

物 理 I

(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のように、前輪と後輪の大きさが等しい自転車があり、その前・後輪は水平な地面に接している。運転者を含む自転車全体の重心を G とし、 G と前・後輪の中心との水平距離をそれぞれ l_A 、 l_B ($l_B < l_A$) とする。また、 G の地面からの高さは h である。運転者を含む自転車全体の質量を m 、重力加速度の大きさを g 、前・後輪が地面から受ける垂直抗力の大きさをそれぞれ N_A 、 N_B とする。また、車輪と地面との間の静止摩擦係数を μ とする。車輪がすべらないとき、結局は、後輪が地面から受ける静止摩擦力 f_B を駆動力として、自転車は加速される。なおこのとき、前輪には摩擦力ははたらかない。さらに、地面上に自転車の前方(図1の右方)が正の向きとなるように x 軸をとり、自転車は x 軸の正の向きに加速するものとする。ただし、空気の抵抗や車輪の回転軸の抵抗および車輪の質量は無視できるものとし、自転車は進行方向に対して左右に傾くことはないものとする。

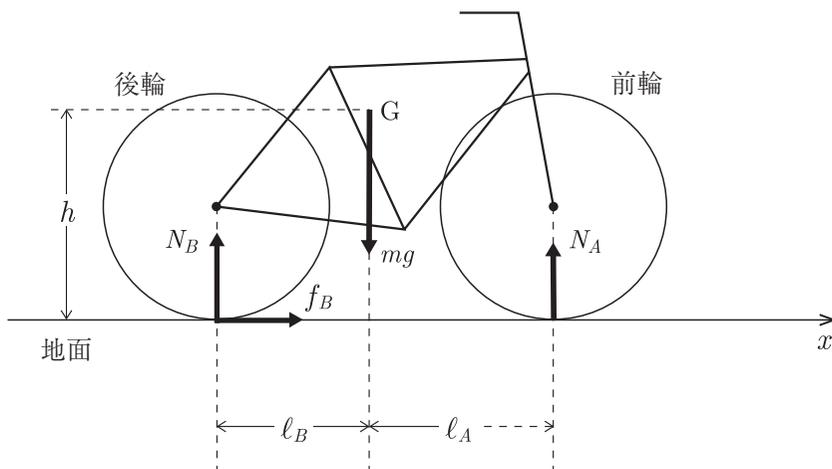


図 1

問1 自転車が x 軸の正の向きに等速度運動 ($f_B = 0$) しているとき、鉛直方向の力のつりあいの式と G のまわりの力のモーメントのつりあいの式より N_A を求めるとどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $N_A = \boxed{1}$

① $\frac{\ell_A}{\ell_A - \ell_B} mg$ ② $\frac{\ell_B}{\ell_A - \ell_B} mg$ ③ $\frac{\ell_A}{\ell_A + \ell_B} mg$ ④ $\frac{\ell_B}{\ell_A + \ell_B} mg$

問2 問1において、 N_B はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $N_B = \boxed{2}$

① $\frac{\ell_A}{\ell_A - \ell_B} mg$ ② $\frac{\ell_B}{\ell_A - \ell_B} mg$ ③ $\frac{\ell_A}{\ell_A + \ell_B} mg$ ④ $\frac{\ell_B}{\ell_A + \ell_B} mg$

問3 μ が十分大きくて車輪がすべらないとき、自転車の後輪を駆動して加速度 a ($a > 0$) で x 軸の正の向きに加速した。このとき、駆動力を徐々に大きくしていくと、 $a > a_1$ のときに前輪が地面から浮き上がった。 $a \leq a_1$ のとき、 x 軸方向の運動方程式と鉛直方向の力のつりあいの式と G のまわりの力のモーメントのつりあいの式より N_A を求めるとどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $N_A = \boxed{3}$

① $\frac{m(\ell_A g - ha)}{\ell_A + \ell_B}$ ② $\frac{m(\ell_A g + ha)}{\ell_A + \ell_B}$
 ③ $\frac{m(\ell_B g - ha)}{\ell_A + \ell_B}$ ④ $\frac{m(\ell_B g + ha)}{\ell_A + \ell_B}$

問4 問3において、 N_B はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $N_B = \boxed{4}$

① $\frac{m(\ell_A g - ha)}{\ell_A + \ell_B}$ ② $\frac{m(\ell_A g + ha)}{\ell_A + \ell_B}$
 ③ $\frac{m(\ell_B g - ha)}{\ell_A + \ell_B}$ ④ $\frac{m(\ell_B g + ha)}{\ell_A + \ell_B}$

