

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 新口動物に含まれる動物として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

ア

- ① 環形動物                      ② 棘皮動物                      ③ 節足動物  
④ 線形動物                      ⑤ 軟体動物

問 2 相同染色体間に乗換えが起こる時期として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

イ

- ① 減数分裂前のS期              ② 減数第一分裂前期              ③ 減数第一分裂中期  
④ 減数第二分裂前期              ⑤ 減数第二分裂中期

問 3 ATPのエネルギーによって行われるものとして最も適切なものを①～④から1つ選べ。

ウ

- ① アクアポリンによる水分子の輸送  
② ATP合成酵素によるADPのリン酸化  
③ モータータンパク質による鞭毛の屈曲運動  
④ DNAポリメラーゼによるヌクレオチド鎖の伸長

問 4 核に関する記述として適切でないものを①～④から1つ選べ。

エ

- ① 核膜は二重の生体膜でできている。  
② 核小体でリボソームRNAが合成される。  
③ 核内にはDNAとRNAの両方が含まれる。  
④ 核の内部は核膜孔を通じて小胞体の内部とつながっている。

問 5 植物の気孔の開閉に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

オ

- ① 光合成によるガスの損失を防ぐためには気孔を閉じる必要がある。  
② 孔辺細胞から水が流出して孔辺細胞の膨圧が上がると気孔は閉じる。  
③ アブシシン酸が孔辺細胞に作用すると気孔が閉じて蒸散が抑えられる。  
④ フォトリポピンが赤色光を受容することが引き金となり気孔は開口する。

問 6 被子植物の生殖細胞に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 カ

- ① 精細胞は極核を持つ中央細胞と合体して胚となる。
- ② 精細胞は花粉管細胞が減数分裂することによりつくられる。
- ③ 重複受精によってつくられた3つの反足細胞は胚軸となる。
- ④ 花粉四分子のそれぞれの細胞は、細胞分裂を行い、花粉管細胞と雄原細胞になる。

問 7 進化に関する記述として適切でないものを①～④から1つ選べ。 キ

- ① 生殖的隔離が成立して新たな種が生じることを種分化という。
- ② 自然選択は個体の表現型(形質)ではなく遺伝子型に対してはたらく。
- ③ 自然選択に対して中立な遺伝的変異が集団内に広まることを中立進化という。
- ④ 異性をめぐる競争によって特定の遺伝的特徴が進化するしくみを性選択という。

問 8 生物の分類に関する記述として適切でないものを①～④から1つ選べ。 ク

- ① 学名としての種の名前は、国際的なとりきめにより、種小名の後に属名を並べて記載する二名法により表される。
- ② DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列などの分子データを比較して作成された系統樹を分子系統樹という。
- ③ 生物が進化してきた経路を系統といい、推定された系統からの類縁関係にもとづいて生物を分類する方法を系統分類という。
- ④ 近縁な種は属に、さらにいくつかの近縁な属は科にまとめられ、同じように高次の段階として目・綱・門・界などがおかれている。このような段階的なグループ分けは分類階級と呼ばれる。

問 9 人類に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 ケ

- ① ネアンデルタール人と呼ばれる新人は、ヨーロッパから西アジアを中心に広がったと考えられている。
- ② ホモ・エレクトスなどの原人は、アフリカから南ヨーロッパや東アジアに進出したと考えられている。
- ③ アウストラロピテクスと総称される何種類かの類人猿は、完全な直立二足歩行をしていたと考えられている。
- ④ ホモ・サピエンスと呼ばれる旧人は、アフリカで誕生した後にユーラシア大陸に進出し、その後、全世界に広がったと考えられている。

II 以下の問いに答えよ。

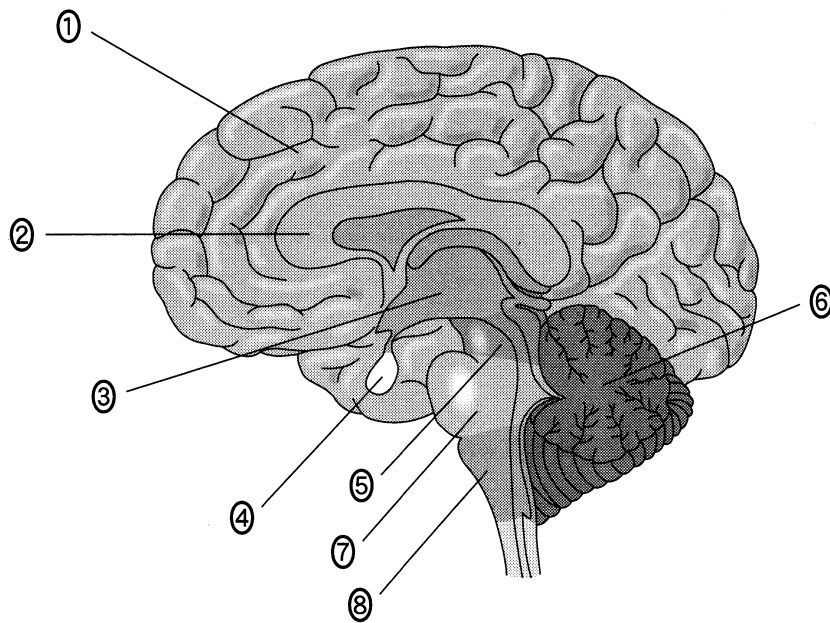
問 1 下図はヒトの脳を模式的に示した図である。以下の文章にあてはまる領域として最も適切な領域を下図の①～⑧よりそれぞれ1つずつ選び答えよ。

(1) 随意運動を調節する中枢であるとともに、体の平衡を保つ中枢がある。

(2) 自律神経系の中枢があり、内臓のはたらきや体温・血糖濃度・摂食・睡眠などを調節する。

(3) 呼吸運動や心臓の拍動、血管の収縮などの中枢があり、生命維持に直接関係する重要なはたらきの中枢がある。

(4) 左右の大脳半球を連絡する神経繊維の束が通っている。



問 2 図 1 は 2 種類の草本植物群集における生産構造図である。

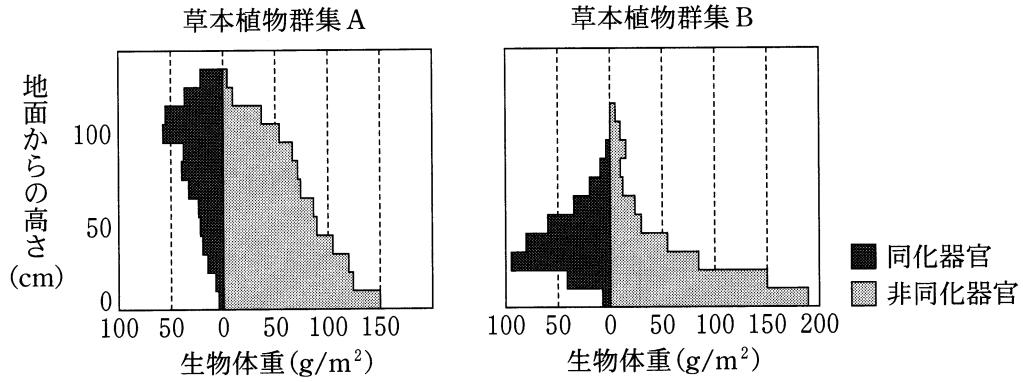


図 1

(1) A, B の生産構造図はそれぞれ何型と呼ばれるか、最も適切なものを①～⑧からそれぞれ 1 つずつ選べ。

A :

B :

① イネ科型

② マメ科型

③ 広葉型

④ 針葉型

⑤ 極相型

⑥ 遷移型

⑦ 陰樹型

⑧ 陽樹型

(2) A, B のような型の生産構造図を持つ植物を①～④からそれぞれ 2 種ずつ選べ。

A :

B :

① アカザ

② ススキ

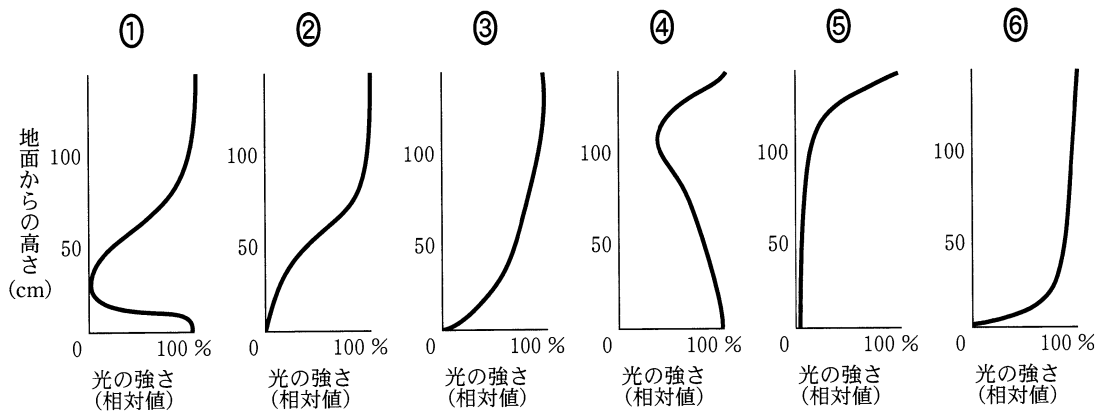
③ ダイズ

④ チカラシバ

(3) A, B の生産構造図における光の強さ (相対照度) を表したものはどれか、最も適切なものを①～⑥からそれぞれ 1 つ選べ。

A :

