



令和 5 年 度

工 学 部 工 学 科 生 命 工 学 コ ー ス

一 般 選 抜 (後 期 日 程)

総 合 問 題

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
- 2 この問題冊子は全部で8ページ、解答用紙は2枚、下書き用紙は2枚である。
試験開始の合図があってから、それらを確認すること。
- 3 試験開始後に、解答用紙の指定欄に受験番号を算用数字で記入すること。
- 4 1, 2, 3, 4の4問のうち、2問を選択して解答すること。
- 5 解答用紙の問題番号欄に解答問題の番号を記入すること。
- 6 解答は、指定された解答用紙に記入すること。解答が1ページで書ききれない場合は、その裏面に解答を続けて良い。ただし裏面に解答する場合は、その旨を表面に明記すること。
- 7 指定された解答用紙以外に記入した解答は、評価（採点）の対象としない。
- 8 配布された問題冊子および下書き用紙は、試験終了後、持ち帰ること。

1 以下の各問いに答えよ。

(1) 一辺の長さが a の正四面体 ABCD がある。頂点 A から底面 BCD に下ろした垂線を AQ とする。

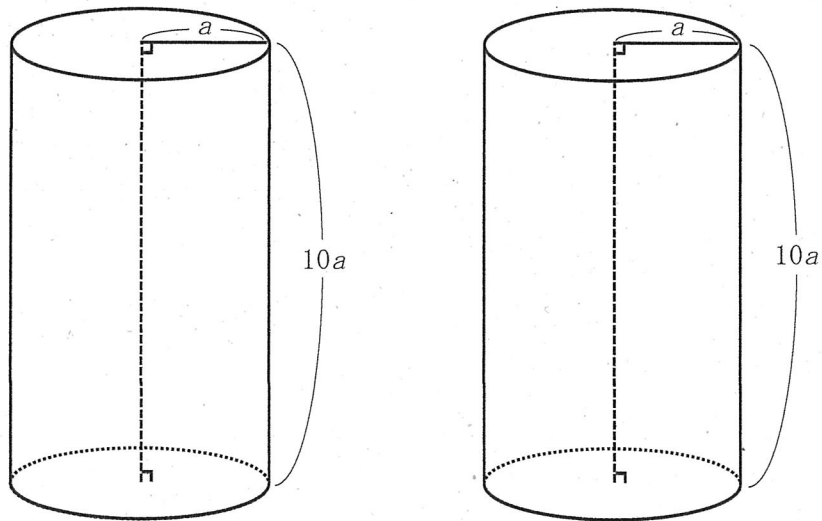
(a) この垂線 AQ の長さを求めよ。

(b) この正四面体の体積を求めよ。

(2) 底面の半径が a で、高さ $10a$ の円柱が 2 つある。この 2 つの円柱が交わった物体 X を考える。ただし、物体 X において 2 つの円柱の中心軸は、それぞれの端から長さ $5a$ のところで垂直に交わっている。

(a) 2 つの中心軸を含む平面で物体 X を切断したとき、2 つの円柱が交わった部分はどうのような形状を示すか。また、その面積を求めよ。

(b) 2 つの円柱が交わった部分の体積を求めよ。



以下余白

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

太陽や白熱電球やガス灯の光など様々な方向に振動する光の波の集まりを自然光という。このような光の波が偏光板を通過すると、偏光板の軸と呼ばれる特定の方向と平行に振動する偏光となる。

図1のように、光源 L と光センサ D があり、その光軸上に 2 枚の同じ大きさの円形の偏光板 P₁ および P₂ を光軸と垂直になるように設置した。偏光板 P₁ は D から見て時計回りに回転できるようにし、偏光板 P₂ は縦方向の振動の光を通すように固定した。

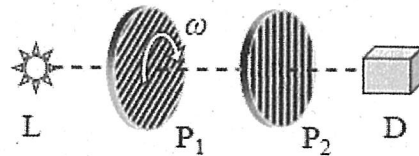


図1

光源 L は、すべての方向に振動する光を均等に持つ自然光で、特定の波長を持ち、かつ十分遠くにあり平行光線とみなせるものとする。また、用いる偏光板はすべて材料自体での光の吸収はなく、偏光性能も均一な理想的な偏光板とする。また、この実験系では、光源 L 以外からの光は一切入ってこないものとする。そして、実験は一定の温度で行われ温度の影響は受けないものとする。

