



化学グランプリ 2020

二次選考 問題冊子

2020年11月22日(日)
時間：13:00～16:00(180分)

一次選考で選ばれた諸君が世界に羽ばたくためには、柔軟な思考力が必要です。二次選考で少しでも多くの知見を身につけることを願っています。

試験開始の合図までの間、以下の注意事項を確認してください。

[注意事項]

1. 13時の開始の合図で始め、16時の終了の合図で筆記用具を置いてください。
2. 本人確認や問題キットの開封などの手順に従わない場合は失格とします。
3. 問題冊子はこの表紙を含め5ページから構成されています。
4. 問題冊子や解答冊子に落丁等の問題があればすぐにお知らせください。
5. 試験は5つの問題から構成されており、どの問題から開始してもかまいません。
6. 解答冊子の各ページの参加番号欄と氏名欄に記入してください。記入がない場合は採点しません。
7. 解答用紙のみならず、本問題冊子とその封筒も事務局に返送してください。
8. 遠隔試験です。冊子を破損・汚損しても交換などできませんので注意して取り扱うこと。

主催 「夢・化学-21」委員会、日本化学会

共催 科学技術振興機構(JST)、高等学校文化連盟全国自然科学専門部、
工学院大学、秋田大学

後援 文部科学省、経済産業省

協賛 TDK株式会社、株式会社大塚製薬工場

協力 日本発明振興協会



ようこそ二次選考へ！

今年度は例年のような一堂に会しての実験試験ではありませんが、それと同等の理解力・思考力を必要とする記述問題を用意しました。問題全体をよく見て、やりやすい所から取り組んでください。

①～③は、一次選考で扱った内容に関連して、より理解が深まるような問題にしました。かなり発展的な内容も含まれていますが、これまでの知識や理解を総動員してください。

④、⑤は思考実験の問題です。今年度は実際に実験することはできませんが、想像力をはたらかせて「頭の中で実験をして」ください。

皆さんの個性あふれる解答に期待しています。

①

- (1) 酸と塩基の定義には、一次選考の大問1で紹介したブレンステッド・ローリーの定義の他に、ルイスの定義がある。ルイスの定義では、酸は電子対を受け取る物質（電子対受容体）、塩基は電子対を与える物質（電子対供与体）としている。ルイスの定義はブレンステッド・ローリーの定義と整合性がとれているか説明しなさい。

- (2) ルイスの定義によると、窒素の化合物であるトリメチルアミン、アンモニア、三フッ化窒素はいずれも塩基として作用する。しかしこれら三つの物質の塩基性の強さは以下の通りである。
トリメチルアミン>アンモニア>三フッ化窒素
塩基性の強さがこのような順序になる理由を説明しなさい。

- (3) 2-メチルピリジンと 4-メチルピリジンについて、水素イオンに対する塩基性の強さはほとんど同じであるが、トリメチルホウ素（トリメチルボラン）に対する塩基性の強さには差が生じる。塩基性が強い物質を選択し、塩基性の強さに差が生じる理由を説明しなさい。

2

- (1) バットに清浄な水を入れ、水面上に細い撥水性の糸で作った輪 (周長 30 cm) を静かに置いたところ、図 1 のようになった。水面上に置いた輪の内側にステアリン酸のシクロヘキサン溶液 (濃度 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$) をマイクロシリンジ (注射器状の測容器) で $25 \mu\text{L}$ 滴下し、しばらく待った。輪の形状はどのようにになると予想されるか、理由を含めて説明しなさい。ただし、水やステアリン酸の分子は撥水性の糸になじまず、撥水性の糸への吸着や付着などがおこらないとする。

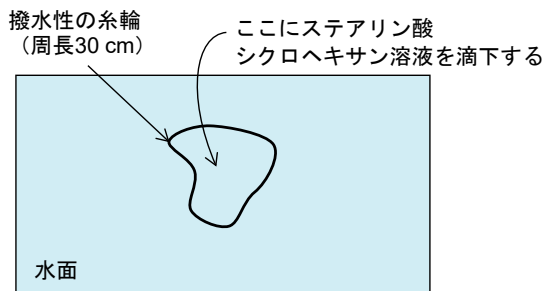


図 1 水面上に置いた撥水性の糸の様子

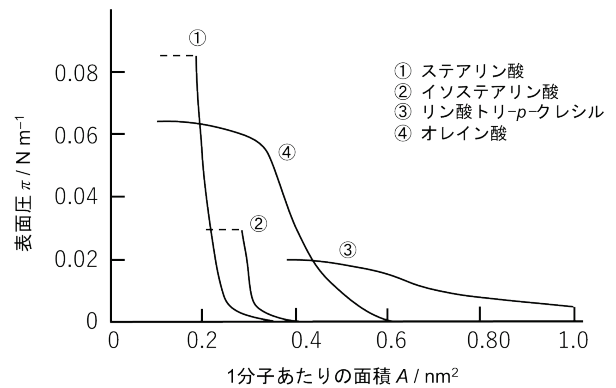


図 2 いくつかの分子の π - A 曲線 (一次選考・大問 2・図 4 の再掲)

