

	D=18.15 糎,						a=3.57Å ;
R	1.87	2.67	3.40	3.85	4.32	4.75	5.17 (糎)
2θ	5.90	8.40	10.30	11.96	13.40	14.67	15.90 (度)
d	2.05	1.43	1.16	1.01	0.91	0.82	0.76
面	(110)	(100)	(211)	(110)	(310)	(111)	(321)

斯の如き距離の比を有する者は、中心立方配列法なる故に、鐵の原子は此配列法に依る者と推斷する事を得べし。

岩鹽の場合に就て再考するに、其一分子はナトリウム一原子と鹽素一原子とより成る者なるが、X線的研究に依れば上記の如く、ナトリウムと鹽素とは交互に各方向に等距離に配列され居る故に、幾何學上の見地を以てすれば、一個のナトリウムは自己の前後左右上下に在る六個の鹽素に對して全く同一の位置にあり、從て其内の何れと共に一個の分子を形成する者なる哉を知る能はず。

原子が球狀にして、各方向に同様の性質を有せば、分子之概念は否定せらる。然るに、他の方面に於ける各種の研究は、分子の存在を必要と認むるに依り、是等の原子は特種の方に偏れる性質を有し、其方向にある原子と共に一分子を形成すと推定せざるべからず。

第四十章

物質觀

第三百七十五節 質量測定之手段 物理學に於ける研究の對象は自然現象の一部分なる事勿論なるも、畢竟、物質なりと言ふ事を得べし。然るに、凡ての量は之を測定し得たる後に非ざれば、之を精密科學の研究資料と成し得ざるは、上卷の首章に於て既に詳論せる所なり。從て、物理學に於ける基本的測定は質量を知るにある事勿論なるべし。

吾人の祖先が物質の多少即ち質量を測定せる最初的手段は、其體積を知るにありたり。蓋し、一定量の物質を分割せる時、其體積も亦同様に分割せられ、逆に幾多の區分されたる物質を集合する時は、其體積も亦各部分の和に等しく、物質の多少は其體積に比例すと認めべき充分なる理由あればなり。

質量が如何なる者なるべき乎は、明白に之を定義する事不能なるも、一孤立系内に於て、即ち物質の出入無き系内に於ては、其質量不變なるべきは必然的結論な

るが故に、吾人が質量を直接に測定するを得ざる場合にありては、斯る孤立系内にありて不変なるべき或種の量を測定して、間接に質量を表はさざるべからず。

然るに、物質の體積は溫度或は壓力等、外界の事情に依て變化するの事實を認めたるが故に、體積は必ずしも其質量を代表するに非ざるを知り、其重量を比して質量を測定せり。重量に依て物品の取引を成すは此理由に基づく。然るに、重量は地球の引力に基づく者にて、同一物質にても、引力に強弱あれば、其重量に多少の差あり。赤道と兩極とに於て可なりの差異あるを知るに及び、竟に重量は決して質量を測定する標準に非ざるを悟れるも、他に質量を測定すべき適當の方法なかりしなり。

ニウトン氏 [NEWTON] が運動の法則を與へたるは、之を換言すれば、重量を離れて物質の多少を測定すべき方法を知らしめたるなり。即ち加速度に對する抵抗にして、所謂惰性或は慣性なり。慣性を以て質量を測定すれば、溫度、壓力の影響乃至は時刻と場所との如何に關せず、不變の恒數を得るなり。従て質量とは

$$F \propto A \quad \text{即ち} \quad F = M \cdot A$$

なる式の M にて與へらるる者にて、加速度に對する力の比例恒數に過ぎず。

此比例恒數は果して眞の不變なる恒數なりや否やは、爾來不問に附されたる感なきに非ざりしが、電磁氣論の進歩に伴ひ、此比例恒數は運動體の状態に依て、同一ならずとの結果を見るに到れり。精言すれば、物質の慣性は即ち既に運動せる場合と靜止せる場合とに於て、必ずしも同一ならず。従て、慣性に依て質量を測定すれば、質量は必ずしも不變の者にあらず。

第三百七十六節 質量之變化 運動せる

物體は特種の性質を有す。之を運動量と稱するとき、此運動量 U は速度 v に比例する者なるを知る。故に

$$U \propto v \quad \text{或は} \quad U = mv$$

なり。此比例恒數 m を以て、其物體の質量と看做すを得べし。此場合に於て、速度は運動量の強度にて、質量は其容量に對應す。例へば、電氣量が電位と電氣容量との積にて測定さるる如く、運動量は速度と質量との積にて測定さるるなり。

運動せる質點の運動エネルギーは、靜止以來此質點に働ける力の成せる仕事の總和なり。今其二倍 $2W$ を活力と命名すれば、 $2W = Mv^2$ なるに依り、活力は v^2 に比例する者にて、其比例恒數 M は即ち質量なり。此場合に於ては、 v^2 が活力の強度にて M は活力の容量な

り。

速度が微小なる場合に於ける是等の質量は同一にて、慣性にて測定せる質量と一致す。即ち

$$M = m = M$$

なり。之を m_0 と置き初質量と稱す。

速度大にして真空中に於ける光の速度 c と同程度に到れば、質量は其運動體が取得せるエネルギー δE と共に増加する者にて、其増加量 δm は $\delta m = \frac{\delta E}{c^2}$ にて與へらるるは、第三百八十節に説明せる所にて明白なり。

従て、質量とエネルギーは互に獨立の者にあらずしてエネルギーが不生不滅なる系體內にありては、質量も亦不生不滅なるべきも、エネルギー減して質量生じ、質量減してエネルギー生ずるは不能の事にあらず。只 $c = 3 \times 10^{10}$ なる故に、 $c^2 = 10^{21}$ にて、若し一瓦の水が一度より百度迄に暖めらるれば、100カロリの熱即ち 4×10^9 エルグのエネルギーを増す。故に此際に増加すべき質量は

$$\delta m = 4 \times 10^9 \times 10^{-21} = 4 \times 10^{-12} \text{ 瓦} = 4 \times 10^{-9} \text{ 庭}$$

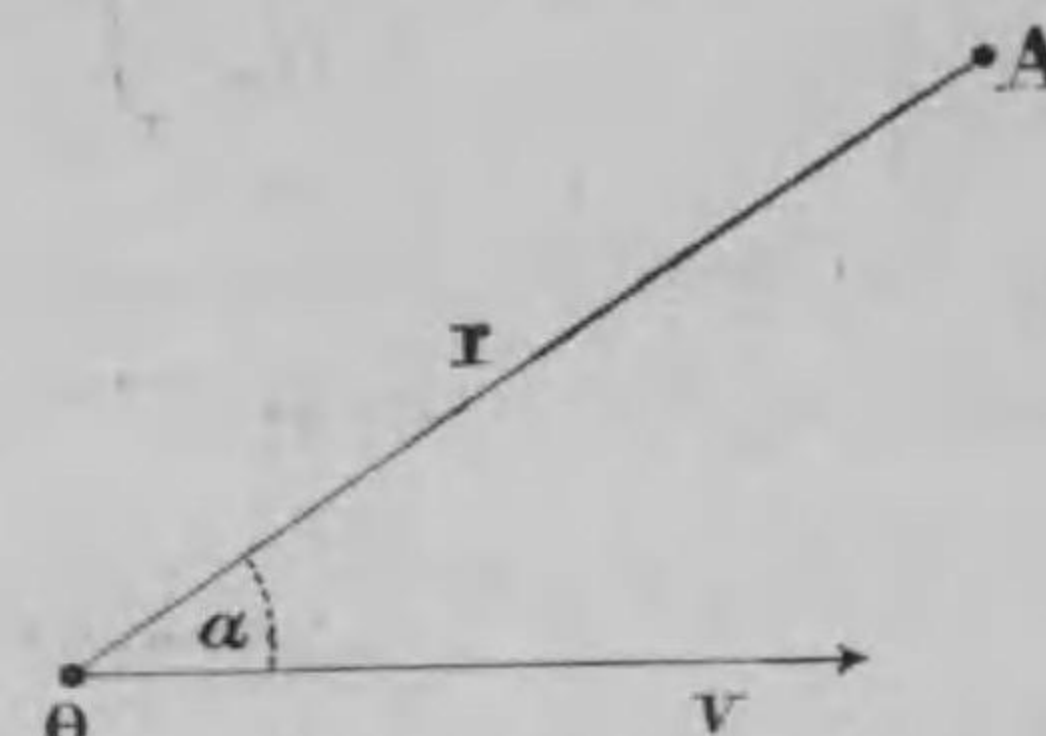
なるにより、天秤にては其増加を測定し得ざるのみ。

第三百七十七節 電磁説に於ける質量之説明 物質の慣性を電磁説に依て説明すれば、慣性に依て測定さるる質量 M は不變の恒數にあらずして、

速度の函數なりとの結論に達す。今荷電量 e なる者が速度 v にて動けば、是れより r の距離に於ける一點 A に於て

$$H = \frac{ev \sin \alpha}{r^2}$$

なる磁場を生ずるは既に知る所なり。又附近の媒質は、其單位體積毎に



第五百二圖

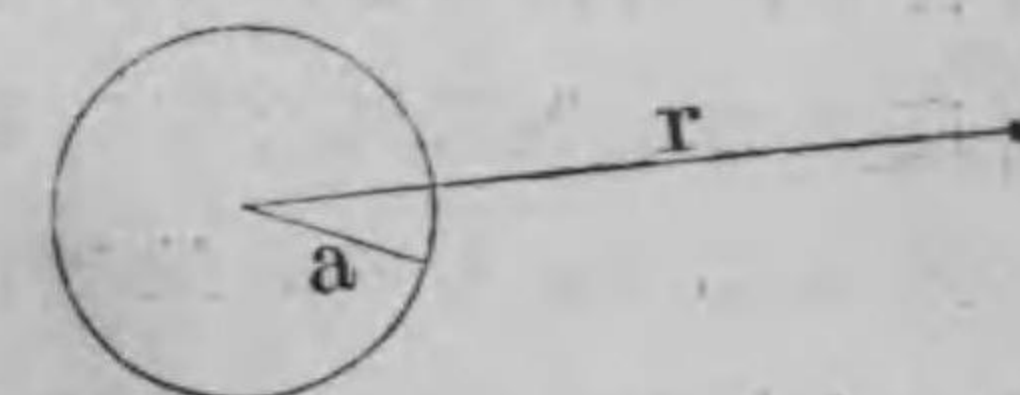
$$\frac{KR^2}{8\pi} \quad \text{及} \quad \frac{\mu H^2}{8\pi}$$

なる電場及磁場に基因するエネルギーを有す。

帶電體が半径 a なる球なりとすれば、之が靜止せる時の電位は $\frac{e}{r}$ なる故に、電場のエネルギーは、

$$R = \frac{e}{K_1 r^2}$$

なるに依り、



第五百三圖

$$\begin{aligned} W_e &= \int_a^\infty \frac{K_1 R^2}{8\pi} d\tau \\ &= \int_a^\infty \frac{K_1 R^2}{8\pi} \cdot 4\pi r^2 dr = \frac{e^2}{2K_1} \int_a^\infty \frac{dr}{r^2} = \frac{e^2}{2K_1 a} \end{aligned}$$

なる故に此帶電球の速度小ならば、周圍の媒質中にある電場も、亦其儘帶電體と共に v なる速度にて進行すべし。

然るに、電場の運動は磁場を生じ、 H は v に比例する故に

$$W_m = \int \frac{\mu H^2}{8\pi} d\tau$$

に於て、

$$H = \frac{ev \sin \alpha}{r^2}$$

$$d\tau = 2\pi r \sin \alpha \cdot r d\alpha \cdot dr$$

を置換すれば μ が不変数 μ_0 なる時

$$\begin{aligned} W_m &= \frac{\mu_0 e^2 v^2}{4} \int_0^\pi \int_a^\infty \frac{\sin^3 \alpha \, d\alpha \, dr}{r^2} \\ &= \frac{\mu_0 e^2 v^2}{4a} \int_0^\pi \sin^3 \alpha \, d\alpha = \frac{\mu_0 e^2 v^2}{3a} \end{aligned}$$

なるエネルギーを有する磁場を生ず。

換言すれば、此エネルギーを外より與へざれば、 v なる速度にて此帯電體を運動せしむる能はず。

然るに、 m_0 なる質量を有する物體に v なる速度を與ふるに要するエネルギーは $\frac{1}{2} m_0 v^2$ なるに依り、半径 a にて e なる荷電量を有する球は、恰も

$$m_0 = \frac{2\mu_0 e^2}{3a}$$

なる質量を有すると同一なり。然るに、

$$\frac{e^2}{2a} = K_e W_e$$

なるに依り、

$$m_0 = \frac{4}{3} K_e \mu_0 W_e$$

となる。即ち、電磁質量は帯電體の附近に生ずる電場のエネルギーに比例す。従て、所謂電磁質量は不變の者にあらずして、媒質中に含まるるエネルギーと共に増減す。

速度 v が小なる間は、 W_e は不變なりと假定し得るも、光速 c と同程度に到れば、 W_e は

$$W_e = \int \frac{K_e R^2}{8\pi} d\tau$$

に變ずる故に、斯かる速度を有せしむるに要する仕事即ち加ふべきエネルギーの量は

$$E = W_e + W_m - W_e$$

なり。而して、是は靜止より突然に變化する者に非ざる故に、電磁質量は速度と共に増加する者なりとの結論に達す。

帯電球より出る電力線は、速度小なる場合には、各方向に一様と看做し得るも、速度が

$$c = \frac{1}{\sqrt{K\mu}}$$

に等しき程度に到れば、進行の方向に直角なる平面上に密集する事となる故に、慣性が増加する者なりと考

ふる事を得べし。

第三百七十八節 ローレンツ [LORENTZ]

收縮 半徑 a にて、荷電量 e なる球體の表面密度は

$$\sigma = \frac{e}{4\pi a^2}$$

にて、電氣の相互作用より、表面は

$$\frac{2\pi\sigma^2}{K_2}$$

なる斥力を受くる筈なるに、電子が膨脹せざるは、外部より同量の壓力あるに依る。此外壓を P とすれば

$$P = \frac{2\pi\sigma^2}{K_2} = \frac{e^2}{8\pi K_2 a^4}$$

なり。

然るに、帶電體が進行する際には、前面に於て壓力増加すべきに依り、球は扁平とならざるべからず。今

$$\frac{v}{c} = \beta$$

と置けば、半徑 r の球體は、進行の方向に收縮して

$$r \sqrt{1-\beta^2}$$

なる短徑を有する橢圓體となる。之をローレンツ收縮と稱す。

真空中の一點に於ける電場の強度を R とし、磁場の強度を H とすれば、

$$K_0 R^2 = \mu_0 H^2$$

にて、電磁波は

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 K_0}}$$

にて傳播するは既に知る所なり。然るに、地球は公轉を爲す爲に一月と七月とに於て反對の方向に運動し、其相對速度は

$$v \div 6 \times 10^6 \text{ 厘/秒}$$

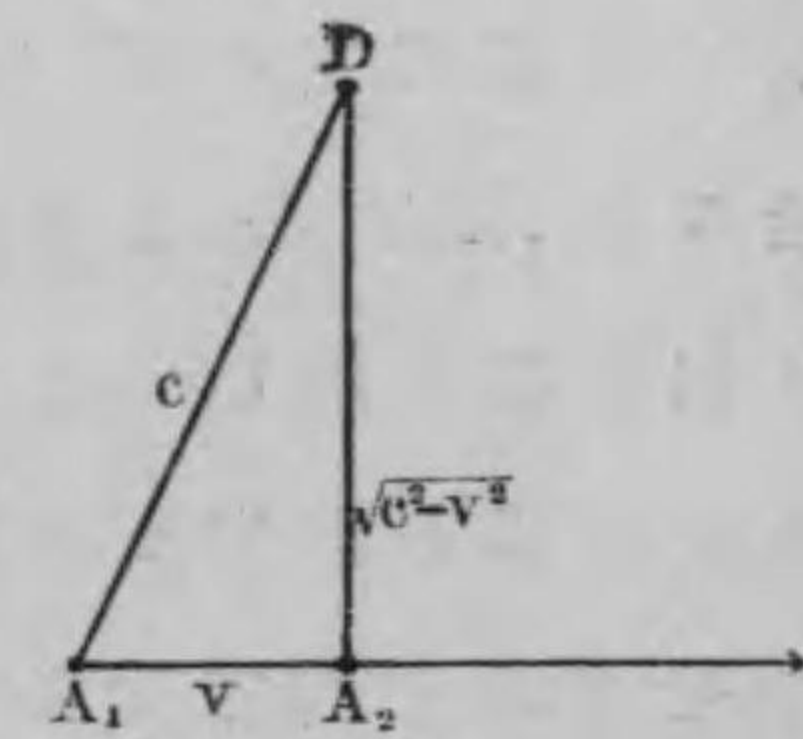
なるが、光竝に電磁波に関する實驗の結果は、一月と七月とに於て差異を生



第五百四圖

ぜず。換言すれば、光は其發光體が運動せる場合に於ても、靜止せる場合の如く各方に一様なる速度にて傳播する者と認めざるを得ず。

然る時は、今 A_1 に於て光を發し、之が v なる速度にて運動し、單位時間の後に A_2 にありとすれば、其時刻にて D に到着せる光は、運動せる A_2 より見て c なる速度を有



第五百五圖

すると同時に、靜止せる A_1 より見ても同速度なりと

言ふ事に歸納す。

然るに、 A_1D と A_2D とは同一にあらずして、 c と $\sqrt{c^2-v^2}$ の比をなす。而して、此兩者が同一の數値を有する爲には、靜止者 A_1 の有する尺度と、運動者 A_2 の有する尺度とが、 c と $\sqrt{c^2-v^2}$ との割合に變化し居らざるべからず。換言すれば、靜止者の手にありて單位の長さを有する尺度は、運動者の手に移れば

$$\frac{\sqrt{c^2-v^2}}{c} = \sqrt{1-\beta^2}$$

に收縮するを要す。

運動せる球の半徑を、之と共に運動せる A_2 の尺度にて測定せる結果が r なりとすれば、其尺度の單位は靜止者 A_1 の尺度の單位と長さを等しくする者にあらずして、 $\sqrt{1-\beta^2}$ なるが故に、此球の半徑を靜止者 A_1 の尺度にて測定すれば、 $r\sqrt{1-\beta^2}$ となる事明白なり。

然るに、球と A_2 とは同様に運動し居る故に兩者間には相對運動無し。従て、 A_2 が此球を測定するは所謂靜止せる球を測定せる者にて、 A_1 が之を測定すれば、運動せる球を測定せる事となる。故に上記の事實を換言すれば、靜止の状態にて r の半徑を有する球は、運動状態に在る時其方向に於て $r\sqrt{1-\beta^2}$ に收縮す。

第三百七十九節 縱質量及横質量

物體の質量が速度に依て變ずるとすれば、運動せる物體

に、其運動の方向に力が働きたる場合と、之に直角に働きたる場合と、同一の力に依て生ずる加速度は同一ならず。従て、質量は縱と横とに於て差別を生ず。

第一の場合には、方向は不變にて、運動量 U の變化あるのみなるに依り

$$dU = f dt$$

なるべく、又定義に依て $f = M_t \frac{dv}{dt}$ 、

従て $M_t = \frac{dU}{dv}$

或は $v = c\beta$ なるに依り

$$M_t = \frac{1}{c} \frac{dU}{d\beta}$$

なり。

第二の場合には方向を變ず。之を $d\alpha$ とすれば、

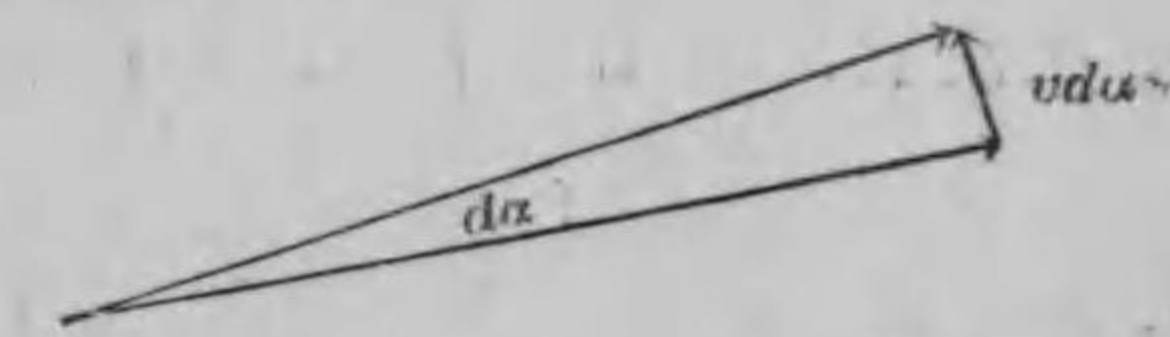
$$f dt = U d\alpha$$

又定義に依て、

$$f = M_v \frac{v d\alpha}{dt}$$

なるに依り、 $M_v = \frac{U}{v} = \frac{U}{c\beta}$

即ち横質量は m に等し。



第五百六圖

アブラハム[ABRAHAM]氏の研究に依れば,

$$U = \frac{e^2}{2ac\beta} \left\{ \frac{1+\beta^2}{2\beta} \log \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right) - 1 \right\}$$

なる故に,

$$M_t = \frac{1}{c} \frac{dU}{d\beta} = \frac{2}{3} \frac{e^2}{ac^2} \left\{ 1 + \frac{6}{5}\beta^2 + \frac{9}{7}\beta^4 + \frac{12}{9}\beta^6 + \dots \right\}$$

$$M_y = \frac{U}{c\beta} = \frac{2}{3} \frac{e^2}{ac^2} \left\{ 1 + \frac{6}{3.5}\beta^2 + \frac{9}{5.7}\beta^4 + \frac{12}{7.9}\beta^6 + \dots \right\}$$

