

試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

平成 31 年度 一般入試 「後期日程」

個別学力検査 問題

理 科

(物理, 化学)

注 意 事 項

1. 物理の問題は問題 1 から問題 4 まで、化学の問題は問題 1 から問題 4 までの、計 19 ページです。
2. 物理の解答用紙は **5**，化学の解答用紙は **6** の、計 2 枚です。
3. 物理か化学のどちらかを選択して、解答しなさい。
4. 解答用紙の受験番号欄に受験番号を、氏名欄に氏名を記入しなさい。
5. 解答は全て解答用紙の指定された枠内に記入しなさい。
枠外や裏面に記入してはいけません。

物 理

問題 1

以下の問題文を読んで、 ~ の中に適切な式または数値を書きなさい。ただし、根号はそのままにすること。ここで、重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、小球の大きさや小球が受ける空気抵抗は無視できるものとする。

図1に示すように、床面から h [m] の高さの地点から質量 m [kg] の小球を速さ v_0 [m/s] で水平右向きに投げ出した場合を考える。投げ出した点を原点 O として、水平方向右向きに x 軸、鉛直方向下向きに y 軸をとる。投げ出してから t [s] 後における小球の速度の x 成分 v_x と y 成分 v_y は、 $v_x =$ [m/s]、 $v_y =$ [m/s] と表される。また、 t [s] 後の位置は、 $x =$ [m]、 $y =$ [m] と表される。

次に図1に示すように、小球は水平でなめらかな床面上の点 A に床面と 60° の角をなす方向から衝突した。このとき、点 A で衝突する直前の小球の速さ v_A [m/s] は v_0 、 g 、 h を用いて表すと、 [m/s] となる。また、小球を投げ出してから点 A に衝突するまでの時間は g 、 h を用いて表すと、 [s] となる。このとき、小球を投げ出した速さ v_0 は、 v_0 と v_A の関係より g 、 h を用いて表すと、 [m/s] となる。その後、小球は点 A において床面と 45° の角をなす方向にはねかえり、最高点 B に到達した後に落下した。小球が点 A ではねかえってから点 B に到達するまでの時間は g 、 h を用いて表すと、 [s] となり、点 B の床面からの高さ h' は、 [m] となる。このとき、小球と床面との間の反発係数(はねかえり係数)は、 となる。

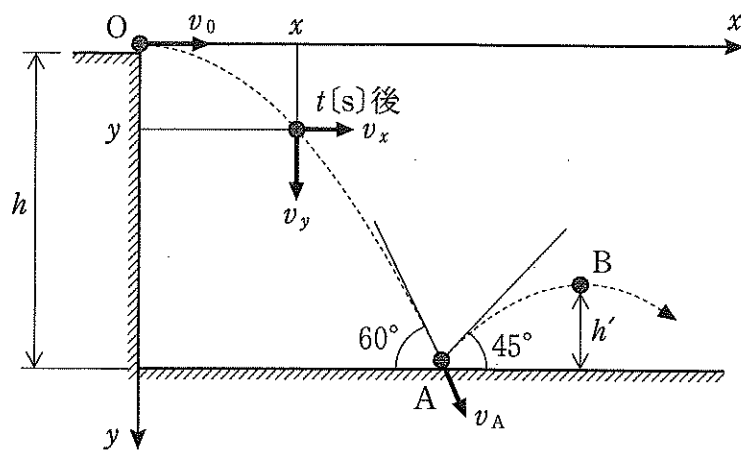


図 1

問題 2

以下の問題文を読んで、 ~ の中に適切な式または数値を書きなさい。 は解答欄のグラフに描きなさい。ただし、 では $\pi = 3.14$, $\sqrt{6} = 2.4$, $\sqrt{6.4} = 2.5$ を使って計算しなさい。 では1日の長さを24時間としなさい。

万有引力とはすべての2物体間にはたらく引力であり、その大きさ F [N] はそれぞれの物体の質量 m_1 [kg], m_2 [kg], 万有引力定数 G [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$] に比例し、2物体間の距離 r [m] の2乗に反比例することが知られている。これを式で表すと、 $F =$ [N] となる。2つの物体の質量がそれぞれ1.0 kg, 5.0 kg で、2物体間の距離が1.0 m, 万有引力定数 G が $6.7 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ とすると、2物体間にはたらく万有引力の大きさは N になる。2物体間の距離を10 m に変えたときに、2物体間にはたらく万有引力の大きさは N となる。2物体間の距離が1.0 m と10 m のときの万有引力の大きさを黒丸で示した上で、距離と万有引力の大きさとの関係を両対数グラフ*に描くと となる。

