

始



39
55

科目別

遞試標準解答

v

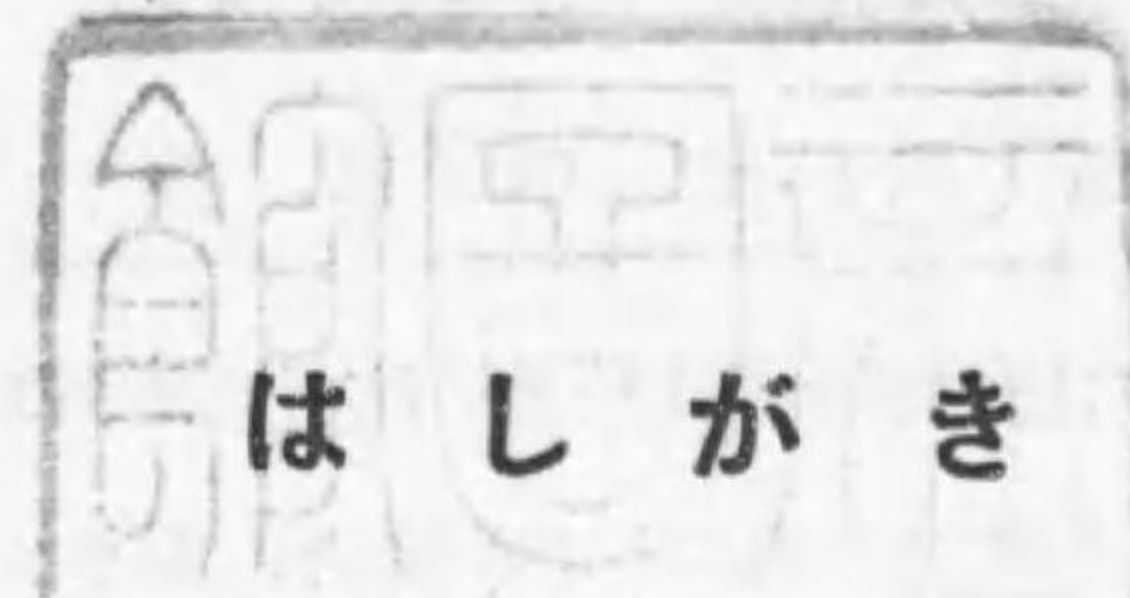
電燈之部

(高等)



昭和六年七月

電機學校編



はしがき

楽器の演奏を練習する人は、二年でも三年でも所謂指馴らしに精進する。初めから自己流で楽譜を奏でようとあせる人に大成したためしは少い。圍碁將棋を嗜む人が本氣に上達を望むならば、否が應でも定跡を研究せねばならない。對局一點張りで行く者は所詮道樂の範圍を出でない。

學を修める人々に取つて、學校の課程や内外の成書は即ち指馴らしであり、定跡である。秩序と漸進とをモットーとする基礎であり、策源地である。歩一步履み固めて行く底の眞摯な勉學は、どうしても是等に由らねばならない。然るに我が國の電氣工學に志す青年が實力の充分でないうちから好んで奏でようとする曲目、好んで勝敗を争はうとする對局がある。俗に所謂“選試”，正しい名で電氣事業主任技術者資格檢定試験が即ちそれである。何さまこれは青年電氣技術家の登龍門。之を目掛けて突進する人々の多いのも無理はない。

本校の出身者にも此の試験に應じた人々が非常に多い。“此の問題はどう答へるのが正しいでせう”と云ふ様な質問も屢々受けて來た。それ等が動機となつて、所謂選試の度毎に、本校から其の解答集を出版し、今や既に十六冊の多きに達し

た。1400頁の六號活字を繕くとき、流石に思出も深いが、扱前述、指馴らしや定跡の事に思ひ到ると、もう少し秩序を正し、系統を重んじた纏め方がありさうなものだと考へざるを得ない。試験も度重ると、適当な問題は出し盡されて了ふから、其の配列を工風すれば前後の脈絡も明になり、略一部の成書に近い効果を齎すであらう。同じ受験準備にしても、智識の整理を兼ねる事が出来る筈だと考へて來たのである。其の産物が此處に讀者の目前に現はれて居る次第。をこの沙汰ではあるが少々手前味噌を並べて見よう。

先づ第一に科目別にした。科目はやはり選試に準じて分けた。即ち

- I 測 定.....電氣理論及電氣磁氣測定
- II 機 械.....電氣機械及變壓器並附屬器具
- III 配 電.....電力輸送配電並蓄電池
- IV 電 燈.....電燈並照明
- V 電 鐵.....電氣鐵道
- VI 發 電.....發電所設計附原動機

の六科目である。さうして各科目とも(電鐵を除く)初等(A)高等(B)の二階梯に分類した。初等とは現制の三種、舊制の五級、四級全部及び現制の二種、舊制の三級、二級のうち比

較的簡易な部分である。其の他を一括して高等と名づけた。然し將來此の解答集の高等の部に屬する問題又は其の變形が三種に出ないとも限らず、反對に初等のものが一種に出るかも知れない。蓋し問題は同じでも、受験者の實力によつて答へ方の變り得る場合が多いからである。

次に各科目とも問題の内容に従つて、數章乃至十數章に分け、同種類の問題、又は連絡のある問題は、年代や級別を無視して、相並べる方針を取つた。愈々實行して見ると意相外に此の點に力を要した。又電氣工學一般に關する問題、口述試験の問題及び他科目に屬して居た問題迄も捕へて來て、夫々の章に編入した。章の分け方には幾分精粗の差を生じたものもある。これには各章の問題数を略揃へたいといふ體裁上の顧慮も手傳つて居る。

又從來の年度別解答集は一日も早く世に公にすることを主眼として、本校職員が其の都度分擔執筆したものである。内容の協議や検査は苟くもしなかつたが、説明の繁閑や記述の筆癖迄統一することは到底出来なかつた。同じ人が書いても八年、十年の歳月を隔てると、彼是、可なり感じの違つたものが出来上る。そこで今回の科目別を實行するに當つては、先づ各科目に二三人づゝの分擔者を定めた。其の分擔者は夫

々従來の解答の内容を精讀した。協議の上、内容を變改した
ものもある。説明の程度や方式を整理し、用語を統一する爲
め、随分思切つて原稿に筆を加へた。全然舊體を止めない解
答も稀ではない。又目次の外、卷末には級別年度順の便利な
索引を加へた。

之を要するに、吾々は一貫した主義と編輯方針とを以て事
に臨んだ。徒らに糊と鉄とを以て、従來の年度別を今回の科
目別に變へたものではない。敢て標準解答の名を冒すのも聊
か恃む所があるからである。

重ねて言ふ。指馴らしと定跡とでミツシリと仕上げるに越
した事は無い。然し選試は少壯電氣技術家の研學熱と向上心
とを正しく指導する官擧の美制である。人情、早く此の樂譜
を奏で、此の對局に勝を制したいと祈念するのも無理でない
以上、同じ受験準備でも、なるべく學校の課程や一部の成書
に依るのと類似の効果を、此の解答集から收めるやう、切に
讀者の奮勵を促して止まない。

昭和二年六月

電機學校 編輯掛しるす

科目別選試標準解答

電 燈 高 等 之 部 目 次

	頁
第一章 熱輻射(6問)	1
第二章 白熱電球(12問)... ..	4
第三章 窒素電球附晝光色電球(10問)... ..	15
第四章 炭素弧光燈(8問)... ..	24
第五章 特殊弧光燈(12問)	34
第六章 放電管燈(9問)	47
第七章 光度測定(12問)	56
第八章 有面光源(6問)	68
第九章 水平照度(10問)	74
第十章 照明(9問)	86
第十一章 照明設計(7問)	94
第十二章 料金關係(9問)	102
年次索引	1-5

受 験 拾 則

1. 自分の力に餘裕があると思ふ種を受け、一度受けた種は合格する迄變更せぬ事。
2. 既往の試験問題を一讀すること。
3. 参考書はあわてた三讀よりも落付いた一讀を期すること。
4. 電氣雑誌は常に續み、参考となると思ふ所は抜書きし置き、試験前は主として抜書で勉強する事。
5. 試験前二三日は適度の運動と浩然の氣を養ふに勉め特に衛生に注意すること。
6. 受験地へは前日位に到着し、当日は定刻 30 分前に受験場に出頭すること。
7. 時間中は出来るだけ落付いて全部の時間を使用する様心掛け、完全無缺を期すること。
8. 試験問題は反覆熟讀すること。
9. 答案は出来るだけ整理し、要をつまみ、讀み易き様奇麗に書くこと。
10. 出来が不充分だと思つても最後まで必ず受験すること。

(遞試問題集受験案内抜萃)

