

れんとげん学（増補第五版）

第六門 医学上の応用

第十五編 硬度測定法

第三十九章 視目鏡式硬度計

模造手函

ワルテル硬度計

ベーツ硬度計

第四十章 二種の材料を以て比較するもの

レントゲン硬度計

ベノア硬度計

ウエーネルト硬度計

第四十一章 絶対硬度を測る法

絶対硬度計

第四十二章 イオンによる測定法

ラヂオスクレロメーター

イオノメーター

エレクトロスコープ

第四十三章 スペクトラムに拠る法

第四十四章 電圧を測りて硬度を定むるもの

直結火花距離

ミリアンペアメーター

クワリメーター

スクレロメーター

放射線分解器

微光管を用いる法

各硬度計の比較

れんとげん学 (増補第五版)

第六門 医学上の応用

第十五編 硬度測定法

レントゲン線の硬さとは其線の比較的透過力の度合にして或る一定の媒交体の吸収を測れば其硬さを知るものなり。

又放射線の硬さは管球内の電圧の高低にも関係あれば管球内電圧の強さは亦放射線の硬さの尺度となすべし。一般に硬度の測定は吸収若しくは電圧の測定を以て判定し得ると雖 未だ硬度の真義を極め得るものとは謂う可らず。蓋しレントゲン管球の負荷すべき電圧の強さは不定にして、間歇性の曲線のものなればレントゲン線の硬さは刻一刻に変化するものなり。故にレントゲン線の品質を測定するには限界の硬さに意味に於て行う可きなり。

此目的に用うる器具を硬度計 (Penetrometer 英; Härtemesse 独) と謂う。硬度計の製品には数多あれども其製作上よりは凡そ二種類に止まれり。一は放射線の吸収に基き、他は電圧より測るものにして、之を詳別すれば前者には一 覗目鏡式 (ワルテル、ベーツ)、二 二種の異なる材料を以て比較するもの (レントゲン、ベノア、ベノアワルテル、ウェーネルト)、三 絶対硬度計 (クリステンヴィルラシーメンスハルスケ) あり。電圧を測るものに並行火花距離、ミリアムペアメーター (クリンゲルフースベルコニエ、バユエル) あり。

第三十九章 覗眼鏡式硬度計

本器の測定は最も不精確にして間接的硬度計なり。

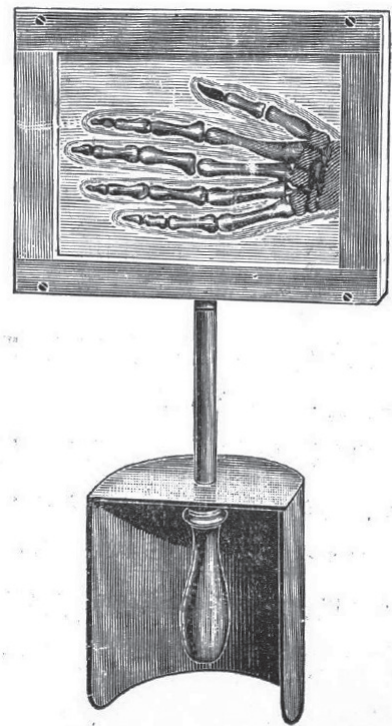
模造手函

吾人自ら手骨の影像を以て略ぼ硬度の如何を判断し得るも、反復検査すれば火傷を醸す危険あるが故に之に代るに第四百七十一図の如き模造手函を用う。本品に

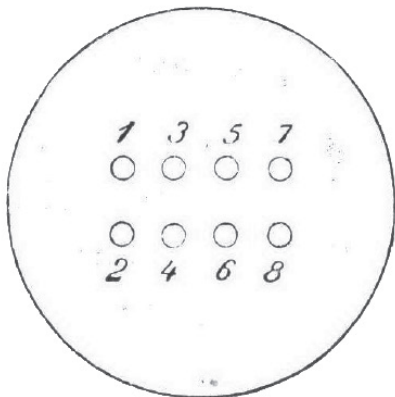
シイリング (Schilling) 或はハラス (Harras) の作品あり。何れも暗函内に蛍光板を容し、其裏面に模造手を載せて管球に面して其手影を窺うなり。管球甚だ軟きときは手影闇く軟部及び骨影を殆んど匹別し難く、硬度中等度となれば軟部は比較的明るく骨格は暗し。若し軟部が前者よりも稍々灰色を呈し骨影淡く、両者の区別不明となれば管球の硬度は硬きものなり。

ワルテル硬度計

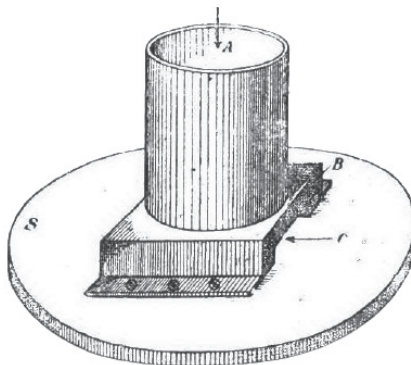
此硬度計は二耗の厚き鉛板を長径二十糎の図形に截り其中央に第四百七十二図の如く広さ六耗の小孔を八個穿ち各孔の間隔を十耗とす。之に○・○○五, ○・○一, ○・○二, ○・○四, ○・○八, ○・一六, ○・三二及び○・六四耗の厚みある白金を同図の如き数字列に配列し、第四百七十三図の如く木板 S にて被覆し其表面



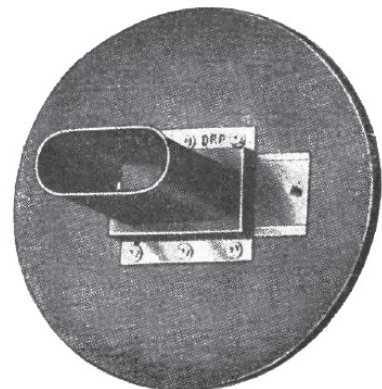
第四百七十一図



第四百七十二図



第四百七十三図



第四百七十四図

に金属筒 R を付し其表面に表面に小蛍光板 C を箝む。之を使用するには先ず円筒 R を握り円筒端 A に眼を置き管球の蛍光部に面して之に近ずき放射線に鉛直に対向して蛍光板に蛍光する小孔の数を算す可し。小孔の蛍光数の増加するに従い其検す可き放射線の透過力は強大となれり。其蛍光せる小孔数を以て管球の硬度となす。

例えば小孔を七箇数え得ればワルテル硬度七度とす。又小孔七箇蛍光すればワルテル硬度七度とす。又小孔三箇蛍光すればワルテル硬度三度とし W を以て略符号とす。小蛍光板を箝入のまゝ、放置して長く使用すればその蛍光力を失うを以て時々位置を変ず可し。第四百七十四図は同器の写真なり。

検者は予め暗室に留り瞳孔の開大を待て本器を窺い視る可し。但し検者は眼を固く円筒縁に膠着するに及ばず。

白金板の厚み 〇・〇〇五のもの蛍光する放射の強さ即ち硬度一 W は軟性にして骨の陰影を区別し難し。八 W のものにては硬度硬、肥満せる下肢の骨をも猶能く透過し得。

アルベルス、シェンベルクは此硬度計に用いらる白金板の内最後の三者は使用上不要なるを以て之を除外し、更に白金板の厚みを次記の如く改修せり。〇・〇〇五、〇・〇一、〇・〇一五、〇・〇二、〇・〇三、〇・〇四、〇・〇六、〇・〇八。

ベーツ硬度計

本器はカール、ベーツ (Carl Beez) が考案したるものにして、鉛に CBEEZ の五文字を打抜き此に各透過力を異にせる物質を箝め板紙にて全部被覆し更に小蛍光板を付けたるものなり。放射線によりて蛍光せる文字を読み其硬度を知るにあり。而して硬さの増加するに従い文字の数は多く現るゝなり。本器は暗室にて使用すべし。但し此器は軟線の測定には応用せられ得べきも硬線の測定には適当ならず。

第四十章 二種の材料を以て比較するもの

此器は異種の材料を用い、其レントゲン線の吸収差異を以て硬度を知らんとするものなり。ベノア及びハルムセスーは管球より各透過能力を異にせる放射線が混合射出し其透過能力は物質の種類により異なるを発見し、斯の如き作用の有る物質をば透過差別性と称せり。蓋し其意義は恰も光線の透過能力は透明度を異にせる物質によりて異なる事実に準じたるものなり。

放射線例えば中等軟線は各物質に対して透過力を異にす。其透過能力は物質の原子量に反比例す。例えばアルミニウムは鉄よりも容易に、鉄は鉛よりも容易に X 線を通せしむるものなり。又同一物体と雖其厚さ^{いゝども}を異にするに従い透過力も異れり。例えば中等軟性の放射線は六耗の厚きアルミニウム板を通すれども軟線は之を通すること能わず。然れども銀及び銀の分子量に近き金属(分子量一〇〇乃至一五〇)例えばパラジウム、カドミニウム、錫、アンチモンは同一の厚さにては軟硬線^{かかわらず}に不拘其透過力の強弱なきものなり。ベノアは斯る金属を透過無差別性と称えり。アルミニウムは銀と異り其透過力は厚さによりて差別著しき透過差別性なるが故に此透過力を異にせる二種の金属を用いて其透過力を比較して硬度を測るもの本器なり。此種のものに次の種類あり。

レントゲン硬度計

ベノア硬度計^{さきだ}に先ちて作らるものなり。白金板とアルミニウム材とを並列して蛍光を比較せしものなれども今は用いられず。

ベノア硬度計

本器は仏人ベノア (Benoist) が創作せしものにして仏国に於ては広く行れ又我が国に於ても賞用せらるる硬度計の一なり。作者は之を放射色影計 (Chromoradiometer) と名けしも汎く^{ひろ}ベノア硬度計の名を以て知る。本器にては硬度を管球の帯荷と無関係に測定し得るものにして、レントゲン線の性質の変化に伴う各物質に於ける透過力の異なる事実に基きて硬度を測らんとするものなり。本器とレントゲン管球との距離或は蛍光度の割合は硬度測定上慮すべき必要なしとす。蓋し本器にては同じ割合に蛍光の明暗をなせばなり。即ち任意の適當の距離よりして硬度を定め得るなり。

ベノア硬度計は、第四百七十五図の如く厚さ 〇・一耗の銀の小円板を取囲む環状のアルミニウム板より成れり。此環状板は十二階に刻まれ、各階は一耗ずつの厚さを増加せるが故に一耗より漸次一階の増加と共に一耗ずつ増厚し最終は十二耗の厚さとなれり。此硬度計

を蛍光板裏に載き蛍光陰影を検し、銀板とアルミニウム階の何れとが同一度の明さを呈するかを検して硬度を定む。例えばアルミニウム第三階のものが銀板と同一なる明さ（陰影）にあればベノア三度と称し又第六階の明さと銀板とが同一なればベノア硬度六度なり。Bを以て略符とす。第四百七十六図は中央の陰影濃度はIV階のものと同じ陰影なるが故に四度を示すなり。

ワルテルは此器の階級中第八階級以下及第二階級以上のものは過剰なりとて此硬度計を第四百七十七図の如く六階に分ち、一階の広さを元階級の一倍となせり。第四百七十八図は其写真なり。又アルベルス、シェンベルクは此創案者の作れる階級の厚みにありては軟線の場合上級ちかずに近くに従い階級差異強く、硬線の場合には下級に通むに従い階級差異少くなる欠点を発見し、更に階級の次第を二・〇、二・四、三・二、四・四、六・〇及び八・〇耗の厚さに変更せり。斯の如き改修を施したるものにては陰影度合が順次的に出現すと謂えり。ワルテルの改修せるものをベノアのワルテル硬度計と謂いBWを以て略記号とす。

近時デサユウエルは一二階級のものをローマ用い羅馬字にてI II III — X XI XIIを刻みたる外環を箱め階級数を知り易くなせり。

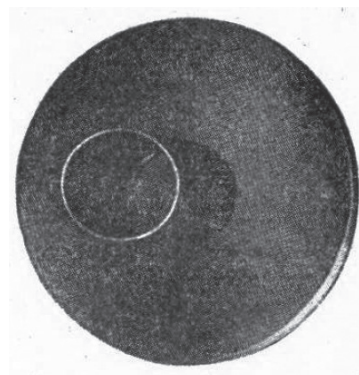
本器は観者の眼を予め休息せしむるの要なく又放射線の強さを顧慮するに及ばざる特点あり。

ウェーネルト硬度計

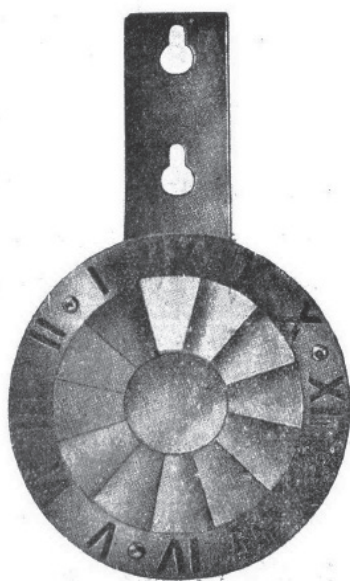
本器はベノア硬度計の一種と見做すべきものなり。ウェーネルトがベノア硬度計の環状板を直板に代えしものにして幅径五耗長さ二耗の長方形小孔を鉛板に穿ち、其小孔の下半には〇・〇九耗の厚みある銀板を付け其上半には対数曲率に増加せる楔状のアルミニウム

