

物理 (全3の1)

- 1 質量50 kgの物体をさまざまな方法で高さ1.0 mだけ持ち上げる。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。空気抵抗は無視できるものとする。数値には単位をつけて答えよ。

- I. 物体に鉛直方向の力を加えてゆっくりと持ち上げる。
 (1) 加えた力の大きさはいくらか。
 (2) 高さ1.0 mまで持ち上げる間に加えた力が物体にする仕事はいくらか。
 (3) 高さ1.0 mまで持ち上げたことで物体の力学的エネルギー—はどれだけ増加したか。

- II. 物体に鉛直方向の力を加えて一定の速さで20秒間かけて持ち上げる。
 (4) 加えた力の仕事率はいくらか。

- III. 水平面と角度 30° をなす、なめらかな斜面にそってゆっくりと持ち上げる。物体には斜面と平行な力を加える。

- (5) 加えた力の大きさはいくらか。
 (6) 高さ1.0 mまで持ち上げる間に加えた力が物体にする仕事はいくらか。

- IV. 水平面と角度 30° をなす、あらい斜面にそって持ち上げる。物体ははじめ止まっており、斜面と平行な方向に大きさ300 Nの力を加えて高さ1.0 mまで持ち上げたとき、物体の速さは 1.0 m/s になった。

- (7) 高さ1.0 mまで持ち上げる間に動摩擦力が物体にした仕事はいくらか。

- (8) 物体にはたらく動摩擦力の大きさはいくらか。

物理 (全3の2)

- 2 水平に張った軽いひもがある。ひもの一端をx軸の原点とし、ひもに沿った方向にx軸をとる。水平面上でx軸に垂直な方向にy軸をとる。x = 0の位置でひもの一端をy軸方向に振動させ、正弦波を発生させる。

- I. 次の文で、()内には適する語句、[]内には適する数値を入れて、正しい文章を完成させよ。
 ひものように振動を伝える物質を(1)という。ひもはy軸方向に振動し、波はx軸方向に進む。このように(1)の振動方向と進む向きが垂直になる波を(2)という。

- 図1はある瞬間の波形、図2は位置x = 0でのひもの振動の様子を表している。これらのグラフから、この波の振幅は[3]、波長は[4]、周期は[5]、振動数は[6]、速さは[7]であることがわかる。

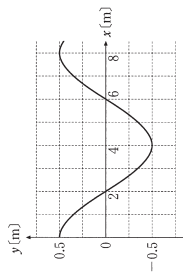


図1

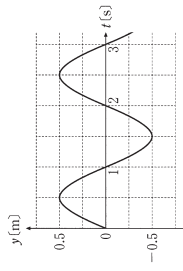


図2

- II. x = 0の位置でひもの一端を短く振動させてハルス波を発生させると、ある瞬間に図3のような波が観察された。この波はx軸の正の向きに速さ 2.0 m/s で進む正弦波の一部である。この波がx = 12 mの位置で反射し、x軸の負の向きに進む反射波が生じることを考えよう。

- (8) x = 12 mの位置が自由端のとき、図3の1.0秒後に観察される合成波の波形をかけ。
 (9) x = 12 mの位置が固定端のとき、図3の3.0秒後に観察される合成波の波形をかけ。

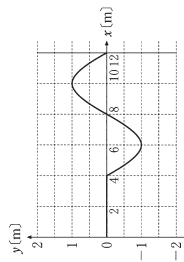


図3

物理 (全3の3)

3 以下の問いに答えよ。

- I. 極板間が真空で電気容量が C の平行板コンデンサーの極板に Q の電荷を与えた。
- (1) このコンデンサーの極板間の電圧はいくらか。
 - (2) 極板間には一様な電場が発生する。極板間の距離が d のとき、電場の大きさはいくらか。
 - (3) このコンデンサーが帯びている静電エネルギーはいくらか。
 - (4) 極板上の電荷が逃げないようにして極板の間隔を 7 倍にすると、静電エネルギーは何倍になるか。
- II. 極板間が真空の平行板コンデンサーに電荷を与えた。この極板間に金属板を入れることを考えよう。ただし、極板と金属板が接することはない、極板上の電荷は変化しないものとする。
- (5) コンデンサーの極板間に金属板を入れると、静電気力によって金属板の中で自由電子が移動する。この現象をなんというか。
 - (6) コンデンサーの極板の間隔が $5d$ 、金属板の厚さが d 、極板と金属板の面積が等しいとする。極板と平行に金属板を入れると、コンデンサーの電気容量は金属板を入れる前に比べて何倍になるか。
- III. 極板間が真空の平行板コンデンサーに電荷を与えた。この極板間に比誘電率 ϵ の誘電体を入れることを考えよう。
- (7) コンデンサーの極板間に誘電体を入れると、静電気力によって誘電体の中で電子の位置がずれ、誘電体の表面に電荷が現れる。この現象をなんというか。
 - (8) コンデンサーの極板間を誘電体で満たすと、コンデンサーの電気容量は誘電体を入れる前に比べて何倍になるか。
 - (9) コンデンサーの極板の面積を $2S$ 、極板の間隔を d とする。極板間の半分を面積 S 、厚さ d の誘電体で満たした。コンデンサーの電気容量を求めよ。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

