

物理基礎・物理

(全問必答)

第1問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕 (配点 30)

図1に示した実験装置は、精度の高いデジタル式上皿はかりと、断面が直角三角形で質量が M の物体ABC、そして質量が m の物体Pからなる。物体ABCの頂点Aには固定金具が取り付けられてあり、この金具に粘着力の弱い両面テープを貼り付けることで物体Pを固定している。粘着力が弱いため、しばらく待っていると物体Pは固定金具から離れて斜面を滑りはじめる。

この実験装置の目的は、物体Pが固定金具に貼り付いているときの上皿はかりの目盛と、物体Pが固定金具から離れ斜面を滑り降りている状態での上皿はかりの目盛とが同じなのか、もし、違うのであれば、どれくらい異なるのかを調べることである。ただし、斜面の底面BCと上皿はかりの皿との静止摩擦力は強く、実験中に物体ABCが皿からずれることはないものとし、物体Pと斜面ABとの動摩擦係数を μ' 、斜面ABと底面CBの間の角度を θ 、重力加速度の大きさを g とする。

この実験では、後の問い(問4～6)のように、形状や動摩擦係数が異なる3タイプの斜面を用意して計測を行った。

両面テープ付固定金具

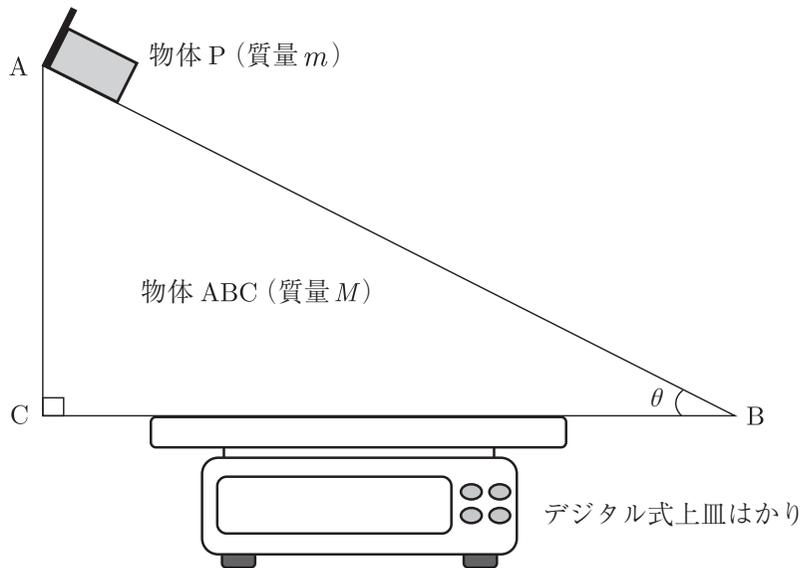


図 1

問1 斜面の下向きを正としたときの、物体 P が斜面を滑り降りるときの加速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① $g(\sin\theta + \mu' \cos\theta)$ ② $g(\sin\theta - \mu' \cos\theta)$
 ③ $g(\cos\theta + \mu' \sin\theta)$ ④ $g(\cos\theta - \mu' \sin\theta)$

問2 物体 P が斜面を滑り降りているとき、物体 ABC が上皿はかりから受ける垂直抗力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

2

- ① $(M + m)g$
 ② $(M + m)g - mg \cos\theta (\sin\theta + \mu' \cos\theta)$
 ③ $(M + m)g + mg \sin\theta (\cos\theta + \mu' \sin\theta)$
 ④ $(M + m)g - mg \sin\theta (\sin\theta - \mu' \cos\theta)$

物理基礎・物理

問3 物体Pが斜面を滑り降りているとき、物体ABCの底面BCにはたらく静止摩擦力はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、水平右向きを正とする。 3

- ① $mg \sin \theta (\sin \theta - \mu' \cos \theta)$ ② $mg \sin \theta (\cos \theta - \mu' \sin \theta)$
③ $mg \cos \theta (\sin \theta - \mu' \cos \theta)$ ④ $mg \cos \theta (\cos \theta - \mu' \sin \theta)$

