

# 平成30年度専攻科入学者選抜（学力選抜）検査問題

## 物質工学専攻

# 専 門 科 目

### (注意)

- 1 問題用紙は、指示があるまで開かないこと。
- 2 下記の4科目から3科目を選択して解答すること。  
無機化学  
有機化学  
生物化学  
物理化学
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 こちらで貸与する電卓に限り使用できる。

# 無機化学 (問題用紙)

(1/3ページ)

[1] 次の量子数、軌道、電子配置等に関する問いに答えよ。

- (1) 主量子数  $n$  が 3、方位量子数  $l$  が 2 の軌道には、最高いくつの電子が入るか答えよ。
- (2) 主量子数  $n$  が 3 である場合、とりうる方位量子数  $l$  の値を全て示せ。
- (3) 方位量子数  $l$  が 3 である場合、とりうる磁気量子数  $m_l$  の値を全て示せ。
- (4) 方位量子数  $l$  が 4 である場合、何個の磁気量子数  $m_l$  をとるか答えよ。
- (5)  $1s^2 2s^2 2p^5$  の電子配置をもつ元素は周期表の何族に属するか数値で答えよ。

[2] 次の酸と塩基に関する問いに答えよ。

- (1) 硬い酸・塩基および軟らかい酸・塩基 (HSAB) の概念に基づき、次のルイス酸のうち最も硬いルイス酸を丸で囲んで示せ。  
(  $\text{Cu}^+$  ,  $\text{Cu}^{2+}$  ,  $\text{Na}^+$  )
- (2) 硬い酸・塩基および軟らかい酸・塩基 (HSAB) の概念に基づき、次のルイス塩基のうち最も軟らかいルイス塩基を丸で囲んで示せ。  
(  $\text{I}^-$  ,  $\text{Br}^-$  ,  $\text{F}^-$  )
- (3) 次の組み合わせで、強い方の酸を丸で囲んで示せ。  
(  $\text{HClO}_4$  ,  $\text{HClO}_3$  )

## 無機化学（問題用紙）

(2/3ページ)

[3]原子価殻電子対反発理論 (VSEPR 理論) に基づいて、次の問いに答えよ。

(1)  $\text{OF}_2$  の立体構造を図示せよ。奥行きを考慮して示し、非共有電子対があればそれも示せ。

(2)  $\text{ICl}_4^-$  の立体構造を図示せよ。奥行きを考慮して示し、非共有電子対があればそれも示せ。

(3)  $\text{CH}_4$  の  $\text{H-C-H}$  角と  $\text{NH}_3$  の  $\text{H-N-H}$  角はどちらが大きいかわかれば答えよ。

(4)  $\text{CF}_4$  の  $\text{F-C-F}$  角と  $\text{POF}_3$  の  $\text{F-P-F}$  角はどちらが大きいかわかれば答えよ。

[4]結晶構造等に関する次の問いに答えよ。

(1) 1 種類の球を用いた最密構造において、球の数を  $N$  個とすると正八面体型の空隙の数はいくつになるかわかれば答えよ。

(2) 1 種類の球を用いた最密構造において、各球の配位数はいくつになるかわかれば答えよ。

(3) 塩化ナトリウム型構造において、 $\text{Na}^+$  および  $\text{Cl}^-$  の配位数はいくつになるかわかれば答えよ。

$\text{Na}^+$  (            ),       $\text{Cl}^-$  (            )

## 無機化学 (問題用紙)

(3/3ページ)

[5] 次の錯体に関する問いに答えよ。

(1) 以下の代表的な配位子の中で、二座配位子であるものを一つ選び、丸で囲んで示せ。

(  $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  ,  $\text{CN}^-$  )

(2) 以下の錯体の名称を英語名で答えよ。



( )

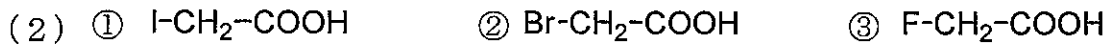
(3) 以下の錯体の立体構造を図示せよ。奥行きを考慮して示し、 $\text{NH}_3$  を X とし  
て書け。



