令和７年２月11日　実施

試　験　問　題

理　　科

注　　意

物理基礎・物理〔Ⅰ〕〔Ⅱ〕〔Ⅲ〕，化学基礎・化学〔Ⅳ〕〔Ⅴ〕〔Ⅵ〕の合計６題から３題を選択して解答しなさい.

(1) 解答時間は60分間です.

(2) 試験開始の合図があるまで，問題冊子を裏返したり開いたりしてはいけません.

(3) 試験監督者の指示があったら，**解答用紙左側の受験番号が自分の受験番号であることを確かめてから，その下に受験番号をマークし，所定の欄に氏名を書きなさい.**

(4) **試験開始の合図があったら**，問題冊子が１ページから31ページまで順序正しくそろっているかどうかを確かめなさい．不備がある場合は着席のまま手をあげなさい.

(5) 物理基礎・物理の問題は２ページから13ページまで，化学基礎・化学の問題は14ページから31ページまでです.

(6) 問題冊子は切り離してはいけません.

(7) 試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい.

※ **問題を解答する際には，指示がない限り気体はすべて理想気体としてふるまうものとし，必要に応じて１ページにある元素の周期表および定数表を利用しなさい.**

解答記入上の注意

(1) **選択した問題の番号を解答用紙の「選択した問題番号」欄にマークしなさい．マークしない場合または２つ以上マークした場合は無効です.**

(2) 解答はすべて解答用紙の解答欄に黒鉛筆(HB)でマークしなさい.

(3) **各設問の解答欄に２つ以上マークした場合は無効です.**

(4) 解答を訂正する場合はプラスチック消しゴムを使用してていねいに消し，消しクズが紙面に残らないように注意しなさい.

元素の周期表および定数表

元素の周期表

周期＼族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1.0																	2 He 4.0
2	3 Li 6.9	4 Be 9.0											5 B 10.8	6 C 12.0	7 N 14.0	8 O 16.0	9 F 19.0	10 Ne 20.2
3	11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 40.0
4	19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.9	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.6	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8
5	37 Rb 85.5	38 Sr 87.6	39 Y 88.9	40 Zr 91.2	41 Nb 92.9	42 Mo 96.0	43 Tc –	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131
6	55 Cs 133	56 Ba 137	(a)	72 Hf 179	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po –	85 At –	86 Rn –
7	87 Fr –	88 Ra –	(b)	104 Rf –	105 Db –	106 Sg –	107 Bh –	108 Hs –	109 Mt –	110 Ds –	111 Rg –	112 Cn –	113 Nh –	114 Fl –	115 Mc –	116 Lv –	117 Ts –	118 Og –

原子番号
元素記号
原 子 量

(a) ランタノイド	57 La 139	58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm –	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175
(b) アクチノイド	89 Ac –	90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np –	94 Pu –	95 Am –	96 Cm –	97 Bk –	98 Cf –	99 Es –	100 Fm –	101 Md –	102 No –	103 Lr –

定　数　表

電気素量	$e = 1.60 \times 10^{-19}$ C
アボガドロ定数	$N_A = 6.02 \times 10^{23}$/mol
気体定数	$R = 8.31 \times 10^{3}$ Pa･L/(K･mol)
理想気体 1 mol の体積	22.4 L/mol（1.013×10^{5} Pa,　0 ℃）
ファラデー定数	$F = 9.65 \times 10^{4}$ C/mol
絶対零度	−273 ℃

物理基礎・物理

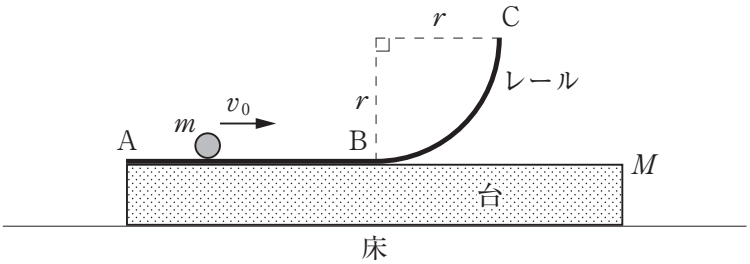
〔Ⅰ〕 空欄 Ⅰ1 ～ Ⅰ6 にあてはまる最も適当な答えを解答群から選びなさい.

図のように水平でなめらかな床の上に台が置かれており，台の水平な上面にレールが取り付けられている．レールを含めた台の質量を M とする．レールは台の上面に接する線分 AB と，それになめらかにつなげられた中心角 90°，半径 r の円弧 BC からなり，点 A，B，C は同一の鉛直面内にある．レール上の AB 間には質量 m(ただし $m < M$)の小球が置かれており，小球はレールに沿ってなめらかに動くことができる．重力加速度の大きさを g とし，速度の水平成分は右向きを正，鉛直成分は上向きを正とする．台は常に床に接しており，台および小球が受ける摩擦力，空気抵抗はいずれも無視できるものとする．

(1) はじめに台を床に固定した場合を考える．小球に水平方向の速度 v_0 を与えたところ，小球は点 B を通過したのち，点 C でレールから離れて鉛直上向きに運動し，やがて最高点に達した．点 A の位置を基準とする最高点の高さは Ⅰ1 である．また，その途中で，点 C を通過するときの小球の速さは Ⅰ2-a だから，点 C を通過する直前において小球がレールから受ける垂直抗力の大きさは Ⅰ2-b である．

(2) 次に静止した台を自由に動けるようにした場合を考える．小球に水平方向の速度 v_0 を与えたところ，小球が点 B を通過すると台も動きはじめた．その後，小球は点 C に達したのちレールから離れて運動し，やがて最高点に達した．この運動の過程では，小球と台の運動量の Ⅰ3-a 方向の成分の和が保存する．小球が点 C に達したときの台の速度の水平成分は Ⅰ3-b ，小球の速度の鉛直成分は Ⅰ4 である．点 A の位置を基準とする最高点の高さは Ⅰ5 である．

小球は最高点に達したのち落下して，再びレール上の点 C，B を通って点 A に達した．小球が点 A に達したときの小球の床に対する速度の水平成分は Ⅰ6 である．



Ⅰ 1

① $\dfrac{v_0^2}{8g}$　② $\dfrac{v_0^2}{4g}$　③ $\dfrac{v_0^2}{2g}$　④ $\dfrac{v_0^2}{g}$　⑤ $\dfrac{2v_0^2}{g}$　⑥ $\dfrac{4v_0^2}{g}$　⑦ $\dfrac{8v_0^2}{g}$

Ⅰ 2 [Ⅰ2-a , Ⅰ2-b] として最も適当なものを以下から選びなさい.

