



2026年度

慶應義塾大学入学試験問題

理 工 学 部

理 科

- 注 意
1. 氏名と受験番号は、解答用紙（2枚）の所定の欄にそれぞれ記入しなさい。
 2. 解答は、理科（物理）解答用紙（白色）および理科（化学）解答用紙（アイボリー色）の所定の欄に記入しなさい。
 3. 解答用紙の余白および裏面には、何も書いてはいけません。
 4. 問題冊子は12ページからなります。
物理の問題は2ページから4ページにあります。
化学の問題は9ページから11ページにあります。
5～8ページおよび12ページは余白です。
 5. 問題冊子の余白は、計算および下書きに使用してもかまいません。
 6. 問題冊子は必ず持ち帰ってください。

物 理

1. 以下の文章中の (ア) ～ (ケ) に適切な式を記入しなさい。

図1および図2のように、傾斜角 30° の斜面台（質量 $2m$ ）が、なめらかで水平な床の上に置かれている。斜面台の上端には、ばね定数 k の軽いばねが取り付けられている。ばねの他端には質量 m の物体が取り付けられている。鉛直下向きの重力加速度の大きさを g とする。斜面台と物体は、紙面に垂直な方向には運動せず、また回転はしないものとする。斜面台の底面が床面から離れることはなく、物体が斜面台から離れることもない。空気抵抗の影響は無視できるものとする。

(1) 図1のように、斜面台が床に固定されている場合を考える。物体と斜面台との間の静止摩擦係数を $\sqrt{3}$ 、動摩擦係数を $\frac{2}{\sqrt{3}}$ とする。ばねの伸びは自然の長さから測る。物体を斜面下方に動かし静かに手を離したとき、物体が静止したままであるようなばねの伸びの最大値は (ア) である。伸び L を (ア) より大きくして静かに手を離すと、物体は斜面上方に動いた。この上方への運動は単振動の半周期とも見なせる。この間、ばねの伸びが (イ) のときに、物体の速さは最大値 (ウ) に達した。手を離してから、速さが (ウ) に達するまでの時間は (エ) であった。このあと、物体は減速し、速さが0になった。引き続いて物体が動くための条件は、 L が (オ) より大きいことである。

(2) 次に、図2のように、斜面台が床に固定されていない場合を考える。ここでは、斜面台と物体との間の摩擦は無視できるとする。物体を斜面下方に動かしてばねを伸ばした状態で、物体と斜面台を手で静止させる。そのあと、静かに手を離すと、物体と斜面台は振動を始めた。斜面台の速度と加速度は、図中に示すように紙面に向かって右向きを正とする。床から見た斜面台の加速度が A であるとき、物体が斜面台から受ける垂直抗力の大きさは (カ) となる。斜面台から見た物体の速度の、斜面に沿って下向きの成分が v であるとき、床から見た斜面台の速度は (キ) となる。床から見ると、このときの物体と斜面台の運動エネルギーの合計は (ク) となる。斜面台が動いていても、ばね定数 k のばねの弾性エネルギーの変化が振動を引き起こすことに注意すると、この振動の周期は (ケ) となる。

