M・K・S・合理化單位系に就いて

電氣學會電氣理論部門委員會編

M.K.S.合理化單位系に就いて

電 氣 學 會

電氣理論部門委員會編纂

(昭 和 16 年)

M. K. S. 合理化單位系に就いて

目　　次

M. K. S. 合理化單位系に就いて

1. 緒　　　言

現在電氣單位に關しては二つの大きな國際的問題がある。其の一は M. K. S. 單位系の採用と云ふ問題であり，他は現行國際單位の大いさの改變と云ふ問題である。前者は力學，電氣工學を通ずる一貫した實用單位系を樹立し，之を以て從來の單位系に代へんとする提案であつて，實際方面は無論のこと教育方面に於ても重大なる影響のある問題である。その波及する處も極めて廣汎であるから，この問題に就いては一般科學者が重大な關心を持つべきものと考へられる。

M. K. S. 單位系の採用に就いては一應國際會議で決議され，又我が國に於ても日本電氣工藝委員會内に特設された電磁單位調査委員會により昭和 11 年 12 月その採用が是認された處である。併し M. K. S. 單位系を今直に採用すべしと云ふ論に對しては愼重の考慮を要するであらう。特に目下の逼迫せる内外の情勢の下に於ては，單位系の變更により一時的にも免れない混亂の如きは極力之を避くべきであると云ふ論は傾聽に値するのである。のみならず最近の國際關係の變轉の爲に，M. K. S. 單位の國際的採用と云ふ問題も，上述の現行國際單位の改變の問題と共に一時國際的には延期されてゐる。

現在の情勢は上述の如くであるが，電氣理論部門委員會は，何れ將來はこの問題が國内的にも又國際的にも實施されるに至るものとの見通しの下に，M. K. S. 單位系の採用により，現行の單位系による諸公式及び諸物理化學量が如何に變更し又それにより吾々は如何なる利益を得るかと云ふことを調査し將來に豫め備へて置くことが必要と考へたのである。依つて，本部門委員會内に M. K. S. 單位に關する調査委員會を設け，調査の結果生まれたものが，本パンフレットである。このパンフレットが本問題に關し一般の關心を高め併せてその參考となり得れば幸である。

パンフレットの内容は前半は主として M. K. S. 單位系其のものの解説であり，後半は M. K. S. 合理化單位系の採用により從來の電氣工學關係の諸公式が如何に變るか，又從來の單位を以て表された量の數値が M. K. S. 合理化單位を以て表すとき如何に變るかを，典型的な例に就いて示したものである。採用の公式及び諸恒數は主として電氣學會編纂電氣工學ポケットブック改訂版に依つてゐることを附記する。

M. K. S. 合理化單位系なる名稱中「合理化」なる語句に就いては種々の意見があつたが，本部門委員會としては標記の字句を一應採用した。

電氣理論部門委員會の委員及び本パンフレットの編纂に直接參與した委員の氏名は次の如くである。

電氣理論部門委員會委員 (昭和 16 年 1 月現在)

委員長	黑川兼三郎	(早稻田大學)
幹　事	廣田友義	(早稻田大學)
委　員	尾本義一	(東京工業大學)
同	後藤以紀	(遞信省電氣試驗所)
同	神保成吉	(遞信省電氣試驗所)
同	谷　忠篤	(遞信省電氣試驗所)
同	福田節雄	(東京帝國大學)
同	本多侃士	(東京帝國大學)

パンフレット編纂委員

主　査	福田節雄	(東京帝國大學)
委　員	尾本義一	(東京工業大學)
同	黑川兼三郎	(早稻田大學)
同	神保成吉	(遞信省電氣試驗所)
同	谷　忠篤	(遞信省電氣試驗所)
同	廣田友義	(早稻田大學)
同	本多侃士	(東京帝國大學)
同	早田保實	(遞信省工務局)
同	山内二郎	(遞信省電氣試驗所)

2. 電氣單位の現狀と M.K.S. 單位系の由來

2・1 電氣磁氣單位系總說

電氣的及び磁氣的量を表す爲には，力學的量に於ける如く長さ L，質量 M 及び時間 T の 3 箇の基本獨立量のみでは不充分であつて，更に獨立量を附加して初めて之を表現する事が出來る。この獨立量として何を採るか又その基本單位の大きさを如何に採るかに依つて各種の電磁氣單位系が發生するのである。

電氣及び磁氣的諸量を組合はせて力學的量となる關係式として次の四つが擧げられる。

$$F=\frac{1}{\alpha}\,\frac{mm'}{r^2} \qquad \text{(クーロン法則)} \cdots\cdots (1)$$

$$F=\frac{1}{\beta}\,\frac{qq'}{r^2} \qquad \text{(クーロン法則)} \cdots\cdots (2)$$

$$F=\frac{1}{\gamma}\int\frac{mi\,dl}{r^2} \qquad \text{(ビオ・サバール法則)} \cdots\cdots (3)$$

$$F=\frac{1}{\delta}\iint\frac{ii'\,dl\,dl'}{r^2} \qquad \text{(電流を通ずる導體間に働く力の法則)} \cdots (4)$$

(玆に $F=$ 力，$m=$ 磁氣量，$q=$ 電氣量，$i=$ 電流，$r, dl=$ 長さ，$\alpha, \beta, \gamma, \delta=$ 比例定數)

$i=q/t$ なることを考慮し且 $v=r/t$ と置いて上の四式を組合はせて次の二式を得る。

$$\beta=\frac{\delta}{v^2},\quad \alpha\delta=\gamma^2 \cdots\cdots (5)$$

(5) の兩式より更に δ を消去すれば，

$$\frac{\gamma^2}{\alpha\beta}=v^2 \cdots\cdots (6)$$

となる。v は速度のヂメンションを有することは明らかであるが，マクスウェルの電磁界の理論に從へば α を眞空の導磁率 μ_0 に，β を眞空の誘電率 ε_0 に採れば v は此處に用ひた力學の基本單位 L, M, T で測つた眞空中の光速度 c に等しい。即ち

$$\frac{\gamma^2}{\mu_0\varepsilon_0}=c^2 \cdots\cdots (7)$$

(7) 式は連結式と呼ばれるもので，次の二つの關係を意味する。

$$\left\{\frac{\gamma^2}{\mu_0\varepsilon_0}\right\}=c^2 \ \text{(數的關係)},\quad \left[\frac{\gamma^2}{\mu\varepsilon}\right]=\left[\frac{L^2}{T^2}\right] \text{(ヂメンション關係)} \cdots\cdots (7a)$$

尙 C.G.S. 單位系に於ては凡そ $c=3\times10^{10}$ cm/s である事は周知の通りである。

(1), (2), (3) 式の比例定數 α, β, γ を夫々數因子 u, v, w と獨立量 μ, ε, k とに分けて考へ，

$$\frac{1}{\alpha}=\frac{u}{\mu},\quad \frac{1}{\beta}=\frac{v}{\varepsilon},\quad \frac{1}{\gamma}=\frac{w}{k}$$

と置くことが出來るから，連結式 (7) に依り

$$\frac{k^2uv}{w^2\mu_0\varepsilon_0}=c^2 \quad\cdots\cdots(8)$$

即ち

$$\left\{\frac{k^2uv}{w^2\mu_0\varepsilon_0}\right\}=c^2 \ (\text{數的關係}),\ \left[\frac{k^2}{\mu\varepsilon}\right]=\left[\frac{L^2}{T^2}\right] \ (\text{チメンション關係}) \quad\cdots(8a)$$

となる。

電氣磁氣の單位は以上述べた事柄に就いて，次の三要素を (8) 又は (8a) 式に矛盾しないやうに選ぶ事に依り無數の系を組立てることが出來る。

1. 基本單位の選定

cm, g, s を基本に採る C.G.S. 系，m, kg, s を基本に採る M.K.S. 系，其の他（例へば實用單位系）の別がある。

2. 獨立量の選定

ε, k を獨立量とする靜電系，μ, k を獨立量とする電磁系，ε, μ を對稱に取扱ふ對稱系の別がある。

3. 數因子の選定

$u=v=w=1$ と採る非合理系，$u=v=w=\frac{1}{4\pi}$ と採る合理系の別がある。

主なる單位系に於ける三要素の採り方を第1表に示す。

第　1　表

單位系	基本單位 L	M	T	獨立量[1]	數因子 u, v, w
C.G.S. 靜電	cm	g	s	ε　(k)	1
C.G.S. 電磁	cm	g	s	μ　(k)	1
Gauss	cm	g	s	(ε)　(μ)	1
Heaviside	cm	g	s	ε　μ	$\frac{1}{4\pi}$
實用	10^9 cm	10^{-11} g	s	μ　(k)	1
M. K. S.[2]	10^2 cm	10^3 g	s	—　(k)	—

(1) 獨立量中括弧を附したものはチメンションを零と採る事を示す。

(2) M.K.S. 系の獨立量並に數因子に就いては 2·2 節及び 2·4 節參照のこと。

（神保，三宅，石橋）

2·2　電氣磁氣單位系各論

1. C.G.S. 靜電單位系

眞空の誘電率 ε_0 を獨立量に採りその値を1と定める。而して電界のクーロン法則

$$F=\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{qq'}{r^2} \quad\cdots\cdots(9)$$

に於て，$\varepsilon_0=1$, $r=1\,\mathrm{cm}$, $q=q'$ なる時 $F=1$ ダインなる如き大きさの電氣量を單位電氣量とする。成立要素として獨立量を $\varepsilon_0=1[\varepsilon]$, $k=1[0]$[1] と採る故，眞空の導磁率は $\mu_0=\frac{1}{c^2}[L^{-2}T^2\varepsilon^{-1}]$ となる。

2. C.G.S. 電磁單位系

眞空の導磁率 μ_0 を獨立量に採りその値を1と定める。而して磁界のクーロン法則

$$F=\frac{1}{\mu_0}\frac{mm'}{r^2} \quad\cdots\cdots(10)$$

に於て $\mu_0=1$, $r=1\,\mathrm{cm}$, $m=m'$ なる時 $F=1$ ダインなる如き大きさの磁氣量を單位磁氣量とする。成立要素として獨立量を $\mu_0=1[\mu]$, $k=1[0]$ と採る故，眞空の誘電率は $\varepsilon_0=\frac{1}{c^2}[L^{-2}T^2\mu^{-1}]$ となる。

3. Gauss 單位系

電氣的量には電界のクーロン法則から導いた單位を用ひ，磁氣的量には磁界のクーロン法則から導いた單位を用ひる。從つて電氣的量と磁氣的量とに就いて互に對稱的な美しい形式となり電磁氣理論に多く使用される。眞空の誘電率及び導磁率は夫々チメンションを零とし値を1と採る。即ち $\varepsilon_0=1[0]$, $\mu_0=1[0]$ なる故，$k=c[LT^{-1}]$ となる。k の値が1でないから電氣と磁氣とを結付ける式に c が入つて來る事を免れない。

4. Heaviside 單位系

この單位系は合理系の代表的なものである。各數因子を $\frac{1}{4\pi}$ と採り，更に $k=1[0]$ を保ちつつ ε, μ に就いて對稱形とせんが爲に $\varepsilon_0=\frac{1}{c}[L^{-1}T]$, $\mu_0=\frac{1}{c}[L^{-1}T]$ と採る。

5. 實用單位系

獨立量としては C.G.S. 電磁單位系と同じものを採用するがその大きさは次のやうに定める。抵抗單位 ohm は C.G.S. 電磁系の抵抗單位の 10^9 倍，電流單位 ampere は C.G.S. 電磁系の電流單位の 10^{-1} 倍とする。從つて實用單位のチメンションは電磁單位のチメンションと全く等しく，その基本單位の大きさが $L=10^9\,\mathrm{cm}$, $M=10^{-11}\,\mathrm{g}$, $T=1\,\mathrm{s}$ となつたものと考へる事が出來る。

6. M.K.S. 單位系

L, M, T の基本單位として夫々 m, kg, s を採用し，$k=1[0]$ を保ちつゝ他の一箇の獨立量を選定せんとするものである。この獨立量として何を採用すべきかに就いては 2·4 節に述べる如き經緯がある。又數因子の採り方に依り合理，非合理の區別を生ずる。

上述の各種單位系に於ける電氣磁氣量のチメンション並に單位の大きさの比較を夫々第2表及び第3表に示す。

(1) チメンション零なることを示す記號として [0] を採用した。

第 2 表

量	記號	C. G. S. 靜電單位	C. G. S. 電磁單位	Gauss 單位	Heaviside 單位	M. K. S. Ω 單位
起電力(電位)	V	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{\frac{1}{2}}$
電界の强さ	E	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}$	$M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{\frac{1}{2}}$
電流	I	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$
電流密度	i	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$
抵抗	R	$L^{-1}T\varepsilon^{-1}$	$LT^{-1}\mu$	$L^{-1}T$	[0]	R
固有抵抗	ρ	$T\varepsilon^{-1}$	$L^{2}T^{-1}\mu$	T	L	LR
コンダクタンス	G	$LT^{-1}\varepsilon$	$L^{-1}T\mu^{-1}$	LT^{-1}	[0]	R^{-1}
導電率	ν	$T^{-1}\varepsilon$	$L^{-2}T\mu^{-1}$	T^{-1}	L^{-1}	$L^{-1}R^{-1}$
電氣量	q, Q	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$
誘電束	ψ	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$
誘電束密度	D	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$
エラスタンス	S	$L^{-1}\varepsilon^{-1}$	$LT^{-2}\mu$	L^{-1}	T^{-1}	$T^{-1}R$
靜電容量	C	$L\varepsilon$	$L^{-1}T^{2}\mu^{-1}$	L	T	TR^{-1}
誘電率	ε	ε	$L^{-2}T^{2}\mu^{-1}$	[0]	$L^{-1}T$	$L^{-1}TR^{-1}$
起磁力	$\mathcal{F}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$
磁界の强さ	H	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}$	$M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$
磁極の强さ	m	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$
磁氣モーメント	M	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{5}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{5}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$L^{2}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$L^{2}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$
磁束	Φ	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$
磁束密度	B	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$
磁化の强さ	J	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$
インダクタンス	L, M	$L^{-1}T^{2}\varepsilon^{-1}$	$L\mu$	L	T	TR
磁氣抵抗	$\mathcal{R}$	$LT^{-2}\varepsilon$	$L^{-1}\mu^{-1}$	L^{-1}	T^{-1}	$T^{-1}R^{-1}$
磁氣傳導度	$\mathcal{P}$	$L^{-1}T^{2}\varepsilon^{-1}$	$L\mu$	L	T	TR
導磁率	μ	$L^{-2}T^{2}\varepsilon^{-1}$	μ	[0]	$L^{-1}T$	$L^{-1}TR$
磁化率	κ	$L^{-2}T^{2}\varepsilon^{-1}$	μ	[0]	$L^{-1}T$	$L^{-1}TR$

第 3 表

量	C. G. S. 電磁單位の名稱	(C.G.S. 電磁單位)/(C.G.S. 靜電單位)	實用單位の名稱	(實用單位)/(C.G.S. 靜電單位)	(實用單位)/(C.G.S. 電磁單位)	M. K. S. 單位の名稱	(M.K.S. 合理單位)/(C.G.S. 電磁單位)	(M.K.S. 合理單位)/(實用單位)
起電力(電位)		$1/c$	volt	$10^{8}/c$	10^{8}	volt	10^{8}	1
電界の强さ		$1/c$		$10^{-1}/c$	10^{-1}	volt/m	10^{6}	10^{7}
電流		c	ampere	$10^{-1}\cdot c$	10^{-1}	ampere	10^{-1}	1
電流密度		c		$10^{-19}\cdot c$	10^{-19}	ampere/m²	10^{-5}	10^{14}
抵抗		$1/c^{2}$	ohm	$10^{9}/c^{2}$	10^{9}	ohm	10^{9}	1
固有抵抗		$1/c^{2}$		$10^{18}/c^{2}$	10^{18}	ohm m	10^{11}	10^{-7}
コンダクタンス		c^{2}		$10^{-9}\cdot c^{2}$	10^{-9}	mho, siemens	10^{-9}	1
導電率		c^{2}		$10^{-18}\cdot c^{2}$	10^{-18}	mho/m siemens/m	10^{-11}	10^{7}
電氣量		c	coulomb	$10^{-1}\cdot c$	10^{-1}	coulomb	10^{-1}	1
誘電束		c		$10^{-1}\cdot c$	10^{-1}	(coulomb)	$4\pi/10$	4π
誘電束密度		c		$10^{-10}\cdot c$	10^{-19}	(coulomb/m²)	$4\pi/10^{5}$	$4\pi\cdot 10^{14}$
エラスタンス		$1/c^{2}$		$10^{9}/c^{2}$	10^{9}		10^{9}	1
靜電容量		c^{2}	farad	$10^{-9}\cdot c^{2}$	10^{-9}	farad	10^{-9}	1
誘電率		c^{2}		$10^{-18}\cdot c^{2}$	10^{-18}	(farad/m)	$4\pi/10^{11}$	$4\pi\cdot 10^{7}$
起磁力	gilbert	c		$10^{-1}\cdot c$	10^{-1}	(ampere-turn)	$4\pi/10$	4π
磁界の强さ	oersted	c		$10^{-10}\cdot c$	10^{-10}	(ampere-turn/m)	$4\pi/10^{3}$	$4\pi\cdot 10^{7}$
磁極の强さ		$1/c$		$10^{8}/c$	10^{8}	(weber)	$10^{8}/4\pi$	$1/4\pi$
磁氣モーメント		$1/c$		$10^{17}/c$	10^{17}	(weber m)	$10^{10}/4\pi$	$10^{-7}/4\pi$
磁束	maxwell	$1/c$		$10^{8}/c$	10^{8}	weber	10^{8}	1
磁束密度	gauss	$1/c$		$10^{-10}/c$	10^{-10}	weber/m²	10^{4}	10^{14}
磁化の强さ		$1/c$		$10^{-10}/c$	10^{-10}	(weber/m²)	$10^{4}/4\pi$	$10^{14}/4\pi$
インダクタンス		$1/c^{2}$	henry	$10^{9}/c^{2}$	10^{9}	henry	10^{9}	1
磁氣抵抗		c^{2}		$10^{-9}\cdot c^{2}$	10^{-9}	(ampere-turn/weber)	$4\pi/10^{9}$	4π
磁氣傳導度		$1/c^{2}$		$10^{9}/c^{2}$	10^{9}	(weber/ampere-turn)	$10^{9}/4\pi$	$1/4\pi$
導磁率		$1/c^{2}$		$1/c^{2}$	1	(henry/m)	$10^{7}/4\pi$	$10^{7}/4\pi$
磁化率		$1/c^{2}$		$1/c^{2}$	1	(henry/m)	$10^{7}/(4\pi)^{2}$	$10^{7}/(4\pi)^{2}$