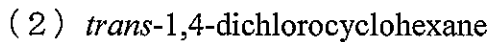
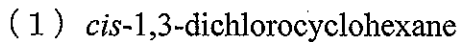
# 有機化学 (問題用紙)

(1/2 ページ)

[1] 以下のカルボン酸を酸性度の強い順番に並べよ (解答は番号で記入)。



[2] 次の化合物の可能な配座を書き、どちらが安定な配座か不等号で示せ。なお、立体配座はいす形をとるものとする。



[3] 次のアルケンを安定な順番に並べよ (解答は番号で記入)。



[4] 下表はハロゲン化水素の酸性度の傾向を示すものである。①～④には強、弱を、⑤～⑧には大、小のいずれかを入れて表を完成させよ。

ハロゲン化水素の酸性度

X—H	Xの電気陰性度から 予想される酸性の強さ	実際の酸性	$\text{X}^\ominus$ (イオン半径) の大きさ	結合エネルギー
F—H	( ① )	( ③ )	( ⑤ )	( ⑦ )
Cl—H	↑	↑	↑	↑
Br—H	↓	↓	↓	↓
I—H	( ② )	( ④ )	( ⑥ )	( ⑧ )

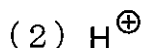
[5] 次のアニオンを塩基性及び求核性 (プロトン性極性溶媒中) の強い順番に並べよ (解答は番号で記入)。



## 有機化学（問題用紙）

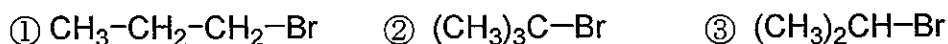
(2/2 ページ)

[6] 以下の触媒条件におけるシクロヘキサノンとそのエノール間の平衡反応式を書け。

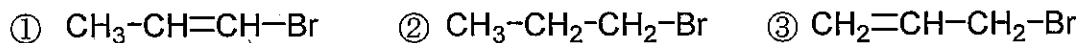


[7] 以下の問に答えよ（解答は番号で答えよ）。

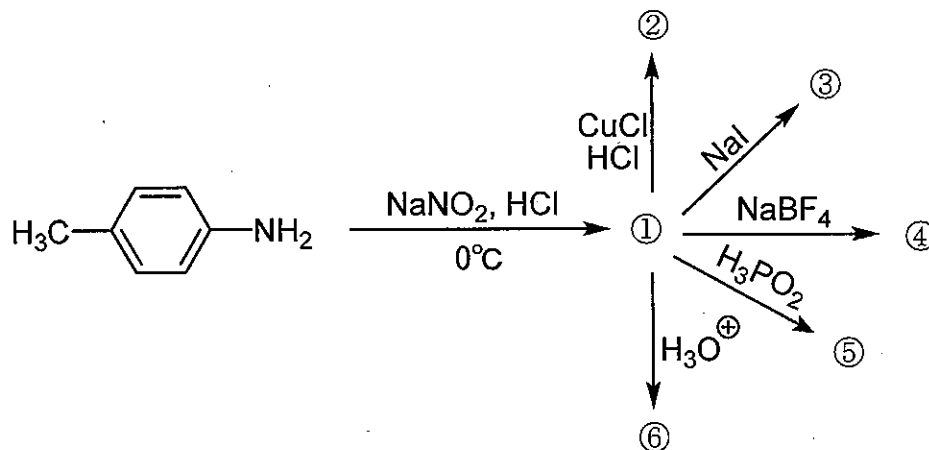
(1) 次の化合物を  $\text{S}_{\text{N}}1$  反応の速い順番に並べよ。



(2) 次の化合物を  $\text{S}_{\text{N}}2$  反応の速い順番に並べよ。



[8] 次に示した *p*-toluidine を原料にした反応における主生成物の構造式を書け。



[9] *trans*-1-bromo-2-methylcyclohexane に  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$  を反応させたときの主生成物の構造式を書け。