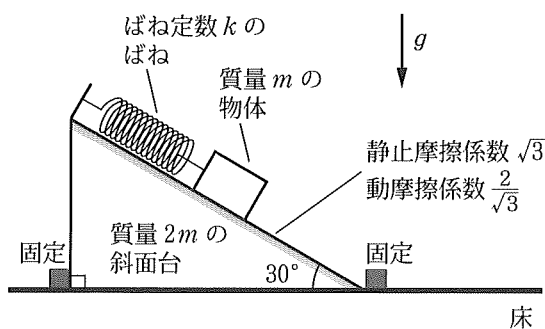


図1

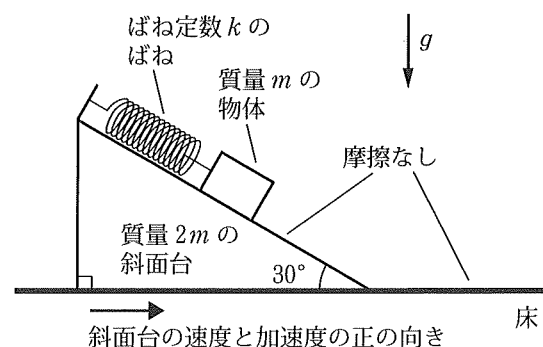


図2

2. 以下の文章中の (ア) ～ (ケ) に適切な式を記入しなさい。

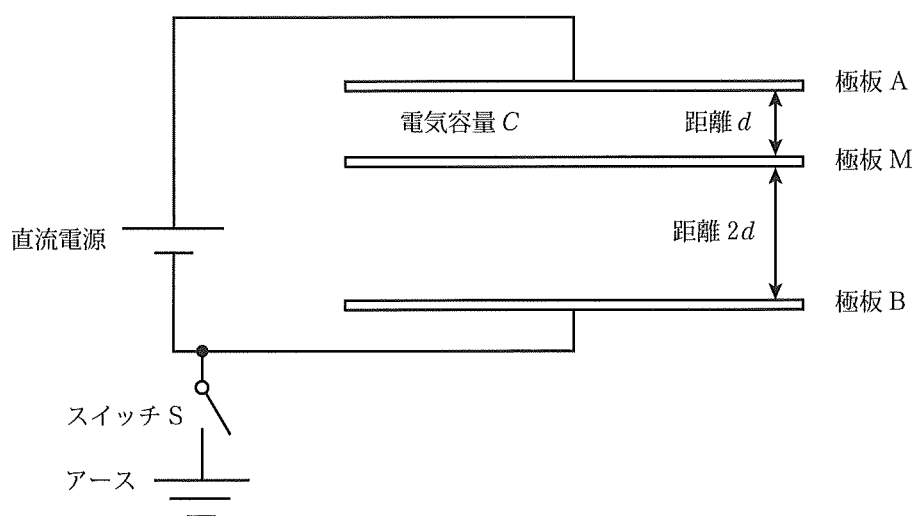
図のように、真空中に互いに平行な3枚の薄い極板 A, M, B から構成されるコンデンサーがある。平行板コンデンサー AM および BM の極板間距離をそれぞれ d および $2d$ とする。平行板コンデンサー AM の電気容量を C とする。図のように、A と B は直流電源とつながり、スイッチ S を閉じると接地される。電源は電圧が可変な電池であり、内部抵抗はないものとする。また、極板の面積は十分に大きく、導線の電気抵抗は無視できる。以下では、A と B の、M に向いていない側の表面の電気量は互いに等しいと考えてよい。

(1) 平行板コンデンサー BM の電気容量は (ア) となる。

(2) 極板 M の全電気量が 0 である場合を考える。スイッチ S を閉じ、電源の電圧を調節して B に対する A の電位を V とすると、M の下側（つまり B 側）の表面の電気量は (イ) となる。

(3) 極板 M の全電気量が Q である場合を考える。スイッチ S を閉じたまま、電源の電圧を 0 にすると、M の下側表面の電気量は (ウ) となる。このとき、M と B の間の空間に蓄えられた静電エネルギーは (エ) である。M が受けている静電気力の合計は上向きを正として (オ) である。ここでスイッチ S を開き、そのあと電源の電圧をゆっくり変えて、B に対する A の電位を V にした。このときの M の下側表面の電気量は (カ) となる。この電圧変化の間、電源がした仕事は (キ) である。

(4) (3) の最後の状態から引き続き、A と B に触れないようにして M を AB 間から静かに引き抜き、十分遠方までゆっくり遠ざけた。その結果、A は極板全体として電気量 (ク) を持つ。電源を通過した電気量を考えると、M を動かし始めてから遠ざけ終わるまでの間に電源がした仕事は (ケ) である。



3. 以下の文章中の (ア) ～ (キ) に適切な式を記入しなさい。

媒質を伝わる音波について考える。図1のように、静止した媒質があり、はじめは全て状態 a にある。時間がたつにつれて、媒質は全体として静止したまま、図2のように下端から状態が a から b に変化していく。2つの状態の間の境界は平面で、一定の速さ V で上方に移動する。以下では、媒質に対して静止している観測者から見た現象を考える。単一の振動数を持った平面波が状態 a の媒質を進み、境界面に入射する。波の一部が反射して状態 a の媒質に戻り、一部は状態 b の媒質に進んだ。境界面が動いているので、状態 b の媒質に進んだ波の波長だけでなく、反射波の波長も入射波の波長と等しいとは限らない。状態 a および b の媒質を伝わる波の速さを、それぞれ A および B とする。なお、反射波が状態 a の媒質に戻っていることから、 V は A より小さい。(ア) から (オ) までの解答は V を含むようにし、(カ) と (キ) の解答においては、 V を使わないようにしなさい。

