

K450.4-2a

Approved by Ministry of Education  
(Date, May 14, 1946)

昭和廿一年五月十四日 印刷  
昭和廿一年五月十八日 發行  
昭和廿一年五月十九日 翻刻發行  
昭和廿一年六月十八日 翻刻發行  
(昭和廿一年五月十九日 文部省検査済)

師範物象 本科用 二

定價金壹圓

著作權所有 著者 文 部 省  
發行者

東京都神田區錦町一丁目十六番地  
翻刻發行者 師範學校教科書株式會社  
代表者 森 下 松 衛

東京都半田區市谷加賀町一丁目十二番地  
印刷者 大日本印刷株式會社  
代表者 佐 久 間 長 吉 郎

東京都神田區錦町一丁目十六番地  
發行所 師範學校教科書株式會社

# 師範物象

本科用

二

(第二級)



教務

文 部 省



58. 6. 31 文部省検閲済

$$W = \int_{v_1}^{v_2} p dv = c_v(T_1 - T_2) \quad (19)$$

トシテ與ヘラレルコトヲ示セ。

問 熱ガ物質ノヤウニ保存サレルモノト考ヘルコトハ、ドウイフ不都合ヲ生ズルカ。

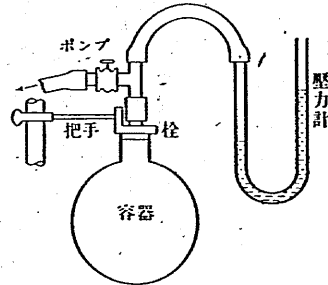
多クノ氣體ニツイテ、之ヲ細孔カラ斷熱的ニ噴出サセル場合ニモ、僅カデハアルガ冷却ガ認メラレル。コレヲ「細孔栓効果」トイフガ、コノ効果ハ上述ノ斷熱膨脹ノ際ノ溫度降下トハンノ原因ヲ異ニシテアリ、氣體分子ノ引力ニ抗シテ氣體自身ヲ膨脹サセルノニ仕事ヲ要スルタメト考ヘラレル。從ツテ理想氣體デハコノヤウナ現象ハ起キナイ。液體空氣ヲ作ルニハ主トシテコノ效果ヲ利用スルノデアアル。

【實驗第二】 氣體ノ比熱比ノ測定

目的 斷熱膨脹ヲ用ヒテ比熱比  $\gamma = c_p/c_v$  ヲ測定スル。

準備 廣口瓶(約5立入)、壓力計、空氣ポンプ(自轉車用ポンプ)、乾燥劑(濃硫酸、塩化カルシウム等)、綿。

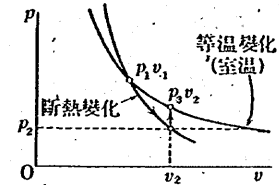
方法 容器中ニ空氣ヲ壓縮シテ封入シ、ソノトキノ壓力ヲ  $p_1$  トスル。コノ容器ノ口ヲ一瞬ユルメテ空氣ヲ噴出サセ、斷熱膨脹ヲ行ハセテ壓力ヲ大氣壓  $p_2$  ト等シクセシメル。次イデ容器ノ口ヲフサグト容器内ノ空氣ハ周圍カラ熱ヲ得テ元ノ溫度ニ戻リ、壓力ハ  $p_3$  ニ昇ル。斷熱變化ノ前後ニ於ケル



第十一圖 比熱比ノ測定装置

體積ヲ  $v_1, v_2$  トスレバ、 $p_1 v_1^\gamma = p_2 v_2^\gamma$  デアリ、最初ト最後ノ溫度ハ同一デアルカラ、 $p_1 v_1 = p_2 v_2$  ガ成立ツ。從ツテコレヨリ

$$\gamma = \frac{\log p_1 - \log p_2}{\log v_1 - \log v_2}$$



第十二圖

トシテ  $\gamma$  ヲ計算スル。

操作 (イ) 廣口瓶ノ口ヲ平ニ磨リ、コレニ磨リ合ハセノ金屬又ハガラスノ栓ヲ作ツテ密着セシメル。容器中ニハ濃硫酸又ハ塩化カルシウムヲ入レテオク。

(ロ) (自轉車用) ポンプデ空氣ヲ壓縮シテ大氣壓トノ差ヲ油壓力計デ約 20 種乃至 40 種程度ニスル。壓縮ヲ終ツテカラ約 15 分間放置シテ容器内ノ空氣ガ外部ト同溫度ニナルノヲ待ツテ  $p_1$  ヲ讀ム。

(ハ) 栓ヲ 0.5 秒間ホドズラセテ空氣ヲ噴出サセ、直チニ閉ヂル。(コノ間、容器ヲ綿ナドデ包ム方ガヨイ。)

(ニ) 容器内ノ空氣ノ溫度ガ元ニ戻ルノヲ待ツテ、壓力計ニヨリ  $p_3$  ヲ讀ム。

(ホ) 以上ノ操作ヲ少クトモ二回繰返ス。

六. カルノー ノ機關

熱機關ヲ構成スルタメニハ上述ノ如ク第一ニ熱源ガ必要デアリ、第二ニ熱ヲ得テ膨脹シ仕事ヲ行フ作業物質ガナケレバナラナイガ、同時ニコレヲ冷却又ハ凝結セシメルタメノ冷却装置(復水器又ハ凝結器)モ必要デアアル。コノ熱源カラ得ル熱量ヲ  $Q_1$ 、冷却装置ソノ他

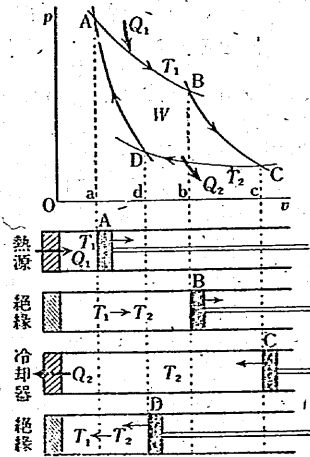
ニ與ヘル熱量ヲ  $Q_2$  トスルトキ、ソノ間ニ行ハレタ仕事  $W$  ニ對シテ

$$\frac{W}{JQ_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \eta \quad (20)$$

ヲ「熱効率」トイフ。

サテ熱機關ガ最モ理想的ニ循環ヲ行ナツタ場合、ソノ熱効率ガド  
ノヤウニナルカラ計算スルタメニ、カルノーハーツノ理想的ナ機關  
ヲ想像シタ。コレハ實際ノ熱機關ガ種々複雑ナ要素ヲ含デアルノ  
ニ反シテ極メテ特定ナ且ツ簡單ナ循環過程デアツテ、熱機關ノ特性  
ヲ知ルノニ極メテ重要ナモノデアアル。

即チ熱源ノ絶對溫度ヲ  $T_1$ 、冷却裝  
置ノ絶對溫度ヲ  $T_2$  トスル。コノ際  
ピストン及ビシリンダノ壁ハ完  
全ナ熱ノ絶縁體デアリ、シリンダノ  
底ハ完全ナ熱ノ傳導體トスル。コレ  
ヲ圖ノ如ク、最初ハ底ヲ熱源ニ接セ  
シメツツ溫度ヲ  $T_1$  ニ保チ、熱量  $Q_1$   
ヲ得テ A カラ B マデ等温膨脹ヲ  
行ハセ、次ニ底ヲ絶縁シテオキ、外  
壓ヲ下ゲテピストンヲ B カラ C マ  
デ動かサセル。即チ断熱膨脹ヲ行ハ  
セテ溫度ハ  $T_1$  カラ  $T_2$  マデ降下セシ  
メル。サテコノ氣體ヲ元ニ戻スニハ底ヲ溫度  $T_2$  ノ冷却裝置ニ接シ  
テオキ、等温的ニ  $T_2$  ニ保チツツ壓縮シテ行ツテ  $Q_2$  ノ熱量ヲ失ハ  
セ、最後ニ底ヲ絶縁シテ之ヲ断熱壓縮シテ A ニ至ラシメル。



第十三圖 カルノーノ機關

作業物質ヲ單位質量(1瓦)ノ理想氣體トシテ考ヘレバ、(16)(19)兩式カラ

$$\begin{aligned} A \rightarrow B & w_1 = JQ_1 = rT_1 \log \frac{v_b}{v_a} \\ B \rightarrow C & w_2 = c_v(T_1 - T_2) \\ C \rightarrow D & w_3 = -JQ_2 = rT_2 \log \frac{v_d}{v_c} \\ D \rightarrow A & w_4 = c_v(T_2 - T_1) \end{aligned}$$

トナリ、從ツテ全體ノ仕事  $W$  ハ (9) 式カラ期待サレルヤウニ

$$W = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = \text{面積 } ABCD = w_1 + w_3 = J(Q_1 - Q_2)$$

マタ  $T_1 v_a^{\gamma-1} = T_2 v_b^{\gamma-1}$  及ビ  $T_1 v_b^{\gamma-1} = T_2 v_c^{\gamma-1}$  ヲリ

$$\frac{v_b}{v_a} = \frac{v_c}{v_d} (= \rho)$$

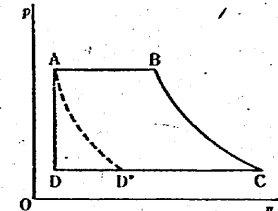
トナルノデ、カルノー機關ノ熱効率ハ

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{W}{JQ_1} = \frac{J(Q_1 - Q_2)}{JQ_1} = \frac{rT_1 \log \rho - rT_2 \log \rho}{rT_1 \log \rho} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \\ \therefore \eta &= 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (21) \end{aligned}$$

