

受験番号					氏名
------	--	--	--	--	----

2020 年度

理 科

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
2. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりである。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～19	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	20～34	
生 物	35～54	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークせよ。

① 受験番号欄

受験番号を4ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する4ケタをマークせよ。(例)受験番号 0025 番→

0	0	2	5
---	---	---	---

 と記入。

② 氏名欄 氏名・フリガナを記入せよ。

③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークせよ。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがある。
6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークせよ。

例えば

15

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークせよ。薄いもの、不完全なものは解答したことにはならない。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消すこと。鉛筆の色や消しくずが残ったり、のような消し方などをした場合は、修正したことにならない。
8. 解答をそれぞれの問題に指定された数と異なる数をマークした場合は無解答とする。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはならない。
10. 試験終了後、問題冊子および解答用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

物 理

解答にあたっての諸注意

1. 各設問の後に、解答番号、解答形式、単位が記されているので、その解答様式にしたがって解答すること。
2. 計算に用いる数値は、解答の有効数字の桁数より 1 桁多くしたものとすること。
3. 各問題を解くために必要な定数を記した定数表や三角関数表を物理の問題の最後に添付した。

第 1 問 次の文章を読み、下の問(問 1 ~ 3)に答えよ。

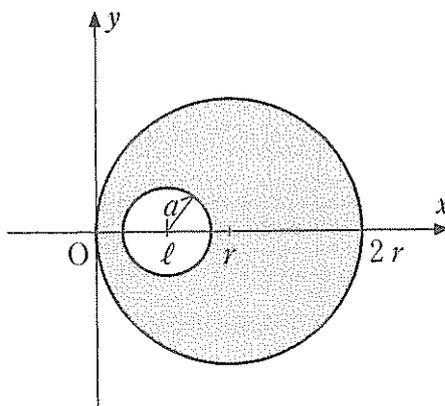


図 1

図 1 のように半径 r の一様な円板から、半径 a の円板状の部分を切り抜いた。ここで、 a は 0 から r までの値である。また、2 つの円板の中心は x 軸上にあり、 l は切り抜いた円板の中心の x 座標である。

問 1 a が $\frac{1}{4}r$, l が $\frac{1}{4}r$ のとき, 残りの部分の重心の x 座標はいくらか。最も
 適当なものを, 次の①~⑨のうちから一つ選べ。 1

- ① $\frac{61}{60}r$ ② $\frac{51}{50}r$ ③ $\frac{41}{40}r$ ④ $\frac{31}{30}r$ ⑤ $\frac{21}{20}r$
 ⑥ $\frac{11}{10}r$ ⑦ $\frac{10}{9}r$ ⑧ $\frac{9}{8}r$ ⑨ $\frac{8}{7}r$

問 2 a が $\frac{1}{4}r$, l が $\frac{1}{2}r$ のとき, 残りの部分の重心の x 座標はいくらか。最も
 適当なものを, 次の①~⑨のうちから一つ選べ。 2

- ① $\frac{61}{60}r$ ② $\frac{51}{50}r$ ③ $\frac{41}{40}r$ ④ $\frac{31}{30}r$ ⑤ $\frac{21}{20}r$
 ⑥ $\frac{11}{10}r$ ⑦ $\frac{10}{9}r$ ⑧ $\frac{9}{8}r$ ⑨ $\frac{8}{7}r$

問 3 a が $\frac{2}{3}r$ であり, 残りの部分の重心の x 座標が $\frac{5}{6}r$ のとき, l はいくら
 か。最も適当なものを, 次の①~⑨のうちから一つ選べ。 3

- ① $\frac{2}{3}r$ ② $\frac{3}{4}r$ ③ $\frac{5}{6}r$ ④ $\frac{7}{8}r$ ⑤ $\frac{7}{12}r$
 ⑥ $\frac{13}{12}r$ ⑦ $\frac{29}{24}r$ ⑧ $\frac{43}{36}r$ ⑨ $\frac{59}{48}r$

第2問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

図2のように、粗い面の板(以後、板)が台車に乗せてある。この板の上に置いた物体の運動について考える。台車は水平面上を1方向にのみ移動できる。板は水平面に対して傾けることができる。ここで、板と物体の間の静止摩擦係数は0.60、動摩擦係数は0.35とする。また、簡単のため重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

問1 図2(a)のように、台車を固定した状態で、板の傾き θ を 45° にしたところ板の上を物体が滑った。物体の加速度 a の大きさはいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 m/s^2

- ① 1.2 ② 2.3 ③ 3.4 ④ 4.5 ⑤ 5.9
⑥ 6.7 ⑦ 7.8 ⑧ 8.9 ⑨ 9.8

問2 板を水平にした状態で物体を板の上に置いた。台車を図2(b)のように、静止した状態から右へ動かし加速度を増加させていったところ、物体が板の上を滑った。物体が滑り始めたときの台車の加速度 A_1 の大きさはいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 m/s^2

- ① 1.2 ② 2.3 ③ 3.4 ④ 4.5 ⑤ 5.9
⑥ 6.7 ⑦ 7.8 ⑧ 8.9 ⑨ 9.8

問3 台車を静止させて、板の傾き θ を 25° にして物体を板の上に置いたところ物体は静止した。台車を図2(c)のように、右へ動かし加速度を増加させていったところ、物体が板の上を滑った。物体が滑り始めたときの台車の加速度 A_2 の大きさはいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

m/s^2

- ① 0.78 ② 1.0 ③ 1.6 ④ 2.0 ⑤ 2.3
⑥ 3.2 ⑦ 4.5 ⑧ 5.7 ⑨ 7.9

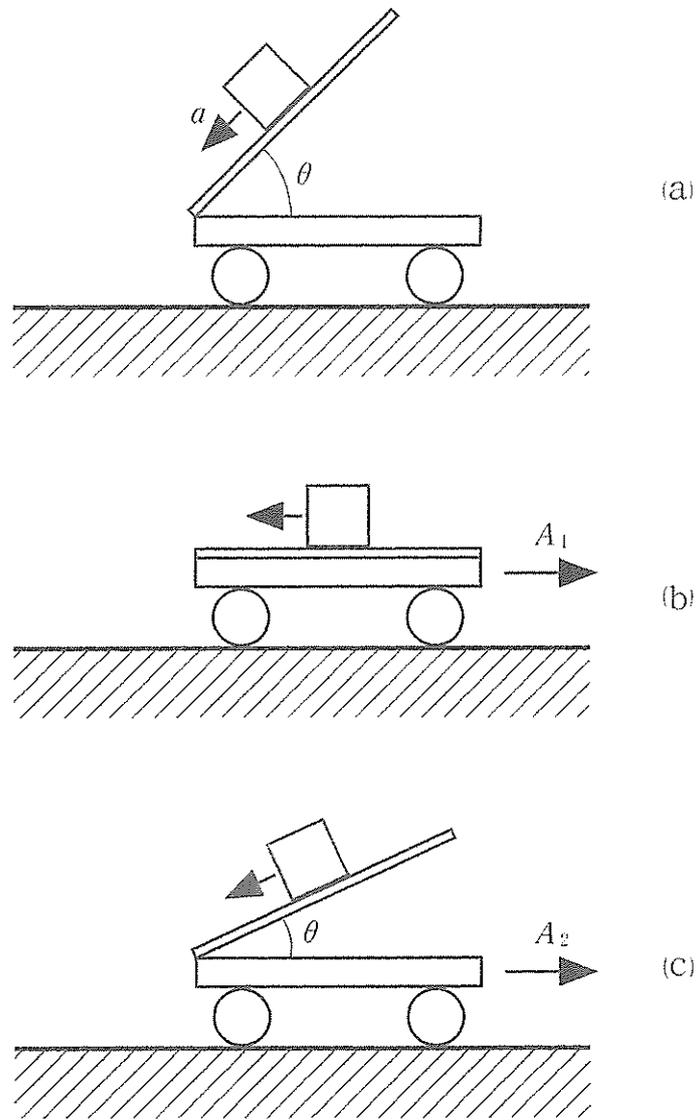


图 2

第3問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

密度 $2.50 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ の物体 A と、密度 $2.50 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ の物体 B がある。物体 A、B とも円柱状で同じ太さである。物体 A、B の質量は、それぞれ $2.50 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 、 $1.50 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 、また物体 A、B の長さは、それぞれ $3.33 \times 10^{-2} \text{ m}$ 、 $2.00 \times 10^{-1} \text{ m}$ であった。物体 A と物体 B を接着し図 3(a) のような浮きを作成した。ここで、簡単のために水の密度は、 $1.000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とする。ただし、接着剤の体積および質量は考えなくて良い。近似値 $\sqrt{2} = 1.414$ 、 $\sqrt{3} = 1.732$ 、 $\sqrt{5} = 2.236$ 、 $\sqrt{7} = 2.646$ を用いてもよい。また、簡単のため重力加速度の大きさを 9.80 m/s^2 とする。

問 1 浮きを水の入れてある水槽に静かに入れた。浮きは、図 3(b) のように鉛直に立ち、物体 B の上端が水面より高さ h だけ出た状態で静止した。高さ h はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

m

- ① 1.25×10^{-2} ② 1.00×10^{-1} ③ 1.15×10^{-1} ④ 1.20×10^{-1}
 ⑤ 8.50×10^{-2} ⑥ 1.05×10^{-1} ⑦ 9.00×10^{-2} ⑧ 1.10×10^{-1}
 ⑨ 9.50×10^{-2}

問 2 図 3(b) の静止状態から浮きをわずかに水中に押し下げ、静かにはなしたところ、上下に周期運動を始めた。周期 T はいくらか。ただし、浮きは、水中を抵抗がなくなめらかに運動し、水面のゆれや表面張力は無視する。また、水槽は浮きより十分大きいとし、すべての運動は鉛直方向のみを考え、横ゆれや回転運動などはしないものとする。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 $\times 10^{-1} \text{ s}$

- ① 9.30 ② 7.65 ③ 8.69 ④ 9.02 ⑤ 6.72
 ⑥ 8.00 ⑦ 7.09 ⑧ 8.34 ⑨ 7.33

問 3 図 3 (c)のように、水とは異なる液体を入れた水槽に浮きを静かに入れた。浮きは鉛直に立ち、物体 B の上端が液面から高さ $d = 6.50 \times 10^{-2} \text{ m}$ だけ出た状態で静止した。液体の密度はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 $\times 10^2 \text{ kg/m}^3$

