平成３０年度京都府立医科大学医学部医学科入学者選抜試験（前期日程）

問題訂正・補足説明

試験科目 物理

10 ページ　上 から 1 行目

（誤）	（正）
ぞれぞれ	それぞれ

前期日程試験

平成30年度医学科入学試験問題

物　　理

〔注意事項〕

1　監督者の指示があるまで，この冊子を開いてはいけない。
2　**解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。**
3　この問題冊子の本文は，11ページからなっている。落丁，乱丁及び印刷不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
4　この問題冊子の白紙と余白は，適宜下書きに使用してもよい。
5　解答は，すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
6　特に指示がなければ，解答欄に解答の導出過程も簡潔に記すこと。
7　この問題冊子は持ち帰ること。

1 図1－1のように，質量mの小球1と小球2が，ばね定数k，自然長lの質量の無視できるばねでつながれており，摩擦のない水平な床の上で一直線上を運動する場合を考える。小球1，2をつなぐばねをx_0だけ伸ばして，小球1，2をそれぞれ初速度v_1，v_2で放す。ただし，小球の運動における空気の抵抗は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

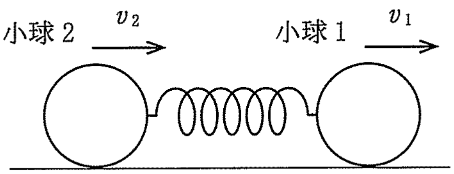

図1－1

問 1 最初にばねが最も縮んだときの小球1，2それぞれの速度を，m，l，k，x_0，v_1，v_2の中から必要なものを用いて表せ。

問 2 2回目にばねが最も縮んだときのばねの長さを，m，l，k，x_0，v_1，v_2の中から必要なものを用いて表せ。

問 3 最初にばねが最も縮んでから2回目にばねが最も縮むまでの時間を，m，l，k，x_0，v_1，v_2の中から必要なものを用いて表せ。

次に，図1－2のように，摩擦のない水平な床の上で，前問のばねでつながれた小球1，2が同じ速さVでばねの中点を中心にして等速円運動している場合を考える。

問 4　このときのばねの長さLをm，l，k，Vの中から必要なものを用いて表せ。

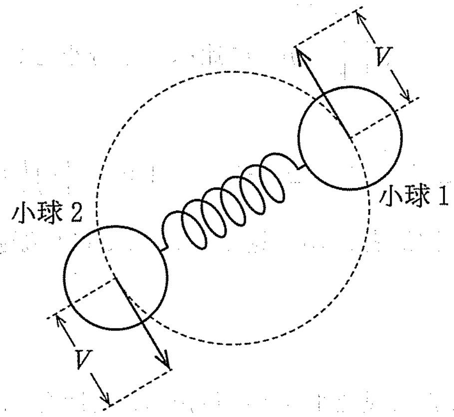

図 1－2

さらに，ばねの中点を動かさないようにして，小球 1，2 の力学的エネルギーを同じだけ少し増やした。その後の小球 1，2 の運動では，図 1－3 のように，小球 1，2 の速度のばねに垂直な方向の成分の大きさが$V+v$であるとき，ばねの長さを$L+x$とすると，それらの積の値は一定であり，

$$(V+v)(L+x)=VL$$

が成り立つものとする。

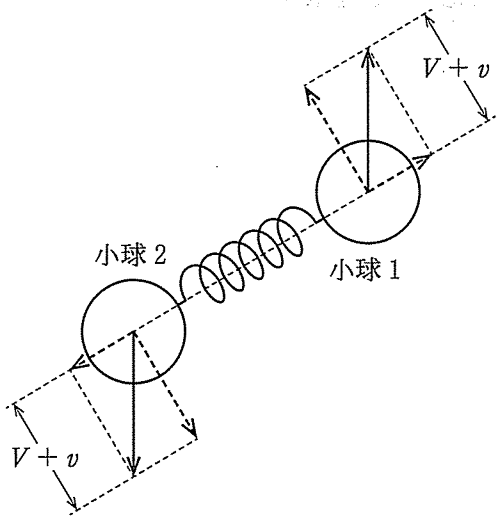

図 1－3

このとき，ばねの中点で常に小球 1 の方向を向いて回転している観測者 A から見ると，小球 1，2 は，ばねの復元力に加え，ばねの中点からそれぞれ小球 1，2 の向きに大きさ $2m\dfrac{(V+v)^2}{L+x}$ の慣性力を受けている。

