



Title	「レントゲン」線ノ「エネルギー」測定
Author(s)	江藤, 秀雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1940, 1(2), p. 217-232
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15169
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

綜 説

「レントゲン」線ノ「エネルギー」測定

東京帝國大學醫學部放射線學教室(主任 中泉教授)

理學士 江 藤 秀 雄

Die Energiemessung der Röntgenstrahlung

Von Dr. Phil. H. Etō.

Aus der Abteilung für Radiologie der medizinischen Fakultät der
Kaiserlichen Universität zu Tokio.
(Vorstand: Prof. Dr. Nakaidzumi)

內容目次

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| I. 緒 言 | 2. 裝置ノ構造 |
| II. Dosis ノ定義 | 3. 目盛ノ更正 |
| 1. 放射線ノ強度 | V. 「エネルギー」線量測定法ト電離線量測定法 |
| 2. Dosis ノ定義 | 1. 電離「エネルギー」 |
| III. 「レ」線ノ「エネルギー」測定法 | 2. 空中線量ト水中線量 |
| 1. 原 理 | 3. 不均等「レ」線 |
| 2. 方 法 | VI. 「エルゴメーター」ト大型電離槽ニヨル比較 |
| IV. 「レントゲンエルゴメーター」ノ原理及 ビ
構造 | VII. 結 語 |
| 1. 吸收體ト熱電池 | 文 獻 |

I. 緒 言

「レントゲン」線量測定ニハ從來「レ」線ノ物理化學的作用ヲ利用スル種々ノ方法ガ考ヘラレタガ結局ハ空氣ノ電離作用ニ依ル方法ガ國際的ニ採用セラレ從ツテソノ單位ハ電氣量ニ關係テ有スルモノトナツタ。

元來線量 Dosis ノ意味ニ就テハ Christen ガ生體組織ノ單位容積ニ吸收サレタ「レ」線ノ「エネルギー」量デアルト定義シタノデアルカラ之ノ定義ニ從ヘバ 線量ノ單位ハ「エネルギー」ノ單位デアツテ「エルグ」、「カロリー」、「ワット」等ニヨリ表ハサレル筈デアル。然シ「エネルギー」ノ測定ハ通常輻射線ノ「エネルギー」ヲ熱「エネルギー」ニ轉換シテ測定スルノデアツテ「レ」線ノ場合ニハ其ノ量ガ僅少デアル爲メ充分ナ感度ヲ得ルニ困難デ測定ニ特殊ノ技術ヲ要シ從ツテ亦誤差モ多イ。此レガ爲メニ從來斯様ナ測定ハ物理學研究室ニ於テノミ可能デアルト一般ニ考ヘ

ラレテキタ。之ニ反シテ電離測定法ハ適當ナル條件ノ下ニ非常ニ正確ニ且ツ比較的容易ニ行ハレ。亦線量測定ニ最モ重要ナ再現反覆性ノ條件ヲ滿スノデ當然測定ノ基礎ガ之ニ置カレルニ至ツタノデアル。

尤モ電離現象ハ「レ」線「エネルギー」ノ一部ノ吸收ニヨリ起ルモノデアルカラ吸收「エネルギー」量ト電離トノ關係ガ明確ニナリサヘスレバ電離測定ニヨリ前述ノ意味ノ Dosis ノ知ルコトガ出來ル筈デアル。實際「エネルギー」測定ト電離測定トノ關係ハ實驗的ニモ種々研究サレテキルガ未ダ一般ニ問題トサレルニハ至ツテ居ラナイ。然シ何レニセヨ「レ」線ノ醫學上、生物學上ヘノ應用ノ際ニハ問題ハ生物學的效果ノ程度デアルカラ何ヲ單位トシテ「レ」線量ヲ測定スルノガ最モ合理的デアルカハ生體内ノ「レ」線ノ作用機構ニ深ク立チ至ツテ論ゼラルベキデアラウカラ勿論本文ノ範圍外ニ屬スル問題デアル。本文デ前述ノ意味ノ Dosis ニ基礎ヲ置イテ論ズルノハソレガ學問的ニ最モ妥當デアルカラト云フ分デハナク唯從來ノ考ヘ方ニ依ツタマデ、アル。

從來電離測定ニ關スル研究ハ山積シテ居ルガ前述ノ通り「エネルギー」測定ニ關シテハ物理學方面ノ機關雜誌以外ニハ殆ンド報告サレテ居ラナイ。然ルニ最近 Strahlentherapie = Császár ハ「レ」線ノ量ヲ「エルグ」デ測定出來ル「レントゲンエルゴメーター」Röntgenergometer ナル裝置ヲ考案シ特ニ醫學上ノ線量測定ノ問題ニ之ヲ應用シタ結果ヲ報告シテキルノデ「レ」線ノ「エネルギー」測定法ト云フ題目ノ下ニ主トシテ此ノ論文ヲ此處ニ御紹介ショウト思フ。

II. Dosis ノ定義

1. 放射線ノ強度 (Strahlungsintensität)

先づ初メニ放射線ノ「エネルギー」ト強度トノ關係ヲ定義スル。「レ」線ノ場合「レ」管ノ焦點カラ充分遠方ノ點デハ其ノ周圍ノ小サイ領域内デ「レ」線ハ殆ンド平行デアルト見做サレル。斯様ナ場合ニハ「レ」線ノ進行方向ニ垂直ニトツタ 1cm^2 ノ面積要素ニ1秒間ニ當ル「レ」線ノ「エネルギー」ヲ「レ」線ノ強度ト定義スル。

然シ一般ニハ「レ」線束ハ平行デナク擴散スルノデ強度ハ放射線ノ方向ト觀測ノ場所ニヨルカラ「レ」線ノ進行方向ニ垂直ニトツタ面積要素 ΔF = 1秒間ニ當ル「エネルギー」量 ΔE トノ比ノ極限値ト數學的ニ定義サレル。即チ、 $I_0 = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta E}{\Delta F}$ デアル。

然シ觀測點ガ焦點ヨリ少シ隔タレバ何レノ定義ニ依ルモ大差ナイノデ以下簡單ニ始メノ定義ガ總ベテ適合スルモノトシテ論ズル事ニスル。

2. Dosis ノ定義

Christen ハ 1913 年生體要素ニ吸收サレタ「レ」線ノ「エネルギー」量ヲ其ノ要素ノ容積デ除シタモノヲ物理學的線量 (physikalische Dosis) ト稱シ。之ノ中幾何カド實際生體ニ或ル效果ヲ及ボスモノト考ヘ其ノ量ヲ生物學的線量 (biologische Dosis) ト名付ケテ之ヲ區別シ。ソシテ後者

ハ前者ニ生體ニ固有ナ Sensibilitätskoeffizient ノ乘ジタモノデアルト考ヘタ。之ノ係數ハ生體ノ考フル場所及ビ個體ニ依ツテ變ルシソレヲ決定スル手段モナイ。依ツテ測定シ得ル量ヲ問題ニスル爲メ Dosis ト云ヘバ普通 physikalische Dosis ノ意味スルモノデアル。

Christen ニヨル定義ヲ式デ書キ表ハスト

$$D(\text{cm}^3) = \frac{\Delta E}{\Delta V} \text{ トナル。}$$

ΔE ハ生體要素ノ容積 ΔV 内ニ吸收サレタ「レ」線ノ「エネルギー」量デ $D(\text{cm}^3)$ ハ容積ヲ基トシテ定義サレタモノデアツテ從ツテ吸收體ノ小容積 ΔV ニ「レ」線が均等ニ吸收サレ、バ之レハ生體ノ單位容積 1 cm^3 ニ吸收サレタ「レ」線ノ「エネルギー」量デアルコトヲ意味シテキル。依ツテ $D(\text{cm}^3)$ ノ Christensche Dosis 或ハ容積線量 Volumendosis トモ稱スル。

其ノ單位ハ $\frac{\text{「エネルギー」}}{\text{容 積}}$ ヨリシテ $\frac{\text{erg}}{\text{cm}^3}$ デアル。

之ニ對シテ Behnken ハ容積ノ代リニ質量ヲ考ヘ物理學的線量ヲ生體要素ニ吸收サレタ「エネルギー」量ヲ要素ノ質量デ除シタモノト定義シタ。

從ツテ前ト同様ナ表ハシ方ヲスレバ

$$D(g) = \frac{\Delta E}{\Delta m} \text{ デアル。}$$

但シ Δm ハ要素ノ小容積 ΔV ノ質量デ一樣ナ密度 ρ (或ハ平均密度) ナル時ハ $\Delta m = \rho \Delta V$ デアル。即チ Behnken ノ Dosis (Behnkensche Dosis) ハ生體要素 1 g ニ吸收サレタ「エネルギー」量ヲ表ハスノデ質量線量 (Massendosis) ト稱スルコトガ出來ル。其ノ單位ハ $\frac{\text{erg}}{\text{g}}$ デアル。兩者ノ定義ニヨル Dosis ノ比較スルニ Abb. 1 = 示メスヨウナ底面積 Δf , 高サ Δd ナル吸收體ノ小容積 $\Delta V (= \Delta f \Delta d) = \Delta f$ ニ垂直ニ「レ」線が投射スル場合。入射線ノ強度ヲ I_0 , 吸收體ノ真吸收係數 (wahren Absorptionskoeffizient) ノ $\bar{\mu}$ トスレバ吸收體ヲ通過シタ「レ」

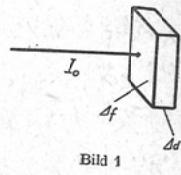


Abb. 1.

