

令和8年度 入 学 試 験 問 題

医 学 部 (I期)

理 科

注 意 事 項

1. 試験時間 令和8年2月6日、午後1時30分から3時50分まで
 2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類は次のとおりです。
 - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
 - 化 学(その1)、(その2)
 - 生 物(その1)、(その2)
 - 物 理(その1)、(その2)
 - (2) 解答用紙
 - 化 学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
 - 生 物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
 - 物 理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)
- 以上の中から選択した2科目(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
 4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
 5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
 6. 休憩のための途中退室は認めません。
 7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上にのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、受験票、試験問題(冊子)、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
 8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙〔選択した2科目の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2)〕、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
 9. 試験問題(冊子)と下書き用紙は持ち帰って下さい。
 10. 試験終了後の会場退出に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

問題訂正

物理（その 1）

●19 ページ

1

(4)の問題文に以下の文章を追加してください。

状態 B における気体の体積を V_B とする。

化 学 (その1)

注 意 事 項

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 1 ~ 4 を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。
原子量 H : 1.00, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, Cl : 35.5, Ca : 40.0

1

分子内にアミノ基とカルボキシ基がある化合物をアミノ酸という。アミノ酸のうち、アミノ基とカルボキシ基が同じC原子に結合しているものを特に α -アミノ酸という。タンパク質に含まれる主要なアミノ酸は α -アミノ酸であり、20種類が知られている。このうち、体内で合成されないものや合成されにくいものを(1)という。

主要な α -アミノ酸は(2)原子を有するため鏡像異性体が存在するが、天然に存在する α -アミノ酸の多くは(3)型である。
(a)

アミノ酸は、カルボキシ基とアミノ基の両方をもつので、酸と塩基の両方の性質を示す。アミノ酸水溶液中では、(4)イオン、陽イオン、陰イオンが電離平衡の状態で存在している。アミノ酸の多くは水に溶けやすく、アミノ酸の水溶液に直流電圧を加えると、コロイド粒子と同じように電気泳動が起こる。
(b)
また、結晶の構造は、(4)イオン同士が互いに分子間力に加えて(5)力で引き合うので、イオン結晶に近い。そのため、アミノ酸の融点は有機化合物としては比較的(6)。

アミノ基とカルボキシ基が縮合すると(7)結合が形成されるが、特に α -アミノ酸同士の場合ペプチド結合とよばれる。

問 1 (1)～(7)に入る適切な語句を答えよ。なお、(6)は「高い」か「低い」が入る。

問 2 下線部(a)に関して、次の問いに答えよ。

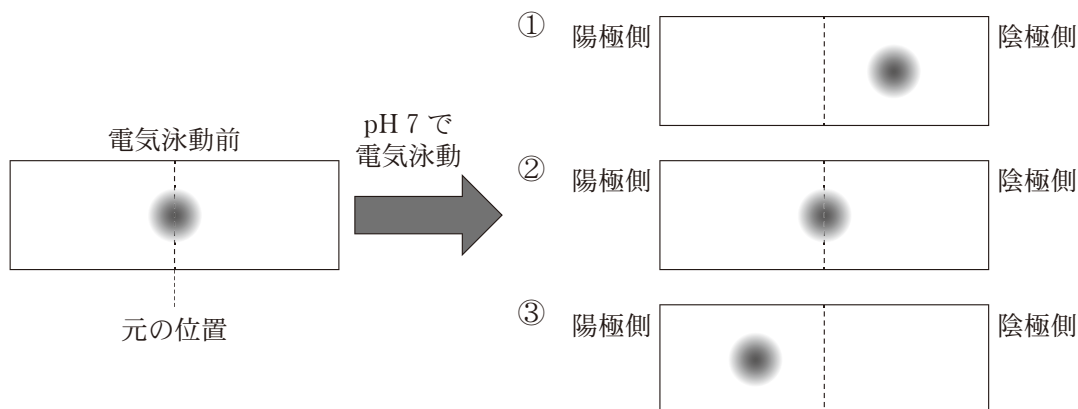
1) 人工的に合成したアミノ酸には等量の鏡像異性体が含まれるとする。人工的に合成したグルタミン酸とグリシンの混合物を適切な条件で脱水縮合したところ、鎖状のジペプチドが生成した。立体異性体を考慮すると、理論上何種類のジペプチドが生じるか答えよ。

2) 旋光性とは、偏光が当該物質を含む溶液を透過する際に、その振動方向を回転させる性質のことを指す。 α -アミノ酸の鏡像異性体同士は異なる旋光性を持つが、鏡像異性体を等量含む溶液では互いに打ち消しあい、旋光性が消失する。1)で考えたすべての可能性のなかで、酸で加水分解した際に旋光性を示さないものは何種類存在するか答えよ。

問 3 下線部(b)に関して、次の問いに答えよ。

- 1) 等電点が 2.5 であるアミノ酸 X を pH 7 で十分に電気泳動し、呈色させた。予想されるスポットの位置として最も適切なものはどれか。①～③の番号で答えよ。

図



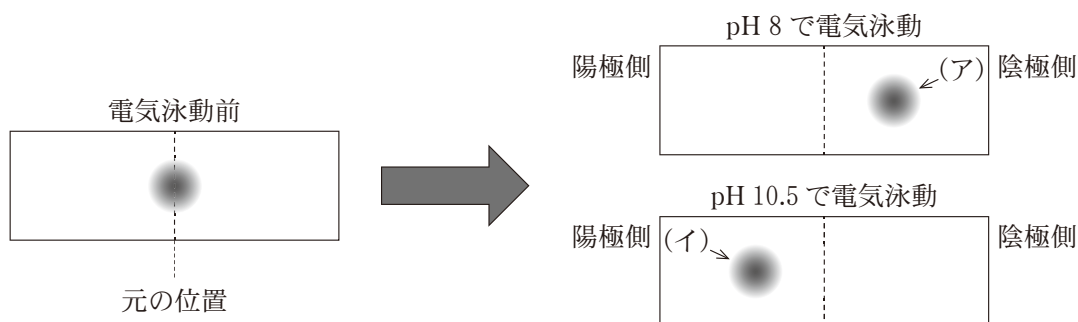
- 2) アミノ酸 X の電離定数 K_2 (α 位の炭素原子に結合する NH_3^+ の電離) および K_3 (側鎖からの電離) をもちいて、 K_1 [mol/L] (α 位の炭素原子に結合する COOH の電離) を求めよ。
 なお、その他の電離定数は $K_2 = 2.0 \times 10^{-10}$ mol/L, $K_3 = 5.0 \times 10^{-4}$ mol/L とする。
 K_1 は四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。