板を置く。アルミニウム板は一耗より漸次増加して最終端が十一耗の厚さとなれり。此板及び銀板は大なる鉛板の同側に置かる。銀板は不動なるもアルミニウム板は歯車にて左右に進退す。鉛板の長方形の孔の他側には含鉛硝子にて被覆せる蛍光板を設備し、更に之を被うに暗函を付属せしむ。鉛板には木柄をつけ之を握るなり。第四百七十九図は本器の外観を示せるものにして今木柄を握り管球面に鉛直に向け小窓部に放射線を落す。顔面を固く暗函に当て、蛍光を窺けば小蛍光板に二個の蛍光を見ん。一は銀板の蛍光にして他はアルミニウムのものなり。而して銀板の蛍光と同じ蛍光度合を呈するまで歯車を廻転してアルミニウム楔を左に又は右に移動して、両者が同一蛍光を呈したるとき鉛板の右側に在る小窓に現る、数字を読みて硬度を知りウェーネルト硬度と称しWeを以て其略符号とす。例えば小窓に於て七・五なる数字を読みたるとせば、ウェーネルト硬度七・五と謂うなり。

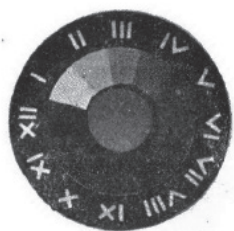
本器はベノア硬度計に比せば管球硬度を精確に測るの便あるのみならず、其蛍光の明さは管球の帯電に伴えり。然れども硬度の変化を敏捷に知るにはベノア硬度計が此者に優り且つ硬度を読むの煩しなき特点あり。



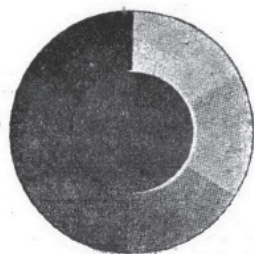
第四百七十八図



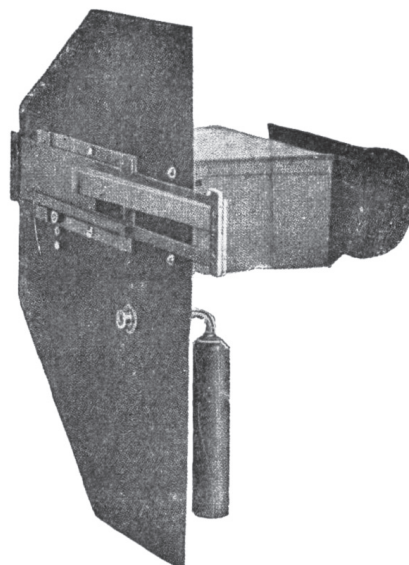
第四百七十五図



第四百七十六図



第四百七十七図



第四百七十九図

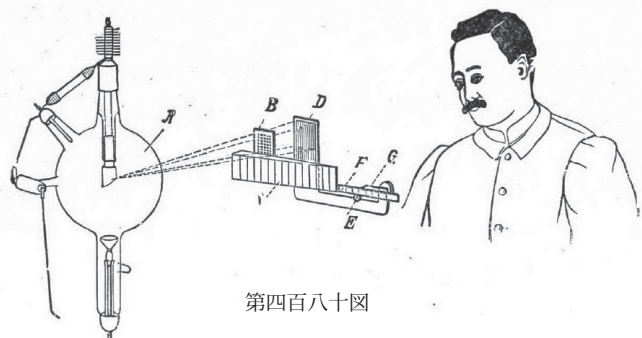
第四十一章 絶対硬度を測る法

絶対硬度計

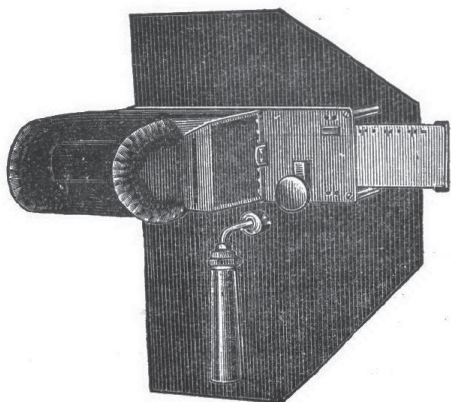
キンベックの研究以来組織のレントゲン線吸収率は水の吸収両と相同しきことを知りておりクリステン(Christen)はレントゲン線の品質(透過力硬さ)の測定にレントゲン線を蒸溜水に放射して吸収せられ恰も半量となれる量を使用したり。換言せば蒸溜水層の何深さにて或硬さの放射線は半ば吸収せられ半ば透過するやを測るにあり。

此蒸溜水のレントゲン線に働く作用と同一なるものは人工琥珀なり。氏の友人ペルテス(Perthes)の研究によりて此人工琥珀を水中に投じて各硬度の放射線にて撮影するに殆んど其陰影を生ぜざることを知れり。即ち蒸溜水の吸収と同じき此人工琥珀を用い琥珀の何れの厚さに於て放射線の半ばが透過し半ばが吸収せられたるかを検すれば可なり。即ち放射線の強さの如何により管球と蛍光板との間に置きたる種々の厚さの人工琥珀の何れの層に於て放射線が半分減じたるかを検するなり。

本器の運用に緊要なるはレントゲン線が透過率を妨げられずして、強さの半ばに減じたるものを以て本検査を比較することなり。此目的に第四百八十図の如くレントゲン線不透過性金属小板Bの一半に小孔を窺ち、其小孔の全面積を正しく板面の二分の一となせば残余の二分の一面積は全く不透過面積にしてレントゲン線の硬軟には何等の影響することなし。斯の如き半透過半不透過の小板を半価板と称す。



第四百八十図

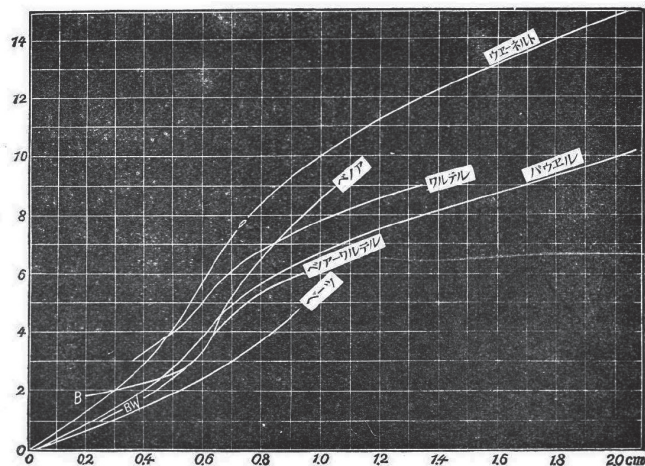


第四百八十一図

今此半価板を管球と蛍光板間にて恰も各小孔の個々の陰影を認めずして唯一様同等の明さを呈せる距離に置く時は蛍光板Dの蛍光力は放射せられたるレントゲン線の強さの半ばに相当するものなり。而して今人工琥珀層Cを通過したるレントゲン線の蛍光力が半価板Bを通過したるものと同一の蛍光を放てば其のレントゲン線の強さは半ばとなりしものなり。人工琥珀Cは長方形の階梯状を呈し〇・二, 〇・四糎より漸次増加して三・〇糎となり歯車Eを左右により推移せられ、ウェーネルト硬度計の如く鉛板に付着せり。第四百八十一図其写真なり。暗函を顔に当て木柄を握りて管球に向い歯車Eを動して蛍光板上に映ずる人工琥珀を通過するレントゲン線の蛍光が半価板の蛍光と同一程度に蛍光するまで人工琥珀Cを移推し、鉛板の小窓Gに現わる数字を読みて何糎と記載す。然る時は其放射線の強さは半に減じて蒸溜水の吸収と同じきものなり。之れ検す可き放射線の半価層にして例えば半価層一・四糎の放射線と謂う。然れども此読み方は余りに贅長なるを以て作者は単に一・四糎の放射線と呼ぶべきを称揚せり。例えば〇・八糎放射線とは〇・八糎の半価層の放射線を意味せるものにして〇・八糎の深さにては放射線は五〇%となり、一・六糎の深さにては二五%、又二・四糎に於て一二・五%に其強さが減ずることを示せるものなり。

本器を使用するには管球の前方約三十糎の距離に於て放射方向に本器を鉛直に置き半価板の小孔の軸を放射線に並行せしめざる可らず。距離の遠近には関係なきも余りに管球に近接すれば放射線の分散によりて半価層が減ずる恐れあり。又本器を前に傾け或は後に倒せば半価板と人工琥珀との両蛍光部の境に暗線を生ずるか或は明き間隙を作れるが故に斯る場合には硬度計の位置を改む可し。又本器が左か或は右に傾けば両蛍光面は狭小となり測定に不便となるを以て逆に廻し両面をなるべく広くなすべし。

本器の半価層を横線にて他の硬度計の硬度を縦線にて示せば第四百八十二図の如く他の硬度計の現せる硬度は何れも直線に非ずして曲線を描けり。唯クリンゲル



第四百八十二図

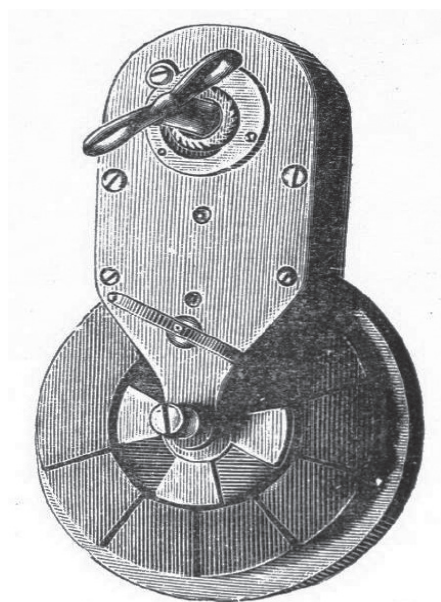
フスの硬度計にては他者と異なり或る場所に於て強く彎曲すれども中等線及び硬線にては殆んど直線を描き○・六五輝放射線以上にては同器の測定数と殆んど同一数を示せるを以てクリステンは次の公式にて両者の硬度を換算せり。

$$a = 0.52cm + S \times 0.9028cm$$

a は半価層にして S はスクレロメータ硬度なり。但し a は○・六五輝より大ならざる可らず。

又氏は絶対硬度を乾板上に撮影なさんと欲して第四百八十三図の如きものを作り人工琥珀階梯を環状に作り内に廻転せる金属性四翼^{だんじょう}と之れと同大の空隙を作り、四翼は時計器械の如く弾線にて廻転せり。今此器を乾板上に置いて翼を廻転せしめて撮影すれば中部の黒化度は放射線の半価層に相当し、人工琥珀は階梯状に漸次黒変す。而うして何れかの階級の黒色が中部の黒化度と同じき所あり之れ該放射線の半価層の価なり。

序てながら上述の各硬度計にては其蛍光陰影を以て比較するが故に観者によりて蛍光度の強弱を一致し能わざる欠点あり。然れども其使用簡易にして大略の測定をなし得るが故に実用上に広く用いらるなり。



第四百八十三図

第四十二章 イオンによる測定法

既に X 線理論篇に於て説術せられたるが如く化学原素の原子は陰性電子を保有せるものなるが、化学原子より陰性電子を除去すれば其跡には陽性帯電子となれり。此陰性電子を陰イオンと称し、後者を陽イオンと呼ぶなり。

通常瓦斯のゲンしは等量に陰性及び陽性に帯電せり。即ち原子は電気的中性のものであるが今瓦斯を灼熱するか或は紫外線レントゲン線にて放射すれば瓦斯の原子より陰性電子は飛散す。詳言すれば瓦斯原子は陽性及び陰性電子に分離す。此作用をイオン作用と謂う。

瓦斯がレントゲン線を受け、しかも放射線の強さが一定不変なる時は一定時間に原子がイオンに分割せらるゝ割合は同量にして、又此等イオンの複合も同様に等しきが故にイオン化の割合は一定せりと謂い得るなり。今一定の単位容積単位時間にイオンの生ずる数量をイオン作用の強さと謂う。若しレントゲン線の強さが一定なれば之により生ずるイオン作用の強さイオン化の割合は一定せり。

此イオン化することはエネルギー消費の如何によるものなり。レントゲン線が瓦斯をイオン化するときにはレントゲン線エネルギーの一部がイオン化の仕事となるものなれば其仕事量の大きなる程イオンの強さは愈々大なるが故に、瓦斯が単位時間及び単位容積に於てレントゲン線のエネルギーを吸収する量とはなるなり。即ち空気が単位時間に獲得したレントゲン量に相当せり。此事實は放射線が一定の硬さなるときにはレントゲン線の強さに相並行し、均一放射線に基くイオン化の強さを以てレントゲン線の強さを測り得るに至れり。

今イオン化したる瓦斯を以て充せる函内に帯電体を保存するに其函板を接地すれば帯電体と板との間に電圧が生じ、イオン化せる瓦斯のイオン運動を發起し、陽イオンは陰極に陰イオンは陽極に向いて移行して電流を生じ、物体の帯電は瓦斯によりて地中に導引せらるゝが故に若し電源との接続なき限り該物体は徐々に放電す。此瓦斯伝導の電流の強さはイオン化の強さに相順応し、又此は函内の瓦斯が単位時間に吸収するレントゲン線量に依るが故に函内の電流の強さが定まり、単位時間に於ける物体放電は函内の気層が単位時間に吸収するレントゲン線量を計量するを得。即ち放射線の強さを測定し得べし。