線ノ強サ I ハ $I_0 e^{-\bar{\mu} \Delta d}$ ニ等シカラ單位時間ニ吸收サレル「エネルギー」量ハ $(I_0 - I) \Delta f = I_0 \Delta f (1 - e^{-\bar{\mu} \Delta d}) = I_0 \Delta f \{1 - (1 - \bar{\mu} \Delta d)\} = I_0 \bar{\mu} \Delta d \Delta f$ デアルカラ t 時間ニハ $\Delta E = I_0 \bar{\mu} \Delta d \Delta f \cdot t = I_0 \bar{\mu} \Delta V t$ トナル。

$$\text{依ツテ } D(\text{cm}^3) = \frac{\Delta E}{\Delta V} = I_0 \bar{\mu} t$$

$$\text{每秒ノ容積線量ハ } D(\text{cm}^3 \cdot \text{sec}) = I_0 \bar{\mu}$$

$$\text{之レニ對シテ } D(g) = \frac{\Delta E}{\Delta m} = \frac{I_0 \bar{\mu} \Delta V t}{\Delta m} = \frac{I_0 \bar{\mu} t}{\left(\frac{\Delta m}{\Delta V} \right)} = \frac{I_0 \bar{\mu} t}{\rho}$$

$$\text{每秒ノ質量線量ハ } D(g \cdot \text{sec}) = \frac{I_0 \bar{\mu}}{\rho} \text{ トナル。}$$

$$\text{從ツテ } D(\text{cm}^3) = \rho D(g); D(g) = \frac{D(\text{cm}^3)}{\rho} \text{ デアル。}$$

Behnken ガ質量ヲ考ヘニ入レルコトヲ提倡シタノハ $\bar{\mu}$ ハ吸收體ノ密度 ρ ニ關係シ從ツテ溫度及ビ外壓ニ依存スルノデ特ニ「レ」線ノ空氣ニ吸收サレタ「エネルギー」量ニヨツテ起ル電離ノ問題ヲ論ズルニハ得策デナイト考ヘタカラデアル。ソコデ溫度ヤ壓力ヲ知ル面倒ヲ避ケル爲メニ其等ニ無關係ナ質量真吸收係數 $\bar{\mu}$ (wahrer Massenabsorptionskoeffizient) ノ用フルノガ

適當デアルト考ヘタ。ソシテ „r“ 定義中ニハ空氣ノ容積ヲ指定スル代リニ質量 1.29 g (標準狀態ノ空氣ノ質量) ノ用フルコトヲ推稱シタノデアル。サテ今或ル物質ノ吸收層ヲ考ヘ之レノ波長 λ ニ對スル減弱係數 (Schwächungskoeffizient) ノ μ トスルト $I_\lambda = I_{0\lambda} e^{-\mu d}$ デアルカラ

$$\mu = \frac{1}{d} \log \frac{I_{0\lambda}}{I_\lambda} \cdots (1) \text{ デアル。}$$

但シ吸收層ノ厚サヲ d 、入射線ノ強度ヲ $I_{0\lambda}$

透過線ノ強度ヲ I_λ トスル。

減弱ハ吸收ト散亂ノ過程ノ重疊ト見做サレルノデ $\mu = \bar{\mu} + \sigma s$ 、 $\frac{\mu}{\rho} = \frac{\bar{\mu}}{\rho} + \frac{\sigma s}{\rho}$ トナル。

此處ニ $\frac{\bar{\mu}}{\rho}$ ハ質量真吸收係數、 $\frac{\sigma s}{\rho}$ ハ質量散亂係數デアル。然ルニ Compton ノ式ニヨルト (A. H. Compton Phys. Rev. 21, 483) $\frac{\sigma s}{\rho} = \frac{\sigma_0}{\rho} - \frac{1+\alpha}{(1+2\alpha)^2}$

$$\alpha = 0.0242 \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\sigma_0}{\rho} = 0.4 \frac{\Sigma Z}{M}$$

(σ_0 ハ Thomson ノ古典散亂ノ散亂係數 M ハ吸收體ノ分子量、 Z ハ分子中ノ原子ノ原子番號 Σ ハ總テノ原子ニ就イテ和ヲトルコト。吸收體ガ單體ナル時ハ $\frac{Z}{A}$ トナル。A ハ原子量) デアルノデ

$$\frac{\bar{\mu}}{\rho} = \frac{\bar{\mu}}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \text{ トナル。}$$

$$\text{ソコデ } D(g) = \frac{I_0 \bar{\mu} t}{\rho} = I_0 t \left(\frac{\bar{\mu}}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right) \cdots (2) \text{ トナル。}$$

此ノ式ガ「レ」線ノ「エネルギー」測定法ニ依ツテ (例ヘバ「レントゲン・エルゴメーター」ヲ用ヒテ) 均等「レ」線ノ量線ヲ測定スル根本トナルモノデアル。先づ I_0 ハ入射線ノ強度デアルカラ之ヲ測定シ得ル。 μ ハ $\frac{1}{d} \log \frac{I_{0\lambda}}{I_\lambda}$ デアルカラ「レ」線ノ通路ニ吸收體ノ或ル厚サ d ノ濾過板ヲ置イタ時ト置カヌ時ノ強度 I_λ ト $I_{0\lambda}$ ノ測定スレバ之ノ式ヨリ求メラレル。然シ計算ノ簡單ノ爲ニ Császár ハ厚サ 4.6 cm ノ水層ヲ濾過板トシテ採用シタ。水ハ兩端ニ厚サ 0.01 mm ノ「アルミニューム」膜ヲ張ツタ「バラフィン」圓筒ニ入レ後述ノ「レントゲン・エルゴメーター」デ $I_{0\lambda}$ 、 I_λ ノ測定シ水ニ對スル μ ノ求メタ。之レヲ水ノ密度 ρ ノ除シテ質量減弱係數ヲ求メソレニ相當スル均等線ノ波長 λ ノ表ヨリ求メ。次ギニ此ノ λ ニ對スル吸收體ノ $\frac{\mu}{\rho}$ ノ探セバ良イ。 λ ガ分カレバ $\frac{\sigma s}{\rho}$ モ計算ニヨリ知ル事ガ出來ル。

從ツテ「エネルギー」測定ヨリシテ Dosis ノ計算ニヨリ求メル事が出來ルノデアル。

上述ノ理論ハ均等線ニ就イテ述ベタノデアルガ不均等線ノ場合ニハ平均波長ニ置キ代ヘル事ニヨリ同様ノ事が云ヘルノテ後節デ説明スル。

III. 「レ」線ノ「エネルギー」測定法

1. 原理

「レ」線ヲ完全ニ吸收スルヨウナ吸收體ヲ利用シソノ「エネルギー」ヲ熱「エネルギー」ニ轉換シテ其ノ溫度ヲ僅カナガラ高メ同時ニソレノ物理的性質ヲ僅カナガラ變化サセル (體積ノ變化電

導度ノ變化等)。次ニ「レ」線ノ代リニ他ノ種ノ「エネルギー」デ然モ其ノ量ヲ豫メ決定出來ルヨウナモノヲ之ノ吸收體ニ與ヘ前ノ場合ト同溫度ニスル。之ノ場合吸收サレタ「レ」線ノ「エネルギー」量ト。後カラ「レ」線ノ代リニ與ヘタ「エネルギー」量トハ等シイ筈デアルカラ後ノ「エネルギー」量ヲ知ルコトニヨリ「レ」線ノ「エネルギー」量ヲ知ルコトガ出來ル。之レガ「レ」線ノ「エネルギー」測定法ノ原理デアル。之ノ知レテキル「エネルギー」源トシテハ洞空ヨリ小孔ヲ通シテ出ル熱輻射(洞空輻射、後述)ヲ利用スルカ Hefnerlampe(1884年 Hefner ニヨリ考案サレドイツデ標準燈トシテ使用サレル。其ノ全輻射ハ W. Gerlach ニヨリ正確ニ知ラレテキル)ヲ利用スルカ或ハ亦電流ニヨル「デュール」熱ヲ利用スル。