- ① 8.30 ② 8.08 ③ 7.52 ④ 7.77 ⑤ 7.02
 ⑥ 7.33 ⑦ 7.16 ⑧ 7.92 ⑨ 6.80

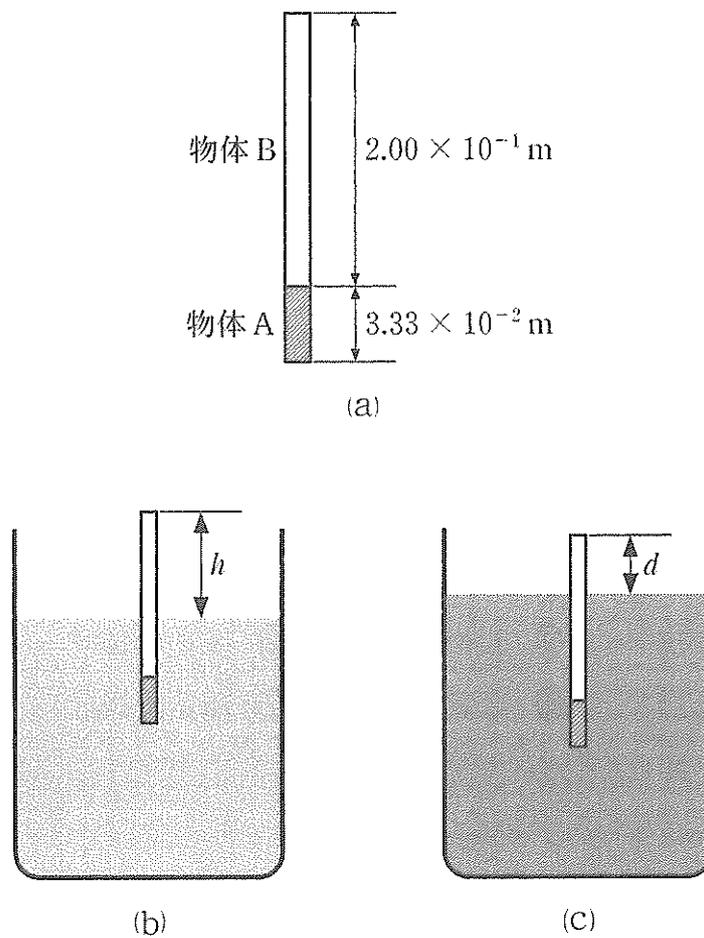


図 3

第4問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

極板の面積 $S = 3.0 \times 10^{-1} \text{ m}^2$ 、極板間の距離 $d = 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ の平行板コンデンサーがある。極板間に比誘電率 4.0 の誘電体の板が入っており、極板間が満たされている。このコンデンサーと電圧 $V = 5.0 \text{ V}$ の電池とスイッチを用いて図4のような回路をつくった。

スイッチを閉じ(図4(a))、十分時間がたった後にスイッチを開いた(図4(b))。その後まず、誘電体の板を半分だけ平行に引き出した(図4(c))。その次に、極板の間隔が $2d$ になるように広げた(図4(d))。

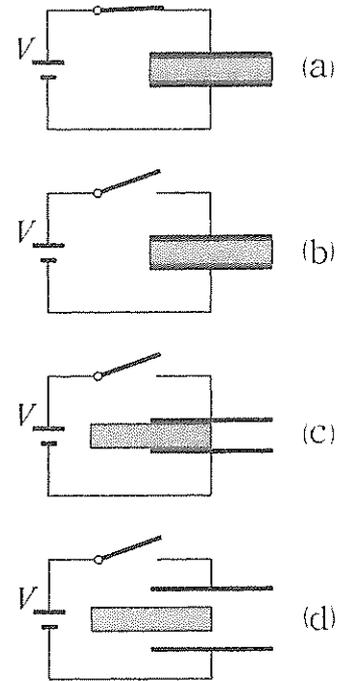


図4

問1 コンデンサーに蓄えられた電荷はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 C

- ① 4.0×10^{-9} ② 6.6×10^{-9} ③ 8.0×10^{-9} ④ 9.3×10^{-9}
 ⑤ 1.3×10^{-8} ⑥ 2.7×10^{-8} ⑦ 4.6×10^{-8} ⑧ 6.8×10^{-8}
 ⑨ 8.2×10^{-8}

問2 図4(c)のように、誘電体の板を半分引き出したとき、コンデンサーの極板間の電圧はいくらになったか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 V

- ① 1.2 ② 2.4 ③ 3.5 ④ 4.2 ⑤ 5.0
 ⑥ 6.1 ⑦ 7.2 ⑧ 8.0 ⑨ 9.3

問 3 図 4(d)のように、極板の間隔を $2d$ に広げたとき、コンデンサーの極板間の電圧はいくらになったか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 V

- ① 42 ② 31 ③ 20 ④ 11 ⑤ 5.0
⑥ 4.2 ⑦ 3.1 ⑧ 2.0 ⑨ 1.1

第5問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

図5のように、抵抗R、コイルL、コンデンサーCを並列につないで回路をつくり、周波数50 Hzの交流電源をつないだ。ここで、抵抗の直流抵抗 $R = 1.00 \times 10^3 \Omega$ 、コイルのインダクタンス $L = 4.0 \text{ H}$ 、コンデンサーのキャパシタンス $C = 5.0 \times 10^{-6} \text{ F}$ 、交流電源の電圧の実効値 $V_e = 100 \text{ V}$ とする。

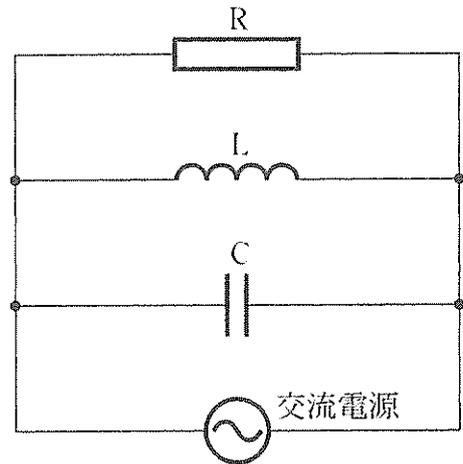


図5

問1 コンデンサーCに流れる電流の実効値はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 A

- ① 1.6×10^{-2} ② 2.2×10^{-2} ③ 3.7×10^{-2} ④ 4.9×10^{-2}
 ⑤ 6.8×10^{-3} ⑥ 8.3×10^{-3} ⑦ 1.6×10^{-1} ⑧ 2.2×10^{-1}
 ⑨ 3.7×10^{-1}

問2 コイルLに流れる電流の実効値はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 A

- ① 8.0×10^{-2} ② 6.0×10^{-2} ③ 4.0×10^{-2} ④ 2.0×10^{-2}
 ⑤ 8.0×10^{-3} ⑥ 6.0×10^{-3} ⑦ 4.0×10^{-3} ⑧ 2.0×10^{-3}
 ⑨ 8.0×10^{-4}

問 3 交流電源の電圧と回路全体に流れる電流との位相差はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 °

- ① 0 ② 16 ③ 27 ④ 38 ⑤ 49
⑥ 64 ⑦ 75 ⑧ 88 ⑨ 90

第6問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

図6のように、厚さ $a = 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ 、幅 $b = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ の直方体の半導体試料を水平に置き、鉛直上向きに磁束密度 $B = 1.00 \times 10^{-2} \text{ T}$ の一様な磁場を加え、 $I = 1.00 \times 10^{-2} \text{ A}$ の電流を図に示した向きに流したところ、しばらくしてから、試料の側面 Q に対して側面 P に $+4.0 \times 10^{-2} \text{ V}$ の電圧が生じた。

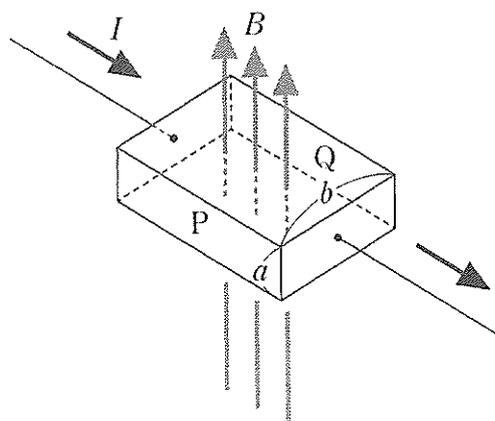


図6

問1 キャリア(電流の担い手)は何か。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

- ① ニュートリノ ② プラズマ ③ 陰イオン ④ 陽イオン ⑤ 陽電子
⑥ ホール ⑦ 中性子 ⑧ 陽子 ⑨ 電子

問2 単位体積あたりのキャリアの数はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 個/m³

- ① 7.2×10^{16} ② 8.1×10^{17} ③ 7.8×10^{18} ④ 4.2×10^{19}
⑤ 5.5×10^{20} ⑥ 3.2×10^{21} ⑦ 8.1×10^{22} ⑧ 6.3×10^{23}
⑨ 4.2×10^{24}

問 3 試料内を直進するキャリアの速さはいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 m/s

- ① 6.3×10^{-1} ② 2.2×10^{-1} ③ 3.5×10^0 ④ 7.2×10^1
⑤ 6.7×10^2 ⑥ 3.3×10^3 ⑦ 4.5×10^4 ⑧ 1.3×10^5
⑨ 2.7×10^6

第7問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

図7のように、スクリーンから距離1.200 mだけ離してスクリーンと平行に回折格子を置いた。波長 5.32×10^{-7} mのレーザー光を回折格子に垂直にあてると、スクリーン上に複数の明るい点が現れた。スクリーン上中央の明るい点をOとし、点Oのすぐ近くの明るい2点をP、Qとする。

問1 PQ間の距離が 1.60×10^{-1} mのとき、回折格子の格子定数はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 19 m

- ① 1.60×10^{-5} ② 1.60×10^{-7} ③ 1.60×10^{-6} ④ 7.98×10^{-5}
 ⑤ 3.99×10^{-7} ⑥ 7.98×10^{-7} ⑦ 7.98×10^{-6} ⑧ 3.99×10^{-6}
 ⑨ 3.99×10^{-5}

問2 1.000 cmあたり1000本の線が引かれている回折格子に取り替えた。またレーザー装置も取り替え、波長 6.35×10^{-7} mのレーザー光を回折格子に垂直にあてた。Oの位置は変わらず、P、Qの位置が変化した。PQ間の距離はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

20 $\times 10^{-1}$ m

- ① 1.36 ② 1.52 ③ 2.15 ④ 1.99 ⑤ 1.21
 ⑥ 2.30 ⑦ 1.83 ⑧ 1.68 ⑨ 2.46

問3 レーザー装置および回折格子は問2のまま、Oの位置は変えずにPQ間の距離が 1.80×10^{-1} mになるように回折格子とスクリーンの距離を調整した。スクリーンと回折格子の距離はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 21 m