万有引力は惑星や衛星の運動にも影響を及ぼしている。ここでは月が地球の周りを等速円運動していると仮定して、月の公転周期を求めてみよう。月の質量を m [kg], 地球と月との距離を r [m], 月が公転する速さを v [m/s] とすると、月の向心力は [N] となる。この力が地球と月の間ではたらく万有引力と等しいため、地球の質量 M [kg], G , r を用いると、 $v =$ [m/s] となる。月の公転周期 T を π , r , v で表すと、 $T =$ [s] となる。ここで、地球と月の距離 r が地球の半径 R [m] の60倍に等しいとして、月の公転周期 T を重力加速度 g [m/s^2], π , R で表すと、 $T =$ [s] となる。

次に、 $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$, $g = 10 \text{ m}/\text{s}^2$ として T を有効数字に注意して求めると、 $T =$ s であり、 $T =$ 日であることがわかる。

*解答欄の両対数グラフは横軸と縦軸の目盛りが対数目盛り、すなわち $\log_{10} r$, $\log_{10} F$ であるが、目盛りの値はもとの値の r [m], F [N] で書かれている点に注意しなさい。

問題 3 は次ページに続く

問題 3

以下の問題文を読んで、 ~ の中に適切な式または数値を書きなさい。

〔I〕 図3-1のように、内部抵抗が無視できる起電力 E_1 [V] および E_2 [V] をもつ直流電源、抵抗値 $5\ \Omega$ 、 $2\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ および $2.5\ \Omega$ の抵抗からなる直流回路がある。各抵抗値ならびに起電力 E_1 は常に一定であり、起電力 E_2 は可変である。各起電力は常に正の値をとり、電流 I_1 [A] ならびに電流 I_2 [A] の符号は、図に示す向きを正とする。電圧計 V に流れる電流は無視できるものとする。また、電圧計にかかる電圧を V [V] とする。

- (1) 最初、スイッチ S は閉じており、電流 I_1 ならびに電流 I_2 は、共に $20\ \text{A}$ であった。このときの起電力 E_1 は V、起電力 E_2 は V、電圧 V は V である。
- (2) 次に、(1)の状態からスイッチ S を開いた。このときの電流 I_1 は A、電流 I_2 は A、電圧 V は V となる。
- (3) (2)の状態から起電力 E_2 を調節して、電圧 V を(1)の状態と等しい値の V となるようにした。このときの起電力 E_2 は V であり、電流 I_1 は A、電流 I_2 は A となる。

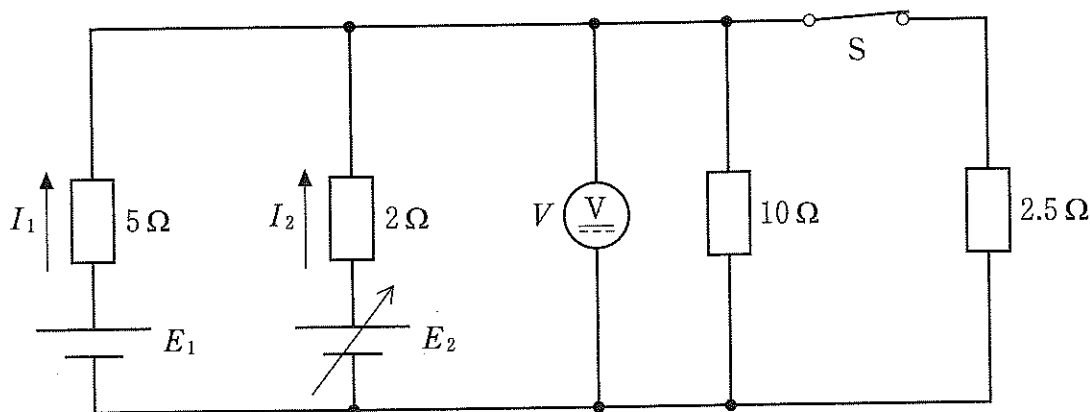


図 3-1

〔Ⅱ〕 電気容量 C_1 [F] のコンデンサー A と、電気容量 C_2 [F] のコンデンサー B がある。コンデンサー A, B と直流電源を接続した図 3-2 および図 3-3 の回路について考える。なお、これらの回路は電源と接続してからじゅうぶんな時間が経っているものとする。