ここでは，$\left|\dfrac{x}{L}\right|$ や $\left|\dfrac{v}{V}\right|$ が 1 に比べて十分小さい場合を考え，任意の実数 α に対して，

$$\left(1 \pm \frac{x}{L}\right)^{\alpha} \fallingdotseq 1 \pm \alpha\frac{x}{L}, \quad \left(1+\frac{v}{V}\right)\left(1+\frac{x}{L}\right) \fallingdotseq 1+\frac{v}{V}+\frac{x}{L}$$

と近似すると，観測者 A から見て小球 1，2 は単振動しているものと考えられる。

問 5　観測者 A から見た小球 1 の単振動の周期を，m，k，L，l の中から必要なものを用いて表せ。

問 6　床に静止している観測者 B から見た小球 1，2 のばねの中点のまわりの回転運動を速さ V の等速円運動と近似する。観測者 B から見て小球 1 がばねの中点のまわりを q 周まわる間に，観測者 A は単振動している小球 1 が p 回振動するのを見た。このとき，p，q は正の整数として，その比 $\dfrac{p}{q}$ は必ず 2 より大きくなることを示せ。

2 図 2－1 (a) のように，それぞれの誘電率が ε_1，ε_2 ($\varepsilon_1 > \varepsilon_2$)，密度が ρ_1，ρ_2 の液状の誘電体 A 1，A 2 が入った容器がある。誘電体 A 1 と A 2 の間には水平を保ってなめらかに動く質量の無視できる仕切り板があり，右側の仕切り板にはその高さを自由に調整できるように質量の無視できる棒が取り付けられている。仕切り板と容器の内壁のすきまを通して誘電体 A 1 と A 2 が混ざることはなく，誘電体 A 2 の液面は常に大気に触れているものとする。また，左右の誘電体 A 2 の深さをともに D とし，容器から誘電体がこぼれ出すことはないものとする。さらに，容器下部の小さい排出口は閉じられているものとする。容器の左右にある直方体状の管の大きさを，幅 d，奥行き ℓ とし，右側の管の両側には一辺の長さ ℓ ($\ell < D$) の正方形の導体板を取り付け，間隔 d の平行板コンデンサーをつくる。ここで，2 枚の極板の底辺はともに水平であり，極板の中心が誘電体の仕切り板の高さと一致するように取り付けられている。図 2－1 (b) は容器を正面から見た図で，z 軸を鉛直上向きを正方向に原点が極板の中心と一致するようにとる。また，以下では右側の仕切り板の z 座標を z_{d} を用いて表すものとする。

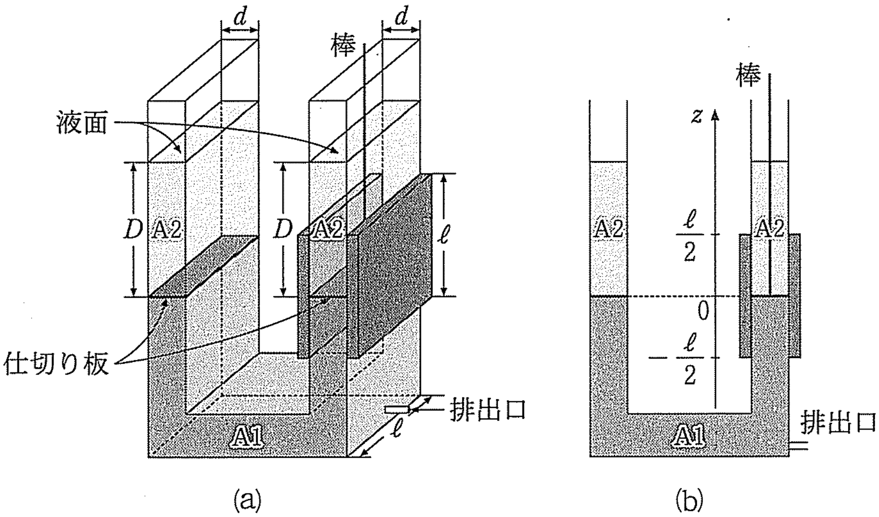

図 2－1

図 2 − 2 のように，内部抵抗の無視できる直流電源装置，インダクタンス L のコイルおよびスイッチ S1，S2 からなる回路を，スイッチ S1，S2 が開いた状態で平行板コンデンサーに接続した。重力加速度の大きさを g とし，容器の厚み，誘電体の表面張力および体積変化，仕切り板および棒の平行板コンデンサーの静電容量への影響は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