斯ル測定ニ於テ重要ナノハ吸收體ノ選擇デアル。之レハ後ニ説明スルガ「レ」線ヲ單ニ透過シナイノミナラズ。ソノ吸收體ニ於テ發生シタ二次線ノ損失ヲ出來ルダケ小ニシ殆ンド入射「レ」線ノ「エネルギー」ヲ熱「エネルギー」ニ轉換シテシマフコトハ容易デナイ。次ニハ熱ノ形デ失ハレル損失デアツテ裝置全體ノ外部ニ對スル熱的絕緣ニ充分注意が必要デアル。熱損失ハ完全ニハ避ケ難イノデ出來ルダケ小ニシテ殘餘ハ適當ナ補償法ヲ講ジテキル。猶斯ル「エネルギー」ノ正確ナル決定ノ困難デアルノハソノ量ノ小ナルコトニアルカラ使用「レ」線管ハ水冷式ノ方が出力ガ大キクテヨイ。又對陰極が低溫デ動作スルノデ測定裝置ニ熱的擾亂ヲ與ヘルコトモ少クナイ。

一般ニ此等ノ測定ノ目的トスル所ハ單ニ「エネルギー」ソレ自體ノ量ヲ測定スル事デハナク。

i) 「レ」管ノ能率(Nutzeffekt)ノ決定。即チ供給「エネルギー」量ニ對スル「レ」線ノ「エネルギー」量ノ割合ヲ測定スルコト。

ii) 管電壓ト共ニ「レ」線ノ「エネルギー」量ノ如何ニ増大スルカヲ知ルコト。從來之レハ屢々行ハレ管電壓ノ二乘ニ略々比例シテ增加スルコトヲ認メラレテキル。電離測定ヨリ管電壓ト r^2 數トノ關係ヲ測定シタモノハ珍ラシクナイガ「エネルギー」測定ニ依ツタモノハ物理學機關雜誌以外ニハ Auren ガ Acta Radiologica ニ報告シテキル位ノモノデアル。

iii) 「レ」線ノ「エネルギー」測定ト同ジ線束デ行ツタ電離測定トノ比較。之レハ後ニ述ベルガ空氣中デ吸收サレタ「レ」線ノ「エネルギー」量ト生ズル「イオン」數トノ關係デアツテ之レヨリ1箇ノ「イオン」對テ生ズルニ必要ナ「エネルギー」量ヲ見出スコトガ出來ル。之レハ「エネルギー」測定法ト電離測定法トノ間ノ關係ヲ論ズル上ニ甚ダ重要デアル。

2. 方 法

從來行ハレタ方法ヲ列記シテミルト大體次ギノ四通リニナル。

(i)「ボロメーター」法(bolometrische Methode)

「ボロメーター」ハ輻射熱ノ測定ニ利用サレル抵抗寒暖計ノ一種デ。普通數枚ノ薄イ白金ノ箔ヨリ出來テキル。輻射線ノ「エネルギー」ガ之ニ吸收サレルト其ノ溫度ノ上昇ニ比例シテ電氣抵抗ガ變化スル。之ノ變化ヲ測ツテ輻射「エネルギー」ヲ測定スルノデアル。普通之レヲ「ホイー

トストン」橋ノ1ツノ臂ニ插入シテ初メ電流計ノ振レヌヨウニ調節シテオクト輻射「エネルギー」ヲ吸收シテ溫度ガ上昇スルト鈎合ヲ失ツテ電流ガ流レルノデ之レニヨリ抵抗ノ變化ヲ知ル事が出來ル。

Terrill ハ鉛ノ「コイル」ヲ抵抗寒暖計トシ動カセタ。之ノ際「レ」線ハ鉛ニ依ツテ吸收サレソノ溫度ヲ高メル。吸收「エネルギー」ヲ知ルニハ「コイル」ニ電流ヲ通シテ之ヲ加熱シ同ジ抵抗ノ變化ヲ生ズルヨウニ電流ヲ加減シ「レ」線ヲ吸收シタ場合ト同溫度ニスルコトガ出來ル。電流ト抵抗値ヨリ之ノ際與ヘタ熱「エネルギー」量ヲ知ル事が出來ル。

(ii) 氣體寒暖計法 (Luftthermometermethode)

氣體寒暖計ノ硝子容器ニ鉛ノ如キ金屬片ヲ入レ亦之ノ容器ト毛細管ヲ連結シテソノ中ニハ液滴ヲ入レテヲク。今「レ」線ガ金屬片ニ照射スルトソノ「エネルギー」ノ吸收ニヨリ金屬片ノ溫度ハ上昇シ周圍ノ空氣ニ熱ヲ與ヘ膨脹セシメル。空氣ノ膨脹ニヨツテ毛細管内ノ液滴ハ移動スルノデ之ノ移動距離ヲ測定スル。之レモ他ノ種ノ「エネルギー」デ更正サレネバナラナイ。亦 Dorn, Grebe 及ビ Kriegesmann 等ノヨウニ2箇ノ容器ヲ毛細管ト連結シ各容器ニ1枚ノ鉛板ヲ入レテ之等2箇ノ鉛板ノ中一方ヲ「レ」線デ照射シ同時ニ他方ニハ電流ヲ流シテ兩板ガ同溫度ニナルヨウニ加熱スル方法モアル。加熱電流ノ強サノ調節ハ液滴ノ移動ヲ顯微鏡デ觀察シテキテ何レヘモ移動シナイヨウニスレバ良イ。

コノヤウニシテ同時ニ比較シ補償シテ行フコトモ出來ル。

(iii) 「カロリメーター」法 (kalorimetrische Methode)

或ハ液體寒暖計法(Flüssigkeitsthermometermethode)二重硝子壁容器ノ壁間ニ液體ヲ満シ。

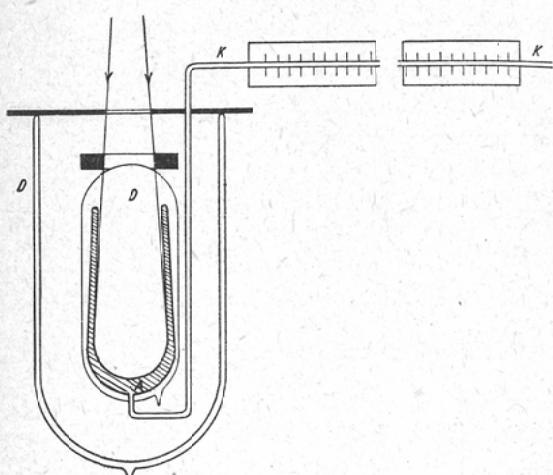


Abb. 2.

管中ノ液體ハ膨脹スルカラ之ヲ測定シタ。溫度ヲ一定ニ保ツ爲メニ吸收體Aヲ Dewar 罐(魔法罐) Dニ入レテ之ヲ更ニ水容器ニ埋メタ。

更ニ之ヲ毛細管ニ連結スル。液體其レ自體ニ或ハ其ノ中ニ鉛球ヲ入レテ「レ」線ヲ照射スレバ吸收ニヨリ溫度ガ昇リ周圍ノ液體ハ熱セラレテ毛細管ノ中デ膨脹スル。從ツテ(ii)ノ場合ト同様ニシテ測レル。又「レ」線ヲ良ク吸收スルヤウナ液體トシテ例ヘバ水銀ヲ用ヒテモ良イ。Abb. 2 ハ Rump ノ使用シタ裝置ノ概要デ鉛ノ小球ヲ入レタモノヲ用ヒタ。「レ」線ノ「エネルギー」ヲ吸收シテ溫度ガ上昇スルト水平ニ置カレタ長サ約 60 cm. 直徑 0.01 cm の毛細

Rump ハ之ノ方法デ 1.10^{-6} cal/sec チ讀メルト云フ。

之ノ裝置ヲ用ヒテ空氣中デ「イオン」對ヲ生ズルニ要スル「レ」線ノ「エネルギー」ノ測定ヤ「レ」管ノ能率ヲ調ベタ。

(iv) 热電氣ニヨル方法(thermoelektrische Methode)

之ノ方法ハ「レ」線ヲ熱電池(Thermoelement)=照射シ接合點ヲ加熱スルコトニヨリ熱電流ヲ流シ次ギニ他ノ既知ノ「エネルギー」ヲ「レ」線ノ代リニ與ヘテ前ト同ジ電流ヲ流スコトニヨリ「レ」線ノ吸收「エネルギー」ヲ知ル方法デアル。

