

2

次の問題の 中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。
(同じ番号を何回用いてもよい。)

(40点)

図2-1のような回路を考える。Sはスイッチ、Vは起電力V[V]の電池である。AとBは平行板コンデンサーで、同じ面積の正方形の極板を持つ。AとBとともに極板間は空気でみたされている。

Aの極板間隔は一定距離 a [m]に固定されており、その電気容量は C_0 [F]である。Bの極板間の距離は変えることができ、片方の極板 B_1 は伸び縮みしない細い糸で、滑車を通じて質量 M [kg]のおもりにつながっている。重力加速度の大きさは g [m/s²]とする。滑車および極板の動きはなめらかで摩擦はない。糸がたるむことはなく、滑車や導線が極板 B_1 の運動をさまたげることはないとする。滑車、極板の質量は小さく無視でき、極板の移動に伴って発生する電磁波のエネルギーは無視できるものとする。なお、極板間の距離は極板の辺の長さと比較してじゅうぶん小さいとする。

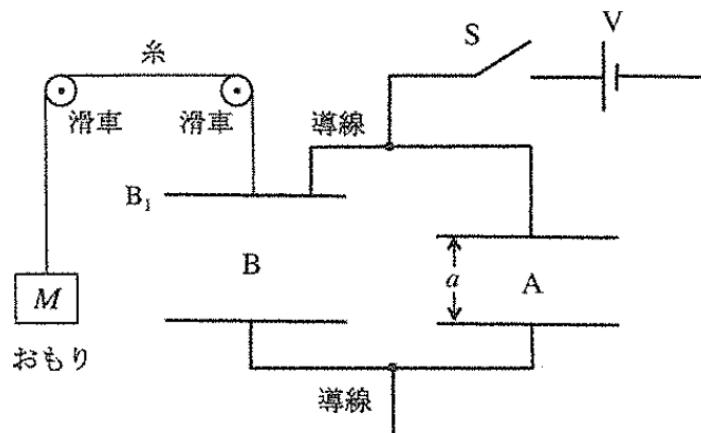


図2-1

(1) コンデンサー B の極板間隔を a [m] に固定し、スイッチ S を閉じる。このとき、コンデンサー B には電荷 $\boxed{\text{ア}} \times C_0 V$ [C] が蓄えられる。スイッチ S を開いた後、B の極板間隔を x [m] に変えて固定する。このとき、B の電気容量は $\boxed{\text{イ}} \times C_0$ [F] となる。コンデンサー B に蓄えられた電荷は $\boxed{\text{ウ}} \times C_0 V$ [C] となり、コンデンサー B の極板間の電位差は $\boxed{\text{エ}} \times V$ [V] である。極板上の電荷は、もう一方の極板が作る電場から力を受ける。この電場の強さは、コンデンサー内の電場の強さの $\boxed{\text{オ}}$ 倍であるので、コンデンサー B の極板間に働く静電気力の大きさは $\boxed{\text{カ}} \times C_0 V^2$ [N] である。コンデンサー B に蓄えられた静電エネルギーは $\boxed{\text{キ}} \times C_0 V^2$ [J] である。

次に、Sを開いたまま極板 B_1 を手でゆっくりと移動させ、極板 B_1 に作用する静電気力と糸の張力のつりあいの位置を見つけた。このときの極板間隔は $\boxed{\text{ク}}$ [m] である。

さらに極板 B_1 を手でゆっくりと移動させ、極板間の距離が a [m] になったとき手を離したところ、おもりは落下しはじめた。手を離した直後のおもりの加速度は $\boxed{\text{ケ}}$ [m/s²] である。ただし、加速度は鉛直下向きを正にとするものとする。極板間の距離が X [m] となったときのおもりの落下の速さを v_1 [m/s] とすると、 $v_1 = \boxed{\text{コ}} \times \sqrt{X - a}$ である。