- (1) 偏光板 P₁ を回転させたとき、光センサ D で検知される光の強さは回転に応じて変化した。最も強くなるとき、および最も弱くなるときは、それぞれどんなときか、説明せよ。
- (2) 偏光板 P₁ の軸の角度が偏光板 P₂ の軸（縦方向）から時計回りに θ 度のときを考える。このとき、偏光板 P₁ を通過した偏光のうち、偏光板 P₂ の軸方向の振動成分のみが偏光板 P₂ を通過すると考える。偏光板 P₁ を通過した後の偏光の振幅を A_0 、偏光板 P₂ を通過した後の偏光の振幅を A とすると、 A はどのような式で表されるか、 A_0 と θ を用いて示せ。
- (3) 光センサ D は光の強さを検知するが、光の強さは光の振幅の 2 乗に比例することが知られている。偏光板 P₁ を通過した後の偏光の強さを I_0 、偏光板 P₂ を通過した後の偏光の強さを I とすると、 I はどのような式で表されるか、 I_0 と θ を用いて示せ。
- (4) 偏光板 P₁ を一定の角速度 ω で回転させたとする。偏光板 P₁ の軸方向が偏光板 P₂ の軸方向と同じになった時点を時刻 $t = 0$ として、D で検知される光の強さ $I(t)$ はどのような式で表されるか、 I_0 、 ω 、 t を用いて示せ。
- (5) $I(t)$ の $t = 0$ から 2 周期分のグラフを実線で表せ。

- (6) 偏光板 P_1 を毎秒 6.0 度の等速で回転させた。このときの光の強さの周期を求めよ。

偏光に対して作用するいろいろな物質がある。例えば、偏光がブドウ糖や果糖、ショ糖などの水溶液を通過すると、偏光の軸の角度が変わり、その角度の変化量はその物質の濃度が増えるにしたがって大きくなることが知られている。

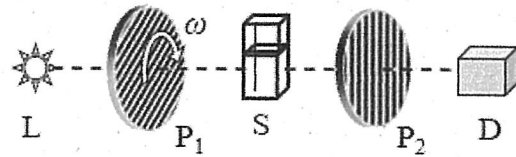


図 2

そこで図 2 のように偏光板 P_1 と偏光板 P_2 の間に、ある物質 X が溶解した濃度不明の透明な水溶液を入れた透明容器 S を設置した。この容器は壁の厚みは無視でき、容器での光の反射や吸収、散乱はなく、偏光への影響も全くないものとする。

- (7) (4) と同じように、偏光板 P_1 を一定の角速度 ω で回転させた。偏光板 P_1 を通過した偏光が物質 X 水溶液を入れた透明容器 S を通過することで、偏光の振動の軸が d 度、D から見て時計方向に回転するとする。D で検知される光の強さ $I(t)$ はどのような式で表されるか、 I_0 、 ω 、 t および d を用いて示せ。

- (8) (7) の $I(t)$ のグラフを設問(5)のグラフの上に点線で表せ。

- (9) 偏光板 P_1 を毎秒 6.0 度の等速で回転させたとき、濃度未知の物質 X 水溶液を透明容器 S に入れた場合、入れていないときに比べて、光の強度が最大になる時間は 0.10 秒早くなった。このとき、物質 X 水溶液により偏光の軸は何度変化したかを求めよ。

- (10) 透明容器 S にいろいろな濃度の物質 X 水溶液を入れて、変化した偏光の軸の角度を調べると、物質 X の濃度と角度の変化量の間には正比例の関係があることが分かった。その濃度範囲の中で物質 X の質量パーセント濃度が 15% のとき、偏光の軸の角度はちょうど 1.0 度時計回りに変化することが分かった。設問(9)で測定した物質 X 水溶液の濃度を求めよ。

以下余白

- 3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。計算に原子量が必要な時は、 $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$, $Na = 23$, $Cl = 35$ を用いよ。

- (1) 原子の種類を元素というが、原子の種類を同位体も考えて区別するときには、 A_ZX のように表現する。この表現で、 X は (あ) とよばれ、 Z は (い), A は (う) である。 Z は、原子核を構成する (え) あるいはその原子が持つ (お) の数を表し、 A は (え) と (か) の数の和である。

