R―4 Ⓐ

理　　科

15：00～17：30

解答上の注意

1. 試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 52 ページある。このうち，「物理」は 2 ～10 ページ，「化学」は 11～26 ページ,「生物」は 27～42 ページ,「地学」は 43～52 ページである。
3. 「物理」，「化学」，「生物」，「地学」のうちから，あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻 ／ 科目	総合入試					学部別入試								
	理系					医学部						歯学部	獣医学部	水産学部
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	保健学科 看護学専攻	保健学科 放射線技術科学専攻	保健学科 検査技術科学専攻	保健学科 理学療法学専攻	保健学科 作業療法学専攻			
物理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○									○

4. **受験する科目のすべての解答用紙には，受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を，監督者の指示に従って，指定された箇所に必ず記入せよ。**
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

物　　　理

1 以下の文中の $\boxed{\ (1)\ }$ ～ $\boxed{\ (9)\ }$ に適切な数式または数値を入れよ。また，$\boxed{\ (あ)\ }$ には選択肢から最も適切なものを一つ選べ。

図1のように，高さ h〔m〕の細い棒を水平面上の点Pに鉛直に固定し，そのなめらかな上面の点Qに，質量 M〔kg〕の小球Bを静止させておく。また，点Pから l〔m〕離れた水平面上の点Oに，質量 m〔kg〕の小球Aがある。この小球Aを，水平面と $\frac{\pi}{4}$ rad の角度をなす方向に，初速度の大きさ v_0〔m/s〕で発射する。空気抵抗は無視でき，小球Aは点O，P，Qを含む鉛直面内を運動するものとする。また，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

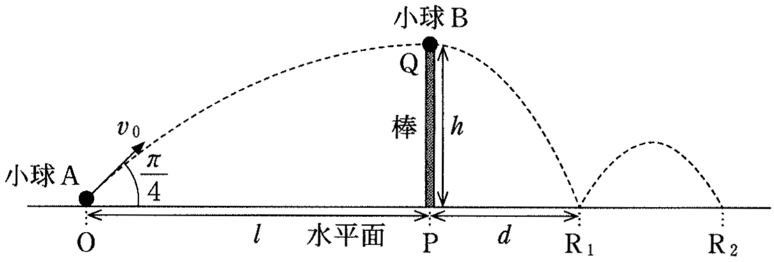


図1

問1 小球Aが水平面に落下することなく，放物運動の最高点で，点Qに静止した小球Bに衝突するためには，v_0 と l がどのような条件を満たせばよいのかを考えよう。点Oから発射された直後の小球Aの鉛直方向の速さは $\frac{v_0}{\sqrt{2}}$ であることに注意すると，小球Aが点Oから発射されてから，放物運動の最高点に達するまでにかかる時間は，g と v_0 を用いて $\boxed{\ (1)\ }$〔s〕と表される。また，最高点での小球Aの水平面からの高さを g，v_0 を用いて表すと $\boxed{\ (2)\ }$〔m〕となる。この値が h と等しいことから，v_0 は g，h を用いて $\boxed{\ (3)\ }$〔m/s〕と表される。

つぎに，小球Aの水平方向の運動を考えよう。小球Aの水平方向の速さは$\dfrac{v_0}{\sqrt{2}}$であることから，点Oから発射されてから $\boxed{\quad(1)\quad}$〔s〕の間に小球Aが進んだ水平方向の距離は，gとv_0を用いて $\boxed{\quad(4)\quad}$〔m〕と表される。この値がlと等しいことと，$v_0 =$ $\boxed{\quad(3)\quad}$〔m/s〕と表されることから，lはhの $\boxed{\quad(5)\quad}$ 倍であることがわかる。

問 2　問1で考えたv_0とlに対する条件が満たされている場合には，小球Aは水平方向の速さ$\dfrac{v_0}{\sqrt{2}}$で小球Bと衝突する。衝突後，小球AとBは一体となって点Qから水平方向に飛び出した(完全非弾性衝突)。一体となった物体は質量$m + M$〔kg〕の小球と見なすことができ，これを小球Cとする。

点Qから飛び出した直後の小球Cの水平方向の速さはm，M，v_0を用いて $\boxed{\quad(6)\quad}$〔m/s〕と表される。また，このときの小球Cの運動エネルギーは衝突直前の小球Aの運動エネルギーに比べて $\boxed{\quad(7)\quad}$〔J〕だけ減少している。