此原理に基きて作られたる硬度計に種々あり。

ラジオスクレロメータ (Radiosclerometer)

ヴィルラー (Villard) の創作せし本器は第四百八十四図の如きものにしてレントゲン線の透過力を数字板に

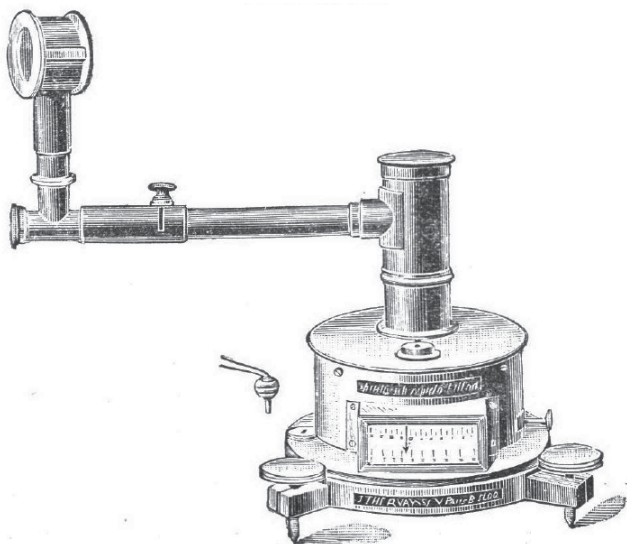
直接指示せるものなり。

此器は象限電位計にして其指針は一定の厚みあるアルミニウム板(濾過版)に連続せり、而して電離槽には此濾過版の前後に二枚の金属板を容れて濾過板と前板との間の気層と濾過板と後板との気層とに分つ。前板は菲薄のアルミニウム箔板なれば能くレントゲン線を通過せしむるものにして、之を電池と連結し一定の電位を保たしむ。後板は必ずしもアルミニウム板を要せずと雖通常此者を選べり。是れ二次線を排除し得る効あればなり。

此驗器を容る、電離槽の狭溢なる窓口よりレントゲン線束を落射しむればアルミニウム箔はレントゲン線を吸収せず之を通過せしめてアルミニウム箔板と濾過版の間の気層に到達するが故に該部の空気はイオン化せらる、を以て絶縁性を失い電気を伝導するが為めアルミニウム箔板は帯電力を保有し難く其電気の一部は気層を経て濾過板に到達す。斯の如く第一気層に到達せる放射線束は濾過板を通過して第二気層に進めば濾過板に放射線の一部は吸収(濾過)せらる。その係数は放射線の軟き程愈々大なれば放射線の硬さに応じて濾過板を通過し多少第二気層に進入す。而して第二気層に於けるイオン化率は放射線の無限に硬からざれば第一層よりは寡きものなり。

第一層及び第二層のイオン化の差異の如何は唯レントゲン線の透過度に由来すれども、強さと量とは無関係なり。蓋し濾過板は其落射せる放射線の量及び其放射線の種類の如何を問わず吸収すれば両外板間の放射線量は例えば落射せる放射線束の絶対的量値を變ずるも常に比較的量値を保持するものなり。

上述の如く両気層間のイオン化率は放射線の透過力に基くものなれば之を轉換してイオン化率を計ることによりて透過力を知り得るなり。之れ本器の原理とする所なり。



第四百八十四図

両気層間のイオン化率の大小即ちイオン化の差異は電位計を以て測り得るなり。濾過板の電位は両気層間のイオン化率の如何によりて變ずるものなれば濾過板に付属せる指針は電位の高低に従いて振れ其指針の位置を板上の数字上に示すなり。

甚だ軟き放射線は外部のアルミニウム箔板を通過すれども濾過板にて吸収し尽されて第二気層に放射線は到来せざるを以て第一気層間のみイオン化するが故に、濾過板及び指針はアルミニウム箔板の電位を示して指針の位置は目盛の零に止まり。然れども其放射線が甚だ硬ければ第二気層まで到来して空気をイオン化するを以て濾過板及び指針の電位は両外板の電位の半ばに相当し指針は一方に飛びて最高位を示す。此両端位置の間をば透過力に相当せる目盛を刻む。例えば外板と象眼電位計が零より一一〇ボルトにまで達すれば硬度は零より五五ボルトの間に在るものなり。本器は円形の金属函内に納められたる電位計にして、前方に横窓あり硬度の目盛を取り付け其前に指針が動けり。目盛数字を読み易からしむる為め裏面より電燈にて照射す。目盛は二重目盛りにして上者はボルトにて下者はベノア硬度数を示せり。指針は外部に在る螺旋にて固定し、使用に際して時計指針の運行方向に廻転して指針の固定を読む可し。

此金属上には鉛直の金属円筒あり。更に之より水平脚が出て茲に計器を備う。望遠鏡に似たる金属筒に検電器を納めたるものなり。本器を対陰極面より三十乃至四十糎の距離に置いて放射線束に対向せしめ更に電位計に直流電燈(一一〇ボルト)を備え目盛表の裏を照せり。使用に際し指針の螺旋を解き管球に放電すれば指針は動きて一定所に止り其硬度を測り得るなり。

猶本器はラジウム線の透過力を検定するにも応用し得べし。ラジウムスクレロメータルの前方一定の所に置けば其検査物の放射能力の強弱に拘らずスクレロメータルの指針は多少の時間を経て動き一定所に止まるものなり。而してベノアに指針が止まればβ線の透過力は中等度のものにして、更にβ線を吸収すべきアルミニウム板をラジウム計器との間に挿置して検せば指針は徐々に進行す。ベノア一〇を指せばγ線の透過度なり。又各物体の濾過作用の試験にも本器を使用せば価値ある成績を納め得るなり。

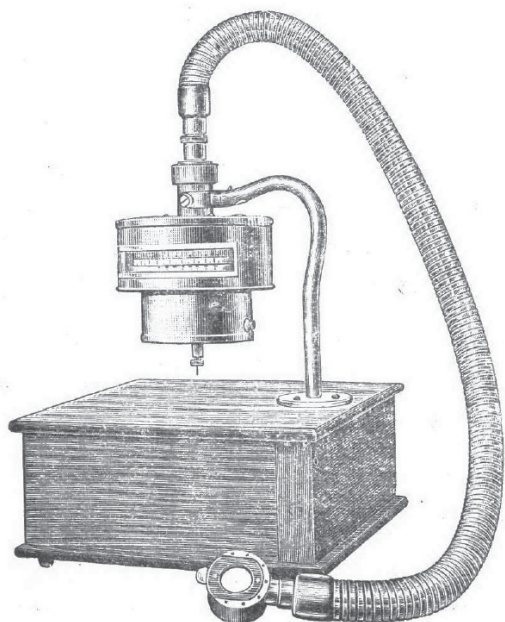
イオノメータル (Ionometer)

本器はシーメンス、ハラスケ商社の製造に係るものにしてヴィルラーのスクレロメータルと同様の原理のものなり。

本器は放射線受器の交換及び接触栓の開放又は閉鎖することによりて硬度のみならず放射量及び強さの測

定にも使用し得るが故に、一般イオノメートルと名けらる。第四百八十五図は其写真図にし、内部構造は第四百八十六図の如く接地せる象限電位計 q 及び其間に廻転せる指針より成れり。其他にはブロンソンの空気抵抗器 c あり。此者は缸状電極 g と之と絶縁せる電極 d 間の気層にして、気層は兩極の内面の働きにより放射性物質にてイオン化せらる。即ち導電状態を呈す。又電池は二百ボルト電圧の直流を受く。更に屈撓自在にして放射線の影響を蒙らざる金属蛇管及び之に連続して同様に放射線の働かざる放射受函とを付属し、内にイオノメートルを納む。此受函は二様の使用に供せらる。即ち一は強さ及び放射量の測定に、他は硬さの測定なり。前者に関する使用法としては第四百八十六図の如く放射函には之れと絶縁せる金属 p_1 と受函に連続せる金属板 p_2 具備し、金属板 p_1 よりは十分に絶縁せる導体 l_1 が計器に連続し、又受函 k の上下面には小窓ありて放射線を一方より落射せしめ他方より通過せしむ。而して其窓をばアルミニウム箔 $f_1 f_2$ にて覆い以て函内のイオン化したる空氣の外方に飛散することを防げり。又此小窓の一方の前面には鉛板 s 或はアルミニウム濾過板を箝めて函内に入れるレントゲン線量を加減すれば深部放射量の測定に供し得べし。

今放射線の強さを計らんと欲せば栓を栓孔 2 に挿置して測定するなり。即ち第四百八十六図の如く受函が放射を受けざれば電池 b より抵抗 c を経て電気が p_1 板に向い p_1 板上部の電池極電位に達するまで流通す。而して接地せる象限電位計と p_1 に連続せる針 n との間に電池の全電圧が存在せる故に、指針は反発して目盛の最終端に止まるものなり。若し受函が放射せらるゝや、イオン化せる空氣は k 及び p_2 電気を輸送し、 p_1 及び之に連接せる指針の電位は下降せるが故に電氣は



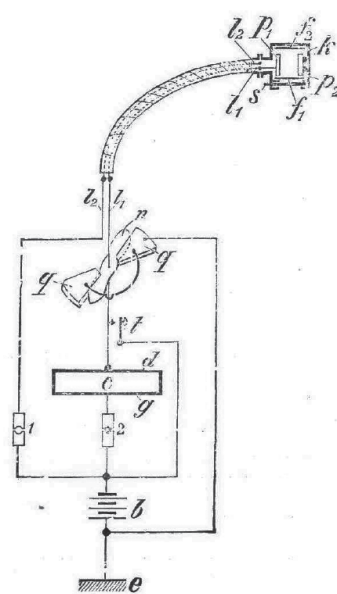
第四百八十五図

電池より空氣抵抗部 c を経て p_1 板及び指針 n に向い流るれども始めの電位よりも低し。而して p_1 及び n を通じたる電氣量が受函内のイオンより誘導せられたる量に等しき間は p_1 及び n の電位は不変なり。換言せば受函イオン化の強さ即ち放射線の強さは須臾くは一定し検電器の指針は不動静止して目盛の一定数字上に留まれり。

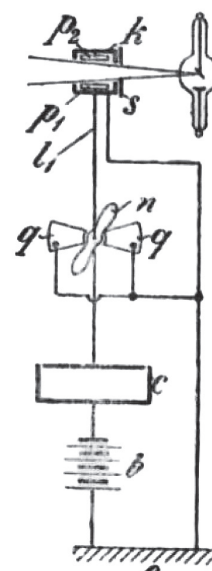
本器は随所に携帯し得れば好む所に於てレントゲン線の強さを獲る便あり。

放射中放射方向に対向せる受函の窓面を通過せる表面エネルギーを測るには電位計の動き方を放射中に数回検査し其平均値に放射時間を乗ず可し。

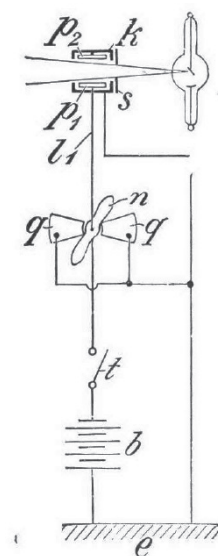
放射線の硬さが変じ或は放射の複雑となれば此方法に由る算数にては強さを計るに不当なれども、受函内の空氣が單位時間毎に捉搦する放射量を測り得可し。即



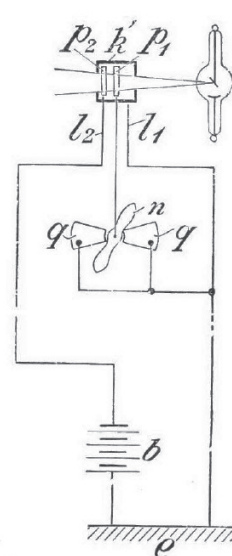
第四百八十六図



第四百八十七図



第四百八十八図



第四百八十九図

ち示指の平均数と放射時間の相乗積を以て空間に於ける放射量を測定し得。此目的には第四百八十八図の如く取り扱う可し。即ち第四百十七図に於ける栓を小孔 2 より去れば p_1 板及び指針 n はともに他部とは全く絶縁せり。而して計算の誤差なからしむるために電鍵子を瞬間押して p_1 及び n と電池 b の上極とを連結して帯電せしむれば電位計の指針は終端位置に止まりて再び電鍵を放つも p_1 及び n の帯電は変わらず。而して受函が放射を受けざる時には電位計の指針は最大振れに止まるなり。然るに一たび受函が放射せらるゝや p_1 及び n は徐々に放電し始め放射線の強き程迅速に行れて指針は零位に向いて下れり。此兩位の差は気層に於ける放射量に相当し、均一放射の予定の場合には表面エネルギーの測定となるなり。受函内の空気のイオン化度は受函内に入れるレントゲン線エネルギーの多きに従い、愈々強ければ其窓口の開大度の加減にてイオノメータルの働きを左右し得るが故に放射線の硬さの割合に応じて窓口 S の広さを種々に変換すれば本器は何れの硬さにありても、又何れの放射状態にても皮膚面に於けるレントゲン量を正しく測り得るなり。

