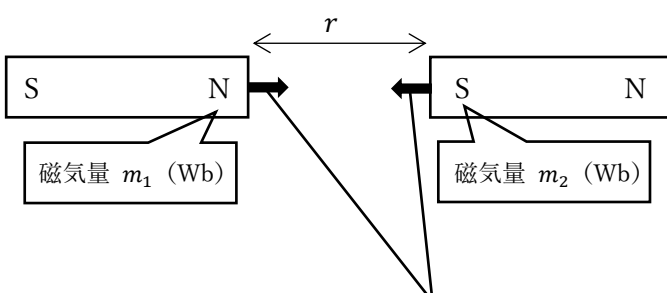


物理 授業プリント⑪

<電磁気学 第3章 電流と磁界>

○磁気力

磁気力（磁力） = 磁石の磁極の間にはたらく力



磁気力の大きさ $F =$ _____

※ 磁気力の大きさを表す式は「磁気力に関するクーロンの法則」と呼ばれる。

※ 磁石をどれだけ小さく砕いても、必ずN極とS極がセットになっている。
モノポール（N極だけ or S極だけ）は存在しない。

(練習) 真空中に、磁極間を 0.10 m だけ離して磁気量 4.0×10^{-5} Wb の N 極が 2 つ置かれている。磁極間にはたらく力の大きさは何 N か。また、これは引力か斥力が答えよ。磁気力に関するクーロンの法則の比例定数を $6.3 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Wb}^2$ とする。

○磁気力が生じる仕組み

磁極は、周囲に _____ を作る。

→ その磁界から、別の磁極が磁気力を受ける。

_____ と全く同じ考え方

↓

磁界の

- ・向き : そこに置かれた _____ 極が受ける力の向き
- ・強さ (N/Wb) : そこに置かれた _____ Wb の磁極が受ける力の大きさ

↓

H (N/Wb) の磁界に置かれた m (Wb) の磁極が受ける力の大きさ F (N) は

$$F = \underline{\hspace{2cm}}$$

となる。

(練習) 真空中に 2.0×10^{-5} Wb の S 極を置いたとき、西向きに 6.0×10^{-4} N の力を受けた。この場所の磁界はどちら向きに何 N/Wb か。

○磁力線

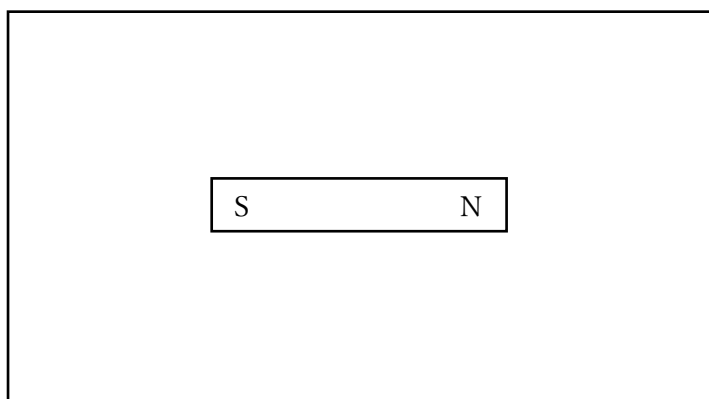
磁力線：磁界の様子を表す

- ・ 磁力線の向き = 磁界の向き
- ・ 磁力線の密度 = 磁界の _____

磁界の強さが H (N/Wb) の場所で、
磁界に垂直な面 1 m^2 を _____ 本の磁力線が通るように描く。

※ 磁力線の特徴は、_____と全く同じように理解できる。

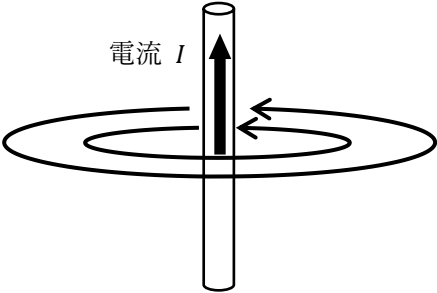
※ 磁力線の様子



○電流が作る磁界

導線に電流が流れると、その周りに _____ が作られる。

① 直線電流が作る磁界



・ 磁界の向き：右ねじが回る向き（電流の向き = 右ねじが進む向き）

・ 磁界の強さ $H =$ _____

直線電流の近くほど
磁界が _____。

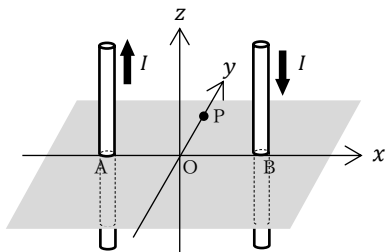
↓

磁界の強さ H の単位には、N/Wb だけでなく _____ も使われる。

(練習) 十分に長い直線状の導線に 6.28 A の電流が流れている。その電流の向きに対して垂直に 0.20 m 離れた位置にできる磁界の強さは何 A/m か。ただし、円周率を 3.14 とする。