Kuhlenkampff ハ之ノ方法ヲ用ヒテ「レ」線ニヨリ空氣中ニ「イオン」對ヲ生ズルノニ必要ナ「レ」線ノ「エネルギー」ヲ實驗的ニ求メタガ之レハ後節ニ關係ノ深イ事柄デアルノデ其ノ裝置ヲ Abb. 3 ニ依ツテ説明スル。「レ」線東ハ濾過板 S_1 ヲ經テ細隙 S_2 ニヨリ幅 2.1 mm. 長サ 24 mm の線束ニナリ之レガ熱電離(Th)ニ照射スル。Th ハ 8 箇ノ鐵一蒼鉛ヨリナリ之ノ接合點ヲ厚サ 0.1 mm. 面積 4.5 mm^2 ノ 8 箇ノ銀片デ支ヘテキル。

「レ」線ハ銀片ニ吸收サレ其ノ溫度上昇ニヨル熱電流ヲ電流計デ讀ム。入射「エネルギー」 $7.5 \cdot 10^{-9} \frac{\text{erg}}{\text{sec}}$ チ讀ムコトガ出來ル。

「レ」線ノ波長ノ長イモノハ勿論完全ニ吸收サレルガ使用「レ」線ノ最短ノモノモ 85% マデ吸收サレルト云フ。

下方ニ見ヘルノハ電離槽デ之レハ同ジ線束デ電離測定ヲ行ツテ比較スル爲メデアル。

槽壁ハ木製デ「アルミニューム」粉ヲ擦り込ミ電導性ヲ附與シタ。電極ハ直徑 0.5 mm ノ「アルミニューム」線ヲ格子狀ニ並ベテアル。亦 Auren ハ補償日射計 Compensation pyrheliometer(日光ノ「エネルギー」ヲ熱ノ形ニ變ヘテ強サヲ測定スルモノ)デ Knut Angstrom ガ使用シタノ原理ニ基ズキ 2 枚ノ金屬板ノ中一方ヲ「レ」線ニ照射シ。他ノ 1 枚ヲ電流デ加熱シテ同溫度ニナルヨウニスル。之ノ同溫度デアルカドウカハ熱電池ニヨツテ知ルコトガ出來ル。熱電堆ハ鐵一「コンスタンタン」ノ組合デ銀デ接合シテアル。2 箇ノ熱電堆ヲ丁度互ノ熱動電力ガ

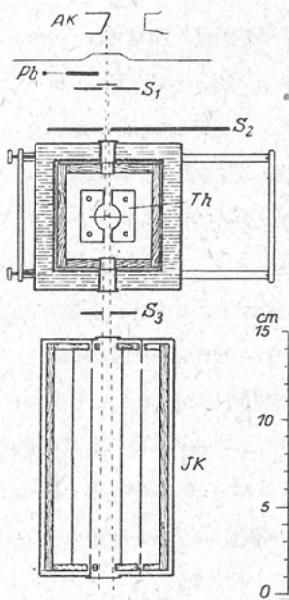


Abb. 3.

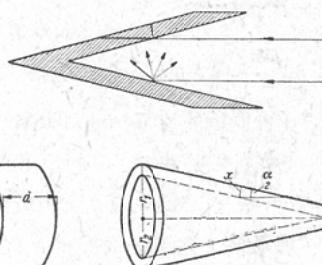


Abb. 4.

反対ニ作用スルヨウニシテ置クト2箇ノ吸收板ノ溫度差ガ現ハレタ時ニ電流ガ流レ之レヲ電流計デ知ルコトガ出來ル。即チ「レ」線ヲ照射シタ場合吸收板ニ吸收サレタ「エネルギー」ニヨル溫度ノ上昇ヲ他方ノ板ニ電流ヲ通シテ加熱シテ電流計ノ針ノ振レヌ迄補償スルノデアル。ソシテコノ給與「エネルギー」ヲ求メルニハ加熱導線ノ抵抗ト補償電流ノ強サヨリ計算スレバ良イ。猶他ニモ附記スペキ事ハアルガ差當リ必要デナイノデ省略スル。

IV. 「レントゲン・エルゴメーター」(Röntgenergometer)ノ原理及構造

1. 吸收體ト熱電池

Császárノ考案シタ裝置ハ「レ」線ノ「エネルギー」測定ヲ「エルグ」單位デ行フ事が出來ルト云フ意味デ「レントゲンエルゴメーター」(Röntgenergometer)ト呼バレル。

ソノ方法ハ前節ノ(iv)ニ屬スルモノデアル。

以下簡單ノ爲メニ「エルゴメーター」ト略稱スルコトニスル。

(1) 「レ」線吸收體(Strahlungsempfänger)

輻射線ノ「エネルギー」ヲ正確ニ測定スル爲メニハ之ヲ完全ニ吸收シテ全部熱ノ「エネルギー」ニ轉換スルヨウナモノヲ吸收體トシテ選バナケレバナラナイ。光學ニヨレバ一般輻射線ニ對シテハ之レハ黒體(Schwarzer Körper)デアル。「レ」線ガ物體ニ照射スル時ハ之ヲ透過スル「レ」線ノ外ニ二次線トシテ電子線及ビ散亂「レ」線第二次固有線ヲ發生スル。之レハ「レ」線ノ一部ガ吸收サレテ光電子及ビ固有線ヲ發生スルノト古典的散亂及ビ量子的散亂ニヨル散亂「レ」線及ビ反跳電子ノ發生スルノトニ依ルモノデアル。

從ツテ完全吸收體ニ近クスル爲メニハ單ニ「レ」線ヲ透過シナイト云フダケデハ不充分デ出來ルダケ二次線ノ發生ヲ少クスルカ或ハ發生シテモ再ビ吸收シテシマフヨウニシナケレバナラナイ。換言スレバ入射「レ」線ノ「エネルギー」ガ外部ニ逸出スルコト無ク殆ンド全部熱「エネルギー」ニ轉換シテシマハナケレバナラナイ。

勿論吸收體ノ内部ニ於テ發生シタ二次線ハ之レガ表面ニ出ル迄ニ再吸收サレル機會ガ多イ。例ヘバ光電子ハ吸收體内部ヲ走行中原子ニ衝突シテ次第ニ運動ノ「エネルギー」ヲ失ヒ結局熱「エネルギー」ニ轉換スル(再ビ「レ」線ヲ發生スルコトモ考ヘラレルガ其ノ割合ハ非常ニ少ナイ)。從ツテ「エネルギー」ノ損失トシテハ吸收體表面ニ於テ發生シタ二次線ニヨルモノガ最モ多イデアラウカラ吸收體ノ形狀ハ成ルベク之ヲ再吸收スルヨウナ形狀ヲ選ブコトガ良イト考ヘラレル。所デ散亂係數ハ元素ニ依ツテヒドク變化シナイガ吸收係數ハ原子番號ノ3乗ニ比例スルカラ吸收物體トシテ原子番號ノ大キイ例ヘバ鉛、白金、金「タンクステン」等ノ重金屬ヲ用ヒ其ノ層ノ厚サヲ充分ニ厚クスルコトニヨリ大體其ノ要求ヲ満スコトガ出來ル。之ノ層厚ハ使用スル「レ」線ノ線質ニヨリ決定スベキデ不要ニ厚クスルコトハ熱容量ヲ増スカラ良シクナイ。今單色「レ」線ニ就テ入射「レ」線ノ強サヲ I_0 、吸收層ノ厚サヲ d ド通過後ノ強サヲ I トスレバ其ノ波長ニ對シテ減弱係數 μ ナル場合 $I = I_0 e^{-\mu d}$ ナル式ガ成リ立ツカラ通過「レ」線ノ強サガ入射「レ」線ノ

強サノ1%以下ニ成ルニハ $\frac{I}{I_0} = e^{-\mu d} < \frac{1}{100}$ 従ツテ $\mu d > 4.7$ デアル。實際測定ニ當ツテハ通過「レ」線ハ1%位ニハ減ジナケレバ正確ナ測定ハ出來ナイカラ之ノ不等式ヨリ大體最小ノ層ノ厚サ d ヲ決定スル事が出來ル。一般ニハ「レ」線ハ廣範囲ノ波長域ヲ含ムカラ最短波長ニ就イテ厚サヲ定メルベキデアル。例ヘバ管電壓180KVpノ場合ソノ限界波長ハ0.07Å デアルカラ2mm (=0.2cm)ノ厚サノ鉛ヲ使用スレバ充分デアル ($\mu d = 23.9 \times 0.2 = 4.78$)。本裝置デハ鉛—「タングステン」ノ合金ヲ使用シタガ之ノ合金ハ「スペクトル」ノ總テノ領域ニ圍リ各一種ノ金屬ヲ用フルヨリモ均等ニ吸收スルト云フ。