となる。速度 v が小にして β^2 以上が省略される場合に限り,

$$M_t = M_y = \frac{2}{3} \frac{e^2}{ac^2} = m_0$$

にて表され、恒数となるに過ぎず。

又エネルギー不滅則に依り、仕事は

$$dW = f_t dl = M_t \frac{dv}{dt} dl = M_t v dv,$$

或は $dW = v dU$

なる故に, $W = \int_0^v v dU = \int_0^\beta c\beta \frac{dU}{d\beta} d\beta$

なり。従て, $\mathfrak{M} = \frac{2W}{v^2} = \frac{2}{v^2} \int_0^v v dU$

なり。

普通の場合の如く、 U が v に比例して $U = m_0 v$ にて m_0 が不変ならば、 $dU = m_0 dv$ なるに依り、

$$\mathfrak{M} = \frac{2m_0}{v^2} \int_0^v v dv = m_0$$

なるも、然らざれば \mathfrak{M} と m とは一致せず。

例へば、ローレンツ氏[LORENTZ]の研究に依れば

$$M_t = \frac{m_0}{(1-\beta^2)^{3/2}} = \frac{1}{c} \frac{dU}{d\beta}$$

なる故に,

$$W = \int_0^\beta c\beta \frac{dU}{d\beta} d\beta = m_0 c^2 \int_0^\beta \frac{\beta d\beta}{(1-\beta^2)^{3/2}}$$

$$= m_0 c^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right\}$$

なり。従て, $\mathfrak{M} = \frac{2W}{v^2} = \frac{2m_0}{\beta^2} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right\}$

なり。唯、 $\beta=0$ なる極限に於て,

$$\frac{1}{\beta^2} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right\} = \frac{1}{2}$$

となる故に、 $\mathfrak{M} = m_0$ となるのみ。

陰極線或は β 線の質量は、運動の方向に直角に力を加へて測定する者なる故に $M_y = m_0$ を示す者なるが、 m は不変にあらずして v の函数なり。従て活力之容量なる \mathfrak{M} と運動量の容量たる m とは一致せず。

第三百八十節 物質とエネルギー

静止状態に於ける電場のエネルギーは $\frac{e^2}{2K_0 a}$ なるが、更に帯電體が p なる壓力に抗して $\frac{4}{3} \pi a^3$ なる體積を占む

る爲のエネルギーは $\frac{4}{3}\pi a^3 p$ なるに依り、兩者の和を E_s とすれば、

$$E_s = \frac{e^2}{2K_s a} + \frac{4}{3}\pi a^3 \cdot \frac{e^2}{8\pi K_s a^4} = \frac{2}{3} \frac{e^2}{K_s a}$$

なり。然るに、 $m_0 = \frac{2\mu_0 e^2}{3a}$ なるに依り、

$$m_0 = \mu_s K_s E_s = \frac{E_s}{c^2}$$

なる關係を得べし。

換言すれば、初質量 m_0 とは、單に靜止状態に於ける電氣エネルギーを光速の自乗にて除したる者なり。故に、 m_0 なる質量を有する物體に δE なるエネルギーを與ふれば、其質量は

$$\delta m = \frac{\delta E}{c^2}$$

丈増加すべし。

若し光の速度を單位に採用すれば

$$m_0 = E_s$$

なる關係ありて、質量とエネルギーとは同一數値を有することとなるべし。然るに、 $c^2 = 9 \times 10^{20}$ なる故に、一瓦の質量は 9×10^{20} エルグのエネルギーに相等す。而して、一カロリの熱は 4×10^9 なる故に、一瓦の質量は $\frac{9}{4} \times 10^{11} \div 2 \times 10^{11}$ カロリの熱を生じ得べし。

例言すれば、吾人が假に一瓦の石炭を構成する凡ての原子を崩壊せしめて、其エネルギーを完全に熱と化せしめ得るならば、二百萬瓩の水を零度より百度に暖むることを得べし。但し、此場合に一瓦の石炭は物質として消滅せし者なるは當然なり。

第三百八十一節 自然界に於ける物質の消滅 物質とはエネルギーの化生せる者に過ぎざる故に、物質が熱を失へば質量を減少する事當然にて、輻射の場合に於ても亦然り。或は又、化合作用の場合に於て、例へば水素と酸素と化合して水となる時、十八瓦の水を造るには、

$$69 \times 10^3 \text{ カロリ瓩/度} \div 3 \times 10^{11} \text{ エルグ}$$

の熱を生ず。従て、約 $\frac{1}{3} \times 10^{-8}$ 瓦の質量を失ふ筈なり。

放射性物質に於て、エネルギーの損失殊に著しく、例へば、金屬ラヂウムの一瓦は毎時間百三十カロリの熱を發散し、其平均壽命二千六百年なる故に、毎時間其 $\{2600 \times 365 \times 24\}$ 分之壹宛減すべく、ラヂウム D に變ずる迄には、

$$130 \times 2600 \times 365 \times 24 \times 4.18 \times 10^7 = 1.1 \times 10^{17} \text{ エルグ}$$

のエネルギーを放散す。従て、

$$\delta m_0 = \frac{1.1 \times 10^{17}}{9 \times 10^{20}} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ 瓦}$$

を失ふ筈なり。然れども、ラヂウムの質量の變化を直接天秤にて測定せんと欲せば、少くとも數百年待たざるべからず。

放射性物質が α 線としてヘリウムを放射せる場合には、其原子重に於て四を減ずること明白なるが、 β 、 γ 線の如き者を放射せる場合に於ても、其エネルギーに相等する丈其原子重を減少せざるべからず。

實際に於て、原子重が整数にあらずして、多少の小數部を有するは其間にエネルギーを放射せるに依る者と認めざるべからず。即ち $He=4$ とすれば、

$$C=11.91, \quad O=15.87$$

となり、若くは

$$O=16 \text{ とすれば}$$

$$H=1.008, \quad He=3.99, \quad Li=6.94, \quad Fe=55.87,$$

$$Co=58.97, \quad Ni=58.68, \quad Ra=226.4, \quad Pb=207.10.$$

等なるは、決して觀測の誤差に依るにあらずして、寧ろ必然の結果なり。

例へば、酸素が水素十六原子或はヘリウム四原子に等しき構造を有するとするも、其間に 0.13 即ちラヂウムがラヂウム D に變化する際の五倍のエネルギーを、放射に依て失ひたりと認定するを適當とすべし。

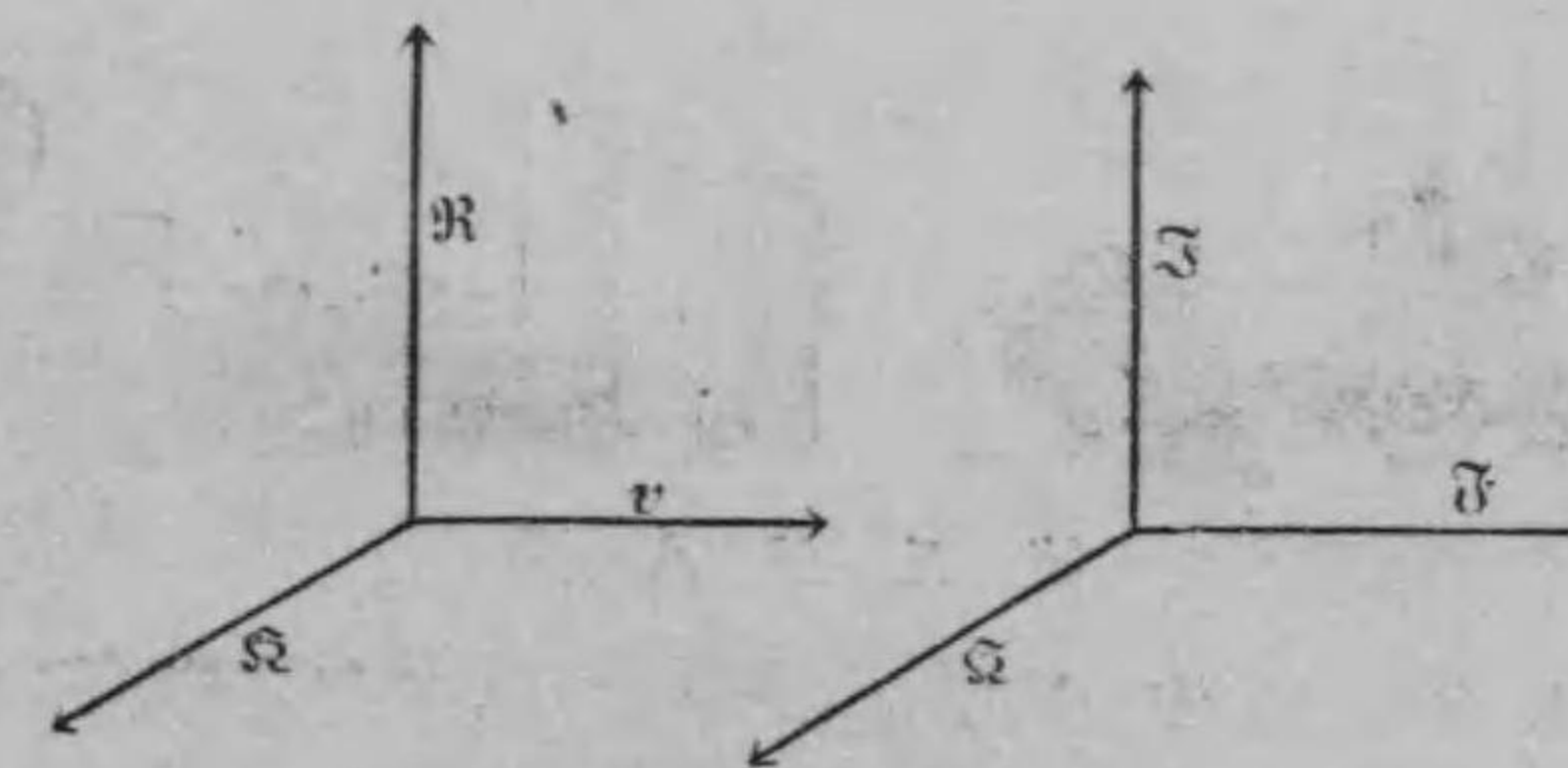
之を要するに、放射能とは、物質が自然に解散してエ

ネルギーを再生する現象にて、若し吾人が放射能を速進せしめ得べき方法を發見すれば、物質を人爲的に崩壊してエネルギーを再生せしめ、一塊の石炭が藏する所のエネルギーを以て大洋上を自由に航海し得ることとなるべし。

第三百八十二節 作用及反作用

作用と反作用とは其量相等しくして方向相反すとは、ニュートン氏 [NEWTON] が二個の物質間に起るべき現象に就て述べたる法則なるが、二個の帶電體が静止して相對峙する場合にも適用し得べきは、クーロンの法則に依て明白なり。然れども、磁場に生ずるローレンツの電磁力に就ては、果して此法則が適用し得るや否やは問題なり。

今ヘルツの振動器より電磁波が生ずる場合を考ふ

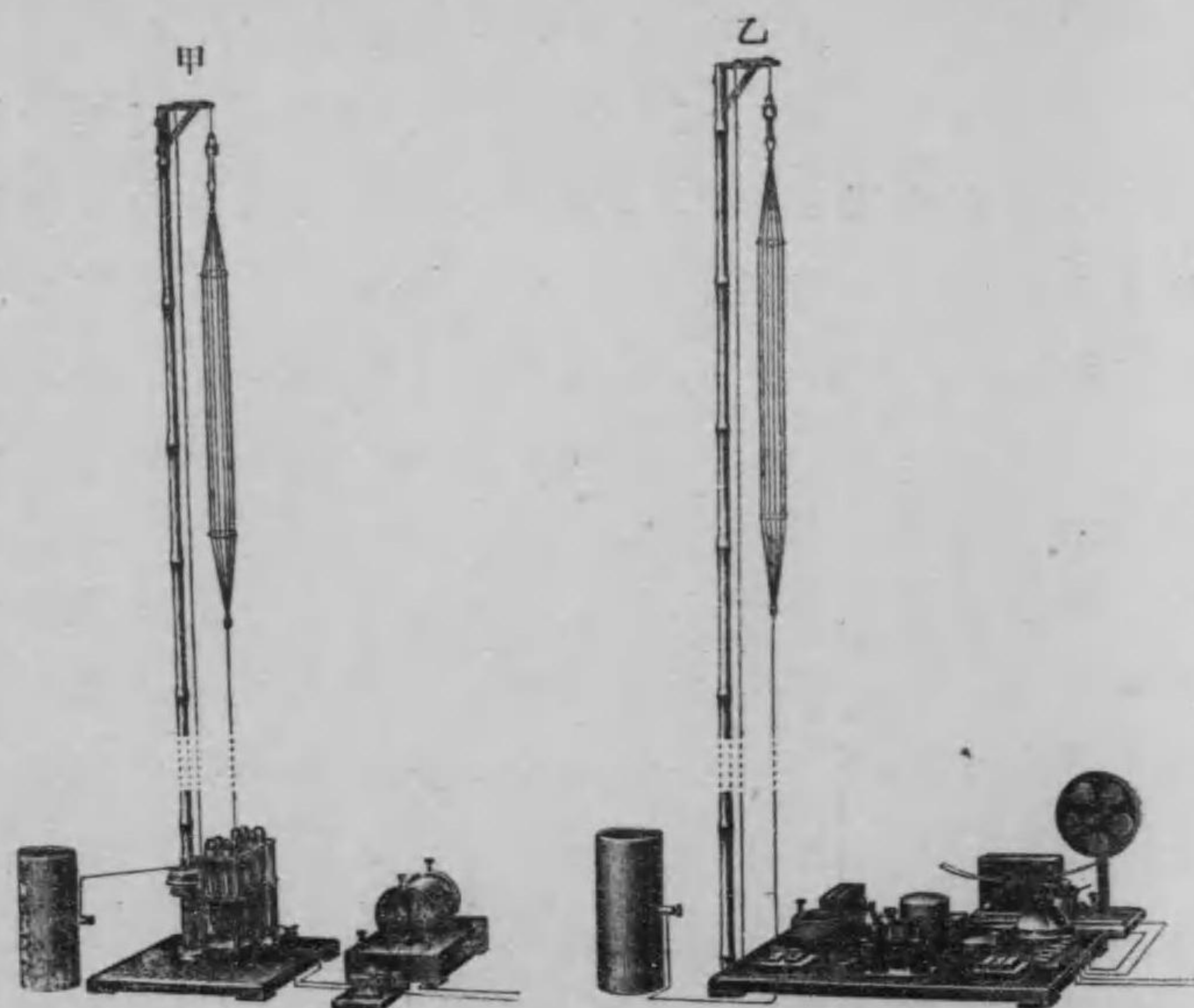


第五百七圖

るに、振動器に對しては各方に對稱的なる故に、之に何

等の力を與へざるも、遠方に於て、空中線に到達すれば、電氣波の爲に電場 \mathcal{E} と同方向に電流 \mathcal{I} を生ず。然るときは、磁場 \mathcal{H} の所にて \mathcal{I} なる電流を通じたる故に、 \mathcal{H} なる力が生ずべし、是れ所謂輻射壓なり。

故に、吾人若し普通の意味に於て物質を考ふれば、甲が電磁波を送るときには反作用のみあり、乙が電磁波



第五百八圖

を受るときには作用あるのみなり。勿論此作用と反作用とは同量なるべきも、其間に時刻の相異なる故に、甲は運動量を失ひ、暫くして乙が之を得ることとなる

例へば、 E_0 丈のエネルギーが輻射すれば、甲は夫れ丈の運動量を失ひ、乙が之を受けたる時、茲に回復さる。而して甲が送りてより、乙が受くる迄の時間内は此エネルギーは甲乙間を飛び居るなり。

前節に言へる如く、質量は即ちエネルギーの化生せる者なりとすれば、此飛び居るエネルギーは $\frac{E_0}{c^2} = m$ なる質量を有する故に、初に甲より電磁波を送る際には、甲が此 m に作用し、 m が其反作用を甲に與ふる者と考ふれば、ニュートンの第三法則は、此場合にも適用せらるるに到る。

第三百八十三節 相對原理

幾何學に於て、甲乙二個の圖形を比較するに、一を他の上に置きたる時、兩者が一致する哉否やを見て、比較の根柢とするが故に、變位は最初の要件なるも、時間は幾何學上の要素にあらず。然るに、物理學は自然現象を研究の對象となし、自然現象の生起は時と處とを必要とするが故に、宇宙は物理學上の要素なり。蓋し、宇は空間にして、宙は時間なるも、物理學的研究の對象としては、時間と空間とは其名は二つなるも、離るべからざる一體をなすが故に之を宇宙と稱するなり。

同様なる現象は同一なる時間内に生起すと言ふ等時性を假定して、吾人は時間を測定すと雖も、更に之を

再考すれば、二現象の生起が同時なりと判定する場合に於て、其等の現象が生起する場所は同一にあらずして多少の距離あるべく、此距離を隔でて視覺に依て比較する者なるに依り、時の前後の決定は光の傳播速度と關係なき能はざるべし。

第三百七十五節に述べたる、光及電磁氣現象に關する實驗の結果として、物理學的空間は、任意の質點系に就て、此質點系内に靜止せる觀測者が爲したる結果と、此系に對し一定の速度を以て運動し居る質點系に就て、之と共に運動する觀測者が爲したる結果とは、數學的に全然合一する如き性質を有する者と看做さざるべからず。斯る特性は次の二假定に基づきて實現せらるるを得べし。

(一) 相對性の假定 一靜止體系に於ける物理的現象を支配する法則は、之に對し互に等速度を以て一樣に進行する他の運動體系にも適用す。

(二) 光速度不變の假定 光の速度は光源及觀測者の運動に關係無く常に一定不變の恒數なり。

以上の假定に基づき、靜止系に於ける宇宙の四元を x, y, z, t とし、之に對し x の方向に v なる速度を有する運動系の四元を ξ, η, ζ, τ とし兩系間の關係を求むれば、

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{(x-vt)}{\sqrt{1-\beta^2}}, & x &= \frac{\xi+vt}{\sqrt{1-\beta^2}}, \\ \eta &= y, & y &= \eta, \\ \zeta &= z, & z &= \zeta, \\ \tau &= \frac{\left(t - \frac{\beta}{c}x\right)}{\sqrt{1-\beta^2}}, & t &= \frac{\tau + \frac{\beta}{c}\xi}{\sqrt{1-\beta^2}} \end{aligned}$$

を得べし。但し c は光の速度にて $v=c\beta$ とす。

從て、

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

なるに依り、是等の異なりたる數値にて表はされたる時間が同一なる爲には、靜止系に於ける時間の單位を T_0 とし、運動系に於ける時間の單位を T_1 とすれば、此兩者は同一ならずして、

$$T_0 = T_1 \sqrt{1-\beta^2}$$

なる關係成立するを要す。換言すれば、運動系の時計は遅るる如き觀を呈す。同様に、

$$d\xi = \frac{dx}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

なるに故に、靜止系に於ける一輻は運動系に於て $\sqrt{1-\beta^2}$ 輻に短縮すべし。

次に、 v なる速度と u なる速度とが同方向なるとき、其和を U とすれば

$$U = \frac{u+v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$$

にて與へられ、兩者の數値の和に等しからず。従て、若し

$$v = c - \lambda, \quad u = c - \mu$$

ならば、

$$U = c \frac{2c - (\lambda + \mu)}{2c - (\lambda + \mu) + \frac{\lambda\mu}{c}} < c$$

にして、光の速度 c より小なる任意速度の和は常に光の速度より小なるべく、且つ其一つが c に等しければ、其和は常に c に等しかるべし。

以上説明せる如く、二速度の和として光の速度以上の速度が實現せられざるは、甚だ奇なるに似たるも、是れ其始に於て假定せる光速度不變の原理を換言せるに過ぎず。如何となれば、發光體或は觀測者が靜止するも、運動するも、光の速度は不變なりと假定するは、光の速度 c に發光體の速度 v を加ふるも、其結果は常に c なりと假定せる者なればなり。而して、光の速度は光の通過せる距離を、之に要せる時間にて除したる商なるに依り、運動速度の大小に關せず、此商を不變ならしむるに必要なる條件は、運動速度の大小に應じ、時間の單位を伸縮する乎、距離の單位を変更する乎、或は其

兩者を共に加減する事なるは論を俟たず。

光の速度を絶對的の者となすば、吾人が視覺を以て宇宙測定の根柢となし、時の前後を判定するに光を利用するに依るのみ。従て、盲人界に於ける力學は之と全く別種の者たらざるべからず。

光以上の大速度を以て進行する者に對して、時は逆行すべしと言ふも、物理學上何等の不都合あるにあらず。蓋し相對原理に依て定義されたる時が逆行するのみにて、自然現象が逆に生起する者に非ざればなり。例へば、通信到達の先後を以て事象生起の前後を決定すれば、死亡の電報を受領して後に、病氣を報知せる郵書を受取りたる場合、相對原理學者は、死亡して後に病床に就きたりと説くべきも、老病死てふ人生の過程が逆行せるに非ざるは常識を有する士の疑を容れざる所なるべし。

第四十一章

不可思議現象之實現

第三百八十四節 自然現象之週期

世人曰く「待てば海路の日和」と、待てば來るの時ある者何ぞ必しも海路の日和のみならんや。「如何なる現象も時ありて生起す」とは先哲ヘロドタス氏[HERODOTUS]の言なり。不可思議現象豈獨り生起せざるの理あらんや。唯其生起する事稀有にして、吾人此現象に再會せざるが故に、之を不可思議なりと稱するのみ。人類の歴史幾千年は長きに似たりと雖も、之を無始無終の自然界に於ける一部として思推すれば、一睡の夢の間に過ぎず。

例へば、一萬年を週期として繰り返す現象ありとせんに、有史以來嘗て一回實現せりとすれば、今後幾千年間は吾人之に再會する期無からん。従て、假令某事象が唯に一回のみ觀測せられ、乃至は未だ一回をも實現せられたる事無き場合と雖も、其生起の理由にして明かならんには、吾人之を否定すべき者にあらず。

自然現象は之を大別すれば、週期的現象と非週期的現象とに別つ事を得べし。日常吾人が目撃する處の現象は概ね週期的にして、或は一日間に、若しくは一歳の内に、乃至は一生の内に再會するが故に、所謂習慣性と成りて之を不可思議なりとせず。吾人が時間の感念を生じ、事實上其長短を測定し得る所以の者も亦、自然現象が週期的なるに基因せずんばあらず。

