

平成29年度 入学試験問題

医学部 (Ⅱ期)

理科

注意事項

1. 試験時間 平成29年3月4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)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
 - (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分野(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、試験問題(冊子)、受験票、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分野の解答用紙、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)はお持ち帰り下さい。

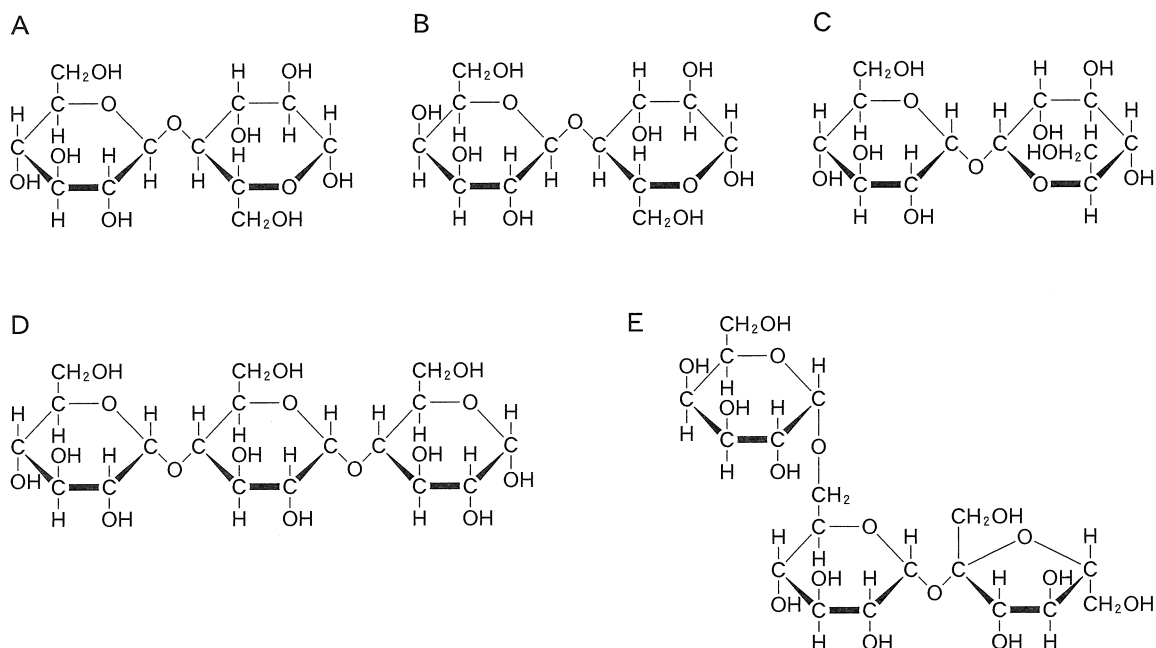
化 学 (その1)

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** ~ **5** を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。
3. 原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, N : 14.0, Na : 23.0, Cl : 35.5, Fe : 56.0,
Cu : 63.5

1 次の文を読み、問いに答えよ。

単糖が2~数個グリコシド結合で結合したものをオリゴ糖と呼ぶ。植物に広く分布している砂糖の成分の二糖がスクロースであり(1)と(2)がグリコシド結合したものである。A~Eにオリゴ糖の例を示す。Eは砂糖の原料となるテンサイ(甜菜)などに含まれる三糖類であり、スクロースに(3)が結合してできたものである。オリゴ糖(4)は、小腸粘膜にβ-ガラクトシダーゼ活性を持つラクターゼを高発現している乳児期には、効率的に栄養素として利用できる。



問 1 (1), (2), (3)にあてはまる単糖の名称を記せ。ただし D-, L-の記載は必要ない。(1)(2)の順は問わない。

問 2 (4)にあてはまるオリゴ糖を A~E から 1 つ 選 び 記 号 を 記 せ。

問 3 還元性の無いのはどれか。A~E から 2 つ 選 び 記 号 を 記 せ。

- 問 4 $\alpha(1 \rightarrow 1)\alpha$ 結合をしているのはどれか。A～E から 1 つ選び記号を記せ。
- 問 5 デンプンが加水分解されて生じ得るのはどれか。A～E から 1 つ選び記号を記せ。
- 問 6 セルロースが加水分解されて生じ得るのはどれか。A～E から 1 つ選び記号を記せ。
- 問 7 グルコースのみから構成されるのはどれか。A～E から 3 つ選び記号を記せ。

2 次の文を読み、問に答えよ。

ヒトの体内で細菌を殺菌する好中球の中では、ミエロペルオキシダーゼの作用により、細胞内で過酸化水素 H_2O_2 と塩化物イオンを材料として殺菌力の強いオキソ酸^aが合成され殺菌力を発揮する。