3) アミノ酸 Y の電気泳動を行い、呈色させたところ、下図のような結果が得られた。次の選択肢の中で、アミノ酸 Y の特徴に最も近いものはどれか。番号で答えよ。

選択肢

- ① アラニン
- ② プロリン
- ③ グルタミン酸
- ④ リシン
- ⑤ フェニルアラニン
- ⑥ メチオニン

図



4) アミノ酸 Y の電離定数 K_1 (α 位の炭素原子に結合する COOH の電離), K_2 (α 位の炭素原子に結合する NH_3^+ の電離), K_3 (側鎖からの電離) をもちいて、アミノ酸 Y の等電点を答えよ。なお、アミノ酸 Y の電離定数は $K_1 = 6.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $K_2 = 7.5 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$, $K_3 = 3.2 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ とする。等電点は四捨五入のうえ小数点第二位まで求めるものとし、必要に応じて $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ を使用せよ。

5) アミノ酸 Y の示性式を $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ とすると、3) の図中の(ア)および(イ)で示したスポットにおけるアミノ酸 Y の主要なイオンの状態を示性式で答えよ。なお、側鎖 R については電離の状態にかかわらず R と表記すること。

炭素原子間に三重結合を1つ持つ鎖式不飽和炭化水素は (a) とよばれ、炭素数を n とすると、分子式は (b) で表される。 $n = 2$ の (a) は (c) であり、 $n = 3$ の (a) は (d) という。三重結合を構成する2つの炭素と、これに結合する原子の結合角は常に (e) 度に維持される。また、炭素原子間の三重結合の距離は、炭素原子間の二重結合の距離と比べると (f) い。

(c) は室温で無色無臭の気体であり、メタンを (g) することで得られる。^① 実験室レベルでは、炭化カルシウム CaC_2 に (h) を作用させて合成することができる。

(c) を臭素の四塩化炭素溶液に通じると、溶液が無色になる。これは、臭素原子が (c) に (i) するためである。また、^② 硫酸水銀(II) HgSO_4 を触媒として、(c) に (h) を (i) すると、最終的にアセトアルデヒドが生じる。

問 1 (a)～(i)に入る適切な語句を答えよ。なお、(b)には化学式、(c)と(d)には化合物の名称、(e)には数値が入る。(f)には「長」か「短」のいずれかが入る。

問 2 ①について、次の設問に答えよ。

1) ①の化学反応式を答えよ。

2) ①の化学反応により、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 10 L の (c) を合成したい。この際に最低限必要な炭化カルシウム CaC_2 の質量[g]を有効数字3桁で答えよ。なお、気体の 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ におけるモル体積を 22.4 L/mol とする。

問 3 ②の反応について、アセトアルデヒドが生成する前に不安定な中間体が生じる。この中間体の名称を答えよ。

問 4 (c) と (d) の混合物に鉄触媒を加え、高温で反応させると、芳香族化合物群が得られた。これを分子量ごとに分離したところ、A, B, C の化合物群(分子量: $A > B > C$)が得られた。そこで、A, B, C を用いて次のような実験を行なった。

(実験 1)

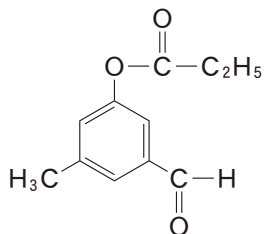
化合物群 A, B, C に過マンガン酸カリウム水溶液を加え酸化すると、A, B は酸化されたが C は酸化されなかった。得られた水溶液に希塩酸を加え、分離して得られた芳香族化合物群に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、A, B を酸化して得られたものからは泡が発生した。

(実験 2)

化合物 B を 53.0 mg 燃焼管に入れ、完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 176 mg および水 45.0 mg が生じた。

- 1) B の組成式を答えよ。
- 2) 実験 2 で消費された酸素の 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での体積 [mL] を答えよ。なお、気体の 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ におけるモル体積を 22.4 L/mol とし、解答は四捨五入のうえ有効数字を 3 桁とせよ。
- 3) B を過マンガン酸カリウムで酸化した後、希硫酸を加えて生じた化合物群を十分に加熱したものを B' とする。起こる反応は 100 % 進行するものとして、例を参考にして B' に含まれる化合物の構造式をすべて答えよ。

例



- 4) 前問の例を参考にして、A および C に含まれるすべての化合物の構造式を答えよ。

化 学 (その2)

3

白金電極を用いて、希硫酸に 1.07 A の電流を 2.00 時間流して電気分解を行い、発生した気体を容積 16.6 L の容器に集めた。この容器に 6.40 g の酸素を加えたのち、容器内の水素を完全に燃焼させた。その後、容器内の温度を 300 K とした。容器は密閉容器で、その容積は一定とする。

- (1) 電気分解で陽極に生じる気体の種類と物質質量[mol]はどれだけか。
- (2) 最後の状態において、容器内の気体の全圧[Pa]はいくらか。

なお、全ての気体は、水蒸気が凝縮する点を除き、理想気体としてふるまい、気体の水への溶解は無視できるものとする。また、300 K での水の飽和蒸気圧は 3.60×10^3 Pa, 気体定数は 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol), ファラデー定数は 9.65×10^4 C/mol, 酸素分子(O_2)の分子量は 32 とする。

解答は有効数字 2 桁で示せ。

4 次の文章を読み、問 1 および問 2 に答えよ。

問 1 次の(1)～(3)はある化合物の水溶液の性質を示している。示した記述に対して最も適切な化合物をそれぞれの選択肢①～⑤の中から選べ。

(1) 水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると緑白色沈殿が生じる。また、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沈殿が生じる。