- ① 1.24 ② 1.48 ③ 1.18 ④ 1.36 ⑤ 1.54
 ⑥ 1.12 ⑦ 1.30 ⑧ 1.06 ⑨ 1.42

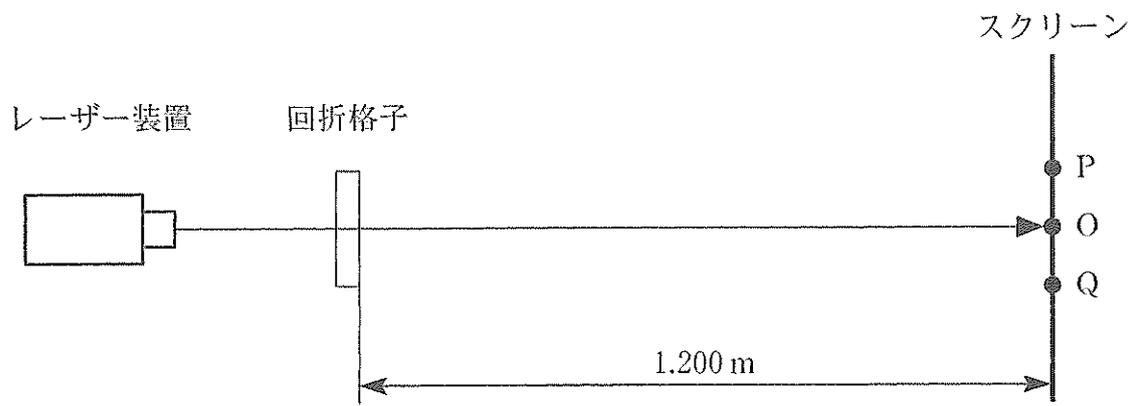


図 7

第8問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

熱を吸収、放出する熱機関を考える。
 ピストンがなめらかに動くシリンダーを使って、 n [mol]の単原子分子理想気体を封じ込め、図8のような変化A→B→C→D→Aを1サイクルとする熱機関を作った。ここで、

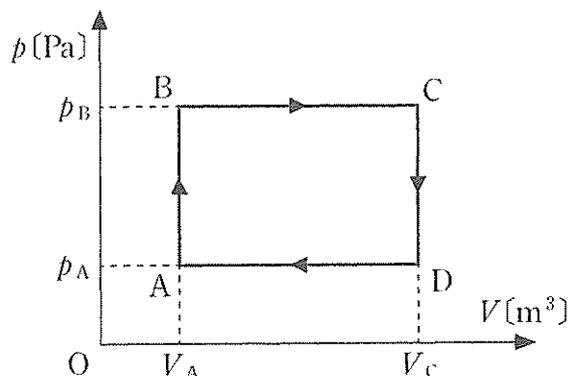


図8

$$p_A = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa,}$$

$$p_B = 3.00 \times 10^5 \text{ Pa,}$$

$$V_A = 1.00 \times 10^{-1} \text{ m}^3, \quad V_C = 4.00 \times 10^{-1} \text{ m}^3$$

とする。

問1 C→D→Aの過程で、この熱機関が外部へ放出した熱量はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 $\times 10^5 \text{ J}$

- ① 1.00 ② 1.40 ③ 1.55 ④ 1.95 ⑤ 2.25
 ⑥ 2.75 ⑦ 3.75 ⑧ 4.45 ⑨ 5.25

問2 C→D→Aの過程で、気体の内部エネルギーの変化量はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 $\times 10^5 \text{ J}$

- ① 1.25 ② 1.45 ③ 1.65 ④ 2.35 ⑤ 2.95
 ⑥ 3.55 ⑦ 4.35 ⑧ 5.45 ⑨ 6.23

問3 この熱機関の熱効率はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

- ① 0.24 ② 0.28 ③ 0.32 ④ 0.36 ⑤ 0.40
 ⑥ 0.44 ⑦ 0.48 ⑧ 0.52 ⑨ 0.56

第9問 次の文章を読み、下の問(問1～4)に答えよ。

図9のように、モリブデンを陽極とするX線管に40 kVの加速電圧をかけてX線を発生させた。

問1 発生するX線の最短波長はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 $\times 10^{-11}$ m

- ① 4.7 ② 3.6 ③ 3.1 ④ 2.6 ⑤ 4.1
⑥ 5.7 ⑦ 6.0 ⑧ 4.4 ⑨ 5.2

問2 X線を発生させたとき回路に流れた電流は2.1 mAであった。毎秒何個の電子が陽極に到達するか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

個

- ① 2.2×10^{16} ② 9.1×10^{15} ③ 1.8×10^{16} ④ 1.1×10^{16}
⑤ 7.2×10^{15} ⑥ 1.3×10^{16} ⑦ 2.0×10^{16} ⑧ 1.6×10^{16}
⑨ 2.4×10^{16}

問3 問2と同じ条件のとき、消費電力の95%が熱になるとすると、陽極で発生する熱は毎秒何Jか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

J

- ① 80 ② 63 ③ 60 ④ 70 ⑤ 76
⑥ 73 ⑦ 83 ⑧ 66 ⑨ 56

問 4 図9のように、陽極で発生したX線をスリットを通し面間隔 $d = 2.55 \times 10^{-10} \text{ m}$ の結晶の格子面に対して角度 θ で入射させた。角度 θ を 0° より徐々に大きくしたとき、波長 $7.11 \times 10^{-11} \text{ m}$ の特性X線の反射角度 θ のX線の強度が最大になるときの角度は何度か。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 28 $^\circ$

- ① 6.6 ② 4.0 ③ 7.2 ④ 6.1 ⑤ 4.2
 ⑥ 4.8 ⑦ 5.2 ⑧ 8.0 ⑨ 5.7

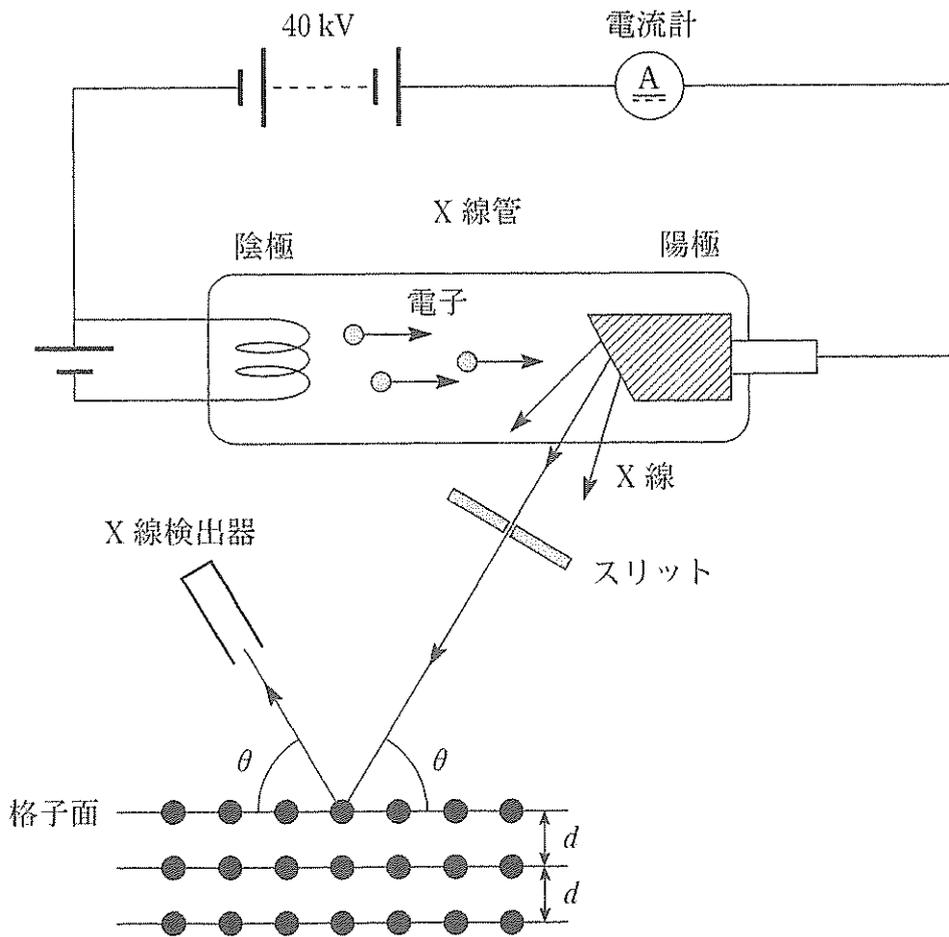


図 9

物理定数表

名 称	記 号	数 値	単 位
標準重力加速度	g	9.80665	m/s^2
万有引力定数	G	6.673×10^{-11}	$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$
絶対零度		-273.15	$^{\circ}\text{C}$
熱の仕事当量	J	4.186	J/cal
気体定数	R	8.314	J/(mol \cdot K)
標準大気圧(1気圧)	1 atm	1.01325×10^5	Pa
定積モル比熱	$C_V = 3R/2$	12.5	J/(mol \cdot K)
定圧モル比熱	$C_P = 5R/2$	20.8	J/(mol \cdot K)
乾燥空気中の音の速さ (0 $^{\circ}$ C)	V	331.5	m/s
乾燥空気の密度(0 $^{\circ}$ C)	ρ	1.293	kg/m^3
真空中の光の速さ	c	2.99792458×10^8	m/s
真空中のクーロンの法則 の定数	k_0	8.988×10^9	$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$
真空の誘電率	ϵ_0	8.854×10^{-12}	F/m
真空の透磁率	μ_0	1.257×10^{-6}	N/A^2 または H/m
電子の質量	m_e	9.109×10^{-31}	kg
電気素量	e	1.602×10^{-19}	C
電子の比電荷	e/m_e	1.759×10^{11}	C/kg
陽子の質量	m_p	1.673×10^{-27}	kg
中性子の質量	m_n	1.675×10^{-27}	kg
アボガドロ定数	N_A	6.022×10^{23}	mol^{-1}
プランク定数	h	6.626×10^{-34}	J \cdot s
統一原子質量単位	1 u	1.661×10^{-27}	kg