次ニ吸收體ノ形狀ニ就テ、アルガ一般ノ輻射「エネルギー」ノ場合ニハ輻射ヲ透過シナイ壁デ圍シダ洞空(Hohlraum)ヲ用ヒ其ノ全體ノ壁ニ比シテ非常ニ小サイ孔ヲ開ケ之ノ孔ヲ通シテ入射シタ輻射「エネルギー」ガ内部デ其ノ壁ニ吸收サレテ外ニ再ビ現ハレヌヨウニシタ所謂黒體ト考ヘラレルモノヲ利用スルノガ一番良イ。ソコデ「レ」線ノ場合モ之ニ倣ツテ成ルベク洞空様ノ形狀ノモノニスペキデアルト考ヘラレル。Kegerrisハ厚サ1.6mmノ鉛デ底ノ深イ圓墻ノ椀形吸收體ヲ製作シテ用ヒタ。彼ノ測定ハ100~200KVpデ行ハレタガ「レ」線ガ椀ノ底面ニ於テ發生シタ二次線ハ側面デ殆ンド吸收サレ少クモ99%ノ「レ」線ヲ利用スルコトガ出來タト云フ。

本裝置デハAbb. 4ニ示スヨウナ楔形ノモノヲ製作シタ。之レハ厚サハ薄イガ之ノ軸ノ方向ニ「レ」線ヲ照射スレバ「レ」線ハ側壁ヲ斜メニ通過スルカラ通路ノ長サハ側壁ノ厚サヨリ長クナル。

之ノ形狀ノ特長ハ(i)壁ノ薄イ割ニ「レ」線ノ通路ノ長サノ長イコト。(ii)洞空様ノ形狀ヲナスクトデ同ジ質量ノモノニ比シテ吸收體トシテ遙カニ優ツテキル。

今同質量デ底面積ノ等シ圓板ト比較シテミヨウ。圖ニ於テ圓板ノ厚サ d ハ簡単ナ計算ヨリ直チニワカル如ク $d = \left[\frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{3r_1^2} (r_1 - r_2)^2 \right] \frac{X}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ デアル(記號ハ圖参照)。

從ツテ非常ニ薄イ壁ノ場合ニハ $r_1 \sim r_2$ デアルカラ之ノ楔形吸收體ノ厚サ $x \sim d \sin \frac{\alpha}{2}$ デアル。然ルニ $\frac{x}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ ハ楔形吸收體ノ軸ニ平行ニ「レ」線ヲ送ツタ場合ノ吸收層内ノ通路ノ長サニ等シイカラ結局圓板ノ厚サ d ニ等シクナル。

從ツテ質量ガ同ジデ吸收層ノ厚サガ等シクテ形狀ガ洞空ニ近ク表面ヨリノ二次線ガ側壁デ再吸收サレル機會ノ多イト云フ利點ヲ持ツテキル。

Császárハ頂角ノ大イサヲ $\alpha = 30^\circ$ トシタ。亦側壁ノ厚サ $x = 0.4$ mm デ底面ノ半徑 $r_2 = 0.59$ cm デ材料ハ鉛「タングステン」(各50%)ノ合金デ其ノ質量ハ約2gデアル。吸收體内ノ「レ」線ノ通路ノ長サハ $d \sim \frac{x}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0.4}{\sin 15^\circ} \div 4 \times 0.4 = 1.6$ mm デアル。

$$\text{波長 } 0.07 \text{ Å } = \text{對シテ此ノ合金ノ質量減弱係数ハ } \frac{\mu}{\rho} = \frac{1}{2} - \frac{\mu_{P6}}{\rho_{P6}} + \frac{1}{2} - \frac{\mu_W}{\rho_W} = \frac{1}{2} \times 2.11 +$$

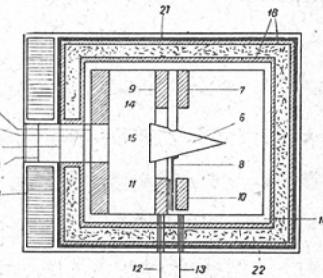


Abb. 5.

$$\frac{1}{2} \times 1.95 = 2.03$$

密度 $\rho = 14.2$ デアルカラ

$$\frac{\mu}{\rho} \times \rho \times d = 2.03 \times 14.2 \times 0.16 = 4.61 \text{ トナル。}$$

(ii) 热電池(热電對) (Thermoelement)

吸收體ガ「レ」線ノ「エネルギー」ヲ吸收シテ溫度ガ昇ルト其ノ周圍ニ絶ヘズ熱量ヲ供給スルガ其ノ割合ハ溫度ノ上昇ト共ニ増加シ遂ニ平衡狀態トナリ吸收熱量ハ放熱量ト等シク溫度ハ一定トナル。今熱電對ヲ用ヒテ加熱ヲ測定スル場合ニ吸收體ト其ノ周圍ノ非照射部トノ間ノ斯ル定常狀態ニ於テ引キ續キ溫度差ガナケレバナラナイ。之レニハ非照射部ノ金屬ノ質量ヲ吸收體ニ比シテ大キクシ吸收體ヨリソレニ熱ノ移行スル割合ヲ出來ルダケ小サクスルコトデ之レガ熱電對ノ感度ヲ良クスル要件デアル。波長ノ短イ「レ」線ニ對シテハ吸收體ハ厚クナリ質量ガ大キクナルノデ非照射部ノ質量ハ大變大キクナル。(吸收體ノ質量ガ大キクテモ熱電池ノ感度ノ大キイノハ此ノ爲デアル。Johansen ハ熱電池ノ感度ヲ良クスル爲メノ條件ヲ研究シタ。上述ノ原理ハ之ニ基ズク。Kulenkampff も測定ノ時之ヲ考慮シテキル)。

僅少ナ溫度差ヲ測定スル爲メニハ高感度ノモノヲ使用セネバナラヌ。之ニハ Te-Ag (Tellur-Silber) ヲ用ヒタ。

2. 装置 J 構造

Abb. 5 = 於テ(6)ハ「レ」線吸收體デ之レニ Te 棒ト Ag 線(8)ガウッド氏合金デ接合サレテキル。(Wood の發明シタ易融合金デ Bi, Pb, Sn, Cd 等ヨリナリ融點ガ $66^{\circ}\sim 71^{\circ}\text{C}$ デ甚ダ低イ)。斯様ニシテモ熱動電力ハ Te ト Ag が直接接觸シテキル場合ト變リナイ。(14)ハ厚サ 1 cm ノ鉛板デ此ノ圓板ノ中央ニ入射口(15)ヲ設ケ「レ」線ハ之レヲ通シテノミ吸收體ニ照射スルノデ熱電對ノ非照射部ノ溫度ハ「レ」線ヲ照射シテモ影ニナリ一定ニ保タレル。其ノ上ソレ等ノ部分ヲ更ニ吸收體ニ比シテ大キイ厚イ真鑑板(7), (9), (10)ト良ク接觸スルヨウニ作ツテアル。(16)ハ是等ヲ取り圍ム厚サ 6 mm ノ真鑑函デアル。斯様ナ實驗ニハ特ニ外部トノ熱的絕緣ガ肝要デアルカラ真鑑函ノ外側ヲ木製ノ二重壁(18)デ作リ此ノ壁間ハ絨毛ヲ以ツテ充タシ更ニ之ヲ取り圍ンデ鐵(21)及ビ真鑑(22)製被覆ヲホドコシテアル。亦「レ」線ノ入射口側ニハ先ヅ外部ヨリ内部ニ向ツテ「アルミニューム」薄膜(24)(厚サ 0.01 mm), 2枚ノ紙膜(20), (19), 最モ内側ニ「アルミニューム」薄膜(17)(厚サ 0.01 mm)ヲ張リ「レ」線以外ノ輻射線ヲ遮断シテキル。

入射口ノ側壁ニ厚サ 1 cm ノ水層(23)ヲ置キ之レモ外部ノ熱作用遮断ノ役目ヲスル。之レハ(24)ト金屬線デ連結シテキル。裝置ノ壁ヲ貫イテキル導線(12), (13)ハ熱電流ヲ外部ニ導クモノデ外部デハ數米ノ屈撓性金屬蛇管ノ中ヲ通り「レ」管ヨリ充分離レタ場所ニ置イテアル電流計ニ連結シテキル。即チ此ノ電流計デ熱電流(或ハ熱電氣力)ヲ測定スルノデ示度ハ顯微鏡デ讀ム。Hartmann-Braun ノ動「コイル」型ノ電流計デ勿論其ノ感度ハ非常ニ高イ。電流計ノ外函ハ真鑑製デ接地シテアル。Abb. 6 ハ裝置ノ全形ヲ示ス。壁ノ途中ノ臺ノ上ニアルノガ電流計デ