[10] 下表の官能基の各還元剤に対する反応性を○（還元される）、×（還元されない）で示せ。

	$\text{H}_2 / \text{Pt}$	$\text{LiAlH}_4$
$-\text{CH}=\text{CH}- \rightarrow -\text{CH}_2\text{-CH}_2-$	①	②
$-\text{COOR} \rightarrow -\text{CH}_2\text{OH}$	③	④

# 生物化学（問題用紙）

(1/2ページ)

[1] 次の問いに答えよ。

- (1) アミノ酸は pH により荷電状態が変化する。pH 10 ではアスパラギン酸は全体として正か負のどちらの電荷を帯びているか。
  - (2) リボソームはどのような働きをしているか簡潔に述べよ。
  - (3) グルコースが $\alpha$ -1,4 結合で 2 分子結合した化合物は何か。
  - (4) 必須脂肪酸は 3 つあり 2 つはリノール酸とリノレン酸である。もう一つは何か。
  - (5) ゲノム中に含まれるアデニンの割合が 30%であった時、グアニンの割合は何%か？
  - (6) 開始コドンを書け。
  - (7) ノーベル賞受賞者である東京工業大学名誉教授大隅良典先生に関連するキーワードを、以下の語群から選んで例のように回答せよ。例. 山中伸弥→iPS 細胞
- 語群  
カップリング、オートファジー、抗体、ニュートリノ、GFP、イベルメクチン

[2] 代謝について述べた以下の文を読み、設問に答えよ。

呼吸は、(①)、TCA 回路、電子伝達系の 3 つの過程に分けられる。(①)は(②)で行われ、嫌氣的にグルコースを(③)に分解する過程である。このとき差し引き(④)分子の ATP を生じる。(③)はミトコンドリア内に取り込まれ、アセチル CoA (C2 化合物)に酸化される。アセチル CoA は TCA 回路に入り、(⑤) (C4 化合物)と結合し、(⑥) (C6 化合物)が出来る。(⑥)はその後数段階を経て、また(⑤)を生産する。この一連の過程で酸化的に脱炭酸が起こり、NADH、FADH<sub>2</sub>等が生じる。生じた NADH、FADH<sub>2</sub>は電子伝達系に送られ、ATP が生産される。この時の最終電子受容体が(⑦)である。(⑦)がない状態では電子伝達系は働かず、グルコースはヒトでは(⑧)にまで代謝される。

- (1) (①) ~ (⑧) に適語や数字を以下の語群から選び答えよ。
- (2) 好気性原核生物は一般に好氣的条件下では 1 分子のグルコースから何分子の ATP を生産するか。語群から選び答えよ。
- (3) アルコール発酵により、グルコースが 9 g 分解されたとすると、エタノールは何 g 生成するか。小数第一位まで答えよ。ただし、アルコール発酵の式は以下の通りであり、原子量は H=1、C=12、O=16 とする。 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

語群

好気、嫌気、解糖系、グリオキシル酸サイクル、細胞質基質、マトリックス、ミトコンドリア、電子伝達系、グルコース、グリセロール、マルトース、グリセルアルデヒド 3 リン酸、フルクトース、オキサロ酢酸、ピルビン酸、コハク酸、乳酸、ホスホエノールピルビン酸、クエン酸、リンゴ酸、酸素、エタノール、二酸化炭素、1、2、3、4、36、38

## 生物化学（問題用紙）

(2/2ページ)

[3] 以下の文を読み、設問に答えよ。

タンパク質を構成するアミノ酸は、1 個の炭素原子に (1) と (2)、(3) と水素原子が結合したものである。生体内のタンパク質性アミノ酸は 20 種類に限られているが、種類を決めるのは炭素原子に結合する (3) である。アミノ酸の (1) と (2) が (4) 結合により連結したポリマーは (5) と呼ばれ、その単体あるいは集合体がタンパク質である。(5) は折りたたまれてア、ジグザク構造やらせん形構造といった (6) 構造をとり、それらが組み合わされてミオグロビンのようなさらに複雑な構造をとり、特有な機能を果たす。