① $\left[\sqrt{v_0^2-gr},\ 0\right]$　② $\left[\sqrt{v_0^2-gr},\ m\dfrac{v_0^2}{r}\right]$

③ $\left[\sqrt{v_0^2-gr},\ m\dfrac{v_0^2-gr}{r}\right]$　④ $\left[\sqrt{v_0^2-gr},\ m\dfrac{v_0^2+gr}{r}\right]$

⑤ $\left[\sqrt{v_0^2-2gr},\ 0\right]$　⑥ $\left[\sqrt{v_0^2-2gr},\ m\dfrac{v_0^2}{r}\right]$

⑦ $\left[\sqrt{v_0^2-2gr},\ m\dfrac{v_0^2-2gr}{r}\right]$　⑧ $\left[\sqrt{v_0^2-2gr},\ m\dfrac{v_0^2+2gr}{r}\right]$

Ⅰ 3 [Ⅰ3-a , Ⅰ3-b] として最も適当なものを以下から選びなさい.

① $\left[\text{水平},\ \dfrac{m}{M}v_0\right]$　② $\left[\text{水平},\ \dfrac{m}{M+m}v_0\right]$

③ $\left[\text{水平},\ \dfrac{M}{M+m}v_0\right]$　④ $\left[\text{水平},\ \dfrac{M-m}{M+m}v_0\right]$

⑤ $\left[\text{鉛直},\ \dfrac{m}{M}v_0\right]$　⑥ $\left[\text{鉛直},\ \dfrac{m}{M+m}v_0\right]$

⑦ $\left[\text{鉛直},\ \dfrac{M}{M+m}v_0\right]$　⑧ $\left[\text{鉛直},\ \dfrac{M-m}{M+m}v_0\right]$

Ⅰ 4

① $\sqrt{\dfrac{m}{M}v_0^2-gr}$　② $\sqrt{\dfrac{m}{M}v_0^2-2gr}$

③ $\sqrt{\dfrac{m}{M+m}v_0^2-gr}$　④ $\sqrt{\dfrac{m}{M+m}v_0^2-2gr}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{M}{M+m}v_0^2-gr}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{M}{M+m}v_0^2-2gr}$

⑦ $\sqrt{\dfrac{M-m}{M+m}v_0^2-gr}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{M-m}{M+m}v_0^2-2gr}$

Ⅰ 5

① $\dfrac{mv_0^2}{4Mg}$　② $\dfrac{(M+m)v_0^2}{2Mg}$　③ $\dfrac{m(v_0^2-gr)}{Mg}$　④ $\dfrac{2m(v_0^2-2gr)}{Mg}$

⑤ $\dfrac{mv_0^2}{4(M+m)g}$　⑥ $\dfrac{Mv_0^2}{2(M+m)g}$　⑦ $\dfrac{m(v_0^2-gr)}{(M+m)g}$　⑧ $\dfrac{2m(v_0^2-2gr)}{(M+m)g}$

Ⅰ 6

① $-\dfrac{2m}{M}v_0$　② $-\dfrac{2m}{M+2m}v_0$　③ $-\dfrac{M}{M+2m}v_0$　④ $-\dfrac{M-2m}{M+2m}v_0$

⑤ $-\dfrac{m}{M}v_0$　⑥ $-\dfrac{m}{M+m}v_0$　⑦ $-\dfrac{M}{M+m}v_0$　⑧ $-\dfrac{M-m}{M+m}v_0$

計　算　余　白

〔Ⅱ〕 空欄 Ⅱ 1 ～ Ⅱ 6 にあてはまる最も適当な答えを解答群から選びなさい.

図1のように抵抗値 R〔Ω〕の電気抵抗，電気容量 C〔F〕のコンデンサー，自己インダクタンス L〔H〕のコイル，スイッチ S_1，S_2 で構成された回路に電圧 V〔V〕の交流電源をつなげた．ここで V は点 P_3 を基準とした点 P_1 の電位であり，また，電気抵抗の両端の電圧(点 P_2 を基準とした P_1 の電位)を V_1，P_2P_3 間の電圧(P_3 を基準とした P_2 の電位)を V_2 とする．また，電気抵抗，コンデンサー，コイルに流れる電流をそれぞれ I_R，I_C，I_L〔A〕とする．

(1) まずスイッチ S_1 を閉じ，スイッチ S_2 を開け，十分時間が経過した後の状況を考える．時刻を t〔s〕とすると電源の電圧は $V = V_0 \sin \omega t$ であった．ここで，V_0 は最大の電源電圧であり，ω〔rad/s〕は角周波数である．このとき，電圧 V_1 の位相に対して電流 I_R の位相は Ⅱ1－a ．一方，電圧 V_2 の位相に対して電流 I_C の位相は Ⅱ1－b ．

(2) 次に S_1 を開け，S_2 を閉じ，十分時間が経過した後の状況を考える．(1)と同様に電源電圧は $V = V_0 \sin \omega t$ であった．このとき，電圧 V_1 と電流 I_R の時間変化は，図2の Ⅱ2－a のようになる．電流 I_L と I_R の位相にも注意すれば，電圧 V_2 と電流 I_L は図3の Ⅱ2－b のようになる．ここで，図2，3中の t_1，t_2，t_3，t_4，t_5 はそれぞれ同一の時刻を示している．

(3) 今度は S_1 と S_2 を両方閉じ，十分時間が経過した後の状況を考える．(1)，(2)と同様に電源電圧は $V = V_0 \sin \omega t$ であった．電圧 V_2 の最大値を V_{20} とおき，V に対する V_2 の位相の進みを θ〔rad〕とすれば，(1)から電流 I_C は Ⅱ3－a とあらわされ，(2)から電流 I_L は Ⅱ3－b とあらわされる．キルヒホッフの法則より，V_{20} は Ⅱ4－a と求まり，$\tan\theta$ は Ⅱ4－b となる．計算の際，必要であれば以下の関係式を用いてよい．

$$A \sin x + B \cos x = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(x + y),\ \text{ただし}\ \tan y = \frac{B}{A}$$

この回路は角周波数 ω が Ⅱ 5 のとき共振を引き起こし，$I_R = 0$ となる．この共振角周波数を ω_0 とすると，V_{20} と ω の関係は Ⅱ 6 のように図示される．