(ア), (イ), (ウ), (エ), (オ), (キ) の解答群

① $\frac{1}{2}$

② 1

③ $\frac{a}{x}$

④ $\frac{a^2}{x^2}$

⑤ $\frac{a^2}{2x^2}$

⑥ $\frac{2a}{x+a}$

⑦ $\frac{2x}{x+a}$

⑧ $\frac{2a^2}{(x+a)^2}$

⑨ $\frac{2ax}{(x+a)^2}$

(力) の解答群

① $\frac{1}{x}$

② $\frac{1}{2x}$

③ $\frac{a}{x^2}$

④ $\frac{2}{x+a}$

⑤ $\frac{2x}{a(x+a)}$

⑥ $\frac{2a}{(x+a)^2}$

⑦ $\frac{2x}{(x+a)^2}$

(ク) の解答群

① $a + \sqrt{\frac{C_0 V^2 a}{Mg}}$

② $a + \sqrt{\frac{2C_0 V^2 a}{Mg}}$

③ $a - \sqrt{\frac{C_0 V^2 a}{Mg}}$

④ $\sqrt{\frac{C_0 V^2 a}{Mg}} - a$

⑤ $\sqrt{\frac{2C_0 V^2 a}{Mg}} - a$

(ヶ) の解答群

① $g + \frac{C_0 V^2}{Ma}$

① $g + \frac{C_0 V^2}{2Ma}$

② $g - \frac{C_0 V^2}{Ma}$

③ $g - \frac{C_0 V^2}{2Ma}$

④ $\frac{C_0 V^2}{Ma} - g$

⑤ $\frac{C_0 V^2}{2Ma} - g$

(コ) の解答群

① $\sqrt{2g + \frac{2C_0 V^2}{M(X+a)}}$

① $\sqrt{2g + \frac{4C_0 V^2}{M(X+a)}}$

② $\sqrt{2g - \frac{2C_0 V^2}{M(X+a)}}$

③ $\sqrt{2g - \frac{4C_0 V^2}{M(X+a)}}$

④ $\sqrt{\frac{2C_0 V^2}{M(X+a)} - 2g}$

⑤ $\sqrt{\frac{4C_0 V^2}{M(X+a)} - 2g}$

- (2) コンデンサー B の極板間隔を a [m] に固定し、スイッチ S を閉じる。スイッチ S を閉じたまま、B の極板間隔を x [m] に変えて固定する。コンデンサー B の極板間に働く静電気力の大きさは $\boxed{\text{(サ)}} \times C_0 V^2$ [N] である。

次にスイッチ S を閉じたまま極板 B_1 の固定をはずし、手でゆっくりと極板 B_1 を移動させて極板間の距離を a [m] とする。そして手を離したところ、おもりは落下しはじめた。手を離した直後のおもりの加速度は $\boxed{\text{(シ)}}$ [m/s²] である。ただし、加速度は鉛直下向きを正にとるものとする。極板間の距離が X [m] となったときのおもりの落下の速さを v_2 [m/s] とする。小問(1)の $v_1 = \boxed{\text{(コ)}} \times \sqrt{X - a}$ とのあいだに、 $\boxed{\text{(ス)}}$ という関係がある。

(サ) の解答群

① $\frac{1}{x}$

② $\frac{1}{2x}$

③ $\frac{a}{x^2}$

④ $\frac{a}{2x^2}$

⑤ $\frac{2}{x+a}$

⑥ $\frac{2x}{a(x+a)}$

⑦ $\frac{2a}{(x+a)^2}$

⑧ $\frac{2x}{(x+a)^2}$

(シ) の解答群

① $g + \frac{C_0 V^2}{Ma}$

② $g + \frac{C_0 V^2}{2Ma}$

③ $g - \frac{C_0 V^2}{Ma}$

④ $g - \frac{C_0 V^2}{2Ma}$

⑤ $\frac{C_0 V^2}{Ma} - g$

⑥ $\frac{C_0 V^2}{2Ma} - g$

(ス) の解答群

① $v_1 < v_2$

② $v_1 = v_2$

③ $v_1 > v_2$