

令和4年度(後期日程)

入学者選抜学力検査問題

# 物 理

## 〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は4ページからなっています。また、解答用紙は2枚、下書用紙は1枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、この冊子、解答用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の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。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙(合計2枚)の受験番号欄(合計4箇所)に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この冊子の白紙と余白は、計算などに適宜使用してよい。
5. 解答は、必ず別紙の解答用紙の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。その際、特に要求されていなければ、途中の計算式などを書かずに、設問に対する答えのみを記入しなさい。
6. 解答用紙の欄外や裏面には何も記入しないこと。
7. 下書用紙への記入の有無・内容は自由です。
8. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
9. この冊子および下書用紙は、持ち帰りなさい。

## 訂正箇所及び訂正内容

1 ページ

Ⅰ 14行目の文章

[誤] …がつながれている。なお、棒DB、糸、ばねの質量は考えないものとし、…

↓

[正] …がつながれている。なお、棒DB、糸、糸巻、ばねの質量は考えないものとし、…

I 図1のように一様な棒 AB を点 C で接するように台に立てかけた。棒は質量が  $m$ 、長さが  $L$ 、AC 間距離は  $\frac{5}{8}L$ 、台の高さは  $\frac{1}{2}L$  とする。棒と床の間には静止摩擦係数を  $\mu$  とする摩擦があり、棒と台の間には摩擦がない。棒 AB が図1の状態です静止しているとき、点 A における摩擦力の大きさを  $F$ 、垂直抗力の大きさを  $N_A$ 、点 C における垂直抗力の大きさを  $N_C$  とする。なお、点 C における垂直抗力は棒に垂直に作用する。また、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

- (1) 水平方向と鉛直方向の力のつり合い式を書け。
- (2) 点 A のまわりの力のモーメントのつり合い式を書け。
- (3)  $F$ 、 $N_A$ 、 $N_C$  を  $m$  と  $g$  を用いて表せ。
- (4) 棒 AB がすべらないための  $\mu$  の条件を求めよ。答えは分数を用いてもよい。

図1の状態に対して、図2のように質量が  $m$ 、半径が  $\frac{1}{8}L$  の球を棒 AB 上に置く。この球は点 B に垂直に取り付けられた長さ  $\frac{1}{8}L$  の棒 DB の点 D に糸でつながれている。点 D には糸巻が取り付けられ、糸の長さを変えることができる。また、糸の途中にはばね定数  $k$  のばねがつながれている。なお、棒 DB、糸、ばねの質量は考えないものとし、棒 AB と球の間に摩擦はなく、糸は棒 AB と平行であるとする。点 A から距離  $\frac{1}{8}L$  の棒 AB 上の位置を点 E、点 A と球が棒 AB と接する点の間の距離は  $aL$  ( $\frac{1}{8} \leq a \leq \frac{5}{8}$ ) とする。

- (5) 図2の状態です棒 AB と球が静止しているとき、ばねの弾性エネルギーを  $m$ 、 $g$ 、 $k$  を用いて表せ。
- (6) 球が点 C において棒 AB に接している状態で、球とばねの間の糸を切ったところ、球は棒 AB 上をすべり降りた。球の棒 AB と接する位置が点 E に達したときの球の速さを  $L$  と  $g$  を用いて表せ。なお、球が点 C から点 E まで移動する間、棒はすべりださないとする。

あらためて図2の状態にした。

- (7) 棒 AB と球が静止しているとき、点 A における摩擦力の大きさ  $F'$ 、垂直抗力の大きさ  $N'_A$ 、点 C における垂直抗力の大きさ  $N'_C$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $a$  を用いて表せ。なお、点 C における垂直抗力は棒に垂直に作用する。
- (8) 球を点 E の位置に接するように置き、糸巻で球をゆっくりと引き上げる。静止摩擦係数  $\mu = \frac{1}{2}$  のとき、棒がすべりださない  $a$  の条件を求めよ。答えは分数を用いてもよい。

(配点率 50%)

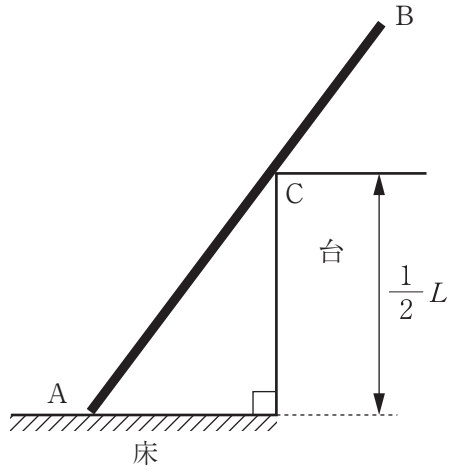


图 1

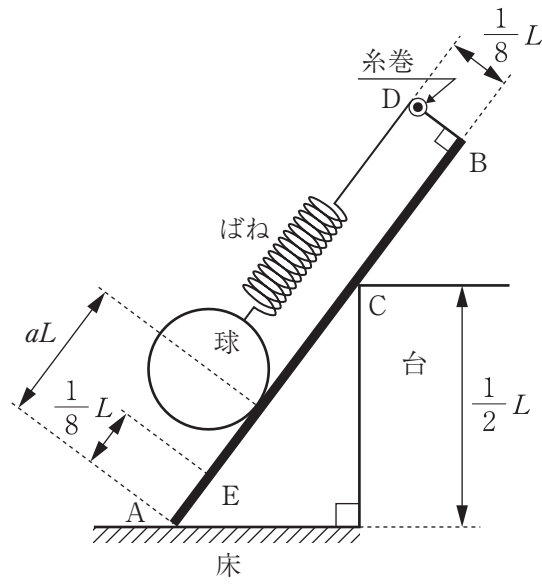


图 2

Ⅱ 一辺の長さが  $L$  の正方形の導体の極板 2 枚を間隔  $d$  で向かい合うように置いた平行板コンデンサーがある。この平行板コンデンサーは真空中に設置されており、その電気容量を  $C$  とする。ただし、真空の誘電率は  $\epsilon_0$  とし、間隔  $d$  は極板の一辺  $L$  に比べて十分に小さいものとする。

