

平成 2 9 年度

理工学群物理学類 推薦入試

小 論 文 試 験 問 題

注意事項

- ① 試験時間は120分です。
- ② 問題Ⅰ～Ⅲのすべてに解答せよ。
- ③ 解答用紙は各問題に対して1枚使用し、それぞれの解答用紙には「問題Ⅰ」のように問題番号を明記すること。
- ④ 解答を書ききれない場合は、「裏へ」と明記してその解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ⑤ 下書き用紙は採点しない。

問題I

図1のように、自然長 ℓ のばねに質量 m のおもりを天井からつるしたところ、ばねの長さが d だけ伸びて静止した。このつり合いの位置で、おもりの下に自然長のゴムひもをつけ下端を固定した。ゴムひもは、自然長のときは自由にたるみ、自然長より伸びているときにのみ、伸びに比例する張力を生じる。重力加速度の大きさを g とし、ばねとゴムひもの質量、および空気抵抗は無視できるものとして、以下の問に答えよ。

問1. おもりの位置を図1のつり合いの位置から鉛直下向きに静かに a だけ引き下げた。このときの仕事 W を求めよ。

問2. 次におもりを時刻 $t=0$ で静かにはなし、おもりをつり合いの位置の上下に小さく振動させた。おもりがつり合いの位置にもどったときの速さ v を求めよ。

問3. おもりは、つり合いの位置から $\frac{a}{2}$ だけ上の位置まで上昇した。ゴムひもの伸びと張力の間の比例定数 k を求めよ。

問4. おもりの振動の周期 T を求めよ。

問5. おもりの変位 x を、図1のようにつり合いの位置から鉛直下向きを正として、 x の時間変化を図示せよ。

今度は、おもりの下につけたゴムひもを取り、図2のように質量 M のおもりを糸でつないだところ、ばねの長さがさらに伸びて静止した。このつり合いの位置から鉛直下向きに b だけ引き下げたあと、静かにはなし、糸がたるまないように、2つのおもりをつり合いの位置の上下に小さく振動させた。ばねの質量、空気抵抗、糸の質量と糸の伸びは無視できるものとして、以下の問に答えよ。

問6. おもりの変位 x を、図2のようにつり合いの位置からはかるものとして、糸の張力の大きさ S と x の関係を示せ。

問7. 糸がたるむことなく2つのおもりが単振動できる b の範囲を定めよ。

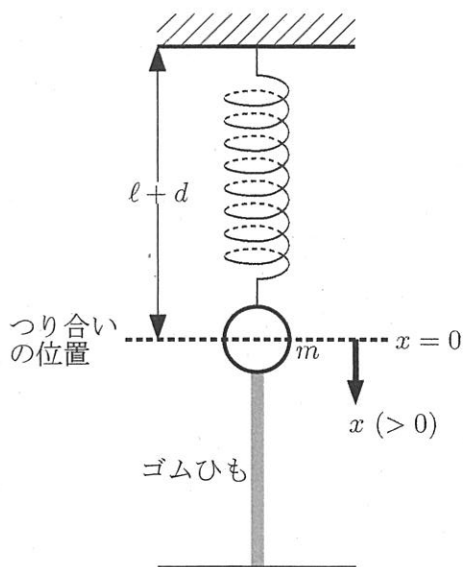


図1

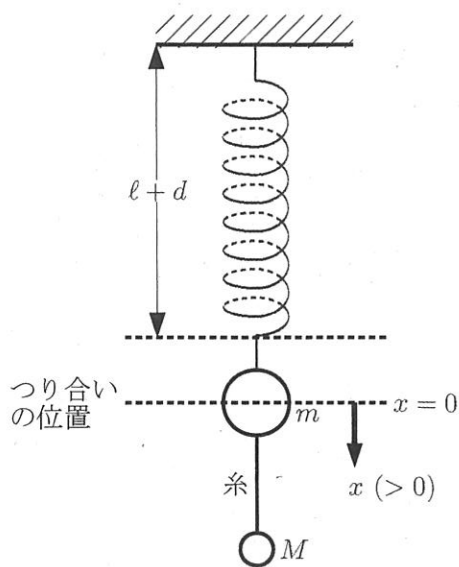


図2

問題 II

電場の方向や強さを図示する方法として、電気力線を用いる場合がある。電気力線は正の電荷（または無限遠）から出発し負の電荷（または無限遠）で終わる曲線または直線である。そして、電気力線の各点において電気力線の向きに引いた接線は、その点での電場の向きになる。したがって電気力線は交差したり枝分かれしたりしない。さらに、電場が強いところほど電気力線が密集するという性質をもつ。クーロンの法則の比例定数を k_0 として、以下の問に答えよ。