非週期的現象が果して自然界に實在する哉否やは吾人之を明言し得ざるも、二個以上の週期的現象が原因となつて生起する第三現象は、兩原因の週期にして互に通約すべからざる者なるに於ては、無限に長き週期を有する事となる故に、非週期的なりと言はざるべからず。又、假令理論上週期的なりとも、其週期にして、人生の壽命乃至は人類の歴史に比して非常大なるに於ては、事實上之を非週期的なりと認むるを當然なりとせん。

吾人は自然現象を觀測して、其週期を知る者なるが故に、吾人の觀測せる週期が、直に果して其現象の週期なりや否哉は疑問なり。例へば、ドップレル之原理に於けるが如く、自然現象の週期が τ なる場合に於ても、若し其現象と吾人との間に相對的運動あらば、

$$\tau\{1 \pm \beta\}^{\pm 1}$$

なる週期を有する如く、吾人に観測さる。

太陽は毎日東天に昇り西山に没し、壹日二十四時間を週期として出沒すとは、吾人陸生動物が観測せる事實なり。然れども、此観測の結果は必しも正當なる者と斷言するを得ず。何とならば、吾人若し祖先以來浮雲に乗じて空中を飛行し、天上に生れ天上に没し、其雲は常に一定速度を以て西に若しくは東に浮遊する場合を假想せよ。太陽は二十四時間を週期として出沒する者に非ざるに至らん。

若し又太陽が南中してより、次に南中する迄を一日とし、其二十四分の一を一時間と定義すれば、一時間の長さは一定にあらずして、雲の浮遊する速度の大小に従ひ、時間は伸縮する事となる。地球上に固定せる坐標軸を採り、太陽が東より西に公轉する角速度を毎秒 ω ラヂアンとすれば、地表面に土着せる人類より見たる一日の長さは

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ 秒}$$

なり。

然るに、若し天人の乗れる雲が毎秒 ω' ラヂアンの角速度にて、同様に東より西に浮流すれば、此天人より見たる一日の長さは

$$T' = \frac{2\pi}{\omega - \omega'} \text{ 秒}$$

なるべし。従て、天人の一日は地上の一日に比して

$$\frac{T'}{T} = \frac{\omega}{\omega - \omega'} = \frac{1}{1 - \frac{\omega'}{\omega}} = \frac{1}{1 - \beta}$$

倍長し。

萬一兩角速度等しければ $\omega' = \omega$, $\beta = 1$ なる故に、此比は無有限大となる。即ち斯る天上界は常晝國にして夜を知らず、換言すれば、其一日は地上の無量劫の長年月に等し。或は又春夏秋冬即ち四季の一循環を以て一年と定義すれば、南洋諸島の一年は、我が日本國に於ける無限長久の歲月に等し。従て、南洋に遊べる浦島太郎は、未だ一年も経過せずと思ふ内に、故郷に於ては既に早く八千歳を経たりと言ふ事、必しも怪むに足らず。然り而して、アインシュタインが主唱せる、相對原理に於ける時間の伸縮は、其根柢に於て、之に類する者なり。

第三百八十五節 自然現象之進化

自然現象を他の見解より大別すれば、戻逆的と非戻逆的とに區別さる。戻逆的現象とは其現象の凡ての相が逆の順に生起し得る者なり。例へば、或現象を活動寫真に採りたる際に、此フィルムを逆轉せる時に生ずべき者が即ち逆現象にして、此逆現象が自然に生起し得

る場合に於て、此現象は戻逆的なりと言ひ得るなり。

天體運動に於て、萬有引力以外に何等の力も働かずんば、太陽の周圍に公轉する遊星の運動は戻逆的なり。何とならば、任意の時刻に、突然何等乎の手段に依て、凡ての天體の速度を逆に成すを得ば、其後の遊星は精密に過去の行路を逆行する事は、數理上其運動の方程式より明白なればなり。

然るに、事實上天體の運動は戻逆的なる能はざる所以の者は、潮汐の現象に伴ふ熱の發生、竝に輻射の如き非戻逆的現象を隨伴するに基因す。蓋し、天體が進行する時に輻射せる者を、逆行する時に吸収するの理なく、又進行する際に發生せる熱は、之を逆行せしむるとも吸収し得ざる事明白なる故に、是等は到底戻逆的なる能はざるなり。

或は又、茲に同溫度同壓力の下に、甲乙二種の氣體を容れたる容器を接續して、其境界を撤したりとせば、是等の氣體は擴散に依て互に混和するも、此現象を逆にして始の如く、甲乙二種の氣體を區別する能はず。從て、斯る現象は非戻逆的なる事論を俟たず。

熱力學に於て、一系内に起る現象が戻逆的なるには、此系が經過すべき各相は、平衡状態より異なる事無限小ならざるべからざるは勿論なり。從て、斯かる條件

の下に或現象が、一定量丈一方に生起するには、無限に長き時間を要すべし。若し、有限の期間内に此現象を生起せしむれば、平衡状態を去る事有限量に達する故に、真正の意義に於て戻逆的なる能はず。是に依て之を觀れば、自然界に實現せらるる一切の現象は凡て非戻逆的なりと言ふを當れりとすべし。

非戻逆的現象の根柢は、究竟する所、熱の特別なる性質に基づく者にて、熱力學の第二法則は、物理學竝に化學界に於ける凡ての現象の進化之法則を示す。蓋し、是等の現象は非戻逆的なるが故に進化する者にして、戻逆的若しくは週期的の現象には絶對的の進化なる者なく、一段の進化あれば、必ず同量の退化續いて來らざるべからず。

孤立系に於ける物理化學現象の進化を測定すべき標準は、之を何に求むる乎と問はば、エントロピー之増加を措きて他に適任者無しと答ふるを得べし。エントロピーの減少せざるは、退化を許さざるにあり。而して、永久に進化して止まざる系にありては、再び同一相に來る事無きは當然なり。換言すれば、斯かる系に在りては、歴史は繰返さず、一事は再來せず。斯の如く觀じ來れば自然界は、畢竟、週期的なる能はざるに似たり。

第三百八十六節 非戻逆性と公算論

獨り物質のみならず、エネルギーに到るまで、凡て不連続的の者にして、原子、電子若しくは量子等の形に於て存在する者なる事は前章既に詳論せる所に依て明かなり。果して然らば、自然界の現象を力學的に論究せんと欲せば、是等の各粒子を獨立なる個體と認めて其運動を論ずべきなり。然るに、天體運動の場合に於て經驗せる如く、太陽と地球以外に、更に第三の天體ありとすれば、其運動を完全に解決するは殆んど不能にして、所謂三體問題と稱する天體力學上の難問たり。

攝氏零度の溫度にて、一氣壓の下にある氣體は、其一立方糎中に 3×10^{19} 個の分子を含有するが故に、其運動を力學的に論ぜんと欲せば、 3×10^{19} 項を有する聯立微分方程式 3×10^{19} 個を解くを要すべく、到底吾人の企て及ぶ所にあらず。茲に於て乎、其個性的の研究を捨てて政治家竝に社會學者が從來利用せる統計的研究法と公算論とを併用して、群集せる團體に特有なる性質を研究し、依て以て自然界に於ける現象進化之理法を説明せんとするは、現今理學界の思潮なり。

今、エントロピーが公算論に依て如何に説明せらるる乎を例示せん。氣體運動説に依れば、分子は凡て運動状態にある者にて、各分子の有する運動エネルギー

の多少が、即ち溫度の高低なるを知る。而して、單位體積中に含有せらるる分子數を N とすれば、各分子は零より無限大に到る迄、凡ての速度を有し得べき事當然なり。是等の分子の内にて、 n_i 個は何れも c_i なる速度を有すとすれば、斯かる速度の分配が實現せらるる公算は

$$K = k \frac{N!}{\prod_i n_i!}$$

なり。而して、 $N = \sum n_i$

なるは言を俟たず。

然るに、ボルツマン氏 (BOLTZMANN) の H 定理に依れば、此公算 K が最大なる時に、氣體は平衡状態に達し、其速度の分布は マクスウェル (MAXWELL) 之法則に従ふ者なり。此場合に於て、エントロピーも亦最大に達するが故に公算 K とエントロピー ϕ との間に、何等乎の關係成立するを認め得べし。今此關係を

$$\phi = F\{K\}$$

とせん。

甲乙二系のエントロピーを ϕ_1 及 ϕ_2 とすれば、

$$\phi_1 = F\{K_1\}, \quad \phi_2 = F\{K_2\}$$

なるべし。然るに、兩系を合併せる者を考ふれば、 K は K_1 と K_2 と同時に起る公算なる故に、

$$K = K_1 K_2$$

ならざるべからず。又、エントロピーは兩系の和なるに依り、

$$\phi = \phi_1 + \phi_2$$

なるべし。従て、

$$F\{K_1 K_2\} = F\{K_1\} + F\{K_2\}$$

なる一般關係を生ず。

此式を先づ K_1 に就て、次に K_2 に就て微分すれば、

$$F'\{K_1 K_2\} K_2 = F'\{K_1\},$$

$$F''\{K_1 K_2\} K_1 K_2 + F'\{K_1 K_2\} = 0,$$

即ち $K F''\{K\} + F'\{K\} = 0,$

或は $\frac{d}{dK} [K F'\{K\}] = 0,$

依て、

$$K F'\{K\} = \text{恒數} = C_0,$$

或は $dF\{K\} = C_0 \frac{dK}{K}$

となる故に、 $F\{K\} = C_0 \log K + C_0'$

なるが、此積分恒數 C_0' が零なる事は他の方面より證明せらるる所なり。従て、エントロピー ϕ と公算 K との間には、

$$\phi = C_0 \log K$$

なる關係あるを知る。

更に之を他の方面より考ふるも、エントロピーは一

種の對數的函數なる事を知るを得べし。今分子の質量を m とし、分子數を n とし、分子運動の速度の自乗の平均を \bar{C}^2 とすれば、其熱エネルギーの總量は

$$U = \frac{1}{2} nm \bar{C}^2$$

にして、壓力を p とし、體積を v とすれば、

$$pv = \frac{1}{3} mn \bar{C}^2$$

なり。又溫度を t とし、瓦斯恒數を R とし、分子量を μ とすれば、前式より

$$\frac{\bar{C}^2}{3} = \frac{pv}{nm} = \frac{Rt}{\mu}$$

となる故に、

$$U = \frac{3}{2} nm \frac{Rt}{\mu}, \quad dU = \frac{3}{2} \frac{nmR}{\mu} dt$$

を得べく、且つ密度を ρ とすれば、

$$v = \frac{mn}{\rho}, \quad p = \rho \frac{Rt}{\mu}$$

なるに依り、

$$p dv = \rho \frac{Rt}{\mu} m n d\left(\frac{1}{\rho}\right) = \frac{mn}{\mu} R p t d\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

となる。

然るに、與へられたる熱量を dQ とすれば、一般に

$$dQ = dU + p dv$$

にて、且つ

$$d\phi = \frac{dQ}{t}$$

なる故に、

$$\begin{aligned}\phi &= \int \frac{dQ}{t} = \frac{3}{2} \frac{nmR}{\mu} \int \frac{dt}{t} + \frac{nmR}{\mu} \int \frac{d\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\left(\frac{1}{\rho}\right)} \\ &= \frac{3}{2} \frac{nmR}{\mu} \log t + \frac{nmR}{\mu} \log \frac{1}{\rho} \\ &= \frac{nmR}{\mu} \log \frac{t}{\rho}\end{aligned}$$

にして、先に得たる形と一致するを見るべし。

之を要するに、自然界に於ける現象は凡て非戻逆的にして、エントロピーが常に増加すると言ふは、之を公算論の見解に従ふ時、分子の速度分布が常に其公算大なる如き相に向つて進化すると言ふに過ぎず。而して、其速度分配法が最大公算を有せざる限り、平衡状態に非ざるが故に、其系の進化は止まず。従て、其進化を利用して、熱エネルギーを仕事に變化せしむるを得るなり。

第三百八十七節 温度之高低と熱の移動 甲乙二物を接觸せる際に、甲より乙に熱之移動あらば、甲は乙より其温度高しとの定義を採用せば、高温度の者より低温度の者に向つて、熱エネルギーが移動するは自明の理なり。然れども、氣體運動説に於け

る如く分子運動の速度之自乗の平均が、温度の高低を決定する者と定義すれば、高温度の者より低温度の者に向つて、熱エネルギーの移動ある哉否やは証明を要すべし。

如何とならば、此定義に従へば、高温度の甲體は、必ずしも低温度の乙體より、多量の熱エネルギーを含有する者と限らざるが故に、高温度の者より低温度の者に熱を授くるは、少き熱エネルギーを有する者が、多量の熱エネルギーを有する者に、自己の熱エネルギーを分與する場合をも含むが故なり。

温度を t とし、單位體積内の分子數を N とすれば、其分子運動エネルギーは Nt にて表はさる。今 A, B 二種の氣體ありて、障壁 P にて隔てられ、P を構成する固體分子の質量 M は、氣體分子の質量 m, m' と同程度なりとするも、固體に於ては其分子運動が或範圍に制限せられ居るが故に、氣體分子は此障壁に衝突して弾ね返へるべし。此時に氣體分子の有する運動量が如何に變化する乎を計算すれば、温度の増減を知るを得べし。

氣體甲の分子が、 v なる速度を以て、壁と α なる角を以て衝突し、弾ね返る際の速度は V なりとし、之に依て、壁の分子の運動速度は w より W に變りたりとすれば、

運動量不變の原理に依り

$$\frac{1}{2}m \{V^2 - v^2\} = \frac{2mM}{(M+m)^2} \{Mw^2 - mv^2 \cos^2 \alpha - (M-m)vw \cos \alpha\}$$

なる關係を生ず。

單位時間に起れる凡ての衝突に就て言へば、其運動エネルギーの變化は

$$\frac{1}{2} \sum m(V^2 - v^2)$$

なり。而して、此爲に生ずる温度の變化を δt_1 とすれば、

$$\frac{1}{2} \sum m \{V^2 - v^2\} = N \delta t_1$$

なり。

障壁の温度を t とすれば、氣體分子の凡てが單位時間に壁に衝突する者に非ざるが故に、其衝突回数を N' とすれば、壁の分子の内にて此衝突に預れる N' 個のみを取りて考へ得る故に、

$$\frac{1}{2} \sum M w^2 = N' t$$

なるべく、且つ氣體分子は各方に一様に運動する故に、壁に直角に運動する者は、全数の三分之一なるに依り、

$$\sum m v^2 \cos^2 \alpha = \frac{1}{3} N' t_1$$

なり。

障壁之分子が運動する速度 w は、氣體分子の速度 v

に比して非常に小にて、且つ平均位置の兩側に運動し居る筈なるに依り、正負同様に起るを以て、

$$\sum (M-m) v w \cos \alpha \div 0$$

と看做す事を得べし。従て、單位時間に起る熱エネルギーの變化は

$$N \delta t_1 = \frac{2mM}{(M+m)^2} \left\{ 2N' t - \frac{1}{3} N' t_1 \right\}$$

なるを知る。

同様に、乙氣體の分子に就て、分子數 N_1 、温度 t_2 、單位時間に衝突する回數 N'_1 にて、質量は m' なりとすれば、

$$N_1 \delta t_2 = \frac{2m'M}{(M+m')^2} \left\{ 2N'_1 t_2 - \frac{1}{3} N'_1 t_2 \right\}$$

ならざるべからず。

障壁は、單に熱を傳ふるのみにて、發生若しくは吸收せざる者なる時は、エネルギー保存之法則に依り、

$$N \delta t_1 + N_1 \delta t_2 = 0$$

換言すれば、

$$\frac{mN'}{(M+m)^2} \left\{ 2t - \frac{1}{3} t_1 \right\} + \frac{m'N'_1}{(M+m')^2} \left\{ 2t - \frac{1}{3} t_2 \right\} = 0$$

なる條件あり。

$$\text{今 } a = \frac{mN'}{(M+m)^2}, \quad b = \frac{m'N'_1}{(M+m')^2}$$

と略記すれば、

$$b\{2t - \frac{1}{3}t_1\} + a\{2t - \frac{1}{3}t_2\} = 0$$

なる故に、

$$\frac{2t - \frac{1}{3}t_1}{a} = -\frac{2t - \frac{1}{3}t_2}{b} = \frac{\frac{1}{3}(t_2 - t_1)}{a+b}$$

なる關係を生ず。此式より

$$2t - \frac{1}{3}t_1 = \frac{a(t_2 - t_1)}{3(a+b)}, \quad 2t - \frac{1}{3}t_2 = -\frac{b(t_2 - t_1)}{3(a+b)}$$

従て、

$$\delta t_1 = \frac{2}{3} \frac{Mab}{N(a+b)} \{t_2 - t_1\},$$

$$\delta t_2 = -\frac{2}{3} \frac{Mab}{N(a+b)} \{t_2 - t_1\}$$

なる關係を生ず。

是等の式を見るに、

$$t_2 > t_1 \quad \text{ならば} \quad \delta t_1 > 0, \quad \delta t_2 < 0,$$

$$t_2 = t_1 \quad \text{ならば} \quad \delta t_1 = 0, \quad \delta t_2 = 0,$$

$$t_2 < t_1 \quad \text{ならば} \quad \delta t_1 < 0, \quad \delta t_2 > 0,$$

なる事明白なり。換言すれば、甲乙二種の氣體が熱の良導體に依て堺せらるる時に、其溫度相等しければ溫度の變化なきも、若し高低の差あらば、高き者は降り、低き者は昇ることになる。氣體に非ざる者と雖も、其分子が運動状態にありて、其運動エネルギーに依て溫度決定せらるる場合には同理なり。

前記の證明は、障壁に衝突する回数に就て、平均せる分子運動のエネルギーが、甲乙二種の氣體に就て等しき時に熱の移動無しとの意なるが如きも、必ずしも然るにあらざ。如何となれば、障壁に垂直なる分速度が u と $u+du$ との間にある分子数を $Nf(u)du$ とすれば、其單位面積に單位時間に衝突する分子数は $Nf(u)du \cdot u$ なるべく、其運動エネルギーの合計は

$$\frac{1}{2} m_1 N f(u) du \cdot u \cdot u^2$$

なり。故に衝突回数に就て平均せるエネルギーは

$$\frac{\frac{1}{2} m_1 \int_0^\infty f(u) \cdot u^3 du}{\int_0^\infty f(u) \cdot u du}$$

にて、若し單位體積内にある各分子に就て平均せる處のエネルギーを考ふれば、

$$\frac{\frac{1}{2} m_1 \int_0^\infty f(u) \cdot u^2 du}{\int_0^\infty f(u) du}$$

なり。

然るに、平衡状態に於ては、マクスエルの法則に従ふ故に、

$$f(u) = A e^{-\frac{u^2}{a^2}}$$

なり。此値を入れて前記の積分を行へば、

$$\text{一回衝突之平均エネルギー} = \frac{\frac{1}{4}m_1\alpha^4}{\frac{1}{2}\alpha^2} = \frac{1}{2}m_1\alpha^2$$

$$\text{一個分子の平均エネルギー} = \frac{\frac{1}{8}m_1\alpha^3\sqrt{\pi}}{\frac{1}{2}\alpha\sqrt{\pi}} = \frac{1}{4}m_1\alpha^2$$

を得べし。

従て、前者は單に後者の二倍なるに依り、

$$\sum mv^2 \cos^2 \alpha = \frac{2}{3} N' t_1$$

と置けば、 N' 回衝突の和に就て論ずる事となるも、前記の證明に際しては、其半分を採り

$$\sum mv^2 \cos^2 \alpha = \frac{1}{3} N' t_1$$

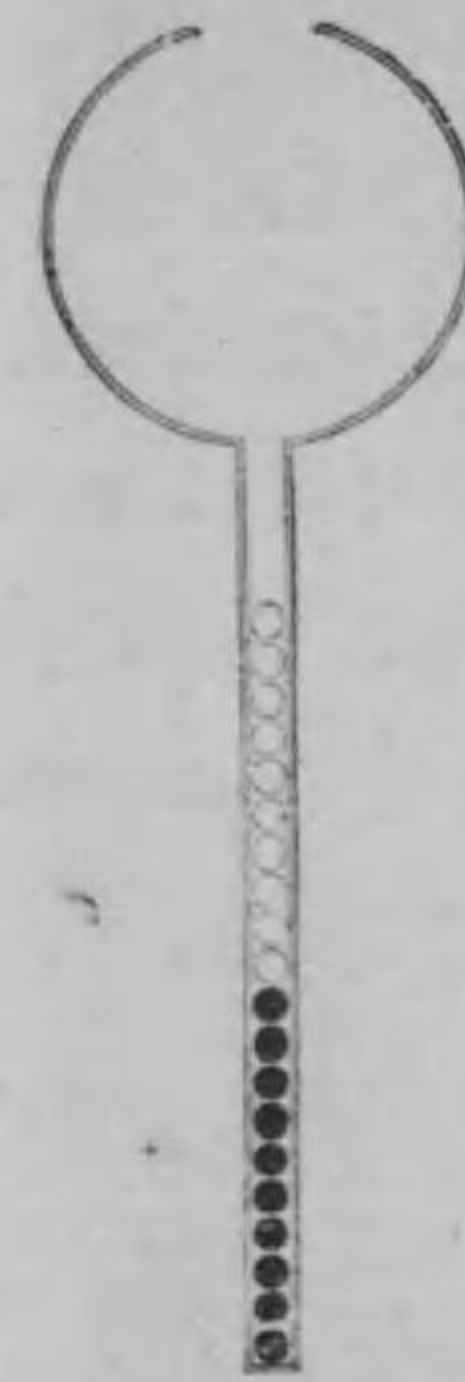
と置けるに依り、甲乙兩氣體の分子が有する平均エネルギーが互に等しければ熱之移動無しとの意なり。