図3は、ある時刻における境界面および、境界面上の点 Q を通る入射波、反射波、屈折波の射線を示す。点線で示す射線は波面に対して垂直であり、矢印は波の進む向きを表す。入射波、反射波、屈折波の射線が境界面の法線となす角をそれぞれ x , y , z とする。

入射波の進行方向が境界面に垂直であるとする ($x = 0$)。この場合、 $y = z = 0$ になる。単位時間あたりに境界面に入射する波の数と反射する波の数は等しい。ドップラー効果を考えると、反射波の振動数は、入射波の振動数の (ア) 倍になる。同様に考えると、状態 b の媒質に進んだ波の振動数は、入射波の振動数の (イ) 倍になり、波長は入射波の波長の (ウ) 倍になる。

今度は、入射波の進行方向が境界面に垂直でないとする ($x \neq 0$)。ドップラー効果を考えると、屈折波の振動数は入射波の振動数の (エ) 倍になり、屈折波の波長は入射波の波長の (オ) 倍になる。

図4は、図3と同じ状況を、その時刻の波面がわかるように示したものである。入射角、反射角、屈折角はそれぞれ x , y , z であり、境界面上の2点 Q および L を通る入射波の射線を点線 PQ および KL で示している。ここでは $x \neq 0$ の場合を考える。QE は入射波の波面を表し、EL の長さは入射波の波長に等しいとする。QR および QS は反射波および屈折波の射線を表し、FL および GL は反射波および屈折波の波面を表している。入射波、反射波、屈折波それぞれの波長の QL の長さに対する比を考えると、波の波長は反射によって (カ) 倍に変化し、屈折によって (キ) 倍に変化することがわかる。(オ) と (キ) を使うと、 A , B , V が与えられた場合の、入射角と屈折角の関係を求めることができる。

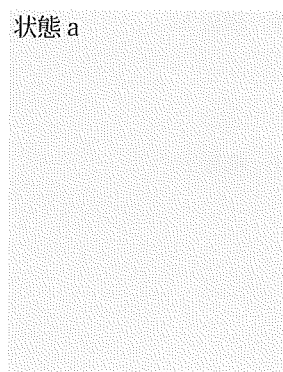


図1

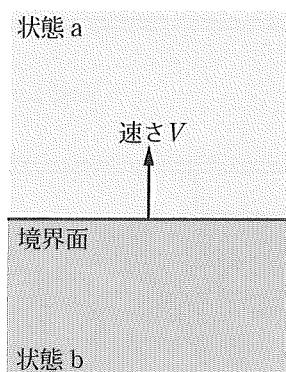


図2

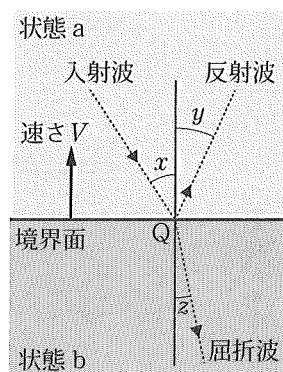


図3

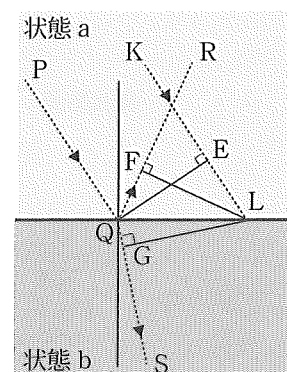


図4

このページは余白です。計算および下書きに使用してもかまいません。

このページは余白です。計算および下書きに使用してもかまいません。

このページは余白です。計算および下書きに使用してもかまいません。

このページは余白です。計算および下書きに使用してもかまいません。

化 学

(注意) 必要であれば次の原子量と数値を用いなさい。なお、気体はすべて理想気体とする。

H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, K = 39.0, Mn = 55.0, Cu = 63.5