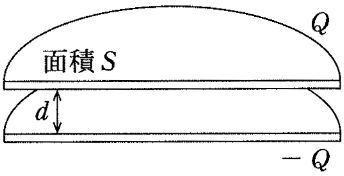
点Qから飛び出した小球Cは水平面上の点R_1に落下した。小球Cが点Qを飛び出してから点R_1に到達するまでにかかる時間は $\boxed{\quad(1)\quad}$〔s〕と $\boxed{\quad(あ)\quad}$。このことから，点PとR_1の間の水平方向の距離d〔m〕はm，M，lを用いて $\boxed{\quad(8)\quad}$〔m〕と表される。小球Cは点R_1で跳ね返ったのち，水平面上の点R_2に再び落下した。小球Cと水平面との跳ね返り係数を$e\,(0 < e < 1)$とすると，点R_1とR_2の間の距離はdの $\boxed{\quad(9)\quad}$ 倍となる。ただし，小球Cと水平面との間に摩擦はないものとする。

$\boxed{\quad(あ)\quad}$ の選択肢：

(ア)　比べて長い　　　(イ)　等しい　　　(ウ)　比べて短い

2 以下の，真空中に置かれたコンデンサーに関する文章を読み，文中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(9)}$ に適切な数式または数値を入れよ。また，$\boxed{(あ)}$ と $\boxed{(い)}$ には選択肢から最も適切なものをそれぞれ一つ選べ。ただし，コンデンサーの極板の端における電場(電界)の乱れは無視できるものとし，真空の誘電率を ε_0〔F/m〕とする。

問 1 薄い円板状の導体を円の中心を通る直線で2等分した，面積 S〔m^2〕の半円形極板を2枚用いて，図1のようなコンデンサーAを作った。2枚の極板は d〔m〕の間隔で平行に固定されており，極板面に垂直な方向から見て正確に重なっている。



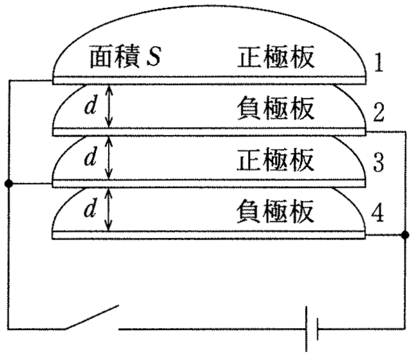
コンデンサーA

図1

コンデンサーAの2枚の極板にそれぞれ Q，$-Q$〔C〕($Q > 0$)の電荷を与えると，極板間の電位差は $\boxed{(1)}$〔V〕となる。また，このときコンデンサーAに蓄えられた静電エネルギーは $\boxed{(2)}$〔J〕である。

つぎに極板の固定を外し，それぞれの極板に蓄えられた電気量を保ったまま，外力を加えて極板の間隔を Δd〔m〕だけ広げると，極板間の電位差は $\boxed{(1)}$〔V〕の $\boxed{(3)}$ 倍に，コンデンサーAに蓄えられた静電エネルギーは $\boxed{(2)}$〔J〕の $\boxed{(4)}$ 倍になった。この静電エネルギーの変化量は，極板の間隔を Δd だけ広げるために外力がした仕事に等しいことから，コンデンサーAの極板間に働く引力の大きさは $\boxed{(5)}$〔N〕と求められる。

問 2　問 1 と同じ半円形極板を 4 枚用いて，図 2 に示すようなコンデンサー B を作った。4 枚の極板は間隔 d で平行に固定されており，極板面に垂直な方向からみて正確に重なっている。上から奇数番目の極板を正極板，偶数番目の極板を負極板として，電池とスイッチに接続した。はじめスイッチは開いており，コンデンサー B に電荷は蓄えられていないものとする。