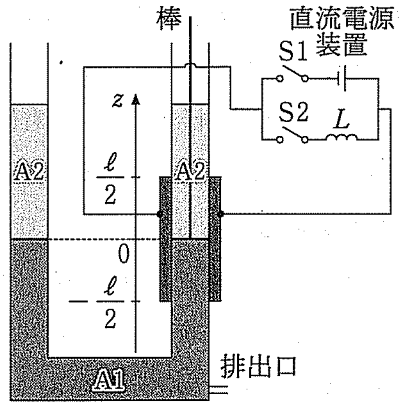

図 2 − 2

問 1　スイッチS1を閉じ，直流電源装置の起電力を0から$V_0(V_0 > 0)$までゆっくりと増加させたところ，右側の仕切り板はゆっくりと上昇し，$z_d = z_0 (0 < z_0 < \frac{\ell}{2})$の位置で静止した。このとき，$V_0$と$z_0$の関係を求めるために以下の考察を行う。空欄 $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(5)}$ に入る適切な数式を下のA群の中から，空欄 $\boxed{(6)}$ に入る適切な数式をB群の中から必要なものを用いて答えよ。なお，解答欄には解答のみを記せ。

まず，直流電源装置の起電力をV_0から変えないまま，右側の仕切り板を$z_d = z_1 (-\frac{\ell}{2} < z_1 < z_0)$までゆっくりと押し下げた。このとき，平行板コンデンサーに蓄えられるエネルギーの変化量は $\boxed{(1)}$ ，誘電体全体がもつ重力による位置エネルギーの変化量は $\boxed{(2)}$ となる。さらに，この間に直流電源装置は $\boxed{(3)}$ だけ仕事をしていることを用いると，仕切り板を押し下げる力がした仕事は $\boxed{(4)}$ と求まる。さて，仕切り板が受ける力は，誘電体を引き上げようとする力$\vec{F_1}$と誘電体全体の重力による位置エネルギーを減らす向きにはたらく力$\vec{F_2}$の和で表される。このうち力$\vec{F_2}$がした仕事は $\boxed{(2)}$ に等しいため，力$\vec{F_1}$がした仕事は $\boxed{(5)}$ ×$(z_0 - z_1)$となる。これより，誘電体を引き上げようとする力$\vec{F_1}$の大きさは $\boxed{(5)}$ と求まる。初めの$z_d = z_0$の状態では2つの力$\vec{F_1}$と$\vec{F_2}$がつりあっていたことから，z_0は $\boxed{(6)}$ と表せる。

A群：$\{\varepsilon_1,\ \varepsilon_2,\ \rho_1,\ \rho_2,\ D,\ d,\ \ell,\ g,\ V_0,\ z_0,\ z_1\}$

B群：$\{\varepsilon_1,\ \varepsilon_2,\ \rho_1,\ \rho_2,\ D,\ d,\ \ell,\ g,\ V_0,\ z_1\}$

問 2　図2−2において，スイッチS1を閉じ，直流電源装置の起電力を0からゆっくりと増加させて初めて$z_d = \frac{\ell}{2}$となったときの起電力をV_cとする。起電力が$V(-2V_c \leqq V \leqq 2V_c)$のとき，平行板コンデンサーの静電容量$C$を$\varepsilon_1$，$\varepsilon_2$，$\rho_1$，$\rho_2$，$D$，$d$，$\ell$，$g$，$V$の中から必要なものを用いて表せ。また，横軸を$V$，縦軸を$C$として，静電容量$C$と起電力$V$の関係を$-2V_c \leqq V \leqq 2V_c$の範囲で図示せよ。

問 3　前問において，直流電源装置の起電力を0から$V(-2V_c \leqq V \leqq 2V_c)$までゆっくりと変化させた間に直流電源装置がした仕事を，ε_1，ε_2，ρ_1，ρ_2，D，d，ℓ，g，Vの中から必要なものを用いて表せ。

問 4　問1において，容器の排出口を開き，$z_d = z_0$の状態より直流電源装置の起電力V_0は変えず，ゆっくりと単位時間あたり体積vの誘電体A1を排出した。排出を始めてから時間tたったときのz_dの値z_tを，ε_1，ε_2，ρ_1，ρ_2，D，d，ℓ，g，t，v，z_0の中から必要なものを用いて表せ。ただし，$z_t > -\frac{\ell}{2}$とする。

問 5　前問において，誘電体を排出し始めてから時間tの間に直流電源装置がした仕事を，ε_1，ε_2，ρ_1，ρ_2，D，d，ℓ，g，t，v，V_0の中から必要なものを用いて表せ。