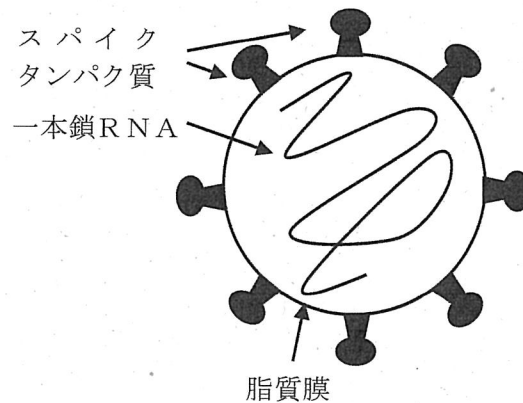
i 水素には、(き) 個の天然同位体がある。炭素にも同位体が存在するが、天然に存在するものは、やはり (き) 個である。元素は、自然界に約 90 種類存在し、人工的につくられたものも含めて約 120 種類が知られている。人工元素のうち、 Z が 113、 A が 278 の元素は、日本で初めて合成に成功し、2016 年に (く) と命名され、(あ) を Nh と表記することが国際組織で認められた。この新元素 (く) は、加速器を用い、超高速で Zn の原子核を Bi の原子核に衝突させることによって、以下の下線部 ii のように合成された。最初にできる ${}^{E}_{113}\text{Nh}$ は、すぐ 1 個の (か) を放出し、 ${}^{278}_{113}\text{Nh}$ を生成するが、この原子の原子核は極めて不安定で、ごく短時間のうちに数段階にわたり、(け) の原子核である (こ) 線を放出しながら別の原子核に変わるため、この多段階の (こ) 線の放出の観測によって (く) の合成が証明された。



(ここで、 \boxtimes は 1 個の (か) を表す)

- (a) (あ) ~ (こ) に適する語句、数字、あるいは記号を記せ。
- (b) 下線部 i に記した水素の天然同位体をすべて A_ZX の形で表せ。
- (c) 下線部 i に記した炭素の天然同位体のうち、 ${}^{14}_6\text{C}$ の持つ特性とその特性を活かした応用について説明せよ。
- (d) 下線部 ii に記した D と E に当たる数字を記せ。
- (2) 降雪時に凍結防止剤として塩化カルシウムが散布されるのを目撃した高校生の M 君は、そういえば、水は 0°C で凍るが、ジュースや海水は 0°C では凍らないと聞いたことを思い出した。そこで、ブドウ糖 10 g を純水 100 g に溶かした溶液と、塩化ナトリウム 10 g を純水 100 g に溶かした溶液を作り、それぞれの凝固点降下を測定する実験を行った。
- (a) 上記のブドウ糖水溶液と塩化ナトリウム水溶液の凝固点降下の大小は、凝固点降下を計算しなくても溶質の物理量の違いから推定できる。この物理量を 2 つ記せ。

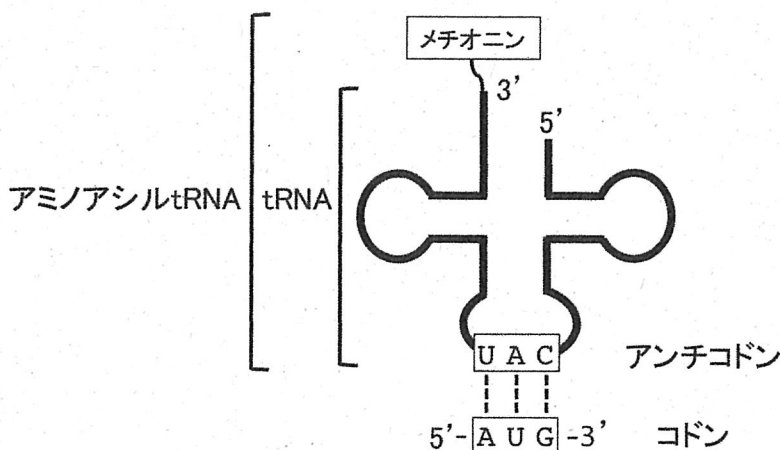
- (b) 上記のブドウ糖水溶液と塩化ナトリウム水溶液のそれぞれの凝固点を計算せよ。なお、水の凝固点は 0°C 、モル凝固点降下は、 $1.85\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。
- (c) 実際に凝固点を測定してみたところ、塩化ナトリウム水溶液では実測値が計算で求めた値より高めになった。この原因として考えられることを記せ。
- (3) 新型コロナウイルスの感染防止対策の1つとして、エタノールによる手指消毒や次亜塩素酸水によるテーブルやドアノブなどの消毒が有効であるが、高校生のFさんはどうしてこれらの物質が感染防止に有効なのかに関心を抱いた。調べてみたところ、新型コロナウイルスは下の模式図のような構造をしていることがわかった。
- (a) エタノールによる消毒が新型コロナウイルスに対して有効な理由を、ウイルスを構成する分子との関係を考えながら説明せよ。
- (b) 次亜塩素酸水による消毒が新型コロナウイルスに対して有効な理由を、ウイルスを構成する分子との関係を考えながら説明せよ。



