しいトピックスに関する問題でもそれで解くことができます。科学委員会の委員はこの興味深い問題を作成するのにベストを尽くして臨みました。この準備問題は現代化学の主要な部分を網羅しています。すべての問題は、難しい先端化学に関する問題を含めて、化学の基礎知識を駆使することで解くことができます。しかし正解を見出すには少々の時間と努力を要するでしょう。この数か月は諸君がいかに時間を費やして準備に取り掛かるかということを確認しております。その際にはぜひ準備問題への取り組みを楽しんでいただきたいのです。そして、次のことを決して忘れないでください。

人生は巨大な実験室である！

メンターへの注意

問題の他にこの冊子には次のものがあります:

- 難易度の発展問題のリスト
- 安全規則および IChO 国際評議委員会からの推奨
- 危険性に対する安全表示, 指示, および説明

実際の解答は 2015 年 5 月末までにウェブに掲示されます。

我々は安全を遵守するよう心がけています。実践問題に先立ち、安全に関する注意と守るべき手順が書かれています。Baku での参加登録の際に、メンター代表は生徒が安全のための規則をよく理解しそれに従うように適切に指導を受けているか確認する書類に署名を求められます。実際の試験の前にすべての生徒は希望する言語に翻訳された安全指針をよく読み署名しておかなければなりません。

我々は注意深く推敲を行っていますが、間違いや誤植がある場合もあります。それについてはぜひご理解いただき、また、フィードバックしていただければ幸いです。ご意見等は icho2015@msu.az へお寄せください。またコメントは我々のウェブサイト <http://www.icho2015.msu.az> へお送りください。準備問題に関する修正や更新があれば公式サイトに掲示されますので、定期的に我々の公式サイトを閲覧してみてください。

実行委員会を代表して、最近公開されたホームページ <https://www.ichosc.org/> を閲覧されるようご案内いたします。また、下記メールアドレスへ直接ご意見等を送信していただいても結構です。

sc@ichosc.org.

敬具,

IChO-2015 科学委員会委員

目次

著者	2
序	3
物理定数,公式, 等式	5
発展問題	6
理論問題	
問題 1.	ブレイトンサイクル 7
問題 2.	液化天然ガス 8
問題 3.	カルノーサイクル 10
問題 4.	準平衡モデル 10
問題 5.	化学反応への熱力学第二法則の応用 13
問題 6.	単一ナノ粒子上での単一分子の触媒変換 15
問題 7.	ジカルボン酸のエステル化 17
問題 8.	3つの元素 17
問題 9.	塩化銅(II)に関する簡単な実験 18
問題 10.	アゼルバイジャンの泥火山の噴出水に典型的な元素 18
問題 11.	プルシアンブルー 19
問題 12.	平面四角形錯体の置換反応 19
問題 13.	水溶液中の酸化還元平衡 19
問題 14.	アセチルサリチル酸の純度の決定 20
問題 15.	化学線量計 21
問題 16.	石油中の水分量の決定 23
問題 17.	酸化とインスピレーション 24
問題 18.	必要不可欠なオゾン 26
問題 19.	2つを1つに 28
問題 20.	鎮咳薬「ナルコチン」 29
問題 21.	ピロリジジンアルカロイド 29
問題 22.	心地よいトリュフの香り 30
問題 23.	大員環の合成。魔法か、それとも日常か? 31
問題 24.	バクーでの時間と生きながらえること 31
問題 25.	ナンバーワンの酵素 33
問題 26.	黙示録の四騎士に対する聖戦 36
安全規則と IChO で採用されている決まり	38
実践問題	
問題 27.	錯滴定によるニッケル合金およびニッケル銅合金中のニッケルの定量 43
問題 28.	混合物中における鉛と銀の滴定による定量 48
問題 29.	合金中の鉄、クロムおよび亜鉛の錯形成による定量 51
問題 30.	3-(4-メチルベンゾイル)プロピオン酸の合成 53

問題 31.	4-(4-メチルフェニル)-4-ヒドロキシ酪酸の合成	57
問題 32.	コハク酸のジエチルエステルの合成	61
問題 33.	アルカリ性過マンガン酸塩によるノルフロキサシンの酸化反応における速度論的解析	65
問題 34.	不均化の反応速度の温度依存性	70

物理定数, 公式, 等式

アボガドロ数: $N_A = 6.0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

気体定数: $R = 8.3145 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

ファラデー定数: $F = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

標準圧, $p^\circ = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

気圧: $1 \text{ atm} = 1.013 \text{ bar}$

摂氏温度の 0 度, 273.15 K

1 ナノメートル (nm) = 10^{-9} m

熱力学第一法則: $\Delta U = Q - W$ (注)

理想気体の可逆断熱過程: $pV^{1+R/C_V} = \text{const}$

断熱過程で理想気体によってなされた仕事: $W = nC_V(T_1 - T_2)$

可逆等温過程で理想気体によってなされた仕事: $W = nRT \ln \frac{p_1}{p_2}$

ギブスエネルギー: $G = H - TS$

平衡定数と標準起電力、標準ギブスエネルギーの関係:

$$K = \exp\left(-\frac{\Delta G^\circ}{RT}\right) = \exp\left(\frac{nFE^\circ}{RT}\right)$$

反応のギブスエネルギーと濃度との関係: $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{c_{\text{prod}}}{c_{\text{reag}}}$

電極電位と濃度との関係: $E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln \frac{c_{\text{ox}}}{c_{\text{red}}}$

注¹ IUPAC で用いられている第一法則: $\Delta U = Q + W$ (を用いてもよい。この場合、系に行った仕事が正となる。

進歩問題のトピックス

理論問題

1. 熱力学第一法則：熱力学サイクル、断熱過程、断熱過程の仕事。
2. 熱力学第二法則：自発的化学反应、ギブスエネルギーの濃度への依存性、平衡定数と起電力、標準ギブスエネルギーの関係、ラティマー図。
3. 一次反応の積分速度、半減期、平均寿命、定常状態および準平衡を用いた複雑な反応の解析、触媒反応の機構、複雑な反応の反応次数の決定。
4. 向き錯体：構造と異性化、結晶場理論、トランス効果。
5. カルボニル化合物の合成と化学的性質。
6. ヌクレオチドやゼノバイオティクス（生体異物）の代謝における酸化還元酵素とトランスフェラーゼ触媒による反応

実践問題

1. 有機合成における先端プロセス：還流加熱、真空濾過、真空蒸留、屈折率の決定、計算図表の使用
2. 速度論と化学反応：吸光度測定と英語版エクセルを用いた実験データの解析。

注意. 準備問題では下記のトピックスがある:

- 相転移のクラベイロン式
- 不均一反応の速度
- クライゼン転位
- 融点の決定
- 錯化試薬存在下における溶解度の計算
- ロータリーエバポレーション
- 液-液抽出
- NMR および質量分析データによる物質の構造の解明

これらは課題を解く上で必須のものである。学生はこれらの技術と十分な知識について発展的な指導を受けることは求めている。これらは実際の試験では理論問題、実践問題いずれにも出題されていない。