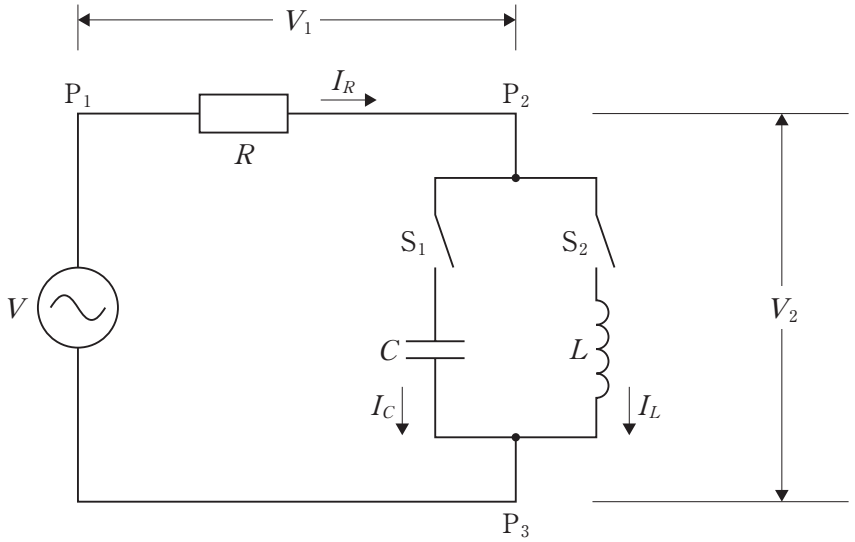


図1

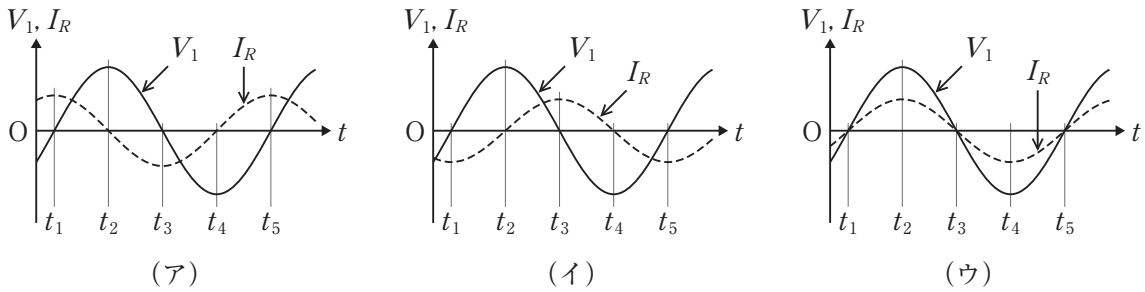


図 2

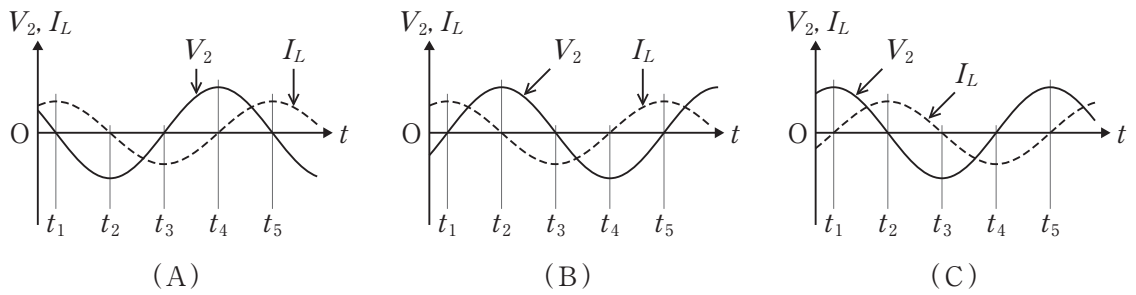


図 3

Ⅱ 1 ［ Ⅱ1－a ， Ⅱ1－b ］として最も適当なものを以下から選びなさい．

① ［ $\frac{\pi}{2}$ 遅れる， $\frac{\pi}{2}$ 遅れる ］　② ［ $\frac{\pi}{2}$ 遅れる， 変わらない ］

③ ［ $\frac{\pi}{2}$ 遅れる， $\frac{\pi}{2}$ 進む ］　④ ［ 変わらない， $\frac{\pi}{2}$ 遅れる ］

⑤ ［ 変わらない， 変わらない ］　⑥ ［ 変わらない， $\frac{\pi}{2}$ 進む ］

⑦ ［ $\frac{\pi}{2}$ 進む， $\frac{\pi}{2}$ 遅れる ］　⑧ ［ $\frac{\pi}{2}$ 進む， 変わらない ］

⑨ ［ $\frac{\pi}{2}$ 進む， $\frac{\pi}{2}$ 進む ］

Ⅱ 2 ［ Ⅱ2－a ， Ⅱ2－b ］として最も適当なものを以下から選びなさい．

① ［（ア），（A）］　② ［（ア），（B）］　③ ［（ア），（C）］

④ ［（イ），（A）］　⑤ ［（イ），（B）］　⑥ ［（イ），（C）］

⑦ ［（ウ），（A）］　⑧ ［（ウ），（B）］　⑨ ［（ウ），（C）］

Ⅱ 3 [Ⅱ3－a , Ⅱ3－b] として最も適当なものを以下から選びなさい.

① $\left[\omega C V_{20}\cos(\omega t+\theta),\quad \frac{1}{\omega L}V_{20}\cos(\omega t+\theta)\right]$

② $\left[\omega C V_{20}\cos(\omega t+\theta),\quad -\frac{1}{\omega L}V_{20}\cos(\omega t+\theta)\right]$

③ $\left[\omega C V_{20}\sin(\omega t+\theta),\quad \frac{1}{\omega L}V_{20}\sin(\omega t+\theta)\right]$

④ $\left[\omega C V_{20}\sin(\omega t+\theta),\quad -\frac{1}{\omega L}V_{20}\sin(\omega t+\theta)\right]$

⑤ $\left[\frac{1}{\omega C}V_{20}\cos(\omega t+\theta),\quad \omega L V_{20}\cos(\omega t+\theta)\right]$

⑥ $\left[\frac{1}{\omega C}V_{20}\cos(\omega t+\theta),\quad -\omega L V_{20}\cos(\omega t+\theta)\right]$

⑦ $\left[\frac{1}{\omega C}V_{20}\sin(\omega t+\theta),\quad \omega L V_{20}\sin(\omega t+\theta)\right]$

⑧ $\left[\frac{1}{\omega C}V_{20}\sin(\omega t+\theta),\quad -\omega L V_{20}\sin(\omega t+\theta)\right]$

Ⅱ 4 [Ⅱ4－a , Ⅱ4－b] として最も適当なものを以下から選びなさい.

① $\left[\frac{V_0}{\sqrt{1+R^2\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)^2}},\quad R\left(\frac{1}{\omega L}-\omega C\right)\right]$

② $\left[\frac{V_0}{\sqrt{1+R^2\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)^2}},\quad R\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)\right]$

③ $\left[V_0\sqrt{1+R^2\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)^2},\quad \frac{1}{R}\left(\frac{1}{\omega L}-\omega C\right)\right]$

④ $\left[V_0\sqrt{1+R^2\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)^2},\quad \frac{1}{R}\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)\right]$

⑤ $\left[\frac{V_0}{\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}},\quad \frac{R}{\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)}\right]$

⑥ $\left[\frac{V_0}{\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}},\quad \frac{R}{\left(\frac{1}{\omega C}-\omega L\right)}\right]$

⑦ $\left[V_0\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2},\quad \frac{1}{R}\left(\frac{1}{\omega C}-\omega L\right)\right]$

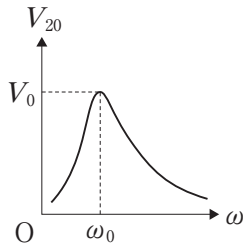
⑧ $\left[V_0\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2},\quad \frac{1}{R}\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)\right]$