B :



(4) 図1の草本植物群集についての説明として、最も適切なものを①～④から1つ選べ。

サ

- ① 草本植物群集 A は、広い葉を茎の比較的低い位置に持つ。
- ② 草本植物群集 A は、細長い葉が斜めにつき、光が植物群集の内部まで届く。
- ③ 草本植物群集 B は、広い葉を茎の比較的低い位置に持つ。
- ④ 草本植物群集 B は、細長い葉が斜めにつき、光が植物群集の内部まで届く。

問 3 DNA 全体の分子量が  $3.6 \times 10^9$  となる, ある細菌について, 以下の問いに答えよ。

- (1) この細菌の DNA を構成する塩基対の数を答えよ。ただし, DNA を構成するヌクレオチドの平均分子量は  $3.0 \times 10^2$  とする。

.   $\times 10^6$  塩基対

- (2) この細菌では DNA 全体の 90 % が翻訳される部分である。この細菌が作るタンパク質の平均分子量は  $4.8 \times 10^4$  であるとする, この細菌は何種類の遺伝子を持つことになるか答えよ。ただしタンパク質を構成するアミノ酸(残基)の平均分子量は  $1.2 \times 10^2$  とし, 1種類のタンパク質は1つの遺伝子により指定されるものとする。また, 1つの塩基対が複数の遺伝子に属することはないとする。

.   $\times 10^3$  種類

Ⅲ 以下の問いに答えよ。

問 1 ヒトを含む多くのほ乳類の腎臓は体内環境を一定に保つうえで重要なはたらきをする。腎小体では血しょうをろ過し、原尿を作る。

原尿に含まれるグルコースは、輸送体と呼ばれるタンパク質を介して能動的に再吸収される。薬剤 X はこの輸送体に作用し、グルコースの再吸収へ影響する。薬剤 X を投与する前に、血しょう中のグルコース濃度と、腎臓全体の糸球体において原尿へろ過されたグルコース量を測定したところ、図 1 の実線 A のようになった。一方、薬剤 X の投与後、同様に測定したところ、それらの関係は図 2 の実線 B のようになった。また、血しょう中のグルコース濃度と再吸収されたグルコース量の関係は、薬剤 X を投与する前では図 1 の破線 C のようになり、薬剤 X の投与後では図 2 の破線 D のようになった。

以下の問いでは、グルコースは上記の輸送体タンパク質を介してのみ再吸収されるものとして解答せよ。なお、薬剤 X は投与後から上記の測定が終了するまでの間、安定的に作用する。

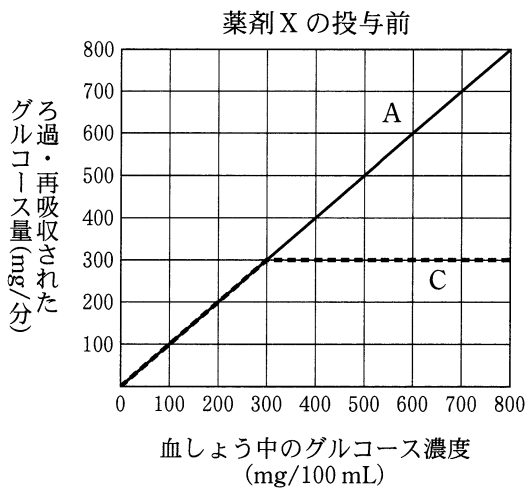


図 1

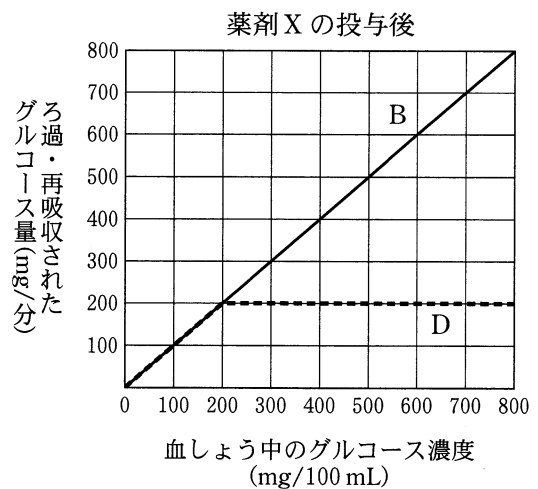
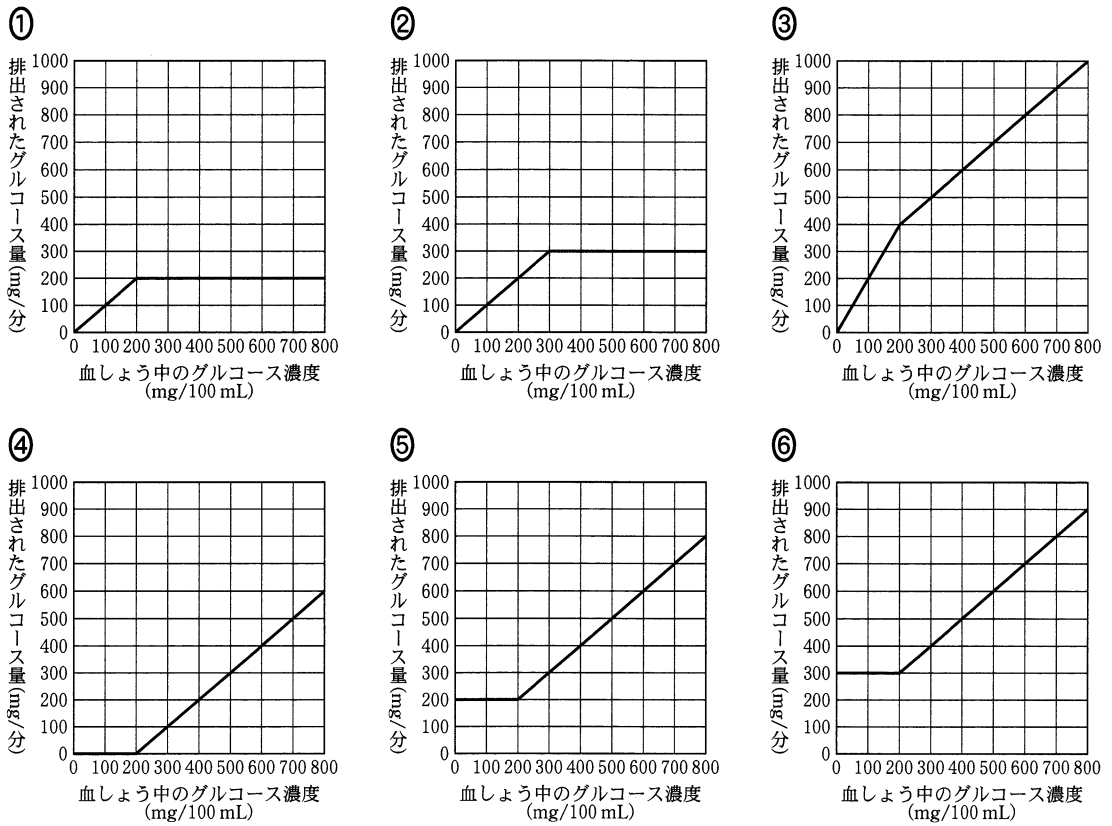


図 2

- (1) 薬剤 X の投与前、1 分間に 100 mg のグルコースが尿中へ排出されるのは、血しょう中のグルコース濃度が何 mg/100 mL のときであるか、最も適切なものを①～⑧から 1 つ選べ。

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 100 | ② 200 | ③ 300 | ④ 400 |
| ⑤ 500 | ⑥ 600 | ⑦ 700 | ⑧ 800 |

(2) 薬剤 X の投与後、血しょう中のグルコース濃度と尿中に排出されたグルコース量の関係を示すグラフとして最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。



(3) 血しょう中のグルコース濃度が 400 mg/100 mL のとき、尿中のグルコースの濃縮率は、薬剤 X を投与することで薬剤 X を投与する前の何倍となるか。小数第二位を四捨五入した値で答えよ。例えば、値が 1.23 倍の場合、  .  とせよ。ただし、薬剤 X 投与による原尿量の変化はないものとする。また、尿中のグルコースの濃縮率は以下のように定義する。

$$\frac{\text{1 分間あたりに尿中へ排出されるグルコース量}}{\text{1 分間あたりに血しょうからろ過されるグルコース量}} \times 100(\%)$$

.  倍

(4) 薬剤 X の投与による血しょう中のグルコース濃度への影響についての説明として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