第三百八十八節 非戻逆性は絶對的に

非ず 自然界に於ける非戻逆性が公算論に依て解決せらるる者とすれば、熱力學之第二法則は絶對的の者にあらずして、之に反する現象も亦時ありて起り得べしとの結論を生ずるが故に、更に公算論に就て多少述ぶる所無かるべからず。

一杯の白砂と黒砂とを取りて之を攪拌すれば、互に

混和して次第に灰色となり其後は如何に之を攪拌するも、白と黒とに分かれざるは實驗上明白なり。従て、此現象は非戻逆的なるが、更に然る所以を精査すれば、必ずしも然るに非ざるを知るに到るべし。



第五百九圖

説明を簡明ならしめんが爲に、先づ白黒各自に拾粒のみを取り、之を漏斗内に入れ、其下部に連續されたる細管に一系列に詰め込む場合を考ふべし。

總計二十個の粒子を一系列に置く時、其席順の撰定方法は

$$P_{20} = |20 = 2432902008176640000 \div 2.43 \times 10^{18}$$

種ある者にて、其内白砂が全部上方に來るべき配列方法は、十粒の白砂の配列方法 $P_{10} = |10$ の各方法に對して、黒砂が $P_{10} = |10$ 種の異なりたる配列方

法を有するに依り、全體に於て

$$A = |10 \times |10 = 13168189440000 \div 1.3 \times 10^{13}$$

種あり。此數は甚だ大なりと雖も、之を他の場合に比すれば必ずしも然るにあらず。

今上部の十粒の内にて、 x 粒が黒砂にて $10-x$ 粒が白砂なるべき配列の方法を計算すれば、前記の A を單位として、

	0	1	2	3	4	5
x	10	9	8	7	6	5
回数	1	100	2025	14400	44100	63504
公算	5.4×10^{-6}	5.4×10^{-4}	1.097×10^{-2}	0.0780	0.2388	0.3439

なり。

換言すれば、是等の砂粒を漏斗内にて無意識に攪拌して細管内に整列せしむる時は、例令各粒が其席順に於て對等の權利ありとするも、十八萬四千七百五十六回の内、僅に一回の割合にて白砂十粒が盡く上部に整列する事あるのみ。従て、一分間に一回の割合にて、吾人此實驗を繰返へせば、毎日八時間宛實驗して、三百八十五日即ち約一年一ヶ月間に一回、白砂と黒砂と區別せらるの秋あるべき割合なり。

之に反して、白砂と黒砂と半數宛整列する場合は、六萬三千五百四回ありて總回数約三分之一に相當するのみならず、四白六黒或は四黒六白の場合も同様に灰色に見ゆるが故に、大略を言へば常に灰色なるが如き感を生ずるに過ぎず。若し、各砂に番號を附し、指定の順序に配列さるる場合を考ふれば、何れも

$$385^n \times A \doteq 1.4 \times 10^{13} \text{年}$$

の間に一回實現せらるる場合にて、必ずしも白砂と黒砂と分離する事のみが稀有なるにあらず。

分子運動の場合に於て擴散現象に就て考ふれば、單位體積内に現存する分子數は 3×10^{19} なるに依り、其配列方法は 3×10^{19} 種ありて、其内最初の状態と同一なるは只一回のみなるに依り、吾人の短命なる、到底其初に復歸する期を俟ちて、之を目撃する能はず、唯其最大公算を有する配列の方法に進み行くを見るのみ。斯の如くして、氣體の擴散は非戻逆的現象なりと認定するに到る。然れども、其最初の配列方法に歸る公算は、必ずしも絶對的の零に非ざる者なる事は、重要なる點なるを忘るべからず。

第三百八十九節 自然現象之偏差 或

現象が生起する公算が k なりとは、全回数 N なる時に Nk 回生起する意なりと言ふも、更に之を精細に論ずる時は、全回数 N と其生起の回数 x との比が、 N を無限大にせる際に、極限の値として k に近似するに過ぎず。

$$\text{Limit}_{N \rightarrow \infty} \frac{x}{N} = k$$

従て、或有限回数 N に對しては、必ずしも $x = Nk$ なるにあらず。今 $Nk = n$ とすれば、一般に

$$x - n \neq 0$$

なるは事實なり。

例へば、丁半の勝負に於て、丁若しくは半の生起する

公算は、何れも二分の一なる故に、 $2m$ 回の勝負に於て $n=m$ 回宛丁と半とが生起するならんには、全然勝敗無き筈なるも、實際に勝者と敗者とを生ずる所以の者は、丁が生起せる回数 x が m に等しからずして、 $|x-m|$ 丈の偏差あるに依る。而して丁が x 回生起すれば、半は $(2m-x)$ 回生起する故に、其勝負は兩生起の差

$$(x-m) - \{(2m-x)-m\} = 2|x-m|$$

にて與へらる。

若し、人数 σ の集合なりとすれば、各人に就て、丁の生起する回数 x が、必ずしも同一ならざるが故に、其平均偏差は

$$\varepsilon = \frac{\sum |x-m|}{\sigma}$$

なるべし。此平均偏差を勝負の理論的希望と稱する事あり。蓋し、此希望あるが故に勝負事に面白味を生ずる者にて、萬一公算の示す所に従ひ、生起不生起の回数確定せんには、勝負を争ふ價值無き筈なるべし。

前例に於ける、白砂と黒砂との場合に立ち戻りて、之を再考するに、上部に於ける十粒は、白砂五粒と黒砂五粒とよりなる公算は最大なりと雖も、常に白砂と黒砂とが半々に混和するに限るに非ざるを忘るべからず。今、白砂が五粒にあらずして、 $|x-5|$ 粒なるべき場合の

數は

$\pm\{x-5\}$	0	1	2	3	4	5	$\Sigma \pm\{x-5\}$
回数	63504A	44100A×2	14400A×2	2025A×2	100A×2	A×2	158760A

なるが故に、

$$\varepsilon = \frac{158760A}{|20} \doteq 0.86$$

なり。換言すれば、是等の砂を混和せる者は、一樣なる排列よりも、平均して 0.86 粒丈或は黒色に若しくは白色に偏す。

公算が K なりとは、之を換言すれば、無限回数の中には平均して K の割合に生起すとの意なるに依り、上巻第三章誤差論に於ける誤差 v は、本節の $|x-m|$ に對應する事明白なり。従て、一般の場合に於て、偏差が、 $|x-m|=z$ なる回数割合は

$$y = ce^{-k^2z^2}$$

にて與へらるべし。換言すれば、全數 N 回の内にて

$$\frac{Nk}{\sqrt{\pi}} e^{-k^2z^2}$$

回あるべし。茲に、 k は恒數にして $k = \frac{2}{\sqrt{m}}$ なり。是より平均偏差と求むれば、

$$\varepsilon = \frac{2 \int_0^{\infty} zy dz}{2 \int_0^{\infty} y dz} = \frac{\int_0^{\infty} ze^{-k^2z^2} dz}{\int_0^{\infty} e^{-k^2z^2} dz} = \frac{1}{k\sqrt{\pi}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m}{\pi}}$$

を得べし。

斯の如く、平均偏差は回数 m の平方根に比例するが故に、其公算より言へば當然勝敗なき筈の場合に於ても、實際の勝敗は回数を重ねるに従て増加すべし。然れども、其偏差と全回数との比を考ふる時は

$$\frac{\sqrt{m}}{m} = \frac{1}{\sqrt{m}}$$

に比例するが故に、回数 m の増加と共に次第に減少して、 m が無量大に到れば、零に近似する者なり。

第三百九十節 ブラウン[BROWN]運動

公算最大なる現象が必ずしも實現せずして、其偏差が主要の源因と成りて生起すべき物理現象の内にて、注目に値するはブラウン氏[BROWN]の發見せる所謂ブラウン運動なり。

流體中に懸垂されたる粒子ありとすれば、常に運動状態にある流體分子は、此粒子に衝突すべし。然るに分子の速度分布は方向に關係無きに依り、此粒子は右より衝突する公算と左より衝突する公算とは、互に等しかるべし。従て、單に公算の上より之を考ふれば、分子の衝突に依て或特種の方向に動かざる筈なきに依り、畢竟、此粒子は静止の位置に在らざるべからざるに似たり。

然りと雖も、前節の理に依て衝突の偏差を考ふる時は、平均偏差は衝突回数 m の平方根に比例し、衝突回数は時間に比例するが故に、斯かる粒子が次第に静止の位置より離るる量 λ は時間 t の平方根に比例すべし。アインシュタイン氏[EINSTEIN]の研究に依れば、擴散係数を D として、

$$\lambda = \sqrt{2Dt}$$

にて與へらる。

而して、流體の粘性係数を η とし、粒子の半径を r とすれば

$$D = \frac{RT}{N} \frac{1}{6\pi\eta r}$$

なるに依り、氣體論に従ひ、一瓦分子中に含む分子数は $N=6 \times 10^{23}$ と假定し、 17°C に於て $\eta=1.35 \times 10^{-2}$ なる水中に、 $r=0.001$ 耗の粒子ある場合を考ふれば、 $t=1$ 秒として、

$$\lambda = 8 \times 10^{-5} \text{ 厘} = 0.8 \text{ ミクロン}$$

なり。従て、一分間には $0.8 \times \sqrt{60} \doteq 6$ ミクロン 變位する事となる。

實際の場合には、顯微鏡にて λ を測定し得る故に

$$N = \frac{t}{\lambda^2} \cdot \frac{RT}{3\pi\eta r}$$

なる式に依て、分子數 N を算定する事を得べし。

第三百九十一節 自然界之永久性

以上説明せる所の者を綜合して、之を考ふれば、或種の現象が非戻逆的なりと乎、乃至は某事件は生起せずと乎言ふは、絶對的の者にあらずして、單に其生起の公算が非常に小なりとの意に外ならず。従て、是等の事象は、其生起の公算にして理論上零に非ざる限り、或有限の期間内に生起するを得べし。況んや、偏差の方面より之を考ふる時は、平均して百億年間に一回の割合に起る事象も、明日突然生起する場合なきにあらざるに於をや。

白砂黒砂混合の場合に立ち戻りて之を考ふる時は既に充分灰色に混和されたる後に、更に之を攪拌すれば、白砂と黒砂とに區別せらるる場合必しも絶無なりと云ふにあらず。萬一、斯くの如く區別せらるる事あらば、再び元の相に歸りたる者にて、所謂不可思議現象が實現せられたる者なり。

之を要するに、自然現象進化の根柢たる熱力學の第二法則が、公算論に依て説明せられ、且つ公算論に依てのみ理解し得べき者なりとすれば、自然界の法則は絶對的の者にあらずして、單に其公算の最大なるを指示するに過ぎざるに依り、之に反する事象即ち不可思議

現象は其偏差として當然生起し得べき筈なり。唯斯かる不可思議現象の生起は稀有なるのみ。

一度不可思議現象起らば、此時エントロピーは突然減少する故に、自然界は再び其青年時代に歸り、改めて進化の道程に上るに依り、自然界の現象は無始無終にして永久に存續し、其極限に達する期無し。

換言すれば、自然界之非戻逆性は絶對的の者に非ざるが故に、自然界之永久性は必然的なり。自然界が其過去之相に再歸するの遲速は偶然性に依て定まるも、早晚再歸すべきは必然的に決定せられたる事件なり。

第四十二章 宇宙觀

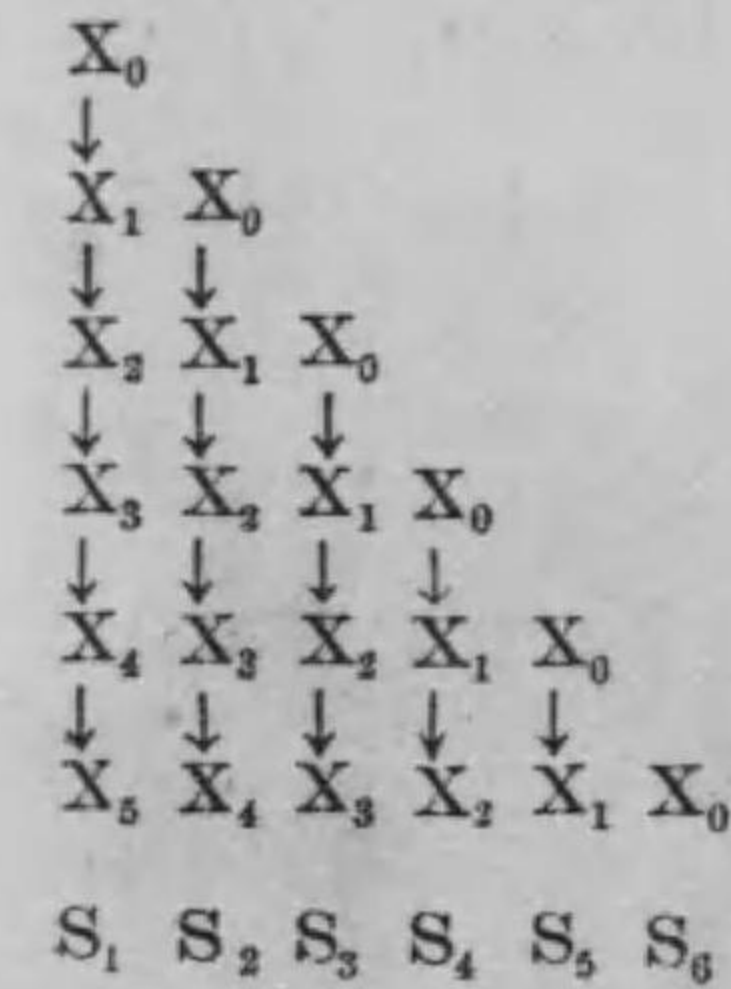
第三百九十二節 過去を談り將來を斷じ得る理由 純粹科學に於ける研究は、先づ其起源竝に歴史を探ぐりて、現在の状態を熟知し、然る後に將來を論ずるを以て其特性とす。過去及現在を説明し得ずして將來を豫言するは、責任を解する學者の成さざる所なり。

然りと雖も、現在に於て幾多類似の事象が併立し、且つ其進化の行程に於て同一ならざる者あれば、或一系の過去及將來を極めて短き現在の研究のみより結論する事を得べし。蓋し宇は空間にして宙は時間なるも、互に離すべからざる者あるが故に、之を合併して宇宙と稱する者にて、時間と空間とは互に獨立なる者にあらず。前者を T にて表はし、後者を S にて表はせば、 c を光の速度として、

$$S=cT$$

なる關係に依り連結せらる。

任意の事像 X が $X_1, X_2, X_3, \dots, X_4, \dots$ と順次に發展する場合に於て、此事像 X が種種の場所 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_4, \dots$ に生起し、而も各場處に發生せる時刻に相異なる場合を假定せよ。今其位相の進める順序に従ひ之を區別するとき、 S_1 に起る事像 X_0 が X_1 の状態まで發展するときは、 S_2 に同様の事像 X_0 が起り、是れが X_1 に發展する時刻迄には S_1 の事像は X_2 に發展し、且つ其時刻に S_3 に於て更に同様の事像 X_0 が起り、是れが X_1 に發展する時刻迄には S_2 に於ける事像は X_2 に發展し、 S_1 に於ける



$S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$
第五百十圖

者は X_3 に發展し、同時に S_4 なる場所に更に同様の事像が發生し、斯の如く順次に他の場所に發生する者とせん。

然らば、 S_1 なる一定の場所に於て非常に長き時間觀測を繼續して、此事像が X_0 より X_1, X_2, X_3, X_4 を經て X_5 に發展

するを知り得る代りに、吾人は或時刻 T に於て S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 等の各所を觀測して X_4, X_3, X_2, X_1, X_0 なる事像あるを知り、次に是れより ΔT 時間觀測を繼續せる間に、 S_1 に於ける X_4 は X_5 に發展し、 S_2 に於ける X_3 は X_4 に發展し、 S_3 に於ける X_2 は X_3 に發展し、 S_4 に於ける X_1 は X_2

に發展し、 S_0 に於ける X_0 は X_1 に發展し、更に S_0 に X_0 が
 新に發生せるを目撃しなば、是に依て、此事像發展の徑
 路は X_0 に始まり X_1, X_2, X_3, X_4 を経て X_5 に發展する者な
 りと論斷する事を得べし。

從て此 S_0 に於て現在 X_2 なる状態にある者が今より
 ΔT 以前に在りし状態 X_1 を知らんと欲せば、必ずしも過
 去に逆りて歴史を研究するを必要とする者にあらず
 して、單に進化の位相に於て遅れ居る S_1 なる場所に、其
 着眼點を移せば足るべく、又今後 ΔT を經過せば如何
 に此 X_2 が變化する乎を豫知せんには、必ずしも時間の
 經過を俟たず、其着眼點を更に進歩せる他方 S_2 に移せ
 ば充分なり。

斯の如くして吾人は短期の時間内に東西に涉りて
 空間的に廣く研究すれば、依て以て幾千萬年乃至無量
 劫の過去を知るを得べく、又は幾世紀の將來をも豫知
 するを得べし。

此理法を知らば、宇宙の起原を説き、其將來を云々す
 る者、必ずしも假空の説に非ざるを納得し得べく、現在
 に於ける物質原子の進化を研究すれば、依て以て宇宙の
 初めに於ける物質發生の順序を知り、現在に於ける各
 天體の構造性質を探究すれば、宇宙進化の行程竝に我
 地球の過去と將來とが、望遠鏡の視野内に顯はれて、一

目瞭然たるの理を覺ゆることを得べし。斯の如くして
 吾人の經驗界は永久界の一瞬時に過ぎずと雖も、猶
 吾人は無始無終なる宇宙に就て斷案を下すの特權を
 有す。

第三百九十三節 太陽系

第六章に於て吾人は天動説に基づき、地球上より見たる太陽竝に恒
 星の運動を研究せり。而して、是等天體が一晝夜を週
 期とせる運動は、恰も地球を中心とせる天球上に凡て
 の天體密着して、地球が毎日西より東に一回自轉する
 か、或は逆に天球が東より西に旋轉する乎、何れにして
 も説明するを得べし。

然るに、茲に注目すべきは、恒星以外別に天球上を徘徊
 する數個の遊星存在することなり。其重なる者は、
 木火土金水の五個なるが、更に天王星及海王星の二個
 あるのみならず、第十九世紀の初に發見せられたるセ
 レスを初めとして、無慮數千個に垂んとする小遊星あ
 り。地球上より見たる是等各遊星の運動は甚だ複雑
 にしてトレミー氏[PTOLEMY]が紀元前二世紀の頃其學
 説を發表して以來、其運動の説明に腐心せる學者擧げ
 て數ふるに絶えず。圓に關する幾何學上の問題は是
 に依て大進歩を成せるの觀無きにあらず。

然るに、ケプレル氏[KEPLER]が其師ダイコーブラへ

氏 [TYCHO BRACHE] の観測せる結果を基礎として、楕圓軌道説を主張し、ニウトン氏 [NEWTON] が萬有引力之法則に依る必然の結果として之を解決せし以來、太陽は中心にありて、地球も亦他の遊星と對等なるを認むるに到り、太陽系なる名稱を生ぜり。蓋し、幾多の恒星は、何れも我が太陽系全部に匹敵すべき一系の天體にして、他の恒星より我を望まば、太陽系は單に一個の恒星たるに過ぎざるなり。

太陽より各遊星に到る距離は亂雜なる者にあらずして、一定の規律ある者に似たり。即ち、一般に

$(3 \times 2^n + 4) \times \frac{1}{10}$ にて表さる。之をボード [BODE] 之法則と稱す。

3×2^n	0	3	6	12	24	48	96	192	384
+	4	4	4	4	4	4	4	4	4
計算値	0.4	0.7	1.0	1.6	2.8	5.2	10.0	19.6	38.8
遊星	水	金	地	火 (遊星群)	木	土	(天)	(海)	
實測	0.39	0.72	1.00	1.52	2.65	5.20	9.54	19.18	30.05

ボード氏が此法則を公表する際には、天王星、海王星、竝に各小遊星が未だ發見せられざりしなり。依て、此法則を真なりと假定すれば、2.8 の距離附近に未發見の遊星ある筈なるに依りて、其探檢を企つる者多かりしが、伊太利人ピアッチ氏 [PIAZZI] はパレルモ市 [Palermo] に於て、西歷千八百一年一月一日に、其直徑僅に四百八

第五百十一圖



オメガ・セントー・ル星座之星團

十五哩に過ぎざる一個の小遊星を、2.77の距離に發見せり。其後各地にて發見さるる者殆んど際限なく、其軌道は大小の差甚しき者あるも、兎に角全部火星と木星との中間に位して、其平均は2.8を去ること遠からず。

吾人は第三十九章に於て、原子の構造を論ずるに當り、電子が陽粒子を中心として公轉する際に、其安定なる軌道の直徑は、一定の規則に依て與へらるるを知れり。天體の場合に在りては、太陽と遊星との間に、竝に各遊星間に萬有引力あるに反して、原子の場合に於ては、陽粒子と電子との間に引力あるも、各電子相互間には、逆に反撥力あるが故に、兩者同一の法則に従ふ事能はざるは明白なるも、ホード氏の法則は必ずや偶然の一致にあらずして、更に深淵ある理由に依て生ぜる結果なるべきことを推定するに難からず。

春季に於て、日没後西天を注視すれば、太陽の没せる方面より天上に擴れる發光帶あるを見る、是れ獸帶光と稱する者にして、仙臺地方にありては其高度四十五度に達すること稀なるも、著者が南洋に航海せし際の所觀に依れば、殆んど第二の銀河の如く西天より天頂を越えて東天に迄及ぶ事あり。其起源に就ては二三の異説ありと雖も、太陽の黃道面上に、恰も土星の輪の

如く無数の小隕石が公轉し居り、其一部は地球の軌道以外迄散在し、太陽の光を反射して輝く者なりとの説は他の恒星並に星雲の現状に比較して正當なるに似たり。

臨時に天界を訪問する彗星は、元來太陽系以外に屬すべき者にして、天空旅行中に、偶然我が地球と行き合ひたるに過ぎず。然れども、週期的に出現する者は、旅行の途中に於て、太陽系の捕虜となれる者なり。軌道を決定せられたる四百有餘個の彗星の内にて、三百個以上は殆んど拋物線上に運動し、再來の見込ある者は百個未滿なるが、百年以内の週期を有する者は六十餘個に過ぎず、最も短きはエンケ [ENCKE] 彗星にて 3.3 年なるが、ハレー [HALLEY] 彗星は 76 年なり。