トナルコトガ知ラレル。

コノヤウニ断熱變化ト等温變化トヲ組合セテ循環過程ヲ「カルノー・サイクル」トイフノデアアル。

蒸氣機關デハ水ノ理想的ナ循環過程ハ第十四圖ノ ABCD デ示サ  
レルガ、コノ場合(等温變化ハ等壓變化  
トナルガ)廢氣ヲ全部冷却シテ復水サセ  
ルコトナシニ途中ノ D' デ氣水混合物ヲ  
断熱壓縮シ、罐ノ溫度ニマデ上昇サセテ  
給水スルトスレバ、ソノタメニ仕事ガ必  
要デアアルガ燃料ハ經濟トナリ、從ツテ  
効率ガ高マルコトニナル。コレガ蒸氣機



第十四圖 蒸氣機關ニ於ケル水ノ理想的ナ循環過程 ABCD トカルノー・サイクル ABCD'

關ニ於ケル カルノー・サイクル デアツテ、ヤハリ熱効率ハ  
 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$  トシテ與ヘラレル。シカシ氣水混合物ノ斷熱壓縮ハ實際  
 ニハ困難デアツテ實現スルコトハデキナイノデアル。

七. 熱効率ノ上限

問 製氷機ノ構造ヲ述ベヨ。

熱機關ニ逆運轉ヲ行ハセルト、原理的ニハ外部カラ仕事ヲ得テ低溫部カ  
 ラ熱ヲ奪ヒ、コレヲ高溫度ヘ移スコトガデキル。コレガ冷凍機デアル。

ココニ蒸氣機關甲ト冷凍機乙トガアツテ、甲ハ熱源ヨリ熱量 $Q_1$ ヲ得テ復  
 水器ニ $Q_2$ ヲ與ヘル。コノ間ニナン得ル仕事ノ一部ヲモツテ乙ヲ運轉シテ、  
 復水器ヨリ $Q_2$ ヲ奪ヒツツ甲ノ給水ヲ加熱シテ $Q_1'$ ナル熱ヲ與ヘルト考  
 ヘル。コノ場合甲ガナン得ル仕事ハ $J(Q_1 - Q_2)$ 、コノウチ乙ヲ運轉スルニ要  
 スル仕事ハ $J(Q_1' - Q_2)$ デアルカラ、差引キ $J(Q_1 - Q_1')$ ノ仕事ガ外ニ對シ  
 テナサレル。從ツテモシ $Q_1 > Q_1'$ デアルナラバ熱機關ト冷凍機トヲ組合  
 テ運轉サセルコトニヨリ、例ヘバ熱効率 $\eta = 1$ ナル機關ヲ作り得ル筈デア  
 ル。コレガ實現サレルナラバ海水ヲ高熱源トシテコレカラ無限ニ熱量 $Q_1$   
 ヲ取出シ、(ヨリ低溫度ノ部分ニ空シク排熱スルコトナク) $Q_1'$ ノ熱量ヲ海  
 水ニ戻スコトニヨツテ何等ノ燃料ヲモ用ヒズニ無限ニ仕事 $J(Q_1 - Q_1') > 0$   
 ヲ得ルコトガデキルコトニナル。カヤウニツノ熱源カラ熱ヲ奪フノミデ  
 コレヲ仕事ニ變ヘ、シカモ循環的ニ永久ニ運轉サセ得ル機關ヲ想像シテ「第  
 二種ノ永久機關」ト名付ケルガ、實際ニハ復水器ヘノ排熱或ハ排氣ガ必ズ必  
 要デアツテ、カヤウニ機關ハ我々ノ經驗シク範圍ニ於テ未ダ實現サレタ  
 例ガナイ。コノ「第二種ノ永久機關」ヲツクルコトハ不可能デアル」トス  
 ルコトガ「熱力學ノ第二法則」デアル。

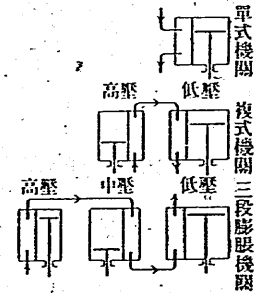
上ニ述ベク組合セ機關デ、甲乙共ニ カルノー・サイクル ヲ行フモノト  
 シ、何レモ摩擦ソノ他ノ熱漏洩ガナイ理想的ニ機關デアルトシトキ、第  
 二法則ニヨルト $Q_1 < Q_1'$ デナケレバナラスコトニナル。トコロデ甲乙ニ夫

夫逆運轉ヲサセト考ヘルナラバ、同様ニシテ $Q_1 \geq Q_1'$ デナケレバナラナ  
 イ。從ツテコノ組合セ機關ニ於テハ $Q_1 = Q_1'$ デナケレバナラスコトニナ  
 リ、即チ同一溫度差ノ間デ働ク理想的ニ カルノー・サイクル ヲ行フ熱機  
 關ハスベテ熱効率ガ同一デアリ、理想氣體以外ノ作業物質ヲ用ヒテモ、ソ  
 ノ効率ハヤハリ(21)式デ與ヘラレル。

實際ノ機關ニ於テハ カルノー・サイクル ヲ行ハスコト、摩擦ヤ熱漏  
 洩ガアルコトナドノタメニ同ジ溫度差ノ間デ働カセテモ効率ハコレヨリ低  
 クナル。即チコレニヨツテ熱効率ノ限度ガキマツテ來ル。シカシ何レニセ  
 ヲ効率ハ溫度差ガ大キイホド大ナルモノデアツテ、冷却装置(復水器)ノ  
 溫度ガ略、定マツテキルナラバ當然、高熱源ガ高溫度アルホド有利ナコト  
 ガ知ラレテキル。

八. 往復機關トタービン

シリンダトピストントヲ用ヒル往復機關デハ第二項ニ示シタ  
 指壓線圖ノBC'ニアタル部分ハホボ斷熱的デアル。シカシ飽和蒸氣  
 ノ斷熱膨脹ハ空氣ノ場合ヨリ複雑デアリ、膨脹スルト共ニ溫度ガ下  
 ツテ凝結ヲ起シ、水ノ細滴ガ蒸氣中ニ浮遊スル。コレヲ「濕リ蒸氣」  
 トイフ。シリンダ内ノ飽和蒸氣ガ濕ルト水ノ細滴ガ筒壁ニ附着シ  
 テ熱ヲ失ヒ且ツ摩擦ヲ増スノデ、コレヲ  
 避ケルタメニ發生シタ蒸氣ヲ更ニ高溫ニ  
 熱シ、所謂「過熱蒸氣」トシテ使用スル  
 コトガアル。シカシ蒸氣ノ膨脹ガ著シイ  
 ト、ソレニヨルシリンダノ冷却モ大キ  
 イノデ、次ニ洩レ込ム蒸氣ハ熱ヲ奪ハレ  
 ル。コレヲ避ケルニハシリンダヲ保温  
 シ、且ツ何段ニモ分ケル所謂「多段膨脹



第十五圖 多段膨脹機關

式」トスルカ (第十五圖), 或ハ排氣タービント組合セル等ノ工夫  
が行ハレテキル。

今日ノ蒸氣機關 (及ビタービン)ニ於イテ, 指壓線圖 (第八圖)ノ  
BC 又ハ BC' ハ理想的ニハ斷熱膨脹デアリ, 仕事ヲスルト共ニ溫度  
及ビ壓力ガ低下スルコトヲ示ス。シカシ初期ノ機關デハ行程ノ最後  
マデ蒸氣ヲ入レテキタタメ, 高壓高溫ノ (即チ 内部エネルギー  
ヲ 豊富ニ有スル) 蒸氣ガ空シク捨テラレテキタ。コノ點ヲ改良シタ  
ノモ  
ワットノ主要ナ發明ノ一ツデアル。

問 汽車ガ平地ヲ快走スルトキニ比ベテ發車ノ際ハ排氣音ガ高ク, マタ  
坂路ニカカルト著シク速度ヲ低下スルノハ何故カ。

高溫高壓ノ蒸氣ヲノズルカラ噴出サセルト, 斷熱的ニ膨脹スル  
ト共ニ非常ナ高速流ヲ作ル。蒸氣タービンハコノ蒸氣ノ運動量ヲ  
利用スルモノデアルカラ, 効率ヲ高メルタメニハ回轉速度ヲ增加ス  
ルコトガ必要デ, 從ツテ翼ノ形狀・材料・減速ナド技術上ノ種々ノ  
問題ヲ解決シテ始メテ今日ノタービンガ製作サレルニ至ツタ。

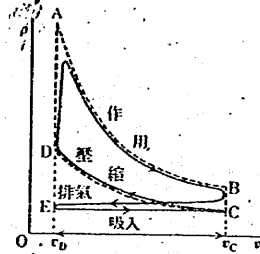
タービンニハ普通二種アル。即チ動翼内デハ蒸氣ノ流速ハ落テルガ壓  
力低下ノナイモノヲ「衝動タービン」トイヒ, コレニ對シテノズルノ  
代リノ案内翼ノ中ガケデナク, 動翼内デモ膨脹シテ壓力低下ヲミルモノヲ  
「反動タービン」トイフ。シカシ今日デハ後者ニ屬スルモノモ反動ノミヲ利  
用スルモノデハナイ。マタ高壓部ニ衝動式, 低壓部ニ反動式ヲ用ビタ混合  
式モアル。

