2021年度

全学部統一選抜

物理基礎・物理

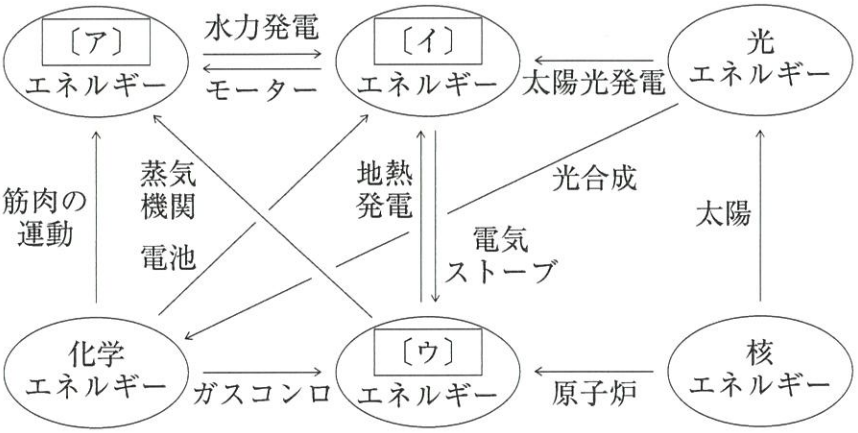
［60　分］

【問題１】 次の問１から問７について，それぞれ指定されたように答えなさい．

（解答番号 [1] − [7]）

問１　自然界にはさまざまな形のエネルギーが存在し，図のように，お互いに移りかわることができる．図の空欄〔 ア 〕，〔 イ 〕，〔 ウ 〕にいれる語の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

[1]



図

	〔 ア 〕	〔 イ 〕	〔 ウ 〕
①	力学的	熱	電気
②	力学的	電気	熱
③	電気	力学的	熱
④	電気	熱	力学的
⑤	熱	力学的	電気
⑥	熱	電気	力学的

問２　以下は静電遮蔽に関する説明文である．文章中の空欄〔 ア 〕，〔 イ 〕に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

2

導体内部に空洞がある場合，導体外部の電気力線は空洞内に〔 ア 〕，空洞内部は外部からの電場の影響を〔 イ 〕．

	〔 ア 〕	〔 イ 〕
①	入り込まず	受けない
②	入り込み	受ける
③	入り込まず	受ける
④	入り込み	受けない

問３　次の文章中の空欄〔 ア 〕，〔 イ 〕，〔 ウ 〕に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

3

理想気体では，分子の２乗平均速度は，分子の質量が〔 ア 〕ほど，また気体の温度が〔 イ 〕ほど，大きくなる．温度を一定に保ちながら気体の圧力を変化させるとき，２乗平均速度は〔 ウ 〕．ただし，２乗平均速度とは，速さ v の２乗の平均の平方根 $\sqrt{\overline{v^2}}$ のことをいう．

	〔 ア 〕	〔 イ 〕	〔 ウ 〕
①	大きい	高い	変化する
②	大きい	高い	変化しない
③	大きい	低い	変化する
④	大きい	低い	変化しない
⑤	小さい	高い	変化する
⑥	小さい	高い	変化しない
⑦	小さい	低い	変化する
⑧	小さい	低い	変化しない

問４　文章中の空欄〔 ア 〕,〔 イ 〕,〔 ウ 〕,〔 エ 〕に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい.

4

私たちの眼に見える光を可視光といい，その波長が最も長いものは〔 ア 〕，最も短いものは〔 イ 〕となる.

ガラス中での可視光の速度は，波長の短い光ほど〔 ウ 〕，ガラスの屈折率は，一般的に，波長の短い光ほど〔 エ 〕なる.