遊星を以て、原子を構成する束縛電子に例ふれば、彗星は各原子間を往來する自由電子に異ならず。而して、自由電子が、其運動エネルギーを甲乙兩原子間に轉送する如く、彗星の媒介に依て、各恒星は相互間にエネルギーを授受するを得べし。從て、我が太陽系は遠來の彗星を捕ふることに依り、其系内のエネルギーを増加し、或は輻射に依て失ふ者を償ふ事を得べし。換言すれば、彗星は太陽系に對する起死回生の良藥なり。

彗星が遊星の附近を通過すれば、其引力に依て軌道

は變化すべし。此變化を測定すれば、太陽が此彗星に及ぼす引力と、此遊星が及ぼす引力とを比較するを得ること當然なり。然るに、太陽、遊星及彗星の質量を M, M' 及 m とすれば、是等二物體間の引力は

$$F = \frac{mM}{R^2} \quad \text{及} \quad f = \frac{mM'}{r^2}$$

なり。但し、 R 及 r は太陽及遊星より彗星に到る距離とす。依て、

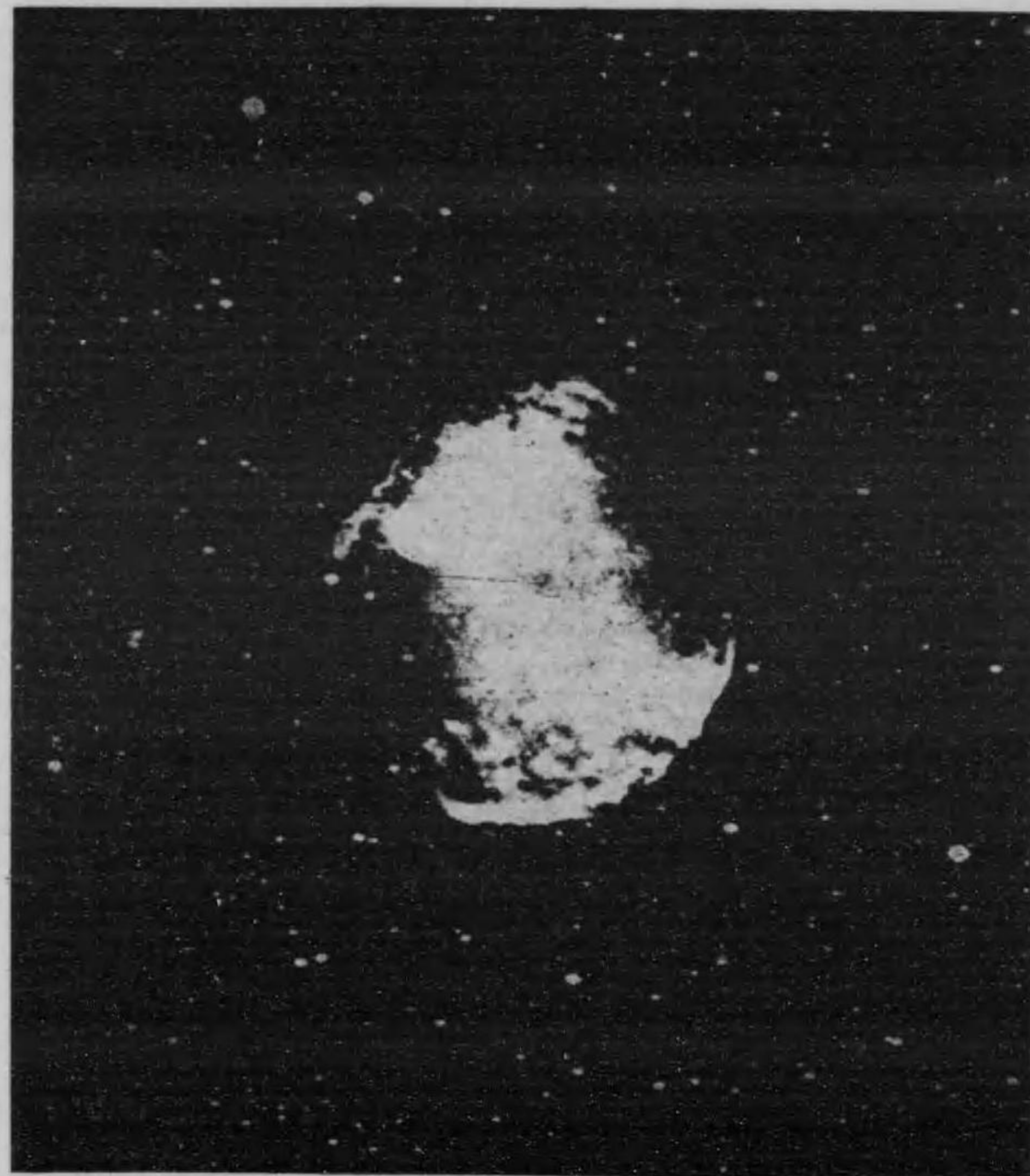
$$\frac{M}{M'} = \frac{FR^2}{fr^2}$$

を算定することを得べし。此方法に依り、太陽を單位として地球其他の各遊星の質量が決定され、從て地球の質量を知れば、太陽竝に各遊星の質量を知るを得べし。觀測の結果は、地球の質量を單位として、次の如し。

太陽	月	水	金	地	火	セレス	木	土	天	海
33200	$\frac{1}{81.5}$	$\frac{1}{21}$	0.82	1.00	$\frac{1}{9.32}$	$\frac{1}{7000}$	317.7	948	14.6	17.0

西歷千八百二十六年に、ビーラ氏 [BIELA] に依て特に研究されたる所謂ビーラ彗星は、1772年に現はれ次に1805—6年に、次は1826年に、次に1832年に現はれて、平均七年を以て週期とせり。然るに1839年には見えずして、1846年に出現せるが、十一月二十八日に見えしときは通常の形態にありしも、十二月十九日には亞鈴形と

第五百十二圖



ブルベクラ星座之亞鈴形星雲

なり、其後十日にして全く二個に切れたりしが、1852年には兩片間の距離百五十五萬哩となり、1859年には全く見えず、1865—6年にも見えず。然るに、1872年に到りて、恰も此彗星の豫期さるる天空、即ち赤經二十五度赤緯北四十三度に壯觀なる流星群出現せり。此流星群は、1885年十一月二十七日には特に盛大にして、一時間七萬五千個の割合にて流星を認めたり。其後は1892年には少しく早く十一月二十三日に出現し、毎年十一月には此天空に多少の流星群を見るべし。

是に依て之を見るに、彗星が天の一方を運行する途上遊星に遇ひ、先づ二分され、次に瓦解して粉碎されたる儘、其軌道上を雲霞の如く公轉し居る者にて、恰も其軌道と地球の軌道との交點に、地球が十一月下旬に到着する者と解するを至當とす。而して、是等流星が地球の附近に来れば、或者は其引力に依て落下することあるべし。是れ即ち隕石なり。従て、隕石の成分を研究すれば、天體の成分を伺ひ知る事を得べし。

今、フアリントン氏 [FARRINGTON] が四百四十三個の隕石に就て平均せる成分を示せば、其百分率次の如し。

原子 番號	6	8	11	12	13	14	15	16	19	20	22	24	25	26	27	28	29
元素	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Er	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
%	0.04	10.10	2.17	3.80	0.39	5.20	0.14	0.49	0.04	0.46	0.01	0.09	0.03	72.06	0.44	0.90	0.01

鐵は重要なる者にて、酸素ニッケル、硅素等之に次くを見るが、更に其種類別を成せば、隕石の内にも殆んど全部が鐵のみなるあり、或は僅少の鐵のみを含む者あり、然るに、其比重に依て之を分類すれば、成分と比重との間に一定の關係ありて、地球上の岩石と連續的に變化する者なるは、本章第五百十五圖に示せる所に依て明白なり。換言すれば、地球と天體とは其成分に於て關連す。

第三百九十四節 天體之研究

天體を研究するに當り、其方法必ずしも唯一つにあらざること當然なるが、其最も早く開けたるは、視線と直角の方向に於ける天體の運動なり。即ち天球上に於ける天體の位置の變化を研究する者にして、其大略は肉眼にて知られ更に望遠鏡を以てすれば精微を極むる事を得べし。

望遠鏡の倍率大なる者を利用すれば、太陽、月、其他遊星並に其衛星等は擴大せらるるが故に、其形球並に表面の大勢を知ることを得べしと雖も、是れが構成實質を判定することは不能なり。又恒星は其距離非常大なるが故に、現在の望遠鏡にては、單に其明瞭の程度を増加するに止まりて、測定し得べき視直徑を有するに到らず。

然るに、分光機に依り、天體のスペクトルを研究すれば、其輝線スペクトルに依て、天體を構成する實質が何元素なりやを判定し得べく、更に其吸収スペクトルに依りて、其天體を包圍する氣體の何者なる哉を察知するを得るのみならず、天體の單色寫眞を比較して、天體の表面に於ける某々元素の分布を知るを得べし。例へば、太陽スペクトルのC線は水素に對應するが故に此C線のみを分離して太陽の寫眞を採影すれば、太陽面上水素の在る處は感光するも、水素なき場所は感光せざる故に、太陽面上に於ける水素の分布を知るを得るが如し。

次にドップレル (DOPPLER) 之原理を應用すれば、天體の實質が運動に依て、地球よりの距離を變化する場合に當り、其波長を伸縮するの理に基づき、スペクトルは變移するに依り、其變位量を測定すれば、其運動の視線上に於ける速度を決定する事を得べし。從て、例へば、太陽の各部分より來れる光に就て其スペクトルを比較すれば、中央に比して左右の者は同一にあらず。一方は屈折率増加せるに反し、他方は減少し居るを見る故に、太陽の東部は地球に向ひ、西部は之に反する如く自轉し居る者なりと斷定せらる。

或は又、同一星のスペクトルが週期的に左右に變位

するを認めたりとすれば、此星は或は地球に向ひて近づき、若くは地球より遠ざかる者なる故に、地球を通過する軌道面上に公轉し居る者なるを知るべく、其變位量を測定すれば、軌道上に於ける切線速度を算定することを得べきは、上卷第二十章第二百三節に於て精述せる所なり。

第三百九十五節 恒星 天球上に於て、其位置不變なる者を**恒星**と稱せり。然るにそは單に大略を言へるに過ぎざる者にて、更に精細に之を觀測すれば恒星も亦自在に運動し居る者なるを知る。只其距離非常大なるが故に、短期間に於ける位置の變化は微小なるのみ。肉眼にて見ゆる恒星の**固有運動**の速度は、平均約25 μ /秒なり。從て、我が太陽系も亦天空中を行進し居る者なることを俟たず。

地球は一年を週期として、太陽を一週するが故に、地球より見たる恒星の位置は、其距離が無量大なるに非れば、不變なる能はざるは當然にて、地球軌道の直徑は三角術に於ける距離測定の基線と看做す事を得べし。從て一月と七月との如く、地球が恰も軌道上の正反對の位置に在りたる際に、任意の恒星が見ゆる方向に幾何の角差ある乎を測定すれば、此角所謂**年視差**と軌道の直徑とより其恒星之距離を決定する事とを得べし。

實測に依れば、此年視差は一秒以内にて、最も近き恒星はセントールに於て、 $0''.75$ なり。従て、其距離は、

$$\frac{360 \times 60 \times 60}{2\pi \times 0.75} \div 2.7 \times 10^6$$

即ち軌道の半径の二十七萬倍なるを知る。而して、光は太陽と地球間を平均約 498.46 秒間に傳達する故に、此恒星の光は約四年後に地球に達す。天體の距離は一光年を單位とするを普通とする故に、地球に最も接近せる恒星は四光年の距離にありと云ふことを得べし。

古人は、星の光の強弱に従ひ、之を六等に分類せるが、現今其光度を精測すれば平均して一等星は六等星に比し百位の光輝あるを知る。依て、 n 等星の光度を B_n とし、 $(n+1)$ 等星の光度を B_{n+1} とすれば

$$\frac{B_n}{B_{n+1}} = \{100\}^{\frac{1}{5}} \div 2.5$$

ならざるべからず。換言すれば等級一階昇る毎に其光は約二倍半増加する者なり。

各星の等級は必ずしも一定不變の者に非ざるのみならず、或種の恒星は週期的に變化す、之を變光星と稱す。其著明なる一例を擧ぐれば、アルゴール即ちβペルサイは、二日二十二時間四十八分五十五秒を週期として、其等級 2.3 と 3.6 との間に變化し、且つ其等級が

降り始めてより復舊する迄に、九時二十分を要す。此變化は、アルゴールが所謂一種の雙子星にして、其同伴者たる暗黒星に依り、部分蝕を成すに依る。

雙子星の質量を M_1 及 M_2 として、公轉の週期を T とし、軌道の半径を a とすれば、ニュートン氏の法則に依り

$$T = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{k\sqrt{M_1+M_2}}$$

にして、 k は萬有引力の恒數なり。故に、太陽系の場合に於て、太陽の質量を單位とし、地球の質量を ν とし、地球の軌道の半径を長さの單位として、一年を週期の單位とすれば、 $k = \frac{2\pi}{\sqrt{1+\nu}}$ なるに依り、

$$T = \sqrt{\frac{1+\nu}{M_1+M_2}} a^{\frac{3}{2}}$$

なり。事實上は、 $\nu = \frac{1}{332000}$ は一に對し省略し得るを以て、 a は望遠鏡的觀測に依り、 T は變光の週期より知らるる故に、 M_1+M_2 を決定することを得べし。算定の結果は次の如し。(但し質量は太陽之質量を單位とす)

天體	直径	中心距離	軌道上之速度	質量
アルゴール	1054×10^3 哩		26 哩/秒	$\frac{4}{9}$
		3220×10^3 哩		
同伴者	825×10^3 哩		55 哩/秒	$\frac{2}{9}$

狼星も亦變光星の一なるが、其同伴者たる暗黒星は52.2年を週期として公轉し、兩星間の距離は太陽と地球間の距離の二十一倍にて、其質量は約三倍半に等し。

恒星は凡て天空中を自由に行進して居ることは前述の如し。果して然らば、天の一局部に限りて恒星の存在を許さざるの理由無き筈なるに、サデツタリアス星座の一部には全く暗黒にして恒星皆無なる如き部分あり、是れ恐くは恒星皆無なるに非ずして、寧ろ大なる暗黒星現存し、其後方より來る光を遮るに依る者なるべし。

斯の如くして、恒星は光輝非常大にして、白熱状態にありと思推せらるる者より、黄色或は赤色なる者あるのみならず、全く暗黒にして吾人に見えざる者に到る迄、種種あるを知るが、更に之を其スペクトルに依て分類するは、重要なる事項なり。黄色星、赤色星等其色に差異あるは、其輻射線のスペクトルを考ふるとき、最大エネルギーを有する輻射線の波長に依て區別せらるる者にて、變位則に依れば、發光體の温度に高低あるに基づく者なり。

ポツダム市 (Potsdam) なる天文臺に於て調査せる、百九個の星に就て平均すれば、白色星は約一萬度、黄色星は六千度、赤色星は三千度内外にて、更に低温なるは

肉眼に見えざる者にて、所謂暗黒星なり。我が太陽は其温度約六千度にて黄色星に屬す。

恒星のスペクトルは、概ね一種の吸収スペクトルなるが、其吸収線の多少竝に配置に依り、

O B A F G K M P

ナルフ、ラエツト星 ヘリウム星 水素星 黄色星 同 同 赤色星 特種性

の各級に區別せらる。

例へば、A級に屬する狼星は、肉眼にては白色に見え、其スペクトルは七色にして僅少の黒線を有し、重なる者は赤に一本、綠青の處に一本及堇の處に二本あり。此類に屬する星は甚だ多し。又アルデバラン、アルクチュラス等の如く、肉眼にて黄色に見ゆる星は、其スペクトルに於て太陽と殆んど同様にG級に屬す。然るに、M級に屬する α オリオニス[・]の如く、赤色に見ゆる星のスペクトルは、廣き黒帯に區別され、其中に細き黒線あるの類なり。

是等各種の星族間には、其温度に於ても乃至は其實質に於ても、確然たる區別ある者なるを以て、其進化の行程に於ける階段を成す者と看做さるる事は次に再論すべし。

第三百九十六節 新星 新に恒星の出現せるは、歴史上必しも稀有の事にあらずして、最近三世

紀間に注目せられたる新星既に三十個に達す。最古の記録は西洋に於て、紀元前百三十四年に出現せる所謂ヒッパルガス氏(HIPPARCHUS)の星なり。此新星は東洋に於ても観測せられたる者にて、支那の舊記にあり。

最も有名なるは、西歴千五百七十二年十一月初旬に出現せる新星にて、其當時は最大光度を有し、金星と其光輝の度を争ひ、明視の人は晝間と雖も肉眼にて之を望見するを得たり。其色は初に白色なりしも、次第に黄色に變じ、翌年春には赤色に衰へ、千五百七十四年二月即ち発見以來僅に一年有半にして、暗黒中に其姿を見失ひたり。

今世紀の初年、即ち千九百一年二月二十二日世界標準時午前二時四十分北天の一方ペルセウス星座に當り、三等級の新星発見せられたり。是より二十八時間以前に、恰も其附近の天空を採影せる寫真には、十二等星迄寫り居るも、此新星に相當する者を認め得ざるに依り、此新星は僅に一晝夜の間、十二等以下より一躍して三等以上に昇りたる者にて、其光輝度は一萬倍以上に増加せる筈なり。二十三日には、光輝最強に達して、日月に亞ぎたりしが、翌日よりは次第に衰弱し、二十五日一等星となり、二十七日には二等星となり三月六日には三等星に下り、十八日には四等星となり、六月

二十三日には六等星となり、未だ半歳ならざるに肉眼にて認め得ざるに至り、滿一年後即ち翌年二月には八等星となり、年末には十等星と化せり。而して、盛時には白色なりしも、次第に黄色に變じ、赤色と化したるを以て、最後に暗黒星と成るべきは疑を容れざる所なり。

新星出現せしより半歳の後、新星の周圍に星雲の存在を認め、更に其後の寫真を比較するに、此星雲の位置は一週間以内に角距離十秒餘の割合を以て新星より離れ去るを認めたり。果して然らば、此星雲は新星より逸出して天空に飛散する者なりやとの問題を生めり。然れども、是れ恐くは星雲が飛び出せるにあらず、寧ろ星雲は天空隨所に散在する者なるも、概ね光輝弱くして見えざりしに、新星の出現は恰も暗夜に點火せる如く四方を照らし、吾人をして此暗黒なる星雲を認めしむるに到りたりと云ふを正當なりと云ふべし。果して然らば、星雲の飛び行く如く見ゆるは、光が次第に傳播して遠方の星雲に達するに依る者なるにより、光の速度と観測されたる角距離とより、此新星より地球に到る距離を算定すれば、三百光年餘を得べし。換言すれば、天上界に於て此新星が出現せるは、第十六世紀の末即ち織豊時代なりしも、其際發光せる光が第二十世紀の初年に我地球に到達せるに過ぎず。

新星の出現は如何に之を説明すべき乎は大問題にして、必しも、凡ての新星が同一理由のみに依て生ずるにも非ざるべし。然りと雖も、二個の暗黒なる恒星乃至星雲が互に衝突して生ぜる者なるに庶幾し。例へば、一個の暗黒星が天空を運動し居る際に、暗黒なる星雲内に突入すれば、恰も大氣中に於ける流星の如く、一時的發光體となること當然なり。今、假に毎秒五十軒の速度にて運動せる者が、三百光年の距離に於て發光せりとすれば、斯る新星の位置は拾年間に角距離一秒を變位するに過ぎざるべく、且つ此暗黒星が水星の軌道と等しき直徑を有する星雲の部分を通過するに、二十餘日を要するに過ぎざる故に、急激に白熱状態となり、最大光度に達し、通過後直に光度衰ふる理由も明白なるべし。

第三百九十七節 星雲 星雲の研究は第十八世紀の終に始りたる者にて、當時既に星雲は恒星に進化すとの説を生めり。分光機にて研究せる結果に依れば、星雲のスペクトルは輝線を有し、發散スペクトルに屬する故に、星雲は氣體なりと認めざるべからず。之に反して、一見星雲の如きも、倍率大なる望遠鏡に依て、第五百十一圖に示せる如く、無数の星の集合なりと認めらるる星團は、連續スペクトルを生ずるに依

第五百十三圖



アンドロメダ星座之螺旋星雲

り、其の星雲と其状態を異にする事明白なり。

大なる恒星の附近にある星雲は、連続スペクトルを與ふる者なきに非ざるも、是等は自ら發光するに非ずして、近隣なる恒星の光を反射する者と認むるを適當とすべし。此種の星雲は不整形なるを通例とす。望遠鏡の改良に伴ひ、星雲の數は拾數萬ならんと信ぜられ、概ね螺狀なるを認めらるるも、銀河内に在る者が螺狀ならざるは注目に價す。

著名なる螺狀星雲は、何れも多大の速度を以て天空中を運動し居る者にて、その平均速度は視線の方向に400 軒/秒 なり。従て、各方向に同様の速度を有するとすれば、天球上に於ける速度は560 軒/秒 以上なるべきに、十五年間觀測するも、其角距離の變化を認め得ざりし故に、是等星雲より我が太陽系に到る距離が如何に大なる乎を推察するに難からず。蓋し、一萬光年の距離に在りとするも、十五年間には約一秒の變位を示す筈なればなり。

一萬五千個の星雲に就て觀測せる結果に依れば、視直徑は2"乃至15"にして、其密度は中央に近づくに從ひ大なるを普通とするも、稀には内部稀薄にして、密度大なる外輪を有する者あり。是等は何れも直線狀に見ゆる場合皆無なるに依り、橢圓體狀なる事當然なり。