括弧内の名稱は確定したものではない。
$c \simeq 3\times10^{10}$ cm/s

(神保, 三宅, 石橋)

2·3 電氣單位の現狀

現在我々が日常用ひてゐる ohm, volt 等の實用電氣單位は元々 British Association for the Advancement of Science[2] (B.A.) に於て定めたものであつて，その大きさは前節に述べた實用

(2) 1861 年設置

電氣單位に相當するものである。然るに法律制定の基礎としては原器を設定する必要を感ずるに到り，玆に於て 1908 年ロンドンに開催せられた電氣單本位國際會議[3] (International Conference on Electrical Units and Standards) は ohm 及び ampere を一次單位に選び，夫々水銀抵抗原器及び銀ボルタメータを原器として用ひることとし，之より他の單位を誘導する方法を決定したのである。次に單位定義の要點を擧げれば次の通りである。

國際オーム　ohm は氷の融解温度に於て，質量 14.4521 g，長さ 106.300 cm にして均一なる切斷面積を有する水銀柱の不變電流に對する電氣抵抗を謂ふ。

國際アンペア　ampere は硝酸銀の水溶液を通過し，每秒 0.00111800 g の銀を分離する不變電流を謂ふ。

以上の定義に於ては絕對實用單位と一致せしめる如く，各定數を決定したものであることは言ふ迄もない。而して將來絕對實用單位との間に生ずる混亂を避けるために，上記國際會議に於て決定した單位に對して國際單位 (International unit) なる名稱を與へ，"國際" (略字 int.) を單位名に附することとなつた。

然るに其の後，絕對測定の進步に依りその確度も高められた結果，國際單位と絕對單位との間に相當の懸隔あることが確實となつて來た。そこで 1921 年第 6 回國際度量衡總會はメートル條約の改正を行ひ，電氣單位に關する事項に關與することを決議した。又之に依り諮問機關として電氣諮問委員會 (Comité Consultatif d'Electricité) (C.C.E.) を設置し，各國國立實驗所協力の下に，充分研究を遂げた結果，1939 年 6 月パリに開催せられた第 6 回同委員會は愈々次の關係[4]を確めるに到つたのである。

1 國際 ohm = 1.0005(p) 絕對 ohm

1 國際 ampere = 0.9999(q) 絕對 ampere

1 國際 volt = 1.0004($p \cdot q$) 絕對 volt

斯くの如く國際電氣單位と絕對電氣單位との關係が明瞭になつたので，1939 年秋開催せられる豫定であつた第 9 回國際度量衡總會に於て，1940 年 1 月 1 日より全世界一齊に絕對電氣單位を實施すべく決定を見る筈であつたが，恰も歐洲に於ける動亂の勃發により總會の開催は素より，劃期的なる新電氣單位の實施も延期するの已む無きに到つた。そこで現在に於ては諸種の計算を行ふに當つて 10^{-1}, 10^{8}, 10^{9} 等の如き 10 の整數羃が入つてくるだけでなく，上記の國際單位と絕對單位との關係 (p, q 等) が更に加るため益々混亂狀態に陷り，敎育上は勿論工業上に於ても一日も之を放任し得ない狀態となつた。(神保，三宅，石橋)

2·4　M. K. S. 單位系の由來

前節に於て，實用電氣單位に對しては名稱が與へられてゐることを述べたが，磁氣單位に對し

(3) Report on the Conference on Elec Units and Standards, 1908
(4) 電試彙 4, 480 (昭 15) (卷末文獻 1·23)

ては 1893 年シカゴに於ける國際電氣會議に於て，C. G. S. 電磁單位にのみ maxwell, gauss 等の名稱が與へられ，爾來實用單位がないために，電氣及び磁氣に跨がる問題例へば起磁力の如きものを取扱ふ場合に，電流を一旦 C. G. S. 電磁單位に換算することを餘儀なくされるのである。

M. K. S. 單位系の目的とする處は斯かる敎育上竝に工業上の一大支障を排除し，併せて電氣，磁氣その他力學系統を包括する一貫した實用單位系を樹立せんとするものである。

M. K. S. 單位系は 1901 年伊太利の G. Giorgi 敎授[5] に依り提唱され，1904 年セントルイスに於ける國際電氣會議にも本單位系に關する論文[6]を提出したが，當時は餘り顧みる者がなかつた。M. K. S. 單位系本來の形式は次の基本單位から組立てられたものである。

1. 國際メートル原器の表す國際 m
2. 國際キログラム原器の表す國際 kg
3. 平均太陽時の秒 s
4. 水銀抵抗原器を以て表さるゝ國際 ohm

その後 G. A. Campbell 氏[7]は "Definitive System of Units" なる名稱の下に，Giorgi 氏の單位系と略々同樣にして，唯定義の異なる M. K. S. 單位系を提唱した。

M. K. S. 單位系が國際會議に於て認められたのは 1933 年シカゴに於ける International Union for Pure and Applied Physics (I.U.P.) の Committee on Symbols, Units and Nomenclature (S.U.N.) を以て始つてゐる。卽ち C.G.S. 單位系は現行通りとして殘すと共に，實用單位系としての M. K. S. 單位系の優秀性が認められた。次いで同年パリに開催せられた I.E.C. の Committee on Elec. and Mag. Magnitudes and Units (E.M.M.U.) に於ても I.U.P. の決議を是認し，且 M. K. S. 單位系採用の際には第四基本單位として C. G. S. 電磁單位の 10^{9} 倍に相當する抵抗單位 ohm 又は之に對應する眞空の導磁率を採用することとし，各國委員會の意見を徵することとなつた。[8]

然るに 1935 年の E.M.M.U. 委員會は第四基本單位の決定を留保したる M. K. S. 單位系の採用を決議し，第四基本單位に關しては 7 箇の實用單位 coulomb, ampere, volt, ohm, farad, henry 及び weber の內より選定することとし，C.C.E. 及び S.U.N. 兩委員會にその選定方を諮問することとした。[9]

そこで C.C.E. は 1935 年パリに開催せられた同委員會に本問題を附議し，結局次の如き決議[10]を行つた。C.C.E. は眞空導磁率 (μ_0) に對し，M.K.S. 系の非合理系に於ては 10^{-7} を與へ，合理系に於ては $4\pi \cdot 10^{-7}$ を與へ，以て機械單位と電氣單位との間の關係を決定すべきことを承認する。尙第四基本單位の選定が 7 箇の實用單位に限定されゝば C. G. S. 電磁單位の 10^{-1} に相當す

(5) G. Giorgi: Unità Razionali di Elettromagnetismo, Atti dell'A.E.I. (1901) (卷末文獻 2·1)
(6) G. Giorgi: Proposals Concerning Electrical and Physical Units, Proc. Int. Elec. Congress, St Louis 1, 136 (1904) (卷末文獻 2·8)
(7) G. A. Campbell: A System of Definitive Units Proposed for Universal Use, Proc. Int. Math. Cong., Toronto (1924) (卷末文獻 2·12)
(8) IEC Document R.M. 105 (卷末文獻 1·7)
(9) IEC Document R.M. 118 (卷末文獻 1·12)
(10) 第四回電氣諮問委員會經過: 電一彙 11, 25 (昭 11) (卷末文獻 1·15)

る ampere 又は 10^9 に相當する ohm に限ることに滿場一致を以て決定し，更に採決の結果，小數の差を以て ohm 採用に決定した。

一方 I.U.P. の S.U.N. 委員會では文書により委員の意見を徵した結果，委員長 R.T. Glazebrook 氏の名を以て眞空の導磁率 μ_0 を採用する旨公表した。[11]

日本電氣工藝委員會に於ても M. K. S. 單位系に關して調査の必要を認めたので昭和 11 年電磁單位調査委員會が設置せられ，本問題に關して審議を進めた結果，同年 12 月委員會總會の可決を經てその調査報告が公表せられた。決議錄[12]の要旨は (1) M. K. S. 單位系は工學上及び教授上極めて便利なるを認め，その全面的採用を決議す。但し C. G. S. 單位系は純學術的研究上當然殘さるべきものと認む，(2) M. K. S. 單位系の第四基本單位として C. G. S. 電磁單位の 10^9 倍に相當する抵抗單位 ohm を採り，國際度量衡局に保管せらるゝ原器に依り之を現示すること，(3) 眞空導磁率 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ とする所謂合理系を採用し，以て M. K. S. 單位系本來の特徵を發揮せしめること等である。尙この決議は 1938 年 I.E.C. 本部に報告された。

次に 1938 年英國トーケー (Torquay) に開催せられた E. M. M. U. 委員會は第四基本單位に關して次の見解[13]を表明した。卽ち電氣單位と機械單位との間の連繫 (connecting link) としては非合理系に於ては 10^{-7}，合理系に於ては $4\pi \cdot 10^{-7}$ としたる眞空導磁率 μ_0 を採用する。又第四基本單位としては實用單位 ohm, ampere, volt, henry, farad, coulomb, weber の何れを採用するも可である。

M. K. S. 單位系の合理系の國際的採用は未だ時機尙早なるため何れの會議に於ても，之に對する意見の發表を避けてゐる。尙 A.E. Kennelly 氏により M. K. S. 合理單位の名稱に對して人稱名詞を與へ，C. G. S. 單位の名稱に對しては非人稱名詞を與へんとする運動[14]があつた。又力學的單位たる力，トルク等に對して新しい人稱名詞が考慮され，力の單位 (1 kg の質量に作用して 1 m/s^2 の加速度を生ぜしむる力) "newton" は既に 1938 年の E.M.M.U. 委員會[15]で決定を見てゐる。

現在の M. K. S. 單位系は G. Giorgi 氏の提唱したものと異なり，絕對電氣單位を採用してゐるので，之が採用は新電氣單位實施と同時又はその後であることが望ましい。然るに新電氣單位の實施は無期延期となつてゐるのであるが，1939 年 C.C.E. に於て作製せられた新電氣單位定義(案)[16]が，多少修正の自由は持たせてあるにせよ，原則的に M. K. S. 單位系により書かれてゐることは，本單位系の將來を示唆するものとして注目に値する處である。(神保，三宅，石橋)

(11) R.T. Glazebrook: The M.K.S System of Elec. Units. Phys. Soc., 48, 449 (1936) (卷末文獻 2・43)
(12) 電磁單位調査委員會報告: 電學誌 57, 76 (昭 12) (卷末文獻 1・19); On the M.K.S. System of Units: E.T.J. 1, 39 (1937) (卷末文獻 2・53)
(13) IEC Document R.M. 173 (卷末文獻 1・21)
(14) A.E. Kennelly: Adoption par la Commission Electrotechnique Internationale du Système Giorgi d'Unité M.K.S., Juin 1935, S.F.E. 6, 60 (1936) (卷末文獻 1・18)
(15) IEC Document R.M. 173 (卷末文獻 1・21)
(16) 電試彙 4, 480 (昭 15) (卷末文獻 1・23)

3. M. K. S. 單位系と C. G. S. 單位系
單位の一貫性と眞空導磁率

M. K. S. 單位系が在來の單位系に勝る點は，その電氣，磁氣は勿論，力學をも包含して一貫した實用單位系であることである。

前章に述べられてゐるやうに，現用の電氣單位系には，C. G. S. 靜電單位系，C. G. S. 電磁單位系及び實用單位系の三者があり，而もこの三者相互の關係はかなり複雜である。卽ち C. G. S. 靜電及び電磁兩單位系は何れも，長さ，質量及び時間の單位として夫々 cm, g 及び s を採るが，第四の基本單位としては，前者は眞空の誘電率 ε_0 を 1 とし，後者は之に反し眞空の導磁率 μ_0 を同じく 1 として採る爲に，同じ C. G. S. 單位系でありながら二種の異つた單位系を生じ，而も兩者間の換算は簡單ではない。のみならず ε_0 或は μ_0 のヂメンションを形の上で明示しない爲に特に誤解を生じ易い。例へば眞空中に於ては磁束密度 B と磁化力 H との關係が $B=H$ と表され，兩者が同一量であるかの如き觀を與へるが如きである。更にこの學術上の兩 C. G. S. 單位系に對し，實用單位系はその元來の起因が C. G. S. 單位系と全く無關係である爲に，抵抗，電壓及び電流の實用單位 1 Ω，1 V 及び 1 A は夫々 C. G. S. 電磁單位の 10^9，10^8 及び 10^{-1} 倍 (尤も現在の原器で具現されてゐる 1 Ω，1 V 及び 1 A は何れもこの値と 1 萬分の 1 毫の開きがある) になつて居り，實用單位と C. G. S. 單位との間の換算も簡單でない。その上磁氣諸量に就いては，Ω，V 或は A とは無關係な C. G. S. 電磁單位を其の儘實用單位として採用してゐる爲に，實用單位內に於てすら電氣諸量と磁氣諸量の單位相互の關係が甚だ複雜化してゐる。之等の事實が學術技術上又教育上著しい不便を惹き起してゐることは周知の如くである。M. K. S. 單位系は上述の如き不合理と不便とを排除し，電氣，磁氣及び力學に亙り一貫した單位系を樹立せんとするものである。次にこの新單位系が如何にして斯かる一貫性を實現し得るかを述べる。

先づ力學量の單位との關係であるが，M. K. S. 單位系では，長さ，質量及び時間の單位として夫々 m, kg 及び s を採る結果として，例へば速度，加速度の單位は夫々 m/s 及び m/s^2 となり，電子の質量は 9.0×10^{-31} kg，眞空中の光速度は 2.998×10^8 m/s，重力加速度は 9.80 m/s^2 の如くなる。力の單位は質量 1 kg に 1 m/s^2 の加速度を與へるやうなもので，之は 1938 年の國際會議で一應 newton (N) と呼ぶことに定められたが，丁度 10^5 ダインに相當する。仕事の單位は 1 N の力が作用して 1 m の變位を起すときのものとなり，之は丁度 10^7 エルグ卽ち 1 J となり，又工率の單位は 1 J/s 卽ち 1 W となり，現用の實用單位に歸著して來る。之に反して，C. G. S. 靜電或は電磁單位系では，長さ，質量及び時間の單位として夫々 cm, g 及び s を採る關係上，仕事及び工率の單位 1 エルグ及び 1 エルグ秒とその實用單位 1 J 及び 1 W との間には，1 J = 10^7 エルグ 及び 1 W = 10^7 エルグ秒 なる換算を必要とするのである。新様に M. K. S. 單位系に依ると，新たに力の單位として目新しいニュートンなる單位を導入するだけで力學量の單位系が一貫して來る。

次に電氣，磁氣諸量の M.K.S. 單位であるが，之には合理系と非合理系の二種を樹て得るが，以下合理系に就いて誌す。力學量を基として電氣磁氣諸量の單位を作るには，新たに電氣又は磁氣の中の何か一つの獨立量の單位を第四の獨立基本單位として附加へなければならぬ。この第四單位として何を選ぶべきかに就いては國際的には未定であるが，大勢は眞空の導磁率或は抵抗の何れかが選ばれんとしてゐることは前章に誌してある通りである。何れにしても適當な方法で電流，電壓及び抵抗の單位 1 A，1 V 及び 1 Ω が定まつたとして之を基準にしてこの新單位系を見ると，先づ電位傾度或は電界の强さの單位 1 V/m と磁界の强さ或は磁化力の單位 1 AT/m(或は A/m) が之より直に導出される。それで磁氣諸量に就いては，例へば平等磁束密度の界中で之と直角の方向に置かれた長さ 1 m の直線線導體をそれと磁界との兩者に直角の方向に 1 m/s の速度を以て移動せしめた時兩端に 1 V の電位差を生ずるやうな磁束密度を新單位とし，之を 1 weber/m² (Wb/m²) とすれば，磁束の單位は weber (Wb) となり，之は丁度 C. G. S. 電磁單位たる 1 マクスウェルの 10^8 倍である。そして眞空中で 1 AT/m の磁化力で斯樣な磁束密度 1 Wb/m² を生ずる爲には眞空の導磁率 μ_0 を $4\pi\times10^{-7}$(非合理系では之が 1×10^{-7} となる) と採ればよいことになる。一般の媒質の導磁率 μ は $\mu_s\mu_0$ と示すことが出來る。玆に μ_s は從來の導磁率と同じ數値のものであるが全くヂメンションのないもので，比導磁率と名付けられる。又磁極の强さの單位は眞空中で 1 Wb の磁束を生ずるやうなもので，之を 1 Wb と稱することにする。更に電氣量に就いては，毎秒 1 A の電流に依つて運ばれる電氣量が電荷の單位 1 クーロン (C) となるが，1 C の電荷から出る誘電束を 4π としないで 1 C と採るのが合理系であつて，眞空中で 1 C/m² なる誘電束密度を生ずる電界の强さが 1 V/m となるやうにするには，眞空の誘電率 ε_0 を $10^7/4\pi c_0^2=8.854\times10^{-12}$ (但し c_0 は光速度で 2.998×10^8 m/s) (非合理系では $10^7/c_0^2$ となる) とすればよい。無論上述の μ_0 及び ε_0 の値を $v=1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$ の式に入れると丁度 v は眞空中の光速度 c_0 m/s となつてゐる。從つて一般の媒質の誘電率 ε は $\varepsilon_s\varepsilon_0$ と表すことが出來，ε_s は比誘電率と呼ばれる數値で，その値は在來の誘電率の値其の儘である。

何れにするも C.G.S. 靜電或は電磁單位系に於ける如く，一方的に μ_0 又は ε_0 の値を 1 と採らずに，之を 1 A，1 V 及び 1 Ω に聯關させて，1 AT/m，1 Wb/m² 或は 1 V/m，1 C/m² 等の單位によつて律し，$\mu_0=4\pi\times10^{-7}$ 及び $\varepsilon_0=10^7/4\pi c_0^2$ と調和させることにより，玆に電氣磁氣及び力學を一貫した單位系を得るのである。(福田)

