

理 科

【物理】 【化学】 【生物】

（60分 100点）

注意事項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 解答にはHBまたはBの黒鉛筆（シャープペンシルはHBまたはBの芯であれば使用可）を使用しなさい。
- ③ マークシートの解答用紙には、氏名、受験番号、科目を記入する欄と受験番号、解答科目をマークする欄があります。
- ④ 解答方法は、マーク式（解答番号を選択する方式）です。マークシートの解答用紙にマークしなさい。

例えば、10 と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の（例）のように解答番号10の解答欄の③にマークしなさい。

（例）

解答番号	解 答 欄									
10	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

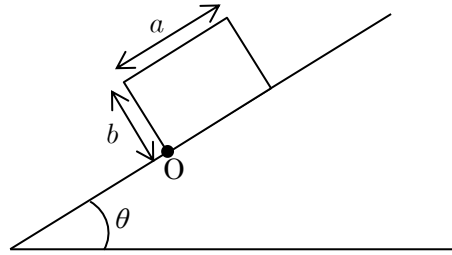
- ⑤ 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を高くあげて監督者に知らせなさい。

物 理

受験者は **1** から **4** 全てを解答しなさい。

1

図のように、質量 m の均質な直方体の物体を、角度 θ のあらい斜面上に置く。物体の底辺の長さは a 、高さは b であり、斜面の角度は自由に変えることができる。斜面と物体の間の静摩擦係数を μ_0 、動摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とする。図は、直方体の側面に平行で重心を通る断面を表す。



図

問1 斜面の角度が θ のとき、物体は斜面上で静止していた。このとき物体が受ける摩擦力の大きさとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **1**

- | | | |
|------------------------|----------------------|------------------------|
| ① $mg\sin\theta$ | ② $mg\cos\theta$ | ③ $\mu_0 mg\sin\theta$ |
| ④ $\mu_0 mg\cos\theta$ | ⑤ $\mu mg\sin\theta$ | ⑥ $\mu mg\cos\theta$ |

問2 斜面の角度が θ のとき、物体が受ける摩擦力の、物体の重心の回りのモーメントとして正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。ただし、図の反時計回りを正とする。 **2**

- | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\frac{1}{2}mgb\sin\theta$ | ② $-\frac{1}{2}mgb\sin\theta$ | ③ $\frac{1}{2}mgb\cos\theta$ | ④ $-\frac{1}{2}mgb\cos\theta$ |
| ⑤ $\frac{1}{2}\mu_0 mgb\sin\theta$ | ⑥ $-\frac{1}{2}\mu_0 mgb\sin\theta$ | ⑦ $\frac{1}{2}\mu_0 mgb\cos\theta$ | ⑧ $-\frac{1}{2}\mu_0 mgb\cos\theta$ |

問3 斜面の角度が θ のとき、物体が受ける垂直抗力の、物体の重心の回りのモーメントとして正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。ただし、図の反時計回りを正とする。 **3**

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{1}{2}mga\sin\theta$ | ② $-\frac{1}{2}mga\sin\theta$ | ③ $\frac{1}{2}mgb\sin\theta$ | ④ $-\frac{1}{2}mgb\sin\theta$ |
| ⑤ $mga\sin\theta$ | ⑥ $-mga\sin\theta$ | ⑦ $mgb\sin\theta$ | ⑧ $-mgb\sin\theta$ |

問4 斜面の角度を大きくしていったところ、斜面の角度が θ_0 のときに物体が図の点Oを中心として回転した。このとき θ_0 が満たす値として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、物体が回転するより前に滑ることはないとする。[4]

① $\sin\theta_0 = \frac{b}{a}$

② $\sin\theta_0 = \frac{a}{b}$

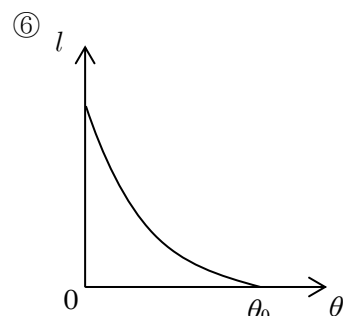
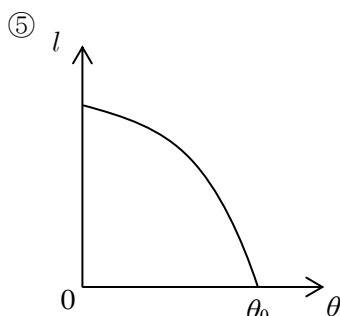
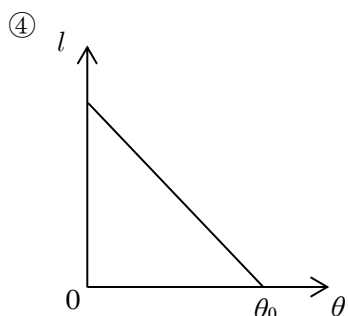
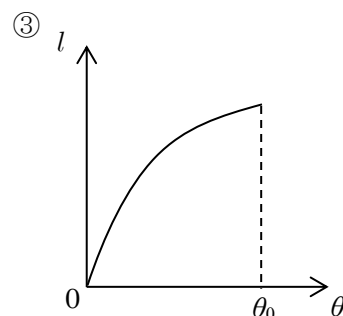
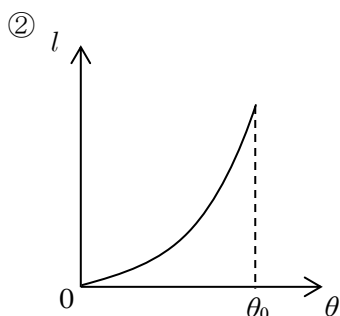
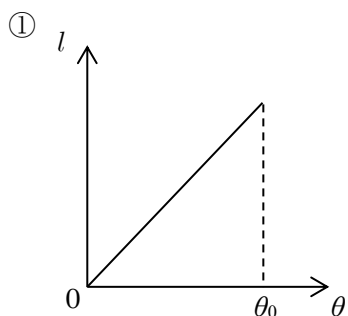
③ $\cos\theta_0 = \frac{b}{a}$

④ $\cos\theta_0 = \frac{a}{b}$

⑤ $\tan\theta_0 = \frac{b}{a}$

⑥ $\tan\theta_0 = \frac{a}{b}$

問5 問4で、斜面の角度を0から θ_0 まで変化させる間、物体が受ける垂直抗力の作用点と点Oとの距離 l はどのように変化するか。横軸に θ 、縦軸に l をとったグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。[5]