ファラデー定数: 9.65×10^4 C/mol, 気体定数: 8.31×10^3 Pa・L/(K・mol)

標準状態 (0℃, 1.01×10^5 Pa) での気体のモル体積: 22.4 L/mol

1. 次の文章を読み、 (ア) (キ) には化学式、 (イ) (オ) (カ) には有効数字 3 桁の数値、 (ウ) (ク) には適切な語句を入れなさい。 (エ) には選択肢の中から選んで記号 a～d で答えなさい。

(1) 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液に二本の白金電極を入れ、1.50 A の一定の直流電流を流して電気分解を行うと、陰極では (ア) が還元されて気体 A が生じた。この電気分解を (イ) 秒間続けたとき、陰極で発生した気体 A の体積は標準状態で 0.112 L であった。一方、陽極では気体 B が生じ、その体積は気体 A の 1/2 であった。ただし、この電気分解において流れた電気量は、すべて上記の両電極での気体発生反応のみに用いられたとする。

気体 A と窒素からアンモニア NH_3 が合成できる。近年 NH_3 は、カーボンニュートラル社会の実現に向けたエネルギーキャリアとして注目されているが、従来より工業的な化学合成の原料として大量に使用されてきた。たとえば、 NH_3 を白金触媒を用いて空気中の気体 B で酸化すると、一酸化窒素が生成する。この過程を含む硝酸の工業的な製造プロセスは (ウ) 法とよばれている。また、 NH_3 と二酸化炭素 CO_2 とを高温高压下で反応させることで尿素が生産されている。

分子の反応性を考える際、分子内に存在する共有結合の極性が重要となる。一方、分子の極性に注目すると、 NH_3 分子は (あ) で、 CO_2 分子は (い) である。(あ) (い) に入る適切な語句の組み合わせは (エ) である。

《 (エ) の選択肢

a : (あ) 極性分子 (い) 極性分子 b : (あ) 無極性分子 (い) 無極性分子
c : (あ) 極性分子 (い) 無極性分子 d : (あ) 無極性分子 (い) 極性分子 》

(2) ある質量の硫酸銅 (II) 五水和物の青色結晶を徐々に加熱しながら質量を測定すると、温度上昇に伴い 102℃, 113℃, 150℃ の三段階で質量が減少して、最終的に白色粉末の無水硫酸銅 (II) が得られた。この三段階の質量変化量の比は 2 : 2 : 1 であり、一段階目において減少した質量は 1.80 g であった。ただし、この実験中における吸湿は無視できるものとする。

上記実験と同じ質量の硫酸銅 (II) 五水和物を 500 g の純水に溶かした硫酸銅 (II) 水溶液について考える。標準大気圧における水の凝固点が 0℃ で、水のモル凝固点降下が $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ のとき、この水溶液の標準大気圧における凝固点は (オ) °C となる。この水溶液を平衡状態を保ちながらゆっくりと冷却し、 -1.00°C になったところで十分に長い時間保つと、 (カ) g の水が凝固する。ただし、硫酸銅 (II) は水溶液中で完全に電離し、この濃度域で硫酸銅 (II) 水溶液は理想的な希薄溶液としてふるまう。また、水の蒸発、水の凝固熱および硫酸銅 (II) の溶解熱は無視し、過冷却や共晶は起こらないとする。

Cu^{2+} を含む水溶液に過剰量のアンモニア水を加えると、錯イオン (キ) が生成して深青色の溶液が得られる。濃アンモニア水に水酸化銅 (II) を溶解した水溶液にセルロースを溶かしたのち、希硫酸中で細孔から押し出すと再生繊維が得られる。この方法で得られる再生繊維は (ク) とよばれる。

2. 次の文章を読み、 $\boxed{\text{ア}}$ $\boxed{\text{イ}}$ $\boxed{\text{ウ}}$ $\boxed{\text{エ}}$ には適切な式、 $\boxed{\text{オ}}$ には化学反応式、 $\boxed{\text{カ}}$ $\boxed{\text{キ}}$ には有効数字 3 桁の数値、 $\boxed{\text{ク}}$ には選択肢の中から適切なものをすべて選び記号 e ～ h で答えなさい。なお、 $\boxed{\text{ア}}$ $\boxed{\text{イ}}$ $\boxed{\text{ウ}}$ $\boxed{\text{エ}}$ で分数や平方根を用いる場合、小数にせずに表記すること。