消毒薬として使用する約3% 過酸化水素水は、傷口に塗ると赤血球のもつカタラーゼの作用で酸素分子の泡を生じ洗浄作用を発揮する。また過酸化水素分子のもつ強い酸化剤としての機能により殺菌効果を発揮する。

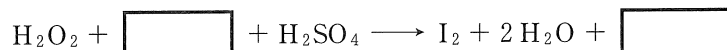
ここに濃度が不明の過酸化水素水(A液)がある。A液 10 mL を純水でうすめて 100 mL とした(B液)。B液 1.0 mL に少量の希硫酸を加えて酸性にし、 $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下すると、12 mL 加えたところで赤紫色が消えなくなった。

B液にヨウ化カリウム水溶液を加えるとヨウ素が生成され褐色を呈した。

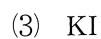
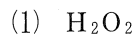
問 1 下線部 a の化学式(組成式)を記せ。

問 2 下線部 b で過酸化水素は、酸化剤あるいは還元剤のどちらとして作用したか記せ。

問 3 下線部 c の反応の化学反応式を完成させよ。



問 4 下線を引いた原子の酸化数を記せ。



問 5 A液の H_2O_2 のモル濃度と質量パーセント濃度を求めよ。ただし、A液の密度は 1.0 g/cm^3 とする。答えは四捨五入により小数点以下1位で記せ。

3 次の文を読み、問に答えよ。

溶解度の小さい気体では、一定量の液体に溶ける気体の質量は、温度が一定ならば液体に接している気体の圧力(分圧)に比例する。溶解度は、ある一定量の溶媒に対して溶解可能な溶質量で表す。二酸化炭素は 25 °C, 1.0×10^5 Pa のもとで純水 1.0 L に、標準状態の体積に換算して 0.75 L 溶ける。

空気中の二酸化炭素濃度を 0.035 % とする。

二酸化炭素を理想気体としてヘンリーの法則が成り立つものとし、さらに水に溶解した二酸化炭素はすべて水と反応して炭酸になるものとする。標準状態の気体 1.00 mol の体積を 22.4 L とする。

25 °C での電離定数を以下とする。



必要なら次の値を使え。

$$\log_{10} 2 = 0.30, \sqrt{2} = 1.41$$

問 1 純水 1.0 L を 25 °C, 1.0×10^5 Pa 大気圧の環境下で、大気と平衡状態にした。以下の

(1)~(4)に答えよ。答えは四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

(1) この溶液に溶けている二酸化炭素の物質量[mol]を記せ。

(2) この溶液の炭酸の電離度を記せ。なお(1)の答えを引用する際には有効数字 2 桁で使用する

こと。

(3) この溶液の水素イオン濃度[mol/L]を記せ。

(4) この溶液の pH を記せ。

問 2 純水 1.0 L に、25 °C, 1.0×10^5 Pa 大気圧の環境下で、 3.2×10^{-2} mol の二酸化炭素を溶解させた。以下の(1)~(3)に答えよ。答えは四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

(1) この溶液の炭酸の電離度を記せ。

(2) この溶液の水素イオン濃度[mol/L]を記せ。

(3) この溶液の炭酸イオン(CO_3^{2-})濃度[mol/L]を記せ。

化 学 (その2)

4 以下の問題に答えなさい

- (1) メタノールとエタノールの混合物がある。これを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 2.64 g と水(液体) 1.98 g を得た。このときに必要な酸素の体積は標準状態で何 L か。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。なお、気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。
- (2) 27 °C において、25.6 g の酸素と 16.8 g の窒素を 3.0 L の容器に入れた。この混合気体の全圧は何 Pa か。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。ただし気体は理想気体として扱えるものとする。なお、気体定数、 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。
- (3) ある不揮発性の非電解質 48 g を 1.0 kg の水に溶かした溶液の凝固点を測定すると、質量モル濃度 0.20 mol/kg の塩化ナトリウム水溶液の凝固点と一致した。塩化ナトリウム水溶液中で Na と Cl は完全に電離していることとする。この非電解質の分子量を求め、四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。
- (4) 1 mol のエタノールを完全燃焼させると 1368 kJ の熱を発生する。黒鉛の燃焼熱は 394 kJ/mol、水の生成熱は 286 kJ/mol である。エタノールの生成熱(kJ/mol)を整数で求めよ(小数点以下が出た場合は四捨五入せよ)。ただし、エタノールおよび水は液体、水素、酸素、および二酸化炭素は気体とする。
- (5) 20 °C において気体の分圧が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、窒素(N_2)と酸素(O_2)が水 1 L に溶解する気体の体積を標準状態(0 °C, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)に換算した値[溶解度:L]はそれぞれ $\text{N}_2 : 0.016 [\text{L}]$, $\text{O}_2 : 0.032 [\text{L}]$ である。 N_2 と O_2 の体積比が 2 : 3 である混合気体を 20 °C, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 1 L の水と接触させたときに、水に溶けている N_2 , O_2 の質量[mg]をそれぞれ四捨五入のうえ小数点以下 1 桁で求めよ。
- (6) 両極に白金板を用いた 1 槽の電解槽にて塩化銅(II)水溶液を電気分解したところ、陰極の白金板上に 7.62 g の銅が析出した。以下の問に答えよ。なお、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。
- a. 何 mol の電子が流れたか。四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。
- b. 陽極では何 g の塩素が発生したか。四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。ただし発生した塩素は水溶液には不溶とする。
- (7) 以下の a, b に適切な値を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。なお、アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。
- 体心立方格子を形成する金属である鉄の、単位格子の 1 辺の長さを $2.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とすると、 1.0 cm^3 中にはおよそ (a) 個の鉄原子が含まれることになり、その密度はおよそ (b g/cm^3) と求められる。

