

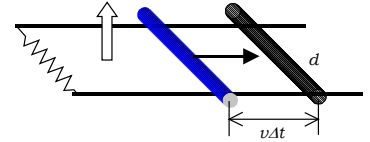
電磁誘導とローレンツ力

()組 ()番 氏名()

磁束密度 B [T]の磁界が鉛直上向きにかかっているところに、間隔 d [m]の平行なレールが置かれている。レールの左端には抵抗 R [Ω]の抵抗がつながれている。このレールの上に軽い金属棒が乗せてある。金属棒を速度 v [m/s]で右に引くとき

電磁誘導の法則から誘導電圧(起電力)を求める

電磁誘導の法則 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ を使って誘導電圧(起電力)を求める。



磁束の変化は $\Delta\Phi = Bdv\Delta t$ である。これを電磁誘導の法則 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ に代入

磁束を切りながら動く金属棒の誘導起電力

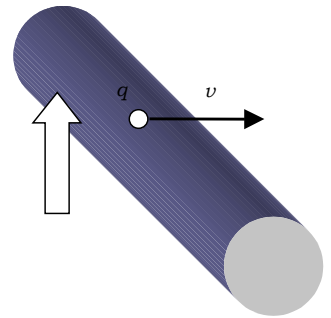
1秒間に切る磁束の量が誘導起電力に等しい

すると、誘導起電力は $V = -Bdv$ になる。これは磁束を切りながら右に動く金属棒の両端に発生する誘導起電力の大きさが $V = Bdv$ になることをしめしている。

ローレンツ力から誘導電圧(起電力)を求める

ローレンツ力の大きさは、荷電粒子の電荷を q 、磁界の磁束密度を B とすると $f = qvB$ で表される。この場合の荷電粒子は電子である。

自由電子は電流が一定だから棒の中を等速で運動するはずだから、このローレンツ力を打ち消す電界 E が発生していることになる。棒の長さを d 、そのとき棒の両端に発生する電位差を V とすると、電界は $E = \frac{V}{d}$ だ。電気力と、ローレンツ力のつりあい



から $evB = eE = \frac{eV}{d}$ だから、棒の両端に発生する電位差は $V = vBd$ である。よって、電磁誘導の法則で求めた誘導起電力と等しくなる(符号は電子が受ける力をフレミングの法則で考えると良い)。その後の部分は上と同じだ。

物理学習の秘訣 物理法則の間には相互に関連があり、一つの法則を忘れても他の法則から導くことができる。物理がある程度出来るようになれば得点力が大幅にアップする理由でもある。

全てはローレンツ力に集約される!

達人 下の各問いに答えなさい。

(1) ローレンツ力を使って、「磁界から電流が受ける力 $f = IBL \sin \theta$ 」を導きなさい。

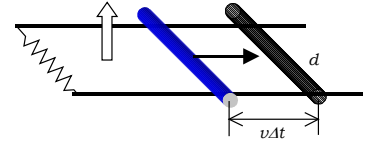
(2) ローレンツ力を使って、「電磁誘導の法則 $V = -n \frac{d\Phi}{dt}$ 」を導きなさい。

電磁誘導とローレンツ力 (解説) ()組 ()番 氏名()

磁束密度 B [T]の磁界が鉛直上向きにかかっているところに、間隔 d [m]の平行で滑らかなレールが敷かれ、レールの左端には抵抗 R [Ω]の抵抗がつながれている。このレールの上に軽い金属棒が乗せてあり、この金属棒を速度 v [m/s]で右に引くときを考える。

電磁誘導の法則から誘導電圧(起電力)を求める

電磁誘導の法則 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ を使って誘導電圧(起電力)を求める。



磁束の変化は $\Delta\Phi = Bdv\Delta t$ である。これを電磁誘導の法則 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ に代入

磁束を切りながら動く金属棒の誘導起電力

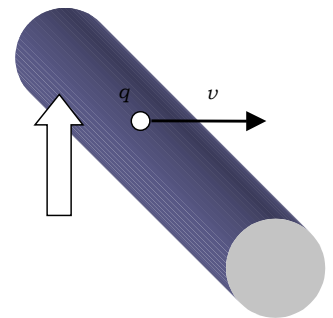
1秒間に切る磁束の量が誘導起電力に等しい

すると、誘導起電力は $V = -Bdv$ になる。これは磁束を切りながら右に動く金属棒の両端に発生する誘導起電力の大きさが $V = Bdv$ になることをしめしている。

ローレンツ力から誘導電圧(起電力)を求める → 金属棒の中の自由電子に注目

ローレンツ力の大きさは、荷電粒子の電荷を q 、磁界の磁束密度を B とすると $f = qvB$ で表される。この場合の荷電粒子は電子である。

自由電子は電流が一定だから棒の中を等速で運動するはずだから、このローレンツ力を打ち消す電界 E が発生していることになる。棒の長さを d 、そのとき棒の両端に発生する電位差を V とすると、電界は $E = \frac{V}{d}$ だ。電気力と、ローレンツ力のつりあい



から $evB = eE = \frac{eV}{d}$ だから、棒の両端に発生する電位差は $V = vBd$ である。よって、電磁誘導の法則で求めた誘導起電力と等しくなる(符号は電子が受ける力をフレミングの法則で考えると良い)。その後の部分は上と同じだ。

物理学習の秘訣 物理法則の間には相互に関連があり、一つの法則を忘れても他の法則から導くことができる。物理がある程度出来るようになれば得点力が大幅にアップする理由でもある。

全てはローレンツ力に集約される!

達人 「磁界から電流が受ける力」、「電磁誘導の法則」をローレンツ力から導く

(1) 電線の長さ L [m]、断面積 S [m²]、自由電子の平均速度 v [m/s]、電気量 $-e$ [C]、自由電子密度 n 「個/m³」とする。磁束密度 B [T]が電線に垂直にかかっているとする。自由電子が磁界から受けるローレンツ力は $f = evB$ [N]である。このような自由電子が SLn 個あるので、電線が受ける力は $F = evBSLn$ [N]…① である。また、電流は $I = enSv$ [A]…② と表すことができる。①、②より、電線が受ける力は $F = IBL$ と表すことができる。

(2) ローレンツ力を使って、「電磁誘導の法則 $V = -n \frac{d\Phi}{dt}$ 」を導きなさい。(前述部に証明)