4. M.K.S. 單位系の合理化

從來の電氣磁氣の式に於ては 4π なる因子が不合理な位置に存在してゐる。例へば平行板蓄電器の靜電容量を表す式が $\varepsilon S/4\pi t$ であるのに，同心球のそれは $\varepsilon r_1r_2/(r_2-r_1)$ であつて，即ち球に關する因子 π が同心球の場合には現れないで却つて平行板の場合に現れると云ふ風に正に逆の位置に現れてゐる。之は謂はば形式上不合理である。之を合理化するには，從來の e.s.u. 或は e.m.u. 單位系に於ては夫々眞空の μ 或は ε の値を 1 としないで，之を 4π と採ればよいことは明らかである。

同樣の事柄は M. K. S. 單位系に於ても起る。即ち前章に於ける如く

$$\mu_0=4\pi\times10^{-7},\quad \varepsilon_0=10^7/4\pi c_0^2\quad (合理系)$$

と採れば M. K. S. 合理化單位系が樹てられるが，

$$\mu_0=10^{-7},\quad \varepsilon_0=10^7/c_0^2\quad (非合理系)$$

と置けば M. K. S. 非合理單位系が樹つのである。試みに M. K. S. 合理系と非合理系に於ける公式を比較對照すると第 4 表の如くである。但し表中 $\mu=\mu_s\mu_0$ 及び $\varepsilon=\varepsilon_s\varepsilon_0$ である。

第　4　表

		合理系	非合理系
	クーロン法則	$f=\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon r^2}$	$f=\frac{q_1q_2}{\varepsilon r^2}$
	誘電束密度	$D=\varepsilon_0X+P$	$D=\varepsilon_0X+4\pi P$
靜	電荷よりの誘電束	$\psi=q$	$\psi=4\pi q$
	ポアソン方程式	$\nabla^2V=-\frac{\rho}{\varepsilon}$	$\nabla^2V=-\frac{4\pi}{\varepsilon}\rho$
	クーロン等式	$\varepsilon X=\sigma$	$\varepsilon X=4\pi\sigma$
電	平行板間の電界	$X=\frac{q}{\varepsilon}$	$X=\frac{4\pi q}{\varepsilon}$
	靜電エネルギ密度	$\omega=\frac{1}{2}\varepsilon X^2$	$\omega=\frac{\varepsilon X^2}{8\pi}$
	導體表面の張力	$T=\frac{\sigma^2}{4\varepsilon}$	$T=\frac{2\pi\sigma^2}{\varepsilon}$
氣	球の靜電容量	$C=4\pi\varepsilon r$	$C=\varepsilon r$
	同心球の靜電容量	$C=\frac{4\pi\varepsilon r_1r_2}{r_2-r_1}$	$C=\frac{\varepsilon r_1r_2}{r_2-r_1}$
	平行板の靜電容量	$C=\frac{\varepsilon S}{t}$	$C=\frac{\varepsilon S}{4\pi t}$
磁	クーロン法則	$f=\frac{m_1m_2}{4\pi\mu r^2}$	$f=\frac{m_1m_2}{\mu r^2}$
	磁極よりの磁束	$\phi=m$	$\phi=4\pi m$
	磁束密度	$B=\mu_0H+J$	$B=\mu_0H+4\pi J$
氣	磁氣エネルギ密度	$\omega=\frac{\mu H^2}{2}$	$\omega=\frac{\mu H^2}{8\pi}$

		合理系	非合理系
電磁氣	ビオ・サバール法則	$dB = \mu \frac{i \sin\theta \, ds}{4\pi r^2}$	$dB = \mu \frac{i \sin\theta \, ds}{r^2}$
	$\oint H\,ds$	$\oint H\,ds = i$	$\oint H\,ds = 4\pi i$

（福田）

5. M.K.S. 合理化單位による諸公式

5·1 一般

M. K. S. 合理化單位と他種單位との間の換算係數

下記 I, II 表の k は表中第2行記載の單位によつて表された量の數値 a を M. K. S. 單位を以て表した數値 a' に換算する爲に a に乘ずる係數である。即ち $a' = k\ a$

I. 一般量の換算係數

量	單位	k	M. K. S. 單位
長さ	cm	10^{-2}	m
質量	g	10^{-3}	kg
時間	s	1	s
周波數	Hz, サイクル/s	1	Hz, サイクル/s
面積	cm^2	10^{-4}	m^2
體積	cm^3	10^{-6}	m^3
角	度, ラヂアン	1	度, ラヂアン
立體角	C. G. S. 單位	1	M. K. S. 單位
密度	g/cm^3	10^3	kg/m^3
比重	—	1	—
體積濃度	g/cm^3	10^3	kg/m^3
〃	g/l	1.00	kg/m^3
百分率濃度	%	1	%
溶解度	%	1	%
比體積	cm^3/g	10^{-3}	m^3/kg
速度	cm/s	10^{-2}	m/s
〃	km/h	1/3.6	m/s
加速度	cm/s^2	10^{-2}	m/s^2
角速度	度/s, ラヂアン/s	1	度/s, ラヂアン/s
角加速度	度/s^2, ラヂアン/s^2	1	度/s^2, ラヂアン/s^2
面積速度	cm^2/s	10^{-4}	m^2/s
運動量	g cm/s	10^{-5}	kg m/s
力積	ダイン s	10^{-5}	N s
運動量モーメント（角運動量）	$g\,cm^2/s$	10^{-7}	$kg\,m^2/s$
トルク（力のモーメント）	ダイン cm	10^{-7}	N m
〃（〃）	kg m	9.8	〃
〃（〃）	kg cm	9.8×10^{-2}	〃
〃（〃）	g cm	9.8×10^{-5}	〃
慣性モーメント 物理學的	$g\,cm^2$	10^{-7}	$kg\,m^2$
慣性モーメント 幾何學的	cm^4	10^{-8}	m^4
力	ダイン	10^{-5}	N

量	單位	k	M. K. S. 單位
力	メガダイン	10	N
〃	重量 g	9.8×10^{-3}	〃
〃	重量 kg	9.8	〃
〃	重量 t(瓲)	9.8×10^{3}	〃
壓力	ダイン/cm²	10^{-1}	N/m²
〃	バール	10^{5}	〃
〃	kg/mm²	9.8×10^{6}	〃
〃	kg/cm²	9.8×10^{4}	〃
〃	t/cm²	9.8×10^{7}	〃
〃	mmHg	133	〃
〃	氣壓	1.01×10^{5}	〃
エネルギ(仕事)	エルグ	10^{-7}	J
〃 (〃)	kWh	3.6×10^{6}	〃
工率	エルグ/s	10^{-7}	W
〃	W	1	〃
〃	kW	10^{3}	〃
〃	H.P.	746	〃
彈性率	ダイン/cm²	10^{-1}	N/m²
壓縮率	cm²/ダイン	10	m²/N
表面張力	ダイン/cm	10^{-3}	N/m
摩擦係數	—	1	—
粘性係數(内部摩擦係數)	C. G. S. 單位	10^{-1}	M. K. S. 單位
擴散係數	cm²/s	10^{-4}	m²/s
温度	°C, °K	1	°C, °K
膨脹係數	—	1	—
熱量	カロリ	4.18	J
〃	kg カロリ	4.18×10^{3}	〃
熱容量	カロリ/度	4.18	J/度
比熱	カロリ/g 度	4.18×10^{3}	J/kg 度
潛熱	カロリ/g	4.18×10^{3}	J/kg
燃燒熱	カロリ/g	4.18×10^{3}	J/kg
熱傳導率	カロリ/(cm s 度)	418	J/(m s 度)
エントロピ	カロリ/度	4.18	J/度
熱發散率	カロリ/(cm²s)	4.18×10^{4}	J/(m²s)

II. 化學に使用される特殊單位から M. K. S. 系相當單位への換算

量	單位	k	M. K. S. 系の相當單位
質量	g 分子	10^{-3}	kg 分子
當量	g 當量	10^{-3}	kg 當量
電氣化學當量	g/クーロン	10^{-3}	kg/クーロン
濃度	モル	10^{3}	溶液 1 m³ 中に溶質 1 kg 分子を含む溶液の濃度
〃	規定*	10^{3}	溶液 1 m³ 中に溶質 1 kg 當量を含む溶液の濃度

量	單位	k	M. K. S. 系の相當單位
モル分數	%	1	%
分子導電率	[℧, cm, g 分子]†	10^{-1}	[℧, m, kg 分子]
當量導電率	[℧, cm, g 當量]	10^{-1}	[℧, m, kg 當量]

* 水素イオン濃度　pH の數値 n をその M. K. S. 系相當單位に換算すれば $(n-3)$ となる。

† 溶質 1 g 分子を含む溶液が距離 1 cm の電極間に挿まれた場合の導電度を云ふ。

III. M. K. S. 單位で表した物理定數

(數値は電氣工學ポケットブック改訂版による)

重力の定數	$G = 6.664\times10^{-11}$ N m²/kg²
重力の加速度(標準)	$g_n = 9.80665$ m/s²
水 1 kg の標準氣壓最大密度に於ける體積	$l = 1.000027\times10^{-3}$ m³
水の最大密度(標準氣壓, $t = 3.945$°C)	999.973 kg/m³
水銀の密度(0°C, 標準氣壓)	13595.09 kg/m³
標準氣壓	$1.01324_5\times10^{5}$ N/m²
氷點の絶對温度	$T_0 = 273.18$°K
1 kg 分子に對するガス定數	$R = 8313.6$ J/°K
1 kg 分子の體積(完全氣體, 0°C, 標準氣壓)	22.4141 m³
1 kg 分子の分子數	$N = 6.064\times10^{26}$
1 m³ 中のガス分子數(0°C, 標準氣壓)	$n = 2.706\times10^{25}$
ボルツマンの定數	$k = R/N = 1.3709\times10^{-23}$ J/°K
熱の仕事當量	4.1852 絶對ジュール/15° カロリ
	= 4.1835 國際ジュール/15° カロリ
光の最小仕事當量	0.00161 W/lm
1 國際オーム	1.00051 絶對オーム
1 國際アンペア	0.99995 絶對アンペア
銀の電氣化學當量	1.11800×10^{-6} kg/國際クーロン
ファラデーの定數	$F = 9.6494\times10^{7}$ 國際クーロン/kg 當量
電子の荷電	$e = 1.591\times10^{-19}$ クーロン
電子の質量(速度の小なるとき)	$m = 9.035\times10^{-31}$ kg
電子の比電荷	$e/m = 1.761\times10^{11}$ クーロン/kg
音の速度(0°C, 空氣中)	331 m/s
光の速度(眞空中)	$c = 2.99796\times10^{8}$ m/s

カドミウム赤線の標準波長(15°C, 標準氣壓の乾燥せる空氣中)

$\lambda_{Cd} = 6.4384696\times10^{-7}$ m

プランクの定數	$h=6.547\times10^{-34}\,\mathrm{J\,s}$	
ステファン・ボルツマン定數	$\sigma=5.735\times10^{-8}\,\mathrm{J/(m^2\,{}^\circ K^4 s)}$	(本多)

5·2 音響及び照明

I. 音　響

1. 音の傳播速度 c(m/s)

(A) 流體中に於ける音の傳播速度 c(m/s)

$$c=\sqrt{\frac{\kappa}{\rho}}=\sqrt{\frac{1}{k\rho}} \quad\cdots\cdots(1)$$

但し $\kappa=$ 體積彈性率(N/m²)
$k=$ 壓縮率(m²/N)
$\rho=$ 密度(kg/m³)

完全氣體の場合

$$c=\sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho}} \quad\cdots\cdots(2)$$

但し $\gamma=$ 定壓比熱と定積比熱との比
$P_0=$ 常態に於ける壓力(N/m²)

乾燥せる 0°C, 1 氣壓の空氣中に於ける傳播速度は 331 m/s であつて, t°C, 1 氣壓の場合には

$$c=331\sqrt{1+\frac{t}{273}} \quad\cdots\cdots(3)$$

(B) 固體中に於ける振動の傳播速度 c(m/s)

(α) 縦振動の場合

$$c=\sqrt{\frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}\frac{E}{\rho}} \quad\cdots\cdots(4)$$

(β) 横振動の場合

$$c=\sqrt{\frac{1}{2(1+\sigma)}\frac{E}{\rho}} \quad\cdots\cdots(5)$$

但し $E=$ ヤング率(N/m²)
$\sigma=$ ポアソン比
$\rho=$ 密度(kg/m³)

(C) 棒の振動傳播速度 c(m/s)

(α) 軸に沿つて傳はる縦振動の場合

$$c=\sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad\cdots\cdots(6)$$

但し $E=$ ヤング率(N/m²)
$\rho=$ 棒の密度(kg/m³)

(β) 軸に沿つて傳はる屈曲振動の場合

$$c=\frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\frac{E}{\rho}\frac{\Theta}{S}} \quad\cdots\cdots(7)$$

但し $E=$ ヤング率(N/m²)
$\Theta=$ 切斷面の慣性能率(m⁴)
$\lambda=$ 波長(m)
$S=$ 切斷面積(m²)
$\rho=$ 棒の密度(kg/m³)

(D) 弦の振動傳播速度 c(m/s)

$$c=\sqrt{\frac{P}{\rho}} \quad\cdots\cdots(8)$$

但し $P=$ 張力(N/m²)
$\rho=$ 弦の密度(kg/m³)

2. 音の強さ I(W/m²), 音響力 J(W)及び音響勢力密度 E(J/m³)

$$I=\frac{p^2}{\rho c} \quad\cdots\cdots(9)$$

$$J=SI=\frac{p^2}{\rho c} \quad\cdots\cdots(10)$$

$$E=\frac{I}{c}=\frac{p^2}{\rho c^2} \quad\cdots\cdots(11)$$

但し $p=$ 音壓の實效値(N/m²)
$\rho=$ 媒質の密度(kg/m³)
$c=$ 音の傳播速度(m/s)
$S=$ 媒質内に考へる面の大いさ(m²)

3. 音響インピーダンス Z_a(kg/m⁴s), 機械インピーダンス Z_m(kg/s) 及び比音響インピーダンス Z(kg/m²s)

$$Z_a=\frac{p}{vS} \quad\cdots\cdots(12)$$

$$Z_m=\frac{p}{v}S \quad\cdots\cdots(13)$$

$$Z=\frac{p}{v} \qquad \cdots\cdots (14)$$

但し　$p=$ 音壓(N/m²)

　　　$v=$ 媒質の分子速度(m/s)

　　　$S=$ 考察する面の大いさ(m²)

比音響インピーダンスは音波が媒質中を傳播する場合には

$$Z=\rho c\cos\theta \qquad \cdots\cdots (15)$$

となり，玆に θ は音壓 p と分子速度 v との位相角であつて，平面波の場合には $\theta=0°$，$\cos\theta=1$ であり，球面波の場合には $\tan\theta=\dfrac{\lambda}{2\pi r}$ により與へられる。但し λ は波長(m)，r は觀測點の音源よりの距離(m)である。20°C，1 氣壓の空氣中に於ける平面波に對しては $Z=415\,\mathrm{kg/m^2s}$ である。

4. 音の大きさ N

$$N=10\log_{10}\frac{I}{I_0} \qquad \cdots\cdots (16)$$

但し　$I_0=$ 標準音の强さの基準値(W/m²)

　　　$I=$ 耳に同じ大きさの感覺を與へる標準音の强さ(W/m²)

現今一般に採用せられてゐる如く標準音として 1,000 サイクルの純音を用ひ，$I_0=10^{-12}\,\mathrm{W/m^2}$ とすれば，この時 N は phon と呼ばれる。又 $N=20\log_{10}\dfrac{p}{p_0}$ としても與へ得るのであつて，この場合に $p_0=2\times10^{-5}\,\mathrm{N/m^2}$ となる。

5. 殘響時間 T(s)

$$T=\frac{0.16\,V}{a_{av}S} \quad \text{(Sabine 氏の式)} \qquad \cdots\cdots (17)$$

$$T=\frac{0.16\,V}{4mV-S\log_e(1-a_{av})} \quad \text{(Eyring 氏の式)} \qquad \cdots\cdots (18)$$

但し　$V=$ 室の容積(m³)

　　　$S=$ 室內の表面積(m²)

　　　$a_{av}=$ 室內表面の平均吸音率

　　　$m=$ 室內空氣の吸音率（2,000 サイクル程度迄の低周波に對しては極めて小である）

(谷)

II. 照　　明

照明關係に於ては實用單位は M. K. S. 系が多い。卽ち下の如くである。

	M. K. S. 單　位	C. G. S. 單　位
光　　度	燭(c)	燭(c)
光　　束	ルーメン(lm)	ルーメン(lm)
照　　度	ルクス(lx) 1 lx = 1 lm/m²	ホト(ph)(實用せず) 1 ph = 1 lm/cm² = 10⁴ lx
輝　　度	平方米當り燭(c/m²)	スチルブ(Sb) 1 Sb = 1 c/cm² = 10⁴ c/m²
光束發散度	ラドルクス(radlx) 1 radlx = 1 lm/m²	ランベルト(L) 1 L = 1 lm/cm² = 10⁴ radlx ミリランベルト(mL) 實用單位 1 mL = 10⁻³ L = 10 radlx
電燈の大いさ	ワット又は公稱燭光(C)	ワット又は公稱燭光(C) 1 c = 10 lm
電燈の能率	ワット當りルーメン(lm/W)	ワット當りルーメン(lm/W)

光源の位置と大いさとを與へて或點の照度を求める場合に，光束發散度を用ひるときは，公式中に於ける π の有無に就いての合理化の見地よりするときは旣に合理化されてゐると云つてよい。照明設計法に用ひられる光束法に就いて考へてもこの點は問題ない。又光源の大いさを平均球面燭光で表さないで公稱燭光で表すと光束をルーメンで表した場合の 1/10 の數値となつて π を必要としない。要するに π の位置は照明關係に於ては合理化されてゐる。(山內)

5·3 電　氣　磁　氣

〔凡例〕 例へば $f_{(ダイン)}$ 及び $f_{(N)}$ は夫々同一量 f を一はダイン單位にて他は newton 單位にて表した數値を意味する。

I. 電流及び電力

1. 電流及び電流密度

電流 I の M. K. S. 單位 1 アンペア(ampere, A)は，例へば **24** に述べる如く定義し得る。

$$I_{(\mathrm{e.m.u.})}=\frac{1}{10}I_{(\mathrm{A})},\quad I_{(\mathrm{e.s.u.})}=(3\times10^9)\,I_{(\mathrm{A})} \qquad \cdots\cdots (1)$$