5 以下の設問に答えよ。

ケイ素は単体では天然に存在しない。二酸化ケイ素を電気炉中でコークス(C)を用いて還元して生成する。生成されたケイ素は金属と絶縁体の中間的な電気伝導性を持つ。このような性質を持つ物質を(a)と呼び、コンピュータの集積回路や(b)電池にも利用される。

ケイ素化合物は一般に薬品に侵されにくいが、二酸化ケイ素の場合フッ化水素酸には溶ける。また、二酸化ケイ素と塩基性物質である水酸化ナトリウムを混ぜて加熱し融解させると、ケイ酸ナトリウムになる。このケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、透明で粘性の大きな(c)が得られる。(c)に塩酸を加えて生成した半透明のゲル状沈殿物を熱して脱水すると、乾燥剤として広く用いられる(d)ができる。

問 1 下線部①を化学反応式で書け。ただし①の反応からはケイ素と一酸化炭素のみが生成されるものとする。

問 2 (a)～(d)に入る適切な語句を書け。

問 3 下線部②を化学反応式で書け。

問 4 下線部③を化学反応式で書け。

生 物 (その1)

1 環境と微生物に関する以下の文章を読んで、質問に答えなさい。

(1) 下水を含めた有機性排水の殆どが生物学的処理法によって処理される。下水には多様な物質が含まれているが、特に浄化が必要なものは有機物、アンモニウム塩などである。水質汚濁の判定の指標の1つに生物化学的酸素要求量(BOD)がある。BODは水中の様々な有機物を、微生物によって分解された時に消費される酸素量として示したものである。代表的な污水处理法として活性汚泥法がある。これによると汚水は大きなゴミや不溶分が除去された後、曝気槽とよばれる酸素を過剰供給したバイオリアクターに入る。曝気槽には様々な微生物が汚水と共に存在し、活性汚泥と呼ばれる。

問 1 活性汚泥には様々な種類の微生物が存在するが、圧倒的に多いのは細菌である。曝気槽の中で汚染水がどのように浄化されるのかを、細菌の異化、同化に留意して40字以内で書きなさい。

問 2 活性汚泥法は有機物の除去には適しているが、アンモニウム塩の除去には不十分であり、アンモニウム塩の除去には別の生物学的処理法が用いられることが多い。細菌を用いてアンモニウム塩を N_2 に変換するにはどのような細菌を用いて、どのような過程で変換されるか、40字以内で書きなさい。なお、アンモニウム塩は「ア塩」としなさい。

(2) 河川に有機物を含む汚水が流入しても、大量の水による希釈や微生物による分解等が起こり、汚濁の原因になることはない。^Aいま、家庭排水が流入する、ある河川の水質、微生物相を上流から下流に向かって調査した。

問 3 下線部Aは何と呼ばれるか、その名前を書きなさい。

問 4 この河川におけるBODと水中に溶けている酸素(溶存酸素, Dissolved Oxygen, DO)の分布曲線を解答欄の図に描き入れなさい。

問 5 この河川では細菌、藻類、原生動物などは特徴的な増減を示す。細菌と原生動物との関係を20字以内で説明しなさい。

問 6 藻類とDOとの関係を20字以内で説明しなさい。

問 7 この河川における細菌、藻類、原生動物の量の変化を解答欄の図に描き入れ、それぞれの曲線について細菌、藻類、原生動物のどれを示しているのかを書きなさい。

- (3) 窒素，リン酸など植物が生育するのに必要な無機塩類が湖沼などの閉鎖水域に大量に入ると，湖沼では植物プランクトンが異常発生する。このような状態が長く続くと湖底での生態系が大きく変化する。