問 6　問1において，$z_d = z_0$の状態よりスイッチS1を開きスイッチS2を閉じた。このとき，スイッチS2を閉じてから時間tたったときの平行板コンデンサーの電位差V_Cを考える。誘電率ε_1とε_2は十分に近い値であり，平行板コンデンサーの静電容量は常に$z_d = 0$のときの値で近似できるものとすると，V_Cはある角振動数ωを用いて$V_C = V_0 \cos \omega t$と表せる。また，右側の仕切り板の高さは常に力のつりあいを保ったままゆっくりと変化し，ある周期Tで上昇と下降をくり返した。この周期Tをε_1，ε_2，ρ_1，ρ_2，D，d，ℓ，g，Lの中から必要なものを用いて表せ。

$\boxed{3}$ 以下の［1］～［5］の文中にある空欄 $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(20)}$ に入る適切な数式または語句を答えよ。なお，解答欄には解答のみを記せ。

［1］ 焦点距離 f の凹レンズから距離 a にある物体の像(虚像)が，レンズから距離 b の位置にできるものとする。このとき a，b，f には関係(レンズの式) $\boxed{(1)}$ が成り立つ。凸レンズに対しても物体の実像，虚像それぞれに応じて同様の関係が成り立つ。これら3つの関係式は，a は常に正であるが，b と f には符号をもたせてそれらの正負を以下のように定めると，$\boxed{(2)}$ のように1つにまとめられる。

・b は，像がレンズの後方にあれば $\boxed{(3)}$ ，前方にあれば $\boxed{(4)}$ とする。

・f は，凸レンズのとき $\boxed{(5)}$ ，凹レンズのとき $\boxed{(6)}$ とする。

［2］ 図3－1のように，物体AA′を凸レンズを通して見る場合と，距離 D 離して直接見る場合との大きさの比を考える。焦点距離 f の凸レンズLにより点Cから距離 D の位置にできる虚像BB′は，物体AA′に対して m 倍の大きさとする。点Cから凸レンズLまでの距離 d $(0 < d < D)$，および凸レンズLから物体AA′までの距離 a $(0 < a < f)$ は変えられるものとする。このとき，m は常に $\boxed{(7)}$ より小さいことがわかる。

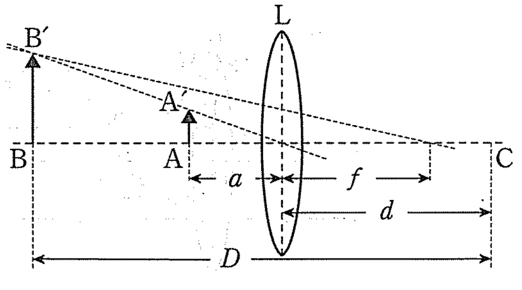

図3－1

［3］ 図3－2には点Pにある焦点距離f_1の凸レンズL_1とそれを通る光線の1つが実線(折れ線)で描かれている。レンズL_1および光軸と光線との交点をそれぞれQ，Aとする。また，レンズL_1より左側の光線を延長した直線と光軸との交点をBとする。レンズL_1から点Aまでの距離を$a_1(<f_1)$，点Bまでの距離をb_1とする。

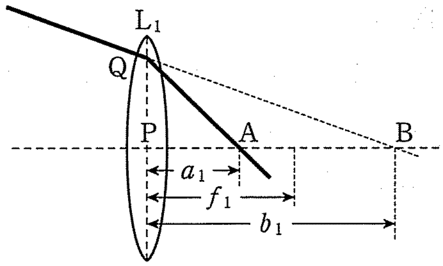

図3－2

このとき，図3－3のように，仮想的に点Bの位置に高さPQに等しい像BB′があると考える。光軸に垂直な点Aを通る直線と直線B′Pとの交点をA′とする。さらに，レンズL_1上に点P′をPP′＝AA′となるようにとり，直線B′P′と光軸との交点をC，点CとレンズL_1の距離をxとする。このとき，三角形の相似より，xはa_1，b_1を用いて$x=$ (8) と表せる。また，この作図より点CはレンズL_1の (9) である。