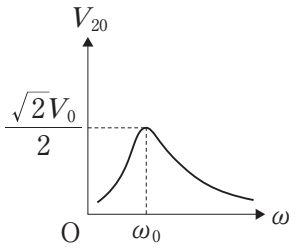
Ⅱ 5

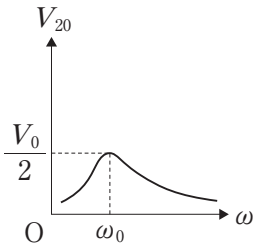
① $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$　② $\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$　③ $\sqrt{\dfrac{L}{C}}$　④ $2\pi\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

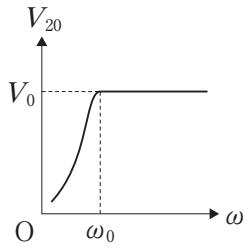
⑤ $2\pi\sqrt{LC}$　⑥ $\sqrt{LC}$　⑦ $\sqrt{\dfrac{C}{L}}$　⑧ $2\pi\sqrt{\dfrac{C}{L}}$

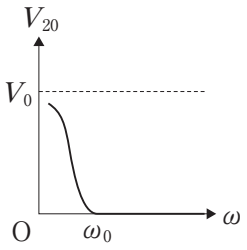
Ⅱ 6

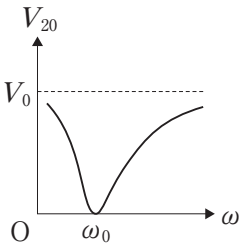
①


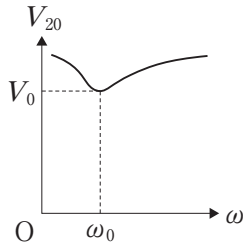
②


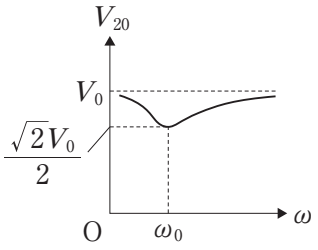
③


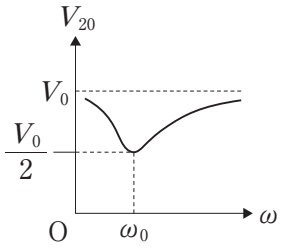
④


⑤


⑥


⑦


⑧


⑨


〔Ⅲ〕 空欄 $\boxed{\text{Ⅲ 1}}$ ～ $\boxed{\text{Ⅲ 6}}$ にあてはまる最も適当な答えを解答群から選びなさい.

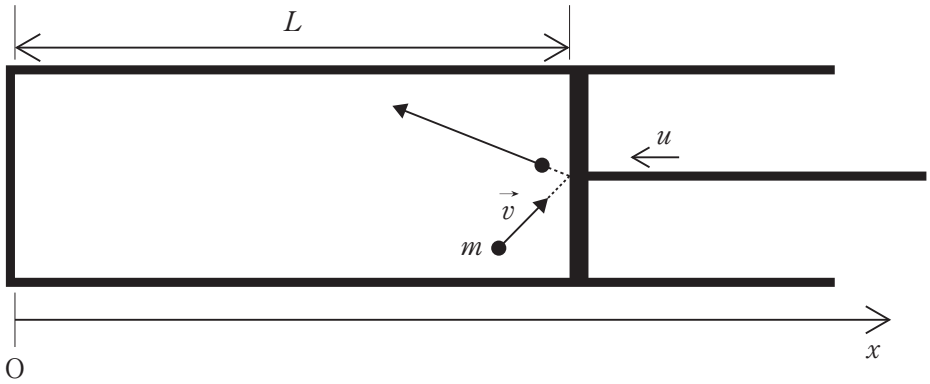
〔A〕 図のように熱を通さないシリンダーに，質量 m の単原子分子 N 個からなる理想気体を入れ，面積 S のなめらかに動く熱を通さないピストンで封じ込めた．気体分子はシリンダーおよびピストンの内壁と弾性衝突する.

はじめにシリンダーの底面からピストンまでの距離は L，気体の体積は V であった．その状態から，ピストンを図に示した x 軸の負の向きにきわめてゆっくりと一定の速さ u で動かし気体を圧縮する．はじめの状態から微小時間 Δt の後，気体の体積が減少し $V+\Delta V$ になった．ただし $\Delta V<0$ である.

ここで，図のように速度 $\vec{v}$ でピストンに向かう 1 個の気体分子を考える．分子は速さ u で動くピストンと衝突するため分子の速度が変化する．衝突前の分子の速度の x 成分を v_x とすると，衝突直後の速度の x 成分は $\boxed{\text{Ⅲ 1}}$ である．分子の運動エネルギーの変化は，u が v_x に比べ十分小さいとして u^2 に比例する項を無視すると，$2muv_x$ となる．Δt 間にピストンの移動する距離 $u\Delta t$ が L より十分小さいとすれば，分子は x 軸方向に $2L$ だけ進むごとに 1 回ピストンと衝突するので，この間に分子がピストンに衝突する回数は $\dfrac{v_x\Delta t}{2L}$ となる．このことから，Δt 間の分子の運動エネルギーの変化は $\boxed{\text{Ⅲ 2}}$ とあらわされる.

x 軸と互いに直交する y 軸と z 軸をとり，気体分子の速さを v，その速度の x，y，z 成分を v_x，v_y，v_z とする．すべての分子についての v_x^2，v_y^2，v_z^2，v^2 の平均値を $\overline{v_x^2}$，$\overline{v_y^2}$，$\overline{v_z^2}$，$\overline{v^2}$ であらわす．ピストンへの衝突によって分子が得たエネルギーの増加分は，分子どうしの弾性衝突により他の分子にも分配される．また，分子の個数 N はきわめて大きく，すべての分子は特定の方向にかたよることなく不規則に運動しているから，$\overline{v_x^2}=\overline{v_y^2}=\overline{v_z^2}$ が成り立つ．よって，$\overline{v^2}=3\overline{v_x^2}$ となる．このことから Δt 間の気体の内部エネルギーの変化は $\boxed{\text{Ⅲ3 - a}}$ となる.

一方で，この間に気体の絶対温度が T から $T+\Delta T$ に変化したとし，ボルツマン定数を k とおくと $\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}=\dfrac{3}{2}kT$ が成り立つから，内部エネルギーの変化は $\dfrac{3}{2}Nk\Delta T$ とわかる．これらのことから，$\dfrac{\Delta T}{T}$ と $\dfrac{\Delta V}{V}$ の関係式は $\boxed{\text{Ⅲ3 - b}}$ となる.



Ⅲ 1

① $v_x + u$　② $v_x + 2u$　③ $2v_x + u$　④ $2(v_x + u)$

⑤ $-(v_x + u)$　⑥ $-(v_x + 2u)$　⑦ $-(2v_x + u)$　⑧ $-2(v_x + u)$

Ⅲ 2

① $\dfrac{mv_x^2}{3V}\Delta V$　② $\dfrac{mv_x^2}{2V}\Delta V$　③ $\dfrac{mv_x^2}{V}\Delta V$　④ $\dfrac{2mv_x^2}{V}\Delta V$

⑤ $-\dfrac{mv_x^2}{3V}\Delta V$　⑥ $-\dfrac{mv_x^2}{2V}\Delta V$　⑦ $-\dfrac{mv_x^2}{V}\Delta V$　⑧ $-\dfrac{2mv_x^2}{V}\Delta V$

Ⅲ 3　[Ⅲ3－a ， Ⅲ3－b] として最も適当なものを以下から選びなさい.