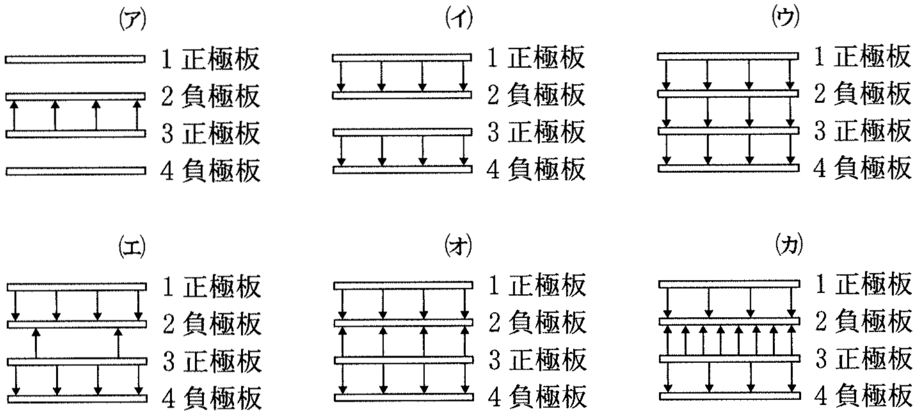


コンデンサー B

図 2

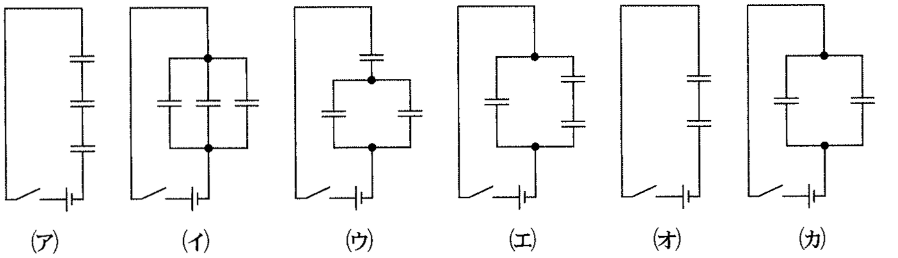
まずスイッチを閉じてコンデンサー B を充電した。十分に時間が経過した後に，コンデンサー B の 4 枚の極板間に生じる電気力線の様子を模式的に描くと，$\boxed{\text{(あ)}}$ のようになる。ただし，極板間に描かれた電気力線の本数は極板間の電場の強さに比例している。このとき上から 3 番目の極板に蓄えられた電気量は上から 1 番目の極板に蓄えられた電気量の $\boxed{\text{(6)}}$ 倍となる。図 2 のようにコンデンサー B に電池を接続した回路は，複数のコンデンサー A を電池に接続した回路とみなすことができる。この回路として最も適切なものは $\boxed{\text{(い)}}$ である。ただし，選択肢の回路図にあるコンデンサーは，すべてコンデンサー A と同じ電気容量を持つ。また，コンデンサー B の電気容量はコンデンサー A の電気容量の $\boxed{\text{(7)}}$ 倍である。

(あ) の選択肢：



(い) の選択肢：

回路図にあるコンデンサーは，すべてコンデンサーAと同じ電気容量を持つ



コンデンサーBを充電した後，コンデンサーBからスイッチと電池を取り外した。続けて，上から2番目と4番目の極板の固定を外し，図3に示すように，円の中心を結ぶ直線(図3の破線)を回転軸として，$\pi - \theta$〔rad〕($\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$)だけゆっくりと回転させた。この操作を行う間，極板はつねに平行で一定の間隔に保たれており，それぞれの極板に蓄えられた電気量は変化しない。