2

図1のように、 z 軸正の向きに磁束密度 B の一様な磁場を加える。点 $P(0, r, 0)$ から質量 m 、電気量 q ($q > 0$) の正電荷を x 軸正の向きに速さ v で打ち出したところ、原点 O を中心とした半径 r の等速円運動をおこなった。ただし、重力の影響は無視できるとする。

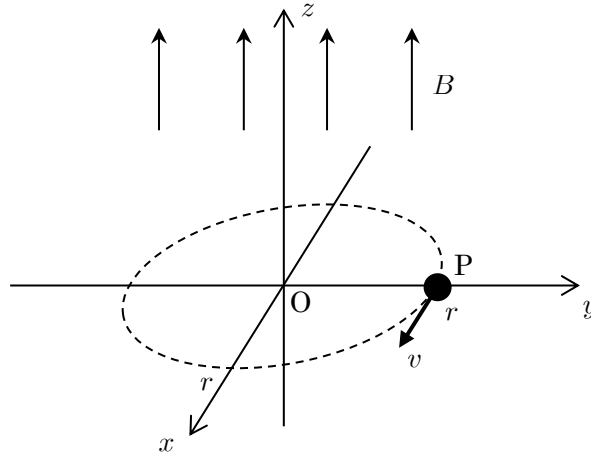


図1

問1 r の値として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。6

- ① $\frac{mv}{4qB}$ ② $\frac{mv}{2qB}$ ③ $\frac{mv}{qB}$ ④ $\frac{2mv}{qB}$ ⑤ $\frac{3mv}{qB}$ ⑥ $\frac{4mv}{qB}$

問2 この円運動の周期として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。7

- ① $\frac{\pi r}{4v}$ ② $\frac{\pi r}{2v}$ ③ $\frac{\pi r}{v}$ ④ $\frac{2\pi r}{v}$ ⑤ $\frac{3\pi r}{v}$ ⑥ $\frac{4\pi r}{v}$

正電荷が円運動している途中に、磁場の向きを y 軸正の向きに瞬間的に変え、図 2 のようにした。

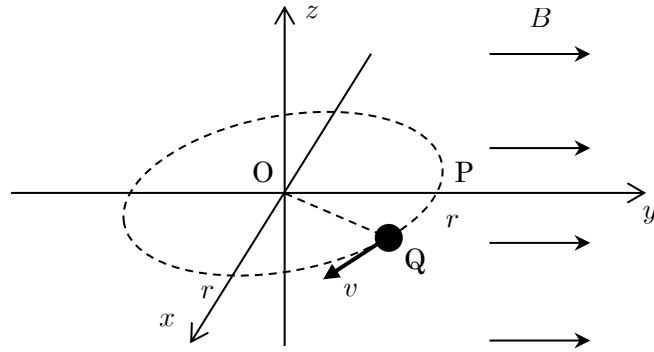


図 2

問 3 磁場の向きを変えた後の正電荷の運動は、磁場の向きを変えた瞬間の正電荷の位置により異なる。磁場の向きを変えた瞬間の正電荷の座標が、ア $(r, 0, 0)$ のとき、イ $(0, r, 0)$ のときについて、その後の正電荷の運動の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

8

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	等速直線運動	等加速度直線運動	等速直線運動	等加速度直線運動	等速円運動	単振動
イ	等速円運動	等速円運動	単振動	単振動	単振動	等速円運動

問 4 磁場の向きを変えた瞬間、正電荷が図 2 の点 Q ($\angle QOP=30^\circ$) にあったとする。磁場の向きを変えた後の正電荷の運動は、らせん運動となった。このらせん運動を xz 平面に投影した円運動の半径として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。9

- ① $\frac{mv}{qB}$ ② $\frac{mv}{2qB}$ ③ $\frac{\sqrt{3}mv}{2qB}$ ④ $\frac{2mv}{qB}$ ⑤ $\frac{2mv}{\sqrt{3}qB}$ ⑥ $\frac{\sqrt{3}mv}{qB}$

問 5 問 4 で、 xz 平面に投影した円運動が 1 回転する間に、正電荷は y 方向にいくら変位するか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。10

- ① $-\frac{\pi mv}{qB}$ ② $-\frac{2\pi mv}{qB}$ ③ $-\frac{\sqrt{3}\pi mv}{qB}$
 ④ $-\frac{\sqrt{3}\pi mv}{2qB}$ ⑤ $-\frac{\pi mv}{2qB}$ ⑥ $-\frac{\pi mv}{\sqrt{3}qB}$

3

シャボン玉に光を当てて見ると、虹色に色づいて見える。これは、図 1 のようにシャボン玉が薄い膜
 でできており、その上面と下面で反射した光が干渉するためである。シャボン液の絶対屈折率を n 、空気
 の絶対屈折率を 1 とし、シャボン液の厚さはシャボン玉のどの部分でも一様に d であるとする。

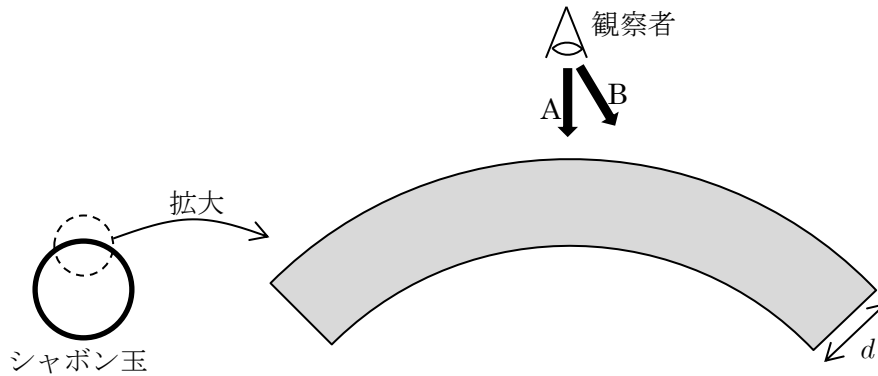


図 1

問 1 空気中で波長 λ の光がシャボン液中に入ったとき、波長はいくらになるか。正しいものを、次の
 ①～⑥のうちから一つ選びなさい。11

- ① λ ② $\frac{\lambda}{2}$ ③ 2λ ④ $\frac{\lambda}{n}$ ⑤ $n\lambda$ ⑥ $2n\lambda$

問 2 観察者がシャボン玉の上方に位置し、鉛直下向き（図 1 の A の方向）に観察する場合を考える。
 このとき、図 2 のように薄膜の上面と下面において垂直に反射した光が観察者の目に入る。空気中で波
 長 λ の光が強め合う条件として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし $m=0,$
 $1, 2, \dots$ である。12