	〔 ア 〕	〔 イ 〕	〔 ウ 〕	〔 エ 〕
①	紫の光	赤の光	速く	小さく
②	紫の光	赤の光	速く	大きく
③	赤の光	紫の光	速く	小さく
④	赤の光	紫の光	速く	大きく
⑤	紫の光	赤の光	遅く	小さく
⑥	紫の光	赤の光	遅く	大きく
⑦	赤の光	紫の光	遅く	小さく
⑧	赤の光	紫の光	遅く	大きく

問5　ピストンの断面積が等しい二つのシリンダーA，Bに気体を閉じ込め，図1のように，ピストンどうしを硬い棒でつないで，水平にした．Aは熱をよく伝えるが，Bはピストンも含めて断熱容器である．最初，閉じ込められた気体はどちらも外部と同じ温度 T_0，圧力 P_0 で，体積は V_0 であった．

次に両方のシリンダーに力を加えて，ゆっくりと押し縮めたところ，A，B内部の気体の体積はそれぞれ V_A，V_B となった．このときの，Bに閉じ込められた気体の温度 T_B と T_0 の大小関係，および，V_A と V_B の大小関係の組合せとして正しいものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

ただし，圧力が P_0，体積が V_0 の気体を等温変化させたときと断熱変化させたときの圧力と体積の関係は図2のようになる．

5

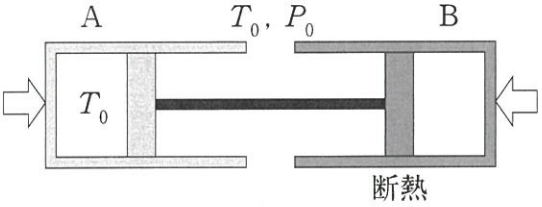


図1

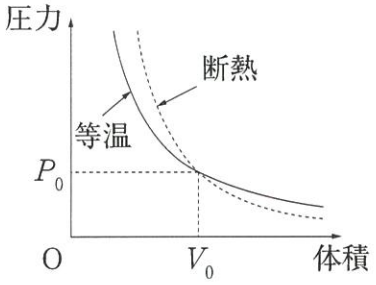


図2

	温度	体積
①	$T_B > T_0$	$V_A > V_B$
②	$T_B > T_0$	$V_A < V_B$
③	$T_B < T_0$	$V_A > V_B$
④	$T_B < T_0$	$V_A < V_B$

問6　次の文章中の空欄〔 ア 〕,〔 イ 〕に入れる式の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

6

図1のように，光源，半透明の鏡，歯車および反射鏡を設置して，反射鏡からの反射光を観測する．歯車の歯の数はN個であり，歯車から反射鏡までの距離はL[m]である．歯車がゆっくり回転しているときは，光源から出て半透明の鏡で反射した光が歯車のすき間を通過すると，この光は反射鏡で反射されて同じ道を戻り，再び歯車の同じすき間を通過するので明るく見える．

回転数を徐々に増やしてf_1[回/s]にすると，すき間を通過した光の反射光は隣の歯にさえぎられて，はじめて最も暗くなった．これは，図2(a)のようにすき間Aを通過した光が反射鏡で反射されて戻ってくる間に，歯車が回転して歯Bが図2(b)のように移動したためである．歯車が図2(a)から(b)のように回転するのにかかる時間は〔 ア 〕[s]である．これより光の速さは〔 イ 〕[m/s]と求められる．