- ① 尿中のグルコースの濃縮率が上がるため、血しょう中のグルコース濃度が低下する。
- ② 尿中のグルコースの濃縮率が下がるため、血しょう中のグルコース濃度が低下する。
- ③ 尿中のグルコースの濃縮率が上がるため、血しょう中のグルコース濃度が上昇する。
- ④ 尿中のグルコースの濃縮率が下がるため、血しょう中のグルコース濃度が上昇する。



問 2 ある動物の遺伝子座 I, 遺伝子座 II, 遺伝子座 III の特定の部位の塩基には一塩基多型が認められる。これら 3 つの遺伝子座のうち, 2 つは 1 番染色体上に存在し, 残りの 1 つは 2 番染色体上に存在する。この動物のオス 1 個体から精子を 100 個採取し, それぞれの精子ごとに遺伝子座 I, II, III の一塩基多型のある部位の塩基を調べ, その組合せを明らかにした。下の表はこの結果を示す。

組合せ	各遺伝子座の一塩基多型のある部位の塩基			出現頻度 (%)
	遺伝子座 I	遺伝子座 II	遺伝子座 III	
1	C	A	C	21.0
2	C	A	T	21.0
3	T	T	C	21.0
4	T	T	T	21.0
5	C	T	C	4.0
6	C	T	T	4.0
7	T	A	C	4.0
8	T	A	T	4.0

(1) 1 番染色体上の 2 つの遺伝子座はどれか。2 つの遺伝子座の連鎖について, 表に示された各遺伝子座の一塩基多型のある部位の塩基の組合せとその出現頻度をもとに考え, 適切なものを①~③から 2 つ選べ。 カ

- ① 遺伝子座 I                      ② 遺伝子座 II                      ③ 遺伝子座 III

(2) これら精子を産生したオスの体細胞がもつ 1 番染色体として適切なものを①~⑥から 2 つ選べ。 キ



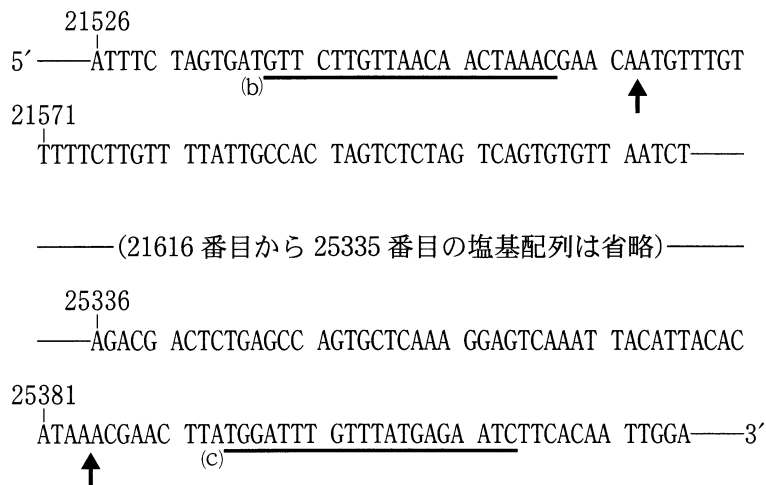
IV ワクチン研究に関する以下の問いに答えよ。

ウイルス X は、ほ乳類の肺胞の上皮細胞に感染し、肺炎を引き起こす。ウイルス X は、肺胞の上皮細胞への結合に関係するタンパク質 S、エンベロープと呼ばれる外側の膜の一部であるタンパク質 E、その内側の核酸を包む殻を構成するタンパク質 N を指定する DNA をもつ。そこで、タンパク質 S、E および N を標的としたワクチンの開発を進めるため、それぞれのタンパク質を培養細胞に作らせて精製した(実験 1)。実験 1 の手順を以下に示す。

【実験 1 の手順】

1. ウイルス X から抽出した DNA を鋳型とし、タンパク質 S、E および N を指定する DNA 断片を PCR 法によって増幅した。  
(a)
2. 得られた DNA 断片を、それぞれベクターに組み込み、培養細胞に遺伝子導入した。
3. 培養細胞内で作られたタンパク質 S、E および N をそれぞれ精製した。

問 1 次の図は、ウイルス X がもつ DNA の塩基配列の一部であり、図内の 2 つの矢印は、タンパク質 S を指定する領域の始まりと終わりを示している。実験 1 の手順の下線部(a)について、タンパク質 S を指定する DNA 断片を増幅するために用いるプライマーとして、適切なものを ①～⑥から 2 つ選べ。ただし、プライマーは、図内の下線部(b)および(c)の領域内でそれぞれ設計する。 ア



- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ① 5' -ACCTAAACAAATACTCTTAG-3' | ② 5' -CAAATCAACAATTGTTCTTG-3' |
| ③ 5' -CAAGAACAATTGTTGATTG-3'  | ④ 5' -GATTCTCATAAACAAATCCA-3' |
| ⑤ 5' -GTTCTTGTTAACTAAAC-3'    | ⑥ 5' -TGGATTTGTTTATGAGAATC-3' |

効果的に免疫が獲得されるためには、ワクチンを接種したときに、自然免疫細胞からサイトカインが放出されることが必要である。そこで、タンパク質 S, E および N に、サイトカインであるインターロイキン-6 を放出させる効果があるかどうかを調べた(実験 2)。この実験では、効果の比較検討のために、インターロイキン-6 を放出させる細菌の細胞壁成分 A および B を用いた。細菌の細胞壁成分 A および B は、受容体  $\alpha$  および  $\beta$  でそれぞれ認識されてインターロイキン-6 を放出させる。実験 2 の手順と結果を以下に示す。

【実験 2 の手順】

1. マウスから自然免疫細胞を単離して培養液に懸濁し、細胞濃度を  $1 \times 10^6$  個/mL に調整した。
2. 調整した細胞懸濁液を、14 枚の細胞培養シャーレにそれぞれ同量ずつ入れ、次の表の通りに、刺激物質と競合物質を添加した。  
ただし、各細胞培養に含まれる最終的な液量は全て同じとする。

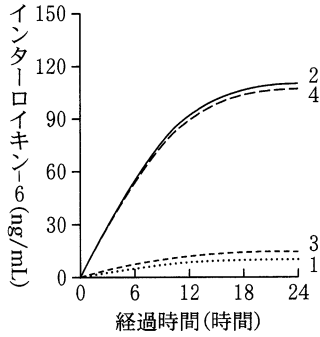
サンプル番号	培養液に添加した物質			
	刺激物質 (終濃度)		競合物質 (終濃度)	
1	刺激物質の溶媒のみ	—	競合物質の溶媒のみ	—
2	タンパク質 S	(100 nmol/L)	競合物質の溶媒のみ	—
3	タンパク質 S	(100 nmol/L)	受容体 $\alpha$ の阻害剤	(100 nmol/L)
4	タンパク質 S	(100 nmol/L)	受容体 $\beta$ の阻害剤	(100 nmol/L)
5	タンパク質 E	(100 nmol/L)	競合物質の溶媒のみ	—
6	タンパク質 E	(100 nmol/L)	受容体 $\alpha$ の阻害剤	(100 nmol/L)
7	タンパク質 E	(100 nmol/L)	受容体 $\beta$ の阻害剤	(100 nmol/L)
8	タンパク質 N	(100 nmol/L)	競合物質の溶媒のみ	—
9	タンパク質 N	(100 nmol/L)	受容体 $\alpha$ の阻害剤	(100 nmol/L)
10	タンパク質 N	(100 nmol/L)	受容体 $\beta$ の阻害剤	(100 nmol/L)
11	細菌の細胞壁成分 A	(100 nmol/L)	競合物質の溶媒のみ	—
12	細菌の細胞壁成分 A	(100 nmol/L)	受容体 $\alpha$ の阻害剤	(100 nmol/L)
13	細菌の細胞壁成分 B	(100 nmol/L)	競合物質の溶媒のみ	—
14	細菌の細胞壁成分 B	(100 nmol/L)	受容体 $\beta$ の阻害剤	(100 nmol/L)

3. 添加後 0, 6, 12, 18 および 24 時間において、培養液中のインターロイキン-6 の濃度を測定した。

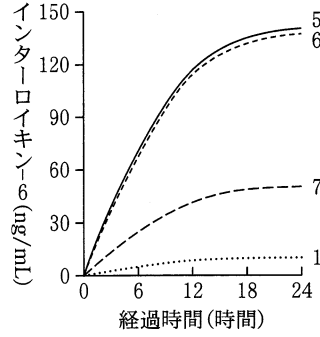
【実験2の結果】

次のグラフ(1)~(5)の結果を得た。グラフ内の曲線の右側に付されている数字は、サンプル番号を示している。グラフ(4)および(5)の結果は、それぞれの阻害剤が、細菌の細胞壁成分Aと受容体 $\alpha$ の結合、細菌の細胞壁成分Bと受容体 $\beta$ の結合をほぼ抑制していることを示している。