科 目 別 遞 試 標 準 解 答

電 燈 之 部

(高 等)

電 機 學 校 編

第一章 熱 輻 射

(1) (イ) 黒體よりの放射に關し放射勢力と温度との關係式を示せ。

(ロ) 最優勢なる放射線の波長は温度に従つて如何に變ずるかを記せ。 (大正 10 年 II 種 2)

[解] (イ) 黒體よりの全輻射勢力を E , 其の黒體の絶對温度を T , k を定數とすれば

$$E = kT^4$$

なる實驗式あり。

(ロ) 次を見よ。

(2) 黒體 (black body) の温度輻射 (temperature radiation)

に於ける最大輻射の波長と絶対温度との関係を述べよ。

(大正7年I級1)

〔解〕 此の関係は所謂ヴィーン氏變位則 (Wien's displacement law) として知られ、次の式を以て表はさる。

$$\lambda_m T = C$$

但し T は發光體の絶対温度(攝氏度數+273°)

λ_m は發光體が T 度に於て輻射勢力の最大なる波長ミクロン數

C は或る定數にして 0.29 とするを普通とす。

此の式によれば T が大なる程最大輻射を有する波長は小となる。

(3) 熱輻射に依る發光とルミネッセンス (luminescence) に依る發光との相違を實例を擧げて説明せよ。(大正8年II級1)

(4) temperature radiation と luminous radiation との關係を現在の lamp に就き述べよ。(大正3年II級口述4)

(5) 電燈の發光現象を物理的に二大別し、例を擧げて説明せよ。(大正13年II種1)

〔解〕 (1) 温度輻射 一般に物體は各種波長の電磁波を輻射するものにして、その輻射エネルギーは物體の温度に關係し、温度上昇するに従ひ著しく増大し且つその波長も短くなるものなり。我々の光と稱するは視感度の最大感度を有する 0.55μ 附近の波長を有するものなり。各種白熱電燈の纖維及び炭素弧光燈の火坑 (crater)、タングステン弧光燈の發光球等の發光は之れに屬す。又温度輻射エネルギーは温度高き程著しく増大するものなれば (絶対温度の4乗に比例)、タングステンの氣化を防ぐ爲め瓦斯を封入し纖維温度を高めたる瓦斯入電球は尤も能率優秀なり。

但し温度高き程可視光増大すと雖其の可視部分の輻射勢力は尙全輻射勢力の一小部分に過ぎず、従つて上記電燈の輻射能率も一般に

僅少にして、眞空白熱電球にありては 3-5%、瓦斯入高燭力電球及び炭素弧光燈火坑に於ても 10% に過ぎず。但し後者は眞空中に非ざる故對流に依る熱損失を伴ふものなり。

(2) 電氣ルミネッセンス 温度輻射に屬せざる發光を總稱してルミネッセンス (luminescence) と稱す。ルミネッセンスには光、熱、化學その他各種のものありと雖、現在吾人の利用せるものは電氣ルミネッセンスなり。電氣ルミネッセンスは電界に置かれたる瓦斯、或は蒸氣の電離再合に依り發する光輝なり。例へば低壓瓦斯内に於ける放電を利用せるネオン電燈、ネオン管燈、水銀蒸氣の電離を利用せる水銀弧燈、ムーア管燈、石英水銀弧燈は之れに屬す。而してその光色及び能率は發光を生ずる物質に關係し、又その瓦斯壓力に依り異なれどその間に一定の法則なきが如し。

(6) 下記の術語に付き其の意義を略述せよ。

(イ) Glare

(ロ) Specific luminous radiation

(大正13年II種3の内)

〔解〕 (イ) Glare とは光輝高き物體 (光源、二次光源又は反射面) を認むる時、或は物體の光輝は非常に高からざるも、其の周圍の光輝に對して、其の差甚だしき時、又は或る照明強度の所より、他の異なる強度に移る際、目の調節作用の之れに伴はざる爲に生ずる現象にして、一時視覺の鋭敏を缺き人の目に不快疲勞を覺えしむ。

(ロ) Specific luminous radiation 一表面より輻射せらるゝ光束密度を謂ひ、平方極當りルーメン數で表はす。Lambert 氏の輻射の餘弦法則に従ふ表面に於ては、

$$E' = \pi b_0$$

但し E' = specific luminous radiation

$$b_0 = \text{normal brightness}$$

第二章 白熱電球

(1) 白熱電球の金属化炭素繊維の製造方法を略述せよ。

(大正2年II級2)

〔解〕 普通の方法に依つて製造せる炭素繊維を、電気爐内にて空気の流通を絶ちて高熱し、繊維中に存在する灰分を除き去り、更に電気爐内に入れて 3000°C 乃至 3500°C の高温に數分間加熱すれば繊維表面に附着せる純粹の炭素は石墨化し金属光澤を有する金属化炭素繊維を得べし。

(2) 周波数が炭素繊維電球及び金属繊維電球に及ぼす影響を比較せよ。

(大正3年II級1)

〔解〕 (イ) 光度の變化即ちチラツキに対する影響 低周波交流回路に使用する場合には兩種の電球ともチラツキを感ぜらるゝも同一の燭力のものに就て比較すればチラツキを感ぜらるゝに至る周波数は炭素電球の方低し。例へば 25 サイクル電路に於てはタングステン 16 燭光電球は明にチラツキを感ぜらるゝも、炭素繊維 16 燭光電球にては注視せざれば殆どチラツキを感ぜず。之れ繊維の表面積に対する消費電力の割合炭素繊維電球の方大にして、従つて繊維の冷却に時間を要する事比較的大なるによる。

(ロ) 電球の壽命に及ぼす影響 炭素繊維電球の壽命は電源の周波數に依つて影響さるゝ事なし。然るにタンタラム繊維電球の壽命は交流回路殊に 60 サイクル以上の周波數の電路に使用する場合には著しく短縮さるゝものなり。但し同じく金属繊維電球にてもタングステン電球の如きものにありては此の影響を殆ど認めず。

(3) タングステン・ランプ (tungsten lamp) と炭素繊維白熱電

球との特性及び得失を比較せよ。 (明治44年II級2)

〔解〕 炭素の熔解點は 4000°K タングステンの熔解點は 3600°K なり。然るに真空中に於て炭素は熔解點以下に於ても氣化する事甚だしく、之れに反しタングステンは熔解點附近に於ても氣化する事少し。依つてタングステン繊維電球にありては、炭素繊維電球に比して繊維温度を高くし能率を良好にするも其の有効壽命を害する事なし。一例を擧ぐれば、毎水平燭 3.1 ワット炭素繊維電球の有効壽命は 500 時間、1.25 ワットのタングステン繊維電球は 1000 時間以上の有効壽命を有す。又繊維温度の高き結果としてタングステン繊維電球の光色は炭素繊維のそれに比し白し。

タングステンは抵抗に關する温度係數は正なるに反し、炭素は負の温度係數を有するものなるが故に、電壓の變動に対する光力、ワット數、能率、有効壽命等の變化はタングステン繊維電球の方遙に少し。

以上はタングステン電球の主なる利益の點なれども亦次の如き不利なる點を有するものなり。

タングステン繊維は近來大いに改良されたれども振動の爲に繊維の切斷する事多少多き嫌あり。又低周波交流回路に使用する場合にはタングステン電球の方チラツキを感ぜらるゝ事多し。尙タングステン繊維の低温に於ける抵抗は使用状態に於ける抵抗に比し $\frac{1}{10}$ 以下なるを以て始點に於て甚だ大なる電流を通ずべく、多數の電球を點火する場合には此の始點電流に於て考慮を要す。

(4) 線引タングステン繊維の製法の一に就いて述べよ。

(大正10年I種3)

〔解〕 純粹なるタングステン粉末を壓搾して棒状となし、之れに電流を通じて白熱すれば一樣なる結晶性のものとなる。更に之れを高温に熱し槌打或は rolling を繰返して、直徑約 1mm の線となす。タングステンは以上の反復處理中纖維状の構成を有するに至

り、其の扯断力並に可撓性を増大す。茲に於て前記のタングステン線を約 600 度に熱せるダイヤモンド・ダイを通じて所要の太さの細線に線引して織條とす。

(5) 電球の overshooting に付き説明せよ。

(大正 13 年 I 種 3)