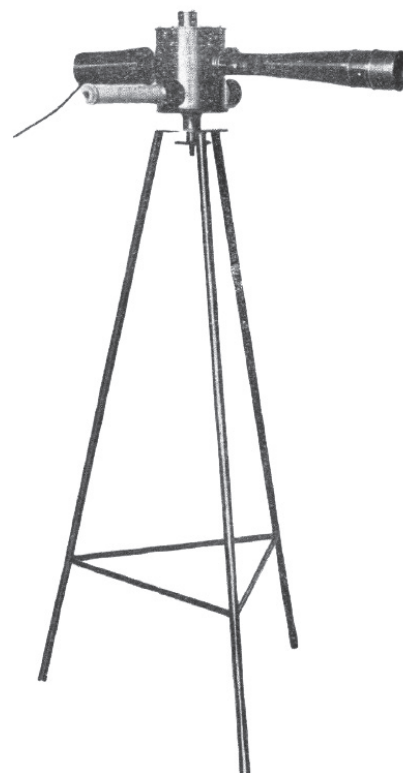
更に硬さを測らんと欲せば栓を小孔 1 に挿し受函 k を第四百八十九図の如く致せば可なり。此受函に相對せる二個の小窓ありて函とは絶縁せる金属板 p_1 及び p_2 を具備せり。前者は導体 l_1 にて n と連絡し、 p_2 は体 l_2 にて電池 b の上極と連絡するが故に受函 k の壁面と p_2 との間には電池の電圧が加り p_1 と n とは共に他部と絶縁せらるゝを以て受函が放射を受けざるとき p_1 は p_2 の電位と地電位間の電位を帯ぶるもなり。今受函が放射を受くれば其前半の空気は放射線の為にイオン化し、後半部の空気も亦 p_1 を通過したるレントゲン線にてイオン化せられて導電性となれり。受函の兩部に於けるイオン化の強さ及び放射線の強さは p_1 の吸収したる割合即ち放射線の硬さの如何によりて異なるものなれば受函内の兩部に於ける電気の配布の割合も亦自ら異なり兩半部に於けるイオン化の強さに比例して p_1 は一定の中間電位を帯ぶるものなり。放射線の硬さが零を示せるは p_1 に放射線が悉く吸収せられ後半部には全くイオン作用なきものなれども p_1 と k との間には導電作用有るが故に p_1 及び n は徐々に放電し電位計の指針は零位に止まれり。之に半して放射線の硬さが無限大となれば受函の兩半部に於けるイオン作用は均等し、 p_2 は p_1 の平均電位を帯び指針の振れは之に相当せる硬さの度を示すなり。

エレクトロスコープ (Electroscop)

通常金の箔電器と同様のものにして深部治療放射の測定に供用せられ、二次特性レントゲン線の影響及び分散レントゲン線の作用を受けざるに在り。測定器は

第四百九十図の如し。容器の内側には約五耗の鉛板を以て蔽いたる円筒形の金属管ありて、器内には上下に相對向する二個の炭素円盤あり。上盤は取り外し得る蓋に付属するも琥珀又は他の善良なる絶縁物を以て十分に周囲と絶縁し、又蓋より細き一条の炭素線を垂下す。他盤は容器の底に固着す。其他金属円筒管の側面より互に水平なる方向に二個の管を出せり。一は測定せんとするレントゲン線を受入する口径の小さき最長管即視準器 (Kallimeter) なり。他は之れと正反対の側に在る最短円管にして鉛硝子を箝め之に随意に取り外し得る被覆あり。此兩者は一直線に在るを以て此被覆を取り去れば視準器を通じてレントゲン管球焦点を視視し得。第三管は目盛管にして容器内の炭素線の開閉の程度を目盛板上の数字を読みて之を測定す。此目盛管と相對向する側に電燈筒ありて炭素線の陰影を目盛管の目盛板上に影す。此四筒を具備する容器は三脚台上に安置せらる。

更に構造を詳記するに、第四百九十一図の (1) は鉛板を以て内部を被いたる容器にして、(9) は蓋板なり。(17) の螺旋を外して任意に取り去るを得。(10) は二個の炭素円盤にして約三厘の距離を隔てり。(11) は此上炭素盤を釣り下げる支柱にして其上端に炭素線 (12) が懸垂す。(13) は支柱を蓋板に固着し且つ之と完全に絶縁する目的の用をなす琥珀又はアンプロイト或は硫黄なり。(14)(15) は炭素線に荷電せしむる装置にして平素は弾条を以て上方に圧上せらる。今猫皮にて摩擦したるエボナイト棒を (15) の上端に当てつゝ之を引けば (15) (14) は其圧によりて下降し、(11) の一端に触るゝやエ



第四百九十図

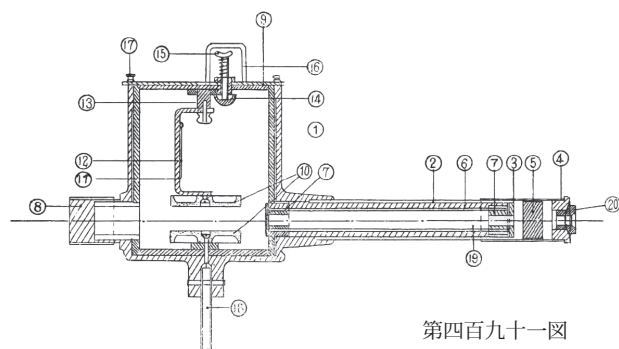
ボナイトの電気は(11)より(12)に導りて荷電状態となり炭素線は開離す。炭素線が荷電すればエボナイト棒を離る(14)(15)は弾力によりて挙上し(11)(12)と絶縁す。此際(13)の琥珀の絶縁が完全なるを要す。炭素線の開離の長時間持続するは其証左なるも、絶縁不良なれば忽ち或いは暫くにして炭素線は閉鎖す。故に本器を使用するに先ちて琥珀の乾燥清潔に注意するものとす。而して視準器の孔内より落射せるレントゲン線の放射の爲め両炭素盤間の空気はイオン化す。其イオン化は放射線の強弱に応じて大小あり。イオン化せる空気の爲め解離せる炭素線は閉鎖す。蓋しイオン程度に応じて或は徐々に或は急速に閉鎖す。此閉鎖の緩急を測りイオン化程度を比較して放射線の強さを比較して硬度及び均一性を測定するに在り。

(16)は鉛製外套にして(15)を被覆し放射線の影響を防ぐにあり。(18)は容器に三脚台に固定する螺旋なり。(2)は視準器にして茲に測定すべきレントゲン線を落射せしむ。内側に鉛板を以て被覆せる四十糎の長を有し内径二糎なり。更に内に同長にして内径一糎の(7)の円筒を挿入す。視準器の外端には(3)の濾過挿入管を箝む。此管の外口には内径二糎の円筒(4)を容れ更に其内部に(20)の内径一糎の円筒を描入す。此等の円筒は撒乱レントゲン線(エレクトロスコープの外部より来り又濾過挿置管に濾過板を納れたる時に起れる撒乱線)の驗電器内部に侵入するを防ぐに在り。

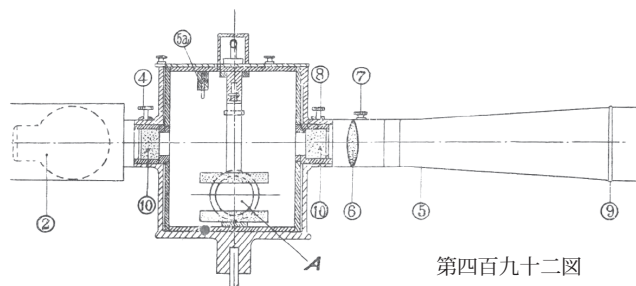
視準器の反対側に短筒在りて鉛硝子を以て被る。此短筒は視準器がレントゲン管球焦点に正しく対向し、(7)及び(20)の位置の良否を検査するに用い、(8)の鉛製被覆を以て被る。

第四百九十二図は電燈と目盛管との位置関係を示すものにして(2)の通常電燈を容れ(4)にて之を支う。(5)は目盛管にして(8)の螺旋にて之を支え(6)のレンズを内に挿入す。此レンズは(7)の握りにして前後に推移して目盛板上に炭素線の陰翳を明に投ぜしむ。(10)は含鉛硝子にしてレントゲン放射を防ぐ。(5a)はエレクトロスコープ運搬に際し琥珀の破損なき様炭素線を具備する支柱を之に取付くるなり。

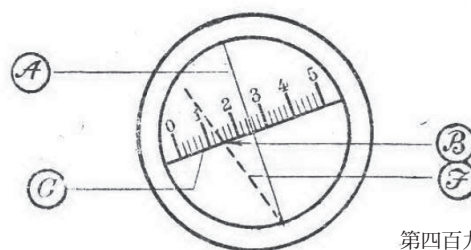
第四百九十三図は目盛板にして(A)は垂直線(C)は横線にして0より5までに分割せらる。各一分割は一糎にして更に之れを五分す。Fは炭素線の影翳にして其位置はCと交叉すること(B)の如くに位置を作るを良しとす。目盛板の位置を図の如く斜位となして炭素線の陰翳FとAとは角度を作る。エレクトロスコープの荷電と共にFは0に向い移動す。而して新にレントゲン放射するやFは0より5に向いて移行す。其移行時間を砂時計にて測定す。実際には1より4までの移行時間を測るを便とす。其測定は(B)の如くFとCとの



第四百九十一図



第四百九十二図



第四百九十三図

交叉点を以て標準測定位置とす。

本器を使用するに当り管球焦点が正しくエレクトロスコープに対向するを要す。而して焦点と両炭素盤中央との距離を一米とす。次に濾過挿置管の濾過板を全部除き、視管の被蓋を去り、対陰極焦点が視準器の軸を通じて正しく之を覗るべき位置に管球を定む。クーリッジ管球にありては陰極灼熱するにより対陰極が輝くを以て容易に焦点位置を定め得るなり。

濾過板は均一性レントゲン線を獲得せんが爲めに使用するものにして、クレーニツヒ及びフリードリッヒ両氏は銅板とアルミニウム板とを使用せり。銅板は〇・五、〇・三、〇・二及び〇・一耗にしてアルミニウム板は一耗の厚さなり。銅の各板とアルミニウム板とを用い電圧に応じて銅板の厚さを組合す。此他一糎の厚さのアルミニウム板二個を具う。濾過挿置筒に使用せんとする濾過板例えば〇・八耗の銅及び一耗のアルミニウムを容る。アルミニウム板は銅板にて生じたる二次線を吸収排除するに用うるものなれば内側に置くことを忘る可らず。此濾過板を基礎濾過板と呼ぶ。

今既述の如く驗電器に荷電し炭素線の開きを目盛盤に投影し置きて二十万ボルト、二ミリアムペアにて管球を放射すれば炭素線は漸次閉鎖す。目盛1より4に到れるまでの時間を計りて t_1 とす。次に一糎厚きアルミ

ニウム濾過板(之を測定濾過板と云う)の一個を基礎濾過の内側に挿入して前と同様に測定を繰り返し其時間 t_2 とす。更に測定濾過を尚一個加えて時間 t_3 を測る。此 t_1 t_2 t_3 の測定は少くとも各三回ずつ反復して其平均値を以て測定数とす。其一例を示さん。

200kV (Neo-Intensiv-Apparat)

基礎濾過板 0.8m/m Cu + 2.0 m/m Al 管球電流 2mA

	t_1	t_2	t_3
第一回	1'35"	2'36"	3'54"
第二回	1'38"	2'36"	3'54"
第三回	1'39"	2'36"	3'50"
平均値	1'38"	2'36"	3'53"

而して

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{t_3}{t_2} = \text{同数に近きを要す}$$

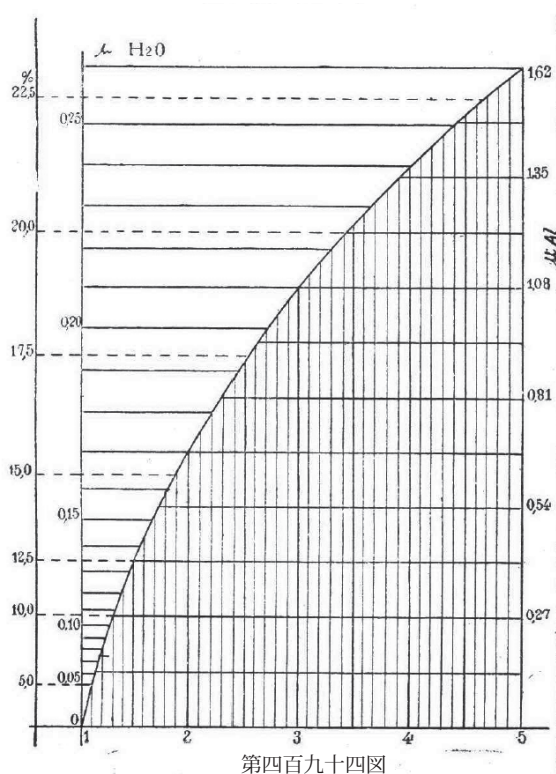
$$\frac{t_3}{t_2} = \frac{3'53''}{2'36''} = 1.49$$

$$\mu = 0.144 \quad \text{減退率} = 1.35\%$$

此比は測定濾過板の通過前後のレントゲン線の強さの比にして、各第一及び第二測定濾過板に由りて減衰せる割合を示すものと見做して可なり。完全な均一性レントゲン線換言すれば単一波長より成るレントゲン線は媒体(此場合にはアルミニウム)の同じ厚さを通過する間に減衰する割合は常に同一なるを要す。上記の実験に於て t_2/t_1 と t_3/t_2 との値が等しき場合には均一性を獲たるものなり。実験上には多少の差ありて〇・一なれば實際上使用する放射線は均一性と見做して可なり。若し両者の比が著しく異なりて〇・一より大なれば均一性を得ざるものにして基礎濾過板不足なる故に増加して更に測定すべし。