物理 I

問5 問3において、 a_1 はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $a_1 = \boxed{5}$

① $\frac{h}{l_A}g$

② $\frac{l_A}{h}g$

③ $\frac{h}{l_B}g$

④ $\frac{l_B}{h}g$

問6 μ が小さい地面上で問3と同様の実験をしたとき、駆動力を徐々に大きくしていくと、 a が a_2 を越えた瞬間に後輪がすべり出し、前輪は浮き上がらなかった。 a_2 はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $a_2 = \boxed{6}$

① $\frac{\mu l_A}{l_A + l_B - \mu h}g$

② $\frac{\mu l_A}{l_A + l_B + \mu h}g$

③ $\frac{\mu l_B}{l_A + l_B - \mu h}g$

④ $\frac{\mu l_B}{l_A + l_B + \mu h}g$

第2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のように、天井からつるした質量の無視できる定滑車に、質量の無視できる綱をかけ、綱の一端に質量 M のゴンドラをつるす。そのゴンドラの上に質量 m の人が乗って綱の他端を鉛直下方に引っ張るものとする。はじめ、ゴンドラは床上で静止していて、人もゴンドラに乗って静止しているものとする。滑車はなめらかに回転でき、綱は十分に長くて、ゴンドラが滑車に接触することはないものとし、重力加速度の大きさを g とする。

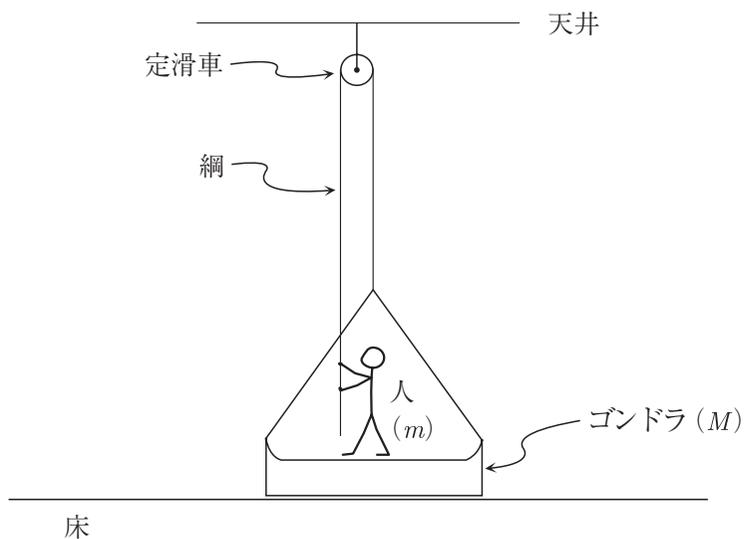


図 1

問1 人が綱を一定の大きさ F_1 の力で鉛直下方に引っばると、ゴンドラも人も静止したままであった。このとき、人がゴンドラ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。 1

- ① $mg - F_1$ ② $mg + F_1$ ③ $(m + M)g - F_1$ ④ $(m + M)g + F_1$

問2 問1において、ゴンドラが床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 $Mg - 2F_1$ ② $Mg + 2F_1$ ③ $(m + M)g - 2F_1$ ④ $(m + M)g + 2F_1$

問3 人が綱を一定の大きさ F_2 の力で鉛直下方に引っばると、人はゴンドラに乗ったまま一体となって上昇した。その上昇の加速度はいくらか。ただし、 $m > M$ とする。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① $\frac{2F_2}{m + M} + g$ ② $\frac{2F_2}{m + M} - g$ ③ $\frac{2F_2}{m - M} + g$ ④ $\frac{2F_2}{m - M} - g$

問4 問3において、人がゴンドラ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。 4

- ① $\frac{2m + M}{m + M} F_2$ ② $\frac{2m - M}{m + M} F_2$ ③ F_2 ④ $\frac{m - M}{m + M} F_2$

問5 問3において、動き始めてから時間 t の間に、人がたぐりよせた(人を通過した)綱の長さ l はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$l =$ 5

- ① $t^2 \left(\frac{2F_2}{m + M} + g \right)$ ② $t^2 \left(\frac{2F_2}{m + M} - g \right)$
 ③ $t^2 \left(\frac{2F_2}{m - M} + g \right)$ ④ $t^2 \left(\frac{2F_2}{m - M} - g \right)$