問 8 下線部Bについて，この現象は何と呼ばれるか，名称を書きなさい。

問 9 下線部Cについて，植物プランクトンが大量発生すると生態系にはどのような変化が起きるか，30字以内で書きなさい。

- (4) 生体に有害な物質が河川に流れ込むと重篤な疾患を引き起こし，時には大きな社会問題となる。このような例として水俣病，あるいはイタイイタイ病などがある。

問10 下線部Dについて，それぞれの原因物質名を書きなさい。

2 以下の文章を読んで、質問に答えなさい。

(1) ヒト赤血球の膜上にはさまざまな抗原があり、血液型の指標となるものは(ア)とも呼ばれる。それに対応して、ヒトの血清中にある(ア)に対する抗体は(イ)とも呼ばれる。血液型の中でも ABO 式血液型と Rh 式血液型は輸血に大きく関与しており特に重要である。ABO 式血液型は ABO 遺伝子座に存在する(ウ)遺伝子により(エ)の法則に従って遺伝する。ABO 式血液型では赤血球の表面抗原として、A と B があり、A 抗原が存在する赤血球を持つヒトの血液型は A 型であり、B 抗原を持つヒトの血液型は B 型である。A 抗原、B 抗原の実体は糖タンパク質であり、(オ)抗原と呼ばれる糖タンパク質の末端部分に(カ)が結合したものが A 抗原であり、(キ)が結合したものが B 抗原である。血液型 A が A 型のヒトは A 抗原に対する抗体は持たない。

問 1 (ア)～(キ)に適切な語句を入れなさい。なお、(カ)、(キ)には物質名を入れなさい。

問 2 下線部 A に関して、ヒトでは自己抗原と反応する T 細胞、あるいは自己抗原に反応する抗体を産生する B 細胞は排除される。ヒト T 細胞に関して、自己反応性 T 細胞の排除が行われる組織およびその機序について 30 字以内で書きなさい。

問 3 血液型の判定には「おもて試験」と「うら試験」とがある。おもて試験は抗 A および抗 B 血清を用いて赤血球の抗原を調べる検査で、うら試験は A、B、O 型の赤血球を用いて血漿中に存在する抗 A および抗 B 抗体を調べる検査である。両者の検査結果が一致して血液型を判定する。しかし、新生児～乳児期ではうら試験で正しい結果が得られないことが多く、一般にこの時期の血液型の判定は行わない。うら試験で正しい結果が得られない理由の 1 つを 30 字以内で書きなさい。

(2) Rh 抗原には数多くの抗原があるが輸血等で問題となるのは D(ラージ D)抗原であり、Rh(D)を発現しているものを Rh 陽性としている。99 % 以上の日本人は Rh 陽性である。Rh 式血液型が問題となる例の 1 つとして、輸血がある。Rh 陰性のヒトに Rh 陽性の赤血球を輸血すると抗 Rh(D)抗体が産生される。再度、Rh 陽性の赤血球を輸血すると(ク)が起こり、危険な状態となる。Rh 式血液型が問題となるもう 1 つの例として妊娠がある。Rh 陰性の母親が Rh 陽性の子を妊娠すると、分娩時に子の Rh(D)が母体に移行し、母体内に抗 Rh(D)抗体が出来る。その後、2 回目の妊娠で胎児に障害が起こる。そこで、その対策として 1 回目の 出産後に母親に抗ヒト Rh(D)抗体を投与する。

問 4 (ク)に適切な語句を入れなさい。

問 5 下線部 B に関して、どのような障害が起こるのか、40 字以内で書きなさい。

問 6 下線部Bに関して、ABO 血液型の不適合ではこのような問題は起きない、その理由を 20 字以内で書きなさい。

問 7 下線部Cに関して、投与する理由は何か、20 字以内で書きなさい。

(3) 血液は出血を防ぐ目的で血液凝固が起きる。血管から出血すると(ケ)から血液凝固因子が出る。また、(コ)からトロンボプラスチンが出る。これらの因子と(サ)中のカルシウムがプロトロンビンをトロンビンに変える。トロンビンはフィブリノーゲンをフィブリンに変える。フィブリンは繊維状のタンパク質であり、血球と絡み合って(シ)となり、血液の凝固が起きる。凝固血液により血管からの出血が止血される。その後、出血部位の血管も修復され、(シ)は不要となり除去される。この現象は(ス)と呼ばれる。