- (1) 図 3-2 の回路において、m と n の間の電気容量は、 C_1 および C_2 を用いて表すと [F] である。
- (2) 図 3-3 の回路において、m と n の間の電気容量は、 C_1 および C_2 を用いて表すと [F] である。
- (3) 図 3-2 の直流電源の電圧を 4V、図 3-3 の直流電源の電圧を 10V とした。このとき、図 3-2 および図 3-3 の回路が持つ静電エネルギー U [J] は共に等しい値であった。これより、コンデンサー A と B の電気容量の比 ($C_1 : C_2$) を求めると となる。ただし、 C_1 は C_2 よりも大きい ($C_1 > C_2$) とする。

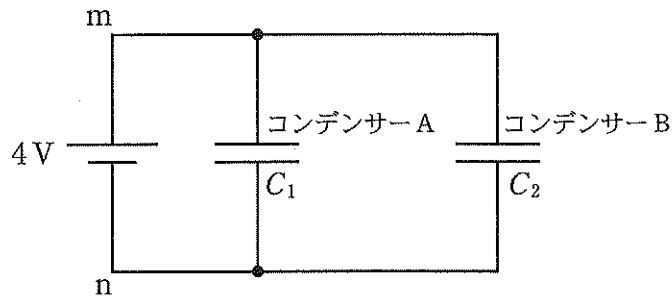


図 3-2

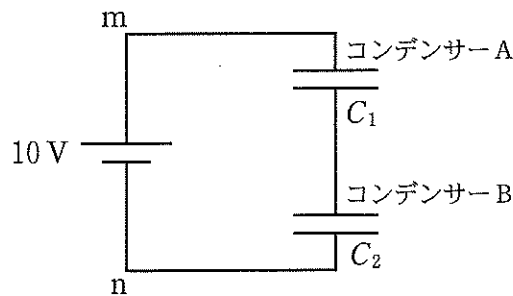


図 3-3

問題 4

以下の問題文を読んで、 ~ の中に数値または語句を書きなさい。また、 と は解答欄の図に描きなさい。

レンズは光の屈折を利用して光の進む方向を変えて集めたり、広げたりして物体の像をつくるはたらきをもち、虫めがねや顕微鏡、望遠鏡などの光学機器に幅広く使われている。レンズの多くは二つの球面をもつガラスなどでできており、中央部が周辺部よりも厚いレンズを凸レンズ、中央部が周辺部よりも薄いレンズを凹レンズという。また、レンズの二つの球面の中心を結ぶ直線を光軸という。図4-1(a)のように、光軸に平行な光線が凸レンズに入射すると光はレンズの後方の光軸上の一点 F' に集まる。一方、図4-1(b)のように、点 F を通過して凸レンズに入射した光はレンズを通過した後、光軸に平行に進む。これらの点 F および F' を といい、レンズの中心 O から点 F および F' までの距離 f を凸レンズの という。図4-1(a), (b)に共通して凸レンズの中心 O を進む光は、通過後もその向きを変えない。

いま、図4-2のように矢印で表した物体 PQ と点 F, F' を とする凸レンズ L がある。レンズ L によって生じる物体 PQ の像 $P'Q'$ は、点 P を出て光軸に平行にレンズ L に進む光、点 P から出てレンズ L の中心 O に向かう光、および点 P を出て点 F を通過して進む光を使って のように作図できる。図4-2の方眼紙のひと目盛りを2 cm とすると、このレンズの は cm であり、像 $P'Q'$ はレンズの中心 O から光軸上で cm の位置に倒立実像としてでき、その倍率は 倍となる。

一般にカメラなどの光学機器のレンズはさまざまな理由から複数枚のレンズを組み合わせて作られることが多い。ここでは が同じ2枚のレンズを密着させて使う場合の像のでき方を考えてみる。図4-3は図4-2と同じレンズを2枚密着させた場合の図である。2枚のレンズは十分に薄く、密着しているため、それぞれのレンズの中心はともに O とみなせ、それぞれのレンズの2つの も点 F と点 F' であると考えられる。物体 PQ の点 P から出てレンズの中心 O に向かう光はこの場