化学 (全2の1)

全問とおして、必要であれば次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32

1 以下の問いに、記号で答えよ。

- (1) 常温常圧で気体として存在する物質はどれか。
 - (ア) エタノール (イ) 酢酸 (ウ) 水 (エ) メタン (オ) ヨウ素
- (2) 水素結合を形成する可能性が最も高い分子はどれか。
 - (ア) HCl (イ) CH₄ (ウ) C₃H₆ (エ) CO₂ (オ) NH₃
- (3) 10 mmol/L 塩酸の pH に最も近い値はどれか。
 - (ア) 1 (イ) 2 (ウ) 3 (エ) 4 (オ) 5
- (4) 密度が 1.20 g/cm³、質量パーセント濃度が 24.5 % の硫酸のモル濃度 (mol/L) に最も近い値はどれか。
 - (ア) 1 (イ) 2 (ウ) 3 (エ) 4 (オ) 5
- (5) 酢酸 CH₃COOH に関して誤っている記述はどれか。
 - (ア) 水に溶けて電離する (イ) 弱酸である (ウ) NaOH と中和反応する
 - (エ) 水素結合を形成する (オ) 不斉炭素をもつ

2 アンモニアの生成反応(式1)に関して、以下の問いに答えよ。ただし、すべての気体は室温・同圧下で理想気体とみなす。



- (1) この反応に関して、平衡時の各成分の濃度 [NH₃]、[N₂]、[H₂] を用いて、平衡定数 K を表す式を書け。
- (2) 初期濃度が [N₂] = 1.0 mol/L、[H₂] = 3.0 mol/L、[NH₃] = 0 mol/L の時、平衡時に [NH₃] = 0.60 mol/L であった。平衡時の [N₂] および [H₂] の濃度を答えよ。
- (3) この反応は発熱反応である。温度を上げると平衡定数 K はどのように変化するか。
- (4) この反応において圧力を高めたとき、平衡は生成物側と反応物側のどちらに移動するか。○で囲め。また、その理由を説明せよ。
- (5) 化学平衡の状態とはどのような状態が説明せよ。

3 マグネシウムは、軽くて強度の高い金属であり、航空機や自動車の部品に利用されている。マグネシウムは空気中で加熱すると白色の光を出して燃焼し、(ア) を生成する。このとき、マグネシウムは(イ) され、酸素は(ウ) されている。また、マグネシウムは水とゆっくり反応し、水酸化マグネシウムと(エ) を生成する。一方、硫黄は黄色の非金属で、酸素中で燃焼させると無酸素のある気体(オ) が発生する。この物質は水に溶かすと弱い酸性を示すため、大気中の水分と反応して酸性雨の原因にもなる。以下の問いに答えよ。

- (1) 文中の(ア)～(オ)に入る適切な語句を答えよ。
- (2) マグネシウムが塩酸と反応するときの化学反応式を記せ。
- (3) 硫黄が燃焼してできる物質が酸性を示す化学的理由を、水との反応式とともに説明せよ。

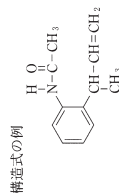
化 学 (全2の2)

- 4 酢酸(CH_3COOH)0.12 molと酢酸ナトリウム(CH_3COONa)0.080 molを水に溶かして緩衝液Aを1.0 L調製した。緩衝液Aに、1.0 mol/LのNaOH水溶液を20.0 mL加えたときのpHの変化について考察する。以下の問いに答えよ。ただし溶液を加えた際の体積変化は無視できるものとし、実験中の緩衝液Aの温度は一定(25℃)とする。酢酸の電離定数は $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ mol/L、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)²、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ 、 $\log_{10} 5 = 0.70$ とする。数値は有効数字2桁で求めよ。

- (1) NaOH水溶液を加える前の、緩衝液Aの水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ とpHを求めよ。
- (2) 緩衝液AにNaOH水溶液を加えた後の、酢酸の濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ と酢酸イオンの濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ を求めよ。
- (3) 緩衝液AにNaOH水溶液を加えた後の、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ とpHを求めよ。