① 塩化亜鉛 ② 塩化鉄(Ⅱ) ③ 塩化鉄(Ⅲ) ④ 硝酸銀 ⑤ 硫酸銅(Ⅱ)

(2) 水溶液に希塩酸を加えると白色沈殿が生じる。この沈殿は熱湯に溶ける。また、水溶液にクロム酸カリウム水溶液を加えると黄色沈殿が生じる。

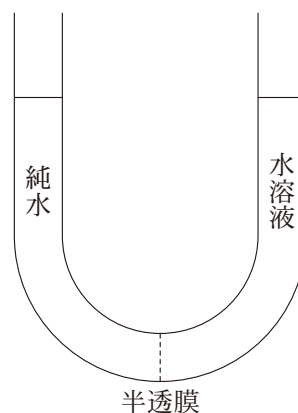
① 塩化亜鉛 ② 硝酸銀 ③ 硝酸鉄(Ⅲ) ④ 硝酸鉛(Ⅱ) ⑤ 硫酸銅(Ⅱ)

(3) 水溶液に塩化バリウム水溶液を加えると白色沈殿が生じる。この沈殿は熱湯に溶けない。また、この沈殿に塩酸を加えても溶けない。

① 塩化カルシウム ② 硝酸鉛(Ⅱ) ③ 水酸化亜鉛

④ 炭酸ナトリウム ⑤ 硫酸亜鉛

問 2 図に示すような、断面積が 1.0 cm^2 の U 字管の中央に半透膜を固定し、片方に純水 8.0 mL を入れた。もう一方には、あるタンパク質 0.061 g を溶かした水溶液 8.0 mL を入れた。この U 字管を 27°C で長時間放置すると液面の高さの差が 4.0 cm になった。次の問いに答えよ。ただし、純水を含めた全ての水溶液の密度を 1.0 g/cm^3 とする。数値は有効数字 2 桁で求めよ。



(1) 純水とタンパク質水溶液のどちらの液面が高くなったか答えよ。

(2) 下線部におけるタンパク質水溶液の浸透圧 [Pa] を答えよ。ただし、高さが 1.0 cm の純水あるいは水溶液の液柱の底面には重力により $1.0 \times 10^2 \text{ Pa}$ の圧力がかかるものとする。

(3) このタンパク質の分子量を答えよ。ただし、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

(4) 下線部におけるタンパク質水溶液の凝固点降下度 [K] を答えよ。ただし、水のモル凝固点降下 $K_f = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

生 物（その1）

1 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

体細胞分裂によってできたばかりの細胞が、再び2つの細胞に分裂するまでの周期的な過程を細胞周期という。細胞は間期から分裂期(M期)という過程を経て増殖する。間期はG1期[DNA合成準備期], S期[DNA合成期], G2期[(ア)期]の3つの時期に分けられる。M期は、前期, 中期, 後期, 終期に分けられる。動物細胞では、前期に核膜が消失し、クロマチンが凝集して染色体となり、2個の(イ)は細胞の両極に移動する。それぞれの(イ)から紡錘糸が伸びて染色体の(ウ)に結合する。中期では、染色体が移動して細胞中央の赤道面に並び、(エ)が完成する。後期では対になった染色体が分離し、(イ)に引き寄せられて両極へ移動する。終期では、染色体はほどけてクロマチンに戻り、再生した核膜に包まれる。さらに細胞質分裂が起こり2つの細胞となる。

一方、有性生殖を行う生物では、配偶子が形成される過程で、減数分裂が起こる。減数分裂は^(a)配偶子の母細胞において、連続する2回の分裂によって行われる。^(b)第一分裂の前期では、相同染色体が横に並ぶように対合し、二価染色体が形成される。^(c)このとき、乗換えが起こることが多く、その結果、連鎖している2つの遺伝子間で組換えが起こる。^(d)このときの染色体で交差が起こっている部位を(オ)という。中期では二価染色体は赤道面に並び、後期には対合した相同染色体がそれぞれ分かれ、両極に移動する。終期には核の形成と細胞質分裂が起こる。染色体は、第二分裂の前期に再び凝集し、中期になると再び赤道面に並ぶ。後期には分かれて両極に移動し、終期に核の形成と細胞質分裂が起こる。

問1 (ア)～(オ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部(a)に関して、有性生殖の特徴として誤ったものを1つ選びなさい。

- ① 単相の配偶子が接合することで、染色体数が元に戻った複相の接合子が形成される。
- ② 複相の接合子から個体が発生する場合、体細胞には配偶子の染色体数の半分が含まれる。
- ③ 1つの接合子から生じる個体の体細胞には、同一の遺伝子型をもつ細胞が多数存在する。
- ④ 減数分裂の第一分裂前期の乗換えと、第一分裂における相同染色体の独立な分配により、配偶子の遺伝的多様性が生じる。

問3 下線部(b)に関して、染色体数が $2n = 8$ の生物の場合、第二分裂後に生じる配偶子における染色体の組み合わせは、理論上何通りになるか答えなさい。ただし、これらの染色体で組換えは起こらないものとする。

問 4 下線部(c)に関して、ヒトの精巣では減数分裂の第一分裂前期における相同染色体の対合と乗換えが観察されるのはどの細胞か。

- ① 精原細胞
- ② 一次精母細胞
- ③ 二次精母細胞
- ④ 精細胞

問 5 下線部(d)に関して、下記の(1)～(3)に答えなさい。

ある 2 倍体生物の遺伝子型 AABBCc の個体と aabbcc の個体を親として交配し、F1 を得た。さらに F1 と aabbcc の個体とを交配した。遺伝子 A, B, C はそれぞれ遺伝子 a, b, c に対して顕性(優性)である。図 1 は F1 の 2 組の相同染色体と遺伝子の関係を模式的に示したものである。