問 8 (ケ)~(ス)に適切な語句を入れなさい。

問 9 凝固してはいけない血液では、薬剤で血液凝固を阻止する必要がある。代表的な抗凝固剤としてクエン酸ナトリウム、ヘパリンがある。この2つの作用機序を書きなさい。

生 物 (その2)

3 次の文章を読んで問1～問5に答えなさい。

脊椎動物骨格筋の筋繊維(筋細胞)は、内部に多数の細長い(ア)が束になっており、(イ)からなる細いフィラメントと(ウ)からなる太いフィラメントを含む。これらのフィラメントは収縮を調節するタンパク質とともに、繰り返し構造の単位である(エ)を構成している。(オ)の加水分解によるエネルギーにより活性化した(ウ)の頭部は、細いフィラメントと結合し、(カ)を形成する。その後、新たな(オ)を得て、(ウ)頭部は(イ)から離れる。このサイクルが繰り返され太いフィラメントと細いフィラメントが互いに滑り、(エ)を短縮して筋繊維が収縮する。

問1 (ア)～(カ)に適切な語句を記入しなさい。

問2 下線のタンパク質を2つあげなさい。

問3 骨格筋が収縮するとき、カルシウムイオンについて正しいのはどれか。

- a. 粗面小胞体から分泌される。
- b. T管を介して活動電位を広げる。
- c. 活動電位の後の膜の分極を再構築する。
- d. 運動ニューロンから、筋繊維に興奮を伝達する。
- e. 調節タンパク質に結合し、その形を変え細いフィラメントと太いフィラメントの結合を阻害する。

問4 死んだ直後の動物の筋肉はなぜ硬くなるのか。30字以内で答えなさい。

問5 骨格筋は一般的に疲労がはやいが、2枚貝の筋肉にはパラミオシンというタンパク質を持っていて、1ヵ月も収縮を続けることができる。どのような機序が推察されるか。40字以内で答えなさい。

4 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

腎臓には外側の(ア)と内側の(イ)が存在し、両部位ともに(ウ)によって血液が供給され、(エ)によって血液が出ていく。(ア)と(イ)の間をつきぬけて存在する構造が、腎臓の機能的単位である(オ)である。ヒトの腎臓には片側でおよそ(カ)個の(オ)が存在する。(オ)は、単一の長い細管と(キ)と呼ばれる毛細血管の球体からなる。細管の盲端は(ク)と呼ばれ、(キ)を包んでいる。濾液の処理は、濾液が3つの主なネフロン部位を通過する時に起こる。すなわち、(ケ)、(コ)、(サ)である。(シ)は多数の(オ)から処理された濾液を受け取り、(ス)に運ぶ。

問1 (ア)～(ス)に適切な語句を入れなさい。

問2 多くの薬剤が(シ)の上皮の水に対する濾過率を低下させる。このような薬剤の摂取は腎臓からの排出にどのような影響を与えるか。40字以内で答えなさい。

問3 (キ)への輸入細動脈の血圧が下がった場合、(ク)内での血液濾過にどのような影響をおよぼすか。40字以内で答えなさい。

問4 ヒトの動脈血の血しょう、原尿、および尿の主な組成を比較した表である。1分間の尿の生産量は1.00 mLとする。以下の問に答えなさい。(イヌリンは再吸収されない物質である。)

成分	血しょう(mg/mL)	原尿(mg/mL)	尿(mg/mL)
グルコース	1.0	1.0	0.0
Na イオン	3.0	3.0	3.5
K イオン	0.2	0.2	1.5
尿素	0.3	0.3	20.0
イヌリン	0.1	0.1	12.0
クレアチニン	0.01	0.01	0.75

- ① 1分間の原尿生産量は何 mL か。
- ② 1分間に再吸収されたグルコースは何 mg か。
- ③ 原尿中から再吸収された Na イオンの量は1分間あたり何 mg か。
- ④ ある物質の血しょう中濃度を $P(\text{mg/mL})$ 、尿中濃度を $U(\text{mg/mL})$ 、単位時間あたりの尿量を $V(\text{mL/分})$ とすると、クリアランスは $C = (U \times V) / P$ で表される。クレアチニンのクリアランスを求めよ。
- ⑤ 脳下垂体から分泌されるホルモンで、腎臓での水分の再吸収を促進するものはなにか。

物 理 (その1)

1 以下の文章で空欄 のうち、(a)(e)(f)には当てはまる物理量の数値を、(b)には当てはまる語句を、また(c)(d)(g)には当てはまる文字式を考え、解答欄に記しなさい。なお数値計算の際にはアボガドロ定数と電気素量の値をそれぞれ $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、 $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ として使いなさい。単位に気をつけなさい。