問4 $M = m$, $\mu' = 0$, $\theta = 45^\circ$ のときの、

$\frac{\text{物体Pが斜面を滑っているときのはかりの目盛}}{\text{物体Pが斜面を滑りだす前のはかりの目盛}}$

の比の値として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① 1 ② $\frac{6}{5}$ ③ $\frac{5}{6}$ ④ $\frac{3}{4}$

問5 $M = m$, $\mu' = 0.75$, $\overline{AB} : \overline{BC} : \overline{CA} = 5 : 4 : 3$ の設定で実験を行ったら、物体Pは両面テープから離れなくなった。そこで、斜面に表面処理を施し、AからBに向かって最初の3分の1ほどを $\mu' = 0$ 、それ以降を $\mu' = 0.75$ になるように加工したところ、物体Pは両面テープから離れ斜面を滑り降りるようになった。このときの、

$\frac{\text{物体Pが}\mu' = 0.75\text{の斜面を滑っているときのはかりの目盛}}{\text{物体Pが斜面を滑りだす前のはかりの目盛}}$

の比の値として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 1 ② $\frac{33}{30}$ ③ $\frac{27}{30}$ ④ $\frac{47}{50}$

- 問 6 $M = m$, $\mu' = 0.8$, $\overline{AB} : \overline{BC} : \overline{CA} = 5 : 4 : 3$ の設定で実験を行ったら、
 問 5 と同様に物体 P は両面テープから離れなかった。そこで、斜面に表面処理を施し、A から B に向かって最初の 3 分の 1 ほどを $\mu' = 0$ 、それ以降を $\mu' = 0.8$ になるように加工したところ、物体 P は両面テープから離れ斜面を滑り降りるようになった。このときの、

$$\frac{\text{物体 P が } \mu' = 0.8 \text{ の斜面を滑っているときのはかりの目盛}}{\text{物体 P が斜面を滑りだす前のはかりの目盛}}$$

の比の値として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

- ① 1 ② $\frac{123}{125}$ ③ $\frac{247}{250}$ ④ $\frac{253}{250}$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 15)

図1のように、電気抵抗 A , B , C , D と起電力 E [V] の直流電源とスイッチ S とを接続した。 A , B , C , D の抵抗値はそれぞれ R [Ω], $2R$ [Ω], $3R$ [Ω], $4R$ [Ω] であり、4個の電気抵抗以外の回路の抵抗はすべて無視できるものとする。

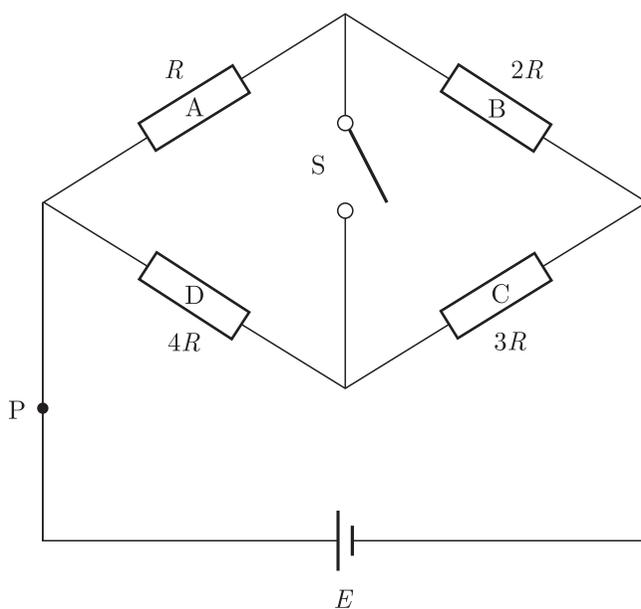


図 1

問1 スイッチSが開いているとき、図1の点Pを流れる電流の大きさはいくらか。
正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1 [A]

① $\frac{E}{R}$

② $\frac{E}{5R}$

③ $\frac{3E}{7R}$

④ $\frac{10E}{21R}$

問2 スイッチSを閉じたとき、点Pを流れる電流の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2 [A]