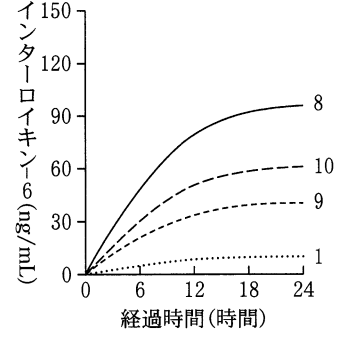
(1) タンパク質Sの効果



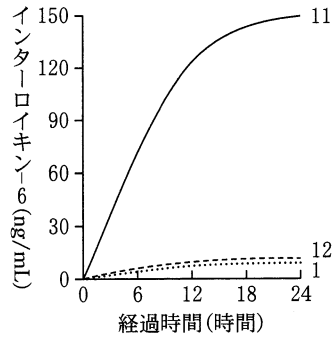
(2) タンパク質Eの効果



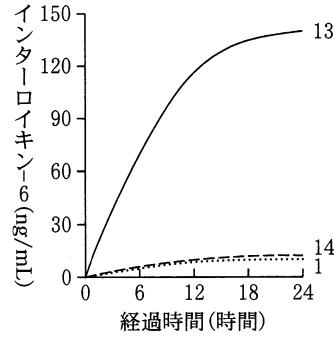
(3) タンパク質Nの効果



(4) 細菌の細胞壁成分Aの効果



(5) 細菌の細胞壁成分Bの効果



問2 受容体 $\alpha$ で認識されてインターロイキン-6を放出させるタンパク質として、最も適切なものを①~⑦から1つ選べ。ただし、グラフに示されるサンプル番号1と3、2と4、5と6の結果にはそれぞれ差がないとする。

- ① タンパク質Sのみ      ② タンパク質Eのみ      ③ タンパク質Nのみ  
 ④ タンパク質SおよびE      ⑤ タンパク質EおよびN      ⑥ タンパク質SおよびN  
 ⑦ タンパク質S、EおよびN

問3 受容体 $\alpha$ および $\beta$ は、認識する病原体成分は異なるが、同じグループに属する受容体である。受容体 $\alpha$ および $\beta$ は、どのような分子か、最も適切なものを①~④から1つ選べ。

- ① MHC分子  
 ② T細胞受容体  
 ③ トル様受容体  
 ④ B細胞受容体

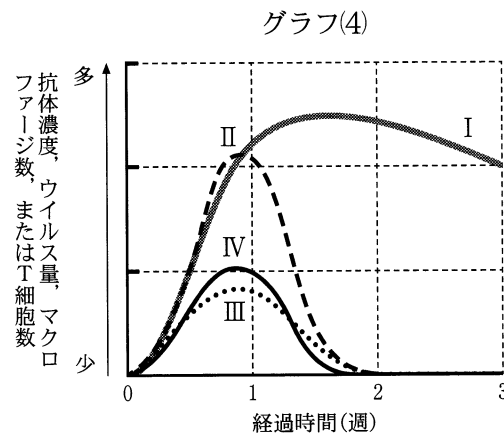
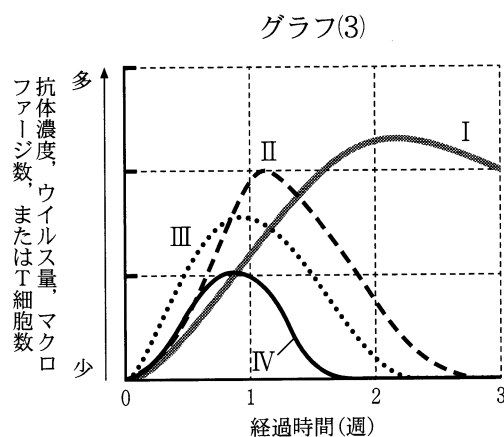
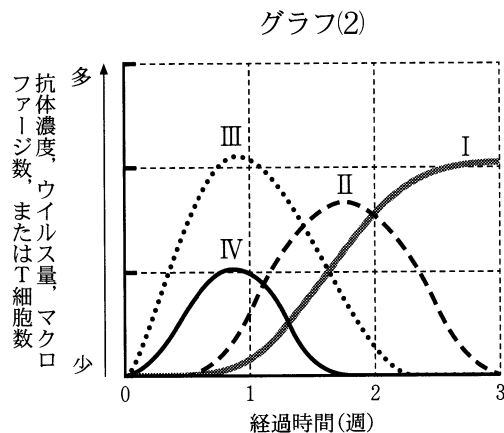
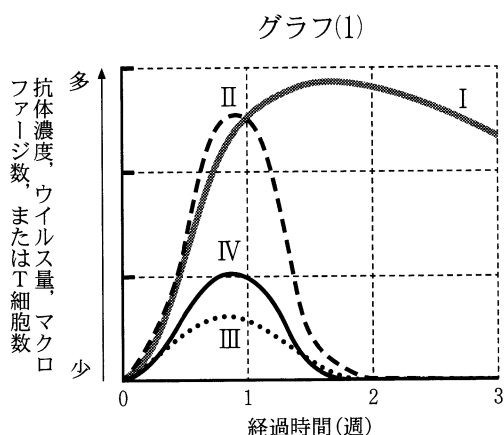
最後に、タンパク質 S, E および N を、ワクチンとしてそれぞれ接種したとき、ウイルス X の複製を抑制する効果があるかどうかと、抑制効果の程度を比較検討した(実験 3)。実験 3 の手順と結果を以下に示す。

【実験 3 の手順】

1. マウスを 4 つの実験群に分け、溶媒のみ、タンパク質 S ワクチン、タンパク質 E ワクチン、タンパク質 N ワクチンをそれぞれ接種した後、無菌飼育室内で 6 ヶ月間飼育した。
2. 飼育後、すべての群のマウスに、同量のウイルス X を感染させた後、血中のウイルス X に対する抗体の濃度(抗体濃度)と肺胞内のウイルス X の量(ウイルス量)、マクロファージ数、T 細胞数を 3 週間追跡した。

【実験 3 の結果】

次のグラフ(1)~(4)の結果を得た。グラフ(1)~(4)は、4 つの実験群のいずれかから得られたデータであり、グラフ内の曲線 I ~IV は、抗体濃度、ウイルス量、マクロファージ数、T 細胞数のいずれかを示している。いずれのワクチンもウイルス X の複製を抑制する効果が認められた。抑制効果の程度は、実験 2 において、インターロイキン-6 の放出量が多いワクチンほど大きかった。グラフ(1)~(4)の縦軸の目盛の間隔はすべて同じである。



問 4 グラフと実験群の組合せとして、最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。

エ

	グラフ(1)	グラフ(2)	グラフ(3)
①	溶媒のみ接種群	タンパク質 E ワクチン接種群	タンパク質 N ワクチン接種群
②	溶媒のみ接種群	タンパク質 N ワクチン接種群	タンパク質 E ワクチン接種群
③	タンパク質 E ワクチン接種群	溶媒のみ接種群	タンパク質 N ワクチン接種群
④	タンパク質 E ワクチン接種群	タンパク質 N ワクチン接種群	溶媒のみ接種群
⑤	タンパク質 N ワクチン接種群	溶媒のみ接種群	タンパク質 E ワクチン接種群
⑥	タンパク質 N ワクチン接種群	タンパク質 E ワクチン接種群	溶媒のみ接種群

問 5 グラフ内の曲線 I と曲線 II のそれぞれが示す最も適切なものを①～④から1つずつ選べ。

曲線 I : オ

曲線 II : カ

- ① 抗体濃度
- ② ウイルス量
- ③ マクロファージ数
- ④ T細胞数

# 物 理

I  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 の解答は対応する解答群の中から最も適当なものを一つ選べ。

- (1) 図1のように水平面上に置いた質量5.0 kgの密度が一様な薄い長方形の板のC点に、水平右向きに大きさ $F$ [N]の力を加えた。AB = 0.70 m, BC = 0.80 m, 重力加速度の大きさを $9.8 \text{ m/s}^2$ とし、板は剛体で紙面に平行にのみ運動するとして、以下の問に答えよ。

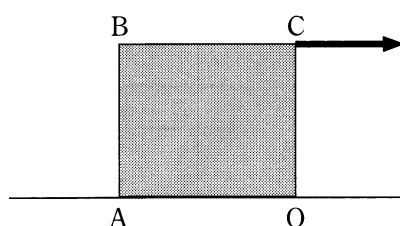


図1

- (a)  $F = 14 \text{ N}$ で、物体が静止しているとき、水平面からの抗力の作用点は点Oから0.  m離れたところにある。
- (b) 静止摩擦係数を $\mu_0$ とすると、物体がすべり出すためには $F > \text{ウエ} \times \mu_0$  [N]の力 $F$ を加える必要があり、また、物体を傾けるためには Nをこえた力 $F$ を加える必要がある。よって、物体が傾くよりも先にすべり出す条件は $\mu_0$   0.  となる。