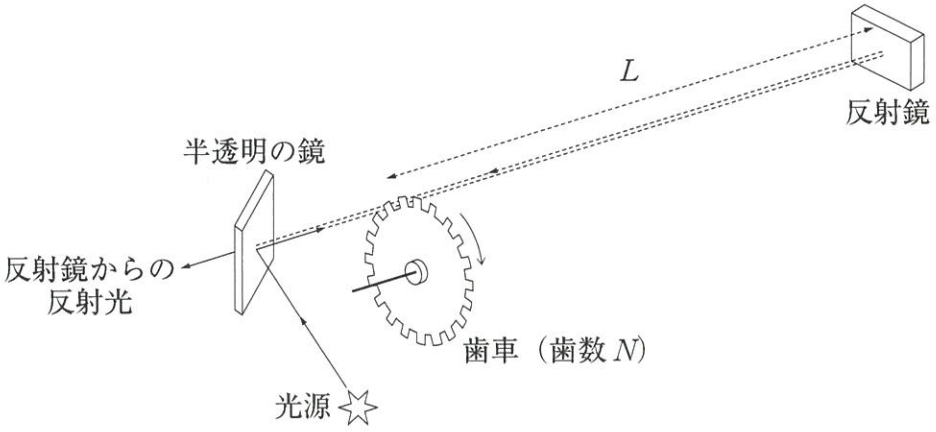


図1

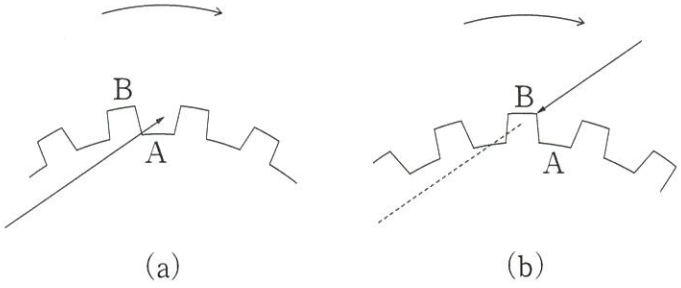


図2

	〔 ア 〕	〔 イ 〕
①	$\frac{1}{2Nf_1}$	f_1NL
②	$\frac{1}{2Nf_1}$	$2f_1NL$
③	$\frac{1}{2Nf_1}$	$4f_1NL$
④	$\frac{2}{Nf_1}$	$\frac{1}{4}f_1NL$
⑤	$\frac{2}{Nf_1}$	$\frac{1}{2}f_1NL$
⑥	$\frac{2}{Nf_1}$	f_1NL

問7　次の文章中の空欄〔 ア 〕,〔 イ 〕,〔 ウ 〕に入る値の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

7

天然に存在する放射性同位体の代表に${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$（ラドン）がある．${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$は${}^{238}_{92}\mathrm{U}$（ウラン）を起点として${}^{206}_{82}\mathrm{Pb}$（鉛）の同位体に至る崩壊系列の途中にある．${}^{238}_{92}\mathrm{U}$から${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$になるまでにα崩壊が〔 ア 〕回，β崩壊が〔 イ 〕回起こる．

${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$の半減期は1.6×10^3年である．多数の${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$が存在する場合，1.6×10^3年が経過すると${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$の個数はもとの$\frac{1}{2}$になる．そして，3.2×10^3年が経過すると${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$の個数は〔 ウ 〕になる．

	〔 ア 〕	〔 イ 〕	〔 ウ 〕
①	3	2	0
②	3	2	$\frac{1}{4}$
③	6	2	0
④	6	2	$\frac{1}{4}$
⑤	6	4	0
⑥	6	4	$\frac{1}{4}$

【問題2】 次の文章を読み，問1から問5に答えなさい．

（解答番号 8 － 12）

なめらかで水平な床があり，床に対して垂直に固定された平らでなめらかな壁がある．図1はそれを上から見た図である．床の上に置かれた質量 m[kg]の小球を速さ v[m/s]で壁に衝突させる．まず，図1のように，小球を壁に垂直に衝突させた．

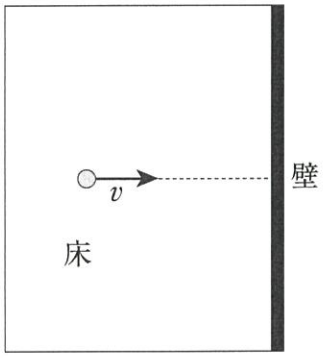


図1

問1　小球と壁の間の反発係数（はねかえり係数）を e としたとき，運動量の大きさおよび運動エネルギーの衝突前に対する衝突後の比の組合せとして，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