- (1) 遺伝子 A と B, a と b の間で組換えが起こる場合、この F1 どうしを交配して得る子では、遺伝子型の異なる組み合わせは最大で何通りになるか答えなさい。
- (2) F1 と aabbcc との交配で得られた子について、その表現型の分離比 $[AC] : [Ac] : [aC] : [ac]$ を答えなさい。
- (3) F1 と aabbcc との交配で得られた子について、遺伝子 A(a) と遺伝子 B(b) の組換え価が 10 % であった。F1 どうしを交配して得られる子の表現型の分離比 $[AB] : [Ab] : [aB] : [ab]$ を計算しなさい。

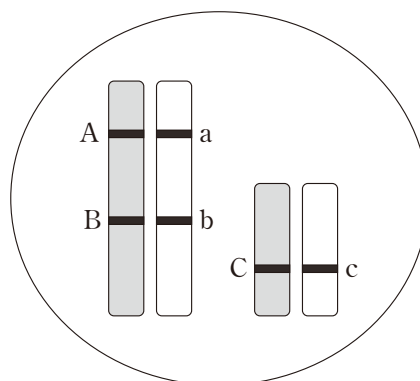


図 1

次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

- (I) 皮膚や粘膜による物理的・化学的防御をやぶって体内へ侵入した異物は、食細胞による食作用により細胞内へ取り込まれ、^(a)酵素によって分解・消化される。細胞内に侵入してしまった病原体は食作用では排除できないが、NK 細胞が感染した細胞ごと排除する。^(b)異物の侵入や、外傷による障害が起こると、血管の拡張、発熱、腫れ、痛みなどが生じ、^(c)この部位には食細胞が^(d)集まり、異物を排除する。

問 1 下線部(a)について、だ液に含まれる、細菌の細胞壁を分解する酵素を答えなさい。

問 2 下線部(b)に含まれる免疫にかかわる細胞を 3 種類答えなさい。

問 3 下線部(c)について、獲得免疫で同様のはたらきをする細胞を答えなさい。

問 4 下線部(d)について、このような反応を何というか答えなさい。

- (II) 正常な免疫系を持つ系統 X、系統 Y、および系統 X・Y のヌードマウスを用いて、以下の群に分け、皮膚移植の実験を行った。同系統のマウスは遺伝的に均一であり、同系統間の移植による拒絶反応は起こらない。移植皮膚の生着日数(中央値)は群 A と群 C では 90 日以上生着し、群 B では 12 日で脱落した。なお、ヌードマウスとは、うまれつき胸腺がないか働かない、免疫不全のマウスである。

群 A：系統 X に系統 X の皮膚移植を行なった。

群 B：系統 X に系統 Y の皮膚移植を行なった。

群 C：系統 X のヌードマウスに系統 Y の皮膚移植を行なった。

群 D：系統 X に系統 Y のヌードマウスの皮膚移植を行なった。

問 5 この実験の説明として誤ったものを 1 つ選びなさい。

- ① 群 A と同様の反応は、ヒトの一卵性双生児間での移植でも見られる。
- ② 群 B では細胞性免疫が機能し、移植皮膚を異物と認識している。
- ③ 群 C では移植皮膚に対する免疫寛容が成立している。
- ④ 群 D では 90 日以上生着すると予想される。

問 6 群 B では群 A に比べて移植皮膚の生着期間が短かった。この理由は、移植皮膚を異なる遺伝的背景から得た場合に生じる免疫応答の過程によるものである。次の①～④は、その免疫応答における主要な段階を示している。正しい順序に並べなさい。

- ① 移植皮膚局所の炎症の増幅
- ② T 細胞の活性化
- ③ 抗原提示
- ④ 樹状細胞が移植皮膚を非自己として認識

問 7 問 6 の免疫応答の過程で、ヘルパー T 細胞の活性化に伴って見られる現象として適切なものを 1 つ選びなさい。

- ① マクロファージを活性化させ、貪食作用を強化する。
- ② 自ら抗原を分解し提示する能力を新たに獲得する。
- ③ 好中球を直接攻撃して除去する。
- ④ 細胞膜の受容体が突然変異し、新しい抗原を認識するようになる。

(Ⅲ) 抗体分子の多様性は遺伝子の再構成によって生じる。H 鎖は V セグメントが 48 個、D セグメントが 25 個、J セグメントが 6 個、L 鎖は V セグメントが 40 個、J セグメントが 5 個存在し、それぞれから 1 つずつ選ばれて連結されるとする。

問 8 再構成に伴う塩基の挿入・欠失による多様性は考慮しないとき、理論上生じ得る抗体分子の種類を求め、有効数字 2 桁の指数表記で答えなさい。

(注：指数表記の例： 1.2×10^4)

生 物（その2）

3

次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

細胞は常に水や養分を取り込んでいるが、余分な水や老廃物などは排出している。細胞における物質の出入りは、細胞膜を通して行われる。細胞膜の主成分はリン脂質とタンパク質である。このうち、リン脂質には、（ア）性のリン酸を含む部分と（イ）性の脂肪酸を含む部分があり、水中ではリン脂質どうしは脂肪酸の部分に向け合って集まり、リン酸を含む部分を外側にし、薄い膜をつくる傾向がある。細胞膜は、このような二重層のリン脂質の膜の間にタンパク質がいろいろな形で埋めこまれていると考えられている。また、リン脂質や膜タンパク質は細胞膜中^(A)に固定されているのではなく、膜内で移動することができる。核、ミトコンドリア、葉緑体などを構成する膜も細胞膜と同様の特徴を有しており、これらの膜はまとめて（ウ）と呼ばれ、（ウ）のような特徴を有した膜モデルを（エ）モデルという。