三角関数表

角		正弦	余弦	正接	角		正弦	余弦	正接
度	ラジアン				度	ラジアン			
[°]	[rad]	sin	cos	tan	[°]	[rad]	sin	cos	tan
0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	45	0.7854	0.7071	0.7071	1.0000
1	0.0175	0.0175	0.9998	0.0175	46	0.8029	0.7193	0.6947	1.0355
2	0.0349	0.0349	0.9994	0.0349	47	0.8203	0.7314	0.6820	1.0724
3	0.0524	0.0523	0.9986	0.0524	48	0.8378	0.7431	0.6691	1.1106
4	0.0698	0.0698	0.9976	0.0699	49	0.8552	0.7547	0.6561	1.1504
5	0.0873	0.0872	0.9962	0.0875	50	0.8727	0.7660	0.6428	1.1918
6	0.1047	0.1045	0.9945	0.1051	51	0.8901	0.7771	0.6293	1.2349
7	0.1222	0.1219	0.9925	0.1228	52	0.9076	0.7880	0.6157	1.2799
8	0.1396	0.1392	0.9903	0.1405	53	0.9250	0.7986	0.6018	1.3270
9	0.1571	0.1564	0.9877	0.1584	54	0.9425	0.8090	0.5878	1.3764
10	0.1745	0.1736	0.9848	0.1763	55	0.9599	0.8192	0.5736	1.4281
11	0.1920	0.1908	0.9816	0.1944	56	0.9774	0.8290	0.5592	1.4826
12	0.2094	0.2079	0.9781	0.2126	57	0.9948	0.8387	0.5446	1.5399
13	0.2269	0.2250	0.9744	0.2309	58	1.0123	0.8480	0.5299	1.6003
14	0.2443	0.2419	0.9703	0.2493	59	1.0297	0.8572	0.5150	1.6643
15	0.2618	0.2588	0.9659	0.2679	60	1.0472	0.8660	0.5000	1.7321
16	0.2793	0.2756	0.9613	0.2867	61	1.0647	0.8746	0.4848	1.8040
17	0.2967	0.2924	0.9563	0.3057	62	1.0821	0.8829	0.4695	1.8807
18	0.3142	0.3090	0.9511	0.3249	63	1.0996	0.8910	0.4540	1.9626
19	0.3316	0.3256	0.9455	0.3443	64	1.1170	0.8988	0.4384	2.0503
20	0.3491	0.3420	0.9397	0.3640	65	1.1345	0.9063	0.4226	2.1445
21	0.3665	0.3584	0.9336	0.3839	66	1.1519	0.9135	0.4067	2.2460
22	0.3840	0.3746	0.9272	0.4040	67	1.1694	0.9205	0.3907	2.3559
23	0.4014	0.3907	0.9205	0.4245	68	1.1868	0.9272	0.3746	2.4751
24	0.4189	0.4067	0.9135	0.4452	69	1.2043	0.9336	0.3584	2.6051
25	0.4363	0.4226	0.9063	0.4663	70	1.2217	0.9397	0.3420	2.7475
26	0.4538	0.4384	0.8988	0.4877	71	1.2392	0.9455	0.3256	2.9042
27	0.4712	0.4540	0.8910	0.5095	72	1.2566	0.9511	0.3090	3.0777
28	0.4887	0.4695	0.8829	0.5317	73	1.2741	0.9563	0.2924	3.2709
29	0.5061	0.4848	0.8746	0.5543	74	1.2915	0.9613	0.2756	3.4874
30	0.5236	0.5000	0.8660	0.5774	75	1.3090	0.9659	0.2588	3.7321
31	0.5411	0.5150	0.8572	0.6009	76	1.3265	0.9703	0.2419	4.0108
32	0.5585	0.5299	0.8480	0.6249	77	1.3439	0.9744	0.2250	4.3315
33	0.5760	0.5446	0.8387	0.6494	78	1.3614	0.9781	0.2079	4.7046
34	0.5934	0.5592	0.8290	0.6745	79	1.3788	0.9816	0.1908	5.1446
35	0.6109	0.5736	0.8192	0.7002	80	1.3963	0.9848	0.1736	5.6713
36	0.6283	0.5878	0.8090	0.7265	81	1.4137	0.9877	0.1564	6.3138
37	0.6458	0.6018	0.7986	0.7536	82	1.4312	0.9903	0.1392	7.1154
38	0.6632	0.6157	0.7880	0.7813	83	1.4486	0.9925	0.1219	8.1443
39	0.6807	0.6293	0.7771	0.8098	84	1.4661	0.9945	0.1045	9.5144
40	0.6981	0.6428	0.7660	0.8391	85	1.4835	0.9962	0.0872	11.4301
41	0.7156	0.6561	0.7547	0.8693	86	1.5010	0.9976	0.0698	14.3007
42	0.7330	0.6691	0.7431	0.9004	87	1.5184	0.9986	0.0523	19.0811
43	0.7505	0.6820	0.7314	0.9325	88	1.5359	0.9994	0.0349	28.6363
44	0.7679	0.6947	0.7193	0.9657	89	1.5533	0.9998	0.0175	57.2900
45	0.7854	0.7071	0.7071	1.0000	90	1.5708	1.0000	0.0000	

化 学

(注意) 問題文中に指定がない場合、解答にあたって必要ならば、次の数値および条件を用いよ。

原子量：H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Cl = 35.5, K = 39.1, Ca = 40.1

気圧：1.00 atm = 1.01×10^5 Pa

標準状態の気体 1.00 mol の体積：22.4 L

0.0 °C の絶対温度： $T = 273.0$ K

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)

気体はすべて、理想気体としてふるまうものとする。

第 1 問 以下の問 1 ~ 5 の各群の①~⑤の中には、正しい文が一つだけあるか、一つもないかのいずれかである。正しい文がある場合はその文の記号(①~⑤)を選べ。なお、①~⑤のすべてに誤りが含まれる場合は⑥を選べ。

問 1

1

- ① マルトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ のように、1 種類の糖から構成される糖を単糖という。
- ② スクロース $C_{12}H_{22}O_{11}$ 、マルトース、ラクトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ のうち、スクロースのみが還元性を示さないのは、スクロースのみが五員環の糖を含むためである。
- ③ セルロースは水に溶けないため、テトラアンミン銅(II)イオン $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ を含んだ濃アンモニア NH_3 水溶液にも溶けない。
- ④ グルコース $C_6H_{12}O_6$ 1 分子とフルクトース $C_6H_{12}O_6$ 1 分子が脱水縮合してできたスクロースを転化糖という。
- ⑤ 核酸の構成分子であるリボース $C_5H_{10}O_5$ はフェーリング液を還元する。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 2 2

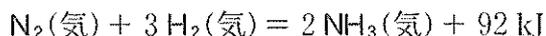
- ① 物質 P の濃度を c 、反応速度定数を k とすると、下式の Q および R を与える反応の反応速度 v は、 $v = kc^2$ と表すことができる。



- ② 正反応が発熱反応である可逆反応がある。温度 T_1 (K) と T_2 (K) (ただし、 $T_1 > T_2$) におけるそれぞれの平衡状態を比べると、 T_2 における逆反応の方が、 T_1 における逆反応よりも速い。
- ③ 下式の反応において、HI の分解速度と H_2 の生成速度は等しい。



- ④ 下式に従ってアンモニアを合成する可逆反応において、アンモニアの生成率がより高い平衡状態をつくるためには、低温高压の条件にするのがよい。



- ⑤ 温度を上げると平衡が右辺に偏る可逆反応の場合、温度の上昇に伴ってその平衡定数は小さくなる。
- ⑥ (①～⑤)のすべてに誤りが含まれている。

問 3 3

酢酸とエタノールから酢酸エチルが生成する反応は、反応混合物に硫酸を少量加えると速くなる。このとき、反応温度を高くするほど反応が速くなる。以上の観察のうち：

- ① 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応が発熱反応だからである。
- ② 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応が吸熱反応だからである。
- ③ 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応の活性化エネルギーが大きくなるからである。
- ④ 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応の反応熱が小さいからである。
- ⑤ 硫酸を加えると反応が速くなるのは、この反応の活性化エネルギーが大きくなるからである。
- ⑥ (①～⑤)のすべてに誤りが含まれている。

問 4

4

- ① 1価の酸の水溶液では、水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ が水酸化物イオンのモル濃度 $[OH^-]$ よりも高いので、この水溶液中では、陽イオンの物質量が陰イオンの物質量よりも大きい。
- ② 0.10 mol/Lの塩酸を水で100倍に薄めた水溶液のpHと0.10 mol/Lの酢酸水溶液(電離度0.016)のpHは、互いに等しい。
- ③ ある濃度未知の塩酸の半分の量を取り出し、中和するには、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が10.0 mL必要であったとすると、残りの塩酸に水を加え、2倍に薄めて得た水溶液を中和するには、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が5.0 mL必要である。
- ④ 0.10 mol/Lの酢酸水溶液(pH = 2.8)10.0 mLに0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液20.0 mLを滴下し、よく攪拌した(これをAとする)。一方、0.10 mol/Lの塩酸(pH = 1.0)10.0 mLに、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液20.0 mLを滴下し、よく攪拌した(これをBとする)。AとBのpHの差は1.8である。
- ⑤ 0.10 mol/Lの酢酸水溶液10.0 mLに0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を5.0 mL加え、よく攪拌し、水溶液Cとした。この水溶液Cに水を加えて10倍に薄め、よく攪拌し、水溶液Dとした。水溶液DのpHは水溶液CのpHより1.0だけ塩基性側に傾く。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 5

5

- ① 0℃の氷が、同じ温度の水に浮かぶ一番の原因は、水が氷になるとき、その中に空気を大量に取り込むからである。
- ② 塩化ナトリウム NaCl が水に完全に溶けた水溶液中では、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- が、それぞれいくつかつの水分子に取り囲まれている。
- ③ マイナス 20℃ の冷凍庫中で作った氷は、どの部分の温度を測っても、この冷凍庫中では 0℃ である。
- ④ 水を沸騰させているとき、この水中に見られる気泡は、水に溶けていた気体である。したがって、水に溶けていた気体がすべて大気中に放出されると、沸騰している水中には気泡は見られなくなる。
- ⑤ $[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ の比は、酸性水溶液と塩基性水溶液とでは異なるが、温度が変わらなければ、 $[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ の和は等しい。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

第2問 イオン化傾向の異なる2種類の金属を、それぞれのイオンを含む電解質水溶液に浸すと電池になる。銀Agと金属Xのそれぞれの金属板を電極として用いた電池を図1に示す。Xとして銀よりイオン化傾向が大きい金属を用いると、銀の電極が正極(⊕)、金属Xの電極が負極(⊖)になった。また、得られた電池の起電力*v*[V]の大きさの序列は、金属Xのイオン化傾向の大きさの序列と同じく $Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > Cu > Hg$ の順になった。以下の図2で電極に用いたA~Eの各金属は表1の金属のうちいずれかであり、その純度は十分に高いものとする。実験1~3を読んで、次の各問(問1~7)に答えよ。なお、解答にあたって必要ならば、表1の数値を用いよ。

表1 原子量表

元素	原子量	元素	原子量	元素	原子量
Al	27.0	Cu	63.5	Fe	55.8
Hg	200.6	Mg	24.3	Ni	58.7
Pb	207.2	Sn	118.7	Zn	65.4

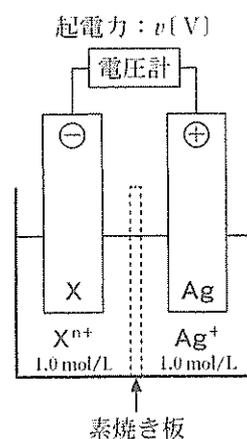


図1 銀Agと金属Xを用いた電池(X^{n+} は、金属Xにより X^{2+} または X^{3+} となる)