① $\left[N\dfrac{m\overline{v^2}}{3V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{2}{3}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

② $\left[N\dfrac{m\overline{v^2}}{3V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{3}{2}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

③ $\left[N\dfrac{m\overline{v^2}}{2V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{2}{3}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

④ $\left[N\dfrac{m\overline{v^2}}{2V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{3}{2}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

⑤ $\left[-N\dfrac{m\overline{v^2}}{3V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{2}{3}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

⑥ $\left[-N\dfrac{m\overline{v^2}}{3V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{3}{2}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

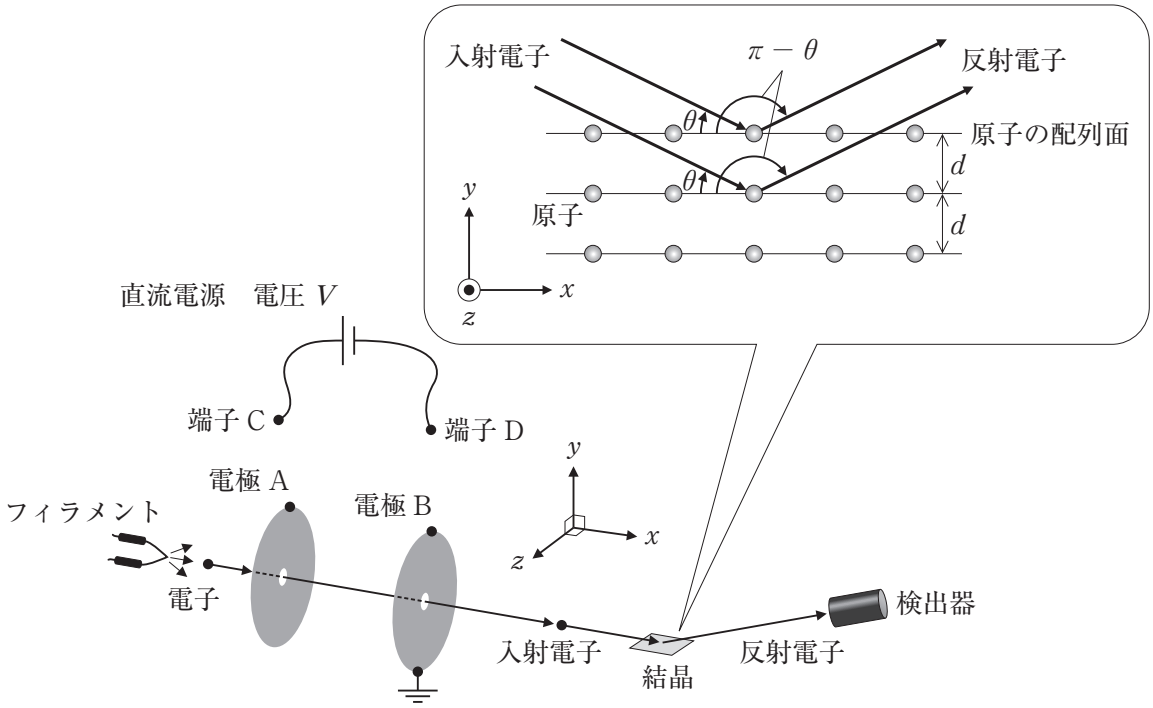
⑦ $\left[-N\dfrac{m\overline{v^2}}{2V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{2}{3}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

⑧ $\left[-N\dfrac{m\overline{v^2}}{2V}\Delta V,\ \dfrac{\Delta T}{T} = -\dfrac{3}{2}\dfrac{\Delta V}{V} \right]$

〔B〕 図のように真空中で，規則正しく配列した原子からなる結晶に，加速された電子を入射させる．ただし，加速された電子は図中に示される xy 平面内のみを運動するものとし，原子の配列面は xz 平面と平行であるとする．また，重力の影響は無視できるものとし，電子の質量を m，電気素量を e とする．

電極 A，B に電圧 V の直流電源の端子 C，D を接続することによってフィラメントから出た電子を加速させる．電子が結晶に向かう方向に加速するためには，端子 $\boxed{\text{Ⅲ4-a}}$ を電極 A に，端子 $\boxed{\text{Ⅲ4-b}}$ を電極 B に接続すればよい．直流電源を接続後，フィラメントから出てきた電子が電極 A の小さい穴を通過した直後の速さは遅いものとして 0 とみなせば，電極 B の小さい穴から出てきた電子の速さ v は $\boxed{\text{Ⅲ4-c}}$ である．ただし，電極 AB 間の電場(電界)は一様であり，AB 間以外の電場は無視できる．

以上の状態を維持し，電極 B の穴から単位時間あたりに出てくる電子の数を一定とした．この状態で速さ v の電子の束(電子ビーム)を結晶に入射した．まず，原子の配列面と入射する電子ビームのなす角を θ〔rad〕に固定し，角度$(\pi-\theta)$方向に反射される単位時間あたりの電子の数を検出器で数える．電圧 V をある値 V' とした時に単位時間あたりに検出される電子の数が極大となった．このような現象が起きるのは，電子の $\boxed{\text{Ⅲ5-a}}$ によるものであり，この性質をあらわすド・ブロイ波長 λ は，プランク定数 h と v を用いて $\boxed{\text{Ⅲ5-b}}$ となる．次に，電圧を V' に固定したまま角度を θ から大きくすると，単位時間あたりに検出される電子の数は一度減少したのち θ' で再び極大となった．この測定結果から原子の配列面の間隔 d は測定量 θ，θ'，V' より $\boxed{\text{Ⅲ 6}}$ と求まる．



Ⅲ 4 ［ Ⅲ4－a ， Ⅲ4－b ， Ⅲ4－c ］として最も適当なものを以下から選びなさい．

① $\left[\mathrm{C},\ \mathrm{D},\ \sqrt{\dfrac{2eV}{m}}\right]$　② $\left[\mathrm{C},\ \mathrm{D},\ \dfrac{eV}{m}\right]$

③ $\left[\mathrm{C},\ \mathrm{D},\ \sqrt{2emV}\right]$　④ $\left[\mathrm{C},\ \mathrm{D},\ emV\right]$

⑤ $\left[\mathrm{D},\ \mathrm{C},\ \sqrt{\dfrac{2eV}{m}}\right]$　⑥ $\left[\mathrm{D},\ \mathrm{C},\ \dfrac{eV}{m}\right]$

⑦ $\left[\mathrm{D},\ \mathrm{C},\ \sqrt{2emV}\right]$　⑧ $\left[\mathrm{D},\ \mathrm{C},\ emV\right]$

Ⅲ 5 ［ Ⅲ5－a ， Ⅲ5－b ］として最も適当なものを以下から選びなさい．

① $\left[\text{粒子性},\ hmv\right]$　② $\left[\text{粒子性},\ \dfrac{2\pi h}{mv}\right]$