合もそのまま直進する。一方、点Fを通過してレンズに向かう光は1枚目のレンズを通過した直後は光軸に平行に進むが、直後に2枚目のレンズがあるため、点F'に向かって進むことになる。この関係を用いれば2枚の同じレンズを密着させた場合に生じる物体PQの像P'Q'は **B** のように作図できる。2枚のレンズ全体を1枚のレンズと考えたときの **2** は **6** cmとなり、像P'Q'はレンズの中心Oから **7** cmの光軸上の位置に倒立実像としてでき、その倍率は **8** 倍となる。

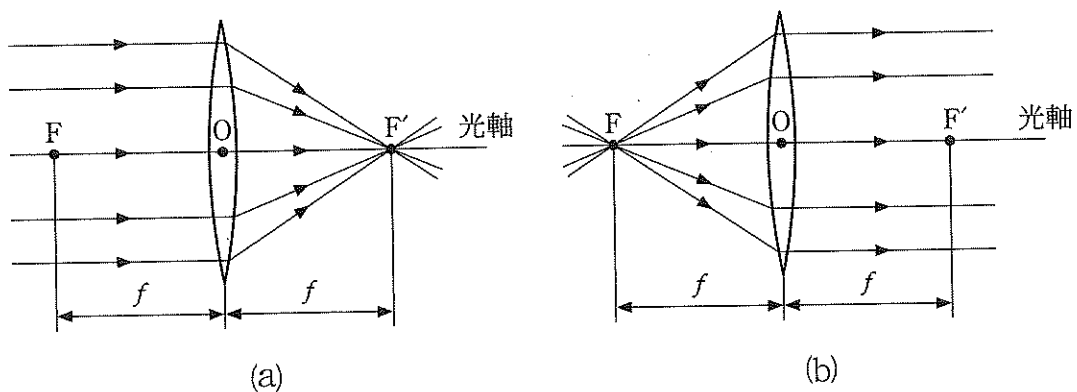


図4-1

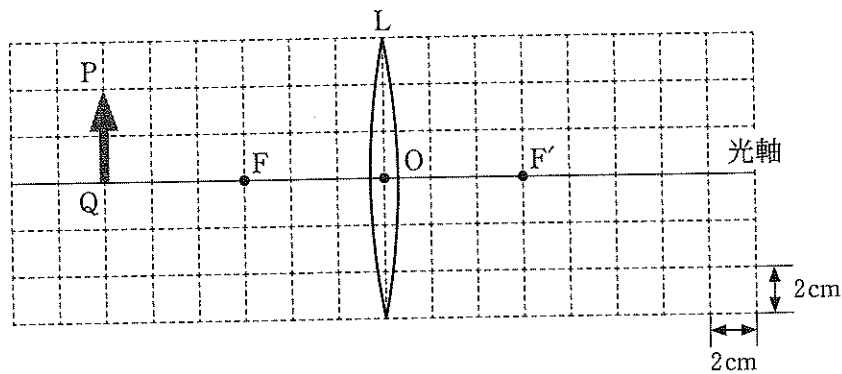


図4-2

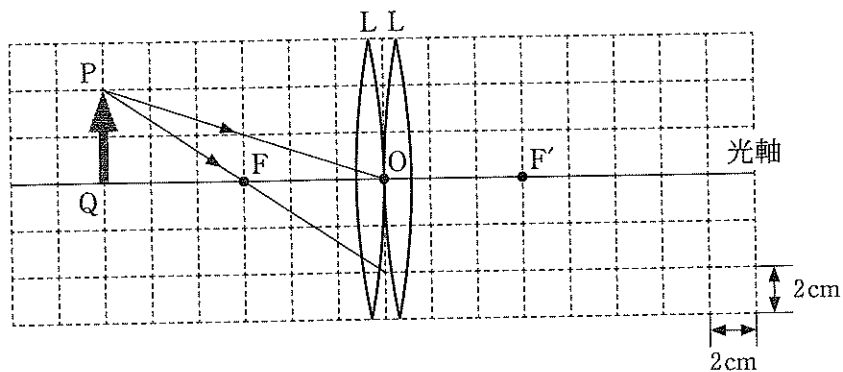


図4-3

化 学

問題 1 以下の各問に答えなさい。

問 1 原子核の周りの電子は、K 殻、L 殻、M 殻…の電子殻に分かれて存在している。K 殻、L 殻、M 殻に存在できる電子の最大数はそれぞれ 個、 個、 個である。 ~ の空欄を埋める数字の組合せで正しいものを(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- | | | |
|----------|------|-------|
| (1) ア. 2 | イ. 6 | ウ. 10 |
| (2) ア. 2 | イ. 6 | ウ. 18 |
| (3) ア. 2 | イ. 8 | ウ. 12 |
| (4) ア. 2 | イ. 8 | ウ. 18 |
| (5) ア. 4 | イ. 8 | ウ. 18 |