- 5 分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ で表わされる化合物Aがある。化合物Aの酸性体として、化合物Bと化合物Cがある。化合物AおよびBは水に溶けやすく、化合物Cは水に溶けにくい。化合物Aを酸化すると、アルデヒドが得られる。化合物Dは(イ)に分類され、(イ)にはカルボニル基の炭素原子に直接結合した水素原子がないので、アルデヒドとは異なり還元性を示さず、化合物Dは(ウ)液と反応させても酸化銅(Ⅰ)の赤色沈殿を生じない。プロピレンとベンゼンを原料とする化合物Eの工業的合成法は(エ)法と呼ばれ、その際の副生成物として化合物Dが合成されている。また、化合物Aと酢酸を少量の硫酸存在下で反応させて得られる化合物Fは、(オ)と総称される化合物群の一種である。以下の問いに答えよ。

- (1) (ア)～(オ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 化合物Aの燃焼法による元素分析を行ったときの化学反応式を答えよ。
- (3) 化合物Aを0.12 g用いて元素分析を行ったとき、生成する二酸化炭素の質量を有効数字2桁で求めよ。
- (4) 化合物B、C、Fの構造式を例にならって記せ。



生 物 (全3の1)

- 1 [1] 図1の生物A、B、Cは大腸菌、酵母菌、ゾウリムシのいずれかの略図である。なお、図では大きさをそろえてあるが、それぞれの実際の大きさは異なる。

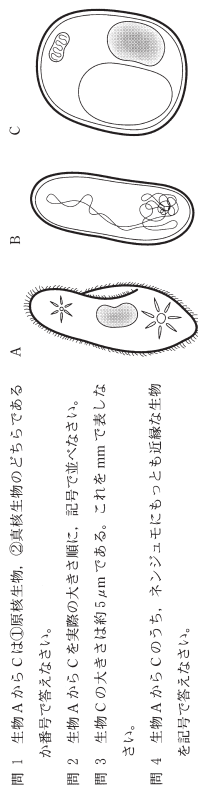


図1

- 問1 生物AからCは①原核生物、②真核生物のどちらであるか番号で答えなさい。
- 問2 生物AからCを実際の大きさに、記号で並べなさい。
- 問3 生物Cの大きさは約5 μmである。これをmmで表しなさい。
- 問4 生物AからCのうち、ネンジュモにもっとも近縁な生物を記号で答えなさい。
- 問5 次の文から正しいものを全て選び、番号で答えなさい。
- ① 生物Bと生物Cは細胞壁を持つ。
 - ② 生物Aと生物Cは液胞を持つ。
 - ③ 生物A、生物B、生物Cはすべてリボソームを持つ。
 - ④ 生物A、生物B、生物CはすべてATPを合成する。
 - ⑤ 生物B、生物Cはミトコンドリアを持たない。
 - ⑥ 生物BはDNAを持たない。

[II]

- 問6 図2は原核細胞と真核細胞(ヒト)の化学成分の割合を示したグラフである。以下の文中の(イ)から(ウ)に当てはまる適切な語句の正しい組み合わせを下の①～⑫より選び、AとBのどちらが真核細胞のグラフであるかを説明する文章を完成させなさい。

“原核細胞と真核細胞の違いは(ア：a 遺伝物質、b 膜で囲まれた細胞小器官の有無)である。(イ)は(イ：c タンパク質、d 核膜、e 脂質)を多く含む。したがって(イ)の割合が多い(ウ：f A、g B)が真核細胞のグラフである”

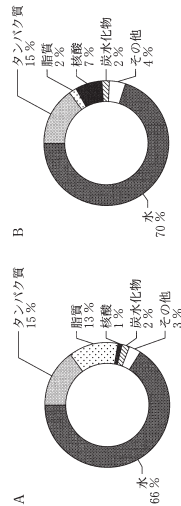


図2

- ① (イ)a、(イ)c、(イ)f ② (イ)a、(イ)c、(イ)g ③ (イ)a、(イ)d、(イ)f ④ (イ)a、(イ)d、(イ)g
- ⑤ (イ)a、(イ)e、(イ)f ⑥ (イ)a、(イ)e、(イ)g ⑦ (イ)b、(イ)c、(イ)f ⑧ (イ)b、(イ)c、(イ)g
- ⑨ (イ)b、(イ)d、(イ)f ⑩ (イ)b、(イ)d、(イ)g ⑪ (イ)b、(イ)e、(イ)f ⑫ (イ)b、(イ)e、(イ)g
- 問7 もし植物細胞に含まれる化学成分を同じように分析すると、ヒト細胞と比べた場合、植物細胞ではどの物質が相対的に最も多くなると考えられるか、番号で答えなさい。またその根拠となる植物細胞の構造を選び、番号で答えなさい。
- 物質：① 炭水化物 ② タンパク質 ③ 核膜 ④ 脂質
- 構造：① 葉緑体 ② 細胞壁 ③ 液胞 ④ リソソーム ⑤ 中心体