問 1. 電荷 Q をもつ点電荷から距離 r 離れた点での電場と電気力線の間係を考えることにより、電気力線の総本数は電荷 Q に比例し、距離 r によらないことを示せ。

問 2. 上の関係は点電荷の場合だけでなく、電荷が広がって分布している場合にも成り立つことが分かっている。図 1 のように、単位体積当たり ρ の正電荷が一様に分布した半径 R の球を考え、この球から出る電気力線の総本数を求めよ。さらに、球の中心を通る平面における電気力線の概略を図示せよ。

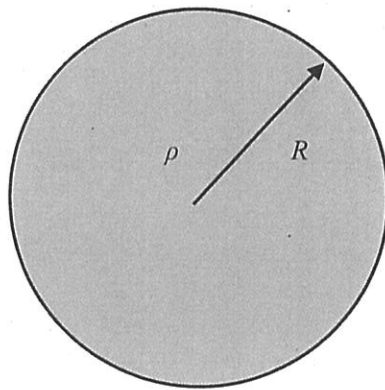


図 1

問 3. 図 1 の球の中心から距離 r ($r > R$) での電場の大きさ $E(r)$ を求めよ。

問4. 次に、図2のように、図1の球の半径 R' ($R' < R$) より内側をくりぬいてできた球殻を考える。問2と同じ単位体積当たり ρ の正電荷が球殻に一樣に分布しているとする。この球殻から出る電気力線の総本数を求めよ。さらに、問2の場合との違いに注意して、球殻の中心を通る平面における電気力線の概略を図示せよ。

問5. 図2の球殻の外側 ($r > R$) と内側 ($r < R'$) の電場の大きさを求めよ。

問6. 図1の球の中心から距離 r ($r \leq R$) における電場の大きさ $E(r)$ を求め、問3の結果も含めて図示せよ。

問7. 図1の球に図3のように中心を通るまっすぐな細長い穴をあけ、質量 m の負電荷 $-q$ ($q > 0$) を帯びた粒子を穴の入口で静かにはなした。球の中心を原点 O とし、 X 軸を穴に沿って図3のようにとる。この粒子の X 軸上の位置を x 、加速度を a として粒子の運動方程式を書き、粒子はどのような運動をするか説明せよ。ただし、重力と空気抵抗は無視でき、粒子は穴に接触せずに運動するとする。

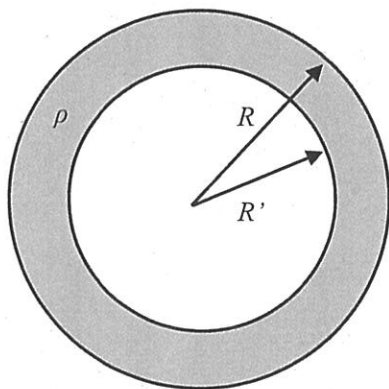


図2

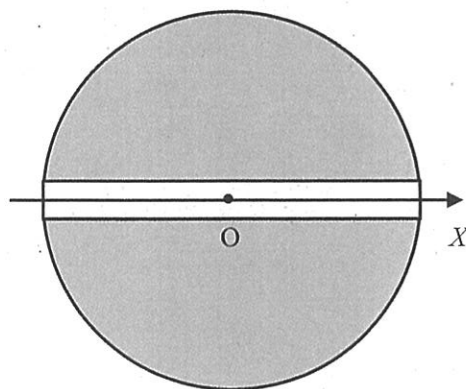


図3

問題 III

同じ材質でできた 2 つの壁 A, B が図 1 のように距離 L 隔てて平行に置かれている。2 つの壁の中央の位置 O において、壁 A に向かって一定周波数 f の音を発生し、同じ位置 O で音の強さを測定した。音波は、壁に対して垂直に入射し、壁で反射する波のみを考える。音速を 340 m/s とし、以下の問に答えよ。