原子の質量はきわめて小さい。そのため $^{12}_6\text{C}$ 原子 1 個の質量の $\frac{1}{12}$ を(統一)原子質量単位(単位は u)として原子の質量の単位に用いる。すなわち 1 u の質量を kg で表すと

$$1 \text{ u} = \text{ (a) }$$

である。

陽子の数が同じでも中性子の数が異なる原子がある。それらを (b) という。図に示したのは (b) や微量な種々の物質を仕分け同定する装置の概略である。装置は図の左からイオン源、電場によるイオンの加速装置、電場と磁場がかかった第1の部屋、そして磁場がかかった第2の部屋から成る。装置上に座標軸 (x, y, z) を図のように取る。z 軸の正の向きは紙面に垂直上向きである。

加速装置は電位差 V_0 の、y 軸に平行な二枚の電極板から成る。加速装置から出たイオンはスリット S_1 から第1の部屋に入る。第1の部屋には y 軸の正方向に一樣な大きさ E_1 の電場と、z 軸の正方向に磁束密度の大きさ B_1 の一樣な磁場がかかっている。第2の部屋の直前にはスリット S_2 がついている。二つのスリットを結ぶ線分 S_1S_2 は x 軸に平行である。第2の部屋には z 軸の正方向に磁束密度の大きさ B_2 の一樣な磁場がかかっている。なお図の破線はそれぞれの部屋の領域を示している。

いま電気量が同じ $q (> 0)$ で、質量の異なるイオンがイオン源からほぼ初速度 0 で加速装置に入り、平行電極板にかかった電位差 V_0 によって加速される。その結果それぞれ x 軸に平行な速度を持って第1の部屋にスリット S_1 から入る。そのうちこの第1の部屋で進路を曲げずに直進して第2のスリット S_2 を通って第2の部屋に入るイオン A はその質量が m であった。そのイオン A の速さは E_1, B_1, m, q の中から適当なものを選んで書き表すと

(c)

である。

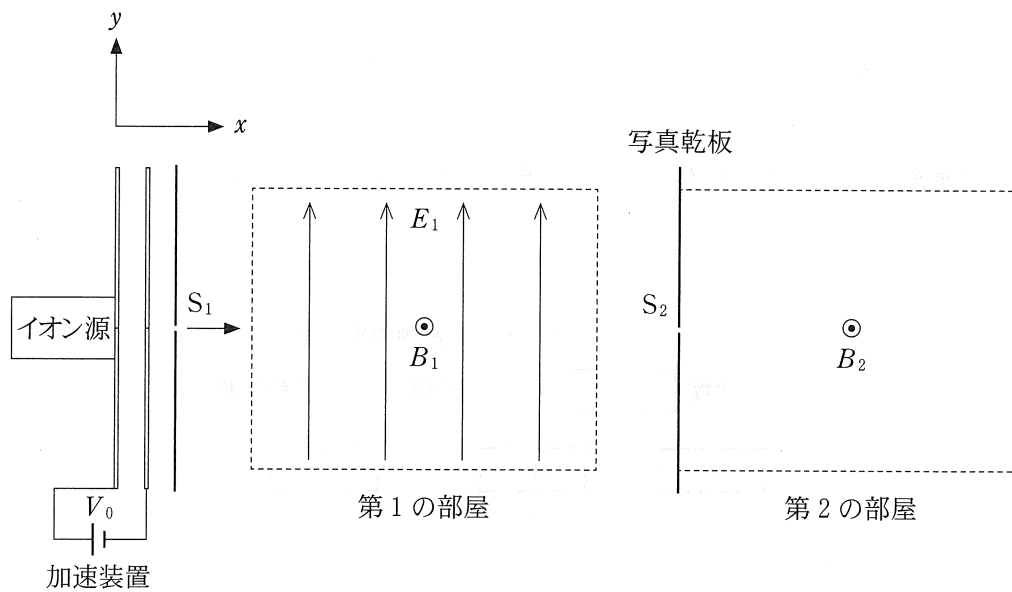
第2の部屋でイオン A は等速円運動に入り、半周したところで写真乾板に衝突してそこに蓄積する。スリット S_2 から衝突した場所 P までの距離 S_2P は V_0 を使わずに表すと (d) となる。そこで望みのイオン A を手に入れることができる。

いま注目したイオン A が酸素 ^{18}O からなる多原子イオン O_2^+ であったとする。加速装置の V_0 は $4.67 \times 10^4 \text{V}$ であった。この O_2^+ がスリット S_1 を通るときの速さは

(e)