の解答群

- ① =                      ② >                      ③ <

- (2) 振動数440 Hzの音を出す音源Sの右にある壁Rと音源Sの左にいる観測者Oが一直線上にある。壁が静止している音源に向かって10 m/sで近づいているとき、壁で反射された音の波長は0.  mになり、静止している観測者が聞く反射音の振動数は .   $\times 10^2$  Hzになる。ただし、音速を340 m/sとし、音の減衰はないものとする。

II  にはあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。  オ ,  コ ,  サ ,  シ の解答は対応する解答群の中から最も適当なものをつずつ選べ。

(1) 焦点距離 12 cm の凸レンズの中心を原点 O とし、光軸に沿って右向きを正とする  $x$  軸を定める。 $x = -18$  cm の位置に、大きさ 2.5 cm の物体を光軸と垂直に置くと、 $x_a =$   アイ cm の位置に大きさ  ウ .  エ cm の  オ ができる。その状態から、 $x = \frac{4}{3}x_a$  の位置に焦点距離 48 cm の凹面鏡をおくと、 $x =$   カキ cm の位置に大きさ  ク .  ケ cm の  コ ができる。ただし、 コ の像とはもとの物体を基準とする。

オ ,  コ の解答群

- ① 正立実像      ② 倒立実像      ③ 正立虚像      ④ 倒立虚像

(2) 真空中で、十分に細長く無限に長い棒に、単位長さあたり  $\lambda$  [C/m] の正電荷が均等に帯電している。クーロンの法則の比例定数を  $k_0$  として、棒の位置を中心軸とする長さ  $L$  [m]、半径  $r$  [m] の円筒を考えたとき、円筒の側面を貫く電気力線の本数は  サ  $\times \pi k_0$  本であり、側面上での電場の強さは  シ  $\times k_0$  [V/m] となる。ただし、単位面積あたりの電気力線の本数はその場所の電場の強さに等しくなるよう定めるものとする。

サ ,  シ の解答群

- ①  $2\lambda$       ②  $4\lambda$       ③  $2L\lambda$       ④  $4L\lambda$   
 ⑤  $\frac{2\lambda}{r}$       ⑥  $\frac{4\lambda}{r}$       ⑦  $\frac{4L\lambda}{r}$       ⑧  $\frac{2L\lambda}{r}$

(3) 水素原子の基底状態のエネルギー準位を  $-13.6$  eV とすると、量子数  $n = 3$  の定常状態から  $n = 2$  の定常状態に電子が移るときに放射される光の波長は  ス .  セ  $\times 10^{- ツ}$  m であり、基底状態の原子に1光子あたり 10.2 eV のエネルギーを持つ光を当てると、量子数  $n$  が  タ の定常状態に励起する。ただし、プランク定数を  $6.63 \times 10^{-34}$  J·s、電気素量を  $1.60 \times 10^{-19}$  C、光速を  $3.00 \times 10^8$  m/s とする。



III  にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

カーリングなどの競技を単純化したものとして、半径  $R$ 、質量  $m$  の円盤状の物体 A, B, C の水平面上における衝突を考える。水平面と物体の間の摩擦、および物体間の衝突における摩擦は無視でき、物体間の衝突は弾性衝突とする。斜めに衝突する場合を考慮するため、物体の半径はゼロでないが重心を中心とする回転(自転)は考えず、衝突後は直進運動のみを考える。

図 1 のように、はじめ物体 B は  $xy$  平面上の原点で静止し、物体 C は第 1 象限の座標  $(a, b)$  で表わされる点に静止している。第 3 象限にある物体 A に  $y$  軸の正の方向と平行な初速  $v_0$  を与え、物体 B に衝突させると、物体 B は物体 C と衝突した直後に静止した。

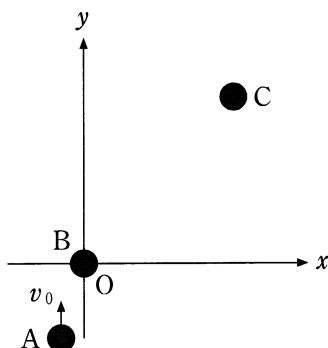


図 1

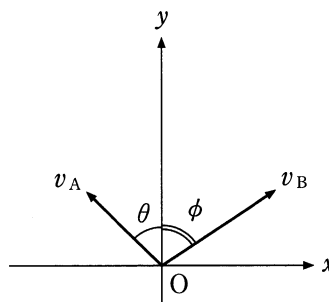


図 2

図 2 のように A と B の衝突直後に A, B の進む方向が  $y$  軸となす角の大きさをそれぞれ  $\theta$ ,  $\phi$  とし、A, B の速さをそれぞれ  $v_A$ ,  $v_B$  とする。

(a) 物体 B と C が衝突した直後、物体 B が静止したことから、物体 A との衝突直後における物体 B の速度が  $y$  軸となす角  $\phi$  は  $\tan \phi =$   ア  を満たす角であることがわかる。

物体 A と B の衝突において、運動量保存則から、 $x$  方向について

$$mv_A \times \text{イ} = mv_B \times \text{ウ}$$

$y$  方向について

$$mv_0 = mv_A \times \text{エ} + mv_B \times \text{オ}$$

の関係式が成り立つ。また、物体 A と B の衝突が弾性衝突であることから  カ  が成り立つ。

**ア** の解答群

- ① 0                      ② 1                      ③  $\frac{a}{b}$                       ④  $\frac{b}{a}$   
⑤  $\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$             ⑥  $\frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$             ⑦  $\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{a}$             ⑧  $\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b}$

**イ** ~ **オ** の解答群

- ① 0                      ② 1                      ③  $\cos \theta$                       ④  $\sin \theta$   
⑤  $\tan \theta$                       ⑥  $\cos \phi$                       ⑦  $\sin \phi$                       ⑧  $\tan \phi$

**カ** の解答群

- ①  $\theta = \phi$                       ②  $\theta = 0$                       ③  $\phi = 0$   
④  $\theta + \phi = \frac{\pi}{2}$                       ⑤  $\theta + \phi = \pi$

- (b) 物体 A と B の衝突直後において、A の速度が  $y$  軸となす角  $\theta$  と速さ  $v_A$  は  $\phi$  を用いて、  
 $\cos \theta =$  **キ** ,  $v_A = v_0 \times$  **ク** で与えられる。  
物体 B と C の衝突直後、物体 C の速さは  $v_0 \times$  **ケ** となる。  
衝突前の A の中心の  $x$  座標は  $-R \times$  **コ** であり、物体 A が物体 B から受けた力積の大きさは  $mv_0 \times$  **サ** である。

**キ** ~ **サ** の解答群

- ①  $\cos \phi$                       ②  $2 \cos \phi$                       ③  $\sin \phi$                       ④  $2 \sin \phi$                       ⑤  $\tan \phi$   
⑥  $\frac{1}{\tan \phi}$                       ⑦ 0                      ⑧ 1                      ⑨ 2

IV  にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

図1のように、 $y$  軸上を正の方向に流れる電流  $I$  と、一辺の長さが  $2L$  の絶縁体でできた正方形 PQRS を考える。正方形は  $xy$  平面上の第1象限内にあり、 $y$  軸に平行な辺 PQ と RS には電気量  $q (> 0)$  に帯電した微小な粉が  $n$  個ずつ辺全体に等間隔で固定されている。正方形 PQRS は、各辺を座標軸に平行に保ったまま  $x$  軸正の方向に一定の速さ  $v$  で動いており、ある時刻  $t$  において、正方形の重心の  $x$  座標が  $D$  であった。空気の透磁率を  $\mu$  として、以下の問に答えよ。

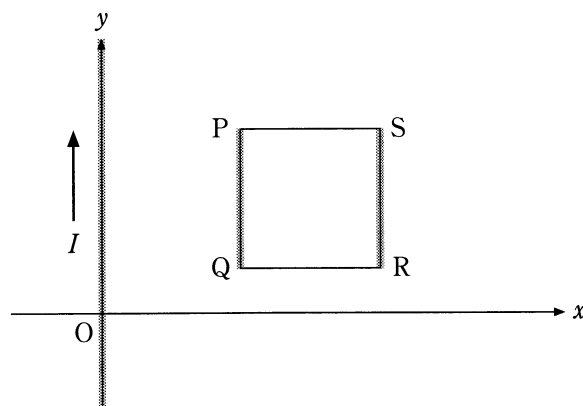


図1

- (a) 時刻  $t$  において、 $y$  軸上を流れる電流により辺 PQ 上の点で生じる磁場の大きさは  $H_1 =$   **ア** で向きは  **イ** であり、辺 RS 上の点で生じる磁場の大きさは  $H_2 =$   **ウ** で向きは  **エ** である。

そのとき辺 PQ 上の帯電粉1個が受けるローレンツ力の大きさは  $f_1 =$   **オ**  $\times H_1$  で向きは  **カ** であり、辺 RS 上の帯電粉1個が受けるローレンツ力の大きさは  $f_2 =$   **オ**  $\times H_2$  で向きは  **キ** である。