〔解〕 overshooting は織條の温度に對する抵抗係數正なる白熱電燈に起る現象にして、タングステン織條は抵抗係數正にして、其の値も他の白熱燈より大なる故、此の現象著しきものなり、即ち一定電壓回路に接続するや、冷却状態に於ける抵抗最小なるが故に、多大の電流流れ以て規定以上に白熱すべし。然る後其の抵抗値が増加して漸々と電流を減じ、遂に規定燭力に達して一定となる。又他の一つの原因は冷却せるタングステン織條は或る瓦斯を吸収せるものにして、之が急激に熱せらるゝ際真空球中に其の瓦斯を發散する爲め、光の輝を増加して規定以上に白熱するが如く見ゆるも、暫時の後には其の瓦斯全部排出せられて舊態に復するに因る。従つて此の現象は點火後瞬時滅火して、再び點火することあるも殆んど起らざるものなり。

斯く始點電流大なる爲め、織條の一部に細き部分ある場合には切斷の原因ともなり、従つて此の現象は壽命短縮の一原因となるものなり。又電源に於ても一時負荷増大すべきが故に考慮を要するものとす。瓦斯充填タングステン電球は白熱温度一層高き故、更に此の現象著しきものなり。

(6) タングステン電球の黒化を防ぐ方法を述べよ。

(大正 11 年 II 種 1)

〔解〕 排氣不完全にして電球内に瓦斯が残留する場合には、織條の壞滅を促し黒化を速かならしむ。殊に水蒸気が残留する場合には織條の高温の爲めに酸素と水素とに分解され、タングステンは其

の分解酸素と化合して酸化タングステンとなり、硝子球に觸れて凝縮する際水素の爲めに還元されて、金屬タングステンの黒色沈澱を硝子球の内面に生じ、之れと同時に水蒸気を生ず。斯くて微量の水蒸気もよく反覆作用して電球の黒化を促進す。故に電球黒化を防止するには、先づ第一に排氣殊に水蒸気の除去に努めざるべからず。

排氣作業に當り織條を磷液に浸して少量の磷を電球内に封入し置く時には、電球内に残留する酸素或は分解して發生する酸素を除去し、黒化の發生を緩慢ならしむるの效あり。

以上の如く排氣を完全にするも、尙織條の壞滅は避くべからざる所、従つて多少の電球の黒化は免るべからざる所なり。仍つて電球黒化を一層完全に防止するには、他の積極的手段を講ずることを要す。積極的黒化防止方法には物理的に織條の壞滅を阻止する法と、壞滅せるタングステンを化學的に透明或は半透明の物質に變ずる化學的方法との二つに大別することを得べし。

物理的防止法 織條の壞滅は、真空中に於けるよりも窒素等の雰圍氣中に於ては一層緩慢なるものなり。窒化マグネシウム、窒化磷、窒化リチウム等の少量を電球内に封入し置くときには、使用と同時に漸次窒素瓦斯の少量を發生し、織條の壞滅を少くし、黒化を極めて緩慢ならしむるを得るものなり。

電球内に封入する窒素其の他の有效雰圍氣の織條壞滅阻止作用は其の壓力の高き程有效なり。現今の高能率瓦斯填充電球には、一氣壓内外の壓力を以て窒素、アルゴン等の瓦斯を填充せるは、此の性質を利用せるなり。

化學的防止法 此の種の防止法の二三に就て述べん。

電球排氣を充分に行へる後、ハロゲン瓦斯を 0.1 乃至 1mm の壓力を以て電球内に填充するか、或は蒸發或は分解に依つて、ハロゲン瓦斯を生ずべき物質を電球内に封入し置くときには、ハロゲンがタングステンの揮發分に作用して、透明物質を生ずるを以て、黒化の防止に有效なり。G.E. 會社の特許品ゲッターと稱するは、此の

理に依つて電球の黒化を防止すべき一種のハロゲン化合物なり。

獨逸 A. E. G. 會社の特許を得たる防止法は、電球内に微量の酸素を封入せるにあり。\$\frac{1}{1000}\$mm. 以下の氣壓の酸素は、タングステン纖維に害を及ぼさざるのみならず、揮發せるタングステンと化合して三酸化タングステンとなり、殆ど無色透明の沈澱物を生ずるを以て、電球の黒化を防止するに有效なり。

尙大電力の高温度電球(寫眞撮影用電球)等にて直立して使用するものにはタングステン粒を封入し置き、電球黒化した時、電球を振り動かして沈澱タングステンを除去するもの製作さる。

(7) 真空タングステン電球の燭光の變化を上下 10 パーセント迄許すとし、之に相當する消費電力變化及び能率變動率を算出せよ。(大正 14 年 I 種 3)

[解] 真空タングステン電球の燭光 (C) 及び消費電力 (W) と電壓 (V) との間の關係は次式により表はさる。

$$C = hV^m \dots\dots\dots (1)$$

$$W = gV^n \dots\dots\dots (2)$$

但し h 及び g は設計により定まる常數にして、m 及び n も m = 3.6, n = 1.6 なる値の定數なり。

故に今規定の電壓、燭光、消費電力、能率(ルーメン毎ワット)を夫々 \$V_0, C_0, W_0, \eta_0\$ とし

(イ) 燭光が 10% 増加したる場合の各値を \$V_1, C_1, W_1, \eta_1\$ とすれば

(1) 式より

$$C_0 = hV_0^m, \quad C_1 = hV_1^m$$

而して $C_1 = 1.1 C_0$

$$\therefore hV_1^m = 1.1 hV_0^m$$

$$\therefore V_1 = 1.1^{\frac{1}{m}} V_0$$

又(2)式より

$$W_1 = gV_1^n = g(1.1^{\frac{1}{m}} V_0)^n = g1.1^{\frac{n}{m}} V_0^n = 1.1^{\frac{n}{m}} W_0$$

次に能率は配光曲線の形に變化なきものとして、

$$\eta_1 = \frac{KC_1}{W_1} = \frac{1.1 \frac{KC_0}{W_0}}{1.1^{\frac{n}{m}} \frac{W_0}{W_0}} = \frac{1.1}{1.1^{\frac{n}{m}}} \eta_0$$

今 m 及び n に其の數を入るれば

$$W_1 = 1.1^{\frac{1.6}{3.6}} W_0 = (1+0.1)^{0.44} W_0$$

$$\doteq (1+0.044-0.001) W_0 = 1.043 W_0$$

$$\eta_1 \doteq \frac{1.1}{1.043} \eta_0 = 1.055 \eta_0$$

故に此の場合の

消費電力變動率は 4.3%

能率變動率は 5.5%

(ロ) 次に燭光が 10% 減少した場合の各値を \$V_2, C_2, W_2, \eta_2\$ とすれば、上記と同様にして

$$V_2 = 0.9^{\frac{1}{m}} V_0$$

$$W_2 = 0.9^{\frac{n}{m}} W_0 = (1-0.1)^{0.44} W_0 \doteq 0.955 W_0$$

$$\eta_2 = \frac{KC_2}{W_2} = \frac{0.9 \frac{KC_0}{W_0}}{0.9^{\frac{n}{m}} \frac{W_0}{W_0}} = \frac{0.9}{0.955} \eta_0 = 0.944 \eta_0$$

故に此の場合の

消費電力變動率は -4.5%

能率變動率は -5.6%

(8) 20 燭の標準タングステン電球を用ひて一個のタングステン電球の光力を測定し 35 燭なる結果を得たり、然るに其の後此の測定に用ひたる電壓計を検定したる結果、標準電球は定格電壓より 1% 高き電壓にて又測定されたる電球は 2% 低き電壓にて點火されたりしこと判明せり、然らば後者の正しき光力は何燭か。

(大正 15 年 I 種 3)

〔解〕 20 燭乃至 40 燭位の真空タングステン電球の織條の作用温度は定格電壓に於て約 2450°K にして、斯の如き電球に於ては、其の燭光数は定格電壓附近の僅少なる電壓の變化に對しては、電壓の約 3.6 乘に比例して變化するものとするを得。依つて之に従つて電壓の更正を施すときには

$$C = 35 \times (1.01)^{3.6} \times (0.98)^{-3.6}$$

$$C = 35 \times \left(\frac{1.01}{0.98}\right)^{3.6} = 35 \times (1.0306)^{3.6}$$

然るに $(1.0306)^{3.6} = (1 + 0.0306)^{3.6}$

$$= 1 + 3.6 \times 0.0306 + \frac{3.6 \times 2.6}{2} \times 0.0306^2 + \dots$$

$$\doteq 1.11$$

故に $C = 35 \times 1.113 \doteq 39$ 燭

〔註〕 小なる電壓の變化に依る燭光の變化を $C = hV^m$ なる式を以て示す場合に於ける V の指數 m は織條温度の函數にして、従つて織條の作用温度に關係するものにして、織條温度の高き程 m は小なる値を有すべきものなり。然るに真空タングステンの電球の織條温度は 10 ワット位の小電球にて約 2350°K, 25 ワット位で約 2450°K 60 ワット位で約 2465°K 程度である。従つて指數 m の値は電球の大小に依つて異なるべきである。又同一ワットのものにも電球各個に就て多少相違し、製造者の異るときには同一ワットのものにも相當異なるべきは云ふを俟たず。