外輪と中央なる核との中間は密度小にしても、恰も星雲を構成する質量の大部分は、中央竝に外輪に密集せるの觀無きにあらず。従て、太陽系に於て、太陽を核とし外遊星を外輪の變形せる者とすれば、其中間に残れる内遊星の質量が微少なる者と共通の理由あるを想起せしむ。

更にスペクトルに依て研究せる結果に依れば、星雲内に於ける物質分布は一様なる者にあらずして、例へば、オリオン星雲にては、 H_{β} 線の像は $14''$ なるにネブリウム線の像は $9''$ 及 $11''$ なるに依り、ネブリウムは重に中央に密集し、水素は比較的外方まで擴がり居るを見る。星雲のスペクトルは、ネブリウムの外にヘリウムと水素とを重要なる者となすが、リラ星雲の核は、望遠鏡にては殆んど見えざるも、寫真には二三秒間にて感光するに依り、重に莖外線に豊富なるを知る、恐くは其温度に於て核と周圍とに多大の差あるに依るなるべし。恒星にはネブリウムのスペクトルを與ふる者皆無なるを見れば、星雲が次第に密集して恒星に進化するに當り、ネブリウム先づ迅速に集合し、次第にヘリウム水素等も集合するに依り、是等は内部に埋藏するに非ざる乎。

第五百十四圖



ライラ星座之環狀星雲

第三百九十八節 星雲と恒星との關係

恒星乃至星雲は天空中に於て、自由に運動し居る者と認むべき理由充分なりと雖も、其配布は必しも一様に非ずして、一方に密集し居るは注目すべき點なり。例へば、恒星に就て言へば、銀河附近に非常なる密度を有し、其兩極に近づくに從ひ疎となり、十八インチ反射望遠鏡にて、直徑十五分の視野に見ゆる星の數は、銀河面に沿うて平均百二十二個にて、其兩側十五度以内に在りては平均五十六個なるが、其兩極近傍十五度以内の平均は僅に五個に過ぎず。銀河の兩側三十度以内を考ふれば、其天球上の面積は全球の二分の一なるに、恒星の四分の三は此内にあり。

然るに、星雲は之と正反對にて、銀河附近に缺乏し、一萬五千個の星雲の内にて、銀河帯にあるは僅に三百乃至四百に過ぎざるに、北半球に於ける星雲の約四分の三は、銀河之北極附近にあり。從て、星雲の密度は、銀河附近に於て極附近に於ける者の四十分之一に達せず。

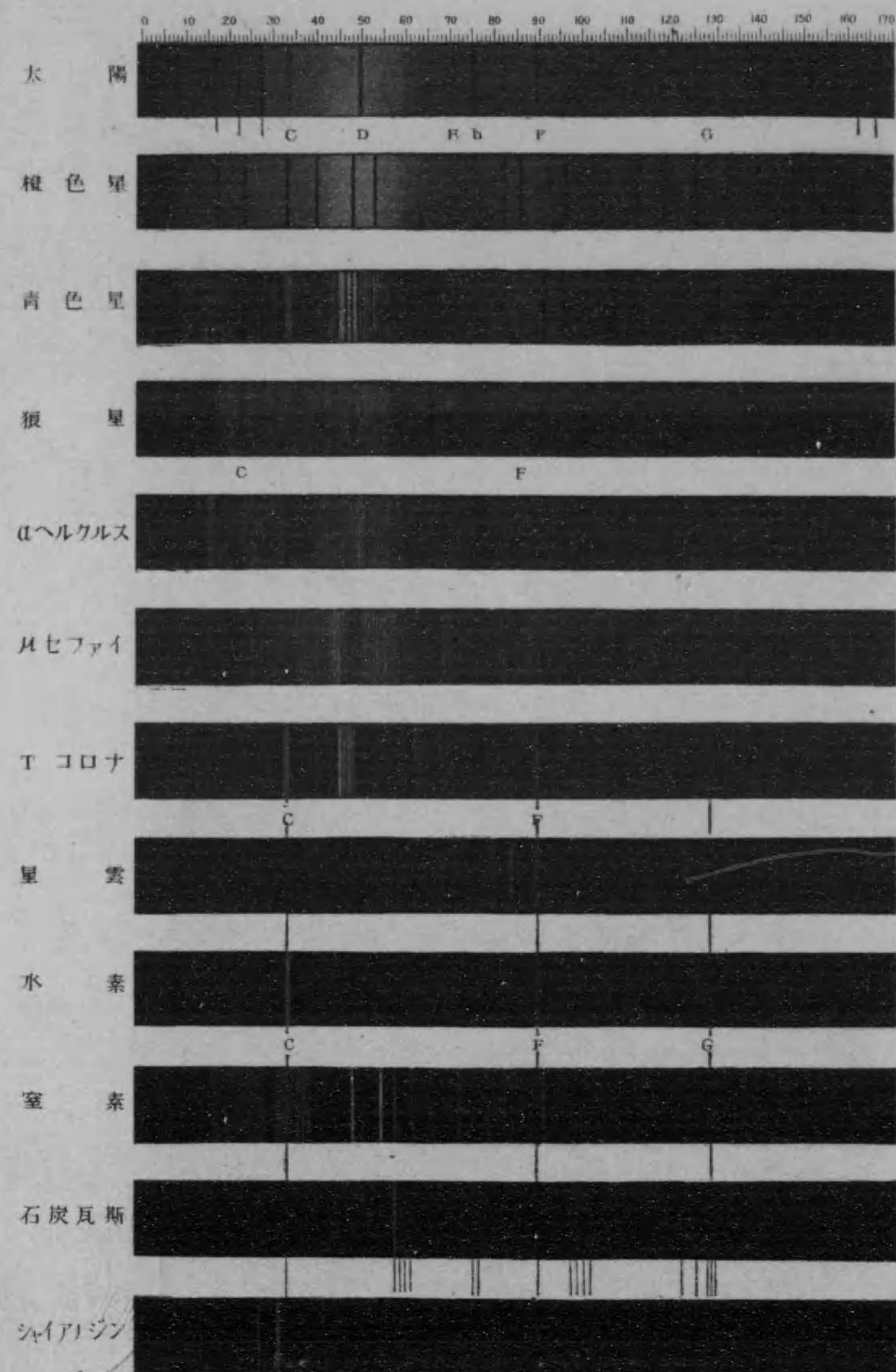
殊に注目に價するは、數千個の螺旋星雲の内にて、銀河内にある者皆無なる事實なり。蓋し、銀河系は一個の獨立なる星界にて、我が太陽系は銀河系の一部に過ぎざる者なるも、螺旋星雲は銀河系より離れたる他の獨立なる星界なればなり。銀河系外なる螺旋星雲が、

高速度の運動をなすに反し、銀河系内に見ゆる各種の星雲が運動せざるは、蓋し前者は獨立なる星界なるも、後者は我が太陽系と共に銀河系の一部分に過ぎざるに依り、太陽系より見て靜止せる如く見ゆるなるべし。

各種の研究を綜合するに、銀河系は其面の方向に扁平にして、之と直角なる方向には僅に其十分の一の延長を有する不定形橢圓體狀にして、其短徑は三千光年内外なるべし。然るに、銀河の近傍にありて獨立なる星界を形成すと認めらるる小マゼラン雲は、其距離三萬光年にして、ヘルクルス座の大星團は十萬個以上の星が密集せる獨立の星界なるが十萬光年の距離にあり。

恒星を其スペクトルに従て O, B, A, F, G, K, M 等の各級に區分し得るは、前節に述べたる所なり。然るに、此順序は凡ての點に於て、恒星進化の階段を表はす者と認めらるる理由あり。例へば、星の色が白熱より黄色、赤色を以て暗黒と變ずるのみならず、是等の天體に現存する物質も亦一定の規則に従ふものにて、B級の星はヘリウム線を強く吸收するも、A級には稀にして、F級以下の者には皆無なり。又水素線はB級には相當に吸收せらるるも、A級に到りて最も強く、其後は次第に減じて、M級即ち赤色星に到りて殆んど皆無とな

恒星及星云之スペクトル



る。マグネシウム線も亦 A 級に最強なるが、F 級に稀に、G 級にては全く消失す。更に鐵、チタンの如き金屬線は A 級の終に顯れ、其他の金屬線は、F 級に始まりて赤色星 M に到りて始めて最強に達す。而して、是等の各元素は、元素進化の階段に於て、先後の關係あるは次節に述ぶる所の如し。

星雲にありては、ネブリウム、ヘリウム、水素等が重要な成分をなすことは前節既に説明せる所なるが、B 級の恒星に到りても、猶水素及ヘリウムの光輝を認め得るも、ネブリウムは全然缺乏し、黄色星乃至赤色星に到れば、水素は次第に減少し、ヘリウムは全く認むる能はず、只我が太陽は近距離なるが故に其微量を認め得るのみ。

ヘリウムの發散スペクトルの内にて、強き放電に依てのみ生ずる輝線は、氣體狀にある星雲に豊富にして、B 級の始に到りて減少するを認めらる。普通の放電にて生ずる輝線は、B 級乃至 F 級の恒星に認めらるるも、弱き放電に依て生ずる者は赤色星に存在す。

運動速度は、星雲にありて最小にて、各恒星の階段に従ひて次第に進み、暗黒星に於て最大に達す。

更に、雙子星に就て研究せる結果に依れば、兩星間の距離並に其公轉の週期は、白色星より暗黒星に到る迄、

次第に増加するを見る。

星雲の存する所に恒星少く、恒星密集せる天に星雲無く、萬一大星の附近に星雲あれば、其恒星は B 級に屬する者と斷定して誤なし。従て、普通の赤色星乃至黄色星の附近に星雲を探すも徒勞に歸す。蓋し、星雲の多き所は其後方なる恒星の光を遮り、巨星あれば其後方の星雲をして光輝を微弱ならしめ、高温白熱の恒星は、其附近に存在する暗黒なる星雲を照らして、吾人に認めしむるに到る場合あるは當然なるも、恐くは星雲が進化して恒星となり、白熱状態より次第に暗黒星と化するに依るならん乎。

第三百九十九節 元素進化説 原子は陽粒子を核として公轉せる電子の一群より構成せらるる者なることは、前章既に詳論せる所なり。然るに、放射性物質は α 線、 β 線を放射し、 β 線は電子が高速度を以て逸出する者、又 α 線は二電子の荷電量に等しき正電氣を帶ひ、原子量四を有するヘリウムにて、同時に之を放射せる元素は、原子量四を減じて他種の元素に變脱するは、第三十七章に於て詳論せる所なり。例へば、ラヂウムは變脱してニトンと化す。而して、 α 粒子の放射は原子量の大なる物質に限り、即ち原子番號九十二乃至八十二の元素に就てのみ實驗せられたる

者なりと雖も、各種の方面より推論すれば、此性質は凡ての原子に共通なるべしと信ぜらる。

今原子番號の奇偶に依りて別ち考ふるに、偶數番號の者は、第二番のヘリウムより鐵に到る迄順次に其原子量

4, (8), 12, 16, 20, 24, 28, 32, (36), 40, 44, 48, 52, 56,

にして、恰もヘリウム一個の原子量に相當する四を等差とせる級數をなす。唯八に相當するベリリウムが九にて、三十六なるべきアルゴンが四十なる二個の例外あるのみ。換言すれば、是等の原子は凡て〔ヘリウム〕_nなる形式にて表はさる。

次に、奇數番號の者に就て考ふれば、リシウムより順次に

7, 11, (15), 19, 23, 27, 31, 35, 39,

にして、十五に相等すべき窒素が十四なるを例外とせる外、凡て同様の等差級數をなす。然るに、ネブリウムの原子量は、未だ正確ならずと雖も、ファブリー及ブイソン兩氏 [FABRY AND BUISSON] は 2.7 なりと言へるに見れば、大約三なるを以て、之を其原子量と假定すれば、奇數番號の原子量は

〔ヘリウム〕_n + [ネブリウム]
なる形式にて表はすことを得べし。例へば、 $n=12$ と

すれば、 $[\text{ヘリウム}]_{12}=48$ はチタンにて、 $[\text{ヘリウム}]_{12}+[\text{ネプ
リウム}]_{39}=51$ はウナデンの原子量なり。

原子番号の奇偶の別は、外部に公轉し居る電子數に無關係なるも、核中に含まるる荷電量に基づく者なるに依り、其原子の安定に關係し、事實上奇數番号に相當する元素は、其分量に於て偶數番号の者より遙に少きは後に述ぶる所の如し。

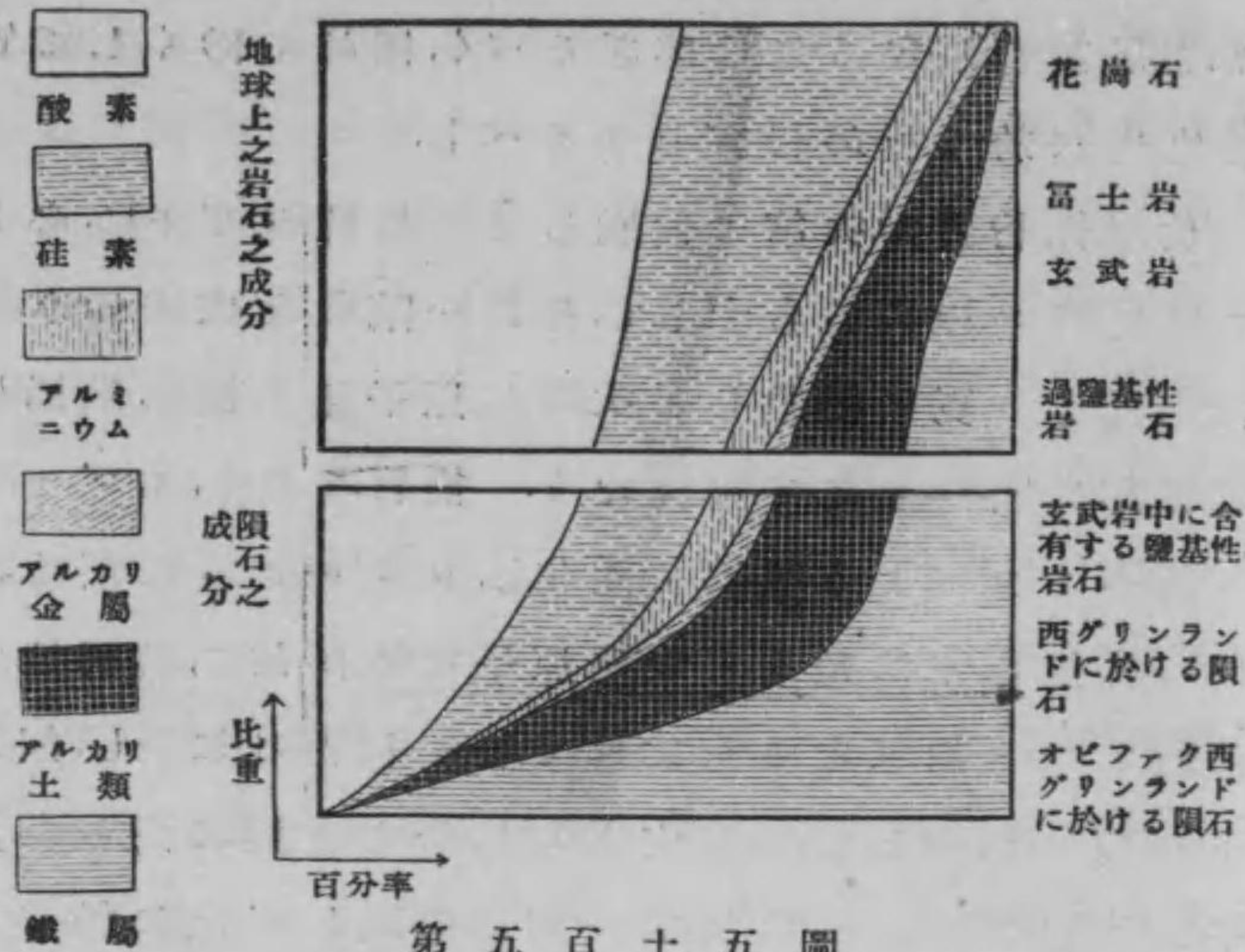
今此事實と天體に實現されたる事實とを綜合して考ふれば、物質は其初に、星雲に見る如く、水素、ネプrium及ヘリウムの三種のみなりしも、天體の進化と共に元素も亦進化して、ヘリウムは單獨に偶數番号の元素に進化すると同時に、ヘリウム及ネプriumが融合して奇數番号の元素に進化せるに非ざる乎。換言すれば、ヘリウム及ネプrium原子の適當なる數が、內的融合に依りて他の複雑なる原子に進化せる者と推定する事を得べし。果して然らば、天體が次第に進化して複雑なる元素を有するに及んで、其成分なるべきネプrium及ヘリウムの稀有となるは必然の理なり。

原子が、上記の如く次第に複雑なる者に進化すとすれば、其進化の程度大なるに従て、不安定となるは當然にて、所謂放射能とは、其進化の極度に近ける原子が、急激に壊散する現象に過ぎず。従て、鉛以下の原子と雖

も、放射能皆無なるには非ざるべく、極めて妙くして實驗室内に於て認め得ざるなるべし。

放射性物質が次第に變脱して鉛に究竟するは、必しも絶對の終極にあらずして、茲に一階段を成すのみ。従て、鉛より更に變脱して次第に原子量を減じ、鐵屬に於て第二階段をなすに似たり。換言すれば、ネプrium及ヘリウムより順次に進化し、ウラニウムに到るに際し、鐵屬以下は殆んど安定原子なるが故に、其構造も前記の如き簡單なる形式にて表はし得るに反し、銅以上に到れば、少しく不安定となり、鉛より銅に到る各原子は進化すると同時に其一部は變脱して鐵に歸するに依り、鐵は天體竝に地球上に最も多量に存在す、又鉛以上に進化せる者は其不安定の度大なる故に、其變脱が容易に認めらるるなるべし。

四百四十三個の天降石に就て統計せる結果に依れば、其成分は第三百九十三節に示せる如くにして、鐵屬は其八割に當るを見る。各隕石に就て言へば、密度大なる者は殆んど全部鐵より成り、是より密度の減少と共に、他の成分増加するを見る。而して、同様に地殼を構成する岩石に於ても、之を其密度に依て排列すれば、隕石の最も輕き者と地上の者の最も重き者とは、其成分に於て關連し居る事第五百十五圖に示すが如くな



第五百十五圖

るは注目すべき事項なり。

更に、番號の奇偶を別別にして考ふる時は、放射性物質に於て多大の相異あるを見る、即ち第三十九章第三百七十一節に表示せる如く鉛よりウラニウムに到る凡ての偶數番號元素は既に其實在を認められたりと雖も、奇數番號に當る元素は、八十三番と八十九番と確實なるも、八十五番及八十七番は未だ認められざるのみならず、其他の者に於ても、未發見の元素は七十二番を除き、四十三番、六十一番、七十五番等重に奇數に屬する事は、必しも偶然の事項に非ざるに似たり。如何となれば、既に發見せられたる元素中にありても、其分量

を比較すれば、奇數番號の者は偶數番號に比して微々たる者なればなり。例へば、上記の隕石を構成する百分率に就て言へば、偶數元素は 98.78 を占むるに、奇數元素は僅に 1.22 に過ぎず。地殻を構成する岩石に就て比較するも、偶數元素は奇數元素の約十倍多量なり。更に稀有元素に就て見るも、比較的普通なる者はバリウム、セリウム等の偶數元素にて、最も稀有なるはテルビウム、ホルシウム等の奇數元素なり。

斯の如く、奇數と偶數とに大差ある所以の者は、果して如何なる理由に依る乎は未決の疑問なるが、前記の元素進化説にして真ならば、奇數元素はネプツウムの存在を必要とする故に、進化に際しネプツウムの缺乏が竟に奇數番號元素の不足を來せるに非ざる乎。

第四百節 結論 宇宙は其始に於て、何等の物質を有せず、是を大極と云ふ。大極は宇宙の原胚にして、未だ性も無く形も備らず、唯存在するのみ。所謂實ありて方處無き者にして時を超越す。無形無性の中に一あり、寂たり寥たり、獨立して何等にも從屬せず、周ねく全宇に瀰漫して到らざる處無く、以て萬物之母たるべし。吾人其名を知らず、假に之に字して勢と謂ふ。全宇一様にして差別なきが故に其形を成さずと雖も、萬理皆其中に具はる、唯渾然として間隙無きを以

て其性を顯はさざるのみ。

大極變動して過不足を生ずるに及びて、始めて陰陽の性を生じ、同時に引力及斥力顯はる。此兩者は其名を異にすと雖も、其出處を同うす。故に運動は萬象の起源なり。陰性の者其形を備ふるとき電子と成り、陽性の者は陽粒子と成る。陰陽互に交配して一系を成せば、是を原子と謂ふ。従て、原子を以て物質の最小單位と做す。其最も簡單なるは水素原子にして、一粒子と一電子より成り、ネブリウム及ヘリウム是に次ぐ。

是等の原子の融合的進化に依り、最重原子ウラニウムに到る迄、九十二種の原子を構成す。従て、萬物は皆陰を覆て陽を抱き、引力と斥力と互に釣合ひ以て平和を保つ。斯の如く武裝的平和なるが故に、其安定は容易に第三者に依て攪亂せらるべく、複雑なる者即ち進化の行程に於て前驅を爲す所の重原子は、其不安定の度も亦大なる事勿論なるに依り、ウラニウム以下の重原子の壊散は甚だ繁多にして、吾人之を目撃することを得べし。是れ所謂放射之現象なり。然り而して、鉛よりニッケルに到る六十餘種の重原子は、直接其壊散を目撃する能はずと雖も、長年月の間には徐々に壊散する者なることを推定するに難からず。

電子と陽粒子との配合如何に従ひ、中性原子の外、陰

性の者と陽性の者とを生じ、互に化合して分子を形成す。而して、一原子自ら分子を成す者も亦無きにあらず。吾人が日常經驗する物性は、概ね分子相互間の性質にして、單獨なる原子の性質を直接に感得するは稀有の事に屬す。分子の集合せる者は即ち物體にして集合の形式に従ひ、結晶體、非結晶體、液體、氣體等の區別を生ず。