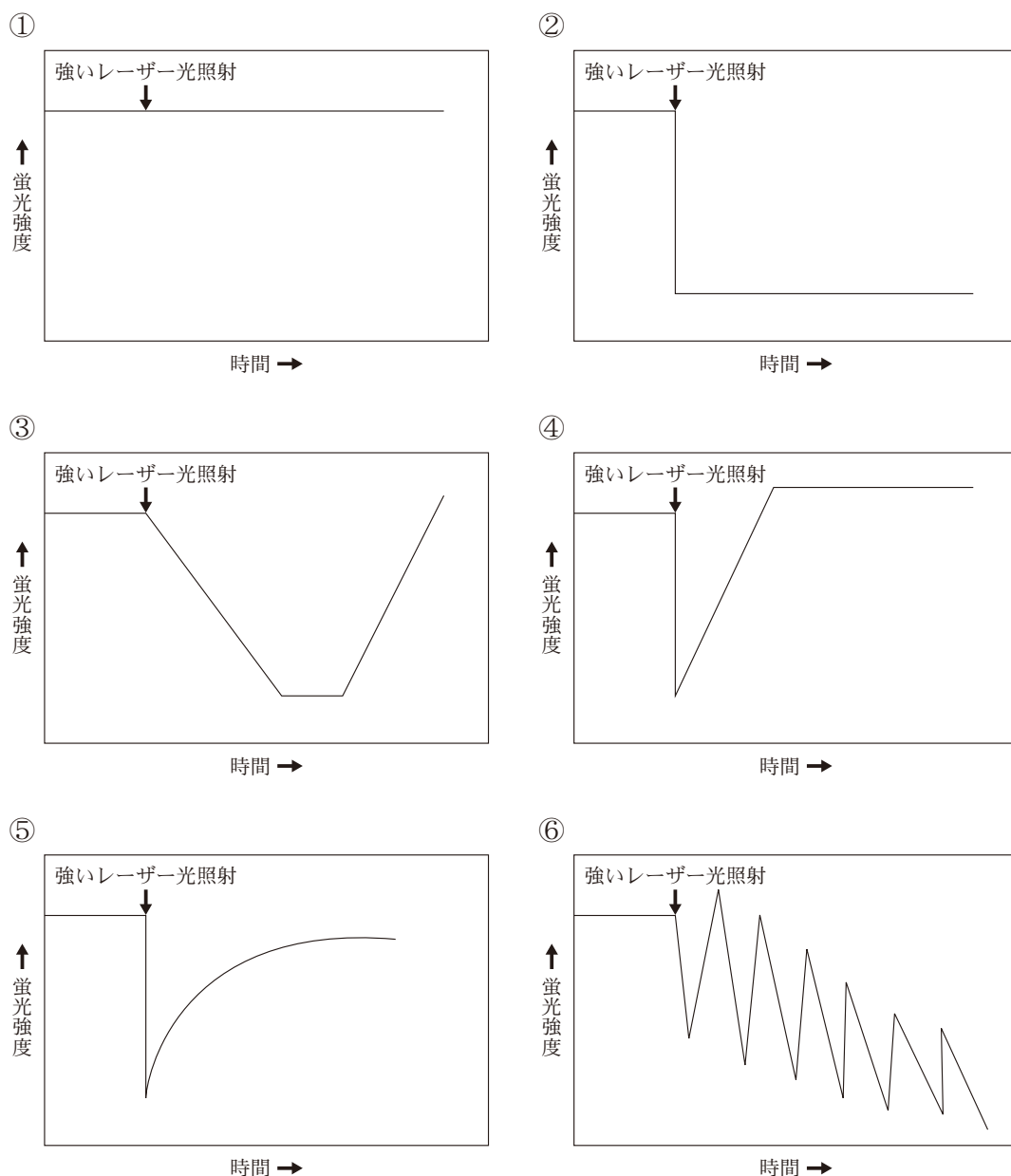
物質には（ウ）の脂質二重層を通過しやすいものと、ほとんど通過できないものとが存在するが、脂質二重層をほとんど通過できない物質の中には、輸送タンパク質を介して（ウ）^(B)を通過するものがある。このように（ウ）には特定の物質のみを透過させる（オ）透過性という性質を有している。細胞膜に埋め込まれたタンパク質には、物質の輸送に関連するものと、細胞外の情報を受け取り細胞内へ伝えるものが存在し、濃度勾配に従って物質を通過させる場合と、濃度勾配に逆らって物質を通過させる場合とがある。

問 1 文中の（ア）～（オ）に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)を確認するために次の実験を行なった。細胞表面のタンパク質に緑色の蛍光色素を付けた細胞Ⅰと、赤色の蛍光色素を付けた別の細胞Ⅱを用意した。次に、細胞Ⅰと細胞Ⅱを細胞融合させ、37℃で培養したところ、融合した細胞において、最初は緑色の蛍光と赤色の蛍光が別々に分かれて存在したが、1時間後にはこれらの蛍光が混ざり合って全体が黄色になった。実験終了後、細胞膜の特定の領域に強いレーザー光を照射し、その部分にある蛍光色素を退色させた。

(1) 細胞全体が黄色になるとなぜ下線部(A)の確認となるのか、その理由を説明しなさい。

(2) レーザー光を照射した領域の蛍光強度を経時的に測定するとどのようになると考えられるか。次の①～⑥から適切なものを選びなさい。



問 3 下線部(B)に示す膜タンパク質には、ポンプやチャネルなどがある。

(1) チャネルを介する輸送とポンプを介する輸送には、それぞれどのようなものが含まれるか。次の①～③から 1 つずつ選びなさい。

- ① 受動輸送のみ ② 能動輸送のみ ③ 受動輸送と能動輸送の両方

(2) 水分子を選択的に透過させる膜タンパク質の名称を答えなさい。

問 4 ナトリウムポンプの機能を調べるため、次の実験を行った。

実験：ヒト赤血球をリンガー液(生理的塩類溶液)に懸濁し、4℃で保存すると、赤血球内から K^+ が出ていき、 Na^+ が外側から内側に流れ込んできた。しばらく保存した血液を37℃に戻しても、赤血球内外のイオン濃度はあまり変わらなかったが、グルコースを加えると K^+ が内側に入り、 Na^+ が外側に出た。