実験1：各金属板を、同じ金属のイオンの1.0 mol/L水溶液に浸して、図2のように電池を4種類作成した。このとき、各電池の起電力は図2に示した通りとなった。

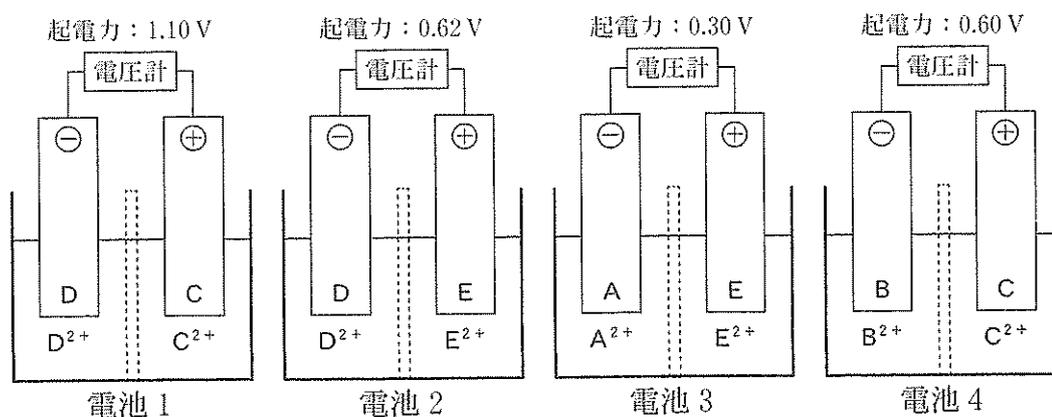


図2 4種類の電池とその起電力

実験 2 : C^{2+} の水溶液, D^{2+} の水溶液および E^{2+} の水溶液のそれぞれについて, 以下の各実験を行った。

実験 2 a : 各水溶液にそれぞれ希塩酸を加えたところ, いずれも沈殿を生じなかった。

実験 2 b : 実験 2 a の希塩酸を加えた各水溶液に硫化水素を吹き込むと, C^{2+} の水溶液のみ黒色沈殿を生じた。ろ過で集めたこの黒色沈殿に濃硝酸を加え, 加熱して沈殿を溶かした。こうして得られた水溶液にアンモニア水を過剰量加えると, この水溶液は深青色に変化した。

実験 2 c : 新たに準備した D^{2+} の水溶液にアンモニア水を少量加えると, 白色沈殿を生じたが, アンモニア水をさらに過剰量加えると, この白色沈殿は溶け, 無色透明な水溶液となった。この水溶液に硫化水素を吹き込むと, 白色沈殿を生じた。

実験 3 : C の金属板 (質量 m_1 [g]) を 2 枚用意し, これらを電極に用いて図 3 の実験装置で電気分解を行った。C の硫酸塩の 0.100 mol/L の水溶液に I [A] の電流を t [分] 間流した結果, 陽極の質量は m_2 [g] となった。

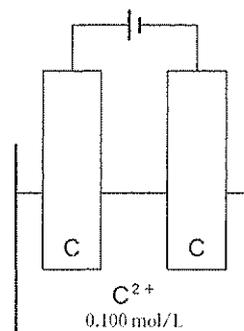


図 3 電気分解の実験装置

問 1 実験 1 の結果から, A ~ E の 5 種類の金属をイオン化傾向の大きいものから順に並べ替えたものとして最も適切なものを, 以下の① ~ ⑪のうちから選べ。

6

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ① A > B > C > D > E | ② A > B > E > C > D |
| ③ A > E > C > B > D | ④ B > C > E > A > D |
| ⑤ B > E > C > D > A | ⑥ C > A > B > E > D |
| ⑦ C > B > E > A > D | ⑧ C > E > B > A > D |
| ⑨ D > A > B > E > C | ⑩ D > A > E > B > C |
| ⑪ D > C > E > A > B | |

問 2 実験 1 の方法で金属板 A と B で構築される電池の起電力は何 V か。最も適切な数値を、以下の①～⑪のうちから選べ。

V

- ① 0.12 ② 0.18 ③ 0.30 ④ 0.32
⑤ 0.42 ⑥ 0.48 ⑦ 0.50 ⑧ 0.52
⑨ 0.60 ⑩ 0.62 ⑪ 1.36

問 3 実験 3 に関する以下の①～⑤の記述のうち、正しいものをすべて選び、解答欄 にマークせよ。

- ① この電気分解による陽極の質量の減少量と陰極の質量の増加量は互いに等しい。
- ② この電気分解の前後において、電解質水溶液のモル濃度は変化しない。
- ③ この電気分解に用いる電解質を塩化物に変えたときにも、実験 3 の場合と同様に、陽極の表面に金属 C の単体が析出する。
- ④ 陽極では還元反応が、陰極では酸化反応が起こっている。
- ⑤ 実験 3 の電気分解を、両電極に金属板 C の代わりに金属板 B を、C の硫酸塩水溶液の代わりに同じ濃度の B の硫酸塩水溶液を、それぞれ用いて行ったとする。I[A] の電流を t[分]間流したときの陰極における金属板 B の質量の変化は、実験 3 における陰極の金属板 C の質量の変化よりも小さい。

問 4 実験 3 の結果から求められるファラデー定数 [C/mol] を表す式として最も適切なものを、以下の①～⑩のうちから選べ。ただし、金属 C のモル質量を M [g/mol] とする。

9

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{30 tIM}{m_1 - m_2}$ | ② $\frac{30 tIM}{m_2 - m_1}$ | ③ $\frac{tIM}{2(m_2 - m_1)}$ |
| ④ $\frac{60 tIM}{m_1 - m_2}$ | ⑤ $\frac{60 tIM}{m_2 - m_1}$ | ⑥ $\frac{tIM}{2(m_1 - m_2)}$ |
| ⑦ $\frac{tIM}{m_2 - m_1}$ | ⑧ $\frac{120 tIM}{m_1 - m_2}$ | ⑨ $\frac{120 tIM}{m_2 - m_1}$ |
| ⑩ $\frac{tIM}{m_1 - m_2}$ | ⑪ $\frac{tIM}{60(m_2 - m_1)}$ | |

問 5 電気分解によって金属板 C の表面に金属 D を析出させたい。この電気分解に用いる金属板と電解質水溶液の組み合わせとして最も効果的なものを、表 2 の①～⑧のうちから一つ選べ。

10

表 2 金属板と電解質水溶液の組み合わせ

	陽 極	陰 極	電解質水溶液中の主な陽イオン
①	C	D	C^{2+}
②	C	D	D^{2+}
③	C	D	C^{2+} と D^{2+} のどちらでもかわらない
④	C	D	H^+ (希硫酸)
⑤	D	C	C^{2+}
⑥	D	C	D^{2+}
⑦	D	C	C^{2+} と D^{2+} のどちらでもかわらない
⑧	D	C	H^+ (希硫酸)

問 6 金属 C と金属 D の合金の名称として最も適切なものを、以下の①～⑨のうちから一つ選べ。

11

- | | | |
|----------|------------|----------|
| ① アマルガム | ② 黄銅(真ちゅう) | ③ ジュラルミン |
| ④ ステンレス鋼 | ⑤ 青銅(ブロンズ) | ⑥ トタン |
| ⑦ ニクロム | ⑧ はんだ | ⑨ プリキ |

問 7 金属板 A～E のうち濃硝酸に溶けないものを、以下の①～⑤のうちからすべて選び、解答欄 にマークせよ。

12

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

第3問 コックによって二つに仕切られ、ピストンによって容積を調節できる、点火装置を備えた密閉容器を図1に示す。この密閉容器内の一方にメタン、他方に酸素を封入した。この実験装置を用いた実験に関する以下の各問(問1～5)に答えよ。ただし、コックを含む連結部分の容積は無視できるものとする。

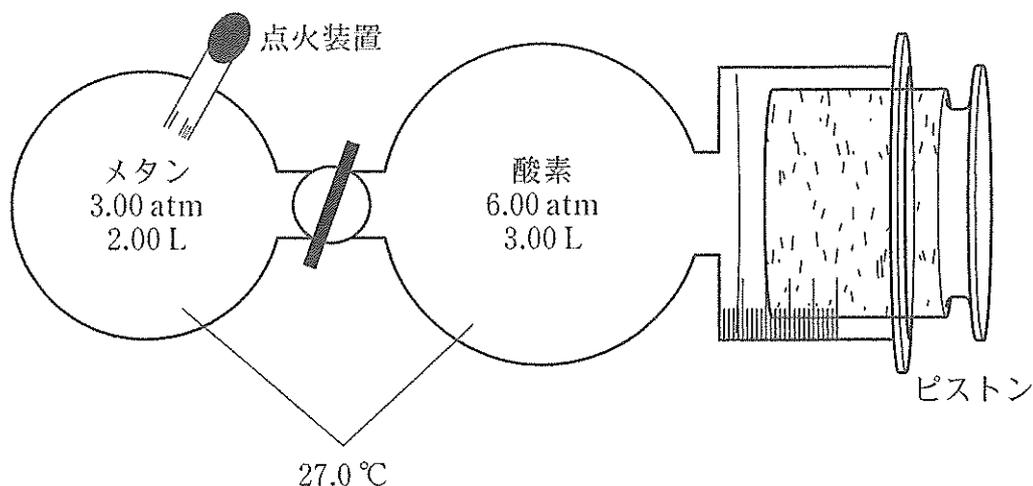


図1 燃焼実験装置(数値はすべて、点火する前の状態を表す)

問1 図1の状態からピストンを動かさないように固定してコックを開き、気体を均一に混合すると、混合気体の圧力は何Paとなるか。最も適切な数値を、以下の①～⑾のうちから選べ。なお、点火前において、実験装置内の酸素を封入した部分の容積は、ピストンによって容積を調節できる部分も含めて3.00 Lだったものとする。

$\times 10^5 \text{ Pa}$

- ① 0.12 ② 0.18 ③ 0.72 ④ 1.12 ⑤ 1.21 ⑥ 2.24
 ⑦ 3.64 ⑧ 4.80 ⑨ 4.85 ⑩ 7.20 ⑾ 11.2

問 2 問 1 の操作の後、メタンを完全燃焼させた。燃焼が完結したとき、燃焼実験装置内には気体のみが存在していたとするならば、装置内に存在する物質は何か。以下の①～⑪のうちから該当するものをすべて選び、解答欄 14 にマークせよ。

14

- | | | |
|---------|----------|---------|
| ① 一酸化炭素 | ② エタン | ③ 塩化水素 |
| ④ 酸素 | ⑤ 水蒸気(水) | ⑥ 水素 |
| ⑦ 炭素 | ⑧ 窒素 | ⑨ 二酸化炭素 |
| ⑩ メタン | ⑪ メタノール | |