電流密度 j の M. K. S. 單位は $1\,\mathrm{A/m^2}$ であつて，

$$j_{(\mathrm{A/cm^2})}=\frac{1}{10^4}\cdot j_{(\mathrm{A/m^2})} \qquad \cdots\cdots (2)$$

2. 電氣量及び電荷密度

1 A の電流により 1 s 間に運ばれる電氣量が 1 クーロン(coulomb, C)である。

$$Q_{(\mathrm{C})}=I_{(\mathrm{A})}\cdot t_{(\mathrm{s})} \qquad \cdots\cdots (3)$$

$$Q_{(\mathrm{e.s.u.})}=(3\times10^9)\,Q_{(\mathrm{C})} \qquad \cdots\cdots (4)$$

電荷の表面密度 σ 及び體積密度 ρ の M. K. S. 單位は夫々 $1\,\mathrm{C/m^2}$ 及び $1\,\mathrm{C/m^3}$ であつて，

$$\sigma_{(\mathrm{C/cm^2})}=\frac{1}{10^4}\sigma_{(\mathrm{C/m^2})},\quad \sigma_{(\mathrm{e.s.u./cm^2})}=(3\times10^5)\,\sigma_{(\mathrm{C/m^2})}\cdots\cdots(5)$$

$$\rho_{(\mathrm{C/cm^3})}=\frac{1}{10^6}\rho_{(\mathrm{C/m^3})},\quad \rho_{(\mathrm{e.s.u./cm^3})}=(3\times10^3)\,\rho_{(\mathrm{C/m^3})}\cdots\cdots(6)$$

3. 電位差及び電位傾度

1 A の電流を通ずる導體の二點間に於て發生或は消費される電力が 1 W である時，或は 1 C の電荷が二點間を移動するとき發生或は消費されるエネルギが 1 J である時，該 2 點間の電位差 V は 1 ボルト (volt, V) である。

$$P_{(\mathrm{W})}=I_{(\mathrm{A})}\cdot V_{(\mathrm{V})}\cdots\cdots(7)$$

$$W_{(\mathrm{J})}=Q_{(\mathrm{C})}\cdot V_{(\mathrm{V})}\cdots\cdots(8)$$

$$V_{(\mathrm{e.s.u.})}=\frac{1}{3\times10^2}V_{(\mathrm{V})}\cdots\cdots(9)$$

一點に於て或方向への電位の變化が 1 m 毎に 1 V の割合である時，該點に於ける電位傾度 g は 1 V/m であり，之を電位傾度の M. K. S. 單位とする。

$$g_{(\mathrm{V/cm})}=\frac{1}{10^2}\cdot g_{(\mathrm{V/m})},\quad g_{(\mathrm{e.s.u.})}=\frac{1}{3\times10^4}g_{(\mathrm{V/m})}\cdots\cdots(10)$$

4. オーム法則と電氣抵抗

起電力を自藏しない導體の二點間に 1 A の電流が通ぜられ，その二點間の電位差が 1 V である時，該二點間の該導體の電氣抵抗は 1 オーム (ohm, Ω) である。

オーム法則 $V_{(\mathrm{V})}=I_{(\mathrm{A})}\cdot R_{(\Omega)}\cdots\cdots(11)$

5. ジュール熱

抵抗 R の導體に電流 I を通ずる時，時間 t 中に發生するジュール熱は

$$H_{(\text{カロリ})}=\frac{I^2_{(\mathrm{A})}\cdot R_{(\Omega)}\cdot t_{(\mathrm{s})}}{J}\cdots\cdots(12)$$

$$\text{玆に}\quad J=\frac{3600}{800}=4.18$$

6. 體積固有抵抗と體積導電率

長さ 1 m，それに直角な斷面積 1 m² の導體にその長さの方向に斷面に就いて一樣な密度を以て電流を通ずる時の電氣抵抗 (Ω) が該導體の物質の體積固有抵抗 (Ω-m) であり，その逆數が體積導電率 (S-m) である。

$$R_{(\Omega)}=\rho_{(\Omega\text{-m})}\cdot\frac{l_{(\mathrm{m})}}{S_{(\mathrm{m^2})}}\cdots\cdots(13)$$

$$\rho_{(\Omega\text{-cm})}=1\times10^2\cdot\rho_{(\Omega\text{-m})}\cdots\cdots(14)$$

$$\nu_{(\mathrm{S\text{-}cm})}=\frac{1}{10^2}\cdot\nu_{(\mathrm{S\text{-}m})}\cdots\cdots(15)$$

II. 磁　　　氣

7. 磁束及び磁束密度

磁束の 1 M. K. S. 單位を 1 ウェーバ (weber, Wb) と云ふ。之は毎秒 1 Wb の一定割合を以て磁束が變化する時，それと鎖交する一卷の線狀閉電路に 1 V の起電力を誘起するやうなものである。

電磁誘導則 $$E_{(\mathrm{V})}=-\frac{d\phi_{(\mathrm{Wb})}}{dt_{(\mathrm{s})}}\cdots\cdots(16)$$

$$\phi_{(\text{マクスウェル})}=(1\times10^8)\,\phi_{(\mathrm{Wb})}\cdots\cdots(17)$$

磁束密度の M. K. S. 單位は 1 Wb/m² である。磁束密度の均一な界の中に於て之に直角に置かれた長さ 1 m の直線狀線導體を自身と磁界の兩者に直角の方向に，之と 1 m/s の一定關係速度を以て移動せしめる時，該導體の兩端間に 1 V の電位差を誘起するやうな磁束密度は 1 Wb/m² となる。

電磁誘導則 $$E_{(\mathrm{V})}=B_{(\mathrm{Wb/m^2})}\,l_{(\mathrm{m})}\,v_{(\mathrm{m/s})}\cdots\cdots(18)$$

$$B_{(\text{ガウス})}=(1\times10^4)\,B_{(\mathrm{Wb/m^2})}\cdots\cdots(19)$$

8. 磁界の強さ

眞空に作用して 1 Wb/m² の磁束密度を生ずるやうな磁界の強さ或は磁化力が 1 アンペア回數/m (AT/m) 或は 1 A/m である。

$$H_{(\text{エルステッド})}=\frac{4\pi}{10^3}H_{(\mathrm{AT/m})}\cdots\cdots(20)$$

9. 導　磁　率

眞空の導磁率を μ_0 とすれば，眞空に於ける磁界の強さ H と磁束密度 B との關係は，

$$B=\mu_0 H\cdots\cdots(21)$$

c.g.s., e.m.u. 單位系に於ては $\mu_0=1$ とするも，M. K. S. 合理化單位系に於ては，(19) 及び (20) 式の關係を上式に代入して見ることにより

$$\mu_0=\frac{4\pi}{10^7}\cdots\cdots(22)$$

眞空以外の媒質中に於ては，

$$B=\mu_s\mu_0 H=\mu H\cdots\cdots(23)$$

玆に μ_s は比導磁率と名付け，c.g.s., e.m.u. 單位系に於ける導磁率とその數値に於て相等しい。

10. 磁極の強さ及び磁極に働く力

眞空中に於て 1 Wb の磁束を出すやうな磁極の強さが 1 weber (Wb) である。1 e.m.u. の強さの磁極より 4π マクスウェル卽ち $\frac{4\pi}{10^8}$ Wb の磁束の出ることより，

$$m_{(\mathrm{e.m.u.})}=\frac{10^8}{4\pi}m_{(\mathrm{Wb})}\cdots\cdots(24)$$

強さ H の磁界中で強さ m の磁極の受ける力 f は,

$$f_{(\text{N})}=H_{(\text{AT/m})}\cdot m_{(\text{Wb})}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(25)$$

11. クーロン法則

比導磁率 μ_s の媒質中に於て, 距離 r を隔てて存在する強さ夫々 m 及び m' の2箇の點磁極間に働く力 f は,

$$f_{(\text{N})}=\frac{m_{(\text{Wb})}\cdot m'_{(\text{Wb})}}{4\pi\mu_s\mu_0 r^2_{(\text{m})}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(26)$$

12. 磁氣モーメント

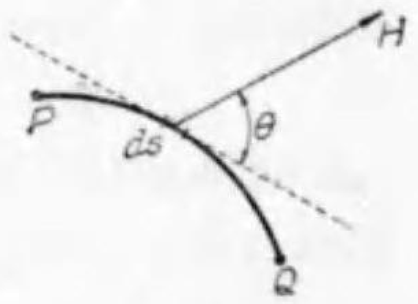
磁極の強さ m, 極間距離 l の磁石の磁氣モーメント M は,

$$M_{(\text{m·Wb})}=m_{(\text{Wb})}\cdot l_{(\text{m})}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(27)$$

$$M_{(\text{e.m.u.})}=\frac{10^{10}}{4\pi}M_{(\text{m-Wb})}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(28)$$

13. 磁位及び磁位差

1 AT/m の平等磁界中に於て磁界の方向に 1 m の距離を隔てる二點間の磁位差は 1 AT であつて, 之を磁位或は磁位差の M. K. S. 單位とする。或は磁界中の二點間を強さ 1 Wb の磁極を移動せしめる時の仕事が 1J の時, 該二點間の磁位差は 1 M. K. S. 單位卽ち 1 AT である。



第 1 圖

$$U_{(\text{ギルバート})}=\frac{4\pi}{10}U_{(\text{AT})}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(29)$$

第1圖に就いて, 磁界中の二點 PQ 間の磁位差 U は

$$U_{(\text{AT})}=-\int_Q^P H_{(\text{AT/m})}\cos\theta\, ds_{(\text{m})}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(30)$$

14. ガウスの定理

磁界中の任意の閉表面 S に就き, その表面上の一點に於ける磁束密度の外向法線に沿ふ分を B_n とすれば

$$\iint B_{n(\text{Wb/m}^2)}\, dS_{(\text{m}^2)}=0\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(31)$$

15. 磁界及び磁位の例

(1) 點 磁 極

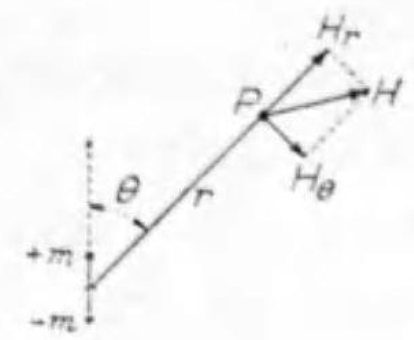
$$H_{(\text{AT/m})}=\frac{m_{(\text{Wb})}}{4\pi\mu_s\mu_0 r^2_{(\text{m})}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(32)$$

$$U_{(\text{AT})}=\frac{m_{(\text{Wb})}}{4\pi\mu_s\mu_0 r_{(\text{m})}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(33)$$

(2) 双 極 子

$$U_{(\text{AT})}=\frac{M_{(\text{m-Wb})}}{4\pi\mu_s\mu_0 r^2_{(\text{m})}}\cos\theta\cdots\cdots\cdots\cdots(32)$$

$$\left.\begin{aligned}
H_{r(\text{AT/m})}&=-\frac{\partial U}{\partial r}=\frac{M_{(\text{m-Wb})}}{2\pi\mu_s\mu_0 r^3_{(\text{m})}}\cos\theta\\
H_{\theta(\text{AT/m})}&=-\frac{\partial U}{r\,\partial\theta}=\frac{M_{(\text{m-Wb})}}{4\pi\mu_s\mu_0 r^3_{(\text{m})}}\sin\theta\\
H&=\frac{M}{4\pi\mu_s\mu_0 r^3_{(\text{m})}}\sqrt{1+3\cos^2\theta}
\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(33)$$



第 2 圖

16. 磁化の強さ

磁化された媒質中の一點に於ける微小體積 δV の磁氣モーメントを δM とすれば, その點に於ける媒質の磁化の強さ J は,

$$J_{(\text{Wb/m}^2)}=\frac{\delta M_{(\text{m-Wb})}}{\delta V_{(\text{m}^3)}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(34)$$

或は同じくその點に於ける磁束密度及び磁化力を夫々 B 及び H として, 磁化の強さ J は次式により與へられる。

$$B_{(\text{Wb/m}^2)}=\mu_0 H_{(\text{AT/m})}+J_{(\text{Wb/m}^2)}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(35)$$

$$J_{(\text{e.m.u.})}=\frac{10^4}{4\pi}J_{(\text{Wb/m}^2)}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(36)$$

17. 磁 化 率

媒質中の一點に於ける磁化の強さと磁化力を夫々 J 及び H として, その點の該媒質の磁化率 κ は,

$$\kappa_{(\text{H/m})}=\frac{J_{(\text{Wb/m}^2)}}{H_{(\text{AT/m})}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(37)$$

(35)式により

$$B_{(\text{Wb/m}^2)}=(\mu_0+\kappa)H_{(\text{AT/m})}=\mu_s\mu_0 H_{(\text{AT/m})}\ \cdots\cdots\cdots\cdots(38)$$

$$\kappa_{(\text{H/m})}=(\mu_s-1)\mu_{0(\text{H/m})}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(39)$$

$$\kappa_{(\text{e.m.u.})}=\frac{10^7}{(4\pi)^2}\kappa_{(\text{H/m})}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(40)$$

18. 磁氣エネルギ密度

比導磁率 μ_s, 磁化力 H 及び磁束密度 B なる點に於ける磁氣エネルギ密度 ω は,

$$\omega_{(\text{J/m}^3)}=\frac{1}{2}\cdot\frac{B^2_{(\text{Wb/m}^2)}}{\mu_s\mu_0}=\frac{1}{2}\mu_s\mu_0 H^2_{(\text{AT/m})}=\frac{1}{2}B_{(\text{Wb/m}^2)}\cdot H_{(\text{AT/m})}\cdots(41)$$

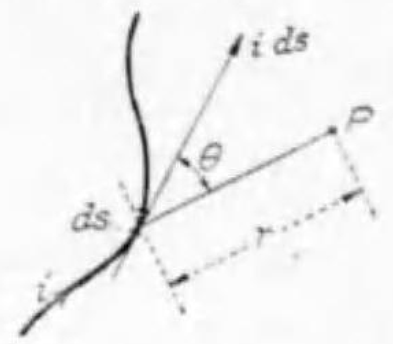
$$\omega_{(\text{エルグ/cm}^3)}=10\,\omega_{(\text{J/m}^3)}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(42)$$

III. 電　　磁　　氣

19. 電流に依る磁界 (第3圖)

任意の線電流 i により一點 P に生ずる磁界は，線電流の各微小部分 $i\,ds$ に基づく磁界を重疊したものに等しく，微小部分 $i\,ds$ による磁界の强さ H は，

$$dH_{(\mathrm{AT/m})}=\frac{i_{(\mathrm{A})}\sin\theta}{4\pi r^2_{(\mathrm{m})}}ds_{(\mathrm{m})} \quad \cdots\cdots(43)$$



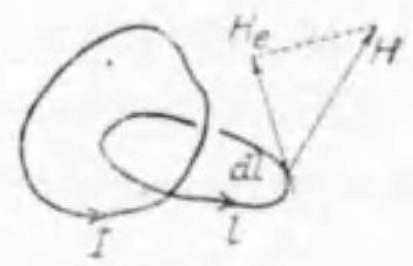
第 3 圖

20. 磁界の强さの線積分 (第4圖)

磁界中に於ける任意の閉路 l に沿ひ，その閉路に沿ふ磁界の强さ H_l の一廻りの閉路積分は，その閉路と鎖交する全電流を I として，

$$\oint H_{l(\mathrm{AT/m})}dl_{(\mathrm{m})}=I_{(\mathrm{A})} \quad \cdots\cdots(44)$$

$$\oint H_{l(エルステッド)}\,dl_{(\mathrm{cm})}=\frac{4\pi}{10}\oint H_{l(\mathrm{AT/m})}dl_{(\mathrm{m})} \quad \cdots(45)$$



第 4 圖

21. 線電流に依る磁界の例

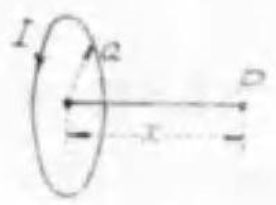
(1) 無限長直線電流 i による P 點の磁界の强さ (第5圖)

$$H_{(\mathrm{AT/m})}=\frac{I_{(\mathrm{A})}}{2\pi r_{(\mathrm{m})}} \quad \cdots\cdots(46)$$

第 5 圖

(2) 一卷圓形線電流 i によるその軸上の一點 P の磁界の强さ (第6圖)

$$H_{(\mathrm{AT/m})}=\frac{a^2_{(\mathrm{m})}I_{(\mathrm{A})}}{2(a^2_{(\mathrm{m})}+x^2_{(\mathrm{m})})^{3/2}} \quad \cdots\cdots(47)$$



第 6 圖

(3) 全卷數 N の環狀無端ソレノイド中の磁界の强さ (第7圖)

$$H_{(\mathrm{AT/m})}=\frac{NI_{(\mathrm{A})}}{2\pi r_{(\mathrm{m})}} \quad \cdots\cdots(48)$$

(4) 1 m 毎の卷數 n の無限長單層ソレノイド中の磁界

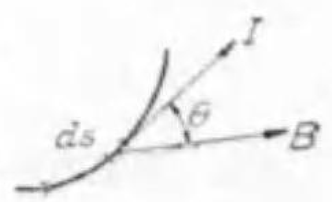
$$H_{(\mathrm{AT/m})}=n_{(\mathrm{T/m})}I_{(\mathrm{A})} \quad \cdots\cdots(49)$$

第 7 圖

22. 磁界中の電流の受ける力

磁束密度 B の點にある電流 I を通ずる線導體の微小部分 ds の受ける力 df は (第8圖)

$$df_{(\mathrm{N})}=B_{(\mathrm{Wb/m^2})}\cdot I_{(\mathrm{A})}\sin\theta\cdot ds_{(\mathrm{m})} \quad \cdots\cdots(50)$$



第 8 圖

磁束密度 B の一樣な磁界中に之と直角の方向にある電流 I を通ずる直線線導體が受ける力 f は

$$f_{(\mathrm{N})}=B_{(\mathrm{Wb/m^2})}\cdot I_{(\mathrm{A})}\cdot l_{(\mathrm{m})} \quad \cdots\cdots(51)$$

