

6 電流が磁場から受ける力

電流間にはたらく力を利用して、物体を空中に浮かせる方法について考察しよう。

問 1 まず、図 1 のように、非常に長い導線 1 を水平に置き、導線 1 を含む鉛直面内(紙面内)に長方形のコイル ABCD を AB, CD が導線 1 と平行になるように置く。このように配置した上で、導線 1 に図の矢印の向き(右向き)に電流 I_1 [A] を流し、コイル ABCD に図の向きに電流 I_2 [A] を流す場合を考える。AB=CD= s [m], BC=DA= h [m] で、導線 1 と AB 間の距離は d [m] であるとし、真空の透磁率を μ_0 [N/A²], 重力加速度を g [m/s²] とし以下の問いに答えよ。ただし、「向き」についての問いには、紙面内の水平方向を x 軸(右向きが正の向き), 紙面に垂直な方向を y 軸(紙面表から裏の向きが正の向き), 鉛直方向を z 軸(上向きが正の向き)として、「 x 軸の負の向き」などのように答えよ。

- (1) 導線 1 の電流 I_1 が、AB の位置につくる磁束密度の向きと大きさ [T] を求めよ。
- (2) 問 1(1)の磁場から AB が受ける力の向きと大きさ [N] を求めよ。
- (3) コイル ABCD 全体が電流 I_1 のつくる磁場から受ける力の向きと大きさ [N] を求めよ。

問 2 次に、図 2 のように、コイル ABCD の上に質量 M [kg] の物体 P を載せ、コイルに固定して空中に浮かせることを考える(物体およびコイルは鉛直方向にのみ運動できるものとする)。

- (1) 図 2 の配置で物体 P を支えるためには、コイル ABCD にどの向きに電流 I_2 を流せばよいか。①または②の記号で答えよ。
- (2) コイル ABCD の質量は無視できるものとして、物体 P にはたらく力のつり合いの式を書け。
- (3) 物体 P を載せたコイルを、問 2(2)のつり合いの位置から鉛直方向(z 方向)にわずかにずらして放すと、単振動を始めた。この単振動の周期を d, h, g を用いて表せ。ただし、コイルには常に一定の電流 I_2 を流しているものとする。また、つり合いからの変位を z とすると、 $|z|$ は d や h にくらべて十分小さいものとし、 $|a| \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $(1+a)^p \cong 1+pa$ を用い、2 次以上の微小量の項は無視せよ。
- (4) 磁気浮上列車のようにこの現象を実際に応用する場合には、コイルを 1 巻きでなく n 巻きにする。 $h=2.0 \times 10^{-1}$ m, $s=1.0$ m, $I_1=I_2=1.0 \times 10^2$ A, $n=6000$ の場合について、 $d=1.0 \times 10^{-2}$ m の位置に浮かせることのできる物体 P の質量 M を求めよ。ただし、 $\mu_0=4\pi \times 10^{-7}$ N/A², $g=9.8$ m/s² とする。

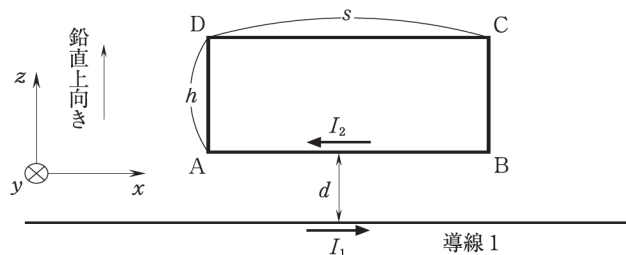


図 1

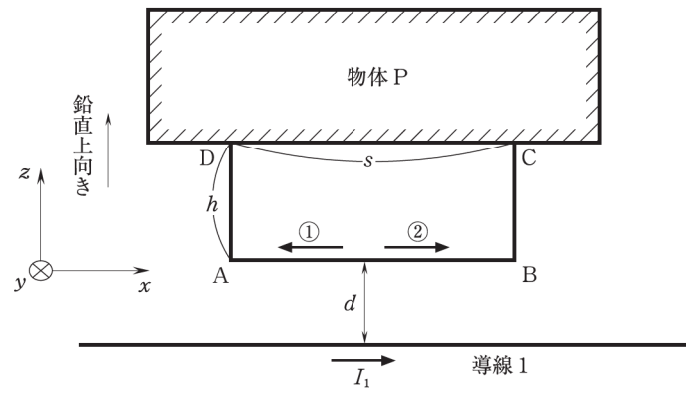


図 2

解答欄