③ $\left[\text{粒子性},\ \dfrac{h}{mv}\right]$　④ $\left[\text{粒子性},\ \dfrac{2\pi h}{mv^2}\right]$

⑤ $\left[\text{波動性},\ hmv\right]$　⑥ $\left[\text{波動性},\ \dfrac{2\pi h}{mv}\right]$

⑦ $\left[\text{波動性},\ \dfrac{h}{mv}\right]$　⑧ $\left[\text{波動性},\ \dfrac{2\pi h}{mv^2}\right]$

Ⅲ 6

① $\dfrac{\pi h}{2eV'(\cos\theta' - \cos\theta)}$　② $\dfrac{\pi h}{2eV'(\sin\theta' - \sin\theta)}$

③ $\dfrac{h}{2\sqrt{2meV'}(\cos\theta' - \cos\theta)}$　④ $\dfrac{h}{2\sqrt{2meV'}(\sin\theta' - \sin\theta)}$

⑤ $\dfrac{\pi h(\cos\theta' - \cos\theta)}{\sqrt{2meV'}}$　⑥ $\dfrac{\pi h(\sin\theta' - \sin\theta)}{\sqrt{2meV'}}$

⑦ $\dfrac{h(\cos\theta' - \cos\theta)}{2\sqrt{2meV'}}$　⑧ $\dfrac{h(\sin\theta' - \sin\theta)}{2\sqrt{2meV'}}$

化学基礎・化学

〔Ⅳ〕 空欄 Ⅳ 1 ～ Ⅳ 6 にあてはまる最も適当な答えを解答群から選びなさい.

（1） 燃焼反応に関する次の記述中の(a)～(c)にあてはまる語句の組合せで，正しいのは Ⅳ 1 である.

燃焼エンタルピーは，1 mol の(a)が完全燃焼するときの反応エンタルピーのことをいい，一定圧力では燃焼熱ともいう．メタン CH_4 とプロパン C_3H_8 各 1 mol を完全燃焼させるとそれぞれ 891 kJ，2219 kJ の熱が発生する．40 g のメタン CH_4 を完全燃焼させたときに発生する熱量は，同じ質量のプロパン C_3H_8 を完全燃焼させたときに発生する熱量に比べて(b)値となる．このとき，発生する二酸化炭素 CO_2 の質量が多いのは(c)である.

Ⅳ 1

	(a)	(b)	(c)
①	化合物	小さい	メタン
②	化合物	小さい	プロパン
③	化合物	大きい	メタン
④	化合物	大きい	プロパン
⑤	物　質	小さい	メタン
⑥	物　質	小さい	プロパン
⑦	物　質	大きい	メタン
⑧	物　質	大きい	プロパン

（2） アンモニアの定量に関する次の記述中の (a) ～ (d) にあてはまる物質と語句の組合せで，正しいのは Ⅳ 2 である．

酸や塩基の気体を直接定量することは難しい．そこで，気体のアンモニアを定量する場合，まずはアンモニアを過剰量の (a) 標準溶液に吸収させる．十分反応させたあとに未反応の (a) を (b) 標準溶液で滴定すれば，アンモニアを定量することができる．このとき，アンモニアと (a) により生じた塩の水溶液は弱い (c) としてはたらくため，未反応の (a) のみを定量するためには，(d) を指示薬として使用することが適当である．

Ⅳ 2

	(a)	(b)	(c)	(d)
①	H_2SO_4	NaOH	酸	フェノールフタレイン
②	H_2SO_4	NaOH	酸	メチルオレンジ
③	H_2SO_4	NaOH	塩　基	フェノールフタレイン
④	H_2SO_4	NaOH	塩　基	メチルオレンジ
⑤	NaOH	H_2SO_4	酸	フェノールフタレイン
⑥	NaOH	H_2SO_4	酸	メチルオレンジ
⑦	NaOH	H_2SO_4	塩　基	フェノールフタレイン
⑧	NaOH	H_2SO_4	塩　基	メチルオレンジ

（3） ^{14}C による年代測定法に関する次の記述中の (a) ～ (c) にあてはまる語句と数値の組合せで，正しいのは Ⅳ 3 である．

原子番号が同じでも，(a) の数が異なることで質量数が異なる原子どうしを，互いに (b) であるという．これらのなかには，原子核が不安定で，放射線を放出して，ほかの元素の原子核に壊変するものがある．それらを放射性 (b) という．

炭素には ^{14}C が存在し，大気中の ^{14}N が宇宙線と反応して生成する．通常，動植物などは体内に大気中と同じ割合の ^{14}C をもち，年代によらずほぼ一定と見なすことができる．しかし，動植物の活動が停止すると外部から ^{14}C を取り込めなくなり，^{14}C は一定の割合で減少する．これにより，^{14}C の存在比から年代を推定することができる．

^{14}C がはじめの半分の量になるのに要する時間を半減期といい，^{14}C の半減期は 5730 年である．仮に，ある遺跡から発掘された木片の ^{14}C の存在比が活動停止前の木の ^{14}C の存在比の 6.25 % であったとすると，この木片は (c) 年前のものと推定される．

Ⅳ 3

	(a)	(b)	(c)
①	中性子	同位体	17190
②	中性子	同位体	22920
③	中性子	同素体	17190
④	中性子	同素体	22920
⑤	陽　子	同位体	17190
⑥	陽　子	同位体	22920
⑦	陽　子	同素体	17190
⑧	陽　子	同素体	22920

（4） 次の記述中の(a)および(b)にあてはまる数値の組合せで，正しいのは Ⅳ 4 である．

炭酸カルシウム $CaCO_3$ を 20.0 g 量り取り，2.00 mol/L の塩酸 600 mL を加えると二酸化炭素 CO_2 が発生した．この水溶液に，未反応の塩酸と過不足無く反応できる炭酸ナトリウム Na_2CO_3 (a) g を加え，水を完全に蒸発させると (b) g の固体が残った．ただし，全ての反応は 100 % 進行したものとし，生成した固体は全て無水物とする．

Ⅳ 4

	(a)	(b)
①	21	22
②	21	47
③	21	69
④	42	22
⑤	42	47
⑥	42	69
⑦	85	22
⑧	85	47
⑨	85	69

（5） コロイドに関する次の記述で，正しいものの組合せは $\boxed{\text{Ⅳ 5}}$ である．

(a) 疎水コロイドの水溶液に硫酸アルミニウムなどの電解質を少量加えると，コロイド粒子が沈殿する現象を塩析といい，河川水の浄化などに利用される．

(b) 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液を半透膜(セロハン)の袋に入れたものを純水に浸すと，Fe^{3+} が半透膜の外に溶出する．この袋の外の液体を一部とり，チオシアン酸カリウムを加えると血赤色に呈色する．