然れども茲には電氣學會のポケットブックの與へた係數 3.6 (照明學會ポケットブックでは 3.68) を使用し、之に従つて大略の燭光更正を施せるに過ぎず、眞に正しき燭光數を得んとするには正しき電壓を加へて再試験を行ふべきを當然とす。

(9) 使用電壓の變化と燭光との關係並に其の能率に就て次の白熱電球を比較せよ。

- (イ) 炭素織條電球 (ロ) 金屬化炭素織條電球
(ハ) タンタラム電球 (ニ) タングステン電球

(明治 44 年 I 級 1)

〔解〕 白熱電球の燭光及び能率は使用電壓に伴ふて増減すべきものにして、 C を電球の燭光、 E を其の能率即ち 1 燭當りの電力消費量とすれば

$$C = k_1 V^a \quad E = k_2 V^b$$

なる關係を有するものにして、此の a 及び b なる定數は電球の種類によつて相違す。

Merril 氏の實驗によれば

	a	b
炭素織條電球	5.6	3.5
金屬化炭素織條電球	4.8	3.0
タンタラム電球	4.4	2.6
タングステン電球	3.7	2.1

にして電壓の變化に伴ふ燭光及び能率の變化の割合は炭素織條電球最も大にして、金屬化炭素織條電球、タンタラム電球、タングステン電球の順序に其の割合は逐次に減少す。

〔註〕 タングステン係數 3.7 は前問の 3.6 と一致せざるも、他のものとの比較上訂正せずにして置いた。

(10) 白熱電球買入に關する仕様書を記載せよ。

(明治 44 年 III 級 3)

〔解〕 下記事項を記載すれば可なり。

1. 電球の大きさを消費ワット數にて表せるものの數量
2. 電球の標準電壓
3. 電球の各大さに對する種別、(A, B の區別瓦斯入、燧消し等の種別)
4. 電球の標準電壓に於ける壽命の標準は次表に依るものとす。

電球の大きさ(ワット)	標 準 壽 命	
	A	B
10	2500	1500
20	2500	1000
30	1500	1000
40	1500	1000
60 以上	1000	

尚電球の壽命とは電球が點火不可能になる迄の點火時間又は點火不可能となるに先ち當初の光束より其 20% を減退するに至る迄の點火時間を謂ふ。

5. 構造 日本電氣工藝委員會制定の電球標準仕様書第二章に適合するものなるべし。

6. 試験 同上の試験法に依り之を行ふ。(この條次間参照)

(11) 數萬個の真空タングステン電球を一時に受入るゝ場合に如何なる種類の試験を行ふか。各種試験を行ふ電球の概數を挙げ且つ合格と否とを決定すべき要件を略述せよ。(大正 10 年 I 種 1)

[解] 同種同大のものより其の總數の百分の五(但し 10 個を下らざるを要す)を抜取り、之に次の各試験を行ふ。

(イ) 構造検査 次の各項に就て検査す

- 硝子球 硝子球の大きさ、氣泡瑕瑾の有無
- 織 條 瑕玼、輝點其の他の缺點の有無、硝子球内に於ける位置の正否
- 導入線 導入線と口金との接續が確實なるや否や
- 口 金 口金材料たる眞鍮の良否及び口金寸法
- 銘 記 壽命に關する記號、電壓、消費電力(燭光)の銘記及び特種指定記號の有無、正否

(ロ) 電力試験 銘記電壓の 115% の電壓に於て約 50 分間點火し、其の電力の一定値に達したる後其の電力消費量を電球常位置に

於て銘記電壓にて試験す。但し瓦斯入電球は測定の際更らに銘記電壓にて五分間點火し試験す。電力試験に於ける最大公差は次の値とす。

真空電球		±7.5%
瓦斯入電球	60W 以下	±12%
	100W 以上	±10%

(ハ) 光束試験 電力試験後ルーメンを直接測定して決定す。直線織條を使用する真空電球にして豫め球面換算率定まれる場合に於ては平均水平燭光を測定するも可なり。光束試験に於ける最大公差は次の値とす。

真空電球		±13%
瓦斯入電球	60W 以下	±18%
	100W 以上	±15%

以上(イ)構造検査、(ロ)電力試験、(ハ)燭光試験の三試験は共に抜取個數の全部に就て試験し、試験總數の 7 割以上(製造所内にて試験する場合には 8 割以上)合格するを要するものとす。

(ニ) 壽命試験 壽命試験は電力試験及び光束試験に於て公差少かりしものを選び、銘記電壓に於て之を行ふ。但し試験電壓と壽命との關係を豫め供給者と協定したる場合には銘記電壓以上の試験電壓にて壽命試験を行ふも可なり。

壽命試験を行ふ電球の個數は抜取個數の百分の一以上(5 個を下らざるを要す)とす。

壽命試験に於ては試験個數全部の平均が次表の値にして且つ各個壽命の平均壽命に對する不足値の合計は各個壽命の合計値の 20% 以下たる事を要す。

電球大きさワット	A	B
10	2500	1500
20	2500	1000
30, 40	1500	1000

60 以上 1000

抜取電球が以上の試験に合格せる場合には、全部の電球を合格とするものとする。

〔註〕 本問題は電球標準調査委員会制定の電球標準仕様書に依れるものなり。(昭和四年七月改訂)

(12) 白熱電球線條の直径と其の燭光との関係を表はす式を求めよ。但し電壓及び能率は一定せるものと假定す。

(大正 6 年 II 級 1)

〔解〕 能率一定ならば

$$\begin{aligned} \text{C.P.} &= k_1 \frac{E^2}{R} \\ &= k_2 \frac{E^2 d^2}{l} \end{aligned}$$

電壓一定とすれば

$$\text{C.P.} = k_3 \frac{d^2}{l} \dots \dots \dots (1)$$

然るに能率を一定に保つ爲めには、消費電力と熱の radiating surface との比を一定に保たざるべからず。而して能率一定なれば、消費電力と C.P. とは比例す。

$$\therefore \text{C.P.} = k_4 l d \dots \dots \dots (2)$$

(1)及び(2)より

$$(\text{C.P.})^2 = k_5 d^3 \quad \therefore d = k_6 (\text{C.P.})^{\frac{2}{3}}$$

但し

- C.P. = 電球の燭光
- E = 電 壓
- R = 線條の抵抗
- d = 線條の直径
- l = 線條の長さ
- $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ = 定數

第三章 窒素電球附畫光色電球

(1) 瓦斯填充タングステン白熱電球に螺旋狀線條を使用する理由を説明せよ。(大正 6 年 I 級 1)

〔解〕 白熱電球に高壓瓦斯を填充すれば、線條の昇華作用を鈍くするを以て、線條を高温にするも線條の壽命を害するの憂少し。然るに他方に於ては球内に瓦斯を填充する爲めに、對流によつて失はるゝ熱の損失を増大するを以て、瓦斯を填充するのみにては高能率の電球を得る事不可能なり。然るに線條を螺旋狀に捲く時は、熱は螺旋形狀の外側のみより輻射或は傳導さるべきを以て、之を螺旋形に捲かざる時に比して熱の失はるゝ量減少すべく、填充瓦斯の爲めに生ずる對流に因る熱損失を償はしむることを得べし。是れ瓦斯填充タングステン白熱電球に螺旋狀線條を用ふる所以なり。又螺旋狀に捲けば同長同徑の直線狀よりも機械的震動に對し丈夫にして其壽命を幾分長くす。

(2) 窒素填充タングステン電球 (nitrogen-filled tungsten lamp) に於ける輻射 (radiation) と熱對流 (heat convection) との関係を説明せよ。(大正 9 年 II 級 2)

〔解〕 眞空電燈にては對流に依つて線條の熱が奪はるゝ事なきも、窒素填充タングステン電球にては、球内に填充せる窒素瓦斯の對流に依つて熱が奪はれて勢力の損失を來すこと大なり。然るに同一直徑同一長の線條にても之れを非常に密なる螺旋狀に捲く時には略螺旋狀の外側のみが熱の輻射面として作用する結果、輻射による熱損失は螺旋狀に捲かざる場合に比して甚だ小なり。尙又對流する瓦斯と線條との接觸面積も之れに依つて減少せらるゝを以て、熱對流に依る勢力損失も亦大に輕減することを得らるゝものなり。

即ち窒素填充タングステン電球にては窒素瓦斯の填充に依つて生ずる熱対流を、織條を螺旋狀に捲く事に依つて軽減し、尙且、織條を螺旋狀に捲きたる爲めに減少せる輻射に依る熱損失を以て熱対流に依る損失を補償して、電燈の高能率を維持するものなり。