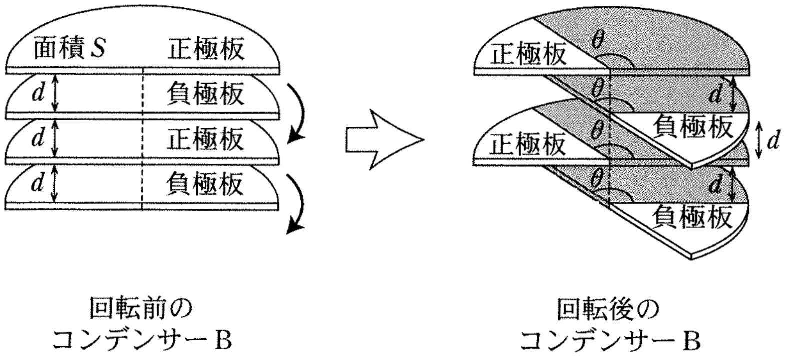


図3

極板を回転した後のコンデンサーBでは，極板面に垂直な方向から見て正極板と負極板とが重なった部分，すなわち中心角 θ の扇形部分(図3に灰色で示した部分)だけに電荷が分布しているとする。また，扇型部分の端における電場(電界)の乱れは無視できるものする。これらのことに注意すると，極板を回転した後のコンデンサーBの電気容量は回転前の電気容量の $\boxed{\quad(8)\quad}$ 倍になることがわかる。また，回転後のコンデンサーBに蓄えられた静電エネルギーは，回転前に蓄えられていた静電エネルギーの $\boxed{\quad(9)\quad}$ 倍になる。

3 以下の文中の $\boxed{\quad(1)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(8)\quad}$ に適切な数式または数値を入れよ。また，$\boxed{\quad(あ)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(う)\quad}$ には選択肢から最も適切なものをそれぞれ一つ選べ。

問 1 図1のように，同じ材質でできた線密度(単位長さあたりの質量) ρ〔kg/m〕の細い弦AとBを水平に張った音源がある。それぞれの弦の一端は固定され，他端は滑車を介しておもりにつながれており，おもりを変えることで弦の張力を調節することができる。コマとコマの間にある弦Aの振動する部分の長さは L_A〔m〕，弦Bの振動する部分の長さは L_B〔m〕である。L_B は L_A より長いが，それらの差 $L_B - L_A$ は，L_A に比べて十分に小さい。また，弦の張力の大きさを S〔N〕とすると，弦を伝わる横波の速さ v〔m/s〕は $v = \sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$ と表される。

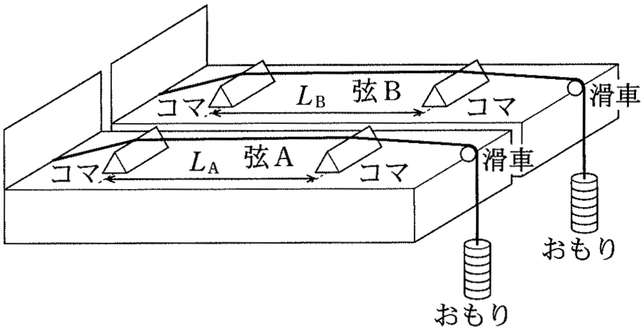


図1

まず，弦Aの張力の大きさを S_A〔N〕に調節し，弦Aを弾いて弦Aとコマとの接点が節となる定常波(定在波)を発生させた。このとき弦Aに生じた腹が1つの定常波の振動数 f_A〔Hz〕は，ρ，L_A，S_A を用いて $f_A =$ $\boxed{\quad(1)\quad}$〔Hz〕と表される。また，腹が2つの定常波の振動数は，f_A の $\boxed{\quad(2)\quad}$ 倍である。

つぎに，弦Bの張力を弦Aの張力と同じ大きさの S_A に調整し，弦AとBを弾いて，それぞれに腹が1つの定常波を発生させたところ，うなりが生じた。このうなりの1秒当たりの回数は f_A，L_A，L_B を用いて $\boxed{\quad(3)\quad}$ と表される。

さらに弦Bの張力を変えて，弦AとBのそれぞれに腹が1つの定常波を発生させ，生じるうなりの回数を調べた。弦Bの張力をS_Aから少しずつ強くしていくと，1秒当たりのうなりの回数は徐々に減少し，弦Bの張力がある大きさになったところでうなりが消えた。このときの弦Bの張力の大きさは，S_A，L_A，L_Bを用いて $\boxed{\quad (4) \quad}$ 〔N〕と表される。

問 2 図2のように，平行なスリットAとBのある平板とスクリーンを真空中に平行に設置し，波長λ〔m〕の単色平行光を平板の左側から垂直に入射して，スクリーン上で干渉縞(明線と暗線の縞模様)を観測する。スリットAとBの間隔はd〔m〕，平板からスクリーンまでの距離はL〔m〕であり，Lはdに比べて十分に大きい。紙面の上向きを正としてスクリーン上にx軸をとり，スリットAとBから等距離にある点をx軸の原点Oとする。