触媒活性を有するタンパク質を特に酵素と呼び、生体内では酵素の働きによって比較的温和な条件下で非常に速やかに反応が起こる。酵素が作用する物質を (7) といい、例えばアミラーゼの (7) は (8) である。イ、酵素は特定の (7) としか反応せず、酵素が働くには酵素・(7) 複合体を作る必要があり、酵素の活性部位に (7) が結合し反応が始まる。この時、NADH 等の (9) や Fe、Mg 等の微量元素が必要なこともある。また酵素にはウ、反応が最も良く進む温度や pH が存在する。

(1) (1) ~ (9) に適語を以下の語群から選び答えよ。

(2) 下線ア、イ、ウのことを適切に表現する語句を以下の語群から選べ。

語群

NAD、アポ酵素、アミノ基、アミノ酸配列、カルボキシ基、サブ水素原子、側鎖、ペプチド、ヘム鉄、補酵素、ポリペプチド、ホロ酵素、一次、二次、三次、四次、基質、生成物、物質、デンプン、グルコース、セルロース、 $\alpha$ -ヘリックス、 $\beta$ -シート、ドメイン、基質特異性、Optimal temperature、Medium temperature

[4] 以下の文を読み、(1) ~ (9) に適語を以下の語群から選び答えよ。

真核生物の DNA は (1) というタンパク質に巻き取られ、ヌクレオソームを形成する。真核生物の遺伝子の DNA 領域には遺伝情報を持つ (2) と呼ばれる領域と遺伝情報を持たない (3) と呼ばれる領域がある。そのため真核生物では転写直後の RNA から (3) を切り捨てる (4) という過程を経て mRNA がつくられる。また、原核生物において、ある遺伝子を発現させるか否かを決める調節遺伝子が存在し、この遺伝子の作る (5) というタンパク質が DNA の (6) 部位に結合するとその遺伝子は発現しない。(5) の結合を妨げる物質を (7) (例えばラクトースを指す) という。この仕組みは (8) 説とよばれ、(9) とモノーが提唱した。

語群

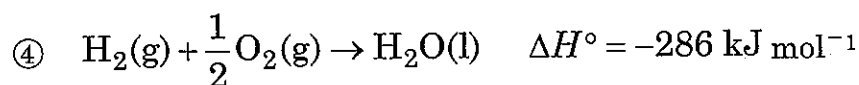
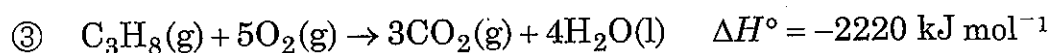
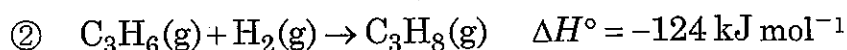
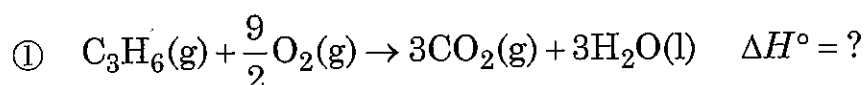
ヒストン、クロマチン、コア、イントロン、エキソン、スプライシング、投げ縄、オールターナティブ、サプレッサー、リプレッサー、エンハンサー、オペレーター、誘導物質、オペロン、オムロン、ジャコブ、エブリー、ワトソン