以下余白

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

mRNA は、コドンという 3 塩基の配列を基にタンパク質のアミノ酸配列を規定する。tRNA は、リボソーム上で mRNA に記されたコドンを解読し、その情報をタンパク質のアミノ酸配列に翻訳するための、下図に示すようなクローバーの葉の形をした RNA である。tRNA には、mRNA のコドンに結合する 3 塩基（アンチコドン）と、各アンチコドンに対応して特定のアミノ酸が結合する部位がある。アミノ酸が結合した tRNA を、アミノアシル tRNA と呼ぶ。例えば下図に示すように、コドン AUG に相補的なアンチコドン CAU を持つアミノアシル tRNA にはメチオニンが結合しているため、コドン AUG はメチオニンへと翻訳される。A はアデニン、U はウラシル、G はグアニン、C はシトシンである。コドンの塩基配列は、5'から 3'末端に向けて記してある。



今、ウラシル (U) を持つヌクレオチドとシトシン (C) を持つヌクレオチドをモル分率にして 72.0 : 28.0 の割合で混合した溶液を用いて、3 塩基からなる RNA をランダムに化学合成した。この合成 RNA に結合するアミノアシル tRNA を分離し、得られたアミノアシル tRNA に結合しているアミノ酸を同定することで、どのコドンがどのアミノ酸に対応するかを調べることができる。ただし、この実験を行うにあたり、リボソームなど反応に必要な要素は全てそろっているものとし、コドンとアンチコドンの結合効率には、塩基組成による影響を受けず全て等しいものとする。

- (1) コドンとアンチコドンの塩基対の形成に関与する結合を何というか答えよ。
- (2) 下線部で化学合成した RNA には、どのような塩基の組み合わせからなるコドンが存在するか。可能なコドンを全て記すとともに、各コドンの出現頻度を算出せよ。コドンの塩基配列は、5'から 3'末端に向けて左から右に記せ。
- (3) 下線部で化学合成した RNA に結合したアミノアシル tRNA を調べたところ、フェニルアラニン : ロイシン : セリン : プロリンが、モル比にして約 13 : 5 : 5 : 2 の割合で検出された。(2) の各コドンがどのアミノ酸に対応するかについて推論せよ。ただし、アミノ酸はコドンの 1 番目と 2 番目の塩基の組み合わせにより決まり、3 番目の塩基はアミ

ノ酸の決定には関与しないものとする（例：コドン UUU と UUC は同じアミノ酸に対応する）。

- (4) 5'-CGUAGGUAG-3'の9塩基からなる RNA には、何種類のコドンが存在するか。可能な組み合わせを全て示せ。
- (5) 5'-CGUAGGUAG-3'の9塩基からなる RNA の中には、対応するアミノ酸を持たない終止コドンが1種類存在する。この RNA に含まれるコドンに結合したアミノアシル tRNA を調べたところ、3種類のアミノ酸がモル比にして2:2:1の割合で同定された。この結果を基に、5'-CGUAGGUAG-3'の9塩基からなる RNA に含まれるコドンについてどのようなことが推測できるか答えよ。

以下余白

解 答 用 紙

問題番号	
------	--

受験番号

総 点

採 点

令和5年度 工学部 工学科 生命工学コース 一般選抜（後期日程）

解 答 用 紙

問題番号	
------	--

受験番号

採点

見本

下書き用紙

紙 用 書 下

見本