- (2) 上の図 2 は一次選考の大問 2、図 4 を再掲したものであり、水面上に形成した単分子膜の 1 分子あたりの占有面積に対する表面圧の変化を示している。そのとき、水面上に生成したステアリン酸の単分子膜は、圧縮によって 2 次元の液体、または固体に近い構造を取ると説明した。(1) の状態のステアリン酸の単分子膜が液体に近い状態か固体に近い状態かを知るには、どのような手段が考えられるか。その方法を提案し、どのような原理に基づいて判断したかを含めて説明しなさい。

3

鉄と硫黄から構成される天然の鉱物には、組成式を簡単な整数比で表せないものも数多く存在する。硫化鉄 FeS の場合、一次選考の大問 3 でみたように、 Fe(II) イオンと Fe(III) イオンが含まれるため、鉄イオンの欠陥が生成しやすい。鉄イオンの欠陥の生成を防ぐには、硫化鉄 FeS をどのような条件下で保存すればよいか、述べなさい。

4

高校の化学の授業では、化学を理解するために必要なことを多く学習する。化学実験では、授業などで学んだ知識を基に、化学の現象や化学物質の様々な姿を確認することができる。いま、皆さんが高校の化学の先生になったつもりで、

「塩化銅（Ⅱ）水溶液の濃度を求める方法」

について、実験テキストを作成しなさい。具体的には、未知の濃度を決定できる実験方法を1つ自由に考案し、(1) 実験の目的、(2) 準備、(3) 原理、(4) 実験操作、の4項目からなるテキストを作成しなさい。

(1) には考案した実験原理に関連する高校化学の単元と、この実験を通して学習できる内容を簡潔に述べること。(2) では、実験に必要となる試薬（濃度未知の塩化銅（Ⅱ）水溶液を含む）や器具を記述すること。試薬や器具は適宜追加して構わない。(3) では実験の原理を詳細に述べ、必要に応じて図や化学式を示すこと。(4) には、実験操作をできる限り具体的にかつ詳細に説明すること。実験がうまく進まない場合の対処法や、安全面で注意すべきことにも(4) 実験操作のところで触れること。

なお、原理的に可能な方法であれば、非現実的な実験操作が含まれていても構わない。また、塩化銅（Ⅱ）水溶液の濃度は適当な値を仮定してよい。

5

- (1) 今年の2月、高校3年生の化学太郎君は化学クラブで後輩を指導するため4つ水溶液を調製し、これを高校で学修した化学の知識を駆使し溶質を特定させる実験を計画した。ところがコロナウイルス感染拡大で化学クラブの活動が中止してしまい化学太郎君はその水溶液をそのままにしたまま卒業してしまった。(いけませんね。皆さんは真似しないようにして下さい。)

10月になり感染拡大が落ち着き活動を再開した後輩の新3年生の科学花子さんは、化学太郎先輩が、行おうとしていた概要は知っていたので、そこで、今まで培った化学の知識を駆使し、手元にある以下の試薬を用意して中味を特定することとした。なお、4つの水溶液は、使用簿から考えて、以下のa~hの8つであり、A群から2つ、B群から2つであることがわかった。どのようにすれば溶質を確定出来るか、手順を分かりやすく書きなさい。ただし、水溶液中の溶質は全く変化していないものとする。

なお、幾つかの溶液は、新たに試薬を調製したりしなければ区別できないものもある。その試薬に関しては、解答欄の上部の『新たに必要な試薬等』の欄に記入し、記入していない試薬は手順で用いてはならない。また、NMR(核磁気共鳴法)にて分析するといった、通常の高校の設備では出来ない操作を記入した場合は正解にならないこともある。

A群 : a. 安息香酸、b. サリチル酸、c. *o*-クレゾール、d. アセトアニリド

B群 : e. 硫酸ナトリウム、f. 亜硫酸水素ナトリウム、g. 炭酸ナトリウム、h. 炭酸水素ナトリウム

用意した試薬 : 塩酸、FeCl₃水溶液、ヨウ素水溶液、水酸化ナトリウム水溶液

- (2) A~Dの4つの試薬は白い粉末であり、いずれも高校の教科書に書かれている化合物である。そのうち2つはその構成成分にグルコースを持ち、一方は水に溶け、もう一方は水に不溶であった。また残りの2つは、共に金属水酸化物であり水に難溶性(やり方によれば可溶性)であるが、一方は中性であり、もう一方はアルカリ性を示した。

以上の条件を満たす化合物を複数想定し、A~Dを①グルコース含有水溶性化合物、②グルコース含有非水溶性化合物、③中性を示す金属水酸化物、④アルカリ性を示す金属水酸化物の4つに分類する方法を考えなさい。さらに、分類したそれぞれが何であるかを特定する方法を述べなさい。

ただし、通常の高校では出来ない操作(NMRを測定する、原子の吸光を測定する、など)を記入した場合は正解にならないこともある。