此均一性を得たる放射線の硬さは最も簡易にデッサユエルの曲線表に由るを良とす。第四百九十四図は其表なり。横軸は t_2/t_1 の比を表し、縦軸は是に相当せるアルミニウム(右端)及び水中の減衰率(左側の第二線)及び水一糶を通過したる場合の減衰率(左第一線)の割合を%にて表せり。前例にて $t_2/t_1 = 1.59$ なる時、横軸に於て前より右に一五九の所を求め之を上方に延して斜線と交叉せる所に於て、左第二線の数より〇・一四四の数を求め減衰率 $\mu = 0.144$ 即ち一三・五%なるを知るなり。

治療用管球は同型と雖^{いえども}同条件の下にて出力を異にすれば或管球を標準とし、他の管球を之れに比較して出力の割合を検することは治療上緊要のことなり。此方法も亦略ぼ前述と同様なるも視準器の挿入筒及び濾過板挿置管の前方円筒を排除して用うるのみ。標準管球の出力を一〇〇%とし標準管球の放射にて炭素線の閉鎖時間を t_0 とし、各試験管球にてはそれ々 t_1 t_2 t_3 ... となれば、



第四百九十四図

$$100 \times \frac{t_n}{t_1} \quad 100 \times \frac{t_n}{t_2} \quad 100 \times \frac{t_n}{t_3} \quad \dots$$

となり九〇%又は一一〇%となりて各管球の出力を示す。此は電圧及び管球電流の同一場合の成績なるが、若し異なれば更に試験を行うものとす。但し此試験は驗電器と管球焦点の相互関係が僅かだに差異あるも測定を誤る恐れあり。

本器を使用するに際し第一に注意すべきは琥珀の絶縁良否なり。該部の絶縁不良なれば其目的を遂げざるが故に我が国にては殊更に此点に顧慮すべし。炭素線を附着せる蓋は使用時外は之を取り外して乾燥器に納め置く。但し之に加熱すべからざるを要す。使用に先ち半日間天日に曝し、驗電器内には電燈又は他の加熱にて乾燥す。斯くの如き注意を加うるも十分なる絶縁を得ず多少の漏洩あるも、測定に支障を与えざる時は測定を補正すれば可なり。曩^{さき}きに実験したる t_1 t_2 t_3 時間の他、漏電の爲め一秒間に炭素線の閉じる目盛数を S とす。一より四に到る十五目盛数を漏電なく放射のみにて閉じるときを T_1 T_2 T_3 とす。

T_1 T_2 T_3 は t_1 t_2 及び t_3 に相当する条件に応じてのものなり。実際には T_2/T_1 及び T_3/T_2

を必要とすべきも t_2/t_1 及び t_3/t_2 の測定には漏電の影響を蒙るが故に之を補正すべし。

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{t_2}{t_1} + \frac{S}{15}(t_2 - t_1)$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{t_3}{t_2} + \frac{S}{15}(t_3 - t_2)$$

此補正を行う場合には t_1 t_2 及び t_3 は一より四までの十五目盛数を閉じる時間を測らざる可らず。若し十五目を算せざる場合には他の式に拠るものとす。一例を示さんに、

一区画を閉じたる時間 15'17"

$$S = \frac{1}{917} = 0.0011$$

$$\frac{S}{15} (t_2 - t_1) = \frac{1}{917} \times \frac{1}{15} \times (156 - 98) = 0.004$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 1.59 + 0.004 = 1.59$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 1.49 + 0.012 = 1.59$$

μ には影響なきものなり。

漏電の影響の程度如何程まで顧慮すべきや必要の問題なり。今第四百九十四図の表の横軸にては $\circ \cdot \circ$ は眼分量にて読み得るも、それ以上は難がき故に t_2/t_1 又は t_3/t_2 の計算にて小数点以下第二位を求むれば可なるを以て小数第三位以下は四捨五入す。故に $\circ \cdot \circ \circ$ 五以下の場合には補正を要せず。

(1) 式に於て

$$\frac{S}{15} (t_2 - t_1) < 0.005$$

$$S < 0.005 \times 15 \times \frac{1}{156 - 96} \approx 0.0013$$

となれば漏電に由る驗電器の一目盛の閉ずるに要する時間は約十二分以上となりて補正を要せず。

(2) 式に於て

$$\frac{S}{15} (t_3 - t_2) < 0.005$$

$$S < 0.005 \times 15 \times \frac{1}{238 - 156} \approx 0.00097$$

$$S < 0.00097$$

となれば一目盛を十七分間以上にて閉ずものなれば補正を要せず。

実地測定の際なるべく補正を要せざるを良しとすれば絶縁の完全等を検し漏電の有無を定めて実測す。又炭素線の移動範囲もなる可く広き目盛数を読むに在り。理論上には範囲の大小なきも測定の誤差を生じ易き恐れ在り。更に実測中常に電圧及び電流を一定に保ち且つ驗電器の据付位置の狂わざる様注意すべきは頗る緊要のことなり。

第四十三章 スペクトラムに拠る法

理学士 桜井勇太郎

放射線は種々の波長を混ざるものなればレントゲンスペクトラムの構成より実用上に必要な硬度を測定し得。此測定は純粹の物理的方法に拠るものにして従来の測定の内最も精確なるものなり。各波長のレントゲン線が或結晶に放射透過するに当り、一定の波長のものだけ一定の方向に屈折せらる。若し此結晶の後方に写真乾板を安置すれば通常の光の如くスペクトラムを撮影し得。結晶の構造によりスペクトラムの位置は固有なものなれば之れより其波長(硬さ)を測定し得べし。

此測定は現今に於ては最も精確にして純物理学の資料なるが、苟もレントゲン学に志すものは其応用の原理を知るべき必要あり。目下実用に供せらるゝ器具としてはゼーマンのスペクトルグラフ及びマルヒ、スタウニヒ、フリツの三氏の考按に係るレントゲンスペクトロメーターあり。

スペクトルグラフ (Seemann-Spectrograph)

ゼーマンの考案にしてレントゲン放射線の組成を物理学に分析する装置なり。レントゲン線を通常の光線と同様にスペクトル写真に撮影し、各線の位置より波長を知り、黒化色度合より強さを比較するなり。スペクトルはレントゲン線の発生管球より直接放射せらるゝ或は濾過板を使用放射したるとを問わず適用せらる。レントゲン治療放射に際し必要放射量を測定する場合例えばイオントクワンチメーターを用うるに当り其使用放射線の空気に対するイオン化度合は實際的には硬度の変化には影響なく施行すといえ厳密には硬度に左右せられ従て生物的作用も相違す。今日の如く斯学の研究進んでレントゲン線の或物体に当りて散乱すれば波長を異にする事実の明かなれる以上此関係も異なれり。

抑も結晶体を構成する原子は規則正しく配列せり。今レントゲン放射線の波動が此原子に当れば各原子に又小なる波動の起源となる。第四百九十五図はレントゲン波動の波面 PP が矢の方向に AA なる一の原子平面を通過せる関係を示したるものにして黒点は原子を示す。此点点を中心とせる小円弧は此等の各原子より起れる小波動の波面 PP が恰も図の如き位置に来れる瞬間の状態とす。此等の小波動に一の接面を考うれば、明に一平面 (P'P) となり、結局レントゲン線波動の一部分が AA 原子面に於て同面に対し正反対の方向に廻折せられしことゝなる。こは又 AA に並行する他の原子平面に於ても同様なり。而して各原子平面より反射せる波動が同一位相即ち山と山、谷と谷と相対應すれば其

反応エネルギーは最大となり、此条件より極く僅かに外れる、も、其エネルギーは實際的に零なり。

更に第四百九十六図の pp … を結晶体の原子平面とし、相隣れる二面間の距離を d とす。今波長 λ の波が矢の方向の如く入射角 θ にて各原子面に当り正反射の後 BC の方向に進みて合するとせん。波の或場所例えば A 及び A'' より C 点に到る間の各原子面より反射する各波面の進行道程を按察する為めに ABC, A'B'C を代表として見るに A'B' を B' が過ぎる面に対する B の像なる D まで延長して垂線 BN を下せば B'B = B'D 及び A'N = AB なるが故に

$$A'B'C - ABC = DN = 2d \sin \theta$$

同様に $A''B''C - A'B'C = 2d \sin \theta$

となる。以下同様なり。若し DN が波長 λ の整数倍なる時は此等の各反射波は同一移動に於て対応し、振幅は互に相加るも等し。DN が λ の整数倍より極く僅かに異なれば反射波は互に総ての種類位相に対応すること、なりて結合振幅は實際的に零となる。故に波長 λ なる単一波動が結晶体に入射して其入射角 θ の一定値を有する時のみ反射す。入射角 θ は次式にて与えらる。

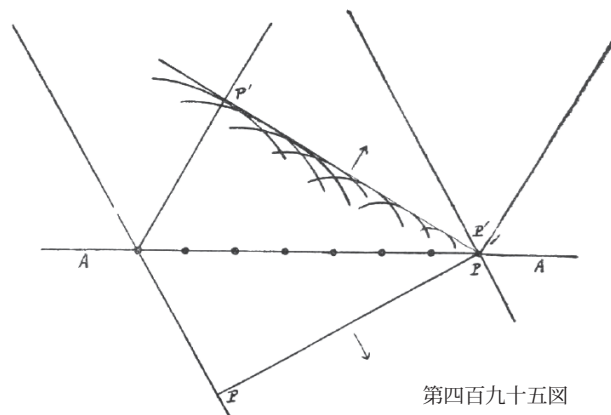
$$\begin{aligned} \lambda &= 2d \sin \theta_1 \\ 2\lambda &= 2d \sin \theta_2 \\ &\dots\dots\dots \\ n\lambda &= 2d \sin \theta_n \end{aligned}$$

$\sin \theta_n$ の値は一より大となり得ざるが故に $n\lambda / 2d$ も従て一より大となる能ず。

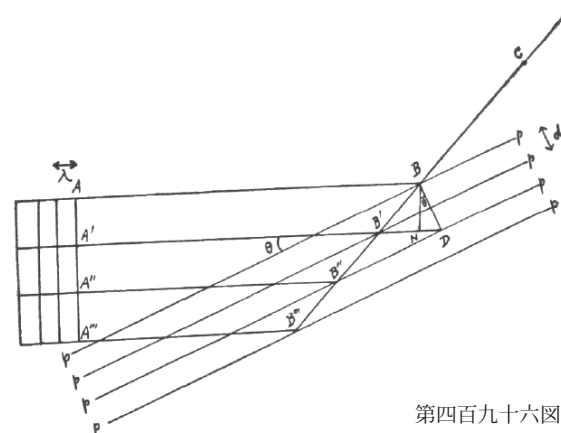
即ち此条件に合せざれば反射せず。角 $\theta_1 \theta_2 \dots \theta_n$ に於ける反射を第一次、第二次……第 n 次反射と称す。今若し相隣接せる二原子平面間の距離 d' なるときは同一波長 λ に対する反射方向を異にして

$$\begin{aligned} \lambda &= 2d' \sin \theta'_1 \\ 2\lambda &= 2d' \sin \theta'_2 \\ &\dots\dots\dots \\ n\lambda &= 2d' \sin \theta'_n \end{aligned}$$

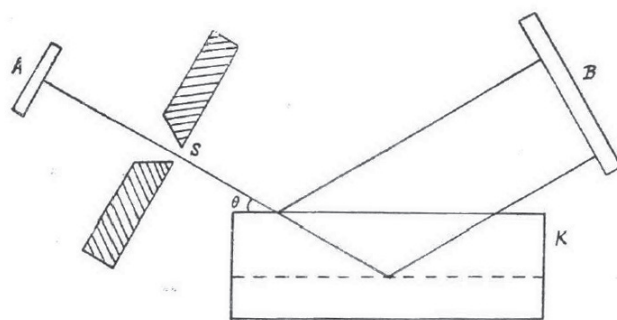
なる場合に反射す。故に $\theta_1 \theta_2 \dots \theta_n$ を測定すれば λ と d との関係を知る。即ち同一結晶面を使用すれば之によりて相異なる波長を比較し、又同一波長を使用すれば異種の結晶体或は同一結晶体の相異なる原子平面系の d を比較し得。換言すれば既知の波長のレントゲン線を用いて結晶体の構造を知り、又 d の既知なる結晶体を用うれば未知のレントゲン線の分析を行い得べし。後者の目的に本器を使用す。第四百九十七図は其模型にして A は対陰極、S は細隙、K は反射結晶体、



