

科目名：専門科目（物理化学）

専門科目（物理化学）には、**必須問題**（全問を解答）と**選択問題**（選択して解答）があります。必須問題には、小問が計10問あり、各問題で選択肢の中から答えを1つ選び解答します。**選択肢を2つ以上解答すると誤りになる**ので注意すること。選択問題は、大問の中から2問選び解答します。なお、選択した問題番号を〔 〕の中に記入すること。専門科目（物理化学）は、100点満点とし、必須問題と選択問題の配点割合は、概ね**必須問題が40%、選択問題60%**となります。

第1問（必須問題）

必須問題は全問回答すること。

(1) 以下の公式の中で誤っているものはどれか。

1. ブラッグの式 $2d \sin\theta = n\lambda$
2. 実在気体の状態方程式 $(p + \frac{an^2}{V^2})(V - nb) = nRT$
3. ランベルト・ベールの式 $A = \varepsilon \cdot c \cdot l$
4. クーロン力 $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$
5. アレニウスの式 $k = A e^{-E_a/RT}$

(2) 以下の選択肢の中で正しいものはどれか。

1. HF と HBr の沸点を比較すると HBr の沸点が高い。
2. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ は金属結合の典型例である。
3. α ヘリックスの構造形成にはペプチド結合と水素結合が関与する。
4. アスパラギン酸とリシンは電荷移動相互作用を形成する。
5. 分子量が大きい希ガスほど沸点は低くなる。

(3) 最も強い陽イオン交換能をもつ樹脂の交換基はどれか。

1. 2級アミン
2. 3級アミン
3. スルホン酸
4. カルボン酸
5. 4級アンモニウム

(4) 以下の反応のうち、25°Cでの標準電極電位の値を0Vとしているのはどれか。ただし、gは気体を意味する。

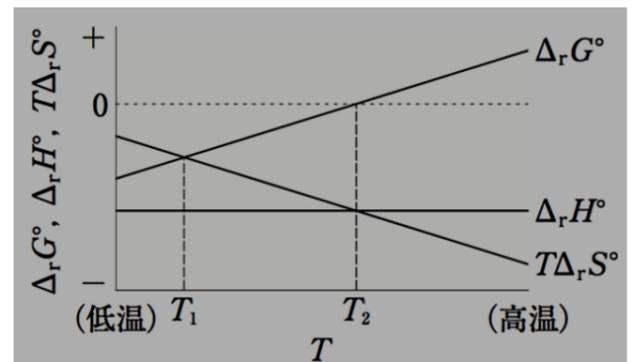
1. $\text{I}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$
2. $\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$
3. $2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$
4. $\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$
5. $\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$

- (5)
- (6)
- (7)
- (8)
- (9)
- (10)

下記の選択問題は、2問選んで解答すること。

第2問（選択問題）

圧力一定条件下での温度 T と熱力学関数 ($\Delta_r G^\circ$, $\Delta_r H^\circ$, $T\Delta_r S^\circ$) の関係が右図のようになる化学反応について、以下の記述が正しいか誤っているかを判断し、その理由を述べよ。ここで、 $\Delta_r G^\circ$ 、 $\Delta_r H^\circ$ 、 $\Delta_r S^\circ$ はそれぞれ標準反応ギブズエネルギー、標準反応エンタルピー、標準反応エントロピーである。



- (1) この化学反応は、発熱反応である。
- (2) 温度 T_1 での平衡定数は、温度 T_2 での平衡定数よりも小さい。
- (3) 温度が T_2 より高温側での平衡定数は、1 より小さい。
- (4) 温度が T_2 より低温側では、この反応はエントロピー駆動となる。
- (5) 温度が T_2 よりも低温側では、反応の進む向きは反応物と生成物の初期濃度に依存しない。

第3問（選択問題）

核磁気共鳴について、以下の各問に答えよ。

- (1) 核磁気共鳴の原理について、以下の括弧内の10個の用語をすべて用いて説明せよ。
【 エネルギー準位、化学シフト、緩和時間、共鳴、歳差運動、磁気モーメント、水素原子核 (^1H)、静磁場、ボルツマン分布、ラジオ波 】
- (2) 核磁気共鳴を用いたイメージング手法であるMRIにおいて、造影剤の与える影響について、縦軸を信号強度、横軸を時間変化（繰り返し時間 (TR) および エコー時間 (TE)）としたグラフを図示して、説明せよ。

第4問（選択問題）

常温・常圧下において、 H_2S の飽和溶液中における H_2S の濃度は $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ である。以下の各問に答えよ。ただし、 H_2S の第1および第2酸解離定数は、それぞれ $\text{p}K_{a1} = 7.0$ 、 $\text{p}K_{a2} = 13.9$ とする。

- (1) H_2S 飽和溶液の pH を求めよ。
- (2) H_2S 飽和溶液の $\log [\text{S}^{2-}]$ を求めよ。
- (3) Zn^{2+} を $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 含む水溶液に H_2S を飽和したとき、 ZnS を沈殿させるためには pH をいくら以上にしなければならないか答えよ。 ZnS の溶解度積 $K_{\text{sp,ZnS}} = 1.0 \times 10^{-23} (\text{mol/L})^2$ とする。

第5問（選択問題）

固定相としてオクタデシルカラム (ODS) 化シリカゲル、移動相としてアセトニトリルと緩衝液 (pH=3) の混合溶媒を用いて、ベンゼン、トルエンおよび安息香酸の分離を液体クロマトグラフィーにより行った。以下の各問に答えよ。

- (1) ベンゼン、トルエンおよび安息香酸のうち、溶出する順番を理由も含めて予測せよ。
- (2) 移動相中のアセトニトリルの含量を増やすと、試料成分の溶出は早くなるか、遅くなるか、理由も含めて予測せよ。
- (3) 移動相中の緩衝液の pH を 3 から 7 に変えた場合、安息香酸の溶出は早くなるか、遅くなるか、理由も含めて予測せよ。

解答用紙 ①

受験番号

科目名：物理化学

得点

第1問 (必須問題)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

小計

解答用紙 ②

受験番号

科目名：物理化学

選択問題番号 []

小計

(裏面にも記入してよい)

解答用紙 ③

科目名：物理化学

受験番号

選択問題番号 []

小計

(裏面にも記入してよい)