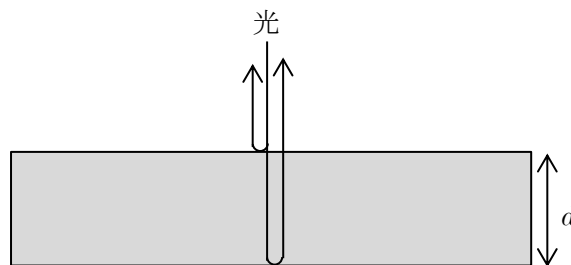


図 2

- ① $d = m\lambda$ ② $d = (m + \frac{1}{2})\lambda$ ③ $2d = m\lambda$
 ④ $2d = (m + \frac{1}{2})\lambda$ ⑤ $2nd = m\lambda$ ⑥ $2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda$

問3 問2のとき、強め合いが起こるために d が満たすべき条件として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **13**

- ① $d \geq \frac{\lambda}{4}$ ② $d \geq \frac{\lambda}{2}$ ③ $d \geq \lambda$ ④ $d \geq \frac{\lambda}{4n}$ ⑤ $d \geq \frac{\lambda}{2n}$ ⑥ $d \geq \frac{\lambda}{n}$

問4 観察者がシャボン玉の上方に位置し、鉛直下向きから斜めの方向（図1のBの方向）に観察する場合を考える。このとき、図3のように薄膜の上面において反射角 θ で反射した光1と、上面において屈折角 φ で屈折したあと下面で反射し再び上面で屈折した光2が、観察者の目に入る。波長 λ の光が強め合う条件として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、 $m=0, 1, 2, \dots$ である。 **14**

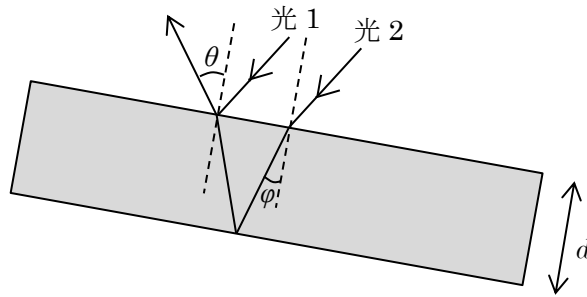


図3

- ① $2nd = m\lambda$ ② $2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda$ ③ $2nd \cos\theta = m\lambda$
 ④ $2nd \cos\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ ⑤ $2nd \cos\varphi = m\lambda$ ⑥ $2nd \cos\varphi = (m + \frac{1}{2})\lambda$

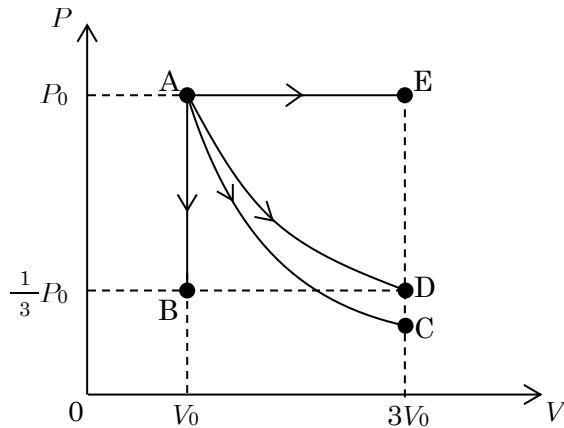
問5 観察者がシャボン玉全体を上方から見ると、同心円状の光の輪が見える。その輪はどのように色づいて見えるか。見え方として適当なものを、次の①～③のうちから一つ選びなさい。 **15**

- ① 内側から紫、青、緑、黄、橙、赤色の順に色づいて見える。
 ② 内側から赤、橙、黄、緑、青、紫色の順に色づいて見える。
 ③ 全て白色に見える。

4 次の文章（I・II）を読み、以下の問いに答えなさい。

I

なめらかに動くピストンをもつ容器に、単原子分子理想気体を封入し、圧力 P_0 、体積 V_0 の状態 A にしたものを 4 つ用意し、状態 B, C, D, E にそれぞれ変化させた。図は縦軸に気体の圧力 P を、横軸に気体の体積 V をとったグラフである。



図

問1 A→B, A→C, A→D, A→E は、定積変化、定圧変化、等温変化、断熱変化のいずれかに当たる。A→C, A→D の変化として適当な組み合わせを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。16

	①	②	③	④	⑤	⑥
A→C	定積変化	定積変化	定圧変化	定圧変化	等温変化	断熱変化
A→D	等温変化	断熱変化	等温変化	断熱変化	断熱変化	等温変化

問2 状態 A から E に変化する間に気体がした仕事として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。17

- ① 0 ② P_0V_0 ③ $2P_0V_0$ ④ $3P_0V_0$ ⑤ $4P_0V_0$ ⑥ $5P_0V_0$

問3 状態 A から B に変化する間に気体が放出する熱量を Q_1 、状態 A から E に変化する間に気体が吸収する熱量を Q_2 とする。 $\frac{Q_1}{Q_2}$ の値として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。18

- ① 1 ② $\frac{1}{2}$ ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{1}{5}$ ⑤ $\frac{1}{6}$ ⑥ $\frac{1}{9}$

II

運動エネルギーがともに 0.68MeV の 2 個の重水素原子核 ${}^2_1\text{H}$ が正面衝突し、三重水素原子核 ${}^3_1\text{H}$ と陽子 ${}^1_1\text{H}$ が生成された。この反応による質量の減少は $7.2 \times 10^{-30}\text{kg}$ であった。ただし、真空中の光の速さを $3.0 \times 10^8\text{m/s}$ 、電気素量を $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ とする。

問1 この反応で質量が減少することにより放出されるエネルギーは何 MeV か。最も適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 19 MeV

- ① 1.4 ② 2.2 ③ 4.1 ④ 6.5 ⑤ 7.2 ⑥ 10.4

問2 三重水素原子核 ${}^3_1\text{H}$ と陽子 ${}^1_1\text{H}$ の速さをそれぞれ v_1, v_2 、運動エネルギーをそれぞれ E_1, E_2 とする。 v_1 と v_2 の比 $\frac{v_1}{v_2}$ 、および E_1, E_2 の比 $\frac{E_1}{E_2}$ はいくらになるか。最も適当な組み合わせを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 20

	①	②	③	④	⑤	⑥
$\frac{v_1}{v_2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	3	3	3
$\frac{E_1}{E_2}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3}$	1	1	3	9

問3 陽子 ${}^1_1\text{H}$ の運動エネルギーは何 MeV になるか。最も適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 21 MeV

- ① 1.0 ② 1.4 ③ 3.1 ④ 3.7 ⑤ 4.1 ⑥ 4.9

(余 白)