化生せる原子は勢を其内に埋藏す。之を稱してエネルギーと謂ふ。宇宙の各所に於て分子が集合するに當り、潜狀エネルギーは運動エネルギーと變じ、次第に密集するに従ひ熱を生じ、星雲は進化し球狀星團乃至恒星となる。而して、最も長生なる者はB, A, FよりG, K, M等の各級を経て竟に暗黒星と化すべしと雖も、彼等の凡てが、無限時に互りて永遠に進化し得る者にあらず。如何となれば、是等の天體間には引力のあるありて、各方向に運動し居るに依り、時ありて衝突するを免れざればなり。

衝突が巨星と小星との間に起れば、其際に於ける運動の方向と速度の大小とに依り、或は大は小を呑み其エネルギーを増加し、若しくは小星は巨星の周圍に公轉することとなるべしと雖も、萬一對等に近き二星が衝突すれば共に粉碎する場合も亦無きにあらず。而

して、其衝突が側方に偏せる場合に於ては、兩星の行進運動之エネルギーは其一部廻轉運動之エネルギーと化して互に自轉すべく、且つ相互間の引力に基づき、一定の距離を保ちて、全系之重心を中心として、公轉するに至るべし。従て、衝突の緩急に應じ、或は雙星と變じ、若しくは星雲と化する事も無きにあらず。

進化の行程に於て進める兩星が、衝突する場合に於ては、假令粉碎せりと稱すと雖も、其破片は猶相等大の形體を保有すべきに依り、遊星狀星雲を生ずる事當然なり。然るに、二個の星雲或は星雲と恒星とが偏側衝突を成せる場合に於ては、星雲は單に變形して廻轉運動を起すに過ぎざる故に、螺狀星雲と變ずべし。而して、一天體が成生してより、衝突に依て再び破碎せらるゝ迄を一劫と稱すれば、大極以來現今に到る迄既に無數劫を經過せるに依り、現今吾人の目撃する天體の形體は、單純なる進化論のみに依て説明し得る者にあらず。

之を要するに、諸行無常は到らざる處無き真理にして、常住態とは實現するの機會無き理想界に過ぎず。ネブリウム竝にヘリウムの如き單純なる原子より、ラヂウム竝にウラニウム等複雑なる原子を生ずるは、物質界の進化にして、逆にウラニウムよりラヂウムに變

脱するは斯界に於ける革命なり。星雲より恒星を生ずるは天體の進化にして、恒星粉碎して星雲と化するは天上界の革命なり。蓋し、進化は正道にして一瞬時も止む時なく、革命は權道なるが故に、時ありて起ると雖も、期して俟つべきにあらず。

宇宙は一瞬時も休止する時なくして進化すと雖も、竟に其極に達するの期なき所以の者は、必然的に革命起るに依る。革命は、進化に依て老熟する宇宙を起死回生せしむる唯一の手段なり。宇宙のエントロピーが、自然現象起る毎に増加するは進化なり。然りと雖も、時ありてエントロピーは減ずる無きを保せず、是れ即ち宇宙之大革命なり。此故に、天地も尙長久なる能はずと雖も、斯の如くして初めて宇宙は永遠に存在し、現象は無窮に繼續するを得る者なり。

跋

科學的認識は必ずしも常識と別種類の者に
あらずして、單に之を精選し、之を發展して完成
せるものに過ぎず。從て、科學的認識の特徴は
組織的にして且つ方法的なるにあり。此故に
物理學者は先づ吾人の經驗を分析して單純化
し、實驗的研究に依て其共通性を觀破し、法則を
歸納し、更に進んで、絶對的普遍性なりと信ずる
唯一の假定を設けて、理論的に是等凡百の法則
を演繹し、依て以て宇宙の萬象を説明せんこと
を務む。

然りと雖も、吾人の經驗界は無始無終なる永
久界の一瞬時に過ぎざるが故に、凡ての自然現
象を既に經驗し盡したるにあらず。換言すれ
ば、今後更に新しき事實の發見せらるべき公算
は一に近し。從て、事實を基礎とする物理學界
にありては、永久不變の眞理は極限に於ける理
念にして、吾人は日進月歩次第に之に接近すと
雖も、未だ到着したるにあらざるが故に、今日最

も完成せりと信ぜらるる學說も、他日必ずや更
に一層完全なる他の學說に依て代らるべきは
論を俟たず。

斯の如く觀ずれば、物理學の説く所は臨時的
にして、價值甚だ少きに似たるも、更に之を再考
すれば、物理學が永遠に進歩し、無窮に發達し得
べき理由も亦此所に存ず。年毎に枝葉は凋落
するも、樹幹は歳と共に長大す。古きを捨て新
きを採るは、自己を大成する所以に外ならず。
本書述ぶる所の學說が捨てらるる事一日早け
れば、一日丈物理學が急速に進歩せるを證する
なり。著者の満足何者か是に若く者あらん哉。

大正七年九月

仙臺に在りて

日下部四郎太

物理學汎論

下 卷

索 引

ア.		引力..... 990	映畫法..... 901	
アインシュタイン氏	873, 937, 957	色消レンズ..... 577	横質量..... 921	
アッペのプリズム	592	隕石..... 968	オーム..... 750	
アブラハム氏.....	922	陰粒子..... 755	オーム之法則..... 733	
アラゴー氏	651	ウ.		
暗黒星.....	973, 975	右旋圓偏光..... 631	四面格子..... 614	
アンペール之法則... ..	781	宇宙..... 929, 960, 989	オライオン星	
アンペール.....	750	宇宙之大革命..... 993	オリバーヘビサイド氏 753	
アンペール時.....	750	運動..... 990	音波..... 540	
アルファー線 853, 856, 926		運動量..... 913	カ.	
アルゴール星.....	972	エ.		廻折格子..... 610
イ.		永久磁石..... 705, 722	廻折スペクトル..... 617	
勢.....	989	永久性..... 959	階段格子..... 619	
異常光	639	エールステッド氏	744	廻轉水銀排氣機..... 844
一劫.....	992	液浸..... 625	ガイスレル管..... 842	廻轉分散..... 651
一次電池.....	765	エネルギー.....	680, 682, 798, 913, 923, 991	ガウス..... 749
イベルト氏.....	836	エマネーション	856	ガウス之定理..... 670
陰極線.....	846, 878	エンケ彗星.....	966	化學線..... 540
陰光.....	842, 850	エントロピー 866, 939, 941		化成作用..... 765
インペーダンス.....	803	オ.		活力..... 913
陰陽の性.....	990	荷電量..... 660		感應起電機..... 806
		感應電流..... 794		

$$\frac{2}{4} \pi r^3$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 N$$

$$4 \pi r^2$$

$$\frac{rN}{3}$$

ガンマー線..... 853, 855
 硝子層..... 644
 慣性..... 912, 914
 岩鹽..... 903, 905, 907, 910

キ.

吸収スペクトル.....
 584, 591, 970
 輝線スペクトル... 586, 594
 軌線スペクトル..... 586
 紫外線..... 540
 銀河系..... 981
 強磁性體..... 706
 キュリー..... 860
 共心距離..... 544, 557
 共心光束..... 544, 559, 572
 共鳴器..... 812
 キルヒホッフ氏..... 594

ク.

屈折率之測定.....
 551, 583, 603
 クーロン..... 750
 クーロン氏..... 657
 クーロン之法則... 707, 927
 空中線..... 928
 クラウジウス及モソッチ
 之法則..... 703
 クルックス暗黒部.....
 842, 846
 クルックス管..... 842, 846
 クルックス氏..... 836

ケ.

ゲーデ氏..... 843, 844
 結晶之主要軸..... 637

ケプレル氏..... 963
 原子..... 887, 890, 990
 原子之直徑..... 882
 原子熱..... 871
 原子番號... 884, 984, 989
 捲線..... 783
 検光器..... 646, 651
 検糖計..... 652
 検波器..... 814
 ゲリーク之排氣機..... 844
 ケルビン氏の絶對電力
 計..... 690
 顯微鏡..... 582, 623
 元方程式..... 750, 822

コ.

光壓..... 829
 公算論... 865, 877, 940, 951
 恒星..... 971, 981
 恒星の距離..... 971
 恒星のスペクトル..... 975
 硬線..... 850
 光軸..... 571, 640
 コーシー之分散式..... 597
 光心..... 563
 光球..... 595
 光年..... 972
 光波..... 829
 勾配..... 667
 交番電流..... 803
 固有運動..... 971
 交流..... 803
 光子..... 873
 コリメートル..... 585

サ.

最小轉換角..... 590
 装甲電流計..... 725, 726
 左旋圓偏光..... 631
 サザンタリクス星座... 974
 三體問題..... 940
 殘磁氣..... 721
 作用量子..... 869
 サバル..... 745, 774

シ.

磁位..... 709, 777, 780
 週期..... 935
 縱質量..... 921
 獸帶光..... 965
 時間之測定..... 929, 935
 磁氣嵐..... 716
 磁氣感應度..... 719
 磁氣係數..... 718
 磁氣子午面..... 714
 磁氣軸..... 717
 磁氣能率..... 709, 713
 磁氣波..... 813
 磁氣履歴曲線..... 722
 主計量積..... 666, 668
 磁殼之強度..... 782
 自己感應..... 796
 自己感應係數..... 797
 磁子..... 699
 磁石..... 704
 磁場..... 707, 819
 自然光..... 628
 磁鐵礦..... 904
 質量..... 911, 913, 914
 四分之一波長板..... 648
 進化之法則.. 939, 944, 958
 眞空管..... 842

眞空放電..... 812
 新星..... 975
 振動器..... 812
 振動電流..... 807
 常磁性體..... 706
 焦點距離..... 565, 574, 575
 ジャウル..... 749
 ジャウル之法則..... 739
 遮斷捲線..... 803
 自由電子..... 881, 966
 自由度..... 877
 自由粒子之壽命..... 841
 主焦點..... 565, 573
 主断面..... 637
 主要軸..... 637
 主要點..... 573
 主要面..... 573
 諸行無常..... 992
 初質量..... 914, 924
 磁力計..... 713
 磁力線..... 707, 723

ス.

彗星..... 966
 スタイアリング之式... 867
 ステファン之法則
 870, 871
 ストークス之法則..... 874
 スペクトル... 584, 978, 982
 スペクトル線之逆變... 595
 スペクトル之長... 591, 638
 スペクトル分析... 594, 970

セ.

勢..... 989
 星雲..... 977, 981, 992

星團..... 978, 983
 正極板..... 756
 正結晶..... 642
 正切電流計..... 786
 正電氣..... 657
 靜電單位..... 658
 靜電單位系..... 745
 小磁石..... 705
 赤外線..... 540
 斥力..... 990
 ゼーマン効果..... 835
 接眼鏡..... 582
 旋光體..... 651
 全分散..... 591

ソ.

相互感應係數..... 796
 束縛電子..... 698, 881
 雙子星..... 973, 983, 992

タ.

相對原理..... 929, 937
 ソレル氏... 655
 第一像..... 540
 退化..... 939
 大極..... 989
 帶磁之強度..... 716
 帶磁率..... 718
 帶電..... 690
 帶電體..... 690
 第二像..... 543
 タイコー, ブラヘ氏... 964
 對物鏡..... 582
 太陽系..... 963
 太陽之自轉..... 970
 逃電..... 836

逃電率..... 836
 惰性..... 912
 縱質量..... 921
 ダニエル之電池..... 763
 單色..... 186
 單色寫眞..... 970
 彈動電流計..... 788
 單位磁極..... 707
 タムソン効果..... 742
 橢圓偏光..... 631

チ.

中心立方配列法..... 897
 チオプター..... 569
 蓄電器..... 677
 蓄電池..... 764
 着色偏光..... 648
 中性溫度..... 739
 直線偏光..... 630
 直列..... 767

ツ.

通常光..... 639

テ.

地磁氣..... 715
 鐵..... 722, 987
 低氣壓放電..... 842
 テプラー排氣機..... 844
 電解..... 766
 電氣..... 657
 電氣波..... 814
 電氣化學當量..... 758
 電氣振動..... 807
 電氣像..... 692
 電氣比熱..... 743

電氣變位..... 660, 728	送電..... 836	波長分光計..... 591
電氣容量..... 675	送電率..... 836	波面..... 644
電極..... 755	時の逆行..... 933	發光放電..... 841
電氣量..... 658	トレミー氏..... 963	發散スペクトル..... 596
電子..... 657, 695, 831, 990		パーセン氏..... 815
電磁質量..... 811, 917	ナ.	バック氏..... 835
電磁單位系..... 747	長岡..... 890	半減期..... 853
電磁波..... 810	南極..... 704	反磁性體..... 706
電磁力..... 744, 773, 820	ナブラ..... 668	バルクラ氏..... 882
電場..... 688	ニ.	ハル氏の映畫法... 901, 909
電導體..... 659, 699	ニウトン氏... 912, 927, 964	バルマー系..... 587, 893
電導率..... 697	ニウトンの輪..... 601	ハレー彗星..... 966
電池..... 761	ニコル之プリズム... 645	ヒ.
電波..... 813, 820	二次電池..... 765	ピアッチ氏..... 961
電媒恒數.....	ニトン..... 855	ビオー及サバール之法
..... 659, 707, 703, 820	日光スペクトル... 591, 595	則..... 745, 773
電媒質..... 659, 700, 721	ネ.	光..... 539
電離..... 755	熱電逆變..... 719	比感應度..... 659
電離法..... 888, 905	熱電堆..... 738	ビヤリング氏..... 894
電流..... 730, 738	熱電對..... 738	比磁導率..... 719
電流之強度..... 733, 766	熱電對..... 738	ヒットルフ氏..... 760
電流計..... 794	熱傳導率..... 697	ヒッパルカス氏..... 976
電流計之感變..... 787	熱電流..... 738	比抵抗..... 732
電力管..... 809	熱之移動..... 944	比電導率..... 731, 751
電力計..... 690	ネブリウム... 980, 985, 990	火花放電..... 841
電力線..... 662	ネルンスト氏..... 872	火花放電距離..... 841
電位..... 663	年視差..... 971	ビーラ氏..... 967
電位差..... 663	ハ.	ビーラ彗星..... 967
電位之勾配..... 666	放射性物質..... 852	非反逆性... 950, 959
デモクリトス氏..... 880	放射能..... 852	非反逆的現象... 933, 953
ト.	放射之現象..... 900	フ.
透過度..... 707, 821	方位角..... 714	ファブリー及ペロー氏
等質液浸..... 625	排氣機..... 843 607
等時性..... 929	波長之測定..... 606	ファラッド..... 751
等電位面..... 667		

ファラデー暗黒部..... 842	プリズム..... 555, 591, 592	ホ.
— 管..... 687		方位角..... 714
ファラデー氏..... 794		ホイートストン橋..... 772
フォーラー氏..... 894	平均壽命..... 857	放射性物質..... 852
伏角..... 714	並行..... 768	放射能..... 852, 987, 990
不可思議現象..... 958	表面密度..... 672	望遠鏡..... 582
負結晶..... 642	ベッケレル氏..... 852	飽和電流..... 837
負極板..... 755	ベッケレル線..... 852	補整板..... 655
複屈折..... 636	別途量積..... 667	保存率..... 721
輻射壓..... 928	ヘビサイド氏..... 753	北極..... 704
複水晶板..... 655	ベータ線..... 853, 855	ボード之法則..... 964
雙子星..... 983, 992	變壓器..... 806	ボルト..... 750
物質界の革命..... 993	偏光..... 629	ボルツマン氏..... 941
物質界の進化..... 992	偏光角..... 635	法則
物質之消滅..... 925	偏光器..... 645	アンペール之——... 781
プッビー星..... 891	偏光面..... 629	オーム之——... 733
負電氣..... 657	變光星..... 974	クーロン之—— 637, 707
フーコー..... 645	偏差..... 954	クラウジウス及モソッ
分極..... 761	變則分散..... 598	チ之——..... 703
分光計..... 585	變態..... 856	ジャウル之——..... 740
分子..... 991	ヘンリイ..... 751	ステファン之..... 870
分子數之測定..... 958	變位則..... 869	ストークス之——.. 874
分子之概念..... 910	變位電流..... 818	ビオー及サバール之
分子排氣機..... 844	ベラン及プロカ之プリ	——..... 745, 773
分散式..... 824	ズム..... 593	ブリウスター之—— 636
分散能..... 591	ヘリウム	ボード之——..... 964
ブラウン管..... 849	... 854, 894, 983, 985, 990	ラプラス之——... 701
ブラウン運動 626, 881, 956	ヘルクルス座..... 982	レンツ之——..... 794
ブラウンホーフエル線	ベルチエ効果..... 741, 764	キーデマン及フラン
..... 584	ヘルツ氏..... 811, 927	ツ之——..... 698
プランク之輻射論..... 892	ヘルムホルツ, ケテレ	マ.
フランツ氏..... 698	ル之分散式..... 599	マイケルソン氏.....
ブラーグ氏の電離法...	ヘルムホルツの電流計 605, 608, 619
..... 889, 901, 904 788	マクスエル氏 818, 911, 940
ブリウスター之法則... 636	ヘロドタス氏..... 934	
フレネル之波面..... 644		

マクスエル之定理 791, 814	陽極線..... 851	レナルド氏..... 843, 848
マゼラン雲..... 982	陽光柱..... 843	レンズ之擴大度..... 581
マッヘ..... 862	陽電氣..... 658	レンズ之光心..... 563
ミ.	陽粒子..... 658, 757, 990	レンズ之焦點距離..... 565
マイクロファラッド..... 751	横質量..... 921	レンズ之種類..... 566
マイクロボルト..... 750	ラ.	連続スペクトル... 586, 978
ミッチェル氏..... 595	狼星..... 975	レンツエン氏..... 850
ミリカン氏..... 759	ラウエ氏の映寫法..... 901	レンツ之法則..... 794
ム.	螺旋星雲..... 979, 981, 992	レーレー氏..... 869
無定位針..... 786	ラザウム..... 856	ロ.
メ.	ラヂウム, エマネーション..... 856	狼星..... 974
メートルの長さ..... 608	ラチマー, クラークの電池..... 750	ローラン氏..... 653
面中央配列法..... 897	ラブラースの法則..... 701	ローランド氏..... 614
面之表裏..... 670	リ.	ローレンツ氏..... 923
モ.	粒子..... 837	ローレンツ收縮..... 918
盲人界の力學..... 933	流星群..... 968	ワット..... 749
模範水素..... 89 ₃	立方配列法..... 897	キ.
モーズレー氏..... 814	量子説..... 873	キーン氏..... 851
ユ.	裏面..... 670	キーデマン氏..... 698
遊星..... 881, 933, 992	ル.	キルソン氏..... 836
遊星状星雲..... 992	ルンマー及ゲーケル氏 622	エ.
有理單位..... 753	レ.	圓偏光..... 631
ヨ.	戻逆的現象..... 937	エストン標準電池..... 751

和英對譯術語集

〔下巻〕

上巻に記載せる者は重出せず

ア

アインシュタイン..... EINSTEIN (1879—)	暗黒星..... Dark star
アッペ..... ABBE (1838—)	アンペール時..... Ampere-hour
アブラハム..... ABRAHAM (1875)	アルファ線..... α ray

イ

異常光..... Extra-ordinary ray	陰光..... Negative glow
一次電池..... Primary battery	インペダンス..... Impedance
イベルト..... EBERT	色消レンズ..... Achromatic lens
陰極線..... Cathode ray	

エ

永久磁石..... Permanent magnet	エマネーション..... Emanation
エールステッド..... OERSTED (1777—1851)	エンケ..... ENCKE (1791—1865)
液浸..... Immersion	隕石..... Meteorite
圓偏光..... Circular polarized light	

オ

横質量..... Transversal mass	オリバー, ヘビサイド
凹面格子..... Concave grating OLIVER HEAVISIDE

カ

廻折格子..... Diffraction grating	廻轉分散..... Rotatory dispersion
階段格子..... Echelon grating	革命..... Revolution
ガイスレル..... GEISLER	化成..... Formation

活力.....Vis viva, living force	感應電流.....Induced current
感應起電機.....Induction coil	岩鹽.....Rock salt
=Inductrium	

キ

輝線スペクトルBright line spectrum	銀河.....Galaxy, Milky way
軌範スペクトルNormal spectrum	強磁性體 Ferro-magnetic substance
堇外線.....Ultra-violet ray	キュリー.....CURIE
	共心距離.....Homocentric distance
	共心光束.....Homocentric pencil

ク

クーロン.....COULOMB (1736-1806)	クルックス.....CROOKES (1832-)
空中線.....Antenna	

ケ

ゲーデ.....GAEDE	検糖計.....Saccharimeter
ケプレル.....KEPLER (1571-1630)	検波器.....Wave detector
原子.....Atom	ゲリーク.....GERYK
検光器.....Analyzer	ゲールケ.....GEHRCKE
捲線.....Coil, Solenoid	

コ

硬線.....Hard ray	交番電流.....Alternate current
コーシー.....CAUCHY (1789-1857)	光量子.....Light quantum
光心.....Optical centre	コリメートル.....Collimator

サ

最小轉換角.....Angle of minimum deviation	サバール.....SAVART
サヂタリ阿斯.....Sagittarius	殘磁氣.....Residual magnetism
	作用量子.....Action quantum

シ

縦質量.....Longitudinal mass	質量.....Mass
獸帯光.....Zodiacal light	四分之一波長板Quater wave length plate
磁氣嵐.....Magnetic storm	真空管.....Vacuum tube
磁氣感應度.....Magnetic inductance	真空放電.....Vacuum discharge
磁氣係數.....Magnetic coefficient	振動器.....Oscillator
磁氣子午面.....Magnetic meridian	常磁性體.....Paramagnetic substance
磁氣軸.....Magnetic axis	遮斷捲線.....Choking coil
磁氣能率.....Magnetic moment	主断面.....Principal section
磁氣波.....Magnetic wave	初質量.....Initial mass
磁殻.....Magnetic shell	磁力計.....Magnetometer
磁子.....Magnetron	進化.....Evolution
磁石.....Magnet	自由振動數.....Natural frequency
磁場.....Magnetic field	
自然光.....Natural light	