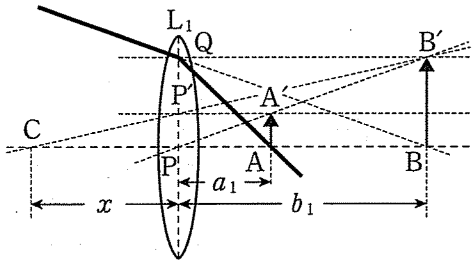

図3－3

［4］ 次に，図3－4のように，それぞれの焦点距離がf_1，f_2の2枚の凸レンズL_1，L_2を光軸を共通にして間隔$d(<f_1+f_2)$に配置した場合を考える。図3－4の2本の実線（折れ線）は2枚のレンズを通る光線であり，光線1はレンズL_2の右側，光線2はレンズL_1の左側で光軸に平行である。点P_1は，2枚のレンズの外側にある光線1のそれぞれの部分を延長した直線の交点から光軸に下ろした垂線と光軸との交点である。また，点P_2は同様にして光線2から求まる点である。

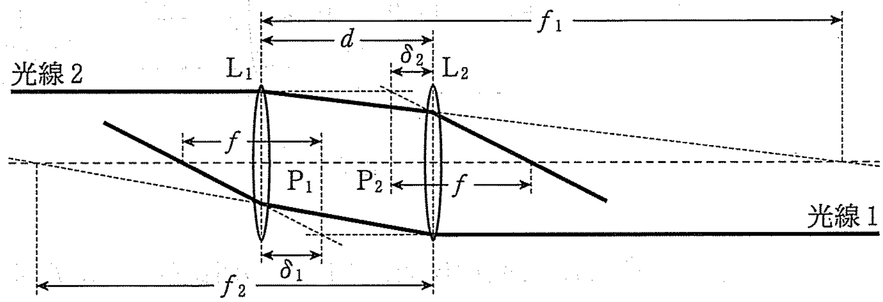

図3－4

さて，ここで2枚のレンズL_1，L_2を仮想的に1枚のレンズと考え，それを組み合わせレンズと呼ぶ。組み合わせレンズの焦点距離をfとすると，組み合わせレンズの両側の焦点はそれぞれ点P_1，P_2から距離fの点となる。図3－4のレンズL_1と点P_1との距離δ_1は，2種類の三角形の相似より，d，f，f_2を用いて$\delta_1=$ $\boxed{(10)}$ となる。同様に，レンズL_2と点P_2との距離δ_2はd，f，f_1を用いて$\delta_2=$ $\boxed{(11)}$ となる。さらに，レンズL_1に対するレンズの式より，d，f，f_2，δ_1を用いて$\dfrac{1}{f_1}=$ $\boxed{(12)}$ となる。これらより，f，δ_1，δ_2はd，f_1，f_2を用いて，$\dfrac{1}{f}=$ $\boxed{(13)}$ ，$\delta_1=$ $\boxed{(14)}$ ，$\delta_2=$ $\boxed{(15)}$ と表せる。

[5] 最後に，組み合わせレンズの像について考える。[4]と同じ2枚のレンズL_1，L_2の配置に対して，図3－5のように，レンズL_1から距離aにある物体A_1B_1の像A_2B_2がレンズL_2の後方の距離bの位置にできる場合を考える。

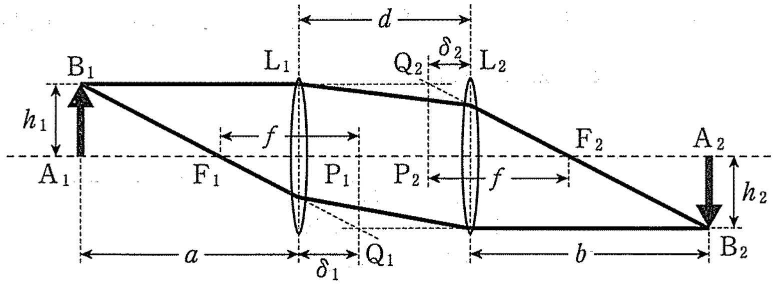

図3－5

倍率$m=\dfrac{h_2}{h_1}$は，$\triangle A_1F_1B_1$と$\triangle P_1F_1Q_1$の関係から，a，f，δ_1を用いて$m=$ $\boxed{(16)}$ と表せる。同様に$\triangle B_2A_2F_2$に着目することから，b，f，δ_2を用いて$m=$ $\boxed{(17)}$ も成り立つ。両式より倍率mはa，b，δ_1，δ_2を用いて$m=$ $\boxed{(18)}$ と表せる。これらより，直線B_1P_1とB_2P_2は $\boxed{(19)}$ であることがわかる。以上により，a，b，d，f，δ_1，δ_2から必要なものを用いると，組み合わせレンズのレンズの式に対応する関係 $\boxed{(20)}$ が成り立つことがわかる。