化 学

必要があれば、次の値を使うこと。

原子量 H 1.0 C 12 N 14 O 16 S 32 Pb 207

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

水のイオン積 $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

1 各問いに答えよ。

問1 物質が単体の場合には①を、化合物の場合には②を、混合物の場合には③を選べ。

a 海水

b オゾン

c 硫酸銅(Ⅱ)

d 塩酸

e 白金

問2 次の中で互いに同素体の関係にある組合せはどれか。最も適するものを解答群から一つ選べ。

① 一酸化窒素と二酸化窒素 ② 亜鉛と鉛 ③ 水と氷

④ 黒鉛とダイヤモンド ⑤ 酸素と窒素

問3 ある原子 X が 2 価の陰イオンになったときの電子配置と、原子番号 m の原子 Y が 3 価の陽イオンになったときの電子配置が同じである。原子 X の原子番号として最も適当なものを解答群から一つ選べ。

① $m-2$ ② $m+2$ ③ $m-3$ ④ $m+3$ ⑤ $m-5$ ⑥ $m+5$

問4 メタンとエタンのみを含む混合気体に十分量の酸素を加えて、完全燃焼させたところ、66.0g の二酸化炭素と 45.0g の水が生成した。この混合気体の完全燃焼に使われた酸素の体積は標準状態で何 L か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 L

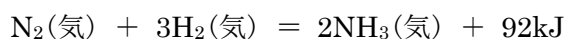
① 50.4 ② 56.0 ③ 61.6 ④ 72.8 ⑤ 78.4 ⑥ 101

問5 四酸化二窒素をある温度、圧力に保つと、 $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ の反応が起こり、平衡状態に達する。

5.0Lの容器に2.0molの N_2O_4 を入れ、75°Cに保つと平衡状態に達した。このとき、 NO_2 は1.0mol存在していた。この反応の75°Cにおける平衡定数は何mol/Lか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 mol/L

- ① 0.13 ② 0.50 ③ 0.67 ④ 1.3 ⑤ 1.5 ⑥ 75

問6 窒素と水素からアンモニアを合成する反応の熱化学方程式を次に表す。



窒素分子中の $\text{N}\equiv\text{N}$ 結合の結合エネルギーは942kJ/mol、水素分子中の $\text{H}-\text{H}$ 結合の結合エネルギーは436kJ/molである。アンモニア分子中の $\text{N}-\text{H}$ 結合の結合エネルギーは何kJ/molか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 kJ/mol

- ① 360 ② 390 ③ 1079 ④ 1171 ⑤ 2158 ⑥ 2342

2 各問いに答えよ。

問1 コロイドに関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a コロイド溶液に横から強い光線を照射すると、光の通路が一様に輝いて見える。これは、コロイド粒子が光をよく散乱するためである。
- b コロイド粒子どうしが互いに衝突することでおこる不規則な運動を、ブラウン運動という。
- c 疎水コロイドである硫黄のコロイドを凝析させるためには、硝酸カリウムよりも硫酸アルミニウムの方が有効である。
- d セロハンなどの半透膜を用いて、コロイド溶液から小さな分子やイオンを除く操作を塩析という。

問2 電極に鉛と酸化鉛(IV)を、電解液に希硫酸を用いた電池を鉛蓄電池という。この電池を放電させたところ、放電後、正極の質量が 3.20g 増加していた。各問いに答えよ。

- a この放電による負極の質量増加は何 g か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。
 g
- ① 1.20 ② 2.10 ③ 2.40 ④ 4.80 ⑤ 15.1
- b 放電前の電解液は 30%、1000g であった。この放電後の希硫酸の質量%濃度は何%か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 %
- ① 26.1 ② 26.4 ③ 27.6 ④ 28.1 ⑤ 29.3
- c この放電後の鉛蓄電池を充電し、放電前と同じ状態にした。充電に要した時間が 32 分 10 秒であった場合、充電時に流れた電流は何 A か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 A
- ① 0.25 ② 0.50 ③ 1.0 ④ 2.5 ⑤ 5.0

問3 酢酸水溶液について、各問いに答えよ。ただし、酢酸の電離定数を $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\log_{10} 2 = 0.30$ とする。

a 0.10mol/L 酢酸水溶液中の酢酸の電離度はいくらか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。

- ① 1.0×10^{-2} ② 1.2×10^{-2} ③ 1.4×10^{-2} ④ 1.6×10^{-2} ⑤ 2.0×10^{-2}

b 0.10mol/L 酢酸水溶液の pH はいくらか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。

- ① 2.70 ② 2.85 ③ 3.00 ④ 3.15 ⑤ 3.30

c 0.10mol/L 酢酸水溶液 10mL に 0.10mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 10mL 加えた。このときの pH はいくらか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。

- ① 7.70 ② 8.00 ③ 8.70 ④ 9.00 ⑤ 9.30

3 各問いに答えよ。

問1 ハロゲンとその化合物に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a ハロゲンの単体の酸化力は、原子番号が大きくなるほど強くなる。 21
- b フッ素の単体は水と激しく反応して水素を発生する。 22
- c フッ化銀は水に溶けやすい。 23
- d 次亜塩素酸ナトリウムは強い還元作用があるので、漂白・殺菌剤に利用される。 24
- e ヨウ素の単体は水に溶けにくいだが、無極性の有機溶媒にはよく溶ける。 25

問2 硝酸に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 硝酸の水溶液は強い酸性を示す。 26
- b 硝酸は工業的にはアンモニアを原料として、接触法によってつくられている。 27
- c 濃硝酸には酸化力があるが、希硝酸には酸化力がない。 28
- d 硝酸は褐色びんに入れて冷暗所で保存する。 29
- e アルミニウムや鉄、ニッケルは濃硝酸には不動態となるため溶けない。 30

問3 アルミニウムに関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a アルミニウムの単体は希塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応して水素を発生する。 31
- b アルミニウムの電気伝導性は、金属単体で最も大きい。 32
- c アルミニウムと少量の銅、マグネシウムとの合金は、軽くて強いため、航空機の機体や建築材に使われる。この合金をアルマイトという。 33
- d アルミニウムは原料鉱石のボーキサイトから得られる酸化アルミニウム（アルミナ）の熔融塩電解（融解塩電解）によってつくられている。 34
- e アルミニウムイオンを含む水溶液にアンモニアを加えると白色の沈殿を生じるが、さらにアンモニア水を加えても沈殿は溶解しない。 35