## 物理化学 (問題用紙)

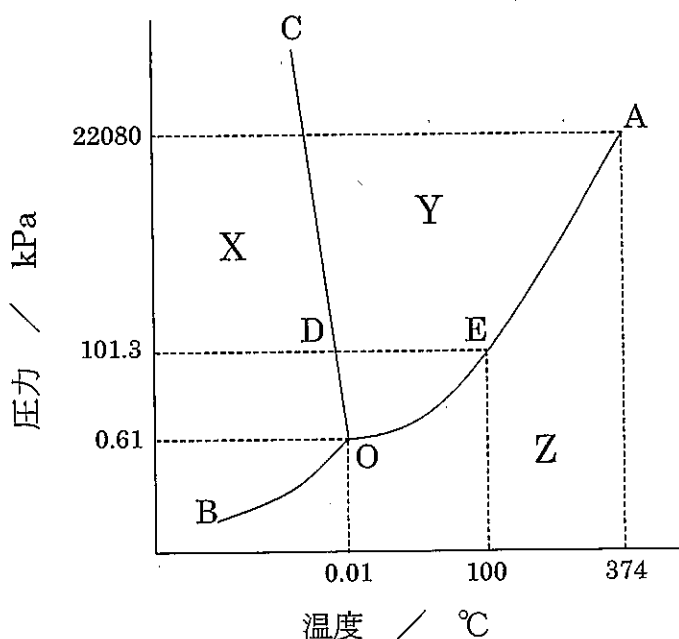
(1/4ページ)

[1] 下の①の反応における標準エンタルピー変化 ( $\Delta H^\circ$ ) を、その下の反応②~④の反応式を用いて求めよ。反応式中の(g)、(l)はそれぞれ気体状態、液体状態を表す。(解答用紙には算出の手順が分かるように記述すること)



[2] 右下の図は  $\text{H}_2\text{O}$  の状態図である。ただし、実際の尺度の割合によらないで書いてある。この図について次の問いに答えよ。

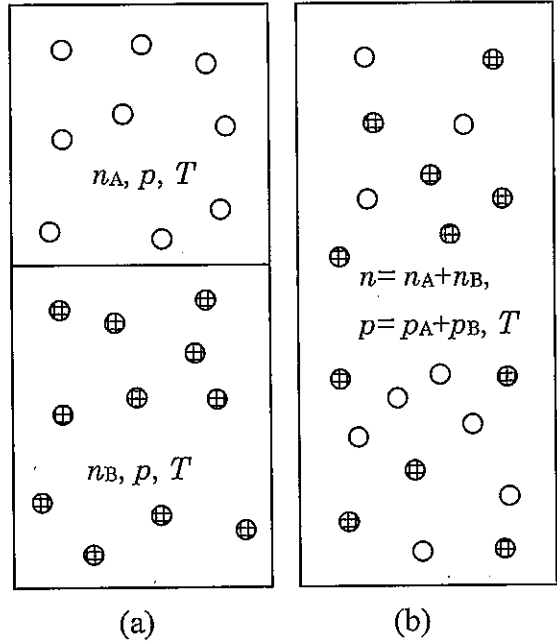
- X、Y、Z と記した平面領域は、それぞれどのような相の存在を表しているか。
- 曲線 OA、OB、OC 上では、それぞれどのような相が存在できるか。ただし、O 点、A 点は除く。
- O 点は何と呼ばれるか。またこの点における、相律で規定される自由度の数はいくつか。
- A 点は何点と呼ばれるか。また、これより高温における物質(流体)は何と呼ばれるか。



# 物理化学 (問題用紙)

(2/4ページ)

[3] 仕切りを付けた容器に気体 A、B を入れ(図(a))、次に仕切りを取り去る (図(b))。仕切りを取り去る前後でのギブスエネルギーの変化  $\Delta G$  を求めることを考える。下の ① ~ ⑩ に適切な数式、言葉、記号等を入れ、文章を完成せよ。ただし、気体 A、B それぞれの物質量を  $n_A$ 、 $n_B$ 、分圧を  $p_A$ 、 $p_B$ 、モル分率を  $x_A$ 、 $x_B$ 、標準化学ポテンシャルを  $\mu_A^\circ$ 、 $\mu_B^\circ$ 、化学ポテンシャルを  $\mu_A$ 、 $\mu_B$ 、全物質量を  $n$ 、全圧を  $p$ 、絶対温度を  $T$ 、気体定数を  $R$  とする。