である。

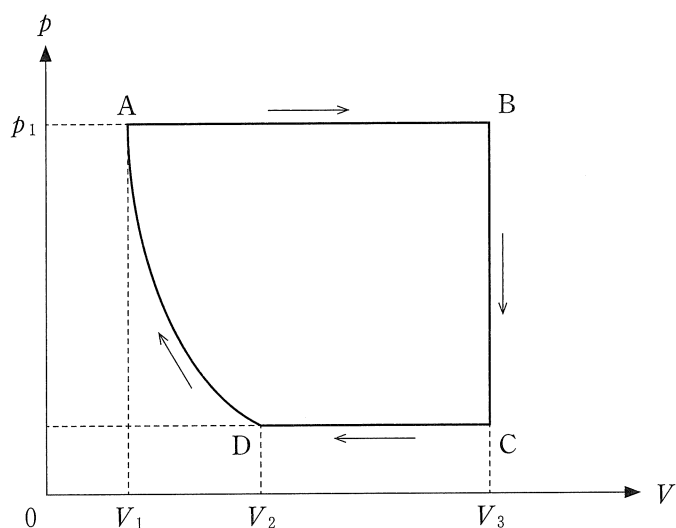
B_2 の大きさが 0.180T であるとき距離 S_2P は数値計算すると、(f) となる。なお磁束密度の単位 T は、長さ、時間、質量および電気量のそれぞれの単位 m, s, kg および C の中から適当なものを使って表すと (g) である。



2 密封された1モルの単原子分子理想気体を図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と状態変化させた。状態Aの圧力、体積、温度(絶対温度)はそれぞれ p_1, V_1, T_1 である。Aから圧力を一定に保って膨張させ、体積が V_3 になった状態がBである。状態Bから体積を変えずに圧力を下げた状態がCである。状態Cから圧力を一定に保って圧縮し体積が $V_2 (> V_1)$ になった状態がDであり、さらに断熱変化させて最初の状態Aに戻した。断熱変化においては圧力 p と体積 V の間に $pV^\gamma = \text{一定}$ という関係がある。ここに γ は比熱比である。このとき以下の問いに答えなさい。気体定数を R とする。また $a \equiv \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma$ で定義される物理量 a を使いなさい。

- (1) 状態CおよびDの圧力はいくらか。 a, p_1 を用いて表しなさい。
- (2) 状態Cの温度はいくらか。 a, p_1, V_3, R を用いて表しなさい。
- (3) 状態変化 $D \rightarrow A$ で気体が行った仕事の大きさはいくらか。 a, p_1, V_1, V_2 を用いて表しなさい。
- (4) このサイクル $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ を熱機関とみなしたとき、その熱効率 e が以下のように求められた。空欄 に入る自然数(a)~(c)を解答欄に記しなさい。

$$e = 1 - \frac{\left(\text{ (a) } a + \text{ (b) } \right) V_3 - \text{ (c) } a V_2}{5 (V_3 - V_1)}$$



物 理 (その2)

3 図1のように、水平な板の上に2枚の両面平行ガラス板を合わせておき、その右端に厚さ D の金属箔をはさんでくさび形の空気層をつくった。金属箔はくさび形の頂点 O から L だけ離れている。ただし $L \gg D$ である。これに真上から波長 λ の平行光線を当て、真上から眺めると等間隔で平行な明暗の縞模様が見えた。空気の屈折率は1とする。このとき以下の問いに答えなさい。単位に気をつけなさい。

- (1) 頂点 O からある距離の地点で暗線が見えた。その位置の空気の厚さ d を $m = 0, 1, 2, \dots$ を満たす整数 m を使って表しなさい。
- (2) L を 10 cm 、 D を $2.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$ とし、波長 $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光を真上からあてた。暗線間隔を求めなさい。
- (3) 光の方向と反対の下側から縞を観察する。上から見る場合と比べてどう変わるかを説明しなさい。
- (4) 設問(2)において、ある液体をくさび形の空間に入れて上と同じ波長の光を当てると、 1.0 cm あたり図2のような暗線と明線が見えた。この液体の屈折率を求めなさい。