茲に l は導體の長さ

23. 磁界中の線輪が受けるトルク

磁束密度 B の平等磁界中に置かれた電流 I を通ずる矩形線輪の受けるトルク C は，線輪面と磁束との間の角を α として，

$$C_{(\mathrm{N\text{-}m})}=S_{(\mathrm{m^2})}\cdot I_{(\mathrm{A})}\cdot B_{(\mathrm{Wb/m^2})}\cos\alpha \quad \cdots\cdots(52)$$

茲に S は線輪の面積

$$C_{(ダイン\text{-}\mathrm{cm})}=10^7 C_{(\mathrm{N\text{-}m})} \quad \cdots\cdots(53)$$

24. 電流を通ずる線導體間の力

夫々電流 I 及び I' を通ずる平行直線線導體間に働く力 f は導體の單位長毎に，

$$f_{(\mathrm{N})}=\frac{\mu_0 I_{(\mathrm{A})}I'_{(\mathrm{A})}}{2\pi r_{(\mathrm{m})}} \quad \cdots\cdots(54)$$

茲に r は導體間隔

1 アンペアは眞空中で 1 m の間隔の平行無限長直線線導體に互に等しい電流を通ずる時，その導體の長さ 1 m 毎に 2×10^{-7} N の力が働くやうな電流と定める。

$I_{(\mathrm{A})}$ の電流を通ずる無限長直線線導體により，それより r (m) の點に生ずる磁界の强さ $H_{(\mathrm{AT/m})}$ は(48)式により $H_{(\mathrm{AT/m})}=I_{(\mathrm{A})}/2\pi r_{(\mathrm{m})}$ であり，又磁束密度は $B_{(\mathrm{Wb/m^2})}=\mu_0 I_{(\mathrm{A})}/2\pi r_{(\mathrm{m})}$ である。故にその點にある上記導體に並行で $I'_{(\mathrm{A})}$ の電流を通ずる無限長直線線導體がその長さ 1 m 毎に受ける力 $f_{(\mathrm{N})}$ は(51)式により $f_{(\mathrm{N})}=\mu_0 I_{(\mathrm{A})}I'_{(\mathrm{A})}/2\pi r_{(\mathrm{m})}$ となり，(54)式を得る。此の式は $I_{(\mathrm{A})}=I'_{(\mathrm{A})}=1$ A, $r_{(\mathrm{m})}=1$ m のとき $f_{(\mathrm{N})}=\mu_0/2\pi=2\times10^{-7}$ N となり，上記 1 A の定義に合致する。

25. 起　磁　力

或閉線狀磁路に沿ふ磁界の强さ H の線積分をその磁路に働く起磁力 F とし，單位の磁極をしてその磁路に沿ひ一周せしめる時のエネルギに數量的に相等しい。

$$F_{(\mathrm{AT})}=\oint H_{(\mathrm{AT/m})}dl_{(\mathrm{m})} \quad \cdots\cdots(55)$$

$$F_{(ギルバート)}=\frac{4\pi}{10}F_{(\mathrm{AT})} \quad \cdots\cdots(56)$$

26. 磁氣抵抗

或磁路に働く起磁力 F とそれによつて生ずる磁束との比がその磁路の磁氣抵抗 $\mathcal{R}$ であり，

$$\mathcal{R}_{(\mathrm{AT/Wb})}=\frac{F_{(\mathrm{AT})}}{\varphi_{(\mathrm{Wb})}} \quad \cdots\cdots(57)$$

$$\mathcal{R}_{(\mathrm{e.m.u.})}=\frac{4\pi}{10^9}\mathcal{R}_{(\mathrm{AT/Wb})} \quad \cdots\cdots(58)$$

斷面 S, 長さ l, 比導磁率 μ_s の磁路の磁氣抵抗 $\mathcal{R}$ は

$$\mathcal{R}_{(\mathrm{AT/Wb})}=\oint\frac{dl_{(\mathrm{m})}}{\mu_s\mu_0 S_{(\mathrm{m^2})}} \quad \cdots\cdots(59)$$

IV. 電磁誘導及びインダクタンス

27. 誘導起電力

N 卷の線輪に鎖交する磁束 φ が時間 t と共に $d\varphi/dt$ の割合を以て變化するとき，その線輪に誘起される起電力 e は

$$e_{(V)}=-\frac{d\varphi_{(Wb)}}{dt_{(s)}}\quad\cdots\cdots(60)$$

磁束密度 B の一様な磁界中で之と直角の方向にある長さ l の直線線導體が自身と磁界との兩者に直角の方向に速度 v を以て移動するとき，その導體に誘起される起電力 e は

$$e_{(V)}=B_{(Wb/m^2)}\cdot l_{(m)}\cdot v_{(m/s)}\quad\cdots\cdots(61)$$

28. インダクタンス

自己インダクタンス 1 ヘンリ (H) の回路では電流が毎秒 1 A の一定割合を以て變化するとき，電磁誘導作用により 1 V の起電力が誘起される。故に

$$e_{(V)}=L_{(H)}\frac{di_{(A)}}{dt_{(s)}}\quad\cdots\cdots(62)$$

相互インダクタンス 1 ヘンリ (H) の兩回路の任意の一回路の電流が毎秒 1 A の一定割合を以て變化するとき，他の回路には電磁誘導作用により 1 V の起電力が誘起される。故に

$$e_{(V)}=M_{(H)}\frac{di_{(A)}}{dt_{(s)}}\quad\cdots\cdots(63)$$

29. インダクタンスと磁氣エネルギ

自己インダクタンス L ヘンリの回路に I アンペアの電流を通ずるとき，その回路に貯へられてゐる磁氣エネルギ W は

$$W_{(J)}=\tfrac{1}{2}L_{(H)}I^2_{(A)}\quad\cdots\cdots(64)$$

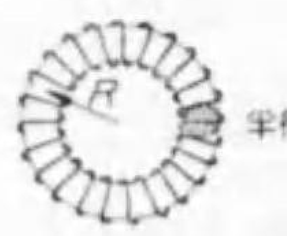
自己インダクタンスが夫々 L_1, L_2, 又相互インダクタンスが M である二回路があり，各〻に夫々電流 I_1 及び I_2 を通ずるとき，兩回路に貯へられてゐる總磁氣エネルギ W は，

$$W_{(J)}=\tfrac{1}{2}L_{1(H)}I_1^2{}_{(A)}+\tfrac{1}{2}L_{2(H)}I^2{}_{(A)}\pm M_{(H)}I_{1(A)}I_{2(A)}\quad\cdots\cdots(65)$$

30. 自己インダクタンス値の例

(1) 圓形斷面の圓環に卷かれた單層線輪 (總卷數は N) (第 9 圖)

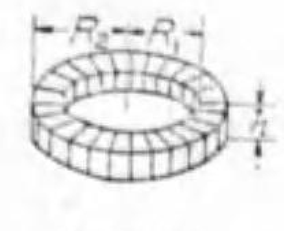
$$\left.\begin{aligned}L&=\mu_0\mu_s N^2\{R_{(m)}-\sqrt{R^2_{(m)}-r^2_{(m)}}\}\ \mathrm{H}\\&=4\pi\mu_s N^2\{R_{(m)}-\sqrt{R^2_{(m)}-r^2_{(m)}}\}\times10^{-7}\ \mathrm{H}\end{aligned}\right\}\cdots(66)$$



第 9 圖

(2) 矩形斷面の圓環に卷かれた單層線輪 (總卷數は N) (第 10 圖)

$$\left.\begin{aligned}L&=\frac{\mu_0\mu_s}{2\pi}h_{(m)}N^2\log_e\left(\frac{R_2}{R_1}\right)\ \mathrm{H}\\&=2\mu_s h_{(m)}N^2\left\{\log_e\left(\frac{R_2}{R_1}\right)\right\}\times10^{-7}\ \mathrm{H}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(67)$$



第 10 圖

31. 相互インダクタンス値の例

(1) 環狀心上に平等に卷かれた二回路間の相互インダクタンス

環の直徑がその太さに比し非常に大なる場合には，環の斷面積を S, 兩回路の卷數を夫々 n_a 及び n_b, 又環の平均長を l, 環心の比導磁率を μ_s として

$$M_{(H)}=\frac{\mu_s\mu_0 n_a n_b S_{(m^2)}}{l_{(m)}}\quad\cdots\cdots(68)$$

(2) 長き同軸ソレノイド間の相互インダクタンス

無限に長きソレノイドが同軸上に配置された時，兩者の卷數を夫々 n_a 及び n_b, 内側ソレノイドの斷面積を S, 環心の比導磁率を μ_s として

$$M_{(H/m)}=10^4 n_a n_b \mu_s\mu_0 S_{(m^2)}\quad\cdots\cdots(69)$$

V. 靜　電　氣

32. 電 氣 量 (2 參照)

33. 誘電束及び誘電束密度

1 C の電荷から出る誘電束が 1 M.K.S. 單位(之を C と表す) の誘電束であり，誘電束密度の單位は 1 C/m² である。

無限長直線線導體に 1A の電流を通ずる時，それから 1m の直角距離の點に於ては毎秒 $1/2\pi$ C の割合を以て誘電束が電流と同じ方向に移動しつゝあり，その際その點に於ける磁界は誘電束の移動方向と誘電束の方向とに夫々直角で，強さは **21** (1) により $1/2\pi$ (AT/m) である。依つて或點を誘電束が一定の割合を以て横切りつゝある時，そこに誘電束とその移動の兩方向に直角の方向に 1 AT/m の磁界を生ずるならば，その點を 1 s 毎に横切る誘電束の數は 1 C であると定義することを得る。

$$\Phi_{(e.s.u.)}=(4\pi\times3\times10^9)\,\Phi_{(C)}\quad\cdots\cdots(70)$$

$$D_{(e.s.u.)}=(4\pi\times3\times10^5)\,D_{(C/m^2)}\quad\cdots\cdots(71)$$

34. 靜電界の強さ

強さの一様な靜電界中に於てその電界の方向に沿つて 1 C の點電荷を 1 m の距離移動せしめる時のエネルギが 1J ならばその靜電界の強さは 1 V/m である。或は眞空中の一點に在る 1 C の點電荷に働く力が 1N である時その點の靜電界の強さは 1 V/m で，その方向は力の方向に一致する。

$$X_{(\mathrm{e.s.u.})}=\frac{1}{3\times10^4}X_{(\mathrm{V/m})} \quad\cdots\cdots(72)$$

眞空にて靜電界の强さ X の點に在る電氣量 Q の點電荷に働く力 f は

$$f_{(\mathrm{N})}=Q_{(\mathrm{C})}\cdot X_{(\mathrm{V/m})} \quad\cdots\cdots(73)$$

35. 誘　電　率

眞空の誘電率を ε_0 とすれば，眞空に於ける靜電界の强さ X と誘電束密度 D との關係は

$$D=\varepsilon_0 X \quad\cdots\cdots(74)$$

e.s.u. 單位系に於ては ε_0 の數値は 1 なるも，M.K.S. 合理化單位系に於ては (71) 及び (72) 式を上式に代入して見ることにより，ε_0 の數値は，

$$\varepsilon_0=\frac{1}{4\pi\times9\times10^9}=\frac{10^7}{4\pi c_0^2} \quad\cdots\cdots(75)$$

但し　$c_0=3\times10^8\ \mathrm{m/s}$

眞空以外の媒質中に於ては

$$D_{(\mathrm{C/m^2})}=\varepsilon_s\varepsilon_0 X_{(\mathrm{V/m})}=\varepsilon X_{(\mathrm{V/m})} \quad\cdots\cdots(78)$$

玆に ε_s は比誘電率と名付け，e.s.u. 單位系に於ける誘電率とその數値に於て相等しい。

36. クーロン法則

電氣量が夫々 Q 及び Q' の 2 箇の點電荷が距離 r を隔てて存在する時，兩者の間に働く力 f は

$$f_{(\mathrm{N})}=\frac{Q_{(\mathrm{C})}\cdot Q'_{(\mathrm{C})}}{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 r^2_{(\mathrm{m})}} \quad\cdots\cdots(76)$$

37. 電氣モーメント

電氣量夫々 $+Q$ 及び $-Q$，極間距離 l の電氣双極子の電氣モーメント M は，

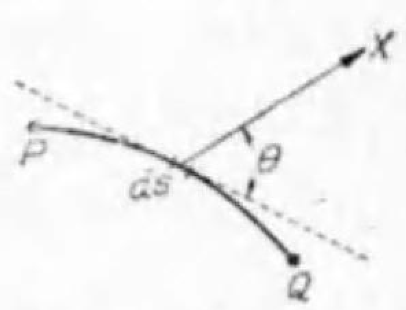
$$M_{(\mathrm{m\cdot C})}=Q_{(\mathrm{C})}\cdot l_{(\mathrm{m})} \quad\cdots\cdots(77)$$

38. 電　　位

第 11 圖に就いて靜電界の二點 PQ 間の電位差 V は

$$V_{(\mathrm{V})}=-\int_Q^P X_{(\mathrm{V/m})}\cos\theta\cdot ds_{(\mathrm{m})} \quad\cdots\cdots(78)$$

$$V_{(\mathrm{e.s.u.})}=\frac{1}{3\times10^2}V_{(\mathrm{V})} \quad\cdots\cdots(79)$$



第 11 圖

39. ガウスの定理

靜電界中に任意の閉表面 S をとり，その上の一點に於ける誘電束密度を D，それとその點に於ける閉表面の微小部分 dS に於ける外向法線 n との間の角を θ とすれば

$$\iint_S D_{(\mathrm{C/m^2})}\cos\theta\, dS_{(\mathrm{m^2})}=\iint_S D_{n(\mathrm{C/m^2})}dS_{(\mathrm{m^2})}=\sum Q_{(\mathrm{C})} \quad\cdots\cdots(80)$$

$$\iint_S X_{(\mathrm{V/m})}\cos\theta\, dS_{(\mathrm{m^2})}=\iint_S X_{n(\mathrm{V/m})}\, dS_{(\mathrm{m^2})}=\frac{1}{\varepsilon_s\varepsilon_0}\sum Q_{(\mathrm{C})} \quad\cdots\cdots(81)$$

40. クーロンの等式

$$D_{(\mathrm{C/m^2})}=\varepsilon_s\varepsilon_0 X_{(\mathrm{V/m})}=\sigma_{(\mathrm{C/m^2})} \quad\cdots\cdots(82)$$

41. 靜電界の例

（1） 點　電　荷

電氣量 Q の點電荷によりそれより距離 r の點に生ずる電界の强さ χ 及び電位 V は

$$X_{(\mathrm{V/m})}=\frac{Q_{(\mathrm{C})}}{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 r^2_{(\mathrm{m})}} \quad\cdots\cdots(83)$$

$$V_{(\mathrm{V})}=\frac{Q_{(\mathrm{C})}}{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 r_{(\mathrm{m})}} \quad\cdots\cdots(84)$$

（2） 帶 電 圓 筒

單位長每に q なる電荷を有つ圓筒の軸より距離 r なる點に於ては

$$X_{(\mathrm{V/m})}=\frac{q_{(\mathrm{C})}}{2\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 r_{(\mathrm{m})}} \quad\cdots\cdots(85)$$

42. 靜電エネルギ密度

比誘電率 ε_s，電界の强さ X 及び誘電束密度 D なる點に於ける靜電エネルギ密度 ω は，

$$\omega_{(\mathrm{J/m^3})}=\frac{1}{2}\cdot\frac{D^2_{(\mathrm{C/m^2})}}{\varepsilon_s\varepsilon_0}=\frac{1}{2}\varepsilon_s\varepsilon_0 X^2_{(\mathrm{V/m})}=\frac{1}{2}D_{(\mathrm{C/m^2})}\cdot X_{(\mathrm{V/m})} \quad\cdots\cdots(86)$$

43. 帶電導體の表面に於ける靜電壓力

表面密度 σ なる帶電導體が比誘電率 ε の媒質中にあるとき，その表面に働く張力 T は，

$$T_{(\mathrm{N/m})}=\frac{1}{2}\cdot\varepsilon_s\varepsilon_0 X^2_{(\mathrm{V/m})}=\frac{1}{2}\cdot\frac{\sigma^2_{(\mathrm{C/m^2})}}{\varepsilon_s\varepsilon_0} \quad\cdots\cdots(87)$$

44. 二導體間の靜電容量

二つの導體に夫々大いさ相等しく符號相反する電荷 $\pm Q$ を與へたとき，該導體間に V なる電位差を生ずるならば，この二導體間の靜電容量 C は

$$C_{(\mathrm{F})}=\frac{Q_{(\mathrm{C})}}{V_{(\mathrm{V})}} \quad\cdots\cdots(88)$$

$$C_{(\mathrm{e.s.u.})}=(9\times10^{11})\,C_{(\mathrm{F})} \quad\cdots\cdots(89)$$

（1） 同　心　球

外球の內半徑を r_1，內球の外半徑を r_2，兩球間の媒質の比誘電率を ε_s として，

$$C_{(\mathrm{F})}=\frac{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0\cdot r_{1(\mathrm{m})}\cdot r_{2(\mathrm{m})}}{r_{2(\mathrm{m})}-r_{1(\mathrm{m})}} \quad\cdots\cdots(90)$$

（2） 同 軸 圓 筒

外圓筒の内半徑 r_1, 内圓筒の外半徑 r_2, 長さ $l\ (l \gg r_1,\ r_2)$ の兩圓筒間の媒質の比誘電率 ε_s の場合,

$$C_{(\mathrm{F})}=\frac{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 l_{(\mathrm{m})}}{2\log_e\dfrac{r_{2(\mathrm{m})}}{r_{1(\mathrm{m})}}}=\frac{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 l_{(\mathrm{m})}}{4.605\log_{10}\dfrac{r_{2(\mathrm{m})}}{r_{1(\mathrm{m})}}}\quad\cdots\cdots\cdots(91)$$

(3) 平 行 板

板の面積 S, 間隔 t, 兩板間の媒質の比誘電率 ε_s, t は板の寸法に比して小なる場合,

$$C_{(\mathrm{F})}=\frac{\varepsilon_s\varepsilon_0 S_{(\mathrm{m}^2)}}{t_{(\mathrm{m})}}\quad\cdots\cdots\cdots(92)$$

(4) 球

球の外半徑を r として

$$C_{(\mathrm{F})}=4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 r_{1(\mathrm{m})}\quad\cdots\cdots\cdots(93)$$