研究(二十二) 往復機關トタービントヲ比較シテソノ利害得  
失ヲ調ベテミヨ。

九. 内燃機關

問 内燃機關ノ構造トソノ作動ノ模倣トヲ圖示シテミヨ。

今日ノ四行程ガソリン機關ノ指壓線圖ハ第十六圖ニ示シヤウナモ  
ノデアアルガ, (D)ハ斷熱壓縮, DAハ等容  
燃燒デアル。斷熱壓縮ヲ強化スルト壓縮  
ノ仕事ハ増加スルガ, 斷熱膨脹 AB ナル  
作用行程ニ於イテ得ラレル仕事モ増加ス  
ルカラ, 差引イテ得ニナルコトガ圖ノ面  
積カラ察セラレル。併シ壓縮ヲ強化スル  
ト混合氣體ノ溫度ガ昇ルタメ, ノックヲ



第十六圖 四行程定容サイクル

生ズルノデ, コノ方デ制限ヲ受ケルト共ニ燃料ノ選擇ガ必要トナツ  
テクル。ココニ斷熱壓縮ノ程度ヲ示ス  $v_c/v_b$  ノ値ヲ「壓縮比」トイ  
フ (研究二十四參照)。

上ニ示シタヤウナ循環過程ヲ「定容サイクル」(オットー・サイク  
ル)トイフガ, コノサイクルノ特性ヲ知ルタメニハ, コレヲ理想  
化シテ氣筒内デハ空氣ノミヲ壓縮スルトシ, DA デハ外部カラ等容  
加熱, BC デハ排氣ノ代リニ等容冷却スルト考ヘル (圖中ノ點線デ  
示シタ過程)。從ツテコノ BC ナル冷却ガナケレバ, 膨脹シタ空氣  
ヲ Dニ斷熱壓縮シテ一ツノ循環過程ヲサセルコトノデキナイコト  
モソカル。

サテ DAニテ受ケル熱量ヲ  $Q_1$ , BCニテ排出スル熱量ヲ  $Q_2$ ト  
シ, 加熱 (冷却)ノ比熱  $c_v$ ヲ略シ一定ト見做シ, A, B, C, Dニ於ケル  
絶對溫度ヲ夫々  $T_A, T_B, T_C, T_D$ トスルナラバ

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= c_v(T_A - T_D) \\ Q_2 &= c_v(T_B - T_C) \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

トナル。コレヨリ仕事  $W$  及ビ熱効率  $\eta$ ガ求メラレル。

研究(二十三) 定容サイクルデハ

$$\frac{T_A}{T_B} \cdot \frac{T_D}{T_C} = \left(\frac{v_c}{v_D}\right)^{\gamma-1} \quad (23)$$

ナルコトヲ示セ。

研究(二十四) 上ノ式ヲ用ヒテ効率  $\eta$  ト壓縮比  $\rho = \frac{v_c}{v_D}$  トノ間

$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1} \quad (24)$$

ナル關係ガ成立スルコトヲ示シ、 $\gamma = 1.4$  トシテ上ノ關係ヲ圖表ニ示セ。

以上ノ理想化シタ循環過程ニ於イテハ、作業物質トシテ空氣ヲトリ外部カラ熱ヲ加ヘタトシテ考ヘタノデアアルカラ、實際ノ内燃機關デハリハ之ヨリモ低下シテハキルケレドモ、上ノ如キ考察ニヨツテソノ性質ガ決定サレルノデアアル。

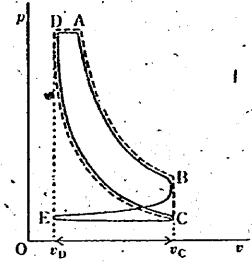
問 内燃機關デハ シリンダ ヲ冷却スルニ反シ、蒸氣機關デハソレヲ保温スル。コレハ何故デアラウカ。

研究(二十五) 液冷式ト空冷式トヲ比較シテミヨ。

ジーゼルハ効率ヲ高メルタメニ空氣ノミヲ斷熱壓縮シ、ソノ中ニ燃料ヲ噴出サセ、大ナル壓縮比ニヨル溫度上昇ヲ利用シテ燃燒サセル方法ヲ考案シタ。前ノ場合ニ於ケル混合氣體ハ一瞬ニシテ燃燒スルノデ等容燃燒トナルガ、コノ際ハ燃料ガ注入サレツツ燃燒スルノデ注文通りニ行ケバ等壓燃燒トナル。即チコノ機關ハ第十七圖ニ示ス如キ循環過程ヲ行フガ、コレヲ「定壓サイクル」(ジーゼル・サイクル)ト稱スル。

コノ機關ニ於イテモ燃燒ヲ起スト混合氣體ノ組成ガ變化スルノデアアルガ、近似的ニ作業物質トシテ空氣ダケヲ考ヘルナラバ、コノ場

合モ第十七圖ニ點線デ示シタ過程トナル、コノ圖ノ DA デハ外部ヨリ定壓的ニ加熱スルト考ヘルト、等容加熱ノトキニ比シテ體積膨脹ガアリ、コノトキノ比熱ハ定容比熱  $c_v$  ノ代リニ定壓比熱  $c_p$  ヲトラナゲレバナラナイ、即チ DA ノ過程ノ間ニ



外部カラ入ル熱

量ヲ  $Q_1$ , BC ノ 第十七圖 四行程定壓サイクル  
間ニ排出シタ熱量ヲ  $Q_2$  トシ、A, B, C, D ニ  
於ケル溫度ヲ夫々  $T_A, T_B, T_C, T_D$  トスレバ

$Q = c_p(T_A - T_D)$  トナリ、 $Q_2$  ハ定容サイクル  
ノトキト同ジデアアル。コレニヨツテ熱効率

ヲ計算シテミルト壓縮比ガ同ジデアアルナラ  
バ、第十八圖ニヨツテ知ラレルゴトク 定

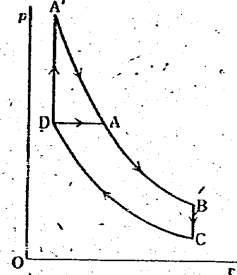
壓サイクル ノ方ガ定容ノ過程ヨリモ、常  
ニ低イ熱効率ヲモツコトガワカルガ、コレ

ハ前者デハ燃燒ガ長引イテ、ソレダケ熱ノ  
利用ガ少イノニ反シ、後者デハ内部死點デ

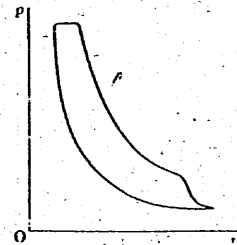
瞬間的ニ燃燒シテ發熱ガ完了スルタメ、ソ  
ノ後、熱量ガ十分ニ A'B ナル膨脹行程ニ

於イテ利用サレルカラデアアル。シカシ實際

ニハ ジーゼル機關ノ方ガ壓縮比ガ大キイ



第十八圖 定容サイクル  
ト定壓サイクル



第十九圖  
三行程定壓サイクル

\* 即チ  $\frac{v_c}{v_D} = \rho, \frac{T_A}{T_D} = x$  トオクナラバ

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{T_B - T_C}{T_A - T_D} = 1 - \frac{\gamma-1}{\gamma(\gamma-1)} \left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1}$$

トナル。

ノデ効率モ高クナル。

第十九圖ハ單働二行程機關ノ指壓線圖デ、排氣瓣ガ開クト共ニ掃除ノタメ壓縮空氣ガ吹込マレルノデ氣壓ハ一遍ニハ下ラナイ。コノ際掃除ガ完全ニ行ハレナイコト、壓縮空氣ニ動力ヲ必要トスル點ナド二行程機關ハ四行程機關ニ比シテ缺點ヲモツテハキルガ、同ジ回轉數デモ二倍近クノ馬力ヲ出シ得ル。

第三表 蒸氣機關ノ發達

年代	機關ノ種類	壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	溫度	熱消費率 (キロカ/kwh時)	熱効率 (%)	カルノー・サイクルノ熱効率 (%)
明治七年 (西曆1770)	大氣壓機關	1.1	100	150000	0.8	2.7
文化七年 (西曆1810)	ワットノ機關	2.2	150	15400	5.6	9.2
明治三十三年 (西曆1900)	往復機關	15.1	204	4840	17.7	21
大正十一年 (西曆1922)	タービン	18.7	343	4530	19.0	35
昭和十年 (西曆1935)	發電用タービン	87.7	440	2810	30.6	58
	水銀蒸氣機關	9.9	510	2640	32.5	61

第四表 内燃機關ノ効率

機關ノ種類	二行程無氣噴射ジゼル	燒玉	自動車 (ジゼル)	自動車 (ガソリン)	航空機 (ガソリン)
回轉數	100~600	300~550	1000~2500	1200~3600	1600~3500
壓縮比	12~14	6~9	13~18	4.2~7	5~8
壓縮壓力(kg/cm <sup>2</sup> )	33~36	8~17	30~55	6~11	8~13
燃燒最高壓力(kg/cm <sup>2</sup> )	43~50	13~25	45~75	24~45	30~50
正味熱効率 (%)	35~40	18~27	30~34	23~28	21~31