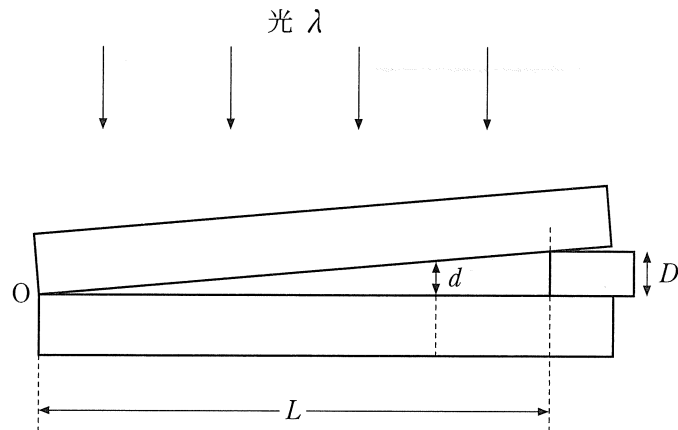


図 1

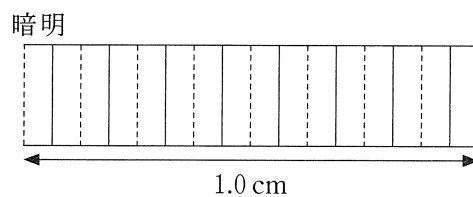
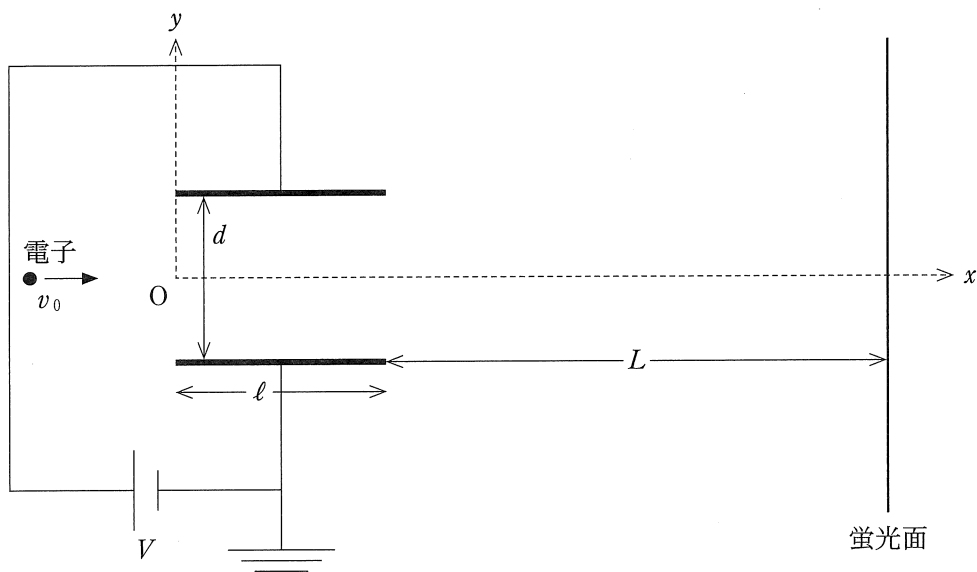


図 2

4 図のように、真空中に長さ ℓ 、間隔 d の平行板電極を置く。極板間には電位差 V を与える。電極板と平行に電極板間の中心を通る線上に x 軸、垂直に y 軸をそれぞれとる。電極の左端を座標 (x, y) の原点 O とする。電極の右端から L だけ離れた地点に x 軸に垂直に蛍光面を置いた。質量 m 、電荷 $-e (< 0)$ 、初速 0 の電子を電圧 V_0 で加速させ、電極間の中央に電極板に平行に打ち込ませた。重力の影響は無視できるものとする。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 電極間に入射するときの電子の速さ v_0 を求めなさい。
- (2) 電極間の電場の大きさを求めなさい。
- (3) 電極の右端における電子の y 座標 y_1 を求めなさい。入射速度の大きさは v_0 を用いなさい。
- (4) 蛍光面上に達した時の y 座標 y_2 を求めなさい。入射速度の大きさは v_0 を用いなさい。



5 図は、抵抗値 R の抵抗と、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサーを接続したものを交流電源につないだ回路を示している。電源から角周波数 ω の交流電圧を供給したところ、ab 間を、時刻 t で角周波数 ω 、最大値 I_0 の交流電流 $I_0 \sin \omega t$ が流れた。抵抗以外の素子の電気抵抗は無視できるものとする。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 電流の実効値を求めなさい。
- (2) 時刻 t における bc 間の電圧を求めなさい。
- (3) 時刻 t における cd 間の電圧を求めなさい。
- (4) 時刻 t における ad 間の電圧 v_{ad} を三角関数の合成を行って求めたところ下の式(A), (B)のようになった。ただしこの電圧は電流に比べ θ だけ位相が変化した。このとき空欄 の (a)(b)に当てはまる数式を解答欄に書き入れなさい。

$$v_{ad} = I_0 \times \text{ (a) } \times \sin(\omega t + \theta) \quad (\text{A})$$

$$\text{ただし } \tan \theta = \text{ (b) } \left(-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \right) \quad (\text{B})$$

- (5) bd 間の電圧が常に 0 になるのは角周波数 ω がいくらの値をもつときか。
- (6) 回路の消費電力(時間的平均値)を求めなさい。