図 1 のように、このコンデンサーに金属板 M または誘電体 D を挿入することを考える。挿入する金属板 M と誘電体 D はともに厚み  $\frac{1}{2}d$ 、幅  $L$ 、奥行き  $L$  である。また、この誘電体 D の比誘電率は 2 である。このコンデンサーを使い、起電力  $V$  の電池とスイッチ S を組み込んだ図 2 のような回路を作製した。なお、金属板 M または誘電体 D は図 1 に示すコンデンサーの  $x$  軸方向に対して自由に平行移動ができ、奥行き方向は常に 2 枚の極板の位置と一致している。この  $x$  軸は 2 枚の極板の左端を原点とし、右向きを正とする。以下の問(1)~(10)に答えよ。

金属板 M や誘電体 D を挿入する前に、スイッチ S を閉じて充電した。

- (1) このときのコンデンサーの電気容量  $C$  を  $L, d, \epsilon_0$  を用いて表せ。
- (2) コンデンサーに蓄えられた電気量を  $L, d, \epsilon_0, V$  を用いて表せ。

次に、スイッチ S を閉じたまま、図 1 のように金属板 M がコンデンサーの間隔の中央の位置となるようにしながら、 $x$  ( $0 < x < L$ ) の位置で保持した。

- (3) このときのコンデンサーの電気容量を  $C, L, x$  を用いて表せ。
- (4) コンデンサーに蓄えられた電気量を  $C, L, V, x$  を用いて表せ。

ここで金属板 M を  $x$  から微小距離  $\Delta x$  だけ、外力を加えながらゆっくりと  $x + \Delta x$  の位置まで移動させた。この移動では電池の内部抵抗や配線での発熱によるエネルギー損失はないものとする。

- (5) このとき電池がした仕事を  $C, L, V, \Delta x$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (6) この  $\Delta x$  だけ移動する間にコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーの増加分を  $C, L, V, \Delta x$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) 金属板 M に加えた外力の大きさを  $C, L, V, \Delta x$  のうち必要なものを用いて表せ。

誘電体 D についても金属板 M を挿入したときと同様に、誘電体 D を挿入する前にスイッチ S を閉じて充電した。その後スイッチ S を閉じたまま、図 1 のように、誘電体 D がコンデンサーの間隔の中央の位置となるようにしながら、 $x$  ( $0 < x < L$ ) の位置で保持した。

- (8) このときのコンデンサーの電気容量を  $C$ ,  $L$ ,  $x$  を用いて表せ。  
 (9) コンデンサーに蓄えられた電気量を  $C$ ,  $L$ ,  $V$ ,  $x$  を用いて表せ。

先ほどと同様に誘電体  $D$  を  $x$  から微小距離  $\Delta x$  だけ、外力を加えながらゆっくりと  $x + \Delta x$  の位置まで移動させた。この移動では電池の内部抵抗や配線での発熱によるエネルギー損失はないものとする。

- (10) 誘電体  $D$  に加えた外力の大きさを  $C$ ,  $L$ ,  $V$ ,  $\Delta x$  のうち必要なものを用いて表せ。  
 (配点率 50%)

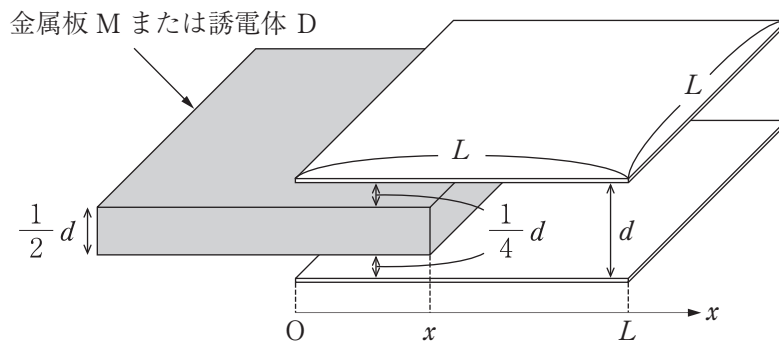


図 1

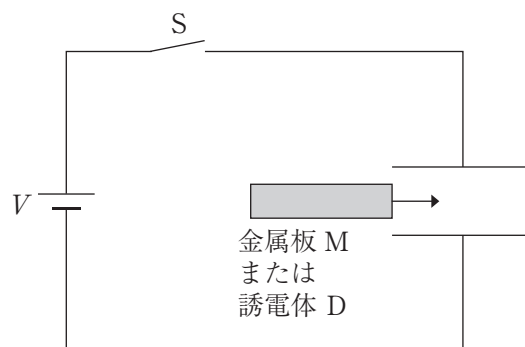


図 2

(以 上)