## 第二章 光

### 第一節 光學機械

#### 一. 眼ト寫眞機

研究(一) 眼ノ構造及ピンノ各部ノ機能ヲシラベ、寫眞機ト比較シテ考ヘテミヨ。

問 近點, 遠點, 明視ノ距離トハ何カ。各自ノ眼

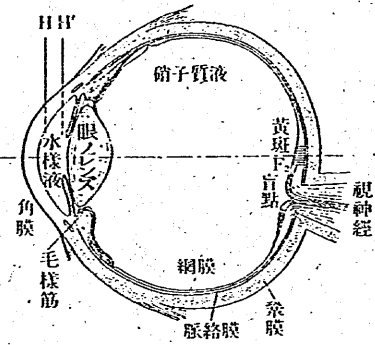
ニツイテ近點及ビ遠點ヲ測ツテミヨ。

問 近眼, 遠眼, 老眼トハ何カ。

問 眼ガ左右對稱ニアルコトハドウヤウナ役ニ立ツカ。

眼ハ遠點カラ近點マデノ間ノ凡ユル物體ニ對シテ、網膜上ニ像ヲ作ル。マタ眼ノ瞳孔モ外界ノ明るサニ對シテソノ大キサヲ調節シ、入射スル光量ヲ制限スル。

ソノ直徑ハ晴天ノ戶外デハ約2耗程度トナルガ、暗イ場所デハ7耗乃至8耗ニモ擴大シ、更ニ年齢ニヨツテモ多少異ナツテキル (第六



第二十圖 眼 (右側ノ眼ノ水平断面)

第五表

年齢	近點距離 (cm)	遠點距離 (cm)
10	7.1	∞
20	10.0	∞
30	14.3	∞
40	22.2	∞
50	40.0	∞
55	66.6	400
60	200	200

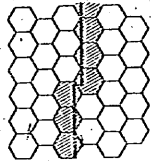
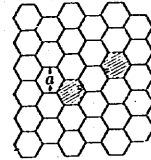
表、第七表参照。

第六表

年齢	最大瞳孔径 (mm)
20	8
30	7
40	6
50	5
60	4.1
70	3.2

第七表

視界ノ明ルサ (ルクス)	瞳孔径 (mm)
0.0001	7.3
0.01	7.0
1	6.0
100	3.9
10000	2.1



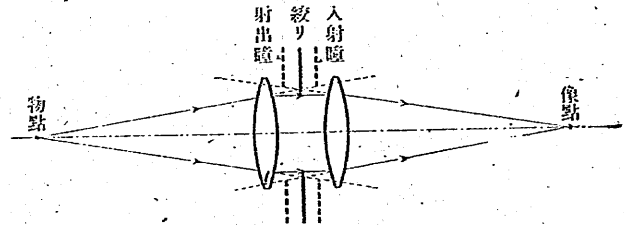
第二十一圖 網膜ノ視細胞

網膜ノ感度ハ場所ニヨツテ著シク異ナツテアリ、黄斑附近ニ於テ極度ニ鋭ク大キクナル。二點ヲ見分ケルニハ、コノ黄斑ニアル視細胞ヲ少クトモ一箇ヘダテテ刺激スル必要ガアルガ、細胞ノ直径ハ約 4.0 ミクロンデアルカヲ計算ノ結果、見分ケ得ル角度ハ約 1 分トナル。但シ目盛線ヲ合セルトキノ如ク線ト線トノ合致ヲ確メルニハ第二十一圖ニ示スヤウニ一列ヅツノ細胞ヲ刺激スレバヨイノデ、コノ場合ハ分解シ得ル極限ノ角度ハ約 16 秒トナル。

研究(二) 寫眞レンズノ「明ルサ」及ビ「像ノ深サ」トハ何ヲ指シテイフカ調べヨ。

寫眞機ノレンズハ多ク前玉及ビ後玉カラ成ツテキテ、ソノ間ニハ「絞リ」ガ入レテアル。前玉ニヨルコノ絞リノ像ガ「入射瞳」、後玉ニヨル像ガ「射出瞳」デアアルガ、コノ入射瞳ノ直径ヲ  $D$  トシ、レンズ系ノ焦點距離ヲ  $f$  トシタトキ、 $\frac{1}{f} = \frac{D}{f}$  ヲ寫眞レンズノ「口径比」トイヒ、コレハ寫眞機ノ性能ヲ定メル重要ナ定数トサレテキル。例ヘバレンズノ明ルサハ口径比ノ平方ニ比例スルシ、像ノ深サハレンズノ焦點距離ノ平方トソノ口径比トニ逆比例スルノデア

研究(三) レンズノ口径比ガ  $1. \sqrt{10}$  ナルトキ、適當ナ露出時間ヲ 1 秒トスルナラバ、露出時間 2 秒, 3 秒, 4 秒ニ對シテ夫々ノ口径比ノ値ヲ計算セヨ。

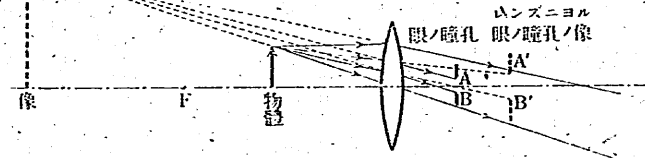


第二十二圖 寫眞レンズ

問 寫眞レンズニツイテ 4.5 トカ 6.3 トカ簡スルノハ何ノ意味カ。

二. 顯微鏡ト望遠鏡

研究(四) 虫眼鏡テ物體ヲ見ル場合、物體トレンズト眼ノ相對的位置トニヨツテ像ガ如何ニ變化スルカヲ實驗的ニシラベテミヨ。



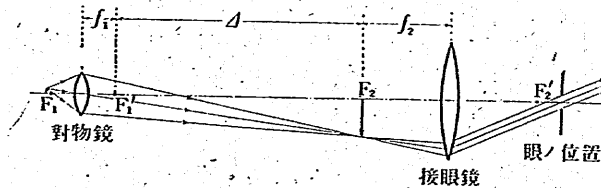
第二十三圖 虫眼鏡

虫眼鏡ヲ顯微鏡ノ倍率ハ物體ヲ明視距離  $l$  ニオイタトキノ視角  $\omega$  ニ對シテ像ノ視角  $\omega'$  ガ何倍ニナルカニヨツテ表ハス。焦點距離  $f$  ナル虫眼鏡ノ場合ニ眼ヲレンズニ接着シ、像ヲ明視ノ距離ニ作



ツタトキハ  $\frac{l}{f} + 1$  トナリ、眼ヲレンズノ後焦點ニオキ物體ヲ前焦點ニ置イテ像ヲ無限遠ニ作ツタトキニハ  $\frac{l}{f}$  トナル。通常何倍ノ虫眼鏡ト云フ場合ニハ多く後者ヲ用ヒル。從ツテ虫眼鏡ノ倍率ハ焦點距離ヲ小サクスレバ大キクナルワケデアリガ、レンズノモノノ大キサモ小サクシナケレバナラナイカラ實際ニハ倍率ヲ無限ニ大キクスルコトハ不可能デアリ、普通ノ虫眼鏡ノ倍率ハ 20 以下デアル。

カヤウニ單獨ノ虫眼鏡ノ倍率ハ小サイガ、對物鏡ト接眼鏡トヲ組合セテ顯微鏡ヲ作ルナラバソノ倍率ヲ著シク増大スルコトガデキル。



第二十四圖 顯微鏡

即チ對物鏡ノ後焦點ト接眼鏡ノ前焦點トノ間ノ距離ヲ  $D$  トシ、對物鏡ノ焦點距離ヲ  $f_1$ 、接眼鏡ノ焦點距離ヲ  $f_2$  トスルナラバ、顯微鏡ノ倍率  $M$  ハ