混合前の系全体のギブスエネルギー  $G_i$  は

$$G_i = n_A \mu_A + n_B \mu_B$$

一般に圧力  $p$ 、温度  $T$  における化学ポテンシャル  $\mu$  は、標準化学ポテンシャルを  $\mu^\circ$  とし、次のように表される。

$$\mu = \mu^\circ + RT \ln p$$

したがって

$$G_i = n_A \left( \mu_A^\circ + \boxed{\text{①}} \right) + n_B \left( \mu_B^\circ + \boxed{\text{②}} \right)$$

仕切りを取り去った後の系全体のギブスエネルギー  $G_f$  は、A、B の分圧  $p_A$ 、 $p_B$  を用いて表すと

$$G_f = n_A \left( \mu_A^\circ + \boxed{\text{③}} \right) + n_B \left( \mu_B^\circ + \boxed{\text{④}} \right)$$

$p_A$ 、 $p_B$  を全圧  $p$  とモル分率  $x_A$ 、 $x_B$  を用いて表すと

$$G_f = n_A \left( \mu_A^\circ + \boxed{\text{⑤}} \right) + n_B \left( \mu_B^\circ + \boxed{\text{⑥}} \right)$$

したがって

$$\begin{aligned} \Delta G &= G_f - G_i \\ &= RT \left( \boxed{\text{⑦}} + \boxed{\text{⑧}} \right) \end{aligned}$$

$n_A$ 、 $n_B$  を  $n$  と  $x_A$ 、 $x_B$  を用いて表すと、次の関係式が得られる。

$$\Delta G = nRT \left( \boxed{\text{⑨}} + \boxed{\text{⑩}} \right)$$

## 物理化学 (問題用紙)

(3/4ページ)

[4] 次の文の ① ~ ⑩ に適当な言葉や式などを入れ、文章を完成せよ。

(1) 反応、 $A \rightarrow P$  において、その反応速度  $v$  が

$$v = -\frac{d[A]}{dt} = k_r[A] \quad ([A] \text{ は時刻 } t \text{ における成分 } A \text{ の濃度、} k_r \text{ は反応速度定数})$$

で示されるとき、この反応は ① 次反応であるという。この式を次のように整理し、

$$\frac{1}{[A]} d[A] = -k_r dt$$

両辺を、時刻 0 から  $t$ 、初濃度  $[A]_0$  から濃度  $[A]$  まで積分すると

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = \text{②}$$

という結果が得られる。この式は縦軸に  $\ln([A]/[A]_0)$ 、横軸に ③ をとって実験結果をプロットすると、傾き ④ の直線が得られることを示している。また、上式を次式のように書き換えると  $[A]$  が時間とともに指数関数的に減少することが分かる。

$$[A] = [A]_0 \times e^{\text{⑤}}$$

(2) 反応物の濃度が初濃度の半分になるまでの時間を ⑥ ( $t_{1/2}$ ) という。(1)の反応では  $t_{1/2}$  は初濃度に依存 ⑦。(⑦には、「する」「しない」の何れかを入れる)(3) 反応速度定数  $k_r$  の温度依存性は、 $A$  を頻度因子、 $E_a$  を反応の活性化エネルギー、気体定数を  $R$ 、温度を  $T$  として、次のアレニウスの式で示される