8

	運動量の大きさの比	運動エネルギーの比
①	e	$\sqrt{e}$
②	$2e$	$\sqrt{e}$
③	$\frac{e}{2}$	$\sqrt{e}$
④	e	e^2
⑤	$2e$	e^2
⑥	$\frac{e}{2}$	e^2

次に，図2のように，小球を壁に対して角度60°で衝突させると，角度45°ではねかえった．以下の問いに答えなさい．

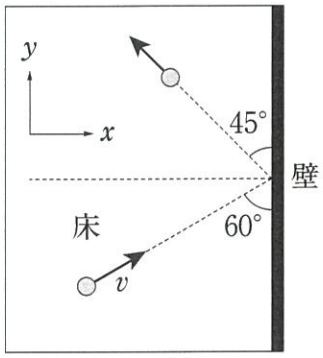


図2

問2　水平面内でx，y軸を図2のようにとるとき，衝突前の速度のx成分v_xおよびy成分v_yの組合せとして，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

9

	v_x	v_y
①	$\frac{1}{2}v$	$\frac{\sqrt{3}}{2}v$
②	$\frac{\sqrt{3}}{2}v$	$\frac{1}{2}v$
③	$\frac{\sqrt{3}}{3}v$	$\frac{\sqrt{6}}{3}v$
④	$\frac{\sqrt{6}}{3}v$	$\frac{\sqrt{3}}{3}v$
⑤	$\frac{\sqrt{2}}{2}v$	$\frac{\sqrt{2}}{2}v$

問3　衝突後の小球の運動量の大きさは，質量 m と衝突前の小球の速さ v で表すことができる．衝突後の小球の運動量の大きさを表す式として，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

10

① mv　　② $2mv$　　③ $\frac{mv}{2}$

④ $\sqrt{2}mv$　　⑤ $\frac{\sqrt{2}mv}{2}$

問4　反発係数 e の値として，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

11

① $\frac{\sqrt{3}}{2}$　　② $\frac{\sqrt{2}}{2}$　　③ $\frac{1}{2}$

④ $\frac{2}{3}$　　⑤ $\frac{\sqrt{3}}{3}$

問5　衝突前，衝突後の小球の運動エネルギーの変化量として，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

12

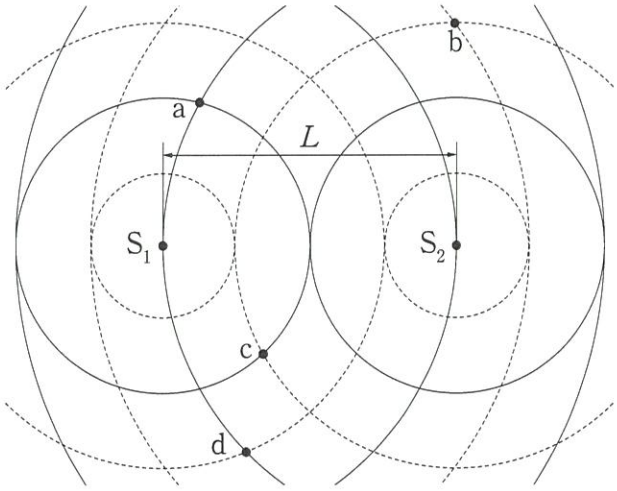
① $-\frac{1}{2}mv^2$　　② $-\frac{1}{3}mv^2$　　③ $-\frac{1}{4}mv^2$

④ $-\frac{\sqrt{2}}{2}mv^2$　　⑤ $-\frac{\sqrt{2}}{3}mv^2$　　⑥ $-\frac{\sqrt{3}}{3}mv^2$

【問題3】 次の文章を読み，問1から問5に答えなさい．

（解答番号 13 － 17）

水面上の L だけ離れた波源 S_1，S_2 を同振幅，同位相，同振動数で単振動させ，振幅 A，波長 λ の水面波を送り出した．図は，水面全体に広がった同心円状の波のある時刻における山の波面（実線），谷の波面（破線）を表したものである．