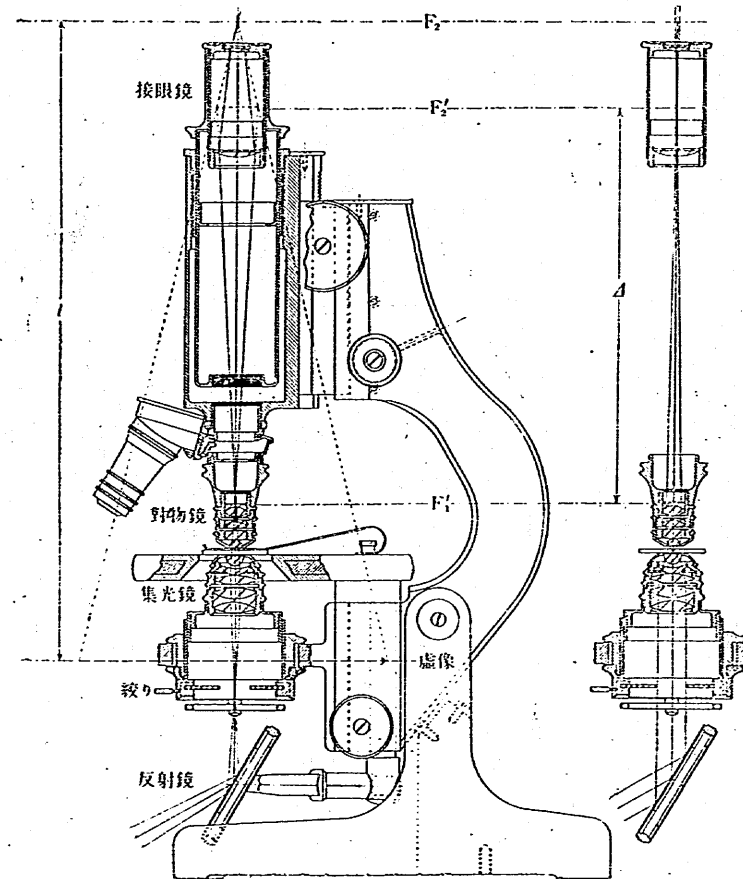
$$M = \frac{1}{f_1 f_2} D \quad (1)$$

デ與ヘラレル ( $l$  ハ前ト同ジク明視距離ヲ示ス)。

問 對物鏡ト接眼鏡トノ組合セニヨツテ倍率ヲ著シク大キクナシ得ルノハ何故カ。之ニモウツレンズ系ヲ附加シテ倍率ハ更ニ大キクナルカ。

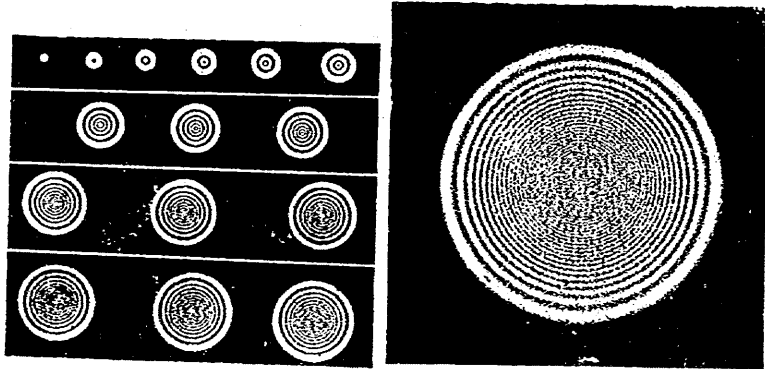
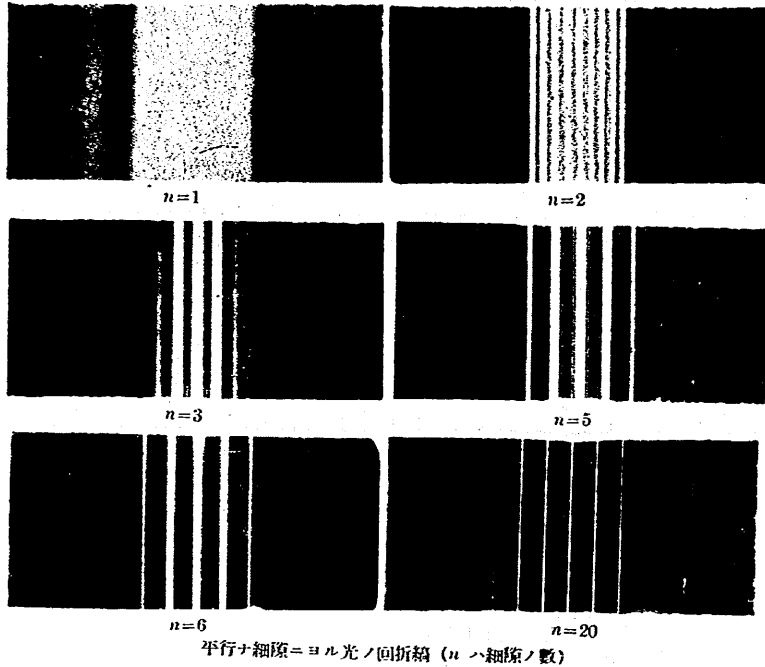
研究(五) 五十倍ノ顯微鏡ヲ作ル設計ヲ行ナツテミヨ。

顯微鏡



アポクロマト顯微鏡ノ最新ノ型式ノ一ツデ集光鏡ガ非常ニ複雑ニデキテキル。  
 $l$  ハ明視距離、 $D$  ハ對物鏡ノ後焦點  $F_1$ 、ト接眼鏡ノ前焦點  $F_2$  トノ距離デアル。

光ノ回折像



點光源カラノ光ガ種々ノ大キサノ圓孔ニヨツテ生ジタ回折ノ縞

顯微鏡ノモツ主要ナル性能ハ單ニ倍率ハカリデナク、他ニ「明ルサ」「分解能」ナドガアリ、コレヲ定メル最モ重要ナ要素ニ「開口數」ナルモノガアル。コレハ顯微鏡ノ光軸上ノ物體カラ出ル光線ガ對物鏡ノ前端レンズノ有效ナ周縁ヲ挟ム最大ノ角ヲ  $2\alpha$  トスルトキ (第五十三圖參照)

$$a = n \sin \alpha \quad (2)$$

ナル關係デ與ヘラレル  $a$  ノ値ヲ云フ (但シ  $n$  ハ物體トレンズトノ間ニ入ル媒質ノ屈折率デアアル)。

顯微鏡ノ明ルサハコノ開口數ノ二乗ニ比例シ、倍率ノ二乗ニ逆比例スルモノデアアル。從ツテ高倍率ノ顯微鏡ニ於イテハ開口數ヲ大キクスルタメニ浸液(又ハ油浸)ヲ行ヒ (第五十三圖參照)、更ニ照明裝置トシテハ反射鏡、凹面鏡又ハ集光鏡ヲ用ヒテ光ヲ集メル必要ガアル。

問 顯微鏡ヲ扱フトキニ注意スベキ點ヲ述ベヨ。

問 顯微鏡ニヨツテ寫眞ヲトルニハドウスレバヨイカ。

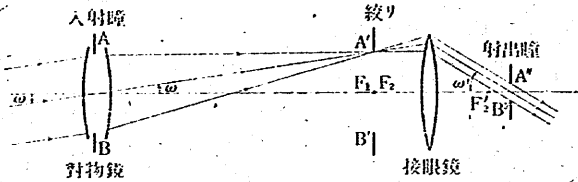
普通ニ用ヒテキル望遠鏡ニハ對物鏡・接眼鏡トモニ凸レンズヲ用ヒタ凸レンズ望遠鏡ト、接眼鏡ニハ凹レンズヲ用ヒタ凹レンズ望遠鏡トガアル。

研究(六) 凸レンズ望遠鏡及ビ凹レンズ望遠鏡ニ於ケル光線ノ徑路ヲ作圖セヨ。

對物鏡及ビ接眼鏡ノ焦點距離ヲ夫々  $f_1, f_2$  トスルトキ、望遠鏡ノ長サニ比ベテ無限遠ト見做サレル遠方ノ物體ノ像ヲ同ジク無限遠ニ作ツテ見ル場合、軸ニ對シ  $\omega$  ナル角デ入射シタ光線ガ望遠鏡ヲ通過シタ後  $\omega'$  ノ角ヲナストスレバ、倍率  $M$  ハ

$$M = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = \frac{f_1}{f_2} \quad (3)$$

トナル (第二十五圖参照)。



第二十五圖 凸レンズ望遠鏡

マタ第二十五圖ニ示ス如ク、 $\omega$  ガコノ望遠鏡デ許サレル最大ノ値  
 デアルトスルトキ  $2\omega$  ヲ「視界」コノ  $2\omega' =$  相當スル  $2\omega'$  ヲ「見カケ  
 ノ視界」トイフ。コノ時  $2\omega$  ハ一般ニソノ値ガ小サイノデ近似的ニ

$$2\omega = \frac{2 \tan \omega'}{M} \quad (4)$$

トシテ與ヘラレル。

問 接眼鏡ニ第二十六圖

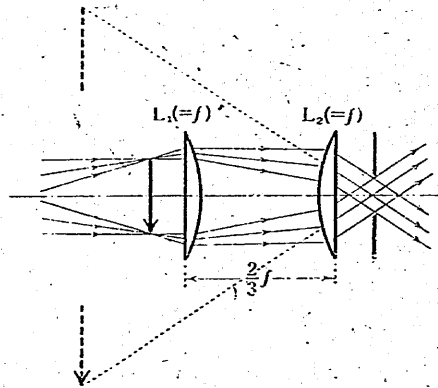
ノ如キレンズ系ヲ用  
 ヒルコトガアル。コレ  
 ハ何ノタメカ。

問 見カケノ視界  $60^\circ$  ノ  
 接眼鏡ヲ用ヒテアル  $6$   
 倍ノ望遠鏡ノ視界ハイ  
 クラカ。

研究(七) 反射望遠鏡

ノ構造ヲ研究シ、屈折望遠鏡トソノ優劣ヲ比較シテミヨ。

物體ノ方向ヲ正確ニ定メルタメニハ第二十七圖ニ示スヤウニ望遠  
 鏡ノ對物鏡ノ像ノ位置ニ十字線ヲ張ツクモノヲ用ヒルガ カヤウナ



第二十六圖 接眼鏡

望遠鏡ヲ扱フニハ先

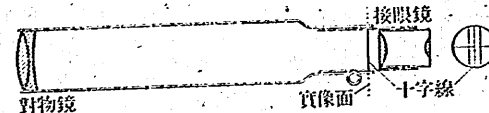
ツ接眼鏡ノミヲ前後

ニ動カシテ十字線ガ

明視デキルヤウニシ、

次イデ ネヂニヨツテ十字線ト接眼鏡トヲ同時ニ動カシテ調節スル。

問 物體ノ像ガ十字線ニ正シク合致シテキルカ否カハ何ニヨツテ判断デ  
 キルカ。



第二十七圖

三. 球面収差ト色収差

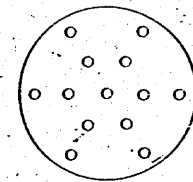
完全ナル光學系ハ次ノ三ツノ條件ヲ具ヘテキルコトガ必要デアル。

即チ

- (イ) 一點ノ像ハ一點ニナル。
- (ロ) 軸ニ垂直ナ平面ノ像ハ同ジク軸ニ垂直ナ平面ニナル。
- (ハ) 軸ニ垂直ナ平面物體ノ像ハ物體ニ相似デアル。

シカルニ光線ノ方向ト光學系ノ軸トノ傾斜ガ十分小サイ場合ヲ除  
 イテ。コノ條件ハ一般ニハ滿サレナイ。コレハ單色光ヲ用ヒタ場合  
 ニハ屈折面ノ形ニヨル「球面収差」ガ原因デアリ、白色光ヲ用ヒタ  
 場合ニハ更ニ色光ニヨル屈折率ノ差異ニヨツテ後ニ説明スルヤウナ  
 「色収差」ヲ生ズルカラデアル。