問4 鉄に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 鉄とクロム、ニッケルの合金であるステンレス鋼はさびにくい。 36
- b 鉄(Ⅱ)イオンを含む水溶液に硫化水素を通じると、鉄(Ⅱ)イオンは酸化されて鉄(Ⅲ)イオンとなる。 37
- c 鉄(Ⅱ)イオンを含む水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると緑白色の沈殿を生じるが、過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると淡緑色の溶液となる。
38
- d 鉄(Ⅱ)イオンを含む水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加えると、血赤色の溶液となる。 39
- e 鉄(Ⅱ)イオンを含む水溶液にヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を加えると濃青色の沈殿が生成する。 40

4 各問いに答えよ。

問1 炭化水素に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a エチレンはエタノールと濃硫酸の混合物を 160~170°Cに加熱することで得られる。
41
- b 炭素数4のアルカンには鏡像異性体が存在する化合物がある。 42
- c 炭素数4のアルケンには1-ブテンと2-ブテンが存在するが、どちらにも幾何異性体（シス・トランス異性体）が存在する。 43
- d アセチレンにシアン化水素を付加させると、アクリロニトリルが生成する。 44
- e アセチレンをアンモニア性硝酸銀水溶液に通じると銀アセチリドの赤色沈殿を生じる。 45

問2 酢酸に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 酢酸は還元性を示す。 46
- b 酢酸は無色、刺激臭の液体である。 47
- c 純粋な酢酸は冬季に凝固するので氷酢酸ともよばれる。 48
- d 酢酸はアセトアルデヒドの酸化によって得られる。 49
- e 酢酸をエチレンに付加させると、酢酸ビニルが生成する。 50

問3 セッケンおよび合成洗剤に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a セッケンや合成洗剤は長鎖の炭化水素基からなる疎水性の部分と、イオンからなる親水性の部分をもつ。 51
- b セッケンや合成洗剤は水の表面張力を低下させる界面活性剤である。 52
- c セッケンが油汚れに触れると、油分はセッケンのミセルの内部に取り囲まれて分散する。この作用を乳化作用という。 53
- d セッケンを硬水中で使用すると、脂肪酸が遊離するため洗浄力が低下する。 54
- e 硫酸ドデシルナトリウムやアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムなどの合成洗剤はその水溶液が酸性である。 55

問4 サリチル酸と関連する化合物に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a サリチル酸はカルボキシ基とヒドロキシ基の2つの官能基をもつ。 56
- b ナトリウムフェノキシドを常温・常圧で二酸化炭素と反応させ、希硫酸を作用させるとサリチル酸が生成する。 57
- c アセチルサリチル酸に塩化鉄(III)水溶液を加えると赤紫色を呈する。 58
- d アセチルサリチル酸は解熱鎮痛剤として用いられる。 59
- e サリチル酸メチルに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素が発生する。 60

問5 繊維に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 天然繊維には植物繊維と動物繊維があり、植物繊維には綿や絹がある。 61
- b セルロースのヒドロキシ基をアセチル化することで行われた繊維をアセテート繊維という。 62
- c シュワイツァー試薬にセルロースを溶かすと粘性の大きい溶液になる。これを細孔から希硫酸中に押し出すとセルロース繊維が再生され、ビスコースレーヨンが得られる。 63
- d ナイロン66やナイロン6は分子内にアミド結合をもつため水素結合が形成され、強度や耐久性に優れている。 64
- e テレフタル酸とエチレングリコールを付加重合させると、ポリエチレンテレフタレート(PET)が生成する。 65

問6 アミノ酸に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 生体内で合成できない、または合成しにくいアミノ酸は外部から摂取する必要があり、必須アミノ酸という。 66
- b すべての α -アミノ酸は不斉炭素原子が存在する。 67
- c アミノ酸は水に溶けにくく、有機溶媒に溶けやすい。 68
- d アミノ酸にフェーリング液を加えて温めると紫色を呈する。この反応をフェーリング反応という。 69
- e 酸性アミノ酸の等電点は中性アミノ酸の等電点よりも大きい。 70

(余 白)

生 物

1 代謝に関する次の文章を読み、下の問い（問1～5）に答えよ。

光合成の反応は、葉緑体のチラコイドで起こる反応と **ア** で起こる反応からなる。チラコイドでは、光エネルギーが吸収され、水の分解によって電子が放出され、放出された電子はタンパク質複合体(電子伝達系)に渡される。そして、タンパク質複合体を電子が移動していく過程で、 H^+ が **ア** からチラコイド内腔へ輸送される。 H^+ は濃度勾配にしたがって ATP 合成酵素を通過して **ア** に流出し、この際に ATP が合成される。葉緑体における ATP 合成の反応は **イ** と呼ばれる。電子伝達された e^- により、還元型補酵素である NADPH が生成され、還元型補酵素と ATP は、**ア** にあるカルビン・ベンソン回路に水素源やエネルギー源として用いられる。この回路で CO_2 が固定され、有機物が合成される。

いま、密閉できるガラス容器にクロレラを入れ、最初の3分間(前半)と次の3分間(後半)に、それぞれ表の条件のもとで実験 I～IVを行った。

表

	前半	後半
実験 I	照射あり・ CO_2 なし	照射なし・ CO_2 あり
実験 II	照射なし・ CO_2 なし	照射なし・ CO_2 あり
実験 III	照射なし・ CO_2 なし	照射あり・ CO_2 あり
実験 IV	照射あり・ CO_2 あり	照射なし・ CO_2 あり

照射あり：十分な強度の光を照射する。 CO_2 あり：通常の空気を入れる。

照射なし：光を遮断し、暗黒に保つ。 CO_2 なし：あらかじめ CO_2 を除いた空気を入れる。

【 実験結果 】

実験 IV の前半では O_2 が発生し続けたが、実験 I の前半では O_2 の発生が途中で止まった。また、実験 I、III、IV の光合成速度は CO_2 の濃度によって制限されていた。ただし、実験 IV の前半では CO_2 が吸収され続けたが、実験 I の後半では CO_2 の吸収が途中で止まった。

問1 文中の空欄 **ア**・**イ** に入る語句の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選べ。 **1**

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ア | イ | ア | イ |
| ① マトリックス | 酸化的リン酸化 | ② マトリックス | 光リン酸化 |
| ③ ストロマ | 光リン酸化 | ④ ストロマ | 酸化的リン酸化 |

問2 下線部に関して、このような光合成と異なり、水を分解しない光合成を行う生物の組み合わせを次の①～④の中から一つ選べ。 **2**

- | | |
|-------------|-----------------|
| ① ユレモ、ネンジュモ | ② 紅色硫黄細菌、緑色硫黄細菌 |
| ③ 硝酸菌、亜硝酸菌 | ④ クロレラ、クラミドモナス |