図

問1　図において S_1 の位置には S_2 からの波の山の波面が，S_2 の位置には S_1 からの波の山の波面がある．S_1，S_2 からの波の波長 λ について L を用いて表す式として，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

13

① $\lambda = L$　　② $\lambda = 2L$　　③ $\lambda = 4L$

④ $\lambda = \dfrac{L}{2}$　　⑤ $\lambda = \dfrac{L}{4}$

問2　次の文章中の空欄〔 ア 〕,〔 イ 〕,〔 ウ 〕に入れる式の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

14

水面上では，波が強め合うところと，弱め合うところができる．このように2つ以上の波が重なって強め合ったり，弱め合ったりする現象を波の〔 ア 〕という．図の点a～dのうち，波が強め合う点は〔 イ 〕，波が弱め合う点は〔 ウ 〕である．

	〔 ア 〕	〔 イ 〕	〔 ウ 〕
①	回折	a, b	c, d
②	干渉	a, b	c, d
③	回折	c, d	a, b
④	干渉	c, d	a, b
⑤	回折	a, c	b, d
⑥	干渉	a, c	b, d
⑦	回折	b, d	a, c
⑧	干渉	b, d	a, c

問3　S_1とS_2を結ぶ線分上では，S_1の方向にも，S_2の方向にも波が進まない定常波（定在波）が観測される．この定常波のとなり合う腹と腹の間隔をDとした場合，DをS_1，S_2からの波の波長λを用いて表す式として最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

15

① $D=\lambda$　　② $D=2\lambda$　　③ $D=4\lambda$

④ $D=\dfrac{\lambda}{2}$　　⑤ $D=\dfrac{\lambda}{4}$

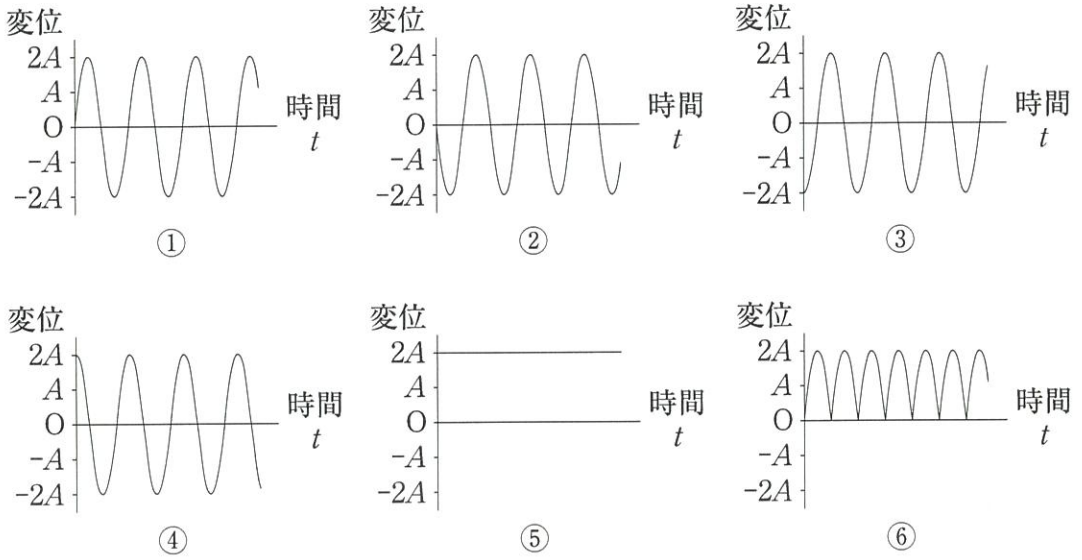
問4　S_1 と S_2 を結ぶ線分上で，弱め合う点が観測される．S_1 と S_2 を結ぶ線分上で，弱め合う点はいくつ観測されるか，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