故に ε_0 の値の單位は F/m を以て表し得る。

VI. 電 磁 界

45. マクスウェルの電磁方程式

(1) マクスウェル變位電流

媒質中の一點に於ける誘電束密度 D の時間的變化 dD/dt に伴なふ變位電流密度 i_D は

$$i_{D(\mathrm{A/m^2})}=\frac{dD_{(\mathrm{C/m^2})}}{dt_{(\mathrm{s})}}=\varepsilon_s\varepsilon_0\frac{dX_{(\mathrm{V/m})}}{dt_{(\mathrm{s})}}\quad\cdots\cdots\cdots(94)$$

(2) マクスウェルの第一方程式

比誘電率 ε_s 及び比導磁率 μ_s の一様媒質中の一點 $(x,\ y,\ z)$ に於ける導電流密度 i, 電界の強さ X, 誘電束密度 D 及び磁界の強さ H の三軸への方向分を夫々 $i_x,\ i_y,\ i_z$; $X_x,\ X_y,\ X_z$; $D_x,\ D_y,\ D_z$ 及び $H_x,\ H_y,\ H_z$ として,

$$\left.\begin{aligned}
i_{x(\mathrm{A/m^2})}+\varepsilon_s\varepsilon_0\frac{\partial X_{x(\mathrm{V/m})}}{\partial t_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial H_{z(\mathrm{AT/m})}}{\partial y_{(\mathrm{m})}}-\frac{\partial H_{y(\mathrm{AT/m})}}{\partial z_{(\mathrm{m})}}\\
i_{y(\mathrm{A/m^2})}+\varepsilon_s\varepsilon_0\frac{\partial X_{y(\mathrm{V/m})}}{\partial t_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial H_{x(\mathrm{AT/m})}}{\partial z_{(\mathrm{m})}}-\frac{\partial H_{z(\mathrm{AT/m})}}{\partial x_{(\mathrm{m})}}\\
i_{z(\mathrm{A/m^2})}+\varepsilon_s\varepsilon_0\frac{\partial X_{z(\mathrm{V/m})}}{\partial t_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial H_{y(\mathrm{AT/m})}}{\partial x_{(\mathrm{m})}}-\frac{\partial H_{x(\mathrm{AT/m})}}{\partial y_{(\mathrm{m})}}
\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots(95)$$

絶縁媒質の場合とし, X の代りに D を用ひれば,

$$\frac{\partial D_{x(\mathrm{C/m^2})}}{\partial t_{(\mathrm{s})}}=\frac{\partial H_{z(\mathrm{AT/m})}}{\partial y_{(\mathrm{m})}}-\frac{\partial H_{y(\mathrm{AT/m})}}{\partial z_{(\mathrm{m})}},\ \mathrm{etc}\quad\cdots\cdots\cdots(96)$$

(3) マクスウェルの第二方程式

$$\left.\begin{aligned}
-\mu_s\mu_0\frac{\partial H_{x(\mathrm{AT/m})}}{\partial t_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial X_{z(\mathrm{V/m})}}{\partial y_{(\mathrm{m})}}-\frac{\partial X_{y(\mathrm{V/m})}}{\partial z_{(\mathrm{m})}}\\
-\mu_s\mu_0\frac{\partial H_{y(\mathrm{AT/m})}}{\partial t_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial X_{x(\mathrm{V/m})}}{\partial z_{(\mathrm{m})}}-\frac{\partial X_{z(\mathrm{V/m})}}{\partial x_{(\mathrm{m})}}\\
-\mu_s\mu_0\frac{\partial H_{z(\mathrm{AT/m})}}{\partial t_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial X_{y(\mathrm{V/m})}}{\partial x_{(\mathrm{m})}}-\frac{\partial X_{x(\mathrm{V/m})}}{\partial y_{(\mathrm{m})}}
\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots(97)$$

(3) 波動方程式

導電流及び空間電荷のない一様媒質の空間中では,

$$\left.\begin{aligned}
\varepsilon_0\varepsilon_s\cdot\mu_0\mu_s\frac{\partial^2 X_{x(\mathrm{V/m})}}{\partial t^2_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial^2 X_{x(\mathrm{V/m})}}{\partial x^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 X_{x(\mathrm{V/m})}}{\partial y^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 X_{x(\mathrm{V/m})}}{\partial z^2_{(\mathrm{m})}}\\
\varepsilon_0\varepsilon_s\cdot\mu_0\mu_s\frac{\partial^2 X_{y(\mathrm{V/m})}}{\partial t^2_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial^2 X_{y(\mathrm{V/m})}}{\partial x^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 X_{y(\mathrm{V/m})}}{\partial y^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 X_{y(\mathrm{V/m})}}{\partial z^2_{(\mathrm{m})}}\\
\varepsilon_0\varepsilon_s\cdot\mu_0\mu_s\frac{\partial^2 X_{z(\mathrm{V/m})}}{\partial t^2_{(\mathrm{s})}}&=\frac{\partial^2 X_{z(\mathrm{V/m})}}{\partial x^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 X_{z(\mathrm{V/m})}}{\partial y^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 X_{z(\mathrm{V/m})}}{\partial z^2_{(\mathrm{m})}}
\end{aligned}\right\}\cdots(98)$$

及び

$$\varepsilon_0\varepsilon_s\cdot\mu_0\mu_s\frac{\partial^2 H_{x(\mathrm{AT/m})}}{\partial t^2_{(\mathrm{s})}}=\frac{\partial^2 H_{x(\mathrm{AT/m})}}{\partial x^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 H_{x(\mathrm{AT/m})}}{\partial y^2_{(\mathrm{m})}}+\frac{\partial^2 H_{x(\mathrm{AT/m})}}{\partial z^2_{(\mathrm{m})}},\ \mathrm{etc}\quad\cdots\cdots\cdots(99)$$

46. エネルギの流れ (ポインチング・ベクトル)

媒質中の一點に於ける電界の强さを X, 磁界の强さを H, 兩者の方向の間の角を θ とすれば, 兩者を含む平面に直角の方向にその單位面積毎に流れる電磁エネルギの量 S は,

$$S_{(\mathrm{J/m^2})}=X_{(\mathrm{V/m})}\cdot H_{(\mathrm{AT/m})}\cdot\sin\theta\quad\cdots\cdots\cdots(100)$$

第 5 表 M.K.S. 系と C.G.S. 系に依る公式の對照例

公　　式	M. K. S. 系	C. G. S. 系
オーム法則	$V=IR$	$V=IR$
ジュール法則	$H=\dfrac{I^2R}{\mathcal{J}}$	$H=\dfrac{I^2R}{\mathcal{J}}$
眞空導磁率	$\mu_0=4\pi\times10^{-7}$	$\mu_0=1_{(\mathrm{e.m.u.})}$
磁束密度	$B=\mu_s\mu_0H+J$	$B=\mu H+4\pi J$
磁極より出る磁束	$\phi=m$	$\phi=4\pi m$
磁極間のクーロン法則	$f=\dfrac{mm'}{4\pi\mu_s\mu_0r^2}$	$f=\dfrac{mm'}{\mu r^2}$
磁氣モーメント	$M=ml$	$M=ml$
磁界のガウスの定理	$\iint B_n dS=0$	$\iint B_n dS=0$
磁氣エネルギ密度	$\omega=\frac{1}{2}\mu_s\mu_0H^2=\frac{1}{2}BH$	$\omega=\dfrac{\mu H^2}{8\pi}=\dfrac{HB}{8\pi}$
ビオ・サバール法則	$dH=\dfrac{I\sin\theta\,ds}{4\pi r^2}$	$dH=\dfrac{I\sin\theta\,ds}{r^2}$

公　　　式	M. K. S. 系	C. G. S. 系
磁界の强さの線積分	$\oint H\,dl = I$	$\oint H\,dl = 4\pi I$
電流の受ける力	$df = BI\sin\theta\,ds$	$df = BI\sin\theta\,ds$
無限長竝行二電流間の力	$f = \frac{\mu_0 I I'}{2\pi r}$	$f = \frac{2II'}{r}$
磁　氣　抵　抗	$\mathcal{R} = \oint \frac{dl}{\mu_s\mu_0 S}$	$\mathcal{R} = \oint \frac{dl}{\mu S}$
電　磁　誘　導	$e = -\frac{d\phi}{dt}$ $e = Blv$	$e = -\frac{d\phi}{dt}$ $e = Blv$
電荷よりの誘電束	$\phi = Q$	$\phi = 4\pi Q$
眞　空　誘　電　率	$\varepsilon_0 = 8.854\times10^{-12}$	$\varepsilon_0 = 1_{(e.s.u.)}$
靜電荷の間のクーロン法則	$f = \frac{QQ'}{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0 r^2}$	$f = \frac{QQ'}{\varepsilon r^2}$
靜電エネルギ密度	$\omega = \frac{1}{2}\varepsilon_s\varepsilon_0 X^2 = \frac{1}{2}DX$	$\omega = \frac{\varepsilon X^2}{8\pi} = \frac{DX}{8\pi}$
マクスウェル變位電流	$i_D = \varepsilon_s\varepsilon_0\frac{dX}{dt}$	$i_D = \varepsilon\frac{dX}{dt}$
ポインチングの定理	$S = XH\sin\theta$	$S = \frac{c}{8\pi}XH\sin\theta$

(福田)

5·4 電　　　路

〔凡例〕 例へば $f_{(ダイン)}$ 及び $f_{(N)}$ と記したものは夫々同一量を一はダイン單位にて他は newton 單位にて表した數値を意味する。

I. 抵　　　抗

1. 體積固有抵抗 (5·3 の 6 參照)

2. 質量固有抵抗

或導體の 1 kg を長さ 1 m の平等斷面積を有つ線に引延ばした時の抵抗を Ω を以て表したものを M.K.S. 單位系に於ける質量固有抵抗又は米瓩固有抵抗とする。

$$\rho'_{(m\text{-}g\text{-}\Omega)} = 10^3\cdot\rho'_{(m\text{-}kg\text{-}\Omega)} \qquad (1)$$

II. キャパシタンス

3. 同軸圓筒

外圓筒の內半徑 r_1, 內圓筒の外半徑 r^2 の長き同軸圓筒間の媒質の比誘電率 ε_s の場合,

$$C_{(F/m)} = \frac{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0}{2\log_e\frac{r_2}{r_1}} = \frac{\varepsilon_s}{2\log_e\frac{r_2}{r_1}}\cdot\frac{1}{9\times10^{13}} \qquad (2)$$

4. 竝行二線條

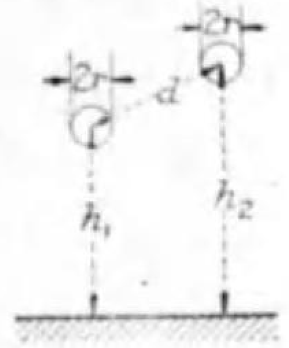
半徑 r の長き直線狀導線が軸間距離 d を以て互に竝行に配置されてゐる時

$$C_{(F/m)} = \frac{\pi\varepsilon_s\varepsilon_0}{\cosh^{-1}\left(\frac{d}{2r}\right)} = \frac{\varepsilon_s}{4\cosh^{-1}\left(\frac{d}{2r}\right)}\cdot\frac{1}{9\times10^{13}} \qquad (3)$$

5. 大地に竝行せる一線條

半徑 r の長き直線狀導線が大地上高さ h を以て地表に竝行に配置されてゐる場合には, $h \gg r$ として,

$$C_{(F/m)} = \frac{4\pi\varepsilon_s\varepsilon_0}{2\log_e\left(\frac{2h}{r}\right)} = \frac{\varepsilon_s}{2\log_e\left(\frac{2h}{r}\right)}\cdot\frac{1}{9\times10^{13}} \qquad (4)$$



第 12 圖

6. 大地に竝行せる二線條

半徑 r の長き直線狀導線が軸間距離 d, 地表高夫々 h_1 及び h_2 を以て地表に竝行に配置されてゐる場合には, $h = \frac{1}{2}(h_1+h_2)$, $h_2 - h_1 \ll h$ として,

$$C_{(F/m)} = \frac{\pi\varepsilon_s\varepsilon_0}{\log_e\left(\frac{2hd}{r\sqrt{4h^2+d^2}}\right)} = \frac{\varepsilon_s}{4\log_e\left(\frac{2hd}{r\sqrt{4h^2+d^2}}\right)}\cdot\frac{1}{9\times10^{13}} \qquad (5)$$

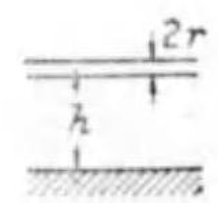
III. インダクタンス

7. 大地を歸線とする單一線條(大地の固有抵抗を 0 とする)

半徑 r の長き直線狀導線が地表高 h を以て地表に竝行に配置されてゐる時

$$L_{(H/m)} = \frac{\mu_0}{2\pi}\log_e\left(\frac{2h}{r}\right) + \frac{\mu_s\mu_0}{8\pi}$$

$$= \left\{2\log_e\left(\frac{2h}{r}\right) + \frac{\mu_s}{2}\right\}\times10^{-7} \qquad (6)$$



第 13 圖

8. 往復二線條

半徑 r の長き直線狀導線が軸間距離 D を以て互に竝行に配置されてゐる場合, 往復線條當り

$$L_{(H/m)} = \frac{\mu_0}{\pi}\log_e\frac{D}{r} + \frac{\mu_s\mu_0}{4\pi}$$

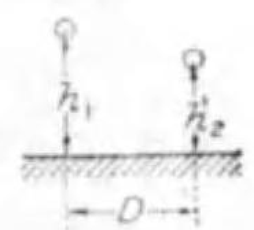
$$= \left\{4\log_e\frac{D}{r} + \mu_s\right\}\times10^{-7} \qquad (7)$$

9. 大地を歸線とする二竝行線條間(大地の固有抵抗を 0 とする)

大地を歸路とする長き竝行二線條間の相互インダクタンスは

$$M_{(H/m)} = \frac{\mu_0}{4\pi}\log_e\frac{(h_1+h_2)^2+D^2}{(h_1-h_2)^2+D^2}$$

$$= \log_e\frac{(h_1+h_2)^2+D^2}{(h_1-h_2)^2+D^2}\times10^{-7} \qquad (8)$$



第 14 圖

(早田)

5·5 機　　器

〔凡例〕 例へば $f_{(ダイン)}$ 及び $f_{(N)}$ は夫々同一量 f を一はダイン單位にて他は newton 單位にて表した數値を意味する。

I. 直　流　機

1. リアクタンス電壓

(a) $e_{r(V)}=2\,L_{i(H)}I_{(A)}/T_{(s)}$ ……(1)

但し $L_i=$ 短絡回路の全誘導係數平均値 $=(L+\Sigma M)$,

$=2\,l_{e(m)}\cdot\beta\cdot w^2\cdot\zeta_{(W/m,\ A/m)}$,

$$T=\frac{b_{(m)}}{v_{(m/s)}}=\frac{\beta\cdot\tau_{k(m)}}{100\,v_{(m/s)}},$$

$$I=\frac{AS_{(A/m)}\tau_{k(m)}}{2\,w},$$

玆に $e_r=$ リアクタンス電壓(V),

$l_e=$ 電機子鐵心實長(m),

$\beta=\dfrac{\text{刷子の厚さ}}{\text{整流子片ピッチ}}=\dfrac{b}{\tau_k}$ ($a=p$ 竝列卷の場合),

$=\dfrac{b}{\tau_k}+1-\dfrac{a}{p}$ ($2p$ 刷子ある直列卷の場合),

$w=$ 一整流子セグメントの卷回數,

$AS=$ 毎米當り電機子アンペア線數(A/m),

$\zeta=$ 毎アンペア線數(毎米)によつて生ずる磁力線數(W/m, A/m),

$v=$ 電機子直徑に換算した整流子周邊速度(m/s),

$b=$ 電機子直徑に換算した刷子の厚さ(m)

(b) $e_{r(V)}=2\,l_{e(m)}\cdot w\cdot v_{(m/s)}\cdot AS_{(A/m)}\cdot\zeta_{(W/m,\ A/m)}$ ……(2)

玆に ζ は誤差 ±20% として

$$\zeta_{(W/m,\ A/m)}=\left(0.6\frac{t_{n(m)}}{b_{n(m)}}+\frac{l_{s(m)}}{l_{e(m)}}+\frac{2.5\times10^5}{AS_{(A/m)}\cdot l_{e(m)}\cdot w\cdot v_{(m/s)}}\right)\times10^{-6}$$

但し $t_n=$ 溝の深さ(m), $b_n=$ 溝の幅(m),

$l_s=$ 線輪端接續長(m)

(c) ζ の概數値(δ_W は補極の空隙とす)

コイル卷の小、中容量のもの	$\zeta=(6\sim7)\times10^{-6}$	$\delta_W=(2\sim5)\times10^{-3}$ m
バー卷の中容量のもの	$(5\sim6)\times10^{-6}$	$(4\sim8)\times10^{-3}$
電鐵用及び起重機用電動機	$(6\sim9)\times10^{-6}$	$(4\sim8)\times10^{-3}$

鐵心軸長小なる大容量低速のもの	$\zeta=(6\sim8)\times10^{-6}$	$\delta_W=(6\sim10)\times10^{-3}$ m
鐵心軸長大なる大容量低速のもの	$(3.8\sim4.5)\times10^{-6}$	$(10\sim25)\times10^{-3}$
大容量高速のもの	$(4\sim5)\times10^{-6}$	$(12\sim30)\times10^{-3}$

2. 補極の強さ

平均リアクタンス電壓を打消す整流電壓は

$e_{i(V)}=2\cdot B_{W(W/m^2)}\cdot l_{e(m)}\cdot w\cdot v_{(m/s)}$ ……(3)

$e_r=e_i$ とすれば

$$B_{W(W/m^2)}=AS_{(A/m)}\cdot\zeta_{(W/m,\ A/m)}$$

但し $\theta_W=$ 補極アンペア回數(毎極)(A),

$\theta_A=$ 電機子アンペア回數(毎極)(A),

$D=$ 電機子直徑(m),　$p=$ 極對數,

$\delta_W=$ 補極片の空隙(m),　$l_W=$ 補極片の軸長(m),

$\delta_H=$ 主極片の空隙(m),

$$\frac{\theta_W-\theta_A}{\delta_W}\times0.4\,\pi\times10^{-6}=\zeta_{(W/m,\ A/m)}\cdot AS_{(A/m)},$$

$$\vartheta=\frac{\theta_W}{\theta_A}=1+\frac{\zeta_{(W/m,\ A/m)}\cdot\delta_{W(m)}\cdot p}{D_{(m)}}\times10^6\ (\text{近似値})$$