- (1) ヒト赤血球は分化、成熟する過程で、ミトコンドリアや核が取り除かれるが、その理由にはどのようなことが考えられるか、簡単に答えなさい。
- (2) リンガー液中の赤血球を4℃で保存すると、赤血球内から K^+ が出ていき、 Na^+ が内側に流れ込んでくる理由を簡単に説明しなさい。
- (3) 37℃に戻した赤血球溶液にグルコースを加えると、 K^+ が赤血球の内側に入り、 Na^+ が外側に排出される理由を40字以内で説明しなさい。
- (4) 37℃に戻して、グルコースではなくピルビン酸を加えた場合には、どのようなことが起きると考えられるか。適切な選択肢を全て選びなさい。
 - (イ) 呼吸により、ピルビン酸を用いてATP合成を行うため、 K^+ が赤血球の内側に入り、 Na^+ が外側に排出された。
 - (ロ) 解糖により、ピルビン酸を用いてATP合成を行うため、 K^+ が赤血球の内側に入り、 Na^+ が外側に排出された。
 - (ハ) ピルビン酸を用いてATP合成を行うことはできないため、 K^+ が赤血球の内側に入り、 Na^+ が外側に排出された。
 - (ニ) 呼吸により、ピルビン酸を用いてATP合成を行うため、 Na^+ が赤血球の内側に入り、 K^+ が外側に排出された。
 - (ホ) 解糖により、ピルビン酸を用いてATP合成を行うため、 Na^+ が赤血球の内側に入り、 K^+ が外側に排出された。
 - (ヘ) ピルビン酸を用いてATP合成を行うことはできないため、 Na^+ が赤血球の内側に入り、 K^+ が外側に排出された。
 - (ト) 呼吸により、ピルビン酸を用いてATP合成を行うため、イオン濃度に変化は認められなかった。
 - (チ) 解糖により、ピルビン酸を用いてATP合成を行うため、イオン濃度に変化は認められなかった。
 - (リ) ピルビン酸を用いてATP合成を行うことはできないため、イオン濃度に変化は認められなかった。

問 5 ある植物の細胞を高張のスクロース水溶液につけると、細胞壁と細胞膜の間にすき間ができる。

- (1) このような現象を何というか答えなさい。
- (2) 細胞膜と細胞壁の性質から、(1)が起こる理由を 50 字以内で説明しなさい。
- (3) (1)の現象が完了した細胞について以下の問いに答えなさい。
 - (i) その細胞外の溶液の浸透圧を a 、細胞膜と細胞壁の間にある溶液の浸透圧を b 、細胞の原形質の浸透圧を c とすると、 $a \cdot b \cdot c$ の関係はどのようになると考えられるか。次の①～⑤のうちから正しいものを 1 つ選びなさい。
 - ① $a = b = c$
 - ② $a = b < c$
 - ③ $a = b > c$
 - ④ $a < b = c$
 - ⑤ $a > b = c$
 - (ii) その細胞外の溶液のスクロース濃度を A 、細胞膜と細胞壁の間にある溶液のスクロース濃度を B 、細胞の原形質のスクロース濃度を C とすると、 $A \cdot B \cdot C$ の関係はどのようになると考えられるか。次の①～⑤のうちから正しいものを 1 つ選びなさい。
 - ① $A = B = C$
 - ② $A = B < C$
 - ③ $A = B > C$
 - ④ $A < B = C$
 - ⑤ $A > B = C$

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

被子植物では、若いおしべのやく内において減数分裂によって花粉母細胞が4個の細胞の集まった花粉四分子になり、花粉へと発生する。その後、花粉四分子のそれぞれは、不均等な細胞分裂によって、花粉管細胞と雄原細胞を形成する。

子房内にある胚珠では、胚のう母細胞が形成される。胚のう母細胞は、減数分裂を経て、1個の胚のう細胞と小さな3つの細胞になる。その後、胚のう細胞は、(A)回の核分裂を行って(B)個の核を生じる。(B)個の核のうち(C)個は、珠孔側で1個の卵細胞の核と(D)個の(ア)細胞の核となる。また、他の3個の核は、珠孔の反対側に移動してそれぞれ(イ)細胞の核となる。残り(E)個の核は、胚のうの中央に集まり、(ウ)と呼ばれる中央細胞の核となる。このようにして、卵細胞をもつ胚のうが胚珠内に形成される。

花粉がめしべの柱頭につくのが受粉である。花粉は柱頭で発芽して花粉管を伸ばし、(ア)細胞から放出される花粉管誘引物質に導かれ、珠孔へと到達する。珠孔に達した花粉管は、ふつう、(ア)細胞のうちの1つを破壊して胚のう内へ進入する。雄原細胞は花粉管の中を移動中に分裂して2個の精細胞となる。花粉管が胚のうに到達すると先端が破れ、精細胞は放出される。放出された2個の精細胞のうち、1個は卵細胞と合体して受精卵となる。残りの1個は中央細胞と合体して胚乳細胞を形成する。このように、被子植物では2組の受精が同時に起こり、これを重複受精という。

問1 文中の(ア)～(ウ)に適切な語句を答えなさい。

問2 文中の(A)～(E)に適切な数字を答えなさい。

問3 胚のう母細胞、卵細胞、胚乳細胞、それぞれの核相を答えなさい。なお、解答は「○n」のように記すこと。

問 4 被子植物 Z の変異体 M では、ヘテロ接合体から得られる花粉の 70 % において、花粉管内に存在する 2 個の精細胞のうちの 1 個が異常な精細胞であった。こうした変異体 M の花粉は、花粉管の内容物を放出する過程までは正常であるが、胚のう内に放出された異常な精細胞は、卵細胞とも中央細胞とも接合することができず、正常な種子形成を開始することができない。被子植物 Z の野生型株の柱頭に変異体 M のヘテロ接合体から得た花粉を十分な量で受粉したところ、51 % の胚のうで重複受精が成立し、正常な種子形成が観察された。また、被子植物 Z の野生型株では、重複受精した胚のうに進入している花粉管は 1 本のみであったが、被子植物 Z の野生型株の柱頭に変異体 M のヘテロ接合体から得た花粉を十分量受粉した場合には、重複受精した胚のうに進入している花粉管は 1 本または 2 本であった。さらに重複受精が成立しなかった胚のうでは、胚のうに進入している花粉管はすべて 2 本であった。この時、正常な花粉管が進入した場合には重複受精が成立し、異常な花粉管が進入した場合には重複受精が成立しないと仮定して以下の問いに答えなさい。