第四百九十五図



第四百九十六図



第四百九十七図

点線はレントゲン線の到達面とす。今反射線の方に於て例えば B に写真乾板を安置すれば S の像を獲。然るに S を通ずる放射線は反射後には S の幅経よりも拡るも其強さを減じ像は不明となるを免れず。此欠点を改良して実用に供せられたるものがゼーマンのスペクトルグラフなり。本装置は前図の対陰極と写真乾板との位置を交換し、レントゲン線の進行方向も従て前者と逆となれり。されば各原子面より反射せるレントゲン線は合して S を通過し、A に於て鮮明像を造る。上述の説明は便宜上単一波に就きて述べしも、実際には管球より生ずるレントゲン線の或範囲内に於て連続せる波長が集合しなかならず就中対陰極の物質に固有なる或波長のものが特に強大なり。されば結晶を連続的に等速度に廻転すれば此等波長に対応する反射角の方向に於て順次に S の像を生じ、所謂連続スペクル及び示性線スペクトルを生成す。

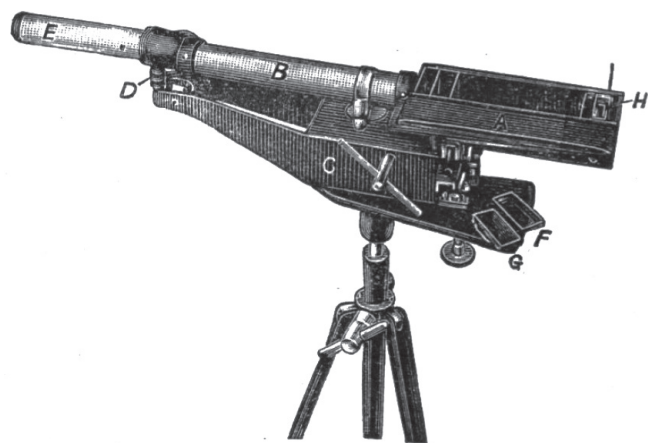
本器は第九十八図の如く反射用結晶として極めて純粹の岩塩を用う。此長さ約八糎なり。蓋し岩塩は他の結晶に比し反射能が甚大なるも良結晶を獲るに難し。該結晶はE内に密封せられて外気の湿気を防ぐ。結晶の直後に幅径約〇・五糎の細隙(Sに相当)あり。Aは写真用暗箱にしてHは写真乾板納函なり。Fは金属其他の濾過板を納る、枠にしてHの前方に挿置して吸収の研究用途に供せらる。GはFと同大なるも面積を半分したる不透過性の枠なり。此者は二種のスペクトルを同一乾板上に撮影した比較研究するに供せらる。例えば各管球の同電圧或は異電圧にて出す放射線又は異なる変圧器を用いて生ずる放射線を比較する場合に用う。又Gに挿置し難き大なる固体或は液相等の吸収を検せんと欲せばA箱内の広き部に納む。

ABEは互に固定連続し時計装置C上に載せ弾条を働してDを廻転軸として徐々に左右に振動す。Bはレントゲン線の不透過金属管にして結晶より反射せる放射線がAに達する通路なり。

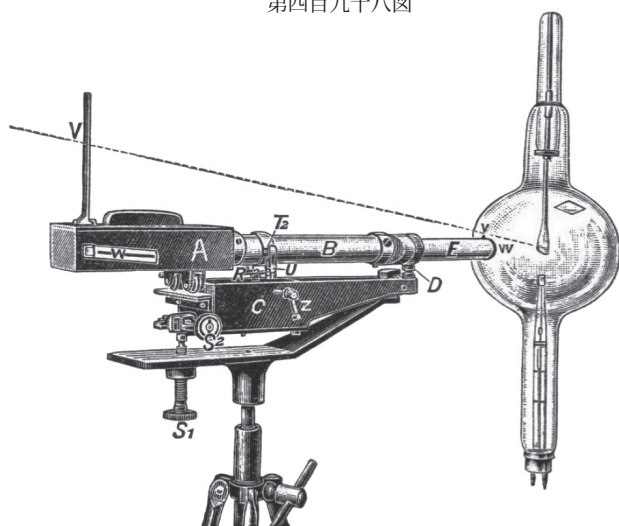
第四百九十九図の如く三脚台上に安置し管球対向す。但し管球より放電を受けざる範囲に於てなるべく管球をEに接近して管球対陰極と対向す。装置に付属するVvを貫く線上に焦点位置を求む。この場合にC箱を左右に動し、Ww及び焦点が一直線に在るべくC箱を上下に移動すれば放射線は正しく結晶面に当る可し。C箱は水平位に在る様注意を払うものとす。次に写真乾板、其他の濾過物質をA函内の所定の位置に挿入して本器を動し之れに面してレントゲン放射すればEに入りたる放射線の内結晶にて反射せられて細隙を通ずるものはBを通過しA内の濾過板を通過して乾板上にスペクトルを生ず。放射時間は放射線の強さ、焦点スペクトルグラフ間の距離及び乾板の感光度に由りて異なるも数分間乃至数時間とす。

本器にスペクトルより直接に波長を知る目的として第五百図の如き特別の目盛板を備う。前述の $n\lambda = 2d \sin \theta$ に於てdは岩塩の固有なる既知数なれば各λに対するθの値は計算より之を知り得べし。又θに於て反射する各放射線が乾板上に落つ場所は乾板と細隙との関係即ち器械の物理的常数よりして之を決定す。されば種々の波長のスペクトルの関係的位置を予め計算して之を目盛板に盛れば逆に目盛板を用い未知の放射線の波長を簡単に測知し得。目盛の数字はÅ(オングストローム)単位にて表し、二本の黒線はタンゲステン示性線の波長に相当するものなり。

此目盛板の運用は後掲実例写真の如く、タンゲステン対陰極(又は白金対陰極なれば白金目盛板を用う)より生ずるスペクトラムの第一次示性線上に黒線を正しく重ね合せ未知線と相一致する目盛数を読みて其波長を知るに在り。



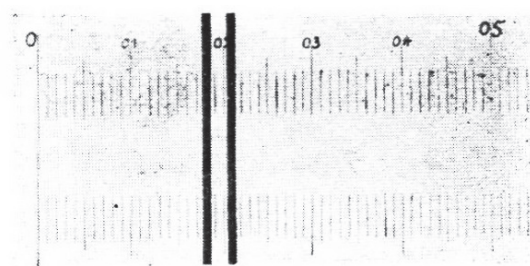
第四百九十八図



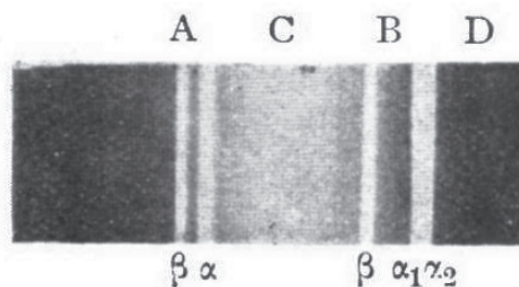
第四百九十九図

スペクトル写真は肉眼にて之を読み得るも精密なる研究の場合には顕微鏡を用いざる可らず。

今実例を挙げて使用適法を示さんに、第五百一図はタンゲステン対陰極のクーリッジ管球より生ずる深部治療用放射線のスペクトルにして広く略ぼ均等の強さを呈する連続スペクトルなり。A及びBはタンゲス



第五百図



第五百一図

テンのK示性線にしてAは第一次, Bは二次反射より生じ, α β は各線の固有線なり. 強さが少々減ぜる小帯Cは管球硝子成分のバリウムに因る吸収帯にしてDの少々強き黒化は写真乾板の銀の吸収なり. 而て第五百二図はタングステン対陰極クーリッジ管球にて増感紙を使用せしものにしてI II 及び IIIと, 順次電圧を昇せたる際のスペクトル. 左方の太き白線は結晶反射を受けず, 直接細隙を通過せし放射線の当りし所にして, 略ぼ反射角の零の方向と一致す. 他の写真に此像を見ざるは特に該部を覆い放射線の乾板に達せざりし為めなり. 各連続スペクトルの左端 A1 A2 及び A3 は各放射線の最小波長 0.117, 0.097, 0.079 Åなり.

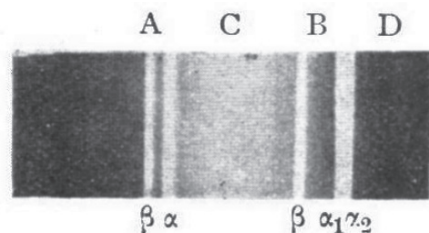
クーリッジ管球の如き熟電子を応用せる管球に在りては両極間の最高電圧(単位ボルト)と其際生ずる放射線の最小波長 λ (単位Å)との間に一定の関係あり.

$$V = \frac{12340}{\lambda} \quad 12340 \text{ は常数なり}$$

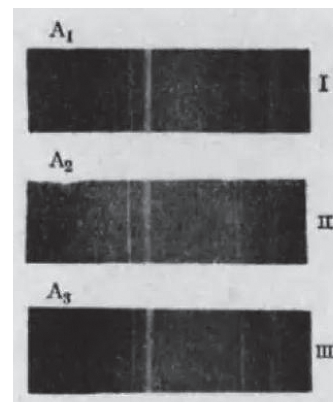
此式より I II 及び III を生ずる管球最大電圧を計算すれば略ぼ十万五千, 十二万四千, 及び十五万五千ボルトとなるを知るべし. 従て実際使用する最大電圧を正確に測定し得. 尤も本器は深部放射用のレントゲン線の分析を主とするを以て短波長には制限なきも長波長には 0.5Å を以てスペクトルを出す限度とせり. 又此図にて明かなるが如く電圧の最高と共に右端の位置が少々左方に移動す. 之れ電圧の増昇するに従い硬線の分量は増加し軟線の減ずる事実を示すものなり.

第五百三図は前者と同様なれども一乾板に二種のスペクトルを撮りたるものにして, 下方は厚さ四耗のアルミニウム濾過板を用い, 上方は使用せざりし場合にして, 濾過板は第二次示性線の右方を吸収するに過ぎざるを示す. 又第五百四図は同様に上方二〇・四耗, 下方に一・六耗のアルミニウム板を用いたるスペクトルにして, 上者に在りては第一次示性線より右方が略ぼ吸収せられ第五百五図は上方に一・二下方に〇・六耗の銅板濾過したるスペクトルなり. 上者にては波長の大きな線は殆んど全部吸収せられ, 第一次示性線より短波長のもののみ残り下方に於ては示性線より長き波長のものが多量に残り.

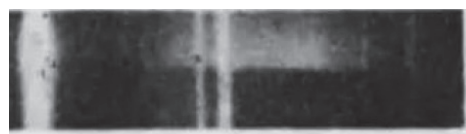
第五百六図はスペクトルを目盛板を用いて測定するものにして, 最硬線及び最軟線の波長は各〇・一一Åと〇・三五Åなり. 第五百七図の上部はタングステン対陰極又下部は白金対陰極を用いたるスペクトルにして両者の示性線の各相異なるを知る. 又変圧器の電圧並に二次電流が全く同一条件の下に在るも, タングステン対陰極より生ず連続スペクトルの硬度強さは白金の何れよりも大なるものなり.



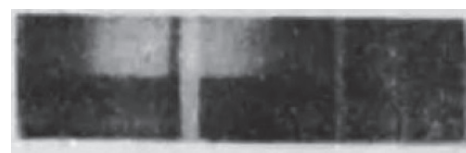
第五百一図



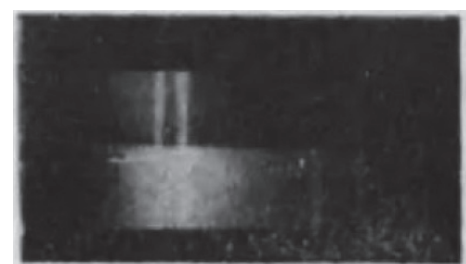
第五百二図



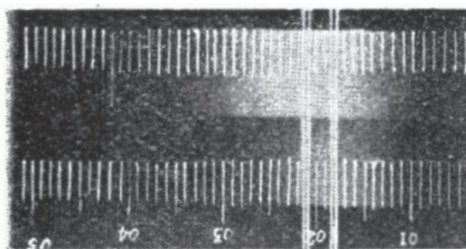
第五百三図



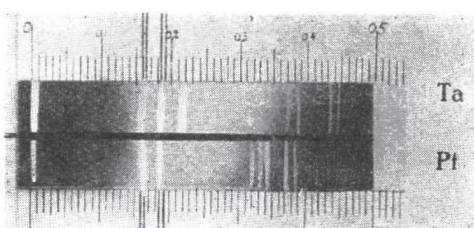
第五百四図



第五百五図



第五百六図



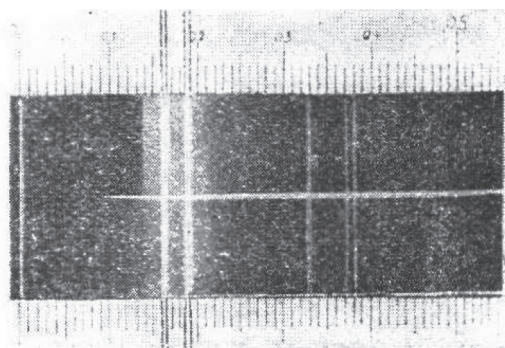
第五百七図

第五百八図は白金対陰極よりのスペクトルにして上部は八〇%の含鉛硝子一耗の濾過、又下部は二耗の銅を用いたため鉛硝子は〇・一四Åより小なる波長を著しく吸収し、尚それ以下の波長も銅に比せばより多く吸収す。従て含鉛硝子は治療に適せず保護材料として供用せらるる所以なり。