- (1) 物質を構成している原子、イオン、分子の配列に注目する。炭素原子 C が共有結合しているダイヤモンドの単位格子は、図 1 のように一辺の長さ a [cm] の立方体である。共有結合でつながっている炭素原子間の距離 D [cm] は、 a を用いて $D = \boxed{\text{ア}}$ と表される。

ある単体の金属の結晶格子は面心立方格子であり、単位格子は一辺の長さ b [cm] の立方体である。この金属原子を球形であるとし、単位格子中の金属原子の数を n 、金属原子 1 個の体積を V [cm³] とすると、充填率（百分率） f_v は、 b 、 n 、 V を用いて $f_v = \boxed{\text{イ}}$ % と表される。

セシウムイオン Cs^+ と臭化物イオン Br^- のイオン結合でできている臭化セシウム CsBr 結晶は塩化セシウム型構造をとり、単位格子内で図 2 のようなイオンの配置をとる。●で示した Cs^+ と○で示した Br^- はともに球形で、それぞれの球の中心は単位格子の中心と頂点の位置に存在し、隣り合う Cs^+ と Br^- は互いに接していると仮定する。隣り合う Cs^+ と Br^- の中心間距離を L [cm]、 CsBr の式量を F_w 、アボガドロ定数を N_A [/mol] とすると、この CsBr 結晶の密度 d [g/cm³] は L 、 F_w 、 N_A を用いて $d = \boxed{\text{ウ}}$ と表される。

ステアリン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ 分子が、1 層分の厚さですき間なく規則的に配列した単分子膜を水面上に作製した。この単分子膜の面積を測定すると S [cm²] であった。このステアリン酸単分子膜の質量を W [g]、ステアリン酸のモル質量を M [g/mol]、アボガドロ定数を N_A [/mol] とすると、単分子膜中のステアリン酸 1 分子が水面上で占める面積 A [cm²] は、 S 、 W 、 M 、 N_A を用いて $A = \boxed{\text{エ}}$ と表される。

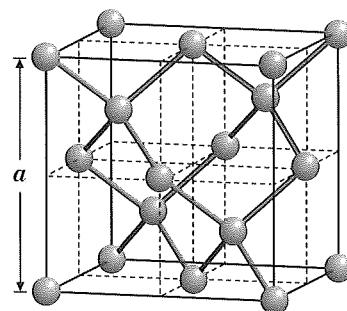


図 1. ダイヤモンドの単位格子

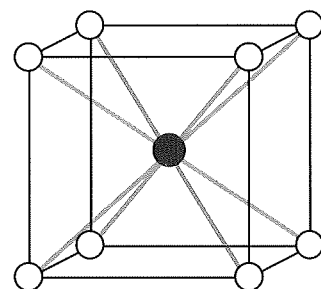
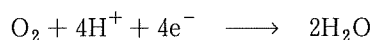


図 2. 単位格子内の Cs^+ と Br^- の配置

- (2) 河川や湖沼の水質を表す指標の一つである化学的酸素要求量 (COD) は、水中に存在する有機化合物を完全に酸化するために必要な酸化剤の量を、酸素 O_2 の量 [mg/L] に換算した値である。ある河川から採取した試料水の COD を求めるために以下の実験をおこなった。この試料水 100 mL を正確にはかり取ってコニカルビーカーに移し、濃硫酸 H_2SO_4 を加えて酸性にした。メスフラスコを用いて、 4.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液と 1.00×10^{-2} mol/L のシュウ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液を調製した。次に、試料水の入ったコニカルビーカーに、ホールピペットで 4.00×10^{-3} mol/L の KMnO_4 水溶液 10.0 mL を加え、加熱することで十分に反応させて有機化合物を完全に酸化した。続いて、ホールピペットで 1.00×10^{-2} mol/L の $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液 10.0 mL を加えたのち、ビュレットを用いて 4.00×10^{-3} mol/L の KMnO_4 水溶液によって滴定すると、1.70 mL で終点に達した。試料水の代わりに蒸留水を用いてブランク試験をおこなったところ、0.20 mL で終点に達した。 KMnO_4 と $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ の酸化還元反応を、イオン式を含まない化学反応式で表すと $\boxed{\text{オ}}$ である。試料水を用いた滴定およびブランク試験の結果より、試料水に含まれる有機化合物を酸化するために使われた KMnO_4 の物質量は $\boxed{\text{カ}}$ mol となる。 O_2 は酸化剤として次のように反応するので、COD は $\boxed{\text{キ}}$ mg/L となる。