問 3 0.0℃の水 1.90 kg に、同じ温度の氷を 100 g 浮かべた。問 2 の完全燃焼によって発生する熱量は、これを何℃の水に変える熱量に相当するか。最も適切な数値を、以下の①～⑪のうちから選べ。ただし、問 2 の実験の条件におけるメタンの燃焼熱は 945 kJ/mol とする。また 0.0℃における氷の融解熱は 6.00 kJ/mol、水の比熱は 4.18 J/(K・g) とする。なお、水は蒸発しないものとする。

15 °C

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| ① 0.0 | ② 1.0 | ③ 1.3 | ④ 1.9 | ⑤ 2.2 | ⑥ 12.9 |
| ⑦ 15.1 | ⑧ 23.5 | ⑨ 98.5 | ⑩ 107.8 | ⑪ 113.7 | |

問 4 問 2 の実験の後、実験装置内の気体の温度を 127.0℃に保ちながらピストンを動かして、装置内の圧力を 4.00 atm とした。このとき装置内には気体のみが存在していたとするならば、ピストンの位置は点火前の位置から何 L 移動したか。以下の①～⑪のうちから最も適切な数値を選べ。ただし、容積が増加する方向に向かって移動した場合を正の値とする。

16 L

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ① - 7.98 | ② - 3.36 | ③ - 2.24 | ④ - 1.12 |
| ⑤ - 1.00 | ⑥ 0.00 | ⑦ 1.12 | ⑧ 2.00 |
| ⑨ 2.24 | ⑩ 3.00 | ⑪ 7.98 | |

問 5 問 4 の実験の後、温度を $127.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保ちながらピストンを動かして、装置内の圧力を 1.60 atm とした。その後、温度を徐々に下げると、何 $^{\circ}\text{C}$ で水が凝縮し始めるか。水の蒸気圧曲線が図 2 の通りであるとして、最も適切な数値を以下の①～⑩のうちから選べ。

17

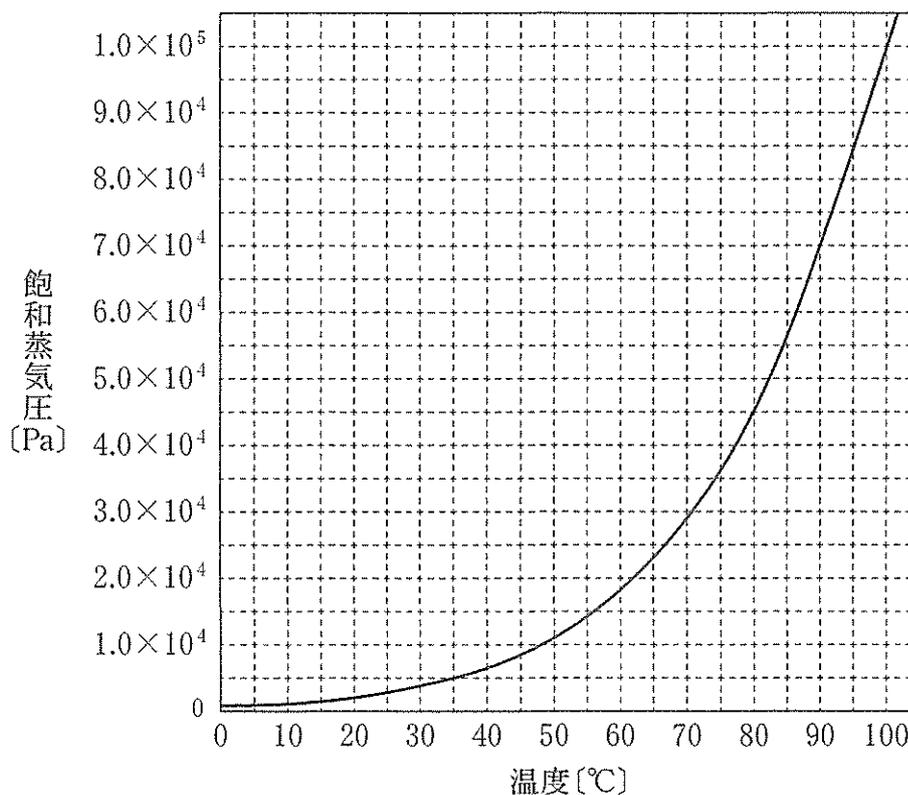
 $^{\circ}\text{C}$


図 2 水の蒸気圧曲線

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 34 | ② 47 | ③ 52 | ④ 56 |
| ⑤ 62 | ⑥ 67 | ⑦ 71 | ⑧ 74 |
| ⑨ 77 | ⑩ 86 | ⑪ 93 | |

第4問 化合物Aと化合物Bはともに、炭素、水素および酸素の3種類の元素からなる有機化合物である。次の各実験に関する以下の各問(問1～6)に答えよ。

実験1：化合物Aおよび化合物Bを過不足なく完全に加水分解すると、1.00 molの化合物Aからは化合物Cと化合物Dが1.00 molずつ、また化合物Bからは化合物Eのみが、それぞれ得られた。化合物Eには幾何異性体が一つ考えられる。また、化合物AとBおよびDはいずれも中性の物質であった。

実験2：同じ物質量の化合物Cと化合物Eに、これらが完全に反応するのに十分な量の炭酸水素ナトリウムの水溶液をそれぞれ加えると、化合物Eから発生する二酸化炭素の物質量は、化合物Cから発生する二酸化炭素の物質量の2倍であった。

実験3：0.200 mol/L水酸化ナトリウム水溶液25.00 mLを中和するために必要な質量は、化合物Cならば0.4404 g、化合物Eならば0.2901 gであった。

実験4：化合物Dに濃硫酸を十分な量加え、約170℃で加熱すると、主生成物として化合物Fが得られた。また、化合物Fに水を付加させると、化合物Gが得られた。化合物Gは化合物Dの構造異性体であった。

実験5：化合物Gに硫酸酸性下で二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱しても、化合物Gは反応しなかった。

実験6：化合物Fを0.3505 gとり、過マンガン酸カリウム水溶液を加え、硫酸酸性下で加熱すると、化合物Fはすべて反応し、ケトンHとカルボン酸Iが生成した。生成したカルボン酸Iをすべて中和するために必要な水酸化ナトリウムの物質量は、化合物Cを0.4404 g中和するために必要な物質量に等しかった。

問1 化合物Aの分子量の値として最も適切なものを、以下の①～⑩のうちから選べ。

18

- ① 142.2 ② 144.2 ③ 145.2 ④ 146.2 ⑤ 155.2 ⑥ 156.2
⑦ 157.2 ⑧ 158.2 ⑨ 159.2 ⑩ 170.2 ⑪ 172.2

問 2 化合物 B の分子量の値として最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから選べ。

19

- ① 60.04 ② 82.02 ③ 96.00 ④ 98.02
⑤ 100.0 ⑥ 101.1 ⑦ 102.1 ⑧ 103.1
⑨ 114.0 ⑩ 116.0 ⑪ 118.1

問 3 化合物 C は、一つの分子内に非共有電子対を何組持っているか。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから選べ。

20 組

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6
⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10 ⑪ 0

問 4 硫酸酸性水溶液中で、化合物 D と二クロム酸カリウムが過不足なく反応したとき、反応溶液中に観察される大きな変化は何か。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

21

- ① 黒色の沈殿が生じる ② 橙色の沈殿が生じる
③ 白色の沈殿が生じる ④ 水素が激しく発生する
⑤ 酸素が激しく発生する ⑥ 二酸化炭素が激しく発生する
⑦ 溶液の色が黄色になる ⑧ 溶液の色が赤色になる
⑨ 溶液の色が緑色になる ⑩ 溶液が無色透明になる
⑪ ①～⑩のどの変化も観察されない

問 5 化合物 E の幾何異性体(これを化合物 K とする)は、炭酸水素ナトリウムとともに、発泡入浴剤の成分に含まれている。いま、発泡入浴剤中にある 8.703 g の化合物 K のすべてが浴槽中で炭酸水素ナトリウムと反応したとすると、37.0 °C (浴槽および浴室の温度)、1.00 atm で発生する二酸化炭素は何 L か。最も適切な数値を、以下の①~⑪のうちから選べ。ただし、二酸化炭素は 37.0 °C の水にはまったく溶けなかったものとする。

L

- | | | | |
|---------|---------|---------|--------|
| ① 0.228 | ② 0.270 | ③ 0.457 | ④ 1.69 |
| ⑤ 1.85 | ⑥ 1.91 | ⑦ 2.19 | ⑧ 2.27 |
| ⑨ 3.37 | ⑩ 3.70 | ⑪ 3.83 | |

問 6 実験 6 で生成したケトン H の質量は何 g か。最も適切な数値を、以下の①~⑪のうちから選べ。

g

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.145 | ② 0.150 | ③ 0.175 | ④ 0.215 |
| ⑤ 0.285 | ⑥ 0.290 | ⑦ 0.295 | ⑧ 0.300 |
| ⑨ 0.305 | ⑩ 0.360 | ⑪ 0.581 | |

生 物

(注意) 「○桁の数字で答えよ。」の解答をマークするときは、○桁に満たない位には 0 を選んでマークせよ。

第 1 問 以下の問い(問 1 ~ 6)に示す語句について、①~⑥の中に誤っているものが 1 つあるか、あるいは①~⑥のすべてが正しいかのどちらかである。①~⑥の中に誤りがある場合にはその記号を、①~⑥のすべてが正しい場合には⑦を選んで、解答欄にマークせよ。解答番号 ~

問 1 被子植物の配偶子形成と受精

- ① 胚のう母細胞が減数分裂して生じた胚のう細胞は、核分裂を 3 回行い 8 個の核をもつ胚のうになる。
- ② 胚のうの 3 個の反足細胞は珠孔の反対側に形成され、核相はそれぞれ n である。
- ③ 花粉四分子が減数分裂して花粉管細胞と雄原細胞が生じ、雄原細胞が花粉管細胞の中に取り込まれて花粉になる。
- ④ めしべの柱頭について発芽した花粉は胚珠に向かって花粉管を伸ばし、助細胞から放出される物質で胚のうに誘引される。
- ⑤ 胚のうの中央細胞と花粉管から放出された 1 個の精細胞が融合し、 $3n$ の胚乳細胞が生じる。
- ⑥ 受精卵は体細胞分裂で大きさの異なる 2 つの細胞になり、小さな細胞は体細胞分裂して胚球(球状胚)を構成する。
- ⑦ ①~⑥のすべての選択肢は正しい。