アル。

3. 目盛ノ更正

毎秒吸收體ニ吸收サレル「エネルギー」量ガ何「エルグ」ニ相當スルカテ知ル爲メニハ豫メ目盛ノ更正ヲ行ツテオムク必要ガアル。之ニハ黒體輻射ヲ利用シタ。即チ電熱ニヨリ加熱サレタ黒體ノ内部ヨリ放射サレル輻射「エネルギー」デアル。(黒體ノ構造ハ先キニ述ベタヨウナモノデアルガ普通壁ヲ磁器デ作リ之レヲ電熱デ加熱スル)。此ノ黒體ノ溫度ハ水銀寒暖計デ測ル。Abb. 7ノ左端ニ黒體輻射ヲ行フ容器ガアル。

輻射線(熱線)ノ出口ニ流水ヲ通シテ冷却シテキル黑色ノ「ブリキ」ノ容器ガアル。之レニヨリ輻射線ノ通路ヲ自由ニ開閉スル。水温ハ室温ノ程度デアル。之ノ場合ニハ吸收體装置ノ輻射線ヲ遮ヘギルヨウナモノ「アルミニューム」紙膜等ハ除カナケレバナラナイ。輻射線ノ通路ヲ開イテ裝置全體ガ定常狀態ニナツテカラ電流計及ビ寒暖計ノ示度ヲ讀ム。毎秒吸收體ニ當ル輻射「エネルギー」ハ $E_s = \frac{\sigma}{\pi} (T_s^4 - T_w^4) \frac{f_1 f_2}{D^2}$ デアル。

$$\text{但シ } \sigma = 5.774 \left(\frac{\text{erg}}{\text{sec. cm}^2 \text{grad}^4} \right) \quad (\text{Stefan-Boltzmann の法則})$$

T_s=黒體ノ絕對溫度 (黒體ノ全輻射「エネルギー」ハソノ絕對溫度ノ4乗ニ比例スル)

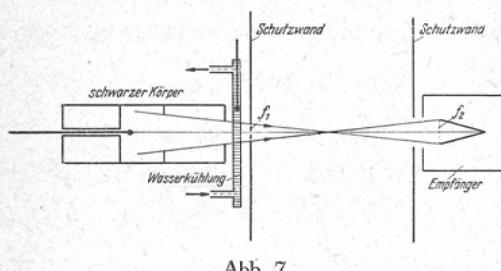


Abb. 7.

(cm)

斯様ナ實驗ヨリシテ結局此ノ裝置デハ1目盛ニ相當スル毎秒ノ「エネルギー」量ハ $4.20 \left(\frac{\text{erg}}{\text{sec}} \right)$ デアルコトガ分カツタ。ソコデ吸收體ノ底面積 1.09 cm^2 デ除セバ電流計ノ1目盛ハ底面ニ於イテ之レニ垂直ニ投射スル「レ」線ノ強サガ $\frac{4.20}{1.09} (= m \text{ ト オク}) \left(\frac{\text{erg}}{\text{sec cm}^2} \right)$ デアルコトニ相當スル。ソコデ一般ニ底面ニ垂直ニ投射スル「レ」線ヲ測定シテ電流計ノ讀ミガ a デアレバ底面ニ於ケル「レ」線ノ強サ I_0 ハ $I_0 = A \cdot m \left(\frac{\text{erg}}{\text{sec cm}^2} \right)$ デアルコトヲ知ル。

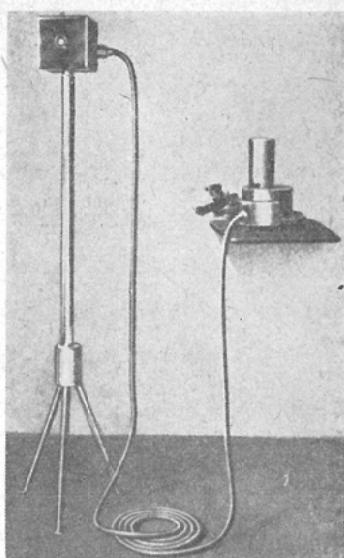


Abb. 6.

T_w=冷水ノ絕對溫度

f₁=輻射線通路ノ開口ノ面積

f₂=吸收體ノ底面積

D=f₁ 及ビ f₂ 間距離

f₁, f₂ ハ圓形デ其ノ半徑ヲ r₁, r₂ トスレバ

$$E_s = \pi \sigma (T_s^4 - T_w^4) \left(\frac{r_1 r_2}{D} \right)^2$$

$$(r_1 = 0.56; r_2 = 0.59; D = 41.95)$$

V. 「エネルギー」線量測定法及ビ電離線量測定法

(energetische Dosimetrie u. Ionisationsdosimetrie)

1. 電離「エネルギー」

「エネルギー」的線量測定法=依レバ「レ」線ノ「エネルギー」ヲ絕對的ニ測定シテ(2)。式ヨリ計算スレバ定義ニ一致スル線量ガ得ラレル。之ニ對シテ電離線量測定ハ空氣ニ吸收サレタ「レ」線ノ「エネルギー」ヲ測定スルモノデアル。

本節デハ此ノ兩方法ノ關係ヲ調べテミル。「レ」線ガ氣體中(空氣)デ1對ノ「イオン」ヲ生ズルニ幾何ノ「エネルギー」ヲ消費スルカト云フコトハ既ニ多クノ人々ニヨリ研究サレタ。然シ斯カル電離「エネルギー」ノ測定ハ何レモ非常ニ正確ナモノトハ云ハレチ。

Kuhlenkampff ハ强度ヲ充分ニスル爲メ結晶デ反射サセタヨウナ全ク均等ナ「レ」線ヲ用フルコトハ出來ナカツタガ種々ノ金屬ノ對陰極ヲ使用シソノ金屬ノ K_{α} 線ノ附近ノ極ク狹イ領域ヲ適當ナ濾過板(ソノK吸收端が望ム K_{α} 線ヨリ少シ短イ所ニアルモノ)ヲ通シテ選ビトツタ。然シ本當ニ單色線デハナイノデータ分光計(結晶及ビ電離槽)デソノ強度波長分布ヲ調べ、ソノ固有線ノ含マレテキル割合ヲ調べキル。此ノ測定ノ結果ハ先づ均等線ヲ利用シタノト大差ナキモノト見做シテ良イ。

ソノ裝置ノ概要ハ既ニ説明シタ通リデアル。其ノ結果 $0.56 \sim 2 \text{ \AA}$ ニ於テ線質ニ無關係ニ1對ノ「イオン」ヲ生ズルニ 35 eV チ要スル(1 eV トハ電子ヲ電位差 1 V デ加速セル場合ニ電子ノ得ル「エネルギー」。電子「ボルト」Elektronvolt ト云フ)。Rump ハ例ノ「カロリメーター」法ニヨリ色々ノ管電壓ノ「レ」線ヲ相當濾過シテ比較的波長ノ短イ阻止線部分ヲ利用シテ測定シタ。此ノ際波長ノ短イモノデハ電離ハ反跳電子ニモ起因スルノデ Compton 式ニヨツテ使用「レ」線波長域ノ有效波長ヲ適當ニ撰シ反跳電子放出ノ「エネルギー」ヲ計算シタ。

Rump ノ結果ニヨルト $0.5 \sim 0.13 \text{ \AA}$ -ニ於テ 33 eV デアル。

Kricher-Schmitz ハ空氣寒暖計及ビ鉛線「ボロメーター」デ測定シテ $0.5 \sim 1.5 \text{ \AA}$ -デ線質ニ依ラヌコトテ認メタガ數値ハ前述ノト少シ異ナリ波長が短クナルトソレヨリ大キナ值ヲ示スヨウニナツタ。然シ實驗誤差ガ大キイノデ確實ナコトハ云ハレナカツタ。

亦 Eisl (Ann. d. Phys. 3, 1929) ハ $9 \sim 59 \text{ KV}$ ノ電子線ヲ用ヒテ行ツタ。結局以上及ビ其ノ後ノ實驗ニヨルト大體 $0.12 \sim 2 \text{ \AA}$ -ノ範圍デ $32.2 \pm 0.5 \text{ eV} = 5.12 \cdot 10^{-11} \text{ Erg}$ ニナル。

即チ線質ニ依ラズ此ノ範圍デハ同量ノ「エネルギー」ガ吸收サレ、バ同ジ電離ヲ惹起スル。

所デ電子ノ荷電量ヲ $4.77 \cdot 10^{-10} \text{ E.S.E.}$ (靜電單位) デアルトスレバ 1 E.S.E. ハ $\frac{1}{4.77 \cdot 10^{-10}}$ 箇ノ電子ノ電氣量ニ相當スル。或ハ $2.09 \cdot 10^9 (= \frac{1}{4.77 \cdot 10^{-10}})$ 「イオン」ニ相當スル。然ルニ1箇ノ「イオン」對テ生ズルニハ $5.12 \cdot 10^{-11}$ 「エルグ」ノ「レ」線「エネルギー」量ガ必要デアルカラ全體デ $5.12 \cdot 10^{-11} \times 2.09 \cdot 10^9 = 0.107$ 「エルグ」トナル。從ツテ、 1 E.S.E. ノ電氣量ヲ生ズル爲メ