問3 さまざまな生物の光合成に関する記述として適当なものを、次の①～⑦の中から二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 ・

- ① 光合成を行う原核生物には、電子伝達系をもつものはない。
- ② シアノバクテリアは、葉緑体を持っていないが、光合成を行うことができる。
- ③ 光合成細菌は、無機物を酸化する際に発生するエネルギーで反応を進めている。
- ④ 光合成を行うすべての生物は必ず光化学系Ⅰ、光化学系Ⅱの両方を持っている。
- ⑤ 根粒菌は空気中の CO_2 を取り入れて光合成を行い、これにより合成した無機窒素化合物を、共生しているマメ科植物に渡し、有機窒素化合物を植物から得ている。
- ⑥ C_4 植物では、 CO_2 を C_4 化合物として取り込み、維管束鞘細胞へ高濃度の CO_2 を供給することができるため、強光、高温の条件下でも効率的に光合成を行うことができる。
- ⑦ CAM 植物では、昼間に気孔を小さく開いて CO_2 を取り込み、 C_4 化合物に固定して液胞に蓄える。液胞中の C_4 化合物を分解して CO_2 を取り出し、葉緑体でカルビン・ベンソン回路を進行させる。

問4 実験Ⅰの前半および後半では、 NADP^+ 、 NADPH 、 ATP 、 ADP にどのような変化が起こると考えられるか。最も適当なものを次の①～⑦のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

前半 後半

- ① NADPH は NADP^+ になり、 ADP は ATP に変化する。
- ② NADPH は NADP^+ になり、 ATP は ADP に変化する。
- ③ NADP^+ と NADPH は減少し、 ADP と ATP は増加する。
- ④ NADP^+ は NADPH になり、 ADP は ATP に変化する。
- ⑤ NADP^+ は NADPH になり、 ATP は ADP に変化する。
- ⑥ NADP^+ と NADPH は増加し、 ADP と ATP は減少する。
- ⑦ NADP^+ と NADPH 、 ADP と ATP はともに変化しない。

問5 実験Ⅰ～実験Ⅳのそれぞれの後半における CO_2 吸収量の大小関係はどのようになるか。最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。

- ① 実験Ⅰ > 実験Ⅲ > 実験Ⅳ
- ② 実験Ⅱ > 実験Ⅲ > 実験Ⅰ
- ③ 実験Ⅱ > 実験Ⅰ > 実験Ⅲ
- ④ 実験Ⅲ > 実験Ⅰ > 実験Ⅱ
- ⑤ 実験Ⅲ > 実験Ⅱ > 実験Ⅳ
- ⑥ 実験Ⅳ > 実験Ⅱ > 実験Ⅰ
- ⑦ 実験Ⅳ > 実験Ⅲ > 実験Ⅱ

2 ホルモンと血糖量調節に関する次の文章を読み、下の問い（問1～6）に答えよ。

多くの動物では、体外環境が変化しても体内環境としての体液の状態を常に一定に保とうとするしくみがあり、このしくみを恒常性という。ヒトの体温や(A)血糖濃度などが一定の範囲内の維持の調節の際には、(B)自律神経系と内分泌系が重要な役割を果たし、内分泌系では主としてホルモンがさまざまな特有の生理作用を示す。食後に血糖量が増加すると、血糖量の調節中枢であるア やすい臓の内分泌腺であるランゲルハンス島がこれを感知し、イ を介してウ のランゲルハンス島に指令が伝わり、B 細胞からインスリンが分泌される。インスリンは主として肝臓や筋肉、および脂肪組織の細胞に存在するインスリン受容体にシグナル分子として結合し、(C)細胞内に情報伝達を行い、血糖濃度が正常範囲まで低下する。一方、血糖濃度が正常範囲を下回ると、いくつかの経路を介した指令によって、肝臓からグルコースが放出され、血糖濃度が正常範囲まで上昇する。つまり、(D)高血糖の情報が調節中枢にフィードバックすると血糖濃度が下がり、(E)低血糖の情報が調節中枢にフィードバックすると血糖濃度が上がることで血糖濃度を一定範囲に保っている。このような血糖濃度を調節する機構が何らかの原因でうまくはたらかなくなり、高血糖の状態が継続する疾患が(F)糖尿病である。

問1 文中の空欄ア～ウに入る語句の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選べ。 8

- | ア | イ | ウ | ア | イ | ウ |
|----------|------|-----|----------|-------|-----|
| ① 脳下垂体前葉 | 交感神経 | すい臓 | ② 脳下垂体前葉 | 副交感神経 | 肝臓 |
| ③ 脳下垂体前葉 | 交感神経 | 肝臓 | ④ 間脳視床下部 | 副交感神経 | すい臓 |
| ⑤ 間脳視床下部 | 交感神経 | すい臓 | ⑥ 間脳視床下部 | 副交感神経 | 肝臓 |

問2 下線部(A)に関して、ヒトの場合、血液量 100mL あたり約 100mg のグルコースが含まれているが、これは何%に相当するか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 9

- ① 0.001% ② 0.01% ③ 0.1% ④ 1% ⑤ 10%

問3 下線部(B)に関して、自律神経系および内分泌系に関する記述として誤っているものを、次の①～⑧のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 10 ・ 11

- ① ホルモンは特定の標的細胞にのみ作用する。
- ② ホルモンは排出管(導管)を介さず、外分泌腺から分泌される。
- ③ 内分泌系は、自律神経系に比べて効果は持続的である。
- ④ 自律神経系および内分泌系は、意思とは無関係にはたらく。
- ⑤ 自律神経を介した指令を受けて、副腎髄質からのアドレナリンの分泌が促進される。
- ⑥ 自律神経を介した指令を受けて、副腎皮質からの糖質コルチコイドの分泌が促進される。
- ⑦ グルカゴンは、肝臓でのグリコーゲンの分解を促進する。
- ⑧ 糖質コルチコイドは、タンパク質からグルコースへの糖化を促進する。

問 4 文中の下線部(C)に関して、ペプチドホルモンとステロイドホルモンの情報伝達に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 12

- ① ペプチドホルモンは親水性であり、細胞膜に存在する受容体タンパク質と結合し、ホルモンと受容体タンパク質の複合体が調節タンパク質としてはたらき、遺伝子発現の調節に関与する。
- ② ペプチドホルモンは疎水性であり、細胞膜に存在する受容体タンパク質と結合し、細胞内の情報伝達に関わる分子(情報伝達物質)の量を調節したり、リン酸化酵素などの活性を変化させたりする。
- ③ ステロイドホルモンは疎水性であり、細胞膜を通過して細胞質に存在する受容体タンパク質と結合し、ホルモンと受容体タンパク質の複合体が調節タンパク質としてはたらき、遺伝子発現の調節に関与する。
- ④ ステロイドホルモンは親水性であり、細胞膜を通過して細胞質に存在する受容体タンパク質と結合し、細胞内の情報伝達に関わる分子(情報伝達物質)の量を調節したり、リン酸化酵素などの活性を変化させたりする。