- (1) 被子植物 Z の野生型株の柱頭に変異体 M のヘテロ接合体から得た花粉を十分量受粉して重複受精が成立した胚のうのうち、進入した花粉管が 1 本である割合はいくらか答えなさい。
- (2) 変異体 M のヘテロ接合体から得られる異常な花粉の割合が 70 % ではなく 50 % であった場合、被子植物 Z の野生型株の柱頭に変異体 M のヘテロ接合体から得た花粉を十分量受粉して重複受精が成立する割合はいくらか答えなさい。

問 5 トレニアという被子植物を使った実験から、花粉管誘引物質の本体が明らかにされた。この花粉管誘引物質には種特異性が見られ、トレニアの花粉管誘引物質は、トレニアと近縁の植物であってもトレニア以外の花粉管は誘引しないことがわかっている。

- (1) 花粉管誘引物質として発見されたタンパク質の名称を答えなさい。
- (2) このタンパク質が有する種特異性は被子植物の個体の繁殖の上でどのような意義を持つと考えられるか答えなさい。

物 理 (その1)

1 図のように、断面積 S のシリンダー内に単原子分子からなる理想気体(モル数 n)が閉じ込められている。シリンダーには摩擦のないピストンがはめ込まれており、外界の圧力は p_0 に保たれている。ピストンの質量は無視できる。初め、気体の体積は V_0 、温度は T_0 で熱平衡にあった(状態 A; 図1)。ここでシリンダーの底面に熱源を接触させ、気体をゆっくりと加熱して、体積が $2V_0$ になったときに加熱をやめた(状態 B)。

(1) 状態 A から状態 B までの過程について、

- (a) 状態 B における気体の温度 T_B を、 p_0 、 V_0 、 T_0 から必要なものを用いて表しなさい。
- (b) この過程で気体が外部にした仕事を、 p_0 、 V_0 を用いて表しなさい。

以下は、ピストンの質量 m を考慮する。その後、シリンダーを断熱材で囲い、さらにピストンの上に質量 M のおもりを静かにのせた(図2)。ピストンは一時的に動いた後、新たな平衡状態 C に達した。状態 C における気体の温度を T_C とする。重力加速度を g 、気体定数を R とし、気体は常に理想気体の状態方程式に従うものとする。

(2) 状態 B から状態 C までの過程について、

- (a) 状態 C における気体の圧力 p_C を、 p_0 、 M 、 m 、 S 、 g から必要なものを用いて表しなさい。
- (b) 状態 C における気体の体積 V_C を、 n 、 R 、 T_C 、 p_C から必要なものを用いて表しなさい。

(3) 状態 B から C への過程において、気体の内部エネルギーの変化 ΔU を、 n 、 R 、 T_B 、 T_C から必要なものを用いて表しなさい。

(4) 状態 B から C の断熱変化において、ポアソンの法則(断熱方程式) $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ を用いて、 T_C を T_B 、 V_B 、 V_C から必要なものを用いて表しなさい。ただし、単原子分子気体の比熱比 $\gamma = \frac{5}{3}$ とする。

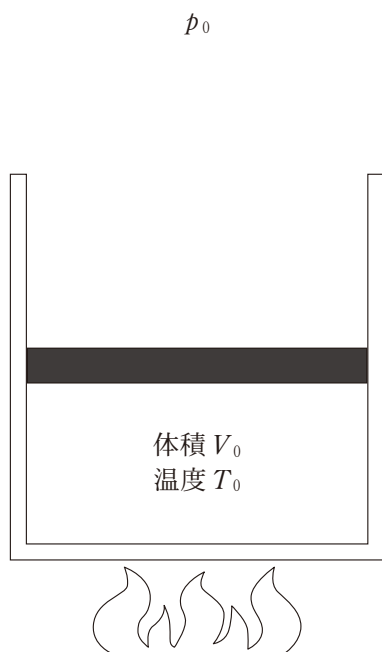


図 1

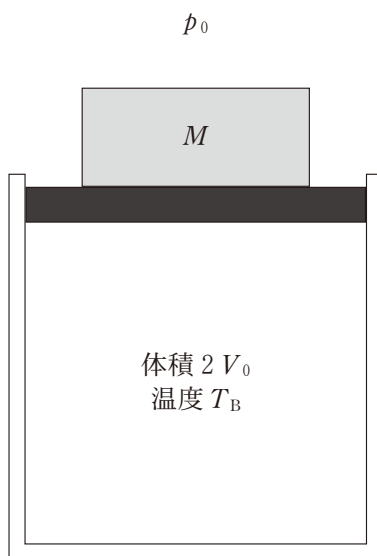
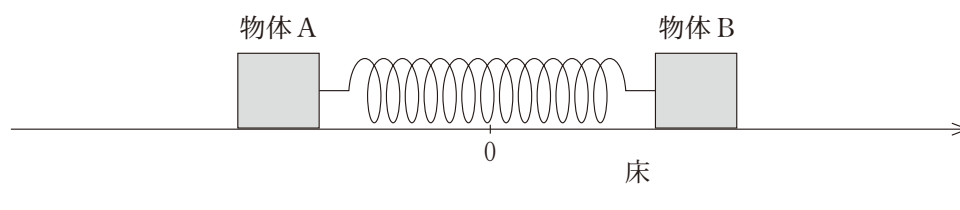


図 2

- 2 下図のように、質量がともに m の物体 A(左)と B(右)を、質量を無視できるばね(ばね定数 k , 自然長 L)で水平に連結し、粗い水平床上に置く。床との静止摩擦係数を μ , 動摩擦係数を μ' (ただし $\mu \geq \mu'$) とする。床の上に x 軸をとり、右向きを正の向きとする。