(3) 瓦斯填充電球に關し次の各項につき述べよ。

(イ) 低燭光のものにはアルゴンを用ひ、高燭光のものには窒素を用ふる理由

(ロ) 填充の壓力と能率との關係

(ハ) 螺旋狀に捲きたる織條の間隙の大小と消費ワット數及び燭光との關係

(大正8年I級1)

〔解〕 (イ) 一般に傳導に依る熱損失は一定の温度に於ては原子量の異なる瓦斯程小なるものなり。アルゴンは窒素に比し原子量大なり。故に窒素を充填せるものよりアルゴンを充填せるものの方が能率良好なり。然るに高燭光の電球即ち織條の大なる電球にありては瓦斯の種類に依る影響は比較的小なる爲め、アルゴンに比し安價なる窒素を用ふるものなり。之れに對し低燭光のものは上述の理由に依りアルゴンを使用す。

(ロ) 填充瓦斯の壓力を増加するに従ひ、對流に依る熱損失増加し、従つて能率不良となる。但し一氣壓附近に於ては氣壓の變化に依る損失の變化割合に小なり。

(ハ) 元來織條を螺旋狀に捲くは、熱の輻射する表面積を螺旋狀の直徑と同一なる太き織條と同様ならしめ熱損失を小ならしめん爲めなり。故に今若し螺旋のピッチを荒くすれば、同一直徑の織條と見做す能はずして輻射面積増大し損失を増す。従つて消費ワット數を増し燭光を減ずるものなり。

(4) 窒素填充タングステン電球 (nitrogen-filled tungsten lamp) が普通のタングステン電球に比し遙かに高能率を得る理由を説明せ

よ。

(大正5年II級1)

〔解〕 普通の100ヴォルト用タングステン電球を110ヴォルト電路に使用する時は、其の光束は41.3%を増加するも、消費電力は16%を増すのみなるを以て、消費電力1ワット當りの光束は18%だけ増加す。依つて使用電壓を大にすれば、即ち織條の温度を高からしむれば、能率は良好ならしめ得るも、著るしく其の壽命を短縮する事、前の場合に於て壽命は約 $\frac{1}{5}$ となるに依つて知らる。

依つて高電壓に使用して而も壽命を短縮せざる方法を講ずれば、能率良くタングステン電球を使用し得るの理なり。壽命を短縮するは織條の漸次細くなりて切れ易くなる事及び硝子球内に曇を生ずる爲めなり。而して曇を生ずる原因に二あり。一は硝子球中に甚だ僅かに残留せる水蒸汽の作用に依りタングステンを球の内面に附着する爲めにして、其の二は真空中に於ける兩端子間の放電に依りタングステン織條より分子發散するに因る。而して此の二は球内を真空とする代りに窒素の如き不活動性の高壓瓦斯(一氣壓位)を填充する事に依りて減少する事を得べし。これ窒素填充タングステン電燈が真空タングステン電燈よりも高能率を有する所以とす。但し電球内に瓦斯を填充する場合には對流による熱損失を伴ふを以て、密なる螺旋狀に捲きたる織條を使用して熱損失を軽減せしめざれば所期の高能率を得難し。

(5) 窒素電燈 (nitrogen-filled lamp) と普通タングステン織條電燈 (ordinary tungsten filament lamp) とを比較せよ。

(大正3年I級1)

(6) 瓦斯填充タングステン電球 (gas-filled tungsten lamp) 及び真空タングステン電球 (vacuum tungsten lamp) に於て其の構造及び特性を比較せよ。

(大正15年I種2)

〔解〕 真空タングステン電球は茄子形或は丸形の硝子球内にタ

ングステン繊維を藏め、球内の空気を排除して真空とせるものなり。特殊電球には螺旋状繊維を使用することあれども、通常電球にては螺旋状とせざる繊維を使用す。

瓦斯填充タングステン電球は硝子内に螺旋状タングステン繊維を藏め、球内の空気を排除したる後、窒素、アルゴン等のタングステンに作用せざる瓦斯を 0.2 乃至 1 気壓の壓力を以て球内に填充す。瓦斯填充電球に於ては可なり瓦斯損失即ち填充瓦斯の對流傳導に依る熱損失あり、此の爲めに硝子球珠に其の上部口金取付け點の過熱を來し、口金の絶縁物を害し又口金を剝離せしむる虞れあるを以て硝子球の上部を延長して冷却室とも稱すべき部分を茲に設け、尙大電球に於ては繊維の上方冷却室の下部に雲母の遮熱板を設置す。而も尙瓦斯填充電球の硝子球の温度は真空電球に比して甚だ高く、透明硝子電球に於ても硝子球の最高温度 200°C 以上に達する事あり。

以上を兩種電球の構造上主なる相違點とす。次に特性に於て異なる點を述べん。

(1) 能率 元來タングステン繊維の光輻射能率は繊維の作用温度高き程良好なれども、一方タングステンの蒸氣壓は高温となる程高きは勿論にして、従つて作用温度高きときには繊維の蒸發盛んにして其の壽命著しく短縮す。例へば真空タングステン電球に於て繊維の作用温度を 2450°K より 2700°K に高むるときには、光輻射能率を 9.8 ルーメン/ワットより 15.8 ルーメン/ワットに高むるを得れど、繊維の壽命は 1000 時間より約 20 時間餘に短縮さるゝものなり。然るに電球内に窒素、アルゴン等の瓦斯を相當の壓力を以て填充して置くときには、繊維より蒸發せる瓦斯の擴散を妨げ、繊維より蒸發せるタングステンの蒸氣が冷温なる硝子球の面に到達して凝固する迄の時間を多くし、其の結果真空の場合に比し繊維の蒸發量を減少し、従つて繊維温度を真空電球の場合よりも高くするも、尙同一の壽命を保たしめ得るものなり。例へば 100 ヴォルト、60 ワットの瓦斯填充タングステン電球に於ては、其の繊維温度 2700°K

にして尙真空タングステン電球の繊維温度 2450°K の場合と同一の壽命、即ち 1000 時間の壽命を有するものなり。

前述の如く電球内に瓦斯を填充するときには、繊維の壽命を減ずることなくして繊維の作用温度を高め、光輻射能率を高め得るも、一方填充瓦斯に依る瓦斯損失を生じ、若し真空タングステン電球と同一の繊維を使用するときには、莫大なる瓦斯損失の爲めに繊維の作用温度高きにも拘らず、反つてルーメン/ワットの減少を來たす。然るに密接せる螺旋状に巻ける繊維を用ふるときには、繊維の有効冷却面積著しく減少し、繊維温度の上昇に伴ふ光輻射能率を以て、瓦斯損失を償ふて尙餘りある程度にまで瓦斯損失は減少され、斯くして同一壽命に對するルーメン/ワットを真空タングステン電球のそれよりも大ならしむるを得たり。一例を擧ぐれば 60 ワットの真空タングステン電球にては、10 ルーメン/ワットの能率を有するに對し、瓦斯填充タングステン電球の能率は、100 ワット電球にて 13 ルーメン/ワット、200 ワット電球にて 15 ルーメン/ワット、500 ワット電球にて 18 ルーメン/ワット、1000 ワット以上の電球にては 20 ルーメン/ワット以上に及べり。

(2) 繊維の輝度 瓦斯填充電球の繊維の輝度は真空タングステン電球のそれに比し甚だ高く小ワットのものにて三倍、大ワットのものにては六倍位にも及ぶ。

(3) 光色 瓦斯填充電球の方繊維温度の高き結果、綠光及び青光に富み光色白色に近し。

(4) シーズニング 定格電壓を以て點火するときには真空タングステン電球にありては約 4 時間餘にして始點時に比し其の光束は約 10% 増加し電流は約 2% 減少して正規の値に達す。然るに瓦斯填充電球にありては、始點後約二時間半にして其の光束は約 4% 増加し、電流は 1% 減少して正規の値に達す。

(5) 點火中に於ける光束及び電流の變化 シーズニングが終り、光束及び電流が正規の値に達したる後は、真空電球も瓦斯填充電球

も共に點火時間の増加に伴ひ其の光束徐々に低下す。電流は真空電球に於ては點火時間の増加と共に徐々に減少するも、瓦斯填充電球にては反つて幾分増加の傾向を有す、これは蒸發の爲めに織條が細くなるが、一方螺旋狀に巻きたる織條が伸びて瓦斯損失を増加するが爲めなり。

(6) 電壓の變化に依る光束、能率及び壽命の變化 電壓上昇する時には電球の燭光を増加し、能率良好となり、壽命を減ずること真空電球も瓦斯填充電球も同様なり。然るに之等の變化の割合は織條温度高き程小なるべきものなるが故、電壓の變化に對する燭光、能率、壽命の變化の割合は瓦斯填充電球の方真空電球よりも小なり。