問 2 陽イオンと陰イオンが引き合っでできる結合をイオン結合という。イオン結合において両イオン間に働く力を何というか。最も適切な用語を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- | | | |
|---------|----------------|---------|
| (1) 圧 力 | (2) クーロン力 | (3) 重 力 |
| (4) 摩擦力 | (5) ファンデルワールス力 | |

問 3 原子それぞれが持つ価電子を提供しあい、これらの電子を両方の原子間で共有することによりできる結合を共有結合という。共有結合している 2 原子間の共有電子対は、どちらか一方にかたよって存在することがある。これは、両原子間の ア の差に原因がある。一般に、ア は希ガスを除いた周期表では イ にある元素ほど大きく、ウ の元素ほど小さい傾向にある。ア ~ ウ の空欄を埋める用語の組合せで適切なものを(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- | | | |
|--------------|--------|--------|
| (1) ア. 電子の数 | イ. 右 上 | ウ. 左 下 |
| (2) ア. 電子の数 | イ. 左 下 | ウ. 右 上 |
| (3) ア. 電気陰性度 | イ. 右 下 | ウ. 左 上 |
| (4) ア. 電気陰性度 | イ. 右 上 | ウ. 左 下 |
| (5) ア. 原子番号 | イ. 右 上 | ウ. 左 下 |

問 4 (ア), (イ), (ウ)は、3 種類の元素に関する記述である。それぞれの元素名の組合せで正しいものを(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (ア) 単体では黄緑色の有毒な気体で刺激臭がある。加熱した銅やナトリウムなどと激しく反応する。
- (イ) 天然には単体で存在せず、その酸化物がカルシウムの化合物として存在している。肥料の三要素の一つである。
- (ウ) 鉱石のボーキサイトを原料とする軽くてやわらかい金属である。酸および強塩基の水溶液の両方に溶け、塩をつくる両性元素である。

- | | | |
|------------|---------|-----------|
| (1) ア. 塩 素 | イ. リ ン | ウ. アルミニウム |
| (2) ア. 塩 素 | イ. カリウム | ウ. マグネシウム |
| (3) ア. 硫 黄 | イ. リ ン | ウ. アルミニウム |
| (4) ア. 硫 黄 | イ. カリウム | ウ. アルミニウム |
| (5) ア. リ ン | イ. 窒 素 | ウ. カリウム |

問 5 炭素に関する以下の記述の中で誤っているものはどれか。(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) ダイヤモンド, 黒鉛, フラーレン, カーボンナノチューブなどの同素体がある。
- (2) (1)で示した四つのうち, 密度が最も大きいのはダイヤモンドである。
- (3) 黒鉛ははがれやすく光沢のある結晶であり, 絶縁体である。
- (4) フラーレンは 60 個や 70 個の炭素を持つものが知られており, 磁気材料や医療分野への応用が期待されている。
- (5) 明確な結晶構造を示さない炭素は無定形炭素と呼ばれ, 脱臭剤等に使用されている。

問 6 ビニロン繊維の原料になる単量体を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) 酢酸ビニル (2) スチレン (3) アジピン酸
- (4) 1,3-ブタジエン (5) テレフタル酸

問 7 ベンゼンの水素原子 2 個を塩素原子で置換した化合物の構造異性体は何種類あるか。(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) 1 種類 (2) 2 種類 (3) 3 種類 (4) 4 種類 (5) 5 種類

問 8 希塩酸を加えると水に溶けやすくなる化合物を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) アニソール (2) *o*-クレゾール (3) 安息香酸
- (4) アセトアニリド (5) アニリン

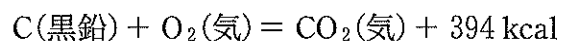
問 9 ポリスチレン 20 g 中の分子の数を調べたところ 3.01×10^{20} 個あった。ポリスチレンの平均分子量を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。ただし, アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ である。