正方形を  $xy$  平面内で重心のまわりに反時計回りに回転させようとする力のモーメントを正とした場合、帯電粉に作用するローレンツ力により正方形全体にかかる力のモーメントは  $M = n \times$   **ク** である。

- (b) 設問(a)の状況を正方形 PQRS の重心とともに移動する観測者 A から見ると、正方形の各辺は動いておらず、辺上の帯電粉はローレンツ力を受けない。その代わりに、 $y$  軸上の電流が観測者 A から速さ  $v$  で離れていくように見えるため、正方形の辺上の点における磁場が時間変化し、これに伴って電場(誘導電場)が生じると考える。帯電粉には誘導電場からの力が作用して、正方形に力のモーメント  $M$  がかかることになる。

この力を設問(a)で考えたローレンツ力と等置すると、観測者 A から見て辺 PQ 上の点で生じる誘導電場の大きさは  $E_1 =$   **ケ**  $\times H_1$  で向きは  **コ** であり、辺 RS 上の点で生じ

る誘導電場の大きさは  $E_2 = \boxed{\text{ケ}} \times H_2$  で向きは  $\boxed{\text{サ}}$  であることがわかる。

辺 PQ 上の誘導電場により正方形にはたらく重心まわりの力のモーメントは、大きさが  $M_1 = nqE_1 \times \boxed{\text{シ}}$  であり、正方形を  $\boxed{\text{ス}}$  に回転させようとする。一方、辺 RS 上の誘導電場により正方形にはたらく重心のまわりの力のモーメントは、大きさが  $M_2 = nqE_2 \times \boxed{\text{シ}}$  であり、正方形を  $\boxed{\text{セ}}$  に回転させようとする。

$\boxed{\text{ア}}$ ,  $\boxed{\text{ウ}}$  の解答群

- ①  $\frac{I}{D}$                       ②  $\frac{I}{L}$                       ③  $\frac{I}{2L}$                       ④  $\frac{I}{D+L}$   
 ⑤  $\frac{I}{D-L}$                       ⑥  $\frac{I}{2\pi L}$                       ⑦  $\frac{I}{2\pi(D+L)}$                       ⑧  $\frac{I}{2\pi(D-L)}$

$\boxed{\text{イ}}$ ,  $\boxed{\text{エ}}$ ,  $\boxed{\text{カ}}$ ,  $\boxed{\text{キ}}$ ,  $\boxed{\text{ク}}$ ,  $\boxed{\text{サ}}$  の解答群

- ①  $x$  軸正の方向                      ②  $x$  軸負の方向                      ③  $y$  軸正の方向                      ④  $y$  軸負の方向  
 ⑤ 紙面に垂直で紙面裏から表に向かう方向                      ⑥ 紙面に垂直で紙面表から裏に向かう方向

$\boxed{\text{オ}}$ ,  $\boxed{\text{ケ}}$  の解答群

- ①  $v$                                       ②  $qv$                                       ③  $\mu v$                                       ④  $q\mu v$   
 ⑤  $\frac{v}{\mu}$                                       ⑥  $\frac{qv}{\mu}$                                       ⑦  $\frac{q}{\mu v}$                                       ⑧  $\frac{q\mu}{v}$

$\boxed{\text{ク}}$  の解答群

- ①  $(f_1 + f_2)D$                       ②  $(f_1 - f_2)D$                       ③  $(-f_1 + f_2)D$                       ④  $-(f_1 + f_2)D$   
 ⑤  $(f_1 + f_2)L$                       ⑥  $(f_1 - f_2)L$                       ⑦  $(-f_1 + f_2)L$                       ⑧  $-(f_1 + f_2)L$

$\boxed{\text{シ}}$  の解答群

- ①  $D$                                       ②  $L$                                       ③  $2L$                                       ④  $D+L$   
 ⑤  $D-L$                                       ⑥  $2\pi L$                                       ⑦  $2\pi(D+L)$                                       ⑧  $2\pi(D-L)$

$\boxed{\text{ス}}$ ,  $\boxed{\text{セ}}$  の解答群

- ①  $xy$  平面内で時計回り                                      ②  $xy$  平面内で反時計回り  
 ③ 辺 PQ が紙面奥に動く方向                                      ④ 辺 RS が紙面奥に動く方向  
 ⑤ 辺 PS が紙面奥に動く方向                                      ⑥ 辺 QR が紙面奥に動く方向



# 化 学

## 解答上の注意事項

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例1：解答欄が指数表記の場合、350、35、3.5、0.035は、各々、 $\boxed{3}.\boxed{5}\times 10^{\boxed{2}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{5}\times 10^{\boxed{1}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{5}\times 10^{\boxed{0}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{5}\times 10^{-\boxed{2}}$ と解答する。

例2：解答欄が2桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{2}$ 、23は $\boxed{2}\boxed{3}$ と解答する。

例3：解答欄が3桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{0}\boxed{2}$ 、23は $\boxed{0}\boxed{2}\boxed{3}$ 、203は $\boxed{2}\boxed{0}\boxed{3}$ と解答する。

原子量および定数などは以下の値を使用すること。

原子量 H：1.0 C：12 N：14 O：16 Cl：35.5

アボガドロ定数： $6.0\times 10^{23}/\text{mol}$

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

気体定数： $8.31\times 10^3\text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ または、 $8.31\text{Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{K}\cdot\text{mol})$

標準状態( $1.01\times 10^5\text{Pa}$ 、273 K)における1 molの気体の体積：22.4 L

水のモル凝固点降下： $1.85\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$

水のモル沸点上昇： $0.52\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$

必要であれば、以下の値を用いよ。

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$$

I 以下の問に答えよ。〔解答欄  $\boxed{\text{ア}}$  ~  $\boxed{\text{ソ}}$ 〕

問1 ハロゲンの単体とその化合物の性質はハロゲンの原子番号が大きくなるにつれて変化する。

その変化に関する記述①~⑤として、正しいものを2つ選べ。  $\boxed{\text{ア}}$

- ① 単体の融点が高くなる。
- ② 単体の酸化力が強くなる。
- ③ 単体と水素との反応性が弱くなる。
- ④ ハロゲン化水素の電離度が小さくなる。
- ⑤ ハロゲン化銀の水への溶解度が高くなる。

問 2 以下の酸化物①～⑦について、(a)と(b)それぞれに当てはまるものをすべて選べ。同じものを何度使用しても良い。

- ①  $\text{Al}_2\text{O}_3$       ②  $\text{CaO}$       ③  $\text{CO}$       ④  $\text{Na}_2\text{O}$   
⑤  $\text{NO}$       ⑥  $\text{NO}_2$       ⑦  $\text{SO}_2$

(a) 水に溶け、水溶液が酸性を示す酸化物

(b) イオン結合からなる酸化物

問 3 分子式  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$  で表される有機化合物について以下の問に答えよ。ただし、各問において、立体異性体は区別しないものとする。

(1) 下線部の有機化合物のうち、エステルは何種類あるか。

種類

(2) (1)のエステルのうち、加水分解して得られるカルボン酸が銀鏡反応を示すエステルは何種類あるか。

種類

(3) (1)のエステルのうち、加水分解して得られるアルコールを酸化すると、ケトンが生成するものは何種類あるか。

種類

問 4 以下の合成高分子化合物(A), (B)の原料となる単量体として最も適切なものを, 次の①~⑩からすべて選べ。ただし, 同じものを何度使用しても良い。

(A) ナイロン 6 (6-ナイロン)

(B) ナイロン 66 (6,6-ナイロン)

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| ① アクリロニトリル                | ② アジピン酸        |
| ③ エチレングリコール (1,2-エタンジオール) | ④ 塩化ビニル        |
| ⑤ $\epsilon$ -カプロラクタム     | ⑥ テレフタル酸       |
| ⑦ フェノール                   | ⑧ プロピレン (プロペン) |
| ⑨ ヘキサメチレンジアミン             | ⑩ ホルムアルデヒド     |

問 5 以下の①~④の保存法のうち, (a)~(d)の物質を保存する方法として最も適切なものを, それぞれ一つずつ選べ。同じものを何度使用しても良い。

- ① 水中で保存
- ② 石油中で保存
- ③ 褐色のガラスびんに保存
- ④ ポリエチレン製のびんに保存

(a) 黄リン	<input type="text" value="シ"/>
(b) 濃硝酸	<input type="text" value="ス"/>
(c) フッ化水素酸	<input type="text" value="セ"/>
(d) カリウムの単体	<input type="text" value="ソ"/>



II 以下の問に答えよ。〔解答欄  ~  〕

問 1  $n$  価の金属イオン  $M^{n+}$  を含む溶液に  $Q$  (C) の電気量を流すと、 $w$  (g) の金属  $M$  が析出した。