最初、ばねを自然長から $\Delta x (> 0)$ だけ縮め、2つの物体全体の質量の中心(系の重心)が $x = 0$ に来るように A, B を手で支えた。時刻 $t = 0$ に同時に手を離す。ばねは常に水平であり、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。必要なら各物体の単振動の角振動数 $\omega = \sqrt{\frac{2k}{m}}$ を用いてよい。

- (1) 物体が動き始めたことから、静止摩擦係数 μ が満たすべき不等式を求めなさい。
- (2) 動き始めた直後、物体 B に働くばねの復元力の大きさと摩擦力の大きさを求めなさい。
- (3) 物体 B の x 座標を $X(t)$, 加速度を $a = \ddot{X}$ とする。ここで、動き始めてから最初に停止するまでの運動を考える。物体 B の運動方程式を求めなさい。
- (4) 物体 B の速さが最大になる最初の時刻 t と、そのときの速さを求めなさい。
- (5) 物体 B が最初に停止する位置を求めなさい。
- (6) $t = 0$ から B が最初に停止するまでに、物体 A, B が失った力学的エネルギーの合計を求めなさい。
- (7) 物体 A, B がその後静止し続けるために必要な静止摩擦係数 μ に関する条件(不等式)を求めなさい。
- (8) この系のエネルギー損失は何に起因するか、100 字以内で物理的に説明しなさい。



図

B 図2のように、辺の長さ a , b の長方形の極板を持ち、極板間の距離 d の平行板コンデンサーがある。別に極板間にぴったりと収まる誘電率 ϵ_1 の誘電体を用意する。空気の誘電率を ϵ_0 とし、 $\epsilon_1 > \epsilon_0$ とする。極板間の距離 d は、辺の長さ a , b に比べきわめて小さいものとする。

- (1) 極板間に誘電体を入れずに、このコンデンサーに起電力 V の電池をつないだ。このとき、コンデンサーに蓄えられた電荷とエネルギーを求めなさい。
- (2) 図3のように、誘電体を長さ a の辺の方向に x だけゆっくり差し込んだとする。このとき、コンデンサーの電気容量を求めなさい。
- (3) 起電力 V の電池につながれたコンデンサーに問(2)のように誘電体をゆっくり差し込んだ。このとき、コンデンサーに蓄えられる電荷とエネルギーを求めなさい。
- (4) 起電力 V の電池につながれたコンデンサーに問(2)のように誘電体をゆっくり差し込んだとき、電池がした仕事を求めなさい。
- (5) 起電力 V の電池につながれたコンデンサーに問(2)のように誘電体をゆっくり差し込む際に、外力がした仕事を求めなさい。また、コンデンサー中の誘電体にはたらいっている力の大きさを求めなさい。この力の向きは、コンデンサーに引き込まれる方向か、押し出される方向かを答えなさい。

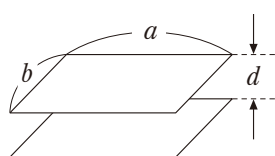


図2

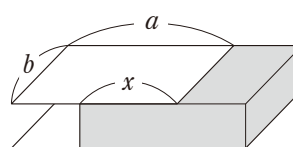
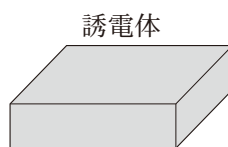


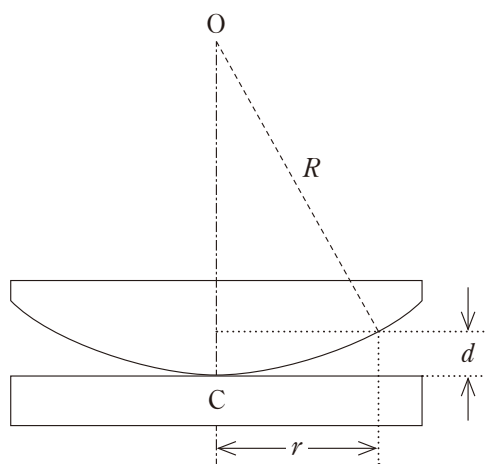
図3

4 図のように、平面ガラス板の上に、大きい曲率半径 R の平凸レンズを凸面を下に向けておいた。真上から波長 λ の単色光を入射させて上から見ると、レンズとガラス板の接点 C を中心とする明暗の輪が同心円状に並んでいるのがみえた。ただし、平面ガラス板と平凸レンズの屈折率は同じであり、空気の屈折率を 1 とする。

- (1) 輪の半径を r とする。その位置での空気層の厚さ d を R , r を用いて表しなさい。ただし、 d は R に比べて十分に小さいとする。
- (2) 平凸レンズの中心部は明るく見えるか、暗く見えるかを答えなさい。また、青色の光と赤色の光では、中心から 3 番目の明輪で比較した場合、輪の半径はどちらが大きいかを答えなさい。

$\lambda = 580 [\text{nm}]$ の光を用いたところ、中心から 4 番目の明輪が $r = 4.0 [\text{mm}]$ の位置に見えた。

- (3) 平凸レンズの曲率半径 R を求めなさい。
- (4) 平凸レンズと平面ガラスの間にある液体を満たして、これまで 4 番目での明輪のあった位置に 5 番目の明輪が見えるようにした。その液体の屈折率を求めなさい。
- (5) 次に、平凸レンズと平面ガラスの間に水を入れて、上から波長 λ の単色光をあてて上から観測を行った。水はガラスより屈折率が小さいものとする。平凸レンズと平面ガラスの間が空気であったときと比べて、水をいれた場合に、生じる縞模様の明暗と環の半径はどのように変化するかを述べなさい。
- (6) 次に、平凸レンズと平面ガラスの間に油を入れて、上から波長 λ の単色光をあてて上から観測を行った。油はガラスより屈折率が大きいものとする。平凸レンズと平面ガラスの間が水であったときと比べて、油をいれた場合に、生じる縞模様の明暗と環の半径はどのように変化するかを述べなさい。
- (7) 再びレンズとガラス板のすきまを空気にして、こんどはガラス板の下から単色光をあててレンズの上から見るとする。この場合、ニュートンリングはどのように見えるかを 20 字以内で述べなさい。



图