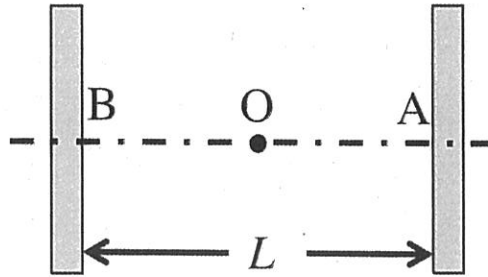


図 1

問 1. $L=1 \text{ m}$ とし、位置 O で測定される音の強度を考えたい。以下の (1), (2) について図を使って説明せよ。

- (1) 一般に、反射波は壁で吸収等により減衰するが、ここでは、反射波の減衰は無視する。音源からの音、壁 A で反射して戻ってきた音、さらに壁 B に進み反射して戻ってきた音に注目して、位置 O で強め合うか弱め合うか、 $f=340 \text{ Hz}$ と 170 Hz の場合について理由をつけて説明せよ。
- (2) 周波数を 100 Hz から 900 Hz まで変化させたとき、測定される強度の概略を図示せよ。縦軸の目盛は不要でおおよその形が分かればよいが、横軸の周波数の目盛は単位とともに明示すること。

問 2. 音源の周波数を 500 Hz に保ったまま、2 つの壁をくっつけ、位置 O から等間隔ずつ離れた。最初に音の強度が極めて強くなる距離を $L=L_1$ とする。次に、この状態で音の強度を変えずに周波数を 500 Hz の前後で変化させた時、測定される音の強度が図 2 の実線のようにになった。さらに L を少し離し $L=L_2$ にして同じ測定器で強度測定をした場合、図 2 の破線のようにになった。

- (1) ある音について、音の強度と周波数が不明ではあるが、周波数は $400 \sim 700$

Hz の間であることはわかっているとしよう。この場合、距離 L_1 と L_2 で音の強度を測定すれば、周波数が判定できること、ただし、特定の条件では、周波数が決定できないことを説明せよ。

- (2) 周波数が 400～700 Hz の音源に対して、音の強度測定だけから周波数を必ず判定できるようにするには、測定条件をどのように変更すれば良いかを提案せよ。

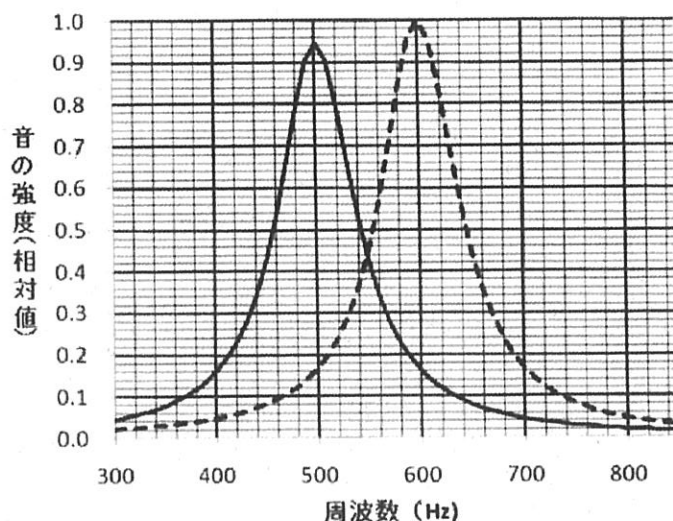


図 2

- 問 3. 一般に図 2 の曲線（共鳴曲線とよぶ）のように、共鳴周波数から外れても強度がすぐに小さくならない周波数の幅（共鳴周波数幅とよぶ）がある。装置の音を止めた後、しばらく音が残響として観測された。反射波の減衰量が、残響時間の長短、共鳴周波数幅の大小へどのように影響するかを考察することで、共鳴周波数幅と残響時間の関連がどうなっているか推察せよ。