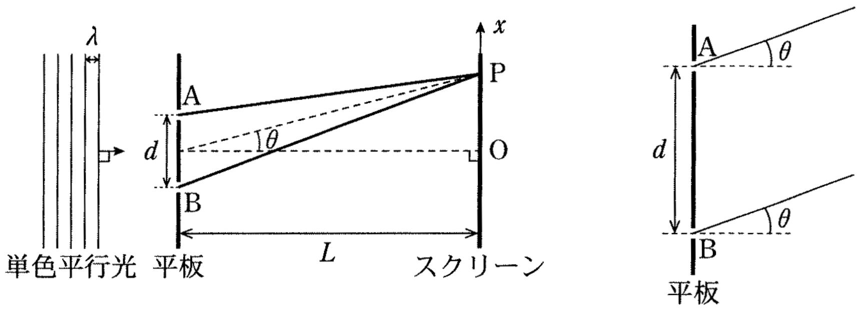


図2　　　図3

スリットAを通った光とスリットBを通った光とが強め合い，明線が観測されるx軸上の点のうち，$x > 0$の領域にあり，原点Oに最も近い点をPとする。図3に示したスリット付近の拡大図に示すように，Lがdよりも十分に長いため，スリットAを通って点Pに向かう光の経路と，スリットBを通って点Pに向かう光の経路は平行で，いずれも光の入射方向に対して角度θ〔rad〕をなすと見なせる。したがって，これらの経路差$\overline{\mathrm{BP}} - \overline{\mathrm{AP}}$は，$d$と$\theta$を用いて $\boxed{\quad (5) \quad}$ 〔m〕と表され，$\boxed{\quad (あ) \quad}$ 〔m〕に等しい。以上から，点Pの座標x〔m〕は，d，L，λを用いて $\boxed{\quad (6) \quad}$ 〔m〕と表されることがわかる。ただし，近似式$\sin\theta \fallingdotseq \dfrac{x}{L}$が成り立つとしてよい。

$\boxed{\quad (あ) \quad}$ の選択肢：

(ア)　2λ　　(イ)　λ　　(ウ)　$\dfrac{\lambda}{2}$

ここで図4のように，一様な厚さで絶対屈折率 $n(n>1)$ の透明な薄膜を，スリットBの左側に取り付けた。この薄膜中を伝わる光の波長は，真空中での波長 λ の $\boxed{\quad(7)\quad}$ 倍になる。薄膜を取り付けた後にスクリーン上で観測される明線と暗線の位置が，薄膜を取り付ける前と変わらない場合には，薄膜の厚さは n，λ と正の整数 m を用いて $\boxed{\quad(8)\quad}$ 〔m〕と表される。ただし，薄膜表面での光の反射は無視できるものとする。

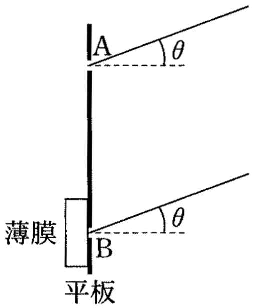


図4

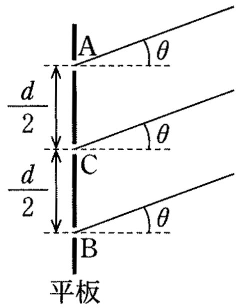


図5

つぎに薄膜を取り外し，スリットAとBの中点にスリットCを開けた。図5に示したスリット付近の拡大図にあるように，スリットCを通って点Pに向かう光の経路も光の入射方向に対して角度 θ〔rad〕をなし，スリットA，Bを通って点Pへ向かう光の経路と平行であると見なせる。

スリットCを開けた後に点Pで観測される光の明るさは，スリットCを開ける前と比べると，$\boxed{\quad(い)\quad}$ 。また，スリットA，B，Cを通った光がすべて同位相となる x 軸上の点のうち，$x>0$ の領域にあり，原点Oに最も近い点をQとすると，$\overline{\mathrm{BQ}}-\overline{\mathrm{AQ}}=$ $\boxed{\quad(う)\quad}$ 〔m〕が成り立つ。

$\boxed{\quad(い)\quad}$ の選択肢：

(ア)　明るくなる　　(イ)　変わらない　　(ウ)　暗くなる

$\boxed{\quad(う)\quad}$ の選択肢：

(ア)　2λ　　(イ)　λ　　(ウ)　$\dfrac{\lambda}{2}$