ファラデー定数を  $F$  (C/mol) とし、この金属  $M$  の原子量を表す式として正しいものを、次の

①~⑧から一つ選べ。

①  $\frac{nwF}{Q}$

②  $\frac{nwQ}{F}$

③  $\frac{nFQ}{w}$

④  $\frac{wFQ}{n}$

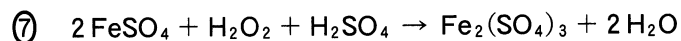
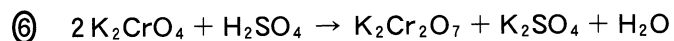
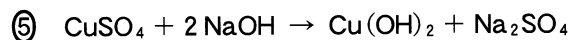
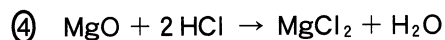
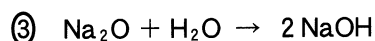
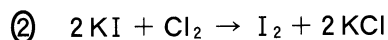
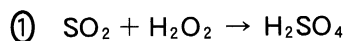
⑤  $\frac{wQ}{nF}$

⑥  $\frac{wF}{nQ}$

⑦  $\frac{nQ}{wF}$

⑧  $\frac{nF}{wQ}$

問 2 下の①~⑦に示した反応のうち、酸化還元反応であるものをすべて選べ。



問 3 ある化合物は、組成式(実験式)が  $\text{CH}_2\text{O}$  で表される不揮発性の非電解質である。この化合物 1.50 g を水に溶かし、51.5 g の水溶液を作製した。この水溶液の凝固点を測定したところ、 $-0.308^\circ\text{C}$  であった。この化合物の分子式を求めよ。



問 4 ピストン付きの容器に理想気体を封入した。気体の体積を  $10 \text{ cm}^3$ 、温度を  $100 \text{ K}$  にしたところ、圧力は  $4 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった(状態 A)。この状態から気体の温度と圧力を調節しながらピストンを動かす、気体の圧力と体積を図 1 の実線に沿って、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の順に変化させた。この過程において、気体の温度と体積の変化を示したグラフは①~⑦のうちどれか。最も適切なものを一つ選べ。 ケ

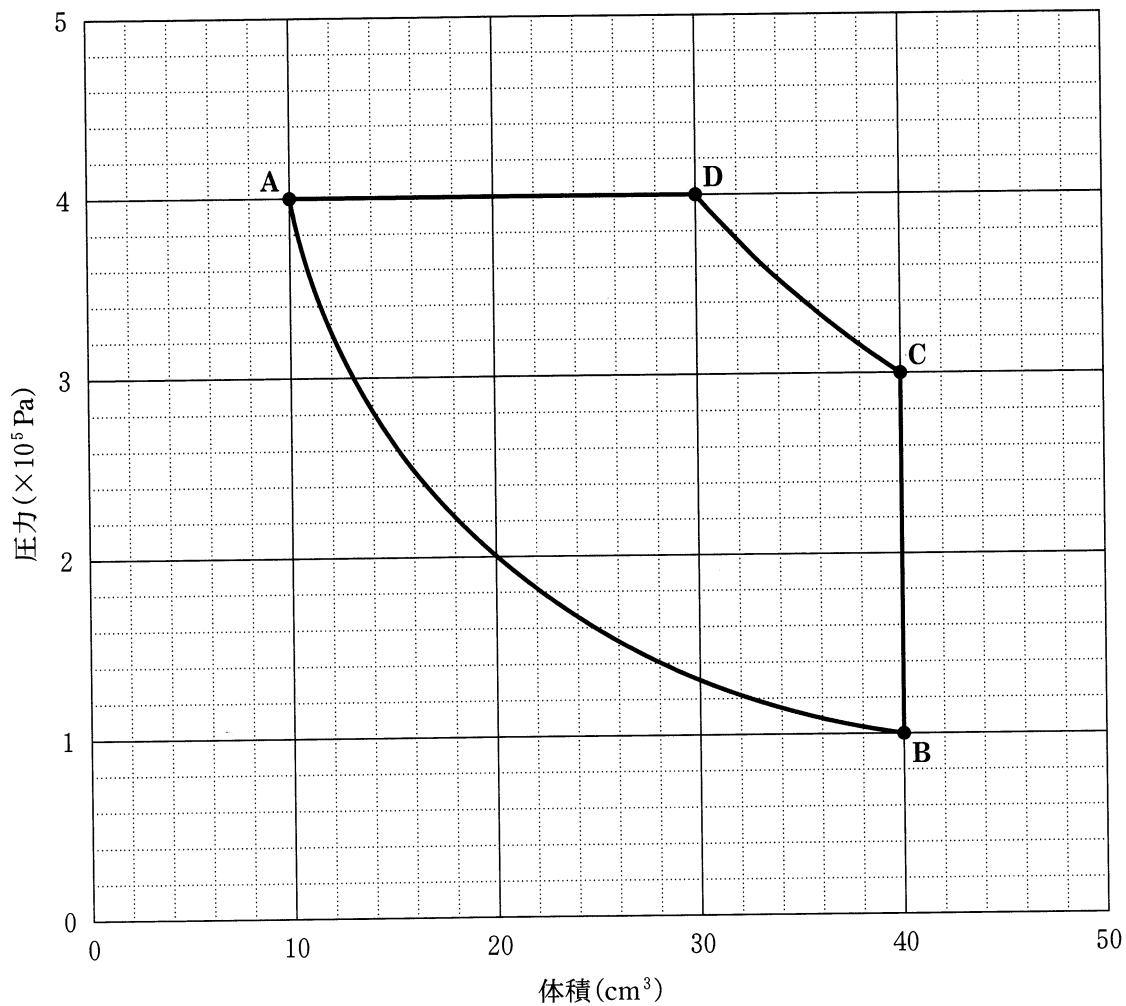
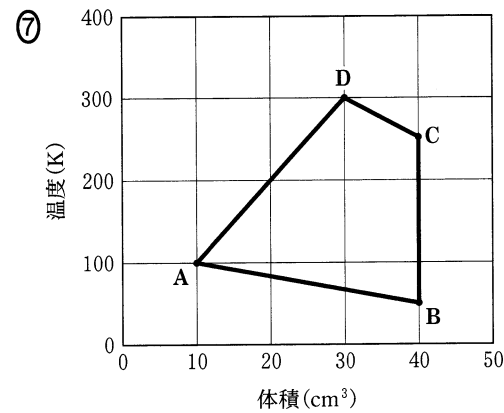
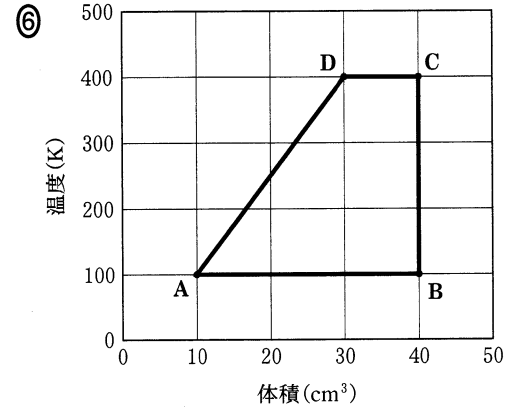
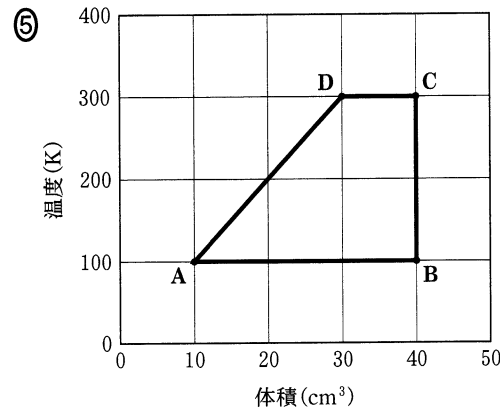
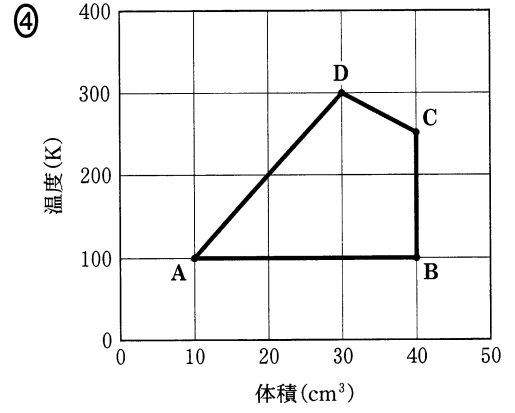
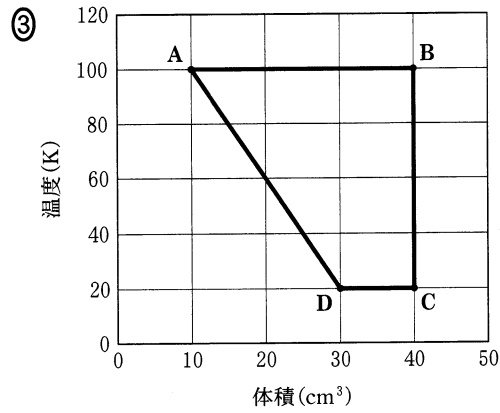
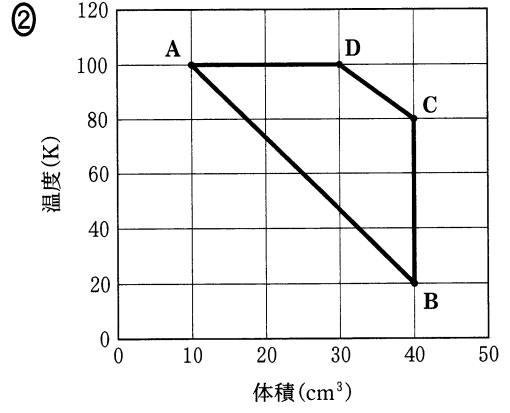
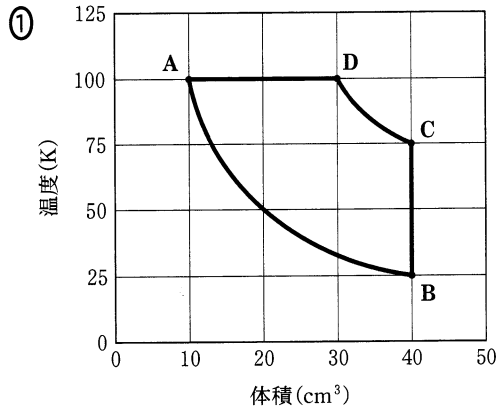