16

① 1個　　② 2個　　③ 3個
④ 4個　　⑤ 6個　　⑥ 8個

問5　波の振幅は，波源からの距離によらず一定であるとする．図の時刻を $t=0$ としたとき，$t>0$ での点aにおける変位の時間変化を示すグラフとして，最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

17



【問題 4】 次の文章を読み，問 1 から問 3 に答えなさい．

（解答番号 $\boxed{18}$ − $\boxed{20}$）

図 1 のような X 線発生装置を用いて発生させた X 線の強度と波長の関係（スペクトル）を調べたところ，図 2 のようなスペクトルが得られた．以下では，電気素量を e，静止している電子の質量を m，プランク定数を h，真空中の光速を c とする．また，陽極と陰極の間の加速電圧を V とする．

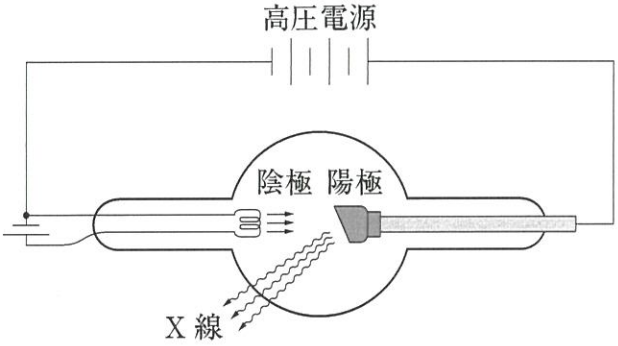


図 1

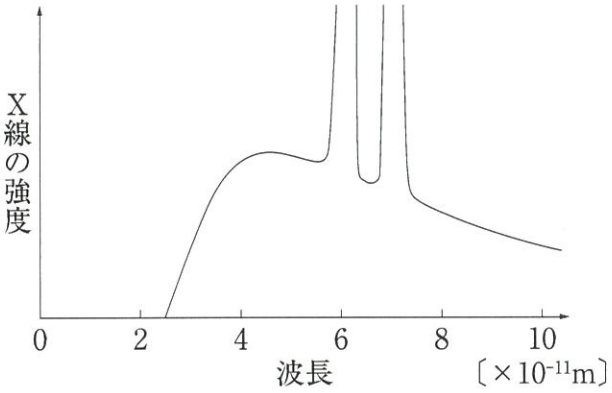


図 2

問1　次の文章中の空欄〔 ア 〕,〔 イ 〕に入れる式の組合せとして正しいものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

18

陰極から飛び出した電子は，電圧 V で加速され陽極に衝突する．この電子が衝突直前に持っている運動エネルギーは，E=〔 ア 〕であるから，陽極から出されるX線の振動数の最大値 ν_0 は，ν_0=〔 イ 〕である．ただし，陰極から飛び出した電子の初速度の大きさは十分小さいとする．

	〔 ア 〕	〔 イ 〕
①	eV	$\frac{E}{h}$
②	eV	$\frac{h}{E}$
③	mc^2	$\frac{E}{h}$
④	mc^2	$\frac{h}{E}$
⑤	$\frac{1}{2}mc^2$	$\frac{E}{h}$
⑥	$\frac{1}{2}mc^2$	$\frac{h}{E}$

問2　次の文章中の空欄〔 ウ 〕,〔 エ 〕に入れる語と式の組合せとして正しいものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい．

19

図2に観測される鋭いピーク部分のX線を〔 ウ 〕と呼ぶ．この〔 ウ 〕は次のような仕組みで発生する．

はじめに，図3(a)のように高電圧で加速された電子が陽極の金属原子と衝突して，エネルギー準位 E_0 をもつ内側の軌道の電子がたたきだされる．次に，図3(b)のようにエネルギー準位 E_1 をもつ外側の軌道にある電子が内側の空いた軌道へ落ち込み，X線が放出される．放出されるX線のエネルギーは E_X =〔 エ 〕となる．このX線の放出現象は，ボーアによって説明された水素原子からの光の放出と同じ現象である．原子核のまわりを運動する電子のエネルギー準位は原子番号によって異なるので，E_X は元素ごとに違う値になる．