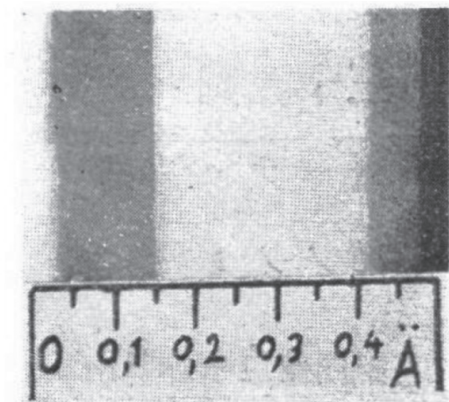
第五百九図は増感紙の作用を試験したるものにして、増感紙の成分に由り或は波長の線を強め或は之を弱む。従て本紙を使用する場合には此関係を予知するを要す。本図の上半は増感紙なき場合にして、下半は之を用いたる場合にして後者に於て軟線が吸収せられ硬線は大に強めらるゝを知る可し。

以上数例の如くレントゲン線の分析を用いたる後、更に其放射線の深部量を測定し以て深部放射の主意を達するものと謂うべし。最小波長〇・一四Åの弱き示性線を呈する放射線に強き濾過板を用れば深部量は僅小なり。之に反して〇・一Åの最小波長の放射線は〇・一乃至〇・一六Åに亘り硬度大にして深部量も亦多しとす。〇・六Åの付近は尚強度透過も強大にして深部量を増加す。最小波長〇・〇六Åの放射線を〇・五耗の銅板にて濾過すれば、〇・一Åの放射線を一耗の銅板にて濾過せんともものとは共に実用的に其硬度を共にすれども、濾過後の強さは前者の後者に優るものとす。

本器を使用するに際し、最も注意すべきは反射結晶の岩塩なり。岩塩の良結晶を獲るは困難にして高価なり。衝突墜落により破損し易く、又吸湿性に富むが故に本邦の如き湿度多き国にては十分に乾燥して保存するを緊要とす。結晶は潮解して使用を堪えず。又梅雨期に於ては研究使用を避くを良とす。



第五百八図



第五百九図

第四十四章 電圧を測定して硬度を定むるもの

レントゲン線の硬度は精確には非らざれどもに二次回路電圧を雁行し、電圧の高き程硬度は増加すれば電圧を以て實際上の硬度計に供せんとするなり。

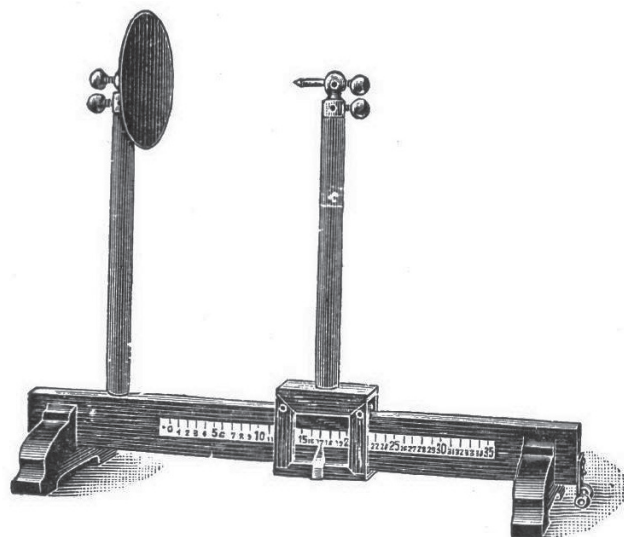
直結火花距離

火花距離は管球と直結すれば電流は其量極間を通ずるか或は管球を通ず。前者は火花距離の抵抗が管球よりも小なる場合に、後者は管球の抵抗が火花距離よりも少なき場合に於て発現す。一般に直結火花距離の極間或は導体間の放電を等価火花 (equivalent Spark 英; äquivalente Funke 独) と謂う。直結火花距離即ち等価火花の^{おおき}大きさは主に管球電流の電圧に支配せらるゝものなれば此火花の^{おおき}大きさは或る範囲内にては管球電流路に於ける電圧の測定に用立ち、従て射出せる放射線の硬さとするに足れり。

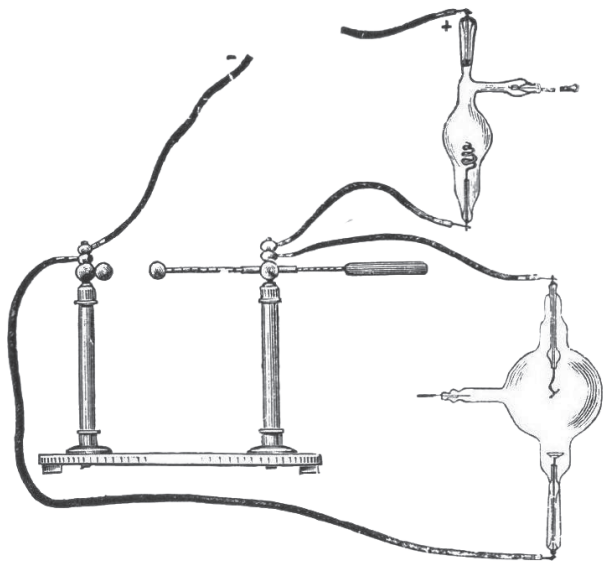
等価火花は一定の硬さの場合に於ても不変とは謂い難し。^{しかのみならず}加之導体の形状及び管球の構造にも左右せらるゝなり。尖導体は鈍(球形)導体よりも火花は長く、又小球導体は大球導体よりも同様に長しとす。其他直結火花距離の^{おおき}大きさは同一電氣的条件たりと雖^{いへども}空氣のイオン化状態、湿潤、気圧および温度によりて不同なり。又感応コイルにては交流装置よりも大なり。

斯の如き欠点能く補足すれば火花距離は同一装置に在りては管球の硬度の絶対効価を知り能わざるも比較的効価を予知するに足れり。従て管球の状態を^{よく}トすべき实用装置と謂い得べし。之れ使用中に其管球抵抗の変化を示すが故なり。即ち管球が硬くなれば飛躍すべき火花距離は長くなり、之に反し管球軟くなれば両極間を接近せしめ或る距離に到りて始めた火花を生ず。

而した此装置には種々のものあり。第五百十図は其一型なり。仏国に於ては此装置をスピテルメーテル



第五百十図



第五百十一図

(Spintermeter) と称す。第五百十一図は同国に於て使用せらるゝものなり。管球の陰極を此火花距離の一極と相連結し、之を更にコイルの陰極に接続し又管球の陽極をコイルの陽極と火花距離の他極とを相連結すれば可なり。即ち並行に連結するが故に此名称を獲たるなり。

本器を使用するには先ず管球に電氣を通じつゝ、火花距離の両極を相接近せしめば其間に火花が飛躍し管球の蛍光は消失す。今火花が両極子間を飛躍し管球蛍光の消失するには円盤と尖棒間の気層の抵抗が管球抵抗よりも小ならざる可からず。然らざれば電流は管球内を通過し気層を通過せず。此火花の飛躍し始むる距離は管球の抵抗と両極間気層の抵抗が同じき時にして其距離を計りて硬さを知るなり。

然れども本器は同一装置に於て凡ての同一条件の下に於ては適すれども、両極の形状或は電纜の長短或は帯電状態を取換え、或は他の器械に之を転換せしときには初めに測りたる成績は後のものには適合せずして全く無効となれり。故に本器を以て硬度を測らんと欲せば同一条件を備えるときのみ適するなり。此測定は粗雑なれども唯硬度の如何を速かに知るの便あり。

ミリウムペアメートル

本器は元來二次回路の電流の強さを計るものなるが、管球の硬さは二次電圧に左右せられ、電流の強さには直接影響を受けざるものなれども、吾人はミリウムペアメートルを用いて長時間に於ける硬度の変化を判定するに應用することあり。

今レントゲン発生機に電流の送電状態を変ぜざる時には仮令硬度が変化し、且つ之に伴う二次電圧の変化ありとすれども、二次回路内に転換せる電氣的エネルギー

は殆んど一定なること容易に予想せらるゝ所なり。従て此場合に於ける二次電圧及び二次電流の強さ割合は変化なきものなるが故に、管球が例えば軟くなりたる時には一定の二次電圧は低減するも、二次電流の強さが増加せることはミリウムペアメートルに於て之を知り得べし。之に反して二次電圧が上昇し硬度が高上すればミリウムペアメートルの針の動きは僅かにして電流の強からざるを示せり。即ちミリウムペアメートルの指針の動きの大なるに従い、硬度は低減して軟性を意味し、針の動きの小なるは硬度は昇り管球の硬くなれることを知り得るなり。

然れども精確の測定を本器には期待し能わず。蓋し本器にては電圧及び強さの一定不変の割合を厳格には示し得ざるが故なり。本器はウエーネルト断続器を使用する場合に最も適當なるは是れ二次回路に於ける自他の変化が断続の周期に作用すればなり。

クワリメートル (Qualimeter)

此器はハインツ、バウエル (Heintz Bauer) が考案したる電氣的電圧計なり。其原理とする所は管球の硬度は二次電流の電圧に左右せらるゝものなるが故に、此電圧を測定すれば自から其硬度を知るに足りりと。然るに通常の電氣的電圧計にては絶縁を完全に遂行し難きが故に電圧を計り得ず。されば氏は一万ボルトまでのものに用うる電圧計を改良して、感応コイルの二次回路に於ける電圧を計りて硬度を測定せんとしたり。即ち本器は第五百十二図の如く固定せる二箇の金属小板 MM の間に更に小羽翼がありて共に同一軸に接続し、其一羽翼縁に指針が付属し容器表面の目盛を指示せり。二次回路の電圧の益々増加するに従い負荷電位は愈々高まるも、之に反して電圧が下降すれば電位は下降す。今二次回路内に本器を設置して通電すれば両羽翼は同電性に負電せらるを以て互に相反発す。其反発力は電圧に伴い増加す。此反発運動によりて指針は度目上に動けり。本器は電圧を感応すること鋭敏にして忽ち最大値に達し細微の量を知り難きを以て、之を減下せしむる為めコールラウシュの蓄電器を添加せり。即ち相對向せる二箇の金属円板 K_1 及び K_2 あり。両板の間隔に準じて此蓄電器に電位降下が生ずる為め器の作用は二次回路の電圧と共に随時に消長す。而して蓄電器の上板は金続桿に付着し容器と連絡して廻転す。此金属桿は更に電纜にてレントゲン発生機の陰極圏内に連続せり。本容器はイボナイト製にして腕木にて支えらるゝ。其窓にはセルロイド片を貼り内に目盛を示せり。

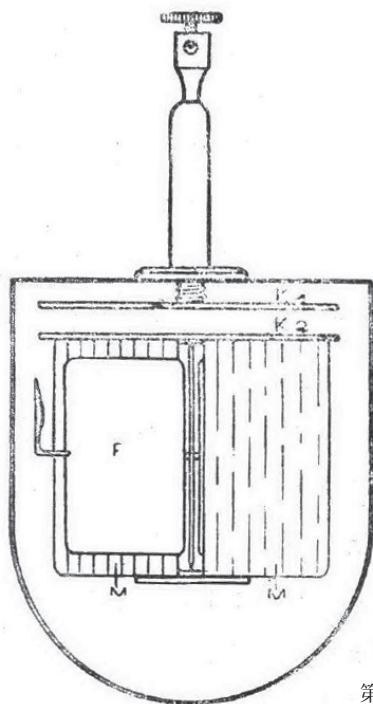
目盛は一より一〇までに刻み、其一目盛は十分の一耗の鉛板の放射線吸収力に相当するが故に四を指示せば一〇分の四耗の鉛板の吸収せる放射線を示し、又八を指示せば十分の八耗の厚き鉛板の吸収せる放射線を意

味するものなり。第五百十三図は其全景なり。

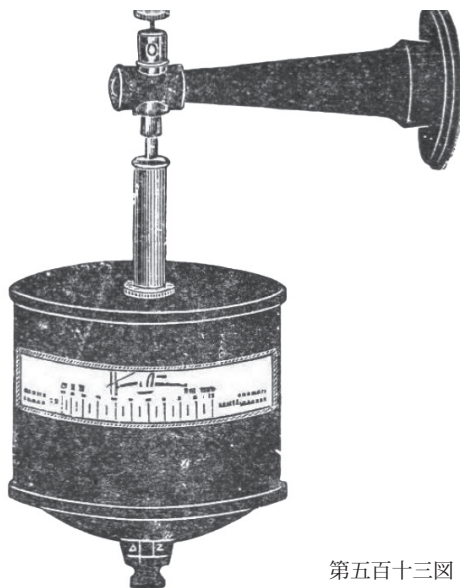
本器を使用するにはレントゲン発生機の医局と管球の陰極とを連絡せる電纜の任意の所より支線を出し、クワリメータの上端を之に連絡すれば可なり。然れども本器を地中に導電せる導体に触れしむる可らず。

新式のものに於ては第百五十三図の如くクワリメータの下端に鈕が突出し、之に縦及び横の白線條を画せり。縦線は二条にしてA及びZの符号を記せり。本器を使用するに当りては鈕を右に廻し、横線下の白線をAの縦線と相一致せしめ、又本器を他に搬ぶか或は使用せざる時にはZ線と重合せしむべし。