(c) 液体だけに限らず，固体を分散媒とするコロイドも存在する．金の微粒子で着色したガラス容器も，その一種である．

(d) 疎水コロイドに，墨汁中の膠(にかわ)のような親水コロイドを加えると凝析しにくくなる．このような働きをする親水コロイドを保護コロイドという．

(e) コロイド溶液中のコロイド粒子は電気的に中性で電荷を帯びていないため，直流電圧をかけても電気泳動しない．

$\boxed{\text{Ⅳ 5}}$

① (a), (b)
② (a), (c)
③ (a), (d)
④ (a), (e)
⑤ (b), (c)
⑥ (b), (d)
⑦ (b), (e)
⑧ (c), (d)
⑨ (c), (e)
⑩ (d), (e)

（6） 化学反応と光に関する次の記述中の(a)～(c)にあてはまる語句の組合せで，正しいのは Ⅳ 6 である．

光は電磁波の一種であり，光のもつエネルギーは波長に(a)する．化学反応に伴うエネルギー変化も光として現れることがあり，光を放出する反応や光を吸収して起こる反応が存在する．

化学反応に伴って光が放出される現象を化学発光といい，代表例として，ルミノール反応が挙げられる．(b)の水溶液中に，ルミノールを添加し，その後，過酸化水素と触媒を加えて酸化すると，明るい青色の光を発する．

一方，植物は光エネルギーを利用して，二酸化炭素と水から，グルコースやデンプンなどの糖類を合成している．この一連の過程は，多数の複雑な反応の組合せからなり，光合成とよばれる．光合成は(c)であり，この反応により酸素分子が放出される．

Ⅳ 6

	(a)	(b)	(c)
①	比　例	塩基性	吸熱反応
②	比　例	塩基性	発熱反応
③	比　例	酸　性	吸熱反応
④	比　例	酸　性	発熱反応
⑤	反比例	塩基性	吸熱反応
⑥	反比例	塩基性	発熱反応
⑦	反比例	酸　性	吸熱反応
⑧	反比例	酸　性	発熱反応

〔V〕 空欄 Ｖ１ ～ Ｖ６ にあてはまる最も適当な答えを解答群から選びなさい.

（１） ハロゲンに関する次の記述で，正しいものの組合せは Ｖ１ である.

(a) 実験室で塩素をつくるには，酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加え加熱する.

(b) 気体の塩素中に熱した銅線を入れると，激しく反応して塩化銅(Ⅱ)を生成する.

(c) 臭素は，塩素よりも電気陰性度の値が大きい.

(d) ヨウ素価とは油脂１kg に付加するヨウ素の質量を g 単位で表した数値であり，炭素原子間の二重結合の数を評価できる.

(e) F^-，Cl^-，Br^- は Ag^+ と反応してハロゲン化銀となり，水に不溶となる.

Ｖ１

① (a)，(b)

② (a)，(c)

③ (a)，(d)

④ (a)，(e)

⑤ (b)，(c)

⑥ (b)，(d)

⑦ (b)，(e)

⑧ (c)，(d)

⑨ (c)，(e)

⑩ (d)，(e)

（2） 酸素に関する次の記述中の(a)～(c)にあてはまる語句と数値の組合せで，正しいのは Ｖ２ である．

酸素は実験室では(a)を触媒として用い，過酸化水素や塩素酸カリウムの分解によって発生させ，(b)により捕集する．仮に，12.26 g の塩素酸カリウムを加熱分解すると，酸素は標準状態で(c) L 発生する．ただし，反応は 100 % 進行するものとする．

Ｖ２

	(a)	(b)	(c)
①	四酸化三鉄	上方置換法	3.36
②	四酸化三鉄	上方置換法	4.48
③	四酸化三鉄	水上置換法	3.36
④	四酸化三鉄	水上置換法	4.48
⑤	酸化マンガン(Ⅳ)	上方置換法	3.36
⑥	酸化マンガン(Ⅳ)	上方置換法	4.48
⑦	酸化マンガン(Ⅳ)	水上置換法	3.36
⑧	酸化マンガン(Ⅳ)	水上置換法	4.48

（3） 次の記述中の(a)～(c)にあてはまる気体の組合せで，正しいのは $\boxed{\text{V 3}}$ である．

気体(a)，(b)，(c)はいずれも水に溶け，その水溶液は酸性を示す．(a)および(b)はともに漂白作用をもつが，(a)のみが湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を青変させる．また，(c)を溶かした水溶液に(b)を通すと白濁する．

$\boxed{\text{V 3}}$

	(a)	(b)	(c)
①	SO_2	H_2S	Cl_2
②	SO_2	Cl_2	H_2S
③	Cl_2	SO_2	H_2S
④	Cl_2	H_2S	SO_2
⑤	O_3	SO_2	H_2S
⑥	O_3	Cl_2	SO_2
⑦	NO	SO_2	H_2S
⑧	NO	H_2S	SO_2

（4） コバルトに関する次の記述で，正しいものの組合せは $\boxed{\text{V 4}}$ である．

(a) 携帯電話などの電子機器に利用されるリチウムイオン電池の正極材料には，コバルト酸リチウムが用いられることが多い．

(b) コバルトは9族の元素で，最外殻電子の数は1個である．

(c) 単体のコバルトは，典型元素の金属に比べて融点は高いが密度は小さい．

(d) 塩化コバルト(Ⅱ)の無水物は青色であるが，水を吸収すると淡赤色になる．

(e) 単体のコバルトは，光沢のある赤色の金属である．

$\boxed{\text{V 4}}$

① (a), (b)
② (a), (c)
③ (a), (d)
④ (a), (e)
⑤ (b), (c)
⑥ (b), (d)
⑦ (b), (e)
⑧ (c), (d)
⑨ (c), (e)
⑩ (d), (e)

（5） 次の記述中の (a) ～ (c) にあてはまる語句の組合せで，正しいのは $\boxed{\text{V 5}}$ である．

クロム酸カリウム水溶液に (a) を加えると，溶液の色は黄色から橙赤色に変わった．この溶液に過酸化水素水を加えると，酸素を発生するとともに溶液の色は緑色に変わった．このときの過酸化水素における酸素原子の酸化数の変化は，(b) となることから，過酸化水素は (c) されたことになる．

V 5	(a)	(b)	(c)
①	水酸化ナトリウム水溶液	−1 から −2	酸　化
②	水酸化ナトリウム水溶液	−1 から −2	還　元
③	水酸化ナトリウム水溶液	−1 から 0	酸　化
④	水酸化ナトリウム水溶液	−1 から 0	還　元
⑤	希硫酸	−1 から −2	酸　化
⑥	希硫酸	−1 から −2	還　元
⑦	希硫酸	−1 から 0	酸　化
⑧	希硫酸	−1 から 0	還　元

（6） 鉄の精錬に関する次の記述中の(a)～(c)にあてはまる数値の組合せで，正しいのは $\boxed{\text{V 6}}$ である．

製鉄所では溶鉱炉において，鉄鉱石の主成分である酸化鉄(磁鉄鉱 Fe_3O_4 や赤鉄鉱 Fe_2O_3)を還元することで鉄 Fe を得る．溶鉱炉中では，コークス C から生じた一酸化炭素 CO により，$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ のように順次，酸化鉄の還元反応が進行する．一連の酸化鉄の還元反応のうち，Fe_3O_4 が FeO に還元される過程では，Fe_3O_4 1 mol あたり CO が(a) mol 必要となる．