図 1

選択肢



Ⅲ 以下の文章を読み問に答えよ。〔解答欄  ~  〕

無色の気体の四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  から赤褐色の気体である二酸化窒素  $\text{NO}_2$  が生成する反応は吸熱反応である。また、 $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  の間には  $140^\circ\text{C}$  以下で次のような平衡が成り立っている。



$\text{N}_2\text{O}_4$  をピストン付きの容器に  $0.030 \text{ mol}$  入れ、 $27^\circ\text{C}$  に保ち以下の操作を順に行った。

操作 1. ピストンを動かして容積を  $1.0 \text{ L}$  に固定し、平衡状態に達するまで放置した。平衡時の混合気体の圧力は  $9.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。

操作 2. ピストンを動かして圧縮した後、ピストンを固定し新たな平衡に達するまで放置した。平衡時の混合気体の圧力は  $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった。

問 1 操作 1 では始めに容器に入れた  $\text{N}_2\text{O}_4$  のうち何 % が解離し  $\text{NO}_2$  になったか。最も適切な数値を、次の①~⑨から選べ。  %

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| ① 10 | ② 20 | ③ 30 | ④ 40 | ⑤ 50 |
| ⑥ 60 | ⑦ 70 | ⑧ 80 | ⑨ 90 |      |

問 2 操作 1 において、圧平衡定数  $Kp$  はいくらか。始めに容器に入れた  $\text{N}_2\text{O}_4$  のうち  % が解離したとし、有効数字 2 桁で答えよ。

$$Kp = \text{イ} . \text{ウ} \times 10^{\text{エ}} \text{ Pa}$$

問 3 操作 2 では始めに容器に入れた  $\text{N}_2\text{O}_4$  のうち何 % が解離し  $\text{NO}_2$  になったか。有効数字 2 桁で答えよ。

%

問 4 操作 2 で平衡に達したのち、以下の①～⑤の操作を各々行った。これらの操作のうち、平衡が式 A の右方向に移動するものを、すべて選べ。 キ

- ① 全圧一定で温度を  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  にした。
- ② 全圧一定で温度を  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  にした。
- ③ 温度一定で容積を  $2.0\text{ L}$  にした。
- ④ 温度・全圧一定でアルゴンを加えた。
- ⑤ 温度・容積一定でアルゴンを加えた。

IV 以下の文章を読んで、次の問に答えよ。〔解答欄  ~  〕

日本の地下水は、鉱物質を多く含む( A )であることが多い。( A )は、これに多く含まれる( B )が、( C )と不溶性の塩を形成してこの洗浄力を低下させたり、配管のパイプを詰まらせたりする原因となる。そのため、( A )を生活用水や工業用水として使用する場合は、あらかじめ鉱物質などの塩類をイオン交換樹脂などで除去することが望ましい。

イオン交換樹脂は、一般に 1 スチレンに少量の  $\mu$ -ジビニルベンゼンを共重合させた高分子に、酸性 $[-SO_3H]$ または塩基性 $[-N^+(CH_3)_3OH^-]$ の官能基が導入されたものである。陽イオン交換樹脂を用いて、以下の操作で、塩化ナトリウム水溶液から塩類の除去を試みた。

操作

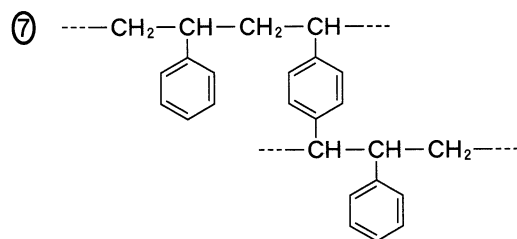
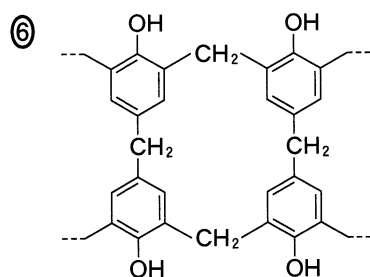
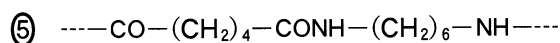
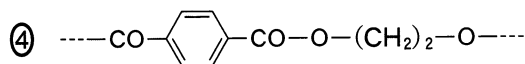
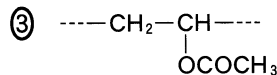
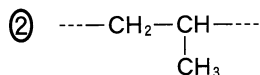
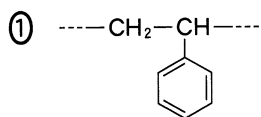
塩類の除去に十分な量の陽イオン交換樹脂を、円筒状の管に詰めた。 2 これに  $0.10 \text{ mol/L}$  の塩化ナトリウム水溶液  $10 \text{ mL}$  を通した後、純水で完全に洗った。 下線部 2 の操作で管から流出したすべての流出液を集めて回収した。これを流出液 D とし、体積を計ると  $100 \text{ mL}$  であった。

問 1 上の文章の空欄(A)~(C)にあてはまる語の組合せとして正しいものを、次の①~⑧から一つ選べ。

	(A)	(B)	(C)
①	硬水	$Ca^{2+}$	合成洗剤
②	硬水	$Ca^{2+}$	セッケン
③	硬水	$Na^+$	合成洗剤
④	硬水	$Na^+$	セッケン
⑤	軟水	$Ca^{2+}$	合成洗剤
⑥	軟水	$Ca^{2+}$	セッケン
⑦	軟水	$Na^+$	合成洗剤
⑧	軟水	$Na^+$	セッケン

問 2 下線部 1 の構造として最も適切なものを、次の①～⑦から一つ選べ。

イ



問 3 下線部 1 の高分子化合物において、単量体同士の結合に用いられている置換基と、その重合反応の種類の見合として正しいものを、次の①～⑨から一つ選べ。

ウ

	単量体同士の結合に用いられている置換基	重合反応の種類
①	ビニル基	縮合重合
②	ビニル基	付加重合
③	ビニル基	付加縮合
④	カルボキシ基とアミノ基	縮合重合
⑤	カルボキシ基とアミノ基	付加重合
⑥	カルボキシ基とアミノ基	付加縮合
⑦	カルボキシ基とヒドロキシ基	縮合重合
⑧	カルボキシ基とヒドロキシ基	付加重合
⑨	カルボキシ基とヒドロキシ基	付加縮合

問 4 流出液 D の一部を試験管にとり、これに適量のプロモチモールブルー (BTB) 溶液を加えた。この時、試験管内の溶液は何色になったか。

最も適切なものを、次の①～④から一つ選べ。

- ① 青色                      ② 赤色                      ③ 黄色                      ④ 緑色

問 5 流出液 D の一部を試験管にとり、これに適量の硝酸銀水溶液を加えた。この時、試験管内に生成した沈殿の色として最も適切なものを、次の①～④から一つ選べ。

- ① 黒色                      ② 褐色                      ③ 白色                      ④ 青白色

問 6 50 mL の流出液 D をコニカルピーカーへ正確に測りとり、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液または塩酸で中和滴定を行った。中和に用いた水溶液ならびに、中和点までに加えたその水溶液の体積を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 は符号とし、プラスの場合は①を、マイナスの場合は②をマークせよ。また、ゼロ乗の時は、10 の指数を + 0 とせよ。

中和に用いた水溶液

- ① 水酸化ナトリウム水溶液  
② 塩酸

中和点までに加えた体積  .  × 10 mL

問 7 問 6 の操作で流出液 D を正確に測り取るために適した実験器具を、

次の①～⑦から一つ選べ。

- ① 駒込ピペット                      ② ビュレット                      ③ ホールピペット  
④ 丸底フラスコ                      ⑤ メスフラスコ                      ⑥ メスシリンダー  
⑦ メスピペット