- (1) 100000 (2) 60000 (3) 40000 (4) 20000 (5) 10000

問10 直線状の分子を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) エタン (2) アセチレン (3) エチレン
(4) プロピレン (5) プロペン

問11 次の熱化学方程式の説明として、最も適切なものを(1)~(5)の選択肢から選びなさい。



- (1) C(黒鉛) 1 mol と O₂(気) 1 mol がもつエネルギーの総和は CO₂(気) 1 mol がもつエネルギーより小さい。
(2) この反応は吸熱反応である。
(3) この反応では熱は発生しない。
(4) C(黒鉛) 1 mol と O₂(気) 1 mol がもつエネルギーの総和は CO₂(気) 1 mol がもつエネルギーより大きい。
(5) C(黒鉛) 1 mol と O₂(気) 1 mol がもつエネルギーの総和は CO₂(気) 1 mol がもつエネルギーと等しい。

問12 白金電極を用いて、硝酸銅(II)水溶液を 2.00 A の電流で 2 時間 8 分 40 秒間電気分解した。ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とした場合、陰極で生成する銅の質量を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。ただし、銅の原子量は 63.5 として計算しなさい。

- (1) 2.6 g (2) 5.1 g (3) 6.4 g (4) 3.2 g (5) 0.64 g

問13 アンモニアは、工業的には **ア** と **イ** から合成される。この製法は、**ウ** と呼ばれ、**エ** を含む触媒が用いられる。**ア** ~ **エ** の空欄を埋める用語の組合せとして最も適切なものを(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- | | |
|---------------|----------|
| (1) ア. 窒素 | イ. 水素 |
| ウ. ハーバー・ボッシュ法 | エ. 四酸化三鉄 |
| (2) ア. 一酸化窒素 | イ. 水 |
| ウ. ハーバー・ボッシュ法 | エ. 四酸化三鉄 |
| (3) ア. 窒素 | イ. 水素 |
| ウ. ハーバー・ボッシュ法 | エ. 白金 |
| (4) ア. 窒素 | イ. 水素 |
| ウ. オストワルト法 | エ. 白金 |
| (5) ア. 一酸化窒素 | イ. 水 |
| ウ. オストワルト法 | エ. 白金 |

問14 ある食材を煮詰め、ろ過して煮汁を得た。この煮汁を二つに分け、一方には薄い水酸化ナトリウム水溶液と薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えたところ、呈色反応を示さなかった。もう一方の煮汁にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えたところ、青紫色になった。これらの実験結果から、煮汁に含まれていることがわかる物質を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- | | | |
|-----------|--------------|--------|
| (1) タンパク質 | (2) デオキシリボ核酸 | (3) 脂質 |
| (4) デンプン | (5) セルロース | |

問15 デオキシリボ核酸の説明として、誤っているものを(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) ヌクレオチドと呼ばれる、窒素を含む有機塩基と糖が結合したヌクレオシドにリン酸が結合した構造を持つ。
- (2) 構成する糖はデオキシリボースである。
- (3) 分子内にアデニン(略号 A)、グアニン(G)、シトシン(C)、ウラシル(U)の4種類の塩基を持つポリヌクレオチドである。
- (4) 2本のポリヌクレオチド間の塩基同士が水素結合をつくり、二重らせん構造をしている。
- (5) 生物の遺伝に中心的な役割を果たしている。

問題 2 次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。

温度を一定に保った状態において、体積が 15 L、圧力が 1.0×10^5 Pa の気体を 5 L にすると、圧力は Pa に変化する。この体積と圧力の関係を の法則と呼ぶ。

また、圧力を一定に保った状態において、一定の物質量の気体の体積は、その気体の絶対温度を 1 K 上昇させるごとに、セルシウス温度 0°C のときの体積の $1/273$ 倍ずつ増加する。この関係を の法則と呼ぶ。このとき、気体の体積が理論上 0 となる温度を という。さらにこの法則は、圧力が一定のとき一定物質量の気体の体積は、絶対温度に すると表すこともできる。

これら二つの法則をまとめることにより、すべての気体において、1 mol あたり⁽¹⁾の体積 v 、圧力 P 、温度 T の間の関係より、気体定数 R を求めることができる。