(7) 配光曲線及び球面換算率 真空タングステン電球にては電球軸の周圍に於て略圓筒形を形成する如くに織條を上下に張るを以て、水平方向の燭光最大にして、他の方向の燭光は之より小となり、下の方向に於ける燭光は水平燭光の約 20% 以下なり。従つて其の直球面換算率は小にして茄子形電球にて約 77%、丸形電球にて約 81% なり。之に反し、瓦斯填充電球にては螺旋狀織條を使用し、螺旋の長さは餘りに大ならざるを以て、織條は高低差少き zig zag 形をなし、小ワットのものにては織條は殆ど一水平面内に存在す。従つて直下の燭光は水平燭光の 75% 以上に及び小ワットのものにては直下の燭光は水平燭光の 150% 位にも及ぶ。其の結果は瓦斯填充電球の球面換算率は真空電球のそれに比し大なり。

(8) 電球の黒化 真空タングステン電球の黒化は、水平方向に於て最大なるも、瓦斯填充タングステン電球に於ては、填充瓦斯の對流の爲め織條より蒸發せるタングステン蒸氣は、電球上部に運ばれて冷却室内に於て凝固するを以て、最も有効なる水平面以下の燭光が黒化の爲めに減少することなく、従つて電球黒化に依る燭光の低下は、瓦斯填充タングステン電球に於ては甚だ少し。

〔註〕 瓦斯填充タングステン電球の瓦斯損失は、100 ワット電球にて 18%、200 ワット電球にて 15%、1000 ワット電球にては 7.5%

位の程度である。

真空タングステン電球の輝度は 200 c.p./sq.cm 位、瓦斯填充タングステン電球にては 100 ワット電球にて 600 c.p./sq. cm, 1000 ワット電球にては 1200 c.p./sq. cm 位である。

真空タングステン電球の織條温度は 2450°K 内外、瓦斯填充タングステン電球の織條温度は小ワット電球にて 2750°K, 大ワット電球にては 3000°K にも及んで居る。

瓦斯填充タングステン電球の球面換算率は、100 ワット電球にて 110%、200-500 ワット電球にて 87% 位である。

(7) 人工的日光 (artificial daylight) を得る方法の原理を述べ、且つ現在使用せらるゝ白熱電燈中如何なるものが最も此の目的に適當なりや、簡單に之を説明せよ。 (大正 4 年 II 級 1)

〔解〕 物體を高温度に昇す時は一種の放射線を生ず。而して其の周波數一定の値に達すれば初めて光として感ぜらる。周波數小なる時は赤色を呈し、周波數増加するに従ひ橙、黄、綠、青、藍、堇となる。周波數堇より大となれば、堇外線となり、再び見る事を得ざるに至る。

而して高温度にある物體より發する光は連続分光を有すれども、各周波數に相當する放射線の割合は其の温度によりて變化し、温度が上昇するに従ひ周波數大なる放射線多く放射せらる。

太陽は一つの白熱状態にある物體なるにより、之より放射せらるゝ放射線も亦上述の性質を有す。而して太陽の温度は 6000°C 附近なり。故に白熱電燈に於て其の織條を 6000°C に昇す時は、日光と全く等しき光を得らるべし。然れども今日の白熱電燈の最高温度は 3000°C 以下なるを以て、太陽の光に比し、赤、黄の如き低周波の放射線を多く含む。故に白熱電燈より人工日光を得るには、適當の方法を用ひて此の低周波の放射線を除かざる可からず。

弧光燈にありては其の光色は電極に含まるゝ物質並に電弧の温度

により、放電管燈にありては其の封入瓦斯に依りて變化す。故に之れに依り人工日光を得る爲めには、適當の周波數の放射線を生ずるものを適當の數だけ集むるか、或は反射笠等に適當なる螢光を發する物を塗り、これより生ずる螢光を利用する等の手段を講ぜざる可らず。

次に現今使用せらるゝ白熱燈の内、最も人工日光を得るに適當なるものは晝光電燈なり。これ其の織條が現今使用せらるゝものの内、最も高温度なると其の硝子球に低周波の放射線を吸收するものを使用せるに依る。

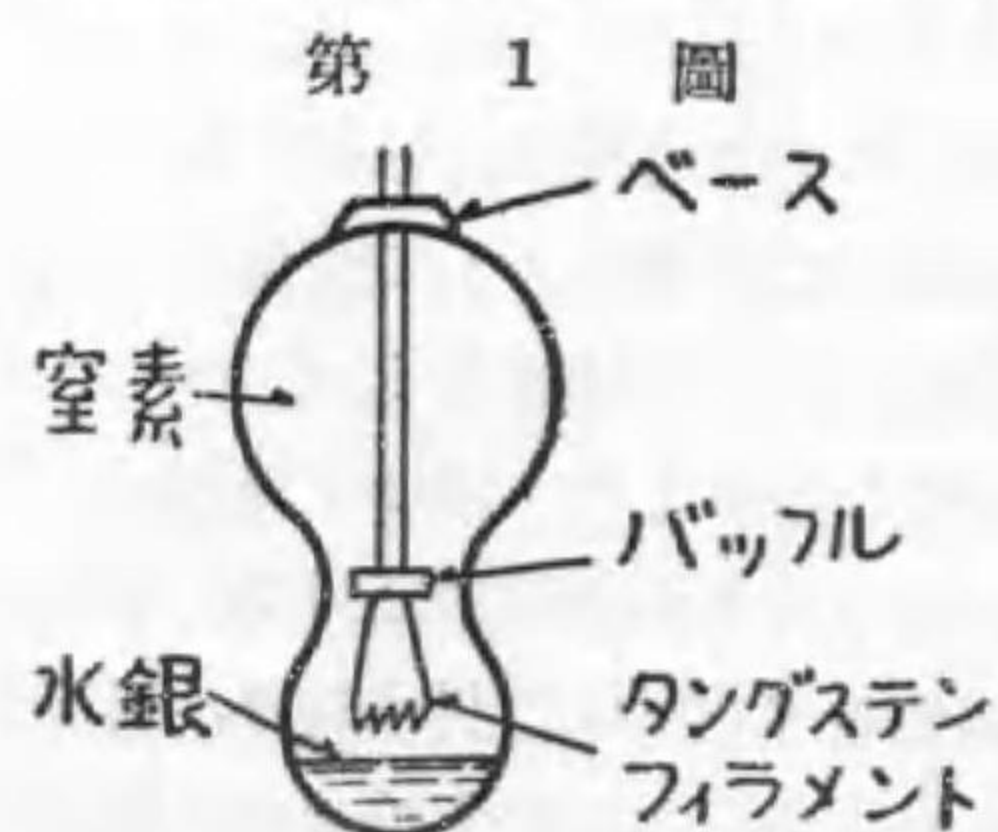
(8) 晝光電燈 (day-light lamp) の構造を述べよ。

(大正7年II級I)

(9) 白熱電球を用ひ人工的に晝光色光線を得る方法二種を挙げ之を説明せよ。

(大正12年I種I)

〔解〕 第一の方法は異なる發光體を使用し不足の光波を互に補はしむるものにして、タングステン織條電球に水銀と窒素瓦斯とを



封入して、織條に電流を通ずれば得らる。斯くすれば窒素填充タングステン電燈と水銀蒸氣燈との性質を兼有するものにして、圖示の如き米國G.E.會社製水銀蒸氣填充タングステン電球は此の一例なり。

第二の方法は過剰の光波を濾過するものなり。一般に白熱發光體は日光よりも赤色に富むものなれば、斯くの如き波長の長なる光波を青色硝子球に依つて濾過して晝光色が得らる。例へば Mazda C 電球より約 50% を濾過して noon sunlight equivalent の光を得、又

約 80% を濾過して north skylight equivalent のものを得るが如し。但し青色硝子球の Mazda C-2 daylight lamp と稱するものは、僅に約 30% を濾過せるものにして、自然光と一般人工光との中間に位するものなり。

(10) day-light lamp の用途及び利害如何。

(大正7年III級口述4)

〔解〕 呉服業、繪畫又は繪具業等晝間の色と等しき光色を必要とする所に使用す。

其の利とする所は光質が大略晝間光と同一なる點にして、其の不利とする所は高價なると能率不良なる點とす。

第四章 炭素弧光燈

(1) 弧光の原理を電子論 (electron theory) にて説明せよ。
(大正9年I級1)