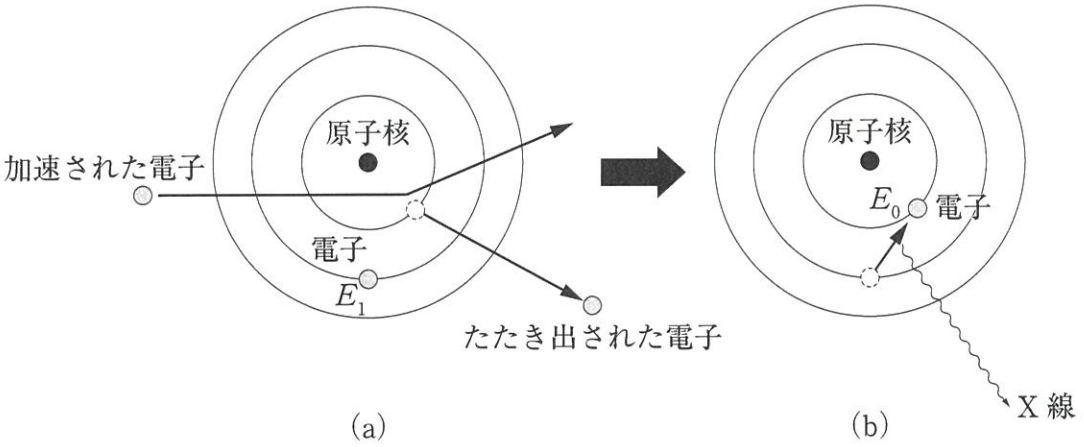


図3

	〔 ウ 〕	〔 エ 〕
①	特性(固有)X線	E_1
②	特性(固有)X線	E_1-E_0
③	特性(固有)X線	E_1+E_0
④	特性(固有)X線	E_1-E_0+eV
⑤	連続X線	E_1
⑥	連続X線	E_1-E_0
⑦	連続X線	E_1+E_0
⑧	連続X線	E_1-E_0+eV

問3　次の文章中の空欄〔 オ 〕,〔 カ 〕に入れる語句の組合せとして正しいものを，下のうちから一つ選び，番号を答えなさい.

20

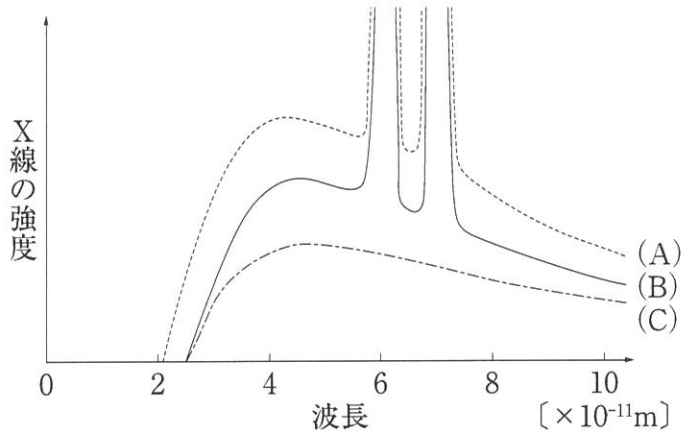


図4

陽極金属の種類や加速電圧 V を変えて，X線を測定したところ，図4のような三つのX線スペクトル（A），(B)，(C）が得られた.

同じ加速電圧を用いて得られたスペクトルの組合せは〔 オ 〕であり，同じ陽極金属を用いて得られたスペクトルの組合せは〔 カ 〕である.

	〔 オ 〕	〔 カ 〕
①	(A)と(B)	(A)と(C)
②	(A)と(B)	(B)と(C)
③	(A)と(C)	(A)と(B)
④	(A)と(C)	(B)と(C)
⑤	(B)と(C)	(A)と(B)
⑥	(B)と(C)	(A)と(C)