物理 I

問 6 問 5 において，時間 t の間に人がなした仕事はいくらか。正しいものを，次の

①～④のうちから一つ選べ。 6

① $\frac{1}{4} F_2 \ell$

② $\frac{1}{2} F_2 \ell$

③ $F_2 \ell$

④ $2F_2 \ell$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のように、十分薄い凸レンズ L_1 の光軸に平行に左方から光線をあてると、光軸上 L_1 の右方 20cm の点に光が集まった。また図2のように、 L_1 に十分薄い凹レンズ L_2 を密着させ、光軸に平行に左方から光線をあてると、 L_1 、 L_2 を出た光は光軸に平行になった。

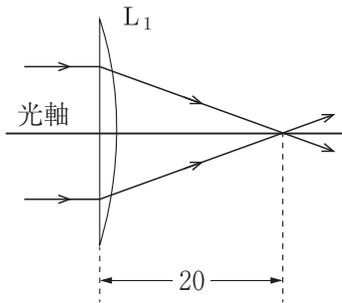


図 1

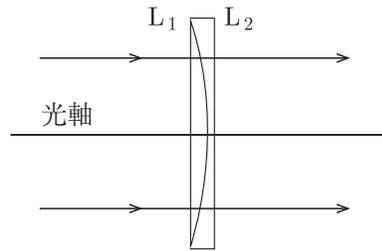


図 2

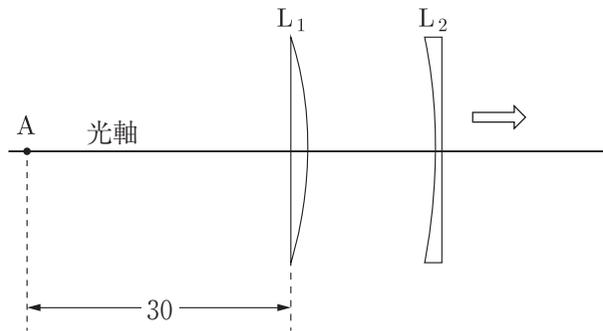


図 3

問1 L_1 の焦点距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

cm

① 40

② 30

③ 20

④ 10

問2 L_2 の焦点距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

cm

- ① 10 ② 20 ③ 30 ④ 40

問3 L_1 の光軸上で L_1 から 30 cm の点に光源がある。その像の L_1 からの距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 cm

- ① 30 ② 40 ③ 50 ④ 60

問4 L_2 の光軸上で L_2 から 30 cm の点に光源がある。その像の L_2 からの距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 cm

- ① 12 ② 14 ③ 16 ④ 18

問5 図3のように、光軸上 L_1 の左方 30 cm の点に光源 A がある。 L_1 と A を固定して、 L_2 を同じ光軸上を右方へゆっくりと移動させていくと、 L_1 および L_2 を通った光が光軸と平行になった。このときのレンズ間の距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 cm

- ① 60 ② 50 ③ 40 ④ 30

第4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、 $R[\Omega]$ の電気抵抗3個と $2R[\Omega]$ の電気抵抗2個と起電力 $E[V]$ の直流電源A、Bと切替スイッチSとを接続した。5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。

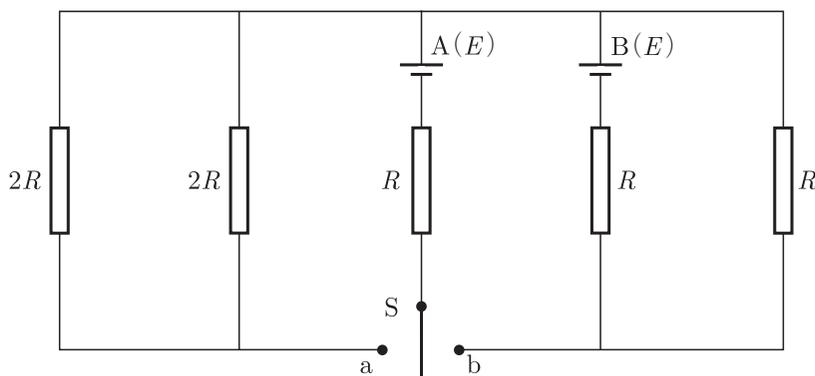


図 1

問1 切替えスイッチ S を端子 a に入れたとき、直流電源 A 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 $\frac{E}{4R}$

② $\frac{E}{3R}$

③ $\frac{E}{2R}$

④ $\frac{E}{R}$

問2 切替えスイッチ S を端子 b に入れたとき、直流電源 A 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 $\frac{E}{4R}$

② $\frac{E}{3R}$

③ $\frac{E}{2R}$

④ $\frac{E}{R}$

問3 問2において、 R [Ω] の電気抵抗 3 個での消費電力の和はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3 [W]

① $\frac{5E^2}{3R}$

② $\frac{4E^2}{3R}$

③ $\frac{E^2}{R}$

④ $\frac{2E^2}{3R}$