また，不純物をスラグとして取り除くため，炭酸カルシウム $CaCO_3$ が加えられる．これにより，Fe_2O_3 の還元で発生する二酸化炭素 CO_2 に加え，$CaCO_3$ の熱分解反応でも CO_2 が発生する．ここで，鉄成分として Fe_2O_3 のみを含む鉄鉱石があるとする．この鉄鉱石の質量のうち，60.0 % が Fe_2O_3 であった場合，1.00 t (1 t = 1000 kg)の Fe を得るために必要な鉄鉱石の質量は(b) t になる．またこのとき，$CaCO_3$ を鉄鉱石に対して質量比で 20.0 % 加え，これがすべて熱分解したとすると，Fe 1.00 t を得るために発生する CO_2 の質量の合計は(c) t となる．

V 6

	(a)	(b)	(c)
①	1	1.43	0.21
②	1	1.43	1.39
③	1	2.38	0.21
④	1	2.38	1.39
⑤	3	1.43	0.21
⑥	3	1.43	1.39
⑦	3	2.38	0.21
⑧	3	2.38	1.39

〔Ⅵ〕 空欄 Ⅵ 1 ～ Ⅵ 6 にあてはまる最も適当な答えを解答群から選びなさい.

（1） 芳香族カルボン酸の合成に関する次の記述中の (a) ～ (c) にあてはまる数値と語句の組合せで，正しいのは Ⅵ 1 である.

高温・高圧のもとで，ナトリウムフェノキシド (a) g に二酸化炭素を反応させたのち希硫酸を作用させると，サリチル酸が 8.28 g 得られた．このサリチル酸と無水酢酸に (b) を加えて加熱すると，アセチルサリチル酸が (c) g 得られた．ただし，いずれの反応も 100 % 進行したものとする.

Ⅵ 1

	(a)	(b)	(c)
①	5.64	濃硫酸	9.12
②	5.64	濃硫酸	10.8
③	5.64	濃硝酸	9.12
④	5.64	濃硝酸	10.8
⑤	6.96	濃硫酸	9.12
⑥	6.96	濃硫酸	10.8
⑦	6.96	濃硝酸	9.12
⑧	6.96	濃硝酸	10.8

（2） 有機化合物の付加反応に関する次の記述で，正しいものの組合せは $\boxed{\text{Ⅵ 2}}$ である．

(a) アセチレンにシアン化水素を付加させた化合物をもとに，アクリル繊維が得られる．

(b) ポリビニルアルコールは，アセチレンに水を付加させて得られるビニルアルコールを付加重合してつくられる．

(c) プロペンに 1 mol の臭素を付加させて得られる化合物は，1, 3-ジブロモプロパンである．

(d) リノレン酸 1 mol には，最大 2 mol の臭素を付加できる．

(e) 液体の脂肪油に水素を付加させて得られる硬化油は，マーガリンの原料となる．

$\boxed{\text{Ⅵ 2}}$

① (a), (b)
② (a), (c)
③ (a), (d)
④ (a), (e)
⑤ (b), (c)
⑥ (b), (d)
⑦ (b), (e)
⑧ (c), (d)
⑨ (c), (e)
⑩ (d), (e)

（3） エステル化合物に関する次の記述中の(a)および(b)にあてはまる数値の組合せで，正しいのは Ⅵ 3 である．

分子式 $C_5H_{10}O_2$ で示されるエステルは(a)種類ある．これらのうち，希酸とともに温めて加水分解して，還元性を示す化合物が得られるものは(b)種類ある．

Ⅵ 3

	(a)	(b)
①	7	2
②	7	3
③	7	4
④	8	2
⑤	8	3
⑥	8	4
⑦	9	2
⑧	9	3
⑨	9	4

（4） アミノ酸の性質に関する次の記述で，正しいものの組合せは $\boxed{\text{Ⅵ 4}}$ である．

(a) アミノ酸は，水溶液中では陽イオン，陰イオンおよび双性イオンが混ざり合って存在しており，水溶液の pH が変化してもその存在比率は変化せず一定である．

(b) アミノ酸の結晶は，分子量が同程度のカルボン酸やアミンに比べて融点が低いものが多い．

(c) アミノ酸は，それぞれ固有の等電点をもっており，このことを利用してアミノ酸混合溶液においてそれぞれを分離することができる．

(d) すべての α-アミノ酸には不斉炭素原子があり，それぞれ鏡像異性体が存在する．

(e) α-アミノ酸に無水酢酸を反応させたものは，ニンヒドリン水溶液を加えて加熱しても，赤紫～青紫色に呈色しない．

$\boxed{\text{Ⅵ 4}}$

① (a), (b)
② (a), (c)
③ (a), (d)
④ (a), (e)
⑤ (b), (c)
⑥ (b), (d)
⑦ (b), (e)
⑧ (c), (d)
⑨ (c), (e)
⑩ (d), (e)

（5） 界面活性剤と洗剤に関する次の記述で，正しいものの組合せは $\boxed{\text{Ⅵ 5}}$ である．

(a) 合成洗剤であるアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムは，炭化水素基が結合したベンゼンと濃硫酸を反応させた後，水酸化ナトリウムで中和することで生成する．

(b) 合成洗剤である硫酸ドデシルナトリウムは，1-ドデカノールと濃硫酸を反応させてエーテル化した後，水酸化ナトリウムで中和することで生成する．

(c) 界面活性剤は，疎水基と親水基の両方をもち，水の表面張力を低下させる性質がある．

(d) 硫酸ドデシルナトリウムは，Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む硬水中で使用すると，難溶性の塩が生じ洗浄力が低下する．

(e) 高級脂肪酸のナトリウム塩であるセッケンは，水溶液中で親水基部分を中心にして集まりコロイド粒子をつくる．

$\boxed{\text{Ⅵ 5}}$

① (a), (b)
② (a), (c)
③ (a), (d)
④ (a), (e)
⑤ (b), (c)
⑥ (b), (d)
⑦ (b), (e)
⑧ (c), (d)
⑨ (c), (e)
⑩ (d), (e)

（6） 合成樹脂に関する次の記述中の(a)～(c)にあてはまる語句の組合せで，正しいのは Ⅵ 6 である．

合成樹脂は，熱に対する性質から熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂に分類される．フェノール，尿素，メラミンそれぞれが原料となる合成樹脂は，いずれも(a)によってつくられており，(b)構造を形成する(c)樹脂である．

Ⅵ 6

	(a)	(b)	(c)
①	付加縮合	鎖　状	熱硬化性
②	付加縮合	鎖　状	熱可塑性
③	付加縮合	立体網目状	熱硬化性
④	付加縮合	立体網目状	熱可塑性
⑤	付加重合	鎖　状	熱硬化性
⑥	付加重合	鎖　状	熱可塑性
⑦	付加重合	立体網目状	熱硬化性
⑧	付加重合	立体網目状	熱可塑性