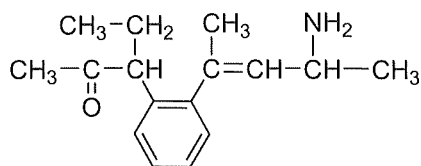


上記の実験に用いた器具の中で、内部が蒸留水でぬれている状態でそのまま使用すると正確な実験結果が得られなくなるのは $\boxed{\text{ク}}$ である。

《 $\boxed{\text{ク}}$ の選択肢 e : メスフラスコ f : ホールピペット g : コニカルビーカー h : ビュレット》

3. 次の文章を読み、(ア)(ク)には化合物名、(イ)(ウ)(オ)(カ)(ケ)には構造式、(エ)には整数、(キ)には有効数字3桁の数値を入れなさい。なお、構造式は化合物Aにならって書きなさい。

化合物Aの構造式：



- (1)(i) 化合物Aと無水酢酸を反応させたのち、生成した化合物Bと過マンガン酸カリウムを反応させると、分子量131の化合物Cと分子量204の化合物Dが生成した。化合物Cに塩酸を加えて加熱すると、アミノ酸の一種である(ア)が生成した。化合物Dにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、ヨードホルムの黄色沈殿が生成した。沈殿を除いたのち、水溶液を酸性にしてエーテルで抽出した。エーテル層から得られた化合物に脱水反応を行うと、分子内で酸無水物となった化合物Eが得られた。化合物Eの構造式は(イ)である。
- (ii) 化合物Fは化合物Aの構造異性体である。化合物Fは、六員環を1つもち、不斉炭素をもたない第三級アルコールであり、分子内に対称面をもつ。1 molの化合物Fをオゾン分解すると、化合物Gとともに、アセトンが2 mol生成した。また、化合物Gにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させるとヨードホルムが生成したが、化合物Gはフェーリング液を還元しなかった。化合物Fの構造式は(ウ)である。
- (iii) 化合物Hは化合物Aの構造異性体であり、アミド結合をもつ。酸を加えて加水分解すると不飽和脂肪酸である化合物Jと芳香族アミンである分子量121の化合物Kが生成した。化合物Jをヨウ素と反応させると、1 molの化合物Jに対して反応したヨウ素(I₂)は(エ) molであった。化合物Kに塩酸と亜硝酸ナトリウムを冷やしながらかえたのち、得られた水溶液を温めると、窒素N₂を発生して化合物Lが生成した。化合物Lを、コバルト触媒を用いて空气中で酸化すると、2価カルボン酸が得られた。一方、化合物Lに臭素を反応させると、ベンゼン環の水素原子3つがそれぞれ臭素原子に置換した化合物Mが得られた。よって、化合物Lの構造式は(オ)である。
- (2) 尿素(NH₂)₂COを加熱すると、尿素3分子から3分子の水がとれる脱水縮合によって、分子量126のメラミンが生成する。メラミンの構造式は(カ)である。メラミンとホルムアルデヒドから塩基性触媒を用いて付加縮合をくり返すと、網目状構造のメラミン樹脂が得られる。メラミン25.2 gをホルムアルデヒドと反応させてメラミン樹脂を合成したところ、得られた樹脂の質量は30.6 gであった。このとき、メラミン1 molあたり反応したホルムアルデヒドは(キ) molである。なお、未反応のメラミンは無いものとし、樹脂末端の構造は考慮しないものとする。
- 尿素やメラミンのように窒素を多く含む化合物として核酸がある。核酸を構成する塩基のうち、(ク)はDNAのみに含まれる塩基であり、RNAには含まれない。核酸の塩基が塩基性を示す一方、核酸は酸性を示す。核酸の構成成分の酸を、核酸から完全に加水分解した遊離の酸として表すと、その構造式は(ケ)である。

このページは余白です。計算および下書きに使用してもかまいません。