問 5 フィードバックには、正のフィードバックおよび負のフィードバックがある。文中の下線部(D)と(E)に関する記述として最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選べ。 13

- ① 下線部(D)は正、下線部(E)は負のフィードバック調節である。
- ② 下線部(D)は負、下線部(E)は正のフィードバック調節である。
- ③ 下線部(D)も下線部(E)も、正のフィードバック調節である。
- ④ 下線部(D)も下線部(E)も、負のフィードバック調節である。

問 6 下線部(F)について、以下の表は、ある患者 (a、b、c) において、食事による血糖濃度と血液中のインスリンの濃度の変化を調べたものである。これより、(1)糖尿病の可能性が高いと診断された患者、および、(2)インスリンの静脈注射によって糖尿病の症状を軽減できる可能性がある患者を、それぞれ次の①～⑦の中から一つずつ選べ。 (1) 14 (2) 15

表 健康な人と患者 a～c の血糖濃度とインスリン濃度

	血糖濃度(mg/100mL)			インスリン濃度(相対値)		
	食前	食後 1 時間	食後 2 時間	食前	食後 1 時間	食後 2 時間
健康な人	80	136	112	10	72	48
患者 a	110	145	121	8	68	42
患者 b	146	262	254	7	9	8
患者 c	248	239	246	32	91	73

- ① 患者 a
- ② 患者 b
- ③ 患者 c
- ④ 患者 a、患者 b
- ⑤ 患者 a、患者 c
- ⑥ 患者 b、c
- ⑦ 患者 a、患者 b、患者 c

3 遺伝情報の発現に関する次の文章（I・II）を読み、下の問い（問1～6）に答えよ。

I 1953年、ワトソンとクリックは、DNAの分子モデルとして二重らせん構造を提唱した。このモデルでは、DNAは2本のヌクレオチド鎖の塩基どうしが対をつくり、らせん状にねじれた構造をしている。DNAの遺伝情報は、(A)mRNAの塩基配列に写し取られ、この遺伝情報にもとづいてアミノ酸が決定されてタンパク質が合成されたりする一方、同一のDNAが新たに複製されることもある。

DNAの複製は、塩基対の水素結合が切れて2本のヌクレオチド鎖となり、塩基の相補性により、それぞれのヌクレオチド鎖を鋳型として新しいDNAが2本つくられる。このような複製のしくみは半保存的複製といい、1958年にメセルソンとスタールが(B)窒素の同位体 ^{15}N を利用した実験によって証明した。

タンパク質合成の際には、DNAの遺伝情報がmRNAの塩基配列に写し取られ、この遺伝情報にもとづいてアミノ酸配列が決定される。mRNAを構成するヌクレオチドの塩基は、A、U、G、Cの4種類であるが、タンパク質を構成するアミノ酸は20種類である。このことから、mRNAの塩基3つの配列(コドン)で1つのアミノ酸を指定していると考えられた。現在では、理論上は **ア** 種類のコドンがあるが、実際のアミノ酸を指定するコドンは **イ** 種類で、これらのコドンで20種類のアミノ酸を指定することがわかっている。

問1 下線部(A)について、真核細胞において、遺伝情報にもとづいてタンパク質が合成される過程に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **16**

- ① 転写は核内で行われ、スプライシングは細胞質で行われる。
- ② スプライシングは核内で行われ、翻訳は細胞質で行われる。
- ③ 転写では、リーディング鎖とラギング鎖の2本のRNAが合成される。
- ④ スプライシングには、mRNA前駆体に存在するオペレーターが必要である。

問2 下線部(B)について、大腸菌を ^{15}N を含む培地で増殖させ、大腸菌内の窒素成分を ^{15}N に置き換えた。その後、 ^{14}N を含む培地に移し、分裂1回目、2回目、3回目の後のそれぞれの大腸菌からDNAを抽出し、比重の違いを調べたところ、重いDNA、中間の重さのDNA、軽いDNAに分けられ、それぞれの割合は分裂ごとに異なっていた。分裂2回目および3回目の大腸菌のDNAの比重とその割合として最も適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。 2回目：**17** 3回目：**18**

	重いDNA	中間の重さのDNA	軽いDNA
①	1	0	1
②	1	0	2
③	1	1	0
④	0	1	1
⑤	0	1	2
⑥	0	1	3

問3 文中の空欄 **ア**・**イ** に当てはまる語句として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **19**

- | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|
| | ア | イ | | ア | イ | | ア | イ |
| ① | 27 | 64 | ② | 27 | 60 | ③ | 64 | 60 |
| ④ | 64 | 61 | ⑤ | 81 | 60 | ⑥ | 81 | 64 |

II アメリカのニーレンバーグらは、ウラシルだけを含む人工的に合成した RNA(UUUUUUUU…)を用い、大腸菌をすりつぶした抽出液(タンパク質合成に必要なものを含む)を加え、フェニルアラニンだけが連結したポリペプチド鎖が合成されることを発見した。これと同様な実験を行い、特定の塩基配列の RNA を人工的に合成し、ポリペプチド鎖を合成させる**実験1～4**を行った。なお、一つのアミノ酸は三つの連続した塩基によって指定されること、翻訳は RNA の任意の場所から始まることがわかっている。

実験1 アデニンとシトシンからなる ACACAC…を繰り返す塩基配列の RNA を用いてポリペプチド鎖を合成したところ、トレオニンとヒスチジンが交互に配列したポリペプチド鎖が得られた。

実験2 ACCACC…を繰り返す塩基配列の RNA を用いてポリペプチド鎖を合成したところ、トレオニン、プロリン、ヒスチジンのいずれかだけからなる3種類のポリペプチド鎖が得られた。

実験3 AACAAAC…を繰り返す塩基配列の RNA を用いてポリペプチド鎖を合成したところ、アスパラギン、トレオニン、グルタミンのいずれかだけからなる3種類のポリペプチド鎖が得られた。

実験4 C:A=1:2 で、塩基配列に偏りのない RNA を用いてポリペプチド鎖を合成させたところ、リシン:トレオニン:アスパラギン:グルタミン:プロリン:ヒスチジン=8:6:4:4:3:2 に含むポリペプチド鎖が合成された。