〔解〕 電燈に於ける弧光は所謂低壓弧光にして、電極の物質の蒸気が電極間を連結し、電離されてイオンとなり之が電極間に移動する際發光する現象を弧光と稱するなり。

炭素或は金屬の如く高温に於て蒸發して蒸氣となり又電子を放出する物質を以て電極を作り、二電極を互に接觸せしめ之れに電流を通じ置き、急に少しく引き離せば、其の切離部は接觸抵抗の爲めに強く熱せられ、electrode 物質の蒸氣が電極間を連結す。之れと同時に高熱されたる電極面よりは電子を放出す。電極に發生せる電子は電極間の電壓作用の爲めに陽極に向つて前進し、陽極面附近の電位傾度急峻なる部に至れば極めて大なる速度を得て陽極附近にある蒸氣の中性イオンと衝突して之れを電離す。衝突電離に依つて生じたる陰イオンは陽極に進み、陽イオンは陰極に突進し電極面に衝突して之れに kinetic energy を附與し、益之れを高熱して電極の蒸發及び電子の脱出を促がす。斯の如くして電極は一定の高温度に保持されて電極間は常に電極物質の蒸氣を以て連結され、電子の衝突電離に依つて生ぜる陰陽のイオンが電極間に絶えず移動し即ち電流を通じ得るなり。而して電離されて移動するイオンの中には再び中和して原形に復歸するもの多數存在すべきは勿論にして、弧光は即ち此際に發する輝光なり。

(2) 定電壓回路用弧光燈の弧光長 (arc length) 及び電流が與へられたる場合に、其の最小安定抵抗 (steadying resistance) を決定する方法を述べよ。
(大正4年II級2)

〔解〕 Steinmetz 博士に依れば、弧光に關し次の關係あり。

$$e = e_0 + \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}} \dots \dots \dots (1)$$

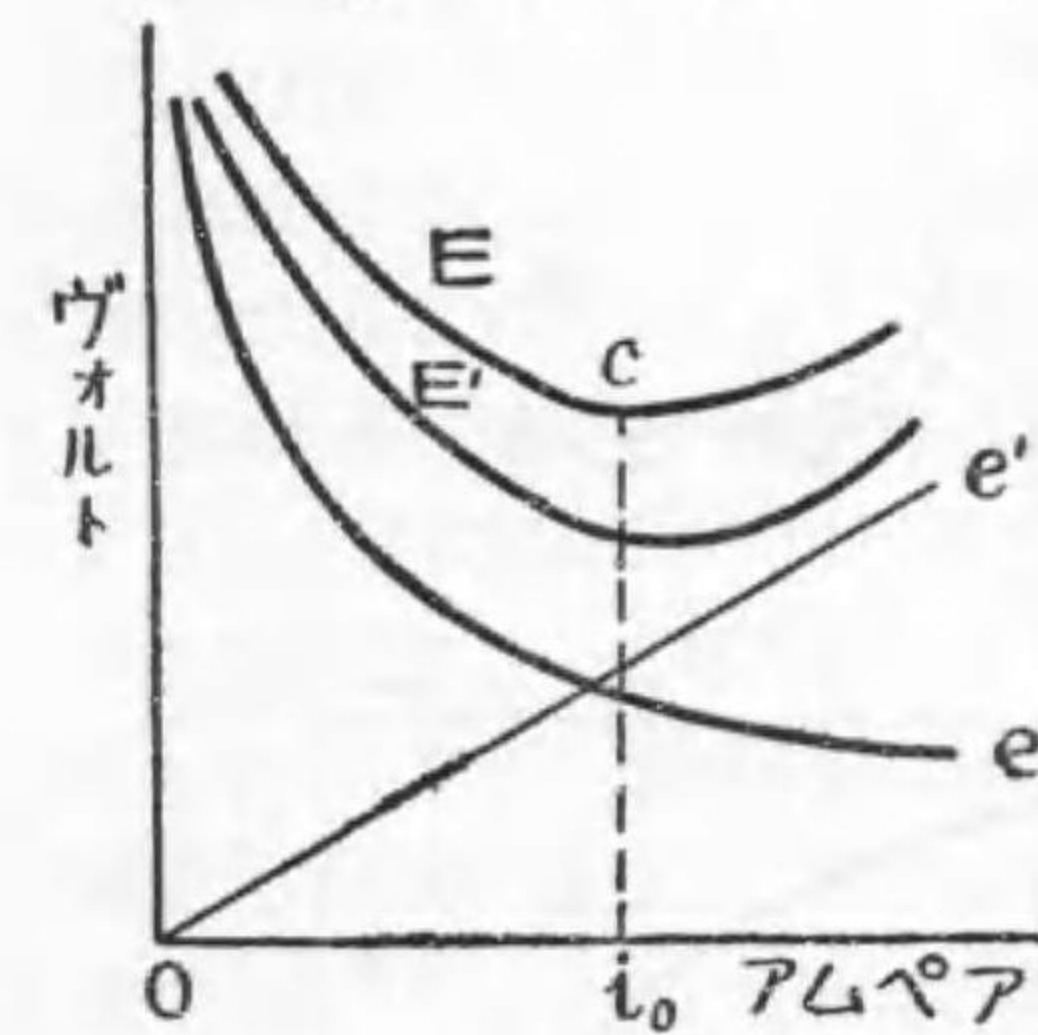
但し e は弧光に消費せらるゝ電壓、 l は弧光の長さ、 i は電流にして e_0, K, l_1 は常數なり。又安定抵抗を r とし、之に費さるゝ電壓を e' とすれば

$$r = \frac{e'}{i} \dots \dots \dots (2)$$

給與電壓 E は此の e と e' との和なり。

$$E = e + e' = e_0 + \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}} + ir \dots \dots \dots (3)$$

第 2 圖



之を圖示すれば、第2圖の如し。圖中最低點 c の右側は安定にして、左側は不安定なり。(3) 式を微分すれば

$$\frac{dE}{di} = -\frac{K(l+l_1)}{2i\sqrt{i}} + r \dots \dots \dots (4)$$

安定の極限に於て $\frac{dE}{di} = 0$ なるを要す。即ち極限に於て

$$r = \frac{K(l+l_1)}{2i\sqrt{i}}$$

故に

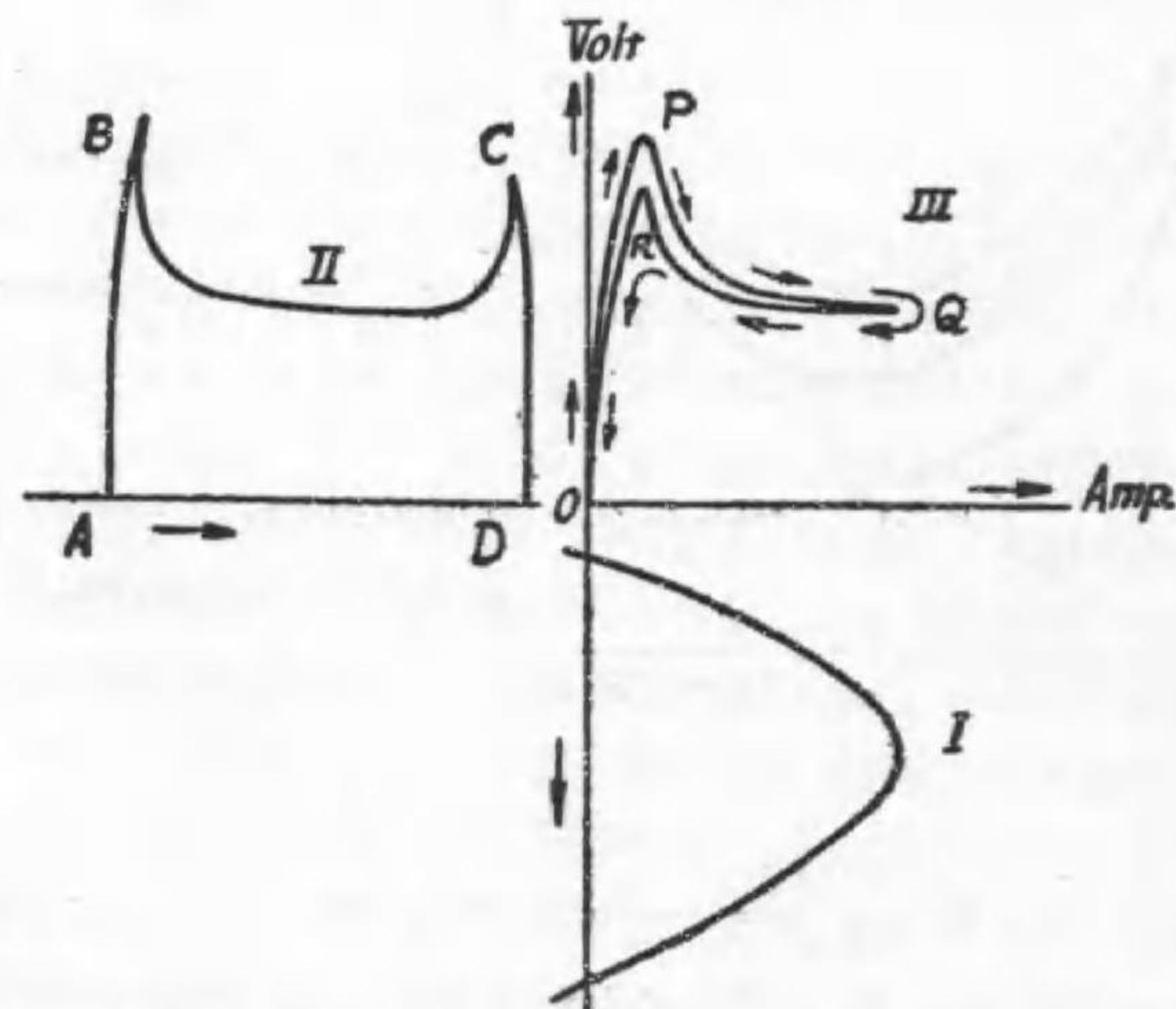
$$r_0 = \frac{K(l+l_1)}{2i_0\sqrt{i_0}} \dots \dots \dots (5)$$