木器は室内空気の湿潤には何等の影響を蒙らず、又管球硬度を定むるに際し他の硬度計の如く作業を妨げず、遠隔より指針を視、絶えず硬度の変化を知るの便あり。但し本器は感応コイルに於て断続器の断続数の余まり



第五百十二図



第五百十三図

に小ならざる場合には最も完全に働くものなり。

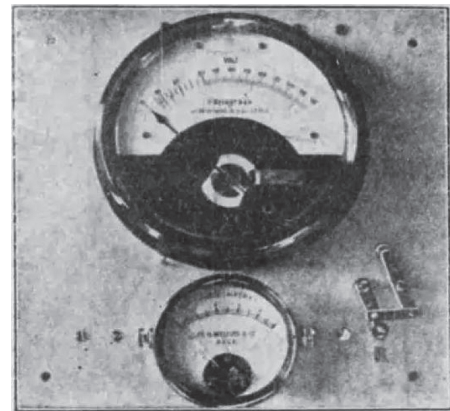
パユエルはレントゲン治療を施すに当り本器の指示数とミリアンペア数を知れば火花距離測定よりも遙に優れるは上記の如く湿度に無関係なると、負電の多寡に伴う硬度の変化を忽ちに発見する便宜にありと揚言せり。

然るに近時の研究によれば本器は硬度計たるの価値なきものとなれり。而して又本器は各レントゲン装置により電流曲線の異なる結果、硬度を比較し難き欠点あり。唯本器は使用の管球の硬さの異動を指示するに過ぎず。其他本器は中等硬度及び稍々硬き管球の硬さには適すれども甚だ硬き硬度の測定には適せず。又感応コイルには適すれども高圧整流器にては之を用い難しとす。殊に治療放射量の計算には決して信頼すべきものに非らずとは今日に於ける定論なり。

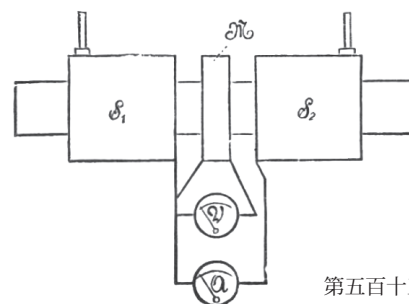
スクレロメータ (Sclerometer)

本器は電圧計の一種にして此目的に特別製作せられたる感応コイルにのみ適用し得るも、汎く一般のレントゲン器械に応用し能わざるを憾とす。第五百十四図は其写真なり。第五百十五図の如く感応コイルの二次回線の或る一定所を分割し、其分割せる回線(氏は之を測定回線と名けたり)を熱線電圧計器Vに連絡して当該部の電圧を測り且つ同時に其電流の強さをミリアンペア計aにて知るにあり。

測定回線をコイルの中央に選ぶ所以は高周波せる高振動は自己感応の高き為に回線の中央にまで伝送せざるが故に計器に影響せず、又回線の中央に於ては電圧の曲線の横軸線の切点が存在する故に接地するも何等の



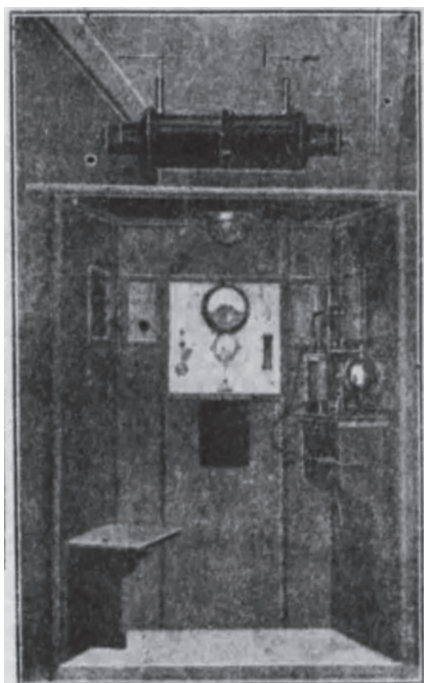
第五百十四図



第五百十五図

障害なければ、従て其間に在る計器も接地し得て随所に置くの便宜あり。例えば第五百十六図の如く本器を衝立の内側に架けて定性及び定量的に測定し得るが如し。通常のリリアムペアメータを之に併用するもスケロメータ及びリリアムペアメータに接続せる電流の電圧は極めて低ければ之に触るゝも敢て火花の飛ぶが如き危険を醸さず。

本器に於ける目盛には第五百十七図の如く一定の火花距離を選べり。火花距離が管球と並行連続せる場合に於ては火花距離を以て電圧を測定し得ればなり。而して其電圧は火花の長さに相当し、實際上其断絶せる回線捲数の大小には影響なし。従てスケロメータの一定の振れは二次回線全部の一定のものを示すなり。而して其目盛度数は約五〇糎の火花長さにてベノア八度及び一五〇絶対単位とすれども、多少余分の目盛を付せるは往々一層硬き管球を使用せんとする場合を予想して一六〇絶対単位とし、ベノア硬度計十又は十二度或はそれ以上を測るに供せり。而して〇より七〇単位までは粗に、七〇より八〇絶対単位までは其間を五単位に分割し、八〇端位以下に於ては更に細分せり。下部の目盛はベノア硬度計目盛に比適するものなり。本器は硬さの微動をも指示し管球の状態を詳知するに都合よきも其欠点は特種の感応コイルのみに応用せられ且つ断続数の大小にも左右せられ又直接放射線の硬度を知り得るも濾過放射線の硬度は知り難きことあり。



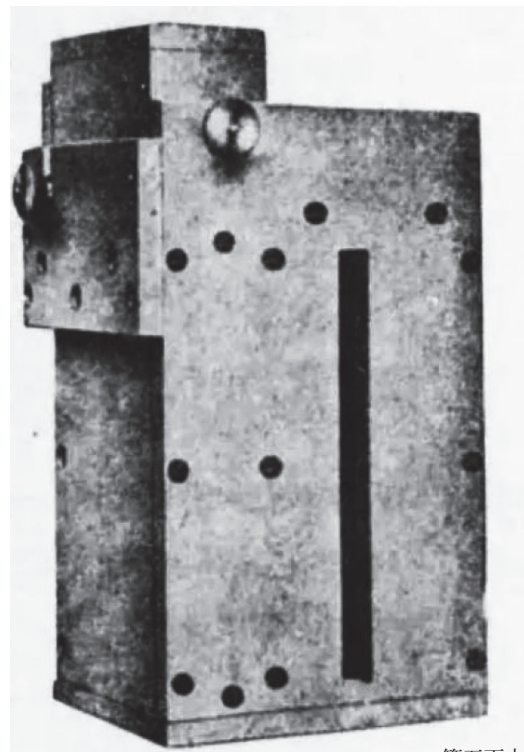
第五百十六図



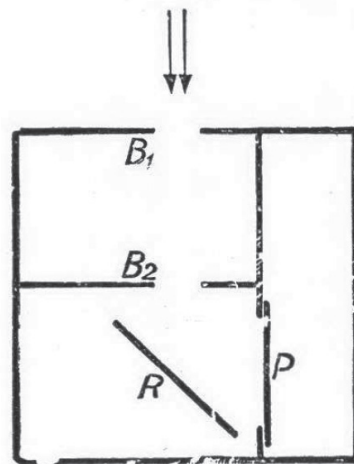
第五百十七図

放射線分解器 (Strahlenanalysator)

第五百十八図の如く本器は一次X線の金属に当りて発する二次線の性質を応用したるものにして、此二次線の性質に就きては既に理論篇にて詳述せられたる所なり。即ち或る物質の二次線は一次X線の小波長部分より発生するものなれば若し各種の物質を同時に放射すれば知らんと欲する一次線の或る範囲内の硬さを此二次線の強さより測定し得。又各物質の二次線は一次線の波長若しくは硬さより発することは物理学に明かなり。グロケル (Glocker) は此理に基き高さ十二糎広さ八糎長さ六糎の長方形小箱を全部レントゲン線不透過性材料にて作り、前面には長さ十糎幅一糎の割裂を設く。検すべきレントゲン線を第五百十九図の模型図の B_1 B_2 より通過せしめて各金属板を配置したる R 板上に落射せしむれば茲に固有 X 線を生ず。此二次 X 線は乾板 P 上にそれ々々乃感光す。此乾板は上方より差し入る。而して各金属に固有なる二次線の互に交叉して乾



第五百十八図



第五百十九図

板に感光せざる如くに金属の隔を水平位に於てRとPとの間に挿置せり。金属板は割裂孔より落射するX線に対して四十五度に傾斜するを以て乾板に二次線を投射す。落射X線は甚軟軟中等硬硬及び甚硬の五種を混和すれども、各金属板は此五種の一つのみを放射するものなれば乾版の感光度は五階の各黒化度を異にせり。此試験には焦点距離四十糎放射時間半分乃至二分とし、管球帯電を一・五乃至三ミリアムペアとし、濾過性或非濾過性放射線を用う。乾版現像試液はメトール、アヅール等のX乾版現像用のものにて可なり。試験すべき放射線に直角に割裂口を対向せしめ対陰極をB₁の中央上に安置すれば可なり。

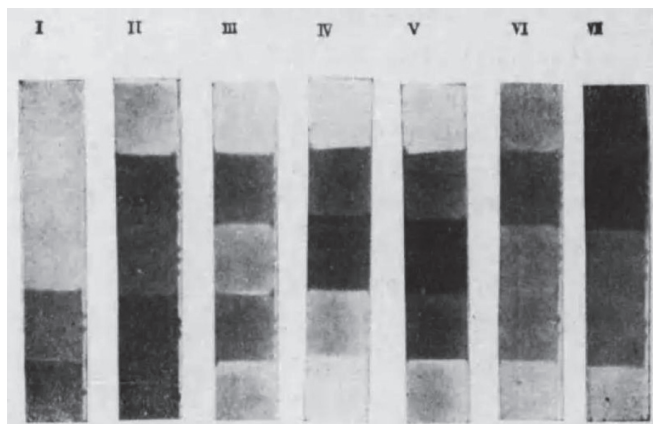
第五百二十図は此装置により撮影したる硬度陰影なり。第二号は中等硬度の非濾過性レントゲン線の投射したる写真なり。同号の第一階は硬放射線の作りたる黒化にして、六耗の厚きアルミニウムの半価層に相当し、第二階も亦同様に硬線にして三耗のアルミニウム板の半価層に第三階は一・五耗の半価層に第四階は四分の三耗の半価層に第五階は四分の一耗の半価層に相当せり。即ち第四第五階の放射線は軟性なり。此第二号の作れる放射線は硬軟放射線を混和するも甚硬性に乏しく軟性に豊富なり。然れども上二階の多少の黒化

せるは硬きものを含有せし為なり。又第一号は非濾過性軟線の作れる写真にして上三階は淡く下二階は強く黒化し軟管球の放射なるを示せり。

茲に注意すべきは同一乾板に於て或る兩階を採りて量的比較を試むるは不合理なり。蓋し同一乾板には各放射種属(軟硬の)とも同一度に感光せざればなり。同一乾板に於ける二階が同一程度に黒化すれば其放射線には同一程度の強さのものなること明にして従て性的比較はなし得るなり。

更に第一号及び第二号を相比較するに第一号は軟性及び過軟の放射線に富み深部治療には適せず。第二号は各放射線を混和するを以て深部治療に適せり。然れども軟線の強き為め之らを濾過する必要あり。第三号は三耗のアルミニウムにて、第二号の放射線を通過せしものにして深部治療に適せり。即ち下二階に黒化度の著しく減退せしを見るは軟線の排除せられたる証にして上階の黒化度の両者に区別なき為なり。

斯の如くに二葉の乾板の黒化度を比較すれば放射線の硬さの状態を十分に定め得べし。又本器を以て濾過器の果して硬放射に適するや否を検するに好都合なり。例えば第六号、第七号を比較するに同一硬度の放射線は錫濾過に於てアルミニウムよりも硬放射線に富めるを以て後者の放射時間より四倍長く放射するも人体に損害なきものなり。



第五百二十図

微光管を用うる方法

二次電流の曲線を微光管を廻転せしめつゝ、之に映ぜしむるときは各硬さを有する放射線の総体を間接に知るものなり。而して若し軟放射線なれば其回線は低く且つ扁平なり。硬放射線なれば高く且つ急峻なり。甚硬の放射線即ち純性に近きもの、曲線は楔状なり。故に或る範囲内までは微光管を用いて其硬さを知り得るなり。

各硬度計の比較

次に各硬度計の比較成績表を示さん。

硬度計/硬さ	甚軟	同	軟	同	中等軟	同	中等硬	硬	同	甚硬	同	過硬
ベノア(B)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ベノアワルテル(BW)	-		2-3	3-4	4-5	約5	5-6	6	-	-	-	-
ワルテル(W)	1-2	3	4	5-6	約6	7	7-8	8	-	-	-	-
ウェーネルト(We)	-	1-2	約4	6-7	7.2	8.2	8.9	10	11.2	12.0	13.5	14
半価層(HW)	-	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.6	1.8	2.0
クワリメーテル(QB)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
スクレロメーテル(SKI)	30	34	40	46	60	84	115	150	-	-	-	-
並行火花距離	-	2	4	5	6-8	4-12	15-20	20-25	25-30	-	30-35	35-40