① $\frac{E}{R}$

② $\frac{E}{2R}$

③ $\frac{25E}{12R}$

④ $\frac{8E}{21R}$

問3 問2のとき、電気抵抗Aの消費電力はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3 [W]

① $\frac{E^2}{25R}$

② $\frac{3E^2}{25R}$

③ $\frac{4E^2}{25R}$

④ $\frac{9E^2}{50R}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 5] (配点 25)

図1のように、平行な2本の細いスリット a, b のある薄い壁 A とスクリーン B を平行に置き、A からの距離が L の場所に点光源(波長 λ の単色光を発する)を置いた。このとき、点光源から二つのスリットまでの距離は等しかった。A から B までの距離を L 、2本のスリットの間隔を $2d$ とし、 d は L よりも十分に小さいものとする。図中に示したスクリーン上の点 O は、二つのスリットまでの距離が等しい点である。また、 $|a|$ が 1 よりも十分に小さいときに成り立つ近似式 $(1+a)^n \doteq 1+na$ を用いてよい。

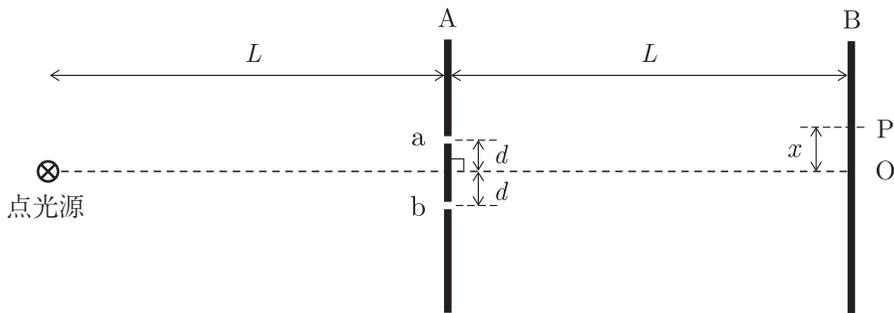


図 1

問1 二つのスリットを通った光によって、スクリーン上の点Oの周辺に縞模様が観察された。点Oの様子の記述として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① 二つのスリットを通った光が強め合い、明るくなる。
- ② 二つのスリットを通った光が弱め合い、明るくなる。
- ③ 二つのスリットを通った光が強め合い、暗くなる。
- ④ 二つのスリットを通った光が弱め合い、暗くなる。

問2 点Oから上へ距離 x の点をPとする。スリット a から点Pまでの距離を近似的に求めるといくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、 x は L より十分に小さいものとする。 2

- ① $L + \frac{(d+x)^2}{2L}$
- ② $L + \frac{\left(\frac{d}{2} + x\right)^2}{2L}$
- ③ $2L$
- ④ $L + \frac{(d-x)^2}{2L}$
- ⑤ $L + \frac{\left(\frac{d}{2} - x\right)^2}{2L}$

問3 スクリーン上の干渉縞の間隔(隣り合う明線間の距離)を近似的に求めるといくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 3

- ① $\frac{d\lambda}{L}$
- ② $\frac{2d\lambda}{L}$
- ③ $\frac{L\lambda}{2d}$
- ④ $\frac{L\lambda}{d}$
- ⑤ $\frac{dL}{\lambda}$
- ⑥ $\frac{2dL}{\lambda}$

問4 点光源をゆっくり上へ移動させると干渉縞はどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① ゆっくり上へ移動する。
- ② 動かない。
- ③ ゆっくり下へ移動する。
- ④ 上昇と下降を交互に繰り返す。

問5 点光源を元の場所から上へ距離 y の点に固定した。 y は L より十分小さいものとする。スクリーン上の干渉縞の間隔(隣り合う明線間の距離)を近似的に求めるといくらか。正しいものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 5