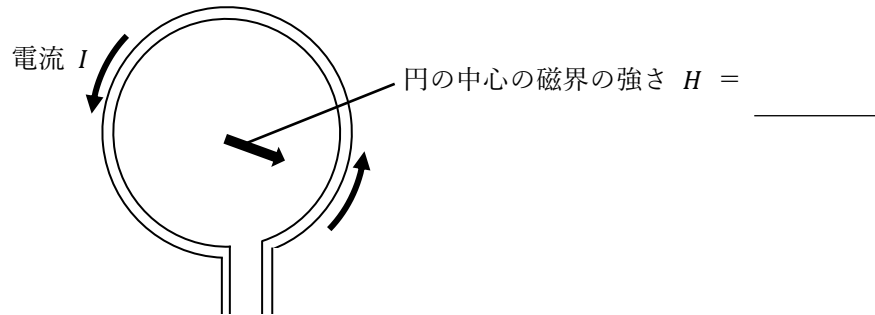
(練習) 長い導線を南北方向に水平に張り、その導線から真下へ 0.050 m 離れた水平面に小磁針を置いた。導線に一定の電流を流したところ、磁針は北から西へ 30° 振れて静止した。導線に流れる電流の向きと大きさを求めよ。ただし、地磁気による磁界の水平分力 (教科書 p73 参考を参照) は 21 A/m とし、偏角 (教科書 p73 参考を参照) は 0 とする。

(練習) xy 平面内の 2 点 $A(-a, 0)$ 、 $B(a, 0)$ を通り、 z 軸方向に互いに逆向きに強さ I の電流が、図のように流れている。 xy 平面内にある点 $O(0, 0)$ と点 $P(0, a)$ において、電流がつくる合成磁界の強さをそれぞれ求めよ。



磁界は _____ である
ことに注意して合成する必要がある。

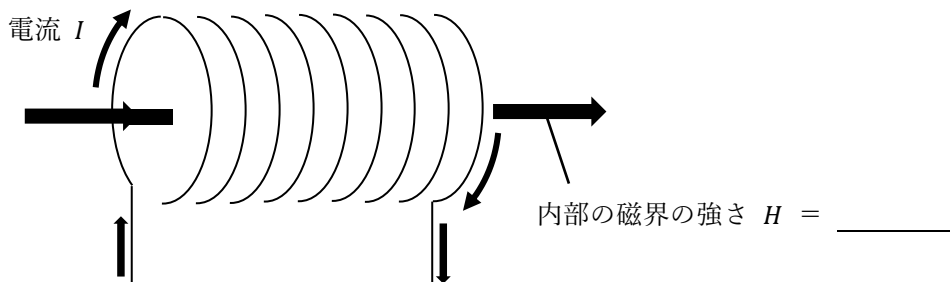
② 円形電流が作る磁界



※ N 回巻きのコイルでは、磁界の強さ H は _____ 倍になる。

(練習) 半径 0.15 m の 10 回巻き円形コイルに、0.72 A の電流を流したとき、円の中心にできる磁界の強さは何 A/m か。

③ ソレノイド (円筒状に巻いたコイル) に流れる電流が作る磁界

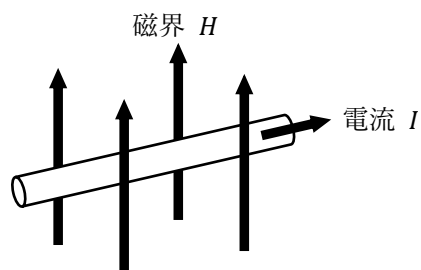


※ ソレノイドの内部には、一様な磁界ができる。

(練習) 全長 7.0 cm、巻数 500 回の密に巻いたソレノイドに、3.5 A の電流を流した。ソレノイドの内部の磁界の強さは何 A/m か。

○電流が磁界から受ける力

磁界中を流れる電流は、磁界から力を受ける。



電流が磁界から受ける力の

・向き：フレミングの左手の法則で求められる

・大きさ $F =$ _____

μ : 透磁率 (電流が流れる導線の周りの物質により決まる)

$$\text{比透磁率 } \mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (\mu_0 : \text{真空の透磁率})$$

※ 電流が磁界から受ける力が利用されている代表例は _____

(練習) 強さ 20 A/m の磁界がある。その磁界の向きと垂直に長さ 0.10 m の導線を真空中に置き、 4.0 A の電流を流した。電流が磁界から受ける力は何 N か。ただし、真空の透磁率を $4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ とする。