を安定抵抗の値に選べば與へられたる電流 i 、及び弧光の長さ l に對し電壓 $\overline{i_0 e}$ に於て極限に於ける安定を得。これより少しにても抵抗 r を小にすれば全電壓の曲線は E' の如き位置を取り、 r_0 は最低點の左側即ち不安定の點となる。故に (5) 式の r_0 が所要の最小安定抵抗なり。

(3) 交流弧光の電壓及び電流の特性曲線を示し、其の特性が電源に及ぼす重大なる影響を述べよ。(大正15年II種2)

[解] 第3圖に於て曲線Iの如き正弦波交流が弧光を通過すれば、弧光の端子電壓は曲線IIの如き波形を取る。此等兩線の各瞬時に於ける電壓及び電流の絶對値を縦横坐標に組合せ曲線IIIを得。IIIの如き曲線を、此の場合に於ける電壓電流の特性曲線と稱す。曲線IIのBC、曲線IIIのPQRの部分は弧光特性に屬し、電弧固有の傳導状態を示す。此の部分の電壓値は、徐々に變化する直流を以て測定すれば、略 $e = e_0 + \frac{c}{\sqrt{i}}$ を以て表はし得可きものなれども、交流に於ては直流と異り、電流の變化速かなる爲め、電極の

第 3 圖



溫度及び弧光の太さ等直に電流を追隨すること能はず。電流の絶對値増加する間は、其の前の瞬時の電流に相當する比較的高き抵抗を感じるが故に、端子電壓少しく高きことを要し、電流の絶對値減少しつつある間は、全く之に反す。又曲線IIのAB及びCD、曲線

IIIのOP及びROの部分は、交流特有の變化にして、眞の弧光は既に前の半周波の終りに消滅せるに拘らず、電極の溫度未だ低下するに暇無く、介在せるイオンに依りて兩極間の空隙は猶導體性を帯び居る故、單純なる抵抗性 ($e=ri$) を發現するものなり。斯く電流の變化急なる時の (dynamic) volt-ampere characteristic は、其の變化極めて緩なる時の (static) characteristic と稍趣を異にす。dynamic characteristic の兩半 OPQ 及び QRO の同じ電流値に對する隔たりは、周波數の増すと共に大となる。

以上に依りて考ふるに、交流弧光の電源に及ぼす影響は、曲線IIIのPQRの部分の示す如き漸降特性 (drooping characteristic) 即ち電流増加すれば電壓降下却つて減少するの性質に基くものにして、弧光は所謂 negative resistance の作用を爲す。弧光電流がIの如く正弦波に近き時は、其の端子電壓の波形はIIの如く前後2個の尖頭を隆起し中凹となる。又若し電壓正弦波に近き時は、弧光電流の波形は中央部に於て著るしく尖頭を發生す。此の場合に於ても、發電機其他に依る電壓降下存在するが故に、電流の尖頭波形の影響に依り、配電電壓波形は稍IIの如き隆起を生じ、電流は稍其の尖り方を緩かにするを常とす。

斯くして生ずる線路電壓、電流の高調波は、周圍の情況によりては重大なる結果をもたらすこと無しとせず。是は交流弧光の電源に及ぼす影響の一なり。定電壓回路に用ふる弧光燈にありては、其の漸降特性を矯めて安定を得る爲め、直列リアクタンス (或は直列抵抗) を挿入しあるを以て、線路電壓及び電流の波形の歪みも亦之に抑壓せられ、弧光燈の數多からざる限り、實際上甚だしき影響無かる可きも、若し直列リアクタンス又は抵抗過小なる時は、たゞに弧光を不安定ならしむるに止らず、高調波の爲めに共振現象を惹起し、或は廻轉機の運轉状態を悪くすること有り得可し。

交流弧光の影響の二は力率の劣化なり。直列リアクタンスを含む場合は論を待たずして明かなるも、直列抵抗を含むとき又は全く弧

光其の物のみを考ふる場合にも力率劣化す。是れ交流弧光は前述の如く、電壓電流の波形を歪むるが故なり。即ち波形に高調波を導入するに依り、電壓、電流の實効値は徒らに高く現るれ共、各瞬時のパワーを検討するときは、一周期を通じての入力一般に増加せず。従つて電壓及び電流の實効値に對照して、力率悪しき結果となるものとす。

〔註〕 特高線路に於ける弧光（不完全碍子等に依る）も交流弧光の一種にして、其の負性抵抗の作用に基き、線路の分布容量及びリアクタンスと相呼應して、間歇的又は持續増大的高調波振動放電を惹起し、機器の破壊等を伴ふこと有れども、是れ弧光の負性抵抗に依ることにして、必ずしも交流弧光に特有と云ふ可らず、且つ電燈に縁遠き事項なるを以て茲に説明せず。

（4） 弧光燈使用中に起り易き光力變動の原因並に之を防ぐ方法を列記せよ。
（明治 44 年 I 級 4）

〔解〕 弧光燈使用中に起り易き光力變動の原因並に防止法は次の如し。

（イ） 炭素棒より蒸發する炭粉は四方に散じ兩炭素棒間の電氣抵抗を減じ、爲めに弧光は近道を取らんとしクレーターの位置を移動する傾向を有す。之れが爲めに光力一様ならず、従つて光力に變動を及ぼす事。

（ロ） 炭素棒の品質不純にして鐵物性物體を含有するときは、之等の物體は高熱の爲め溶解し粒狀となり、兩棒間に飛散して電流の捷路となり、火坑（crater）の位置一定せざる事となり、光力の變動を來す事。

以上の原因に對しては炭素棒の品質純良なるものを使用して火坑の移動範圍を小さくし、又は特に中央部に軟質の炭素を用ひて常に炭素棒の中心より蒸發せしめ、火坑の位置を一定にし以て一様な光を得べし。尙交流弧光に於ては火坑を生ずる事なきを以て、電弧

の移動する程度一層甚だし。故に直流の場合よりも特に注意せざるべからず。

（ハ） 供給電壓又は供給電流の變動ある爲め弧光長に變化を來し爲めに光力の變動を來す事。

之れは弧光燈自身に於て自働的に能く調整し得る範圍にあらず、依つて電源に於て之を調整すべきなり。

（ニ） 炭素棒の供給装置の圓滑ならざる爲め、又は電磁石の捲數不適當なる爲め圓滑に過不足なく靜に炭素棒の供給を行ひ得ざる爲め弧光長一定せず、従つて光力の變動を來す事。

（ホ） 炭棒の取附不完全なるか又は使用炭棒が眞直ならざる爲、上下の炭素棒が正しく相對せざる爲めに、火坑の位置を變じ電弧の移動と共に光力の變動を來す事あり。

（5） 弧光燈に於けるシリーズ・ランプ（series lamp）、シャント・ランプ（shunt lamp）及びディファレンシャル・ランプ（differential lamp）の構造の大要及び之れに使用し得べき電路を記載すべし。

（明治 44 年 III 級 4）

（6） 直捲式弧光燈（series-wound arc lamp）、分捲式弧光燈（shunt-wound arc lamp）及び差働式弧光燈（differential arc lamp）の構造の大要及び其の原理を説明せよ。（大正 11 年 II 種 2）

（7） 弧光燈に於けるシリーズ・ランプ（series lamp）、シャント・ランプ（shunt lamp）、ディファレンシャル・ランプ（differential lamp）の構造を理論的に説明し、併せて之を使用すべき電路を附記すべし。
（明治 44 年 II 級 3）