① $\frac{d\lambda}{L}$ ② $\frac{2d\lambda}{L}$ ③ $\frac{y\lambda}{L}$ ④ $\frac{L\lambda}{2d}$ ⑤ $\frac{L\lambda}{d}$

⑥ $\frac{L\lambda}{y}$ ⑦ $\frac{dL}{\lambda}$ ⑧ $\frac{2dL}{\lambda}$ ⑨ $\frac{Ly}{\lambda}$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 6] (配点 30)

図1のように、逆L字型の物体Aを滑らかで水平な地面の上に乗せる。物体Aには腕の端に巻き上げモーターが備え付けてあり、それも含めた物体Aの質量は M である。モーターから軽くて伸びない糸で質量 m の物体Bをつるす。モーターを駆動させないとき、図1に示す状態で物体AとBは静止した状態を保った。物体Aの重心 G_A と物体Bの重心 G_B の、地面からの高さはそれぞれ l_1 、 l_2 である。二つの重心の水平方向の間隔は l_3 である。点 G_A から鉛直に下ろした直線が地面と交わる点をPとすると、点Pは物体Aの接地面の長さを図1のように l_4 と l_5 に分割する。なお、紙面に垂直な方向に物体AとBが動くことはないものとして、紙面内の運動のみ考える。また、重力加速度の大きさを g とする。

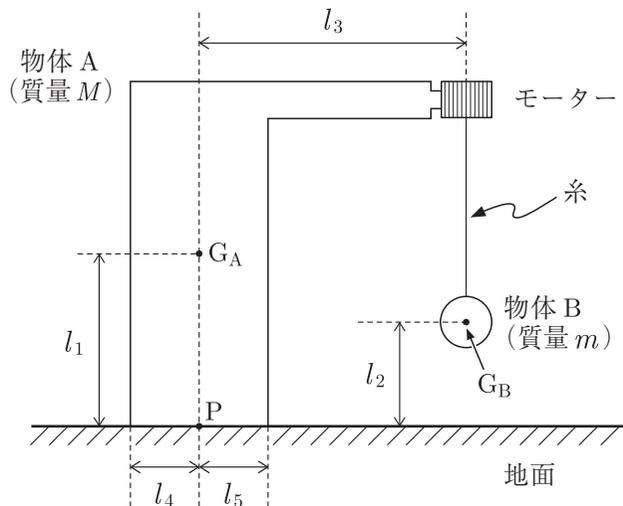


図 1

問1 図1のように物体Bが静止しているときに、物体Aが地面から受ける垂直抗力の作用点をQとし、2点P、Q間の距離を d とする。このとき点Qのまわりの力のモーメントが満たす条件はどのような式で表されるか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

① $Ml_1 - ml_2 = 0$

② $Ml_2 - ml_1 = 0$

③ $Md - m(l_3 - d) = 0$

④ $M(l_3 - d) - md = 0$

⑤ $Md - m(l_3 + d) = 0$

⑥ $M(l_3 + d) - md = 0$

問2 問1のとき、物体Aが倒れないためには、点Qが物体Aの接地面の範囲内に位置する必要がある。物体Bの質量 m が満たす条件式として表すとどのようになるか。正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

$$m \leq \text{ 2 }$$

① $\frac{l_4 M}{(l_3 + l_4)}$

② $\frac{l_4 M}{(l_3 - l_4)}$

③ $\frac{l_5 M}{(l_3 + l_5)}$

④ $\frac{l_5 M}{(l_3 - l_5)}$

問3 次に、モーターを駆動させ物体Bを一定の速度でまっすぐ引き上げ続けると、物体Aは静止したままの状態を保った。このときの物体Aが地面から受ける垂直抗力の作用点をQ'とすると、問1のときの点Qの位置と比べて点Q'の位置はどんな挙動を示すか。次の説明の空欄 3 に入れる記述として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

物体Bが一定の速度で上昇する間、点Q'は 3 。

① 点Qの左側の一点に留まる

② 点Qの右側の一点に留まる

③ 点Qと同じ位置に留まる

④ 点Qの左側へ移動し続ける

⑤ 点Qの右側へ移動し続ける