問 2 カエル胚の3つの胚葉に由来する細胞・組織・器官

2

- ① 眼の角膜、水晶体は外胚葉由来である。
- ② 皮膚の表皮、色素細胞は外胚葉由来である。
- ③ 心臓、血球は中胚葉由来である。
- ④ 骨、筋肉は中胚葉由来である。
- ⑤ 輸尿管、ぼうこうは内胚葉由来である。
- ⑥ 肺の上皮、気管の上皮は内胚葉由来である。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 3 遺伝子を扱う技術

3

- ① PCR 法では、加熱して2本鎖DNAを1本鎖に分けるので、高温で変性しにくいDNAポリメラーゼが用いられる。
- ② アガロース(寒天)ゲルでDNA断片を電気泳動すると、短いDNA断片ほど陽極側から陰極側へ速く移動する。
- ③ DNAの2本鎖切断を触媒する制限酵素は、その種類により認識して切断する塩基配列が異なる。
- ④ ベクターとして用いられるプラスミドは、細菌のゲノムDNAとは独立して存在する環状DNAである。
- ⑤ アグロバクテリウムは、外来遺伝子の導入によるトランスジェニック植物の作製に用いられる。
- ⑥ DNAマイクロアレイは網羅的な遺伝子発現の解析に用いられ、病気の原因遺伝子の特定に利用できる。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 4 は虫類の進化

4

- ① は虫類は、石炭紀に両生類から進化した脊椎動物である。
- ② は虫類は、卵殻の中で胚を包む羊膜が発達し、陸上での発生が可能となった。
- ③ ベルム紀末の大量絶滅を生き延びたは虫類は、中生代に入って適応放散した。
- ④ 恐竜だけでなく、首長竜や翼竜もそれぞれの生活環境で繁栄し大形化した。
- ⑤ 始祖鳥は、は虫類と鳥類の間間的な形質を示し、白亜紀の化石として発見されている。
- ⑥ 体表に厚いうろこをもつ恐竜だけでなく、羽毛をもつ恐竜の化石も発見されている。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 5 生態系の物質収支

5

- ① 生産者の被食量＝一次消費者の摂食量
- ② 生産者の呼吸量＝総生産量－純生産量
- ③ 生産者の総生産量＝成長量＋被食量＋呼吸量
- ④ 一次消費者の同化量＝摂食量－不消化排出量
- ⑤ 一次消費者の生産量＝同化量－呼吸量
- ⑥ 一次消費者の成長量＝生産量－(被食量＋死滅量)
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

表

成分	質量パーセント濃度(%)		
	血しょう	原尿	尿
タンパク質	7.2	0	0
グルコース	0.1	0.1	0
ナトリウムイオン	0.3	0.3	0.34
カリウムイオン	0.02	0.02	0.15
尿素	0.03	0.03	2
尿酸	0.004	0.004	0.054
イヌリン	0.01	0.01	1.2

注) イヌリンは、静脈注射により投与され、糸球体ですべてろ過され、再吸収されずにすべて尿として排出される。なお、血しょう、原尿、尿の密度は1 g/mLで、尿は1分間に1 mL生成されるものとする。

- ① タンパク質は、原尿中に含まれていないため、糸球体でろ過されないといえる。
- ② グルコースは、原尿には含まれるが尿には含まれていないため、細尿管で再吸収されるといえる。
- ③ カリウムイオンの濃縮率は、7.5と計算できる。
- ④ 1分間に生成される原尿の量は、120 mLと計算できる。
- ⑤ 1時間に糸球体でろ過される尿酸の質量は、0.288 gと計算できる。
- ⑥ 1分間に細尿管で再吸収される尿素の割合は、約44%と計算できる。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

第2問 次の文章I～IVを読んで、以下の問い(問1～11)に答えよ。解答番号

7

～

18

I ATP(アデノシン三リン酸)は、エネルギーの受け渡しを仲介する物質であり、
A) すべての生物で共通に利用されている。動物は、他の生物がつくった有機物を摂
取し、呼吸によってATPを得ている。外界から摂取した有機物は、消化管を通
る間に消化され体内に吸収される。体内の有機物は、体液によって運搬され、細
胞に取り込まれる。細胞内に取り込まれた有機物は、いくつかの反応過程を経て
酸化される。このとき、有機物のもつ化学エネルギーがATPに受け渡される。
D)

これらの過程には多くの種類のタンパク質が関わっている。これらのタンパク質が機能するためには、補酵素や金属イオンなどが必要な場合がある。例えば、
E) 鉄イオンはシトクロムなどに含まれるヘムの構成要素である。シトクロムはミトコンドリアの電子伝達系を構成するタンパク質で、ヘムを介して次々に電子を受け渡していく。

問1 文中の下線部A)の加水分解なしに機能するタンパク質はどれか。適当なものを①～⑧の中から3つ選び、解答番号7の解答欄に3つマークせよ。

7

- ① ミオシン
- ② キネシン
- ③ ダイニン
- ④ カドヘリン
- ⑤ アクアポリン
- ⑥ 免疫グロブリン
- ⑦ ナトリウムポンプ
- ⑧ グルタミン合成酵素

問 2 文中の下線部B)のような生物を従属栄養生物といい、自ら無機物から有機物をつくることのできる生物を独立栄養生物という。約 27 億年前の地層から発掘される大規模な鉄鉱層(縞状鉄鉱層)が形成された原因であると考えられている独立栄養生物はどれか。最も適当なものを①～⑨の中から1つ選べ。

8

- | | | |
|----------|---------|------------|
| ① 好気性細菌 | ② 嫌気性細菌 | ③ 藻類 |
| ④ 化学合成細菌 | ⑤ 植物 | ⑥ シアノバクテリア |
| ⑦ 菌類 | ⑧ 高度好塩菌 | ⑨ メタン菌 |

問 3 文中の下線部C)とD)に関連して、すい液中に含まれるタンパク質の消化に関わる酵素と、タンパク質が分解されて生じる有機物が呼吸基質として利用される時に必要な細胞内の過程の組み合わせとして、正しいものはどれか。最も適当なものを①～⑨の中から1つ選べ。

9

- | 酵 素 | 細胞内過程 |
|---------|------------|
| ① ペプシン | β 酸化 |
| ② ペプシン | 脱アミノ反応 |
| ③ ペプシン | オルニチン回路 |
| ④ リパーゼ | β 酸化 |
| ⑤ リパーゼ | 脱アミノ反応 |
| ⑥ リパーゼ | オルニチン回路 |
| ⑦ トリプシン | β 酸化 |
| ⑧ トリプシン | 脱アミノ反応 |
| ⑨ トリプシン | オルニチン回路 |

問 4 文中の下線部D)に関連して、グルコース1 molが完全に酸化されたとき、グルコースのもつ化学エネルギーの何%がATPの化学エネルギーに変換されるか。必要ならば小数点以下第一位を四捨五入して、二桁の数字で答えよ。ただし、ATPは最大数産生されるものとし、グルコースが完全に酸化されるときに生じるエネルギーを2,850 kJ/mol、ADPとリン酸を結合させてATPを生成するのに必要なエネルギーを30 kJ/molとする。

%

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

問 5 文中の下線部E)は、代謝の過程で化学的に変化するため、再生が必要となる。はげしい運動をしている筋肉で、グルコースを呼吸基質としてATPが産生されるとき、使用される補酵素とその再生方法の組み合わせとして、正しいものはどれか。最も適当なものを①～⑨の中から1つ選べ。なお、選択肢中ではコエンザイムAをCoAと表記する。

補酵素	再生方法
① FAD	乳酸の酸化によるピルビン酸の生成
② FAD	ピルビン酸の還元による乳酸の生成
③ FAD	ピルビン酸の脱炭酸と酸化によるアセチル CoA の生成
④ NAD ⁺	乳酸の酸化によるピルビン酸の生成
⑤ NAD ⁺	ピルビン酸の還元による乳酸の生成
⑥ NAD ⁺	ピルビン酸の脱炭酸と酸化によるアセチル CoA の生成
⑦ CoA	乳酸の酸化によるピルビン酸の生成
⑧ CoA	ピルビン酸の還元による乳酸の生成
⑨ CoA	ピルビン酸の脱炭酸と酸化によるアセチル CoA の生成

文章Ⅱは著作権の関係により掲載できません。

問 6 文中の ii) の実験で還元型のシトクロムのバンドはどれか。最も適当なものを①～⑧の中から1つ選べ。 13

- ① a ② b ③ c
④ a と b ⑤ a と c ⑥ b と c
⑦ a と b と c ⑧ すべてが酸化型で還元型はない

問 7 文中の下線部 G) に関連して、この実験結果から、還元型補酵素から受け取った電子がこの3種のシトクロムを介して伝達されるとき、どの順番で伝達されると考えられるか。最も適当なものを①～⑥の中から1つ選べ。

14

- ① a → b → c ② b → a → c ③ c → a → b
④ a → c → b ⑤ b → c → a ⑥ c → b → a

問 8 文中の下線部 F) に大量のグルコースを加えると、よく通気してもバンド a, b, c が観察できた。この結果の原因を推察したとき、適切と考えられるものはどれか。最も適当なものを①～⑤の中から1つ選べ。 15

- ① 大量のグルコースは、3種のシトクロムを常に酸化された状態に保つのに十分であった。
② 多数のグルコースが結合してグリコーゲンが産生され、解糖系の過程が抑制された。
③ クエン酸回路で生じた二酸化炭素が、ATP合成酵素の心棒の部分の回転を抑制した。
④ 呼吸の過程での還元型補酵素の産生速度が、酸素が還元される速度を上まわった。
⑤ ミトコンドリアのマトリックスで、電子と水素イオン、酸素が反応してシトクロムが還元された。

Ⅲ ヘモグロビンもヘムを含むタンパク質である。ヘモグロビンは赤血球に発現していて、ヘムに結合した酸素を運搬する。赤血球中のヘモグロビンには、通常、2,3-ビスホスホグリセリン酸(BPG)が結合している。BPGは、解糖系で最初に生じる炭素数3の物質(グリセルアルデヒド3-リン酸)が酸化とリン酸化を受けて生じる物質(1,3-ビスホスホグリセリン酸)から生成され、赤血球内に比較的高濃度で存在する。

BPGはヘモグロビンの酸素結合部位から離れた部位に結合し、ヘモグロビンの酸素結合の親和性を調節する。ヘモグロビンの酸素結合に及ぼすBPGの影響を酸素解離曲線として示す(図2)。健康な人が平地で生活しているときの赤血球中のBPG濃度は5 mmol/Lで、標高4,500 mの高地に移動すると赤血球中のBPG濃度は8 mmol/Lとなる。

図2は著作権の関係により、掲載できません。

問 9 図 2 から読み取れることとして不適切なものはどれか。最も適当なものを

①～⑤の中から 1 つ選べ。ただし、肺胞における酸素濃度(相対値)は平地で 100、高地で 55 であり、組織における酸素濃度(相対値)は平地でも高地でも 30 とする。 16