ス

スタイアリング.....STIRLING	彗星.....Comet
----------------------	--------------

セ

星雲.....Nebula	斥力.....Repulsion
正極板.....Positive electrode, Anode	ゼーマン.....ZEEMAN (1865-)
靜電單位系.....Electro-static system of units	ゼレー.....JELLETT
小磁石.....Elementary magnet	接眼鏡.....Eye-piece
正切電流計 Tangent galvanometer	旋光體.....Optically active substance
赤外線.....Infra-red ray	全分散.....Total dispersion

ソ

相互感應.....Mutual induction	束縛電子.....Bound electron
ソレール.....SOLEIL	

タ

帯磁之強度Intensity of magnetization	縦質量.....Longitudinal mass
帯磁率.....Magnetic susceptibility	ダニエル..... DANIELL(1790-1845)
タイコー, プラーヘ.....TYCHO BRAHE (1516-1601)	単色..... Monochromatic
對陰極板..... Anti-cathode	彈動電流計 Ballistic galvanometer
對物鏡.....Object-glass	楕圓偏光...Elliptical polarized light
	單位磁極.....Unit magnetic pole

チ

中心立方配列 Centered cubic lattice	着色偏光...Chromatic Polarization
チオブター.....Diopter	直線偏光.....Plane polarized light
蓄電器..... Condenser	直列.....Series
蓄電池.....	tor
Secondary battery, Accumula	

ツ

通常光.....Ordinary ray |

テ

テプラー.....TOEPLER	電磁單位系
電気.....Electricity	Electro-magnetic unit of system
電気化學當量Electro-chemical equivalent	電導體.....Electric conductor
電気振動.....Electric oscillation	電池.....Battery, cell
電気像.....Electric image	電媒質.....Dielectric medium
電気比熱 Specific heat of electricity	電離..... Ionization
電気變位.....Electric displacement	電流.....Electric current
電気容量.....Electric capacity	電流計..... Galvanometer
電極.....Electrode	電力計.....Electrometer
電解..... Electrolysis	電力線.....Line of electric force
電磁質量.....Electro-magnetic mass	電位.....Electric potential
	デモクリトス.....DEMOCRITOS(-460)

ト

透過度.....Permeability	特種堇外線系Extra ultra-violet series
等質液浸 Homogeneous immersion	特有線.....Chracteristic ray
等電位面.....Equipotential surface	トレミー.....PTOLEMY (-162)
逃電.....Leakage of electricity	
逃電率.....Rate of leakage	

ニ

ニコル.....NICOL | ニトン..... Niton

ネ

熱電逆變...Thermo-electric inversion	ネルンスト.....NEERNST (1864)
熱電對.....Thermo-junction	

ハ

波長分光計Wavelength spectrometer	半減期.....Half-value period
發光放電.....Glow discharge	バルクラ.....BARCKLA(1877-)
バック.....BACK	ハル.....HULL
反磁性體.....Diamagnetic substance	バルマー.....BALMER
	ハレー.....HALLEY (1656-1742)

ヒ

ピアッチ.....PIAZZI (1746-1826)	火花放電..... Spark discharge
比感應度 Specific inductive capacity	火花放電距離.....Sparking distance
ピケリング..... PICKERING	ビーラ.....BIÉLA (1782-1856)
比帶磁率.....Specific susceptibility	非戻逆的.....Irreversible
ヒッパルカス.....HIPPARCHUS	

フ

ファラデー.....FARADAY (1791-1867)	伏角.....Dip, Inclination
ファラッド..... Farad	不可思議現象.....Miracle
フォーラー..... FOWLER	負結晶.....Negative crystal

負極板 Negative electrode, cathode
 複屈折.....Double refraction
 輻射壓.....Radiation pressure
 複水晶板.....Bi-quartz
 雙子星.....Binary stars
 プッピー.....Puppis
 普遍恒數.....Universal constant
 分極.....Polarization
 分光器.....Spectroscope
 分光計.....Spectrometer
 分子排氣機.....Molecular pump
 分散能.....Dispersive power

並行.....Parallel
 平均壽命.....Average life
 表面密度.....Surface density
 ベッケレル.....BECQUEREL
 ヘビサイド.....HEAVISIDE
 ベータ線.....β ray
 變壓器.....Transformer
 偏光角.....Angle of polarization
 變則分散.....Anomalous dispersion

ホ

方位角.....Declination(地磁氣)
 ホイートストーン
WHEATSTONE(1802-1875)
 放射性物質.....Radioactive substance
 放射能.....Radioactivity

マ

マゼラン雲.....Magellanic clouds | マッヘ.....MAC I

ブラウン.....BRAUN (1851-)
 ブラウン.....BROWN(1773-1858)
 ブラウン運動.....Brownian motion
 フラウンホーフェル
FRAUNHOFER(1787-1826)
 プランク.....PLANCK (1858-)
 フランツ.....FRANZ
 ブラッグ.....BRAGG (1862-)
 ブリュスター.....BREWSTER(1781-1868)
 フレネル.....FRESNEL (1788-1827)
 ブロカ.....BROCA

變脱.....Disintegration
 ヘンリー.....HENRY (1799-1878)
 變位電流.....Displacement current
 ペラン.....PELLIN
 ヘルクルス.....Herculus
 ペルチエ.....PELTIER
 ヘルツ.....HERTZ(1857-1894)
 ヘルムホルツ HELMHOLTZ(1821-1894)
 ヘロドタス.....HERODOTUS(-490— -409)

飽和電流.....Saturation current
 補整板.....Compensating plate
 保存率.....Retentiveness
 ボード.....BODE (1747-1825)

ミ

マイクロファラッド..... Microfarad | ミッチェル..... MITCHEL
 ミクロボルト..... Microvolt | ミリカン.....MILLIKAN

ム

無定位針.....Astatic needle | 面中央立方配列
Face-centered cubic lattice

モ

モーゼレー.....MOSELEY | 遊星狀星雲.....Planetary nebula

ヨ

陽極線.....Positive ray=Canal ray | 陽電氣.....Positive electricity
 陽光柱.....Positive column | 陽粒子.....Positive ion
 横質量.....Transversal mass

ラ

ラウエ.....LAUE (1879-)| ラチマー、クラーク...LATIMAR CLARK
 螺旋星雲.....Spiral nebula | ラプラス.....LAPLACE(1749-1827)

リ

粒子.....Ion | 量子.....Quantum
 立方配列.....Cubic lattice

レ

レナルド.....LENARD(1862-)| レンツ.....LENZ
 連続スペクトル | レーレー.....RAYLEIGH (1842-)
Continuous spectrum

ロ

狼星.....Sirius | ローランド.....ROWLAND
 ローラン.....LAURENT | ローレンツ.....LORENTZ (1853-)

ワ

ワット.....WATT(1736-1819) |

キ

キーデマン.....WIEDEMAN | キルソン.....WILSON

英和對譯術語集

〔下卷〕

上卷に載記せる者は重出せず

A

Absorption band.....	吸收帶	Angle of polarization.....	偏光角
— spectrum.....	吸收スペクトル	Anion.....	陰粒子
Accumulator.....	蓄電池	Anode.....	正極板
Achromatic lens.....	色消レンズ	Anomalous dispersion.....	變則分散
Action.....	作用	Anti-cathode.....	對陰極板
Aeolotropic body.....	異方體	Apparatus.....	裝置
Alternate current.....	交番電流 (交流)	Astatic needle.....	無定位針
Amperemeter.....	電流計	Atomic heat.....	原子熱
Analyser.....	檢光器	Attraction.....	引力
Angle of incidence.....	入射角	Average life.....	平均壽命

B

Ballistic galvanometer	彈動電流計	Bright line spectrum.....	輝線スペクトル
Battery.....	電池	Brownian motion.....	ブラウン運動
Biaxial crystal.....	雙軸晶體		
Binary stars.....	雙子星		

C

Calcite = Calc-spar.....	方解石	Centered cubic lattice	中心立方配列
Canal ray.....	陽極線	Charge.....	充電(電池)
Cathode.....	負極板	Choking coil.....	遮斷捲線
— ray.....	陰極線	Chromatic polarization.....	着色偏光
Cation.....	陽粒子	Coercive force.....	挾着力
Cell.....	電池	Coil.....	捲線

Comet 彗星
 Compensating plate..... 補整板
 Concave 凹
 — grating 凹面格子

Condenser 蓄電器
 Conductor 傳導體
 Convex 凸
 Cubic lattice..... 立方配列

D

Dark space..... 暗黑部
 Dark star..... 暗黑星
 Declination 傾角(地磁氣), 赤緯(星學)
 Diamagnetic substance..... 反磁性體
 Dielectric constant..... 電媒恒數
 — medium 電媒質
 Diffraction grating..... 廻折格子
 — spectrum 廻折スペクトル
 Dip 伏角

Discharge..... 放電
 Disintegration 變脫
 Displacement current..... 變位電流
 — law..... 變位則
 Dispersion 分散
 — formula..... 分散式
 Dispersive power..... 分散能
 Dissipation..... 消散
 Double refraction..... 複屈折

E

Earth crust..... 地殼
 Echelon grating..... 階段格子
 Electric action..... 電氣作用
 — capacity 電氣容量
 — conductor 電導體
 — current 電流
 — displacement 電氣變位
 — dissociation..... 電離
 — field 電場
 — force..... 電力
 — image..... 電氣像
 — oscillation..... 電氣振動
 — potential..... 電位
 Electro-chemical equivalent
 電氣化學當量
 Electrolysis 電解

Electrometer 電力計, 電計
 Electrode 電極
 Electro-magnetic action ... 電磁作用
 — force 電磁力
 — mass 電磁質量
 — theory of light..... 電磁光論
 — system of unit..... 電磁單位系
 Electro-motive force..... 動電力
 Electro-static system of unit...
 靜電單位系
 Elementary magnet..... 小磁石
 Elliptical polarized light 橢圓偏光
 Emission spectrum 發散スペクトル
 Equipotential surface 等電位面
 Evolution..... 進化
 External resistance..... 外部抵抗

Extra-ordinary ray..... 異常光 | Eye-piece..... 接眼鏡

F

Face-centered cubic lattice.....
 面央立方配列
 Ferromagnetic substance 強磁性體
 Film..... 薄層
 Fluctuation 偏差
 Flux of force 力流
 Fly-wheel..... 惰性環
 Free electron..... 自由電子
 — iron 自由粒子

G

Galvanometer 電流計
 Galactic system..... 銀河系
 Galaxy 銀河
 Glancing angle..... 投射角
 Glow discharge..... 發光放電
 Gradient 勾配
 Grating 格子

H

Hard ray..... 硬線
 Homocentric distance..... 共心距離
 — pencil..... 共心光束
 Homogeneous immersion 等質液浸
 Horizontal component..... 水平分力
 Hysteresis curve..... 履歷曲線

I

Image 像
 Immersion 液浸
 Induced current..... 感應電流
 Inductance 感應度
 Induction 感應
 — coil 感應起電機
 Initial mass..... 初質量
 Intensity of magnetization....
 帶磁之強度
 Internal resistance..... 內部抵抗
 Ion 粒子
 Ionization method..... 電離法

L

Leakage of electricity 逃電
 Life 壽命
 Light pressure..... 光壓
 Line of electric force 電力線
 Line of magnetic force..... 磁力線
 — — — induction..... 磁氣感應線

Longitudinal mass 縱質量
Low pressure 低壓

M

Magnet 磁石
Magnetic force 磁力
— field 磁場
— inductance 磁氣感應度
— meridian 磁氣子午面
— moment 磁氣能率
— needle 磁針
— pole 磁極
— potential 磁位
— shell 磁殼
Magnetism 磁氣
Magnification 擴大度
Magnitude 等級(星學)
Meteoric swarm 流星群
Meteorite 隕石
Microscope 顯微鏡
Milky way 銀河
Miracle 不可思議現象
Mirror 鏡
Molecular pump 分子排氣機
Monochromatic light 單色光
— photograph 單色寫真
Mutual action 相互作用
— induction 相互感應

N

Natural light 自然光
— leakage 自然逃電率
Nebula 星雲
Negative crystal 負結晶
— electrode 負極板
— glow 陰光
Neutral temperature 中性溫度
New star 新星
Normal hydrogen 模範水素
Normal spectrum 軌範スペクトル
North pole 北極
Nucleus 核

O

Optical axis 光軸
— centre 光心
Optically active substance 旋光體
Ordinary ray 通常光
Oscillating current 振動電流
Oscillator 振動子

P

Paramagnetic substance 常磁性體
Permanent magnet 永久磁石

Permeability 透過度
Photo-electric effect 光電効果
Photographic method 映畫法
Photosphere 光球
Pile of glass 硝子層
Plane of polarization 偏光面
Plane polarized light 直線偏光
Planetary nebula 遊星狀星雲
Planetoid 小遊星
Polarization 分極(電氣)
Polarized light 偏光
Polarizer 偏光器
Positive crystal 正結晶
— column 陽光柱
— electrode 正極板
— ion 陽粒子
Practical unit 實用單位
Principal axis 主要軸
— plane 主要面
— point 主要點
— section 主斷面
Proper motion 固有運動

Q

Quarter wave-length plate 四分之一波長板
Quantum 量子

R

Radiation pressure 輻射壓
Radioactivity 放射能
Rate of leakage 逃電率
Rational unit 有理單位
Repulsion 斥力
Residual magnetism 殘磁氣
Resonator 共鳴器
Retentiveness 保存率
Reversal of spectral line スペクトル
..... ル線之逆變
Revolution 革命
Ring nebula 環狀星雲

S

Saccharimeter 檢糖計
Saturation current 飽和電流
Secondary battery 二次電池
Self induction 自己感應
Sensibility 感度
Shadow 影
Shunt 間道
Slit 細隙
Solar spectrum 日光スペクトル
— system 太陽系
Solenoid 捲線
Solid angle 立體角
South pole 南極
Spark discharge 火花放電
Sparking distance 火花放電距離
Specific conductivity 比傳導率

Specific inductive capacity.....	Spherical mirror.....球面鏡
.....比感應度	Spiral nebula.....螺旋星雲
— resistance.....比抵抗	Standard meter.....尺度原器
— susceptibility.....比帶磁率	Star cluster.....星團
Spectrum.....スペクトル	Susceptibility.....帶磁率
— analysis.....スペクトル分析	Surface-density.....表面密度

T

Tangent galvanometer 正切電流計	Thermo-junction.....熱電對
Technical unit.....工學單位	Thermo-pile.....熱電堆
Telescope.....望遠鏡	Tourmaline.....電氣石
Terrestrial magnetism.....地磁氣	Transformer.....變壓器
Thermo-electric current.....熱電流	Transversal mass.....橫質量
— inversion.....熱電逆變	Tube of electric force.....電力管

U

Ultra-microscopic observation	Uniaxial crystal.....單軸晶體
.....超越顯微鏡的觀測	Universe.....宇宙

V

Vacuum discharge.....真空放電	Variable star.....變光星
— pump.....排氣機	

W

Wave detector.....檢波器	Wave surface.....波面
Wave length spectrometer.....	Wheatstone bridge
.....波長分光計ホキートストーン橋

英和對譯元素名及符號表

Aluminium	Al	アルミニウム	Gadolinium	Gd	ガドリニウム
Antimony	Sb	アンチモニー	Gallium	Ga	ガリウム
Argon	A	アルゴン	Germanium	Ge	ゼルマニウム
Arsenic	As	砒素	Gold	Au	金
Barium	Ba	バリウム	Helium	He	ヘリウム
Beryllium	Be	ベリリウム	Hydrogen	H	水素
=Glucinum		=グルシナム	Indium	In	インヂウム
Bismuth	Bi	蒼鉛	Iodine	I	沃度
Boron	B	硼素	Iridium	Ir	イリヂウム
Bromine	Br	臭素	Iron	Fe	鐵
Cadmium	Cd	カドミウム	Krypton	Kr	クリプトン
Caesium	Cs	セシウム	Lanthanum	La	ランタン
Calcium	Ca	カルシウム	Lead	Pb	鉛
Carbon	C	炭素	Lithium	Li	リチウム
Cerium	Ce	セリウム	Luthecium	Lu	ルテシウム
Chlorine	Cl	鹽素	Magnesium	Mg	マグネシウム
Chromium	Cr	クロム	Manganese	Mn	マンガン
Cobalt	Co	コバルト	Mercury	Hg	水銀
Copper	Cu	銅	Molybdenum	Mo	モリブデン
Dysprosium	Dy	ヂスプロシウム	Natrium	Na	ナトリウム
Erbium	Er	エルビウム	=Sodium		=ソヂウム
Europium	Eu	ユーロピウム	Neodymium	Nd	ネオヂミウム
Fluorine	F	弗素			

Neon	Ne	ネオン	Strontium	Sr	ストロンチウム
Nickel	Ni	ニッケル	Sulphur	S	硫黄
Niobium	Nb	ニオブウム			
=Columbium		=コランビウム	Tantalum	Ta	タンタル
Nitrogen	N	窒素	Tellurium	Te	テルル
			Terbium	Tb	テルビウム
Osmium	Os	オスミウム	Thallium	Tl	タリウム
Oxygen	O	酸素	Tholium	Th	トリウム
			Tholium	Tm	ツリウム
Palladium	Pd	パラジウム	Tin	Sn	錫
Phosphorus	P	磷	Titanium	Ti	チタン
Platinum	Pt	白金	Tungsten	W	タングステン
Potassium	K	ポタシウム	=Wolfrum		=ワルフラム
=Kalium		=カリウム			
Praseodymium	Pr	プラセオヂウム	Uranium	U	ウラニウム
Radium	Ra	ラヂウム	Vanadium	V	ヴァナヂン
Rhodium	Rh	ロヂウム			
Rubidium	Rb	ルビヂウム	Xenon	Xe	クセノン
Ruthenium	Ru	ルテニウム			
			Ytterbium	Yb	イテルビウム
Samarium	Sa	サマリウム	Yttrium	Y	イトリウム
Scandium	Sc	スカンジウム			
Selenium	Se	セレン	Zinc	Zn	亜鉛
Silicon	Si	珪素	Zirconium	Zr	ジルコニウム
Silver	Ag	銀			

著作者 仙臺市中杉山通日下部四郎太

發行者 東京市日本橋區十軒店八野口健吉

印刷者 東京市牛込區市谷加賀町一丁目十二 中田福三郎

著作權所有



物理學汎論 下卷

正價金五圓八拾錢

大正七年十二月 八日 創刊印刷

大正七年十二月十一日 創刊發行

發行元 東京市日本橋區十軒店八野口健吉 裝 華 房

印刷所 東京市牛込區市谷加賀町一丁目十二 株式會社 秀英舎第一工場

豪華房發行科學書新刊目錄

分析化學 京都帝國大學 理學博士 松井元興氏 著
 全二冊 上卷訂正第二版(大正七年發行)書價金二圓五十錢
 下卷 新刊(大正七年發行)書價金二圓八十錢

生理化學實驗法 佛國ペルトランド原著 麻生博士・内山學士 著
 全一冊 訂正第三版(大正七年發行)書價金二圓五十錢

物理學汎論 東北帝國大學 理學博士 日下部四郎太氏 著
 全二冊 上卷新刊(大正七年發行)書價金四圓八十錢
 下卷新刊(大正七年發行)書價金五圓八十錢

力學 東北帝國大學 理學博士 愛知敬一氏 著
 全一冊 近刊(大正七年)書價金五圓也

磁氣と物質 東北帝國大學 理學博士 本多光太郎氏 著
 全一冊 新刊(大正六年)書價金二圓八十錢

有機電氣化學 京都帝國大學 理學博士 松井元興氏 著
 全一冊 近刊(大正八年)書價金二圓

電氣磁氣測定法 遞信省技師工學士 清水與七郎氏 著
 全三冊 上卷新刊(大正六年發行)書價金三圓也
 中卷新刊(大正七年發行)書價金三圓也
 下卷近刊(大正七年)書價未定

鐵道工學講義 北海道帝國大學 農科教授 工學博士 坂岡末太郎氏 著
 全八冊 重版(自明治四十五年至大正七年)書價十一圓四十錢

鐵筋混凝土 東北帝國大學 工學專門部 工學士 小川敬次郎氏 著
 全一冊 補訂第三版(大正八年)書價未定

豪華房發行科學書新刊目錄

植物系統學 東京帝國大學 理學博士 池野成一郎氏 著
 全二冊 上卷增訂三版(大正七年發行)書價金六圓五十錢
 下卷增訂二版(大正三年發行)書價金六圓也

土壤學講義 西ヶ原農事試驗場 農學博士 大工原銀太郎氏 著
 全二冊 上卷訂正二版(大正七年發行)書價金四圓也
 下卷 近刊(大正八年)書價未定

作物育種學 北海道帝國大學 農學博士 明峰正夫氏 著
 全一冊 增訂第二版(大正六年發行)書價四圓也

稻及米之研究 農學士 高橋陸郎氏 著
 全二冊 稻之卷第四版(大正七年發行)書價金三圓也
 米之卷第五版(大正七年發行)書價金一圓七十錢

稻作肥料圖說 東京帝國大學 農學博士 麻生慶次郎氏 著
 全二冊 前篇新刊(大正七年發行)書價金一圓廿錢
 後篇近刊(大正八年)書價未定

水産學通論 北海道帝國大學 理學士 藤田經信氏 著
 全一冊 農科大學教授 農學士 近刊(大正七年發行)書價金二圓也

日本淡水生物學 京都帝國大學 理學士 川村多實二氏 著
 全二冊 生物學科講師 上卷新刊(大正七年發行)書價金三圓五十錢
 下卷新刊(大正七年發行)書價金二圓八十錢

昆蟲學汎論 西ヶ原農事試驗場 理學博士 三宅恆方氏 著
 全二冊 技師 上卷新刊(大正六年)書價金三圓五十錢
 下卷近刊(大正八年)書價未定

新撰生理衛生 醫學博士 理學博士 松下禎二氏 著
 全二冊 上卷訂正五版(大正七年發行)書價金二圓也
 下卷訂正四版(大正七年發行)書價金二圓也

46
1877

終