3. 磁氣回路

(a) 磁束密度　$B_{(W/m^2)}=\dfrac{\Phi_{(W)}}{A_{(m^2)}}$ ……(4)

(b) 起磁力　$ni_{(A/m)}=\dfrac{B_{(W/m^2)}}{\mu_s\mu_0}=\dfrac{\Phi_{(W)}}{\mu_s A_{(m^2)}}\times0.8\times10^6$ ……(5)

$\mu_s=1$ の空隙では　$NI_{(A)}=0.8\,B_{g(W/m^2)}\cdot l_{g(m)}$ ……(6)

鐵部では　$NI_{(A)}=ni_{(A/m)}\cdot l_{(m)}$ ……(7)

4. 誘導起電力

e を發電機誘導起電力(V), Φ を毎極の有效磁束數(W), Z を電機子導體の總數, n を電機子の毎分回轉數(R.P.M.)とすれば

$e_{(V)}=\dfrac{Z}{a}\cdot\dfrac{p\cdot n_{(R.P.M.)}}{60}\cdot\Phi_{(W)}$ ……(8)

5. ト　ル　ク

直流電動機のトルクは電機子周邊の電流總量と磁束總量との積に等しい。玆に T をトルク(N m), Z を電機子導體の總數, Φ を毎極の磁束數(W), I_a を電機子電流(A), $2p$ を極數, $2a$ を電機子竝列回路數とすれば

$T_{(N\,m)}=\dfrac{1}{\pi}\cdot\dfrac{ZI_{a(A)}}{2a}\cdot p\cdot\Phi_{(W)}$ ……(9)

$$= 0.159 \frac{Z \cdot I_{a(A)}}{a} \cdot p \cdot \Phi_{(W)} \quad \cdots\cdots (10)$$

6. 逆起電力

電機子が磁界中を回轉することに依つて生ずる起電力であつて，供給電壓と方向が反對である。茲に n を毎分回轉數(R.P.M.)とすれば，

$$e_{(V)} = \frac{Z}{a} \cdot p \cdot n_{(R.P.M.)} \cdot \Phi_{(W)} \quad \cdots\cdots (11)$$

7. 端子電壓，逆起電力，內部抵抗電壓降下及び速度の關係

$$n_{(R.P.S.)} = \frac{E_{t(V)} - I_{a(A)} R_{i(\Omega)}}{\Phi_{(W)} \cdot Z} \cdot \frac{a}{p} \quad \cdots\cdots (12)$$

8. 直流電動機速度制御の理論

或特定の電動機に於て速度は次式で表される。

$$n_{(R.P.S.)} = K \cdot \frac{E_{t(V)} - I_{a(A)} R_{i(\Omega)}}{\Phi_{(W)}} \quad \cdots\cdots (13)$$

茲に $K = \dfrac{a}{p \cdot Z}$

即ち一般に直流電動機の速度 n は端子電壓 E_t，內部抵抗 R_i，毎極の磁束 Φ，電機子電流 I_a に關するから，之等諸量の中一つ或は數箇を變化せしめれば速度制御を行ふことが出來る。

II. 回 轉 變 流 機

9. 整 流 作 用

補極のアンペア回數毎極を θ_{cW} とすれば，本節 2 の ϑ の値は次の如くなる。

$$\vartheta_C = \frac{\theta_{CW(A)}}{\theta_{A(A)}} = 0.17 + \frac{\zeta_{(W/m,\ A/m)} \cdot \delta_{W(m)} \cdot p}{D_{(m)}} \times 10^6 \quad \cdots\cdots (14)$$

III. 特 殊 變 流 機

10. 縱積變流機の同期速度

誘導電動機の回轉子と回轉變流機の回轉子とを電氣的及び機械的に直結したものの同期速度(R.P.S.)は

$$同期速度_{(R.P.S.)} = \frac{2f}{P_1 + P_2} \quad \cdots\cdots (15)$$

IV. 同 期 機

11. 周 波 數

同期機の磁極數を P，毎秒回轉數を N とすれば，周波數 f との間には次の關係がある。

$$f = \frac{P N_{(R.P.S.)}}{2} \quad (サイクル/s) \quad \cdots\cdots (16)$$

12. 誘導起電力

誘導起電力は正弦波であると考へ，次の式で表される。

$$E_{(V)} = 4.44\, N \cdot f_{(サイクル/s)} \cdot \Phi_{(W)} \cdot \frac{K_p K_b}{K_\phi} \quad (實效值) \quad \cdots\cdots (17)$$

但し E = 1 相の起電力(V)，N = 1 相直列卷回數，

f = 毎秒周波數，K_p = 短絡卷係數，K_b = 分布卷係數，

Φ = 毎極磁束數(W)，K_ϕ = 磁束分布係數

13. 界磁起磁力

起電力 E に對する磁束 Φ は界磁の起磁力によつて生ずるもので，磁氣回路の長さ毎メートルに必要な起磁力は次の式から求められる。

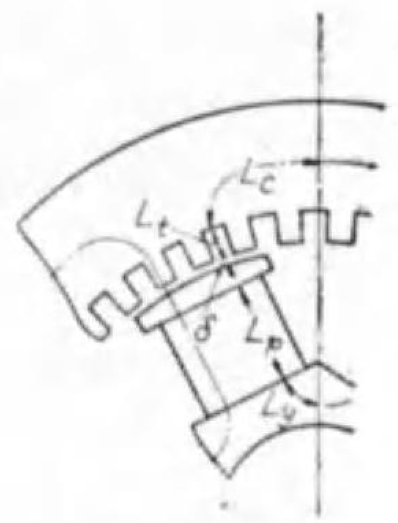
$$AT_{(A/m)} = \frac{B_{(W/m^2)}}{\mu_s \mu_0} = \frac{\Phi_{(W)}}{\mu_s A_{(m^2)}} \times 0.8 \times 10^6 \quad \cdots\cdots (18)$$

但し A = 回路の斷面積(m^2)，

$B = \Phi/A$ = 磁束密度 (W/m^2)，

AT = アンペア回數，

μ_s = 回路の比導磁率



第 15 圖

第 15 圖は凸極型同期機の磁氣回路を示したもので，電機子鐵心，齒，空隙，磁極及び回轉子繼鐵とから成つてゐる。各磁路の長さを L_c, L_t, L_p, L_y (何れも m にて) とし，各 $B_{(W/m^2)}$ に對して各磁化曲線から求めた AT を AT_c, AT_t, AT_p, AT_y (何れも A/m にて) とすると，毎極に必要な AT は

$$AT_{0(A/m)} = (AT_{c(A/m)} \cdot L_{c(m)} + AT_{t(A/m)} \cdot L_{t(m)} + AT_{p(A/m)} \cdot L_{p(m)} + AT_{y(A/m)} \cdot L_{y(m)}) + 0.8\, \delta_{(m)} B_{g(W/m^2)} \times 10^6 \quad \cdots\cdots (19)$$

となる。$0.8\,\delta B_g$ は空隙に必要な AT で，δ は空隙の長さ (m)，B_g は空隙に於ける磁束密度 (W/m^2) である。B_g は空隙係數 K_c，磁束分布係數 K_λ を用ひて

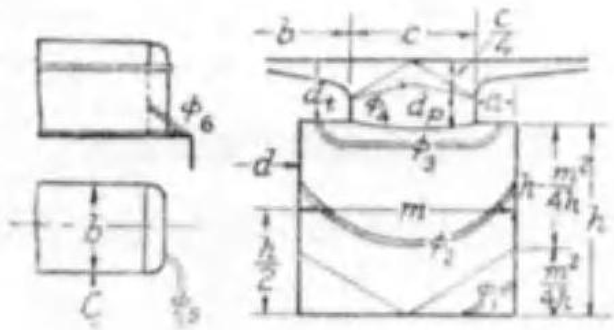
$$B_{g(W/m^2)} = \frac{\Phi_{(W)} \cdot K_c K_\lambda}{磁極面の面積(m^2)} \quad \cdots\cdots (20)$$

14. 界磁の漏洩磁束

漏洩磁束は第 16 圖に示す各部の漏洩磁束 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6$ の和で，漏洩係數は次の式から求められる。

$$\rho = 1 + \frac{AT_{0(A/m)} + L_{(m)} + C}{\Phi_{(W)}} \times 10^{-6} \quad \cdots\cdots (21)$$

但し AT_0 = 毎極の無負荷定格電


第 16 圖

壓に對するアンペア回數(A/m),

Φ = 有效磁束(W), L = 鐵心の積厚(m)

$$C=1.42\frac{h}{m}+0.016\left(\frac{m}{h}\right)^5+1.6\log_e\left(1+\pi\frac{a}{c}\right)$$

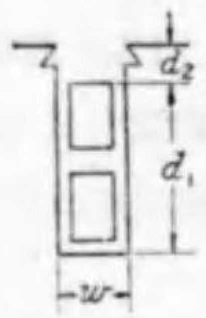
$$+5\frac{d_p}{c}\left\{1+0.62\frac{c}{L}\log_e\left(1+\frac{\pi b}{4c}\right)\right\}+0.55\frac{d}{L}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

但し a, c, h, m, d_p (何れも m にて) は第 16 圖參照,

b = 磁極片の幅(m), d = 磁極の幅(m)

15. 電機子漏洩リアクタンス

Alger は電機子反作用 A' を用ひ, 三相凸極型, 分數溝卷線の同期機に對する百分率リアクタンスの式を與へてゐる。



第 17 圖

$$X=\frac{7.9A'}{K_p^2\cdot K_b^2\cdot\Phi_{(W)}}\left\{\frac{Pl_{(m)}}{S}\left(\frac{3p+1}{4}\right)\left(\frac{d_2}{\omega}+\frac{d_1}{3\omega}\right)+\frac{0.3(3p-1)}{P}D_{(m)}\right\}\times10^{-6}$$

$$+\frac{1.1A'}{F_g}\left\{\left(\frac{P}{S}\right)^2+0.6K_B\right\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(23)$$

但し A' = 每極の電機子反作用起磁力, K_p = 短節卷係數,

K_b = 分布卷係數, P = 極數, Φ = 1 極の磁束(W),

p = コイル・ピッチ(小數), S = 電機子全溝數,

D = 電機子鐵心の內徑(m),

l = 電機子鐵心の積厚(m) (通風渠も含む),

K_B = 相帶漏洩定數,

F_g = 界磁による無負荷定格電壓の空隙アンペア回數(1 極當り)

16. 同期電動機の引入トルク

同期化し得る爲の條件として直流勵磁の大きさとこれを與へる時の滑, 竝にはずみ車效果との間には次の近似關係を滿足せねばならぬ。

$$S<\frac{142}{N_{(\mathrm{R.P.S.})}}\sqrt{\frac{P_{m(\mathrm{W})}}{(GD^2)_{(\mathrm{N\,m^2})}\cdot f_{(サイクル/s)}}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(24)$$

玆に S = 直流勵磁を與へる時の滑, N = 回轉數(R.P.S.)

P_m = その勵磁に對する脫出トルクに相當する出力(W),

GD^2 = はずみ車效果(N m²), f = 周波數(サイクル/s)

17. 發電機の固有周波數

普通近似的に次の式で計算する。

$$F_{(每秒)}=\frac{1410}{N_{(\mathrm{R.P.S.})}}\sqrt{\frac{P_{s(\mathrm{W/rad})}\cdot f_{(サイクル/s)}}{(GD^2)_{(\mathrm{N\,m^2})}}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(25)$$

玆に F = 每秒固有振動數, N = 回轉數(R.P.S.),

P_s = 同期化力(W/rad), GD^2 = はずみ車效果(N m²)

上式は比較的大きな系統につながる單獨發電機, 又は二つの全然同樣な發電機の竝行運轉に對する場合である。併し二つの A, B なる發電機が異つた大いさの場合には, 次式の振動數となる。

$$F_{(每秒)}=\frac{1410}{N_{a(\mathrm{R.P.S.})}}\sqrt{\frac{P_{sa(\mathrm{W/rad})}\cdot f_{(サイクル/s)}}{(GD_a^2)_{(\mathrm{N\,m^2})}}\cdot\frac{(1+n_i/n_q^2)}{(1+n_p)}}\quad\cdots\cdots\cdots(26)$$

玆に N_a = A 機の回轉數(R.P.S.), P_{sa} = A 機の同期化力 (W/rad),

GD_a^2 = A 機のはずみ車效果(N m²), $n_i = GD_a^2/GD_b^2$,

$n_p = P_{sa}/P_{sb}$, n_q = A 機の磁極數と B 機の磁極數との比,

F = A, B 兩機に共通な每秒の固有振動數

V. 誘 導 電 動 機

18. 誘導電動機の直列縱續接續法

第 18 圖及び第 19 圖の接續に於て, p_1 = M_1 電動機の極數, p_2 = M_2 電動機の極數, f = 供給周波數 とすれば,

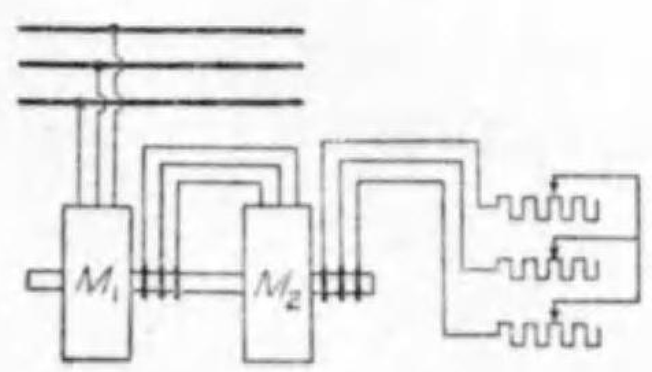
$$M_1 \text{ を單獨で運轉した時の回轉數 (R.P.S.)}=\frac{2f}{p_1}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(27)$$

$$M_2 \quad〃\quad〃\quad〃\quad〃\quad=\frac{2f}{p_2}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(28)$$

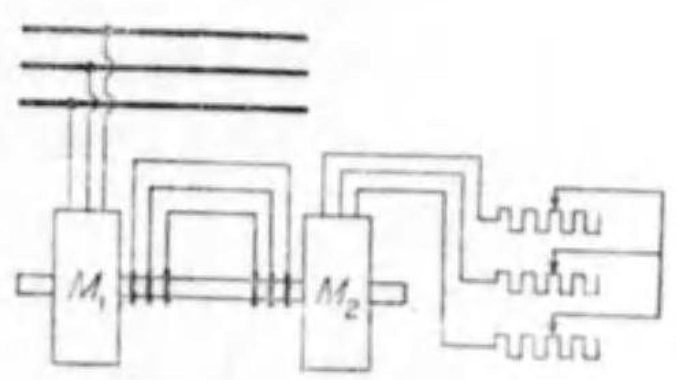
M_1, M_2 の二電動機の直列縱續接續をした時の無負荷回轉數は

$$M_1, M_2 \text{ の相回轉同方向の場合}=\frac{2f}{p_1+p_2}(\text{第 18 圖})=\frac{2f}{p_1-p_2}(\text{第 19 圖})\cdots(29)$$

$$M_1, M_2 \text{ の相回轉逆方向の場合}=\frac{2f}{p_1-p_2}(\text{第 18 圖})=\frac{2f}{p_1+p_2}(\text{第 19 圖})\cdots(30)$$

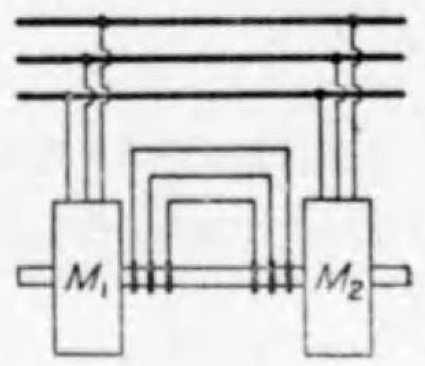


第 18 圖



第 19 圖

19. 誘導電動機の竝列縱續接續法



第 20 圖

第 20 圖の接續で，M_1, M_2 の回轉磁束が同一方向で，M_1, M_2 の回轉子相回轉が互に相反する場合は，同期電動機の如く不變速度で回轉し，その回轉數は

$$\text{回轉數 (R.P.S.)} = \frac{2\times 2f}{p_1+p_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (31)$$

となる。

VI. 變　壓　器

20. 變壓器基本式

$e_1=\sqrt{2}\,E_1\sin 2\pi ft(\mathrm{V})$ なる正弦波交番電壓の場合は磁束は最大値 Φ なる餘弦函數となり，n_1 を卷回數として，

$$E_{1(\mathrm{V})} \simeq \frac{2\pi\cdot f_{(\text{サイクル/s})}\cdot n_1\cdot \Phi_{(\mathrm{W})}}{\sqrt{2}} = 4.44 f_{(\text{サイクル/s})}\cdot n_1\cdot \Phi_{(\mathrm{W})} \quad \ldots(32)$$

21. 卷線渦流損と漂遊負荷損

漏洩磁束と平行及び直角方向の導體數を夫々 n, m, 漏洩磁束と平行及び直角方向の導體寸法を夫々 b, $h(\mathrm{m})$, 漏洩磁束通路長 $l(\mathrm{m})$, 周波數 f(サイクル/s), 固有抵抗 $\rho(\Omega\text{-m})$ とすれば，交流抵抗と直流抵抗の比 k は次式で表される。

$$k \simeq 1+\frac{m^2-0.2}{9}\lambda^4, \quad \lambda=\frac{2\pi}{10^4}\sqrt{\frac{n\cdot b_{(\mathrm{m})}\cdot f_{(\text{サイクル/s})}}{l_{(\mathrm{m})}\cdot \rho_{(\Omega\text{-m})}}}\cdot h_{(\mathrm{m})} \quad \cdots\cdots\cdots (33)$$

22. 短絡による溫度上昇

短絡狀態中の溫度の增加は

$$\theta = At\,[(B/2\,\theta_1)+(619E/B)]+\theta_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (34)$$