- ① 平地から高地へ移動すると、ヘモグロビンの酸素結合の親和性は低下する。
- ② 平地にいるとき、組織で酸素を放出するヘモグロビンの割合は 38 % である。
- ③ 高地に移動すると、組織で酸素を放出するヘモグロビンの割合は、平地にいるときよりも増加する。
- ④ 平地にいるとき、BPG 濃度の上昇は、組織で酸素を放出するヘモグロビンの割合を増加させる。
- ⑤ 高地に移動しても、BPG 濃度が平地にいるときと変わらなければ、組織で酸素を放出するヘモグロビンの割合は 30 % である。

問10 平地で生活する健康な人において、解糖系の最初の段階を触媒する酵素が

赤血球で不足したとき、赤血球内の BPG 濃度とヘモグロビンの酸素解離曲線の変化はどのようになると考えられるか。最も適当なものを①～⑨の中から 1 つ選べ。 17

- ① BPG 濃度は変化せず、酸素解離曲線も変化しない。
- ② BPG 濃度は変化せず、酸素解離曲線は左上方に移動する。
- ③ BPG 濃度は変化せず、酸素解離曲線は右下方に移動する。
- ④ BPG 濃度は低下するが、酸素解離曲線は変化しない。
- ⑤ BPG 濃度は低下し、酸素解離曲線は左上方に移動する。
- ⑥ BPG 濃度は低下し、酸素解離曲線は右下方に移動する。
- ⑦ BPG 濃度は上昇するが、酸素解離曲線は変化しない。
- ⑧ BPG 濃度は上昇し、酸素解離曲線は左上方に移動する。
- ⑨ BPG 濃度は上昇し、酸素解離曲線は右下方に移動する。

文章Ⅳは著作権の関係により、掲載できません。

問11 鉄イオンとトランスフェリン、トランスフェリン受容体の関係を説明する記述として適切なものはどれか。最も適当なものを①～⑤の中から1つ選べ。

18

- ① 鉄イオンと結合していないトランスフェリンは、トランスフェリン受容体とは結合せずに血管壁に付着している。
- ② 鉄イオンと結合したトランスフェリンは、細胞表面にあるトランスフェリン受容体と結合する。
- ③ エンドソームに送られたトランスフェリンは、鉄イオンと解離し、トランスフェリン受容体とも解離する。
- ④ リソソームに送られた鉄イオンは、拡散によりリソソーム膜を透過し、細胞質に輸送される。
- ⑤ 細胞膜に戻ったトランスフェリン受容体は、トランスフェリンを解離することなく鉄イオンと結合する。

第3問 次の文章I, IIを読んで, 下の問い(問1~7)に答えよ。解答番号

19

~

28

I ある一定の地域に生息する同種の個体の集まりを個体群という。個体群を構成する個体の分布様式は, 非生物的環境や同種個体の個体間相互作用,種間の個体関係などを反映している。同種の個体は同一の資源を利用することが多いため,個体間での資源を巡る競争が激しくなる。

C)

問1 文中の下線部A)に関連して, 次のア~カの中で, 集中分布に関する記述の組み合わせとして, 正しいものはどれか。最も適当なものを①~⑨の中から1つ選べ。

19

- ア 生息地において, 各個体が規則的に分布する。
イ 生息地において, 各個体が他個体と関係なく散らばる。
ウ 生息地において, 多くの個体が特定の空間に偏って分布する。
エ 群れを形成する動物にみられる。
オ 縄張りを形成する動物にみられる。
カ 風で種子が散布される植物にみられる。
- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① アとエ | ② アとオ | ③ アとカ |
| ④ イとエ | ⑤ イとオ | ⑥ イとカ |
| ⑦ ウとエ | ⑧ ウとオ | ⑨ ウとカ |

問 2 文中の下線部B)に関連して、動物の群れと縄張りに関する記述として誤っているものはどれか。適当なものを①～⑦の中から2つ選び、解答番号20の解答欄にマークせよ。

20

- ① 同種の動物の個体が集まって統一的な行動をとる集合を群れといい、敵に対する警戒・防衛能力の向上などの利益が得られる一方、交尾や子育てに不利益が生じる。
- ② 定住する個体や群れが日常的に行動する範囲を行動圏といい、おもに同種の個体を排除する空間である縄張りよりも大きい。
- ③ 最適な群れの大きさは、敵に対する警戒などのコストと食物をめぐる群れ内の争いに費やす時間などのコストの和が最小となる大きさだと考えられる。
- ④ 最適な縄張りの大きさは、縄張りから得られる食物や交配相手などの利益と縄張りの維持に必要な労力のコストの差が最大になる大きさだと考えられる。
- ⑤ 群れは、その構成個体の数が多いほど、捕食者をより遠方で発見できる可能性が高くなる。
- ⑥ 縄張りから得られる食物や交配相手などの利益は、縄張りの大きさの増大に比例して増加する。
- ⑦ 個体密度の上昇は、縄張り維持に必要な労力のコストの増加をまねくため、最適な縄張りの大きさの減少や縄張りをもたない個体の増加をもたらすことがある。

問 3 文中の下線部C)に関連して、サイズでの密度効果を調べるために次の実験を行った。1個の重量が同じサイズの種子を異なる密度でまいて、水、肥料を適切に与えて栽培した。種をまいてから図中の日数ごとに植物体全体の乾燥重量を計測した。この結果を、個体ごとの平均重量と単位面積あたりの個体群全体の重量の変化として図に示す。この実験の結果の解釈として不適切なものはどれか。最も適当なものを①～⑤の中から1つ選べ。 21

図は著作権の関係により、掲載できません。

注) 重量は、80℃で24時間乾燥させた後の乾燥重量とした。グラフの縦軸は対数目盛である。

- ① 芽生え後間もない12日目までは、主に種子の栄養によって成長するため、平均個体重量は個体群密度の影響をあまり受けないと考えられる。
- ② 芽生え後間もない12日目までは、どの個体も十分な光を得られるため、平均個体重量の増加は個体群密度の影響をあまり受けないと考えられる。
- ③ 高密度実験区では葉の重なりによって下層の葉で光合成が十分できなくなるため、84日目の平均個体重量が低密度実験区よりも少なくなると考えられる。
- ④ 高密度実験区では栄養不足で枯死する個体が多く出るため、84日目では異なる個体群密度で個体群全体の重量がほぼ同じであると考えられる。
- ⑤ 高密度実験区では葉の重なりによって成長が抑制されるため、84日目では異なる個体群密度で個体群全体の重量がほぼ同じであると考えられる。

II ある種のガの集団には、白地にまだら模様の明色型と黒っぽい暗色型の2つの型の体色が存在する。このガの体色は1対の対立遺伝子(A, a)で決まり、優性の対立遺伝子 A が暗色型をもたらす。なお、繁殖は年に1回、決まった時期に行い、成虫は繁殖後にすべて死亡する。

問4 このガの集団は、明色型が19,200個体、暗色型が10,800個体から構成され、ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つものとする。この集団での対立遺伝子 A の頻度はどれか。最も適当なものを①～⑨の中から1つ選べ。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 0.1 | ② 0.2 | ③ 0.3 |
| ④ 0.4 | ⑤ 0.5 | ⑥ 0.6 |
| ⑦ 0.7 | ⑧ 0.8 | ⑨ 0.9 |

問5 問4の集団について、次世代の全個体数が600個体に減少した。ただし、注目する遺伝子についてはハーディー・ワインベルグの法則が成り立つものとする。この時、遺伝子型 Aa をもつ個体の個体数を答えよ。必要ならば小数点以下第一位を四捨五入して、三桁の数字で答えよ。

- 個体
- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

問 6 問 4 の集団について、環境の変化により、明色型と暗色型で成虫になってからの生き残りに差が生じた。明色型の個体は、生殖可能になる前に 40 % が死亡した。生殖可能となった段階での、この集団の遺伝子 a の頻度を答えよ。必要ならば小数点以下第三位を四捨五入して、二桁の数字で答えよ。

0.

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

問 7 問 6 の集団では、環境の変化に応じて適応進化が起きている。適応進化をもたらす進化のメカニズムはどれか。最も適当なものを①～⑤の中から 1 つ選べ。

- ① 自然選択
② 中立進化
③ 突然変異
④ 遺伝的浮動
⑤ びん首効果

第4問 次の文章I, IIを読んで、以下の問い(問1~4)に答えよ。解答番号

29

~

33

I ヒトの体細胞の染色体構成は $2n = 46$ で、22組の常染色体と1組の性染色体からなる。有性生殖では2つの配偶子が接合して子ができる。ヒトでは、配偶子がつくられるときに減数分裂により染色体数が半減し、 $n = 23$ となる。減数分裂の過程では、相同染色体が互いに異なる細胞に分配され、また、二価染色体が^{A)}つくられるときに遺伝子の組換えが起こる。さらに、遺伝的に多様な配偶子間で接合が起こるため、有性生殖で生まれる子には遺伝的多様性がもたらされる。

配偶子がつくられるとき、まれに染色体の分離が正常に起こらず、ある1つの^{B)}染色体を2本もつ配偶子ができることがある。このような配偶子は、減数分裂の2回ある染色体の分離の過程で、それぞれの段階で起こる正常な染色体の分離のうち、どちらか1回の染色体の不分離によって生じる。ある1つの染色体を2本もつ配偶子と正常な配偶子が接合すると、接合子はある1つの染色体のみ3本もつこととなる。このような染色体構成の状態をトリソミーという。

問1 文中の下線部A)が起こるのはヒトの配偶子形成のどの段階の細胞か。適当なものを①~⑨の中からすべて選び、解答番号29の解答欄にマークせよ。

29

- ① 始原生殖細胞
- ② 卵原細胞
- ③ 一次卵母細胞
- ④ 二次卵母細胞
- ⑤ 第一極体
- ⑥ 精原細胞
- ⑦ 一次精母細胞
- ⑧ 二次精母細胞
- ⑨ 精細胞

問 2

問2は著作権の関係により、掲載できません。

30

- ① 始原生殖細胞が卵原細胞になるとき
- ② 卵原細胞が一次卵母細胞になるとき
- ③ 一次卵母細胞が二次卵母細胞になるとき
- ④ 二次卵母細胞が卵になるとき
- ⑤ 始原生殖細胞が精原細胞になるとき
- ⑥ 精原細胞が一次精母細胞になるとき
- ⑦ 一次精母細胞が二次精母細胞になるとき
- ⑧ 二次精母細胞が精細胞になるとき
- ⑨ 精細胞が精子になるとき

II

文章IIは著作権の関係により、掲載できません。

問3は著作権の関係により、掲載できません。

問4 問3の娘が男の子をもうけた。この子が、Xg抗原を発現し、魚鱗癬となる割合は何%か。必要ならば小数点以下第一位を四捨五入して、二桁の数字

で答えよ。 %

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0