また、 n [mol] の物質量の体積 V は、 v の n 倍であることより気体の状態方程式が⁽²⁾得られる。

問 1 ~ の空欄に当てはまる適切な数値、用語を答えなさい。

問 2 下線部(1)に関して、気体定数 R を表す式を、下線部(1)の記号を使用して答えなさい。

問 3 下線部(2)に関して、 n [mol] の気体の状態方程式を、下線部(1)、(2)の記号を使用して答えなさい。

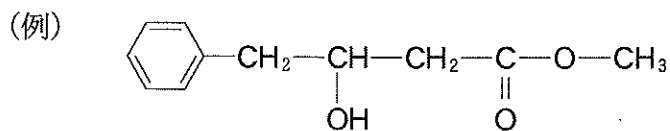
問 4 27°C 、 1.00×10^5 Pa のもとで、ある気体 4.00 g の体積は 3.56 L であった。このとき、以下の各問に答えなさい。ただし、気体定数 R は 8.31×10^3 Pa \cdot L/(mol \cdot K) とする。

(1) この気体の密度を小数第 2 位まで求めなさい。

(2) この気体の分子量を小数第 2 位まで求めなさい。

問題 3 は次ページに続く

問題 3 次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。ただし、構造式は例にならって記しなさい。



フェノールは、安定で壊れにくいベンゼン環にヒドロキシ基が直接結合した化合物である。アルケンは、二重結合に他の原子や原子団が結合する ア 反応が起きやすいが、芳香族化合物は置換反応が起きやすい。フェノールはこの反応が特に起きやすい化合物で、フェノールに臭素水を十分に加えるとオルト位とパラ位がすべて臭素に置換された生成物が得られる。また、フェノール樹脂の合成でも、ホルムアルデヒドがヒドロキシ基のオルト位とパラ位で反応する。

第一級アルコールである 1-ヘキサノールとフェノールの性質を比べてみる。どちらもナトリウムと反応して気体を発生するが、イ は水酸化ナトリウムとも反応する。また、どちらも無水酢酸と反応してエステルを合成することができる。

問 1 ア に入る最も適切な反応名を(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) 酸化 (2) 加水分解 (3) 還元 (4) 付加 (5) 脱水

問 2 1-ペンテン($\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)と臭素分子との反応で生成する化合物の構造式を記しなさい。

問 3 アルケンとは異なり、芳香族化合物が置換反応を起こしやすい理由を 20 字程度で説明しなさい。

問 4 下線部の反応式を記しなさい。

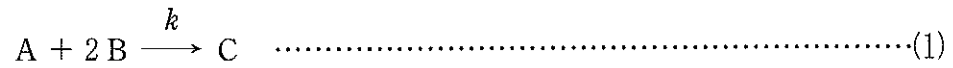
問 5 フェノール樹脂の説明として誤っているものを(1)~(5)の選択肢から選びなさい。

- (1) 塩基性条件で生成した中間生成物をレゾールという。
- (2) 構造が立体網目状になった高分子で、再び加熱しても軟化しない。
- (3) 鎖状の高分子で、加熱すると再び軟化するので何度でも再利用することができる。
- (4) フェノール樹脂をつくる重合を付加縮合という。
- (5) フェノール樹脂は電気絶縁性に優れ、電気のソケットやプリント配線基板に用いられる。

問 6 に化合物名を記しなさい。

問 7 無水酢酸とフェノールとの反応で生成するエステルの構造式を記しなさい。

問題 4 物質 A と物質 B を反応させたとき、物質 C が生成した。この反応の反応式が式(1)で与えられる場合、以下の各問に答えなさい。



問 1 反応速度を v [mol/(L·s)], 物質の濃度をそれぞれ $[A]$ [mol/L], $[B]$ [mol/L], $[C]$ [mol/L], 物質 C が生成する反応に着目した反応速度定数を k としたとき、反応速度式と反応速度定数の単位を答えなさい。

問 2 物質 A と物質 B を 10 L の密閉容器に封入して反応させたところ、60 秒間で物質 C が 6.0 mol 生成した。物質 C に着目した平均反応速度を答えなさい。

問 3 物質 A の濃度を 3 倍、物質 B の濃度を 2 倍にした場合、反応速度はもとの何倍になるか答えなさい。

問 4 この反応が吸熱反応である場合、反応温度を高めたとき、反応速度はどのように変化するか答えなさい。