で計算出來る。

茲に　$\theta=$ 最終溫度(°C),

$\theta_0=$ 始發溫度(°C) (冷却媒體が水 : $\theta_0=90$°C, 空氣 : 105°C とする),

$\theta_1=\theta_0+234.5$,

$t=$ 時間(s),

$E=$ 渦流損と抵抗損 (渦流損を含まず) との比(75°C),

$A=$ (θ_0 に於ける卷線の銅 1 kg 當りのワット)/400

又は

$A=1.90(\mathrm{A/m^2})^2\theta_1\times 10^{-17}$,

$B=2\,\theta_1+At$

VII. 交 流 整 流 子 機

23. 整流子型勵磁機の速度起電力

$$E_{(\mathrm{V})}=\frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}n_{(\mathrm{R.P.S.})}\cdot\frac{p}{a_2}\cdot Z_2\Phi_{m(\mathrm{W})} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (35)$$

但し　$E=$ 端子線間電壓(實效値, V), $\Phi_m=$ 極磁束の最大値,

$p=3$ 箇 1 組の磁極の組數, $n=$ 每秒回轉數,

$a_2=$ 回轉子の竝列回路數, $Z_2=$ 回轉子導體數

24. 整流子周波數變換機

集電環側に f_1 なる周波數の電力を供給し，更に本機を他の原動機で n_r なる速度で回轉せしめた場合を考へる。供給電力に依つて生じた回轉磁界は本機の極數 P と f_1 なる周波數とによつて決定せられる n_0 なる同期速度を以て回轉する。

$$n_{0(\mathrm{R.P.S.})}=\frac{2f_{1(\text{サイクル/s})}}{P} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (36)$$

今，回轉子の回轉方向をこの回轉磁界と反對なりとすれば，刷子間の電壓の周波數 f_2 は

$$f_{2(\text{サイクル/s})}=\frac{P(n_{0(\mathrm{R.P.S.})}-n_{r(\mathrm{R.P.S.})})}{2}=f_{1(\text{サイクル/s})}-\frac{Pn_{r(\mathrm{R.P.S.})}}{2} \quad \ldots(37)$$

次に回轉子の回轉方向を回轉磁界と一致せしめた場合は，刷子間に現れる回轉起電力の周波數は，

$$f_{2(\text{サイクル/s})}=\frac{P(n_{0(\mathrm{R.P.S.})}+n_{r(\mathrm{R.P.S.})})}{2}+f_{1(\text{サイクル/s})}+\frac{Pn_{r(\mathrm{R.P.S.})}}{2} \quad \ldots(38)$$

（尾本）

6. M.K.S. 單位に關する文獻

6·1 國際會議關係

1· 1 A. E. Kennelly: Historical Outline of the Electrical Units, J. of Engg. Education **19,** 229 (1928); Publications from the Harvard Engg. School, No. 30 (1928-29)

1· 2 神保成吉: 電氣單位の國際的事情 オーム **17,** 237 (昭 5)

1· 3 A. E. Kennelly: Magnetic Circuit Units as Adopted by the I. E. C., T. A. I. E. E. **4,** 1 (1931)

1· 4 A. E. Kennelly: The Present Status of Magnetic Circuit Units, 電學誌 **52,** 197 (昭 7)

1· 5 A. E. Kennelly: Conference of the Symbols, Units and Nomenclature (S.U.N.), Commission of the Int. Union of Pure and Applied Physics (I. U. P.) at Paris, in July, 1932, and its Results, Proc. Nat. Acad. of Sciences **19,** 144 (1933); 電學誌 學界時報 No. 167 (昭 8)

1· 6 日本電氣工藝委員會: 磁氣單位調査打合會記事 電學誌 **53,** 701 (昭 8)

1· 7 I. E. C. Document R. M. 105—Minutes I.E.C., E. M. M. U. Meeting, Paris, Oct. 5 & 6, 1933

1· 8 I. E. C. 電氣及磁氣單位調査委員會報告書 電學誌 **54,** 153 (昭 9)

1· 9 A. E. Kennelly: Actions on Electric and Magnetic Units, E.E. **53,** 402 (1934)

1·10 Reports on Symbols, Units and Nomenclature, I. U. P., Oct. 5, 1934 Physical Society, London (1935)

1·11 A. E. Kennelly: Recent Actions of the I. E. C., American Physics Teacher **3,** 89 (1935)

1·12 I. E. C. Document R. M. 118—Minutes of the I. E. C., E. M. M. U. Meeting, Scheveningen-Bruxelles, June, 1935

1·13 A. E. Kennelly: Adoption of the M. K. S. Absolute System of Practical Units by the I.E.C., Bruxelles, June, 1935, Proc. Nat. Acad. of Sciences **21,** 579 (1935); Publications from the Graduate School of Engg., No. 167 (1935-36)

1·14 A. E. Kennelly: I.E.C. Adopts M.K.S. System of Units, E. E. **54,** 1373 (1935); Publications from the Graduate School of Engg., No. 171 (1935-36)

1·15 1935 年電氣諮問委員會に於ける審議經過, C. I. P. M. Procès-Verbaux des Séances de 1935, 176 (1935); 電一彙 **11,** 25 (昭 11)

1·16 A. E. Kennelly: The Adoption of the Giorgi M. K. S. Absolute System of Practical Units by the I. E. C., June, 1935; T. I. E. S. **31,** 685 (1936)

1·17 A. E. Kennelly: The M. K. S. System of Giorgi as adopted by the I. E. C. in June, 1935, J. of Engg. Education **27,** 290 (1936); Publications from the Graduate School of Engg., No. 195 (1936-37)

1·18 A. E. Kennelly: Adoption par la Commission Electrotechnique International du Système Giorgi d'Unité M.K.S., Juin 1935, S.F.E. **6,** 47 (1936)

1·19 日本電氣工藝委員會: 電磁單位調査委員會調査報告 電學誌 **57,** 136 (昭 12)

1·20 Propositions de la Commission des Unités de Mesure de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., relatives au système M. K. S. (Copie de G. 1209 b) (1937 年 C. I. P. M. に提出)

1·21 I. E. C. Document R. M. 173—Minutes of I. E. C., E. M. M. U. Meeting, Torquay, 23 & 24 June, 1938

1·22 A. E. Kennelly: Recent Developments in Electrical Units, E. E. **58,** 78 (1939)

1·23 1939 年開催の電氣, 測光及び溫度諮問委員會により可決せられた提案の要旨 電試彙 **4,** 480 (昭 15)

1·24 石橋勇一: 電氣單位の改變に就いて 計測 (計量界第 360 號), 1 (昭 15)

6·2 M.K.S. に關する學術的論文

2· 1 G. Giorgi: Unità Razionali di Elettromagnetismo Atti dell'A. E. I., 402 (1901)

2· 2 G. Giorgi: Il Sistema Assoluta M. K. S., Atti dell'A. E. I., 2 Mai (1902)

2· 3 G. Giorgi: Rational Unit of Electromagnetism, Proc. of the Phys. Soc. of London, 27 May, 1902

2· 4 M. Ascoli: Sul Sistema di Unità Proposto dall'Ing. Giorgi, Societa Italiana di Fisica, Brescia, Septembre, 1902; Atti dell'A. E. I. (1902)

2· 5 G. Giorgi: I Fondamente della Teoria dell Grandezze, Atti dell'A. E. I. (1903)

2· 6 G. Giorgi: Notazioni e Simboli Elettrici, Atti dell'A. E. I. (1903)

2· 7 M. Ascoli: On the Systems of Electrical Units, Trans. of International Electrical Congress of St. Louis, **1,** 130 (1904)

2· 8 G. Giorgi: Proposals Concerning Electrical and Physical Units, Proc. of International Electrical Congress of St. Louis, **1,** 136 (1904)

2· 9 J. H. Dellinger: Rationalization of the Magnetic Units, El. Wld. **62,** 810 (1916)

2·10 E. Bennett: A Digest of the Relations between the Electrical Units and of the Laws Underlying the Units, Univ. of Wisconsin Bull. (1917)

2·11 J. Wallot: Die physikalischen und technischen Einheiten, E. T. Z. **43,** 1329 u. 1381 (1922)

2·12 G. A. Campbell: A System of Definitive Units Proposed for Universal Use, Proc. of the International Mathematical Congress, Toronto (1924)

2·13 A. E. Kennelly: Historical Outline of the Electrical Units, J. of Engg. Education **19,** 229 (1928); Publications from the Harvard Engg. School, No. 30 (1928-29)

2·14 米田麟吉: 電氣の單位 電試調 第 69 號 (昭 5)

2·15 A. E. Kennelly: Magnetic Circuit Units, T.A.I.E.E. **49,** 486 (1930)

2·16 A. E. Kennelly: Abridgment of Magnetic Circuit Units, A.I.E.E. **49,** 18 (1930)

2·17 A. E. Kennelly: Les Unités de Circuit Magnétique, R. G. E. **27,** 923 (1930)

2·18 A. E. Kennelly: Rationalised versus Unrationalised Practical Electromagnetic Units, Proc. Am. Philosophical Soc. **70,** 103 (1931)

2·19 André Blondel: Comparaison entre les Systèmes Pratiques d'Unités Électromagnétiques, R. G. E. **29,** 771 et 814 (1931)

2·20 André Blondel: Remarques sur la Subrationalisation des Unités Pratiques, R. G. E. **29,** 491 (1931)

2·21 A. E. Kennelly: The Present Status of Magnetic Circuit Units, 電學誌 **52,** 197 (昭 7)

2·22 Leigh Page: Electromagnetic Equations and Systems of Units, Physics **2,** 289 (1932)

2·23 米田麟吉: 電氣單位の二三の問題 應物 **2,** 271 (昭 8)

2·24 V. Karapetoff: A General Theory of Systems of Electrical and Magnetic Units, T. A. I. E. E. **5,** 715 (1932); 電學誌 學界時報 No. 132 (昭 8)

2·25 G. A. Campbell: Three Superflous Systems of Electromagnetic Units, Physics **3,** 230 (1932)

2·26 G. Giorgi: Le Unità Pratiche di Elettrotecnica come Sistema Assoluto, Elettrot. **20,** 105 (1933)

2·27 G. Giorgi: Confronti Significativi sull'Uso dell'Unità Assolute M. K. S. Q., Elettrot. **20,** 125 (1933)

2·28 Systems of Electrical and Magnetic Units, Papers Presented before the American Section,

I. U. P., Chicago, June 24, 1933; Bull. National Res. Council, No. 93 (1933)

2・29 神保成吉: 電氣磁氣單位に就て 應物 **3,** 105 (昭 9)

2・30 早田保實: 國際電氣單位に對する私見 信話誌 第 124 號, 695 (昭 8)

2・31 J. Wallot: Elektrischen und magnetischen Größen und Einheiten, E. T. Z. **55,** 189 (1934)

2・32 G. Giorgi: Memorandum on the M. K. S. System of Practical Units, Central Office of the I. E. C. (1934)

2・33 G. Giorgi: Questioni Vive nella Sistemazione delle Unità Elettriche, Elettrot. **21,** 705 (1934)

2・34 Leigh Page & N. I. Adams, Jr.: A Proposed Reformation of the Electromagnetic Equations and Revision of Units, J. F. I. **218,** 517 (1934)

2・35 Sir J. Henderson: Fundamental Dimensions of μ_0 and K_0 in Electrical Science, Nature **135,** 105 (1935)

2・36 A. Sommerfeld: Über die Dimension der elektromagnetischen Größen, Z. f. techn. Phys. **16,** 420 (1935); Phys. Z. **36,** 814 (1935)

2・37 L. Hartshorn & P. Vigoureux: Unit of Force in the M. K. S. System, Nature, **136,** 397 (1935)

2・38 R. T. Glazebrook: Absolute Units and Electrical Measurements, Nature **136,** 667 (1935)

2・39 黑川兼三郎: Giorgi 單位系の話 電友 **73,** 317 (昭 10)

2・40 岩片秀雄: 諸單位系の誘導關係と電磁界理論への應用 沖電氣時報 **3,** 9 (昭 11)

2・41 A. E. Kennelly: The M. K. S. System of Units, J. I. E. E. **78,** 235 (1936)

2・42 神保成吉: 電氣單位の變更並に M. K. S. 單位系の問題 電學誌 **56,** 196 (昭 11)

2・43 R. T. Glazebrook: The M. K. S. System of Electrical Units, Phys. Soc. **48,** 449 (1936)

2・44 E. Bennett: The Importance of Using the M. K. S. Practical System of Units in the Engineering Colleges, Papers Presented at the Annual Meeting of the S. P. E. E., Madison, Wisconsin, June 23-27, 1936

2・45 A. E. Kennelly: Magnetic Formulæ Expressed in the M. K. S. System of Units, Proc. Am. Philosophical Soc. **76,** 343 (1936)

2・46 Louis Roy: A Propos du Nouveau Système Giorgi d'Unités M. K. S., R. G. E. **39,** 747(1936)

2・47 E. Brylinski: Sur le Système de Mesures Giorgi, R. G. E. **40,** 99 (1936)

2・48 Louis Roy: Sur le Système Giorgi d'Unités M. K. S., R. G. E. **40,** 176 (1936)

2・49 R. T. Glazebrook: Note on the Three Absolute Systems of Electrical Measurements, Phys. Soc. **48,** 444 (1936)

2・50 H. König: Un Système Absolue Pratique, qui Permet de Substituer sans Difficulté les Unités Absolués aux Unités Internationales Actuelles, A. S. E. **27,** 621 (1936)

2・51 E. Bodea: Dimensional Coherence between Giorgi's System of Units and Kalantaroff's System of Dimensions, Buletinul Societătü Române de Fizică din Bucureşti **37,** 19 (1936)

2・52 石橋勇一: M. K. S. 單位系の第四基本單位に關する資料 電一彙 **11,** 166 (昭 11)

2・53 On the M. K. S. System of Units, E. T. J. **1,** 39 (1937)

2・54 G. Giorgi: La Métrologie Électrique Nouvelle et la Construction du Système Électrotechnique Absolu M. K. S., R. G. E. **42,** 99 (1937)

2・55 Propositions de la Commission des Unités de Mesure de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., Relatives au Système M. K. S. (Copie de G. 1209b) (1937 年 C. I. P. M. に提出)

2・56 C. I. Budeanu: Sur les Grandeurs et les Unités Électromagnetiques (3-me note), Comité Électrotechnique Roumain, No. 33 (1938)

2・57 A. E. Kennelly: Recent Developments in Electrical Units, E. E. **58,** 78 (1939)

2・58 A. Sommerfeld: Über die Dimensionen der elektromagnetischen Größen, Ann. d. Phys. **36,** 335 (1939)

2・59 神保成吉: M. K. S. 單位系と電氣單位 機械及電氣 **4,** 889 及び 1035 (昭 14)

2・60 E. C. Crittenden: Revision of Electrical Units, E. E. **59,** 160 (1940)

2・61 竹山說三: M. K. S. 單位系に就いて 機械及電氣 **6,** 21 (昭 16)

2・62 黑川兼三郎: 電氣單位の合理化問題 電友 **84,** 216 (昭 16)

2・63 G. E. M. Jauncey & A. S. Langsdorf: M. K. S. Units and Dimensions and a Proposed M. K. O. S. System (1940)

2・64 石橋勇一: M. K. S. 單位 科學測器 **1,** 37 (昭 16)

6・3 M. K. S. にて書きたる電氣學

3・1 E. Bennett: A Digest of the Relations between the Electrical Units and of the Laws Underlying the Units, Univ. of Wisconsin Bull. (1917)

3・2 A. E. Kennelly: Rationalised versus Unrationalised Practical Electromagnetic Units, Proc. Am. Philosophical Soc. **70,** 103 (1931)

3・3 André Blondel: Remarques sur la Subrationalisation des Unités Pratiques, R. G. E. **29,** 49 (1931)

3・4 Leigh Page: Electromagnetic Equations and Systems of Units, Physics **2,** 289 (1932)

3・5 E. Bennett: The Importance of Using the M. K. S. Practical System of Units in the Engineering Colleges, Papers Presented at the Annual Meeting of the S. P. E. F., Madison, Wisconsin, June 23-27, 1936

3・6 A. E. Kennelly: Magnetic Formulæ Expressed in the M. K. S. System of Units, Proc. Am. Philosophical Soc. **76,** 343 (1936)

3・7 G. Sacerdote: L'applicazione delle Unità M. K. S. Elettromagnetiche (Giorgi) nel Campo dell' Elettroacustica, Alta Freq. **5,** 570 (1936)

3・8 P. Vigoureux & C. E. Webb: Principles of Electric and Magnetic Measurements (1937)

3・9 Harnwell: Principles of Electricity and Electromagnetism (1938)

3・10 A. E. Kennelly & J. H. Cook: The M. K. S. System of Units Applied to Electroacoustics, M. I. T., Publication No. 134, June, 336 (1938)

3・11 H. D. Smyth & C. W. Ulford: Matter, Motion and Electricity (1939)

3・12 黑川兼三郎: M. K. S. 合理化單位系に依る電氣磁氣學要項 早大電誌 **20,** 13 (昭 14)

3・13 黑川兼三郎: M. K. S. 單位系に依る熱傳導要項 早大電誌 **21,** 135 (昭 15)

3・14 黑川兼三郎: M. K. S. 合理化單位系によるインダクタンスと靜電容量 早大電誌 **22,** 37 (昭 16)

3・15 黑川兼三郎: M. K. S. 合理化單位と電氣工學 第 18 回聯合大會豫稿(特別講演) 184 (昭 16 4)

3・16 J.A. Stratton: Electromagnetic Theory, McGraw-Hill Book Company, Inc. (1941)

(神保, 三宅, 石橋)

昭和十六年七月三十日 印刷
昭和十六年八月 五 日 發行

M.K.S. 合理化單位系に就いて

定價 50錢

東京市麴町區有樂町一丁目三番地
(電氣協會々館內)

編輯兼發行者 桑 島 正 夫

東京市神田區錦町三丁目一番地

印刷者 古 賀 廣 治

東京市神田區錦町三丁目一番地

印刷所 株式會社 **オーム**社印刷部

東京市麴町區有樂町一丁目三番地
(電氣協會々館內)

發行所 電 氣 學 會

電話丸ノ內 756・6230 番
振替口座東京 3168 番
日本出版文化協會 會員番號第 219028 號

配給元 日本出版文化協會株式會社
東京市神田區淡路町二丁目九番地

終