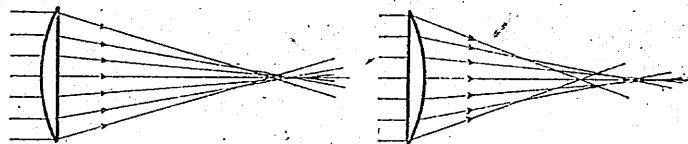
研究(八) 口径ノ大キオレンズノ面ヲ  
 數箇ノ同孔ヲ穿ツタ板デ覆ヒ、軸上ノ  
 光點ノ像ヲ磨リガラス面ニ作り、コレ  
 ヲ前後ニ動カシテ光線ノ収斂スル狀況  
 ヲ吟味シテミヨ。



球面収差ハ焦點距離ノ等シイレンズニア

第二十八圖

ツテモソレラノ曲面ノ形ニヨツテ異ナツテクル。例ヘバ同ジ平凸レンズニ平行光線ガ投射スル場合ニハ第二十九圖ニ示ス如ク凸面ヲ

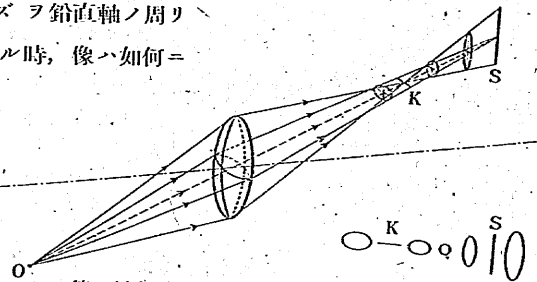


第二十九圖 球面収差

前方ニ向ケル方ガ球面収差ハ小サイ。

研究(九) 前装置ニ於イテオホヒ板ヲ除キ、光點ヲレンズノ軸ニ垂直ニ動カス時、或ハレンズヲ鉛直軸ノ周リニ回轉スル時、像ハ如何ニ變ルカ。

レンズヲ適當ニ絞リ、レンズノ軸ト

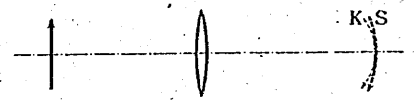


第三十圖 光軸上ニナイ物點ノ作ル二種ノ焦點ノ軸ト

大キナ傾斜ヲナス光線束ガ如何ニ収斂スルカヲ磨リガラスヲ移動シナガラ検討セヨ。光點ノ代リニ碁盤目狀ノ物體ヲ置ケバドウナルカ。

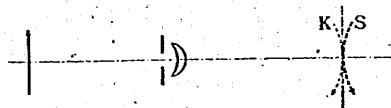
軸上ノ光點ノ像ノ球面収差ハレンズヲ絞ルコトニヨリ十分小サクスルコトガデキル。シカシ軸ニ斜ニ入射スル光線束ハレンズヲ絞ツテモ一點ニ収斂セズニ第三十圖ニ示ス如ク K, S 二箇所ニ於イテ互ニ垂直ナ直線狀ノ像トナル。ソシテ軸ニ垂直ナ平面内ノ物體ノ

各點ニツイテ K, S 二種ノ像ノ位置ヲ連ネテミルト第三十一圖ニ示ス如ク一般ニハ凸面ニナル。從ツテ軸上ノ點ヲ焦點ニ合セテモ周縁ハ不鮮明ニナルノデアアル。



第三十一圖

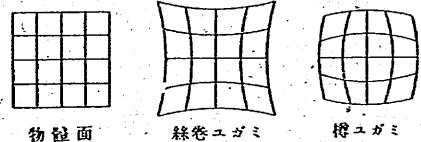
問 第三十二圖ノ如ク凹凸レンズノ前ニ絞リヲ置イタモノガ簡單ナ寫眞レンズトシテ用ヒラレルノハドウイフワケカ。



第三十二圖

研究(十) 焦點距離ノ短イ虫眼鏡デ碁盤目狀ノ物體ヲ擴大シテ

見ルトキ及ビ物體ノ倒立實像ヲ見ルトキ、ドンナ歪曲像ガ見エルカ、レンズノ絞リノ位



第三十三圖 碁盤目ノ像ノユガミ

置ト歪曲トノ關係ヲ研究セヨ(第三十三圖參照)。

單レンズ2箇ヲ組合セテ望遠鏡ニヨツテ物體ヲ見ルト。像ノ縁ニ色ガツイテ見エルコトガ多イ。コレハガラスノ屈折率ガ光ノ色ニヨリ、即チソノ波長ニヨリ異ナル故ニ、各色光ニヨル物體ノ像ガソノ位置ヤ大キサヲ異ニシテ、完全ニハ重ナラナイカラデアアル。コノ現象ヲ「色収差」ト云フ。

問 白色光ヲプリズムニ當テルト色ハドノヤウニ分散スルカ。マタレンズニヨル屈折ノ後ノ収斂或ハ發散ハ色光ニヨリドノヤウニ異ナルカ。

望遠鏡ノ對物レンズガクラウンガラスノ凸レンズトフリンツトガラスノ凹レンズトヲ接合シテ作ツテアルノハ、夫等ノ屈折率

ノ差ニヨツテ色収差ヲ小サクスルタメデアル。コレヲ「色消レンズ」ト云ヒ、通常ハ赤色光 (C線、波長 656.3 mμ) ト青色光 (F線、波長 486.1 mμ) トニ對シテ焦點距離ヲ等シクスルヤウニ設計シテアル。

光學ガラストシテ普通ニ用ヒラレルモノハ、ナトリウム又ハカリウムノ珪酸鹽 (又ハ兩者ヲ含ム) 又主成分トシ、コレニカルシウムノ珪酸鹽ノ加ハツタ所謂クラウンガラスト、鉛ノ珪酸鹽ノ加ツタフリントガラストデアル。コレニ更ニバリウムヤ鉛素ナドヲ加ヘルコトニヨリ多クノ種類ガ作ラレテマリ、ソノ成分ノ混合ノ割合ヤ熔融處理ノ相違ナドニヨツテ屈折率及ビ分散ノ度ノ異ナツタモノガデキル。二三ノ例ヲ舉ゲレバ第八表ノ如クデアル。

第八表

ガラスノ種類	主成分	$n_c$	$n_D$	$n_F$	$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_c}$
クラウン	SiO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, CaO	1.5133	1.5160	1.5223	57
燭炬クラウン	SiO <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O	1.5139	1.5163	1.5219	64
フリント	SiO <sub>2</sub> , PbO, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O	1.6150	1.6200	1.6321	36
重フリント	PbO, SiO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O	1.6421	1.6477	1.6612	44

一般ニドノ色光ト指定セズニ屈折率ヤ焦點距離ヲ示ス場合ニハ黄色光 (D線、波長 589.3 mμ) ヲ標準ニトツテ、コレニツイテノ値ヲ記スノガ普通デアリ、赤色光ト青色光トノ分散ノ度ヲ示スニモ

$$\frac{n_F - n_c}{n_D - 1} = \frac{1}{\nu} \quad (5)$$

ナル値ヲ以テスル、コノ  $\frac{1}{\nu}$  ノ値ヲ「分散率」トイフガ屢、ソノ逆數  $\nu$  ヲ用ヒルコトモアル。

研究(十一) 屈折率  $n$ 、曲率半徑  $r_1, r_2$  (ココニ  $r$  ノ値ハ凸面ヲ正、凹面ヲ負ニトル) ナル薄レンズノ焦點距離ハ

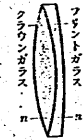
$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (6)$$

ナル關係ニヨツテ與ヘラレルガ、コレヲ用ヒテ C線及ビ D線ノ焦點距離ノ差ガ  $\frac{1}{\nu}$  ニナルコトヲ證明セヨ。

研究(十二) 屈折率  $n$  ナルクラウンガラスト屈折率  $n'$  ナルフリントガラストヲ接合シテ D線及ビ C線ニ對スル色消レンズヲ作ルドキ、各レンズノ D線ニ對スル焦點距離ヲ  $f, f'$  トスレバ

$$\frac{1}{\nu f} + \frac{1}{\nu' f'} = 0$$

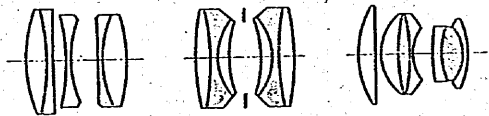
ナル關係ノアルコトヲ證明セヨ。但シ接合シタレンズノ焦點距離  $F$  ハ  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f'}$  ニヨツテ與ヘラレル。