○磁束密度と磁束

電流が磁界から受ける力 $F = \mu I H l$ の中で、 μ と H は電流の周囲の状況によって決まる値である。

→ $B = \mu H$ とすれば、1つの値 B によって周囲の状況を表せる。

… B を _____ という。



磁束密度 B を使って、

電流が磁界から受ける力 $F =$ _____

と表せる。

磁束密度 B の単位は T (テスラ) と表されるが、

T = _____ = _____ である。

磁束線：磁界に垂直な面 1 m^2 を貫く本数が B 本 になるようにしたもの



面積 S の面を貫く磁束線の本数は _____ となる。

… これを磁束 Φ という。

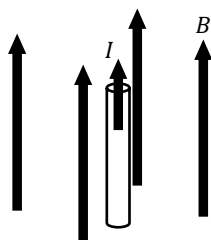
磁束 $\Phi =$ _____

単位は _____

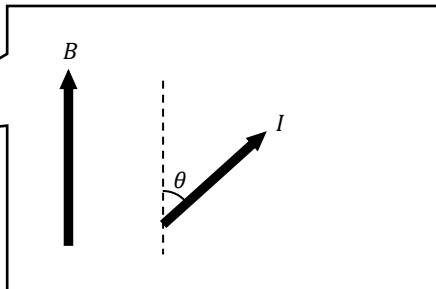
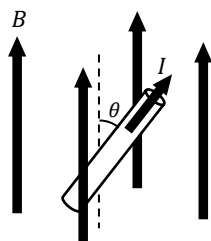
○電流の向きと磁界から受ける力

・電流が磁界から受ける力の大きさ $F = IBl$ となるのは、
電流が磁界に対して_____な向きに流れているとき。

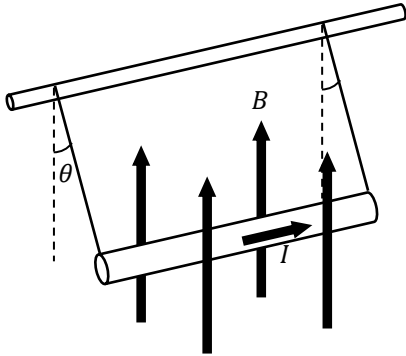
・電流の向きが磁界に対して平行な場合、電流は磁界から力を_____。



・電流の向きが磁界に対して斜めの場合、電流を磁界に_____な成分と
_____な成分に分解して考える必要がある。



(練習) 図のように、鉛直上向きに一様な磁束密度の磁界がかけられている。その磁界中に、質量 m 、長さ l の金属棒を軽い導線で水平につるし、図の矢印の向きに強さ I の電流を流したところ、導線は鉛直方向から角 θ だけ傾いてつりあった。重力加速度の大きさを g として、磁束密度の大きさを求めよ。



(練習) 上の練習において、磁界の向きを次のように変えた場合、金属棒をつるしている導線が鉛直線となす角 θ は、図の θ の向きを正としてどのようなになるか。

- (1) 鉛直下向きにした場合
- (2) 電流と同じ向きにした場合

○磁化

磁化 = 外部の磁界の影響によって、物質が磁石になること

(例：鉄が磁石にくっつくのは、鉄が磁石になったから)

鉄原子 = ミニ磁石

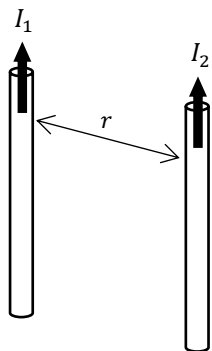
… 磁化されていないときは、ミニ磁石の向きがバラバラ
磁化されると、ミニ磁石の向きが揃う

磁性体：磁化が起こる物質

- ・ 強磁性体 : (磁界の向きに) 強く磁化が起こる
- ・ 弱磁性体 {
 - 常磁性体 : (磁界の向きに) わずかに磁化が起こる
 - 反磁性体 : 磁界と逆向きに、わずかに磁化が起こる

○平行電流間にはたらく力

2つの平行な電流は、互いに力を及ぼしあう。



電流 I_2 の長さ l の部分が受ける力の大きさ $F =$ _____

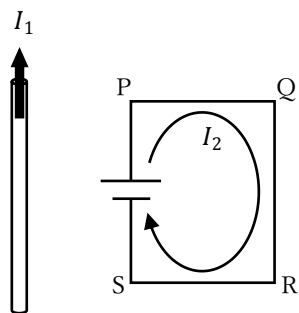
電流 I_1 の長さ l の部分が受ける力の大きさ $F =$ _____

同じように計算して求めてもよいが、_____の法則から
即座に求めることができる。

※ 上のように、2つの電流が同じ向きの場合は、電流間に_____が
はたらくことが分かった。

2つの電流が逆向きの場合は、_____がはたらく。

(練習) 図のように、十分に長い導線 L と長方形の軽いコイル PQRS を、辺 SP と L が平行で間隔が r になるように、真空中に並べて置く。コイルの辺 QR の長さを a 、辺 PQ の長さを b とする。導線に強さ I_1 の電流、コイルに強さ I_2 の電流を図の矢印の向きに流したとき、コイルが受ける力の合力の向きと大きさを求めよ。ただし、真空の透磁率を μ_0 とする。



(練習) 図のように、同一平面上で十分に長い導線A、B、Cが平行に置かれており、BとCの間隔は a で固定されている。それぞれ図の向きに、大きさ I 、 $2I$ 、 $3I$ の電流を流す。導線AがB、Cから受ける力の合力を0とするには、AとBの間隔をいくらにすればよいか。