問4 ポリペプチド鎖を合成するために、抽出液に含まれていなければならないものとして適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。 **20**

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| ① 基本転写因子、RNA ポリメラーゼ | ② DNA ポリメラーゼ、プライマー |
| ③ プラスミド、制限酵素、DNA リガーゼ | ④ tRNA、リボソーム、ATP |

問5 **実験1～3**の結果から、遺伝暗号の対応関係が明らかになるアミノ酸は何種類あるか。次の①～⑤の中から最も適当なものを一つ選べ。 **21**

- ① 1種類 ② 2種類 ③ 3種類 ④ 4種類 ⑤ 5種類

問6 **実験4**では8種類の遺伝暗号が存在するが、アミノ酸は6種類しか出現していない。このことから、8種類のうち2種類は、別の遺伝暗号で同一のアミノ酸を指定すると考えられる。**実験1～4**の結果から、少なくとも2つ以上の遺伝暗号によって指定されると推測されるアミノ酸が2種類存在する。一つはトレオニンであるが、もう一つのアミノ酸として最も適当なものを次の①～⑤の中から一つ選べ。 **22**

- ① リシン ② アスパラギン ③ グルタミン ④ プロリン ⑤ ヒスチジン

4 細胞分裂に関する次の文章を読み、下の問い（問1～6）に答えよ。

細胞が体細胞分裂を行って増殖しているとき、細胞は分裂期と間期を繰り返す。また、間期は、DNA合成の準備を行うG₁期、DNA合成を行うS期、分裂の準備を行うG₂期に分けられる。細胞周期に要する時間、および各期に要する時間を調べるために、次の**実験1**・**実験2**を行った。

実験1 マウスの胚から取り出された細胞を、適当な培地で培養した。培養開始時、および培養開始から48時間後の全細胞数と分裂期の細胞数を測定した。その結果を表に示した。

表

培養開始からの時間(時間)	全細胞数(個)	分裂期の細胞数(個)
0	2.4×10^5	1.2×10^4
48	9.6×10^5	4.8×10^4

実験2 **実験1**の培養細胞の集団から5000個の細胞を取り出し、細胞当たりのDNA量(相対値)と細胞数を測定した。その結果から、各細胞をDNA量が2である**a**群、DNA量が2より多く4より少ない**b**群、DNA量が4である**c**群の3群に分け、各群の細胞数を図に示した。

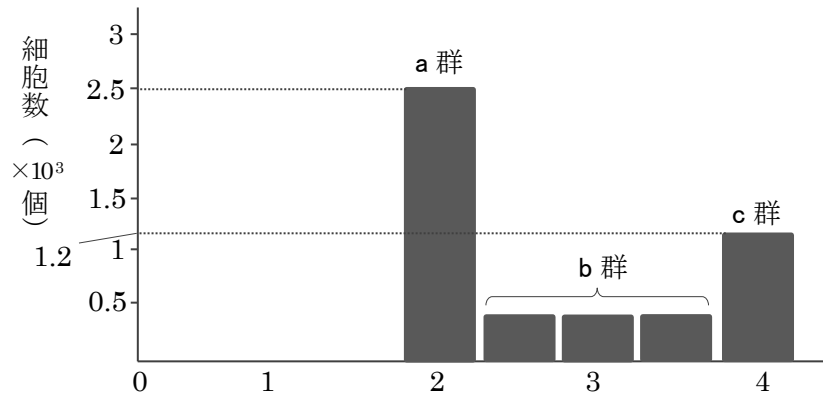


図 細胞あたりのDNA量(相対値)

問1 細胞分裂に関する記述として誤っているものを、次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 23 ・ 24

- ① 前期には、光学顕微鏡では染色体はまだ観察できない。
- ② 中期には、最も凝縮した染色体が赤道面に並ぶ。
- ③ 後期には、染色体が縦裂面から二つに分かれ、それぞれ両極へ移動する。
- ④ 終期には、染色体が細長くなり、核膜・核小体が再び現れる。
- ⑤ 動物細胞では、核分裂の際に星状体が形成される。
- ⑥ 植物細胞の細胞質分裂では、外側からくびれて細胞が二分される。

問2 図のa群～c群には細胞周期のどの時期にある細胞が含まれるか。最も適当な組み合わせを、次の①～⑥のうちから一つずつ選べ。 25

	a 群	b 群	c 群
①	S 期	M 期(分裂期)	G ₁ 期と G ₂ 期
②	M 期(分裂期)	S 期	G ₁ 期と G ₂ 期
③	G ₂ 期	M 期(分裂期)	G ₁ 期と S 期
④	M 期(分裂期)	G ₂ 期	G ₁ 期と S 期
⑤	G ₁ 期	S 期	G ₂ 期と M 期(分裂期)
⑥	S 期	G ₁ 期	G ₂ 期と M 期(分裂期)

問3 実験1の結果から、培養細胞の細胞周期の長さは何時間であると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 26 時間

- ① 10 ② 12 ③ 20 ④ 24 ⑤ 36 ⑥ 48

問4 実験1・実験2の結果から求められるS期およびM期のおよその長さ(時間)として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 S期 27 M期 28

- ① 0.5 時間 ② 1.0 時間 ③ 1.2 時間 ④ 1.5 時間
 ⑤ 5.2 時間 ⑥ 5.8 時間 ⑦ 6.2 時間 ⑧ 7.2 時間

問5 実験1・実験2の結果から、G₁期、S期、G₂期の各期に要する時間の長さを比較した結果として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、細胞周期に要する時間に占める各期に要する時間の割合は、観察した全細胞数に占める割合と一致するものとする。 29

- ① G₁期>S期>G₂期 ② S期>G₁期>G₂期 ③ G₁期>G₂期>S期
 ④ G₂期>S期>G₁期 ⑤ S期>G₂期>G₁期 ⑥ G₂期>G₁期>S期

問6 実験1の細胞培養の培地中に、DNAポリメラーゼのはたらきを阻害するアフィディコリンという試薬を加えて6時間以上おいた。その後、実験2と同様な方法で細胞あたりのDNA量と細胞数を測定した。実験2の結果と比べた場合、どのような結果が得られると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、この薬剤はただちに効果があるものとし、DNAポリメラーゼのはたらきを阻害する以外には細胞の活動に影響を及ぼさない物質であるものとする。 30

- ① a群の細胞数は増加し、b群は減少する。 ② a群の細胞数は増加し、c群は減少する。
 ③ b群の細胞数は増加し、c群は減少する。 ④ a群の細胞数は減少し、b群は増加する。
 ⑤ b群の細胞数は減少し、c群は増加する。 ⑥ a群、b群、c群の細胞数は等しくなる。