第三十四圖 色消レンズ

#### 四. 組合レンズ

廣イ視界ニ亘ツテ明ルイ鮮明ナ像ヲ得ルタメニハ、球面収差及ビ色収差ヲ十分小サクシナケレバナラナイ。コノ目的ノタメニハ、ガラス材料ヤ球面ノ曲率ヲ適當ニ選ンダ數箇ノレンズヲ組合セテ用ヒル。第三十五圖ニ普通ニヨク用ヒラレテキル寫真レンズノ一例ヲ示シタ。

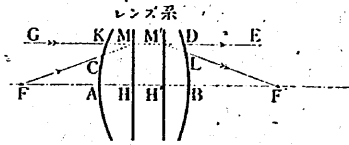


第三十五圖 組合寫真レンズ三種

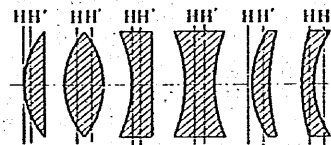
カヤウナレンズノ焦點ハ薄レンズノ場合ト同

様ニ定義サレルガ、焦點距離ハ薄レンズニ於ケルヤウニレンズ面ト焦點トノ距離ヲ表ハスコトハデキナイ。

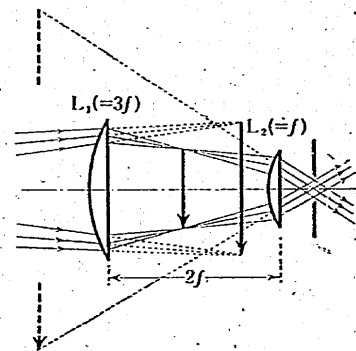
第三十六圖=於イテ第一焦點 F'ヲ通ル光線 FC ガ レンズ系ヲ通過シタ後 DE = 進ムトキ、FC ト DE トノ交點 M'ヲ通り軸=垂直ナ面ガ軸ト交ル點ヲ H トスル。同様ニ投射光線 GK ト通過光線 LR' トノ交點 M'ヲ通り軸=垂直ナ面ガ軸ト交ル點ヲ H' トスル。カヤウナ H, H' バ レンズ系ニ固有ノ點デアリ、ソノ位置ハ 收差ノナイ レンズ ナラバ M, M' ノ高サニ無關係ニ定マル。GK ヲ DE ト同一直線上ニミトルナラバ M, M' モソノ直線上ニアツテ、M' ハ FC, GK ノ交點、M' ハ LR', DE ノ交點ト見做シ得ル。從ツテ M' ト M', H' ト H' トハ 夫々コノ レンズ系ニ對シ物體ト像トノ關係ニアリ、シカモ MH = M'H' デアルカラ、H, H' = 於イテハ物體ト像トノ大キサハ等シク且ツ同ジ向キニアル。カヤウナ性質ヲ有スル H, H' ヲ夫々 レンズ系ノ「第一主點」及ビ「第二主點」トイヒ、コレラノ主點ヲ含ンデ軸=垂直ナ面ヲ「第一主面」及ビ「第二主面」トフイ。組合レンズ=於イテ、主點 H, H' カラ焦點 F, F' =



第三十六圖 レンズ系ノ主點



第三十七圖 種々ノレンズノ主點ノ位置

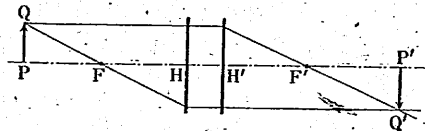


第三十八圖 接眼鏡

至ル距離 HF, H'F' ハ常ニ等シク、コノ長サヲ 組合レンズノ焦點距離トスルノデアル。

同種ノ ガラス ヨリ成ル二箇ノ レンズ (焦點距離  $f_1, f_2$ ) ヲ間隔  $d$  ヲオイテ並べルトキ、 $d = \frac{f_1 + f_2}{2}$  ノ關係ガアレバ合成焦點距離ハ波長ノ如何ニ拘ラズ等シイコトヲ證明デキルガ、コノ性質ハ接眼鏡ニ應用サレテキル。第三十八圖ハ多ク顯微鏡ニ用ヒラレテキル接眼鏡デアル。

研究(十三) 主點及ビ焦點ノ位置ガ與ヘラレテキルトキ、



第三十九圖

軸=垂直ナ物體ノ像ヲ作圖カラ求メヨ(第三十九圖参照)。

研究(十四) 物體ト像トノ位置ヲ焦點 F, F' カラ測ツタ値ヲ夫々  $x, x'$ 、主點 H, H' カラ測ツタ値ヲ  $s, s'$  トスレバ

$$\frac{P'Q'}{PQ} = \frac{x'}{f} = \frac{f}{x} = \frac{s'}{s},$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f},$$

$$QH // H'Q'$$

ナル關係ガ成立スルコトヲ證明セヨ。(但シコレラノ點ノ位置ノ値ハ、光線ノ進ム向キト逆ニ測ツタ場合ハ正、同ジ向キニ測ツタ場合ハ負ニトルコトスル。)

實際ニ主點ヲ求メルニハ上ノ研究カラフカルヤウニ、軸ニ餘リ大キクナイ傾キデ第一主點ニ入ル光線ハ第二主點カラモ同ジ傾キデ出ルコトヲ利用シテ裝置ヲ作り、ソレヲ用ヒテ機械的ニ定メルノデアル。

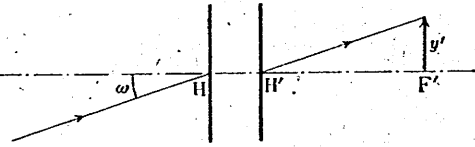
研究(十五) 非常ニ遠距離ニアル、視界ノヲ挟ム物體ノ像ノ大キサヲ  $y'$  トスレバ

$$f = \frac{y'}{\tan \omega} \quad (7)$$

ナルコトヲ證明セヨ。

研究(十六) 焦

點距離  $f_1, f_2$   
ノ二箇ノ薄  
レンズヲ間



隔  $d$  ヲオイテ

第四十圖

並ベテ レンズ系 ノ焦點距離ヲ  $F'$  トスレバ

$$\frac{1}{F'} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (8)$$

又ハ  $F = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d} \quad (9)$

ナル關係ガアルコトヲ證明セヨ。

【實驗第三】 組合レンズ ノ焦點距離測定

(甲) 寫眞レンズ

準備 寫眞機、ピントガラス、經緯儀。

方法 研究(十五)ノ(7)式ニヨル。

操作 (イ) 遠距離ニアル適當ナ目標物ヲエラビ、經緯儀ヲ用ヒテソノ視角ヲ測ル。(經緯儀ガナケレバ適當ナ裝置ヲ工夫シテ正確ニ測ル。)

(ロ) 寫眞機ニピントガラスヲハメ、先ノ目標物ノ像ヲソノ上ニ鮮明ニ作ラセ、物指ニヨツテ直接ソノ長サヲ測ル。

(ハ) 目標物ノ大キサ及ビソノ距離ヲ變ヘテ數回實驗スル。

(乙) 接眼鏡

準備 顯微鏡ノ接眼鏡、光學台、透明ナ目盛尺度2箇。

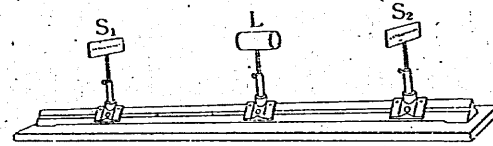
方法 物體ニ對シテ レンズヲ或ル位置ニオイトキノ倍率ヲ  $m_1$  トシ、次ニ レンズヲ  $d$  ダケ移動シタ際、同ジ物體ニツイテノ倍率ヲ  $m_2$  トスレバ

$$f = \frac{d}{\frac{1}{m_1} - \frac{1}{m_2}} \quad (10)$$

ナル關係ガ成立スル(證明ハ各自試ミヨ)。

操作 (イ) 光

學台上ニ尺  
度  $S_1, S_2$  及  
ビ接眼鏡  $L$   
ヲ第四十一



第四十一圖 焦點距離測定裝置

圖ノ如ク並ベ、ソレラノ高さ及ビ位置ヲ調節シテオク。

- (ロ)  $S_1$  ノ像ヲ  $S_2$  上ニ作り、コノ時ノ倍率  $m_1$  ヲ測ル。
- (ハ)  $L$  ヲ  $d$  ダケ動カシテカラ、 $S_1$  ノ像ガ  $S_2$  上ニデキルヤウ  $S_2$  ヲ適當ニ調節シ(コノトキノ  $S_2$  ノ移動距離ハ測ル必要ガナイ) 倍率  $m_2$  ヲ測ル。
- (ニ) 次々ニ  $L$  ヲ少シツツ移動サセル。以上ノ操作ヲ數回繰返ス。

## 第二節 光 波

問 光波ト音波トハドウ異ナルカ。

### 【實驗第四】 細隙ニヨル干涉縞

目的 細隙ニヨル干涉縞ヲ觀察シ、波長ヲ概算スル。

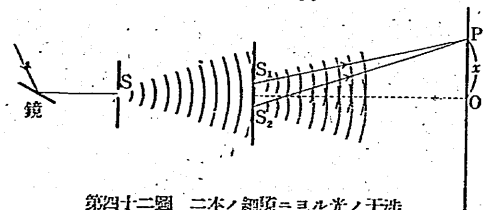
準備 反射鏡又ハ太陽鏡、細隙、寫真乾板、<sup>\*</sup>衝立、白熱電球(線條ノ見エルモノ)、濾光板、測微顯微鏡。