$$k_r = A \times \text{⑧}$$

両辺の対数をとると

$$\ln k_r = \ln A - \text{⑨} \times \frac{1}{T}$$

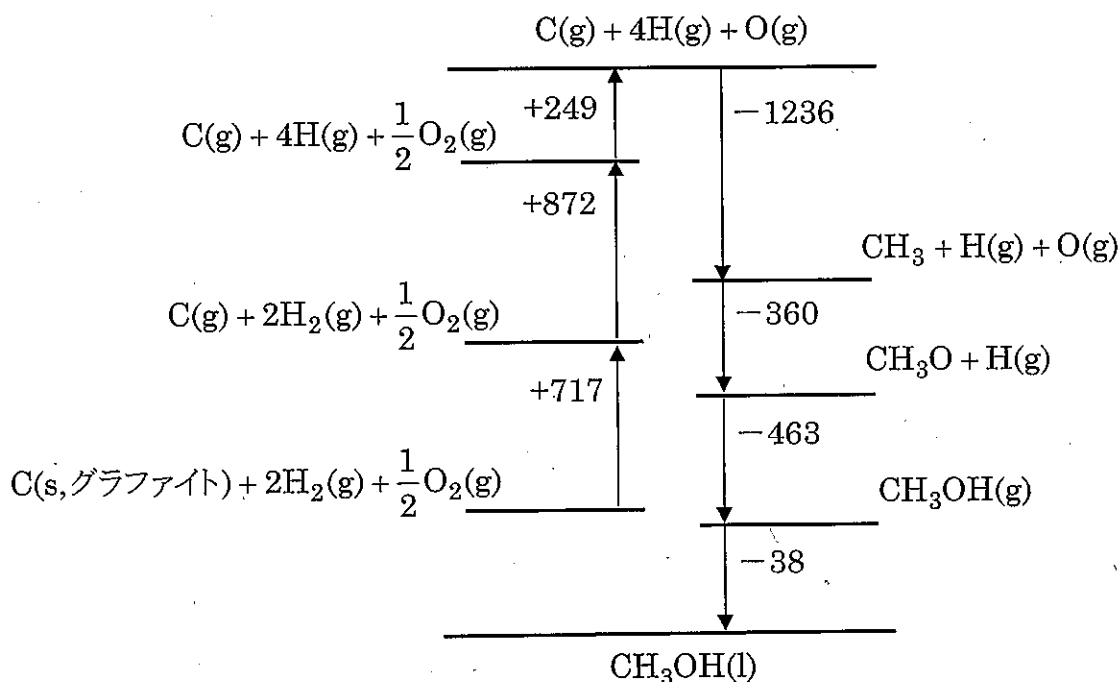
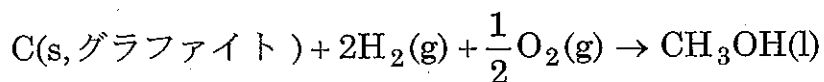
という関係式が得られる。

この式は縦軸に  $\ln k_r$ 、横軸に ⑩ をとり実験結果をプロットすると、傾き - ⑨ の直線が得られることを示しており、これから反応の活性化エネルギーを求めることができる。

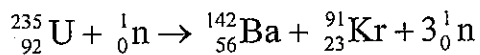
## 物理化学 (問題用紙)

(4/4ページ)

[5] 下の図中には昇華エンタルピー、結合エンタルピー、平均結合エンタルピーなどが記入されている (矢印の長さは数値の大きさと対応するようには書いていない)。この図を基に次の反応におけるエンタルピー変化を予想せよ。反応式中の(s)、(l)、(g)はそれぞれ固体状態、液体状態、気体状態を表し、図中の数値の単位は  $\text{kJ mol}^{-1}$  である。(解答用紙には算出の手順が分かるように記述すること)



[6]  $^{235}_{92}\text{U}$  1.0 g が下のような核分裂反応に起こした。この核分裂反応に伴い放出されるエネルギーを求めよ。また、このエネルギーは石炭何 ton の燃焼熱に相当するか。



$^{235}_{92}\text{U}$ ,  $^{142}_{56}\text{Ba}$ ,  $^{91}_{23}\text{Kr}$ ,  ${}^1_0\text{n}$  のモル質量はそれぞれ  $235.0439 \text{ g mol}^{-1}$ 、 $141.91645 \text{ g mol}^{-1}$ 、 $90.9234 \text{ g mol}^{-1}$ 、 $1.0087 \text{ g mol}^{-1}$  である。また、石炭の燃焼熱は  $27 \text{ MJ kg}^{-1}$ 、光の速度は  $2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  とする。