ニハ 0.107「エルグ」ノ「レ」線「エネルギー」量ガ標準狀態ノ空氣 1 cm³ (0.00129 gr) = 吸收サレバ 1,,r["]トナル。即チ 1r ~ 0.107 erg/cm³ (大約 1r ~ 1/10 erg/cm³) 逆 = 1 erg/cm³ ~ 9.31,,r["] 又質量單位ニスルト $\frac{0.107}{0.00129} = 83 \text{ erg} (= 0.198 \cdot 10^{-5} \text{ cal})$ 。

2. 空中線量ト水中線量 (Luftdosis u. Wasserdosis)

深部量ノ測定線量ノ空間的分布ノ研究ニ水「ファントーム」ノ用ヒラレルノハ水ニ吸收サレル「レ」線「エネルギー」量ト人體軟部ノ吸收スルソレトガ略々等シト云フ理由ニヨル。之ニ對シテ空氣ノ吸收スル「エネルギー」量ハ之レト平行關係ニアルト見做サレテキル。從ツテ水ト空氣トハ線量ノ測定ニハ最モ關係ノ深イモノデアル。

先づ空氣ニ吸收サレル「エネルギー」量 Luftdosis (空中) 又ハ空氣中線量) = 就テ前述ノ兩方法ノ關係ヲ調ベヨウ。

Luftdosis ハ先キノ公式ニ依レバ

$$D(\text{cm}^3, \text{sec})L = I_0 \rho \left(\frac{\mu}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right)_{\text{Luft}} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3 \text{sec}}$$

デアルカラ I_0 ニ對スル「エルゴメーター」ノ讀ミヲ a トシテ時間ノ單位ヲ分ニトルト

$$D(\text{cm}^3, \text{min})L = 60 ma \rho \left(\frac{\mu}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right)_{\text{Luft}} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3 \text{min}}$$

$$\text{空氣ニ對シテ } \rho = \frac{1}{773} \left(\frac{g}{\text{cm}^3} \right) \text{ デアルカラ}$$

$$D(\text{cm}^3, \text{min})L = \frac{60ma}{773} \left(\frac{\mu}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right)_{\text{Luft}} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3 \text{min}}$$

トナル。

然ルニ 1,,r["] ~ 0.107 erg/cm³ デアルカラ D(cm³, min)L チ,,r["] デ表ハセバ (之ヲ D(r, min) ト記ス)

$$D(r, \text{min}) = \frac{60m a \left(\frac{\mu}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right)_{\text{Luft}}}{773 \times 0.107} \frac{r}{\text{min}} \text{ トナル。}$$

今或ル「レ」線ニ就イテ $I_{0\lambda}$ (入射「レ」線ノ強サ) チ「エルゴメーター」デ測定 シ次ギニ前述ノ水層濾過板ヲ通過セル「レ」線ノ強サヲ測定スレバ其ノ「レ」線ノ水ニ對スル質量減弱係數ガ分カルカラ表ヨリ波長 λ ノ空氣ニ對スル $\frac{\mu}{\rho}$ 及ビ $\frac{\sigma s}{\rho}$ チ見出スコトニ依ツテ此ノ式ヨリ,,r["] デ線量(電離線量)ヲ知ルコトガ出來ル。

一々計算ヲスル手數ヲ省ク爲メニ $I_{0\lambda}$ ト I_λ トニ相當スル「エルゴメーター」ノ讀ミヨリ直チニ D(r, min) ノ分カルヨウニ表ヲ作製シテオケバヨイ。

更ニ簡單ニ考ヘルコトモ出來ルノデアツテ。0.1~0.15 A ノ範囲デハ $\left(\frac{\mu}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right)_{\text{Luft}} \sim 0.0315$ デアルカラ之レト m ノ値トカラ D(r, min) = 0.0880 * a * r/min ~ a $\frac{9}{100} r/\text{min}$ トナル。從ツテ此ノ時ハ唯1回ノ測定ニテ足リル。

水ノ場合質量單位デトルト

$$D(g, \text{min})w = 60 \text{ ma} \left(\frac{\mu}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right)_{\text{Wasser}} \frac{\text{erg}}{\text{g}, \text{min}}$$

依ツテ前ト全ク同様ニ $I_{0\lambda}$ ト I_λ トテ測定スレバヨイノデアツテ之レモ一々計算ヲヤラズトモ直チニ分カルヨウニ表ヲ作ツテオクトヨイ。

$$\begin{aligned} \text{更ニ簡単ニスルニハ波長 } 0.1 \text{ ヨリ } 0.15 \text{ Å-(深部治療ニ重要ナル範囲) デハ } & \left(\frac{\mu}{\rho} - \frac{\sigma s}{\rho} \right)_{\text{Wasser}} \\ \sim 0.0335 \text{ デアルノデ } D(g, \text{min})w = & \\ = a. 7.74 \frac{\text{erg}}{\text{g}} \text{ min} \sim a. \frac{8}{100} \frac{\text{hekt erg}}{\text{g}, \text{min}} & \\ (1 \text{ hekt erg} = 100 \text{ erg}) & \end{aligned}$$

依ツテ入射「レ」線强度ヲ「エルゴメーター」ニテ唯1回測定スレバ略々正シイ値ヲ得ルコトガ出来ル。

之レヨリ容積線量ヲ導クニハ水ノ密度ヲ乘ズレバ良イ。サテ以上ノ結果ヨリ見テ $\frac{\text{hekt erg}}{\text{g}}$ 單位ノ毎分水中線量ノ數値ガ、単位ノ毎分空氣中線量ノ數値ト略々等シト云フ事ハ興味アル事デアル。

3. 不均等「レ」線

今迄取扱ツテ來タノハ單色「レ」線ノ場合デ從ツテ問題ハ比較的簡單デアルガ一般ノ場合ニハ「レ」管ヨリノ放射線ヲ其ノ儘使用スルノデ多クノ波長ヲ含ンダ不均等線デアルカラ複雜ニナル。ソコデ議論ヲ成ルベク簡單ニ推シ進メテ行ク爲メニハ斯様ナ混合線ヲツノ波長ヲモツタ均等線ニ置キ代ヘルコトガ必要デアル。夫レニハ平均波長 (mittlere Wellenlänge) ガ利用サレル。第一ニ此ノ均等線ト混合線トハ同一ノ强度ヲ有スルコト、第二ニ選バレタ或ル濾過板ニヨリ等シイ減弱ヲ受ケルコトデアル。此ノ波長ヲ定メルニハ前ノ均等線ノ場合ト同様デアルガ。唯 $I_{0\lambda}$, I_λ ノ代リニ混合線ノ强度 I_0 , I ニヨツテ置キ代ヘル。之レヨリ實驗的ニ分カル μ ハ平均減弱係數デアツテ之ニ相當スル波長ガ平均波長デアル。水ノ Dosis ヌ求メル時ニハ適當ナ厚サノ水濾過板ガ之ニ用ヒラレル。

所デ深部治療用「レ」線ハ實際比較的強ク濾過サレタモノ (例ヘバ銅ノ 0.5~1 mm) デアルカラ相等ニ均等ニ近クナツテ居リ。水層ノ厚サガ 5 cm 内外デアルト測定ノ結果ハ水層ノ厚サニ無關係デ殆ンド均等線ト同様デアルコトガ示サレル。斯様ナ場合ニハ均等線ニ就テ述ベタ事が其儘適用サレル。表在治療用ノ場合ニハ餘リ濾過サレテキナイカラ薄イ水層ヲモツテ波長ヲ決定シナケレバナラヌ。之レヨリ軟線ノ場合ハ更ニ研究ヲ要スル。

空氣ニ對シテハ亦別ニ平均波長ヲ決定シナケレバナラナイガ有效原子番號ガ水 (7.43) ト空氣 (7.69) トデ近似シテキルノデ適當ナ水層濾過板ヲ用ヒテ測定シテ得タ波長ヲ其ノ儘利用スルコトガ出來ル。

斯様ニシテ「エルゴメーター」ヲ用ヒテ一般ノ場合ニモ電離測定ニヨルノト同一ノ結果ヲ測定ト計算ニ依ツテ求メル事が出來ルノデアル。

VI. 「エルゴメーター」ト大型電離槽ニヨル比較

先キノ理論ニ於テハ空氣ニ對シテ其ノ平均波長ヲ求メズ適當ナ厚サノ水層濾過板（厚サハ線質ニヨリ適當ニ選ブ）ヨリ定メタモノヲ轉用スレバ良イトシガソノ理由ハ有效原子番號ノ近似ト云フ事デアツタ。從ツテ實際ハ或ル質量ノ空氣層ニツキ(1)ノ式ヨリ空氣ニ對スル平均波長ヲ定ムベキデアル。然シ此ノ事ハ水層ヲ用フル程簡單デナイ。ソコデ以上ノ近似的方法ガ正ミイカドウカハ直接ニ「エルゴメーター」ト大型電離槽ヲ同時ニ用ヒテ同ジ「レ」線源ニ就イテ測定シ其ノ結果ヲ比較シテミルコトガ良イ。

此ノ際 Császár ノ用ヒタ大型電離槽ハ大イサ $40 \times 24 \times 25$ cm, 3 筒ノ「アルミニューム」電極ノ内測定電極ハ 25 cm の長サ, 保護電極ハ 5 cm の長サ, 入射口ノ面積 1.93 cm^2 , 依ツテ實效容積 $1.93 \times 25 = 48.37 \text{ cm}^3$. 電壓 1200 V (乾電池)。(Abb. 8 參照)

飽和電流ハ Hartmann u. Braun ノ電流計

Abb. 8.

デ測定シタ, 之レハ使用狀態デ 1 mm 目盛ニ就キ $1.19 \cdot 10^{-10}$ Amp の感度デアル。

$1 \text{ r/sec } \times 1 \text{ cm}^3 = \text{就キ } \frac{10}{3} \cdot 10^{-10} \text{ Amp}$ (1 E.S.E. ノ飽和電流) デアルカラ. 48.37 cm^3 ニ就キ $48.37 \times \frac{10}{3} \times 10^{-10} = 161 \cdot 10^{-10} \text{ Amp}$ デアル。從ツテ $1, r^{\prime \prime}$ トハ $\frac{60}{161 \cdot 10^{-10}}$ ニ相當スル。

ヨツテ飽和電流ノ強サヲ i トスレバ

$$D(r, \min) = \frac{60i_0}{161 \cdot 10^{-10}} \text{ r/m} \text{ ヨリ計算シ得ル。但シ } i_0 = i(1 + 0.00367 t) - \frac{760}{p}$$

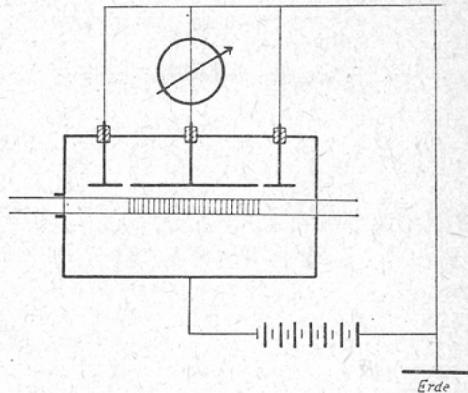
(t, p ハ室溫及ビ氣壓水銀柱ノ高サ mm) デアル。

實際ニ種々線質ヲ變ヘテ (濾過板ト管電壓ヲ變ヘテ) 測定シタノ數ト「エルゴメーター」デ測定シタ強度ヨリ計算シタ値トハ良キ一致ヲ示メシタノデアル。亦「エルゴメーター」ハ單シニ「レ」線ノ「エネルギー」強度測定ニ役立ツノミナラズ小型電離槽ノ更正ニモ大型電離槽ト同程度ニ利用シ得ルコトガ此ノ結果ヨリ分カルノデアル。

VII. 結 語

「レ」線ノ「エネルギー」測定ハ實驗的ニ複雜デアツテ實用的ニ之ヲ普及サセルニハ未ダ困難デアル。

「レ」線ヲ純粹物理學上ノ研究ニ使用スルニシテモ亦應用方面ニ利用スルニシテモ熱量單位ニテ容易ニ測定スルコトガ出來ルトナレバ絕對測定ト云フ意味ニ於テ意義アルコトニハ相違ナシ。然シ「レ」線ノ試驗體ニ及ボス效果ノ大小ハ入射「レ」線ノ全「エネルギー」自體ニ直接關係ス



ルモノデハナクシテ。ソコデ消費セラレタ「レ」線ノ「エネルギー」量ニ依ルモノデアル。從ツテ之レガ測定サレルノデナケレバ價値ガ少ナイ。

例ヘバ管電壓ヲ高クスレバ之ニ伴ツテ「レ」線「エネルギー」量從ツテ强度ハ管電壓ノ自身ニ比例シテ增大スル事ハ知レテモ試験體ニ現ハレル效果ハ之ト平行關係ニアルトハ云ハレナイ。

斯ル意味ヨリスレバ空氣ノ電離ニ依ル線量測定ハ空氣ニヨリ吸收サレタ「エネルギー」量ニ關スル或ルモノヲ測定シテキル點デ實用的價値ガアル。即チ Behnken 等ノ示シテキルヨウニ空氣ト水ノ有效原子番号ハ近似シテ居リ從ツテ生體組織ノソレトモ略々等シイカラ電離槽デ吸收サレタ「エネルギー」量ハ生體組織ニ吸收サレタ量ニ或比例的關係ヲ示スモノト見ルコトガ出來ル。

所デ本文デ紹介シタ「レントゲン・エルゴメーター」ニ依レバ「レ」線ノ「エネルギー」量ノ絕對測定ヲ比較的容易ニ行フ事が出來ル。然シソレダケデハ上述ノ理由デ意義ガ薄イ。唯 Császár ガ更ニ理論的考察ヲ加ヘテ吸收「エネルギー」ノ量ヲ基トシタ Dosis ノ決定ニ迄至ツタコトガ我々ニ多大ノ興味ト深キ關心ヲ起サセルノデアル。

文 獻

- 1) E. Császár, Die Energiemessung der Röntgenstrahlung I. II. St. 67, 1940. 322. III. St. 67, 1940. 522.
 - 2) H. Behnken, Die Eichung von Dosismesser in der Physikalisch Technischen Reichsanstalt Fortschritte 31, 1924. 479.
 - 3) Christen, Die physikalischen Grundlagen für Dosierung der Röntgenstrahlen St. 3, 1913. 162.
 - 4) H. Behnken, Der Desisbegriff bei Röntgerstrahlen St. 50, 1934. 476.
 - 5) H. Kuhlenkampff, Vergleichende Untersuchungen über die Energie und luftionisierende Wirkung von Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge Ann. d. Phys. 79, 1926. 97.
 - 6) Holthusen d. Braun, Grundlagen und Praxis der Röntgenstrahlendosierung.
 - 7) H. M. Terrill, The energy of X-rays Phys. Rev. 28, 1926. 438.
 - 8) W. Rump, Energiemessungen an Röntgenstrahlen Z. fur. Phys. 43, 1927. 254.
 - 9) H. Kuhlenkampff, Über die Ionisierung von Luft durch Röntgen-und Kathodenstrahlen Ann. d. Phys. 80, 1926. 261.
 - 10) H. Kircher and W. Schmitz, Energiemessungen an Röntgenstrahlen Z. fur. Phys. 36, 1926. 484.
 - 11) T. E. Aurén, The Energy Radiated as X-Rays from a Coolidge Tube Acta Rad. 6, 1926. 105.
 - 12) R. Kegerreis, The Heat Energy of X-Rays. Phy. Rêv. (2)29, 1927. 775.
 - 13) W. J. H. Moll, A Thermopile for Measuring Radiation Proc. Phys. Soc. Lond. 35, 1923.
 - 14) L. Grebe, Die energetische Bedeutung der R-Einheit 17. Tag. d. dtsch. Röntgen Ges. Berlin. S.itz. V. 11-13. IV. 1926.
 - 15) Féry und Drecq, Sur la Constantes de la Loi du Rayonnement, J. d. phys. (5)1, (1911), 551.
 - 16) Handbuch der Physik, Röntgenstrahlen 23/2.
 - 17) Handbuch der Experimental Physik, Allgemeine Physik der Röntgenstrahlen 24/1.
 - 18) W. Rump, Berichtung zu der Arbeit: Energiemessungen an Röntgenstrahlen, Z. fur. Phys. 44, 1927. 396.
 - 19) H. Hase und H. Kustner, Die Dossimierung nach R-Einheiten mit dem Eichstandgerät im Härtebersich der Hauttherapie und Diagnostik St. 30, 1928. 86.
- St.=Strahlentherapie Fortschritte=Fortschritte auf der Gebiet der Röntgenstrahlen Z. fur. Phys.=Zeitschrift fur Physik Phys. Rev=Physicaol Review, Ann-d-Phys=Annalen der Physik Acta Rad=Acta Radiologica