寫真乾板ノ膜面ニ小刀デ接近シタ二本ノ平行ナ細隙(間隔約0.5耗)ヲ作り、コレヲ衝立ノ前面ニ約1米ヲ隔テテ平行ニ立テ、他ノ細隙ヲ通過シタ細イ光線束ヲアテル。(電球ノ場合ニハ線條ヲ細隙ノ線ト平行ニオコトニ注意スル。)

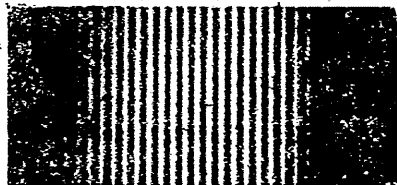
方法 反射鏡、細隙S、乾板ノ細隙S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>及ビ衝立Oヲ第四十二

圖ニ示ス如ク配

置シ、S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>ノ距離ヲd、S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>トOトノ距離ヲD、POヲαトスルナラバ、S<sub>2</sub>P-S<sub>1</sub>Pガ入射光ノ波長(λ)ノ整数倍デアレバ



第四十二圖 二本ノ細隙ニヨル光ノ干涉



第四十三圖 二本ノ細隙ニヨル干涉縞

\* 乾板ハソノママ露光サセ、現象定着シナイモノヲ用ヒル。コノホカ錫箔ヲ貼リツケタ ガラス板ヲ用ヒテモヨイ。

P 點ニ於ケル干涉縞ハ明ルク、半整数倍デアレバ暗クナル。從ツテ

$$S_1P = \sqrt{D^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2} \doteq D \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{x - \frac{d}{2}}{D} \right)^2 \right\}$$

$$\text{同様} = S_2P \doteq D \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{x + \frac{d}{2}}{D} \right)^2 \right\} \quad \text{デアルカラ}$$

$$S_2P - S_1P = \frac{xd}{D} = m\lambda \quad m=1, 2, 3, \dots$$

ナル條件ヲ満足スル x ノ位置ニ波長 λ ノ光ノ色が強ク現ハレ、入射光ガ單色デアレバコノ點ニ明ルイ線ガ觀察サレ、全體トシテ縞模様ガ現ハレル。

操作 (イ) 細隙 S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>ヲ通シテ太陽光線ノ干涉縞ヲ作り、現ハレル色彩ヲ觀察スル。

(ロ) S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>ノ距離ヲ種々ニ變ジテコノ干涉縞ガ如何ニ變化スルカラ見ル。

(ハ) 綠色又ハ赤色濾光板ニヨツテ光ヲ濾シ、單色光ニヨル干涉縞ヲ明確ニシテ x ヲ測定スル。

(ニ) Dヲ種々ニ變ジテコレニ對スル x ヲ測定スル。

(ホ) 以上ノ値カラ波長ヲ概算スル。

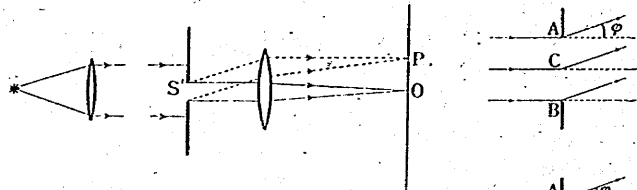
研究(十七) 細隙 S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>ノ代リニ唯一本ノ細隙 S'ヲオキカヘテソノ衝立ニ現ハレル模様ヲシラベヨ。マタ細隙 Sヲ通サズニ S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>ニ直接太陽光ヲアテテ干涉縞ガ生ズルカドウカラミヨ。

### 一. 光ノ回折

上ノ研究ニ於テ觀察シタ如ク、タダ一本ノ細隙ニ細イ平行ナ光



線束ヲアテタトキニハ、中央ノ部分ハ明ルク相當ナ廣ガリヲモチ、更ニソノ兩側ニ幅ノ廣イ色彩ヲ帯ビタ縞ガ認メラレル。コレハ細隙ノ各部分ヲ通ツタ光ガ相互ニ干涉シタ結果デアル。



第四十四圖 一ホノ細隙ニヨル光ノ干涉

簡單ノタメニ第四十四圖ノ如ク光源カラノ光線束ヲレンズニヨツテ平行ニシテ細隙ニ垂直ニ投射シ、回折光モマタレンズヲ用ヒテ直立上ニ集メル場合ヲ考ヘル。細隙ノ兩端 AB ニ光波ガ到達スルト、AB 上ノ各點ノ振動ハ新シイ波源ト見做スコトガデキ、夫等ノ點カラ出ル各ノ波ハ互ニ干涉スルト考ヘラレル。入射方向ト同ジ方向ニ進ム光波ハイズレモ位相ガ同一デアルカラ、O 點ニ於イテハ光ノ強サハ最大トナル。

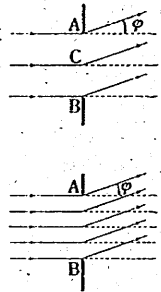
トコロガ  $AB = a$  トシ、AB ノ中點ヲ C トスルナラバ  $\frac{a}{2} \sin \varphi = \frac{\lambda}{2}$  ヲ滿ス  $\varphi$  ノ方向ニ回折スル光ハ、AC 間ノ光ト CB 間ノ光トガ夫々  $\frac{\lambda}{2}$  ニ等シイ光路差ヲモツタメニ互ニ相殺シテ暗クナル。同様ニ

$$\frac{a}{4} \sin \varphi = \frac{\lambda}{2}, \quad \frac{a}{6} \sin \varphi = \frac{\lambda}{2}, \dots$$

一般ニ

$$\frac{a}{2m} \sin \varphi = \frac{\lambda}{2}, \quad m=1, 2, 3, \dots \quad (10)$$

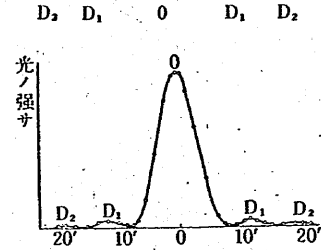
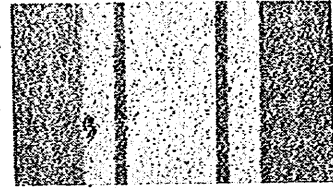
ニ相當スル  $\varphi$  ノ方向ニ暗クナル。即チコレヲ寫眞ニトリ、ソノ光ノ強サヲ測定シテ縦軸上ニ表ハセバ第四十六圖ノ下圖ニ示シタ如ク、



第四十五圖

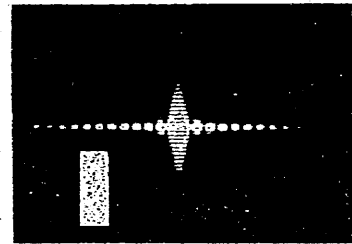
$m=1, 2, 3, \dots$  ニ相當シテ  $D_1, D_2$  ナドノ明線ヲ生ズル。

中央ノ明レイ部分ノ幅ニ相當スル角ハ  $\sin \varphi = \frac{\lambda}{a}$  ヲ滿ス  $\varphi$  ノ 2 倍デアル。即チ細隙ノ幅ガ狭イホド  $\varphi$  ハ大トナルコトガワカル。從ツテ細隙ノ幅ガ大キイ場合ニハ光ハ直進スルト考ヘテヨイガ、ソレガ波長ノ程度ニ達スルト、ソコデハ光ノ直進トイフコトガ意味ヲ失ナツテシマフコトニナル。

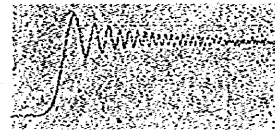
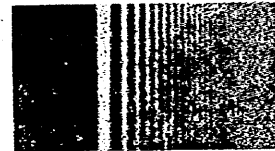


第四十六圖 一ホノ細隙ノ回折ニヨル干涉縞

問 光ノ波長ヲ  $0.6 \mu$  トシ、細隙ノ幅ヲ  $1 \text{ mm}$  及ビ  $1 \mu$  トシク場合ノ  $\varphi$  ヲ求メテミヨ。



第四十七圖 矩形ノ孔ノ作ル干涉縞



第四十八圖 物體ノ影ノ縁ニ生ズル干涉縞

細隙ノ代リニ孔ヲ用ヒテモ同様ナ回折ヲ生ジ、矩形ノ孔デハ第四十七圖ノ如キ干涉縞ヲ現ハスシ、圓孔ノ場合ニハ中央ノ明レイ部分ノ周圍ニ明暗ノ輪ヲ生ズル(圖版第四)。コノ圓孔ノ直径ヲ  $D$  トスレバ、

K 450, K-2a

Approved by Ministry of Education.

(Date Jul. 29, 1946)

昭和廿一年七月廿九日 印刷  
 昭和廿一年八月三日 發行  
 昭和廿一年八月三日 翻刻印刷  
 昭和廿一年八月廿八日 翻刻發行  
 (昭和廿一年八月三日 文部省検査済)

師範物象 本科用 二

定價金壹圓參拾五錢

著作權所有 著者 文 部 省

東京都神田區錦町一丁目十六番地  
 翻刻發行者 師範學校教科書株式會社  
 代表者 森 下 松 衛

東京都牛込區市谷加賀町一丁目十二番地  
 印刷者 大日本印刷株式會社  
 代表者 佐 久 間 長 吉 郎

東京都神田區錦町一丁目十六番地  
 發行所 師範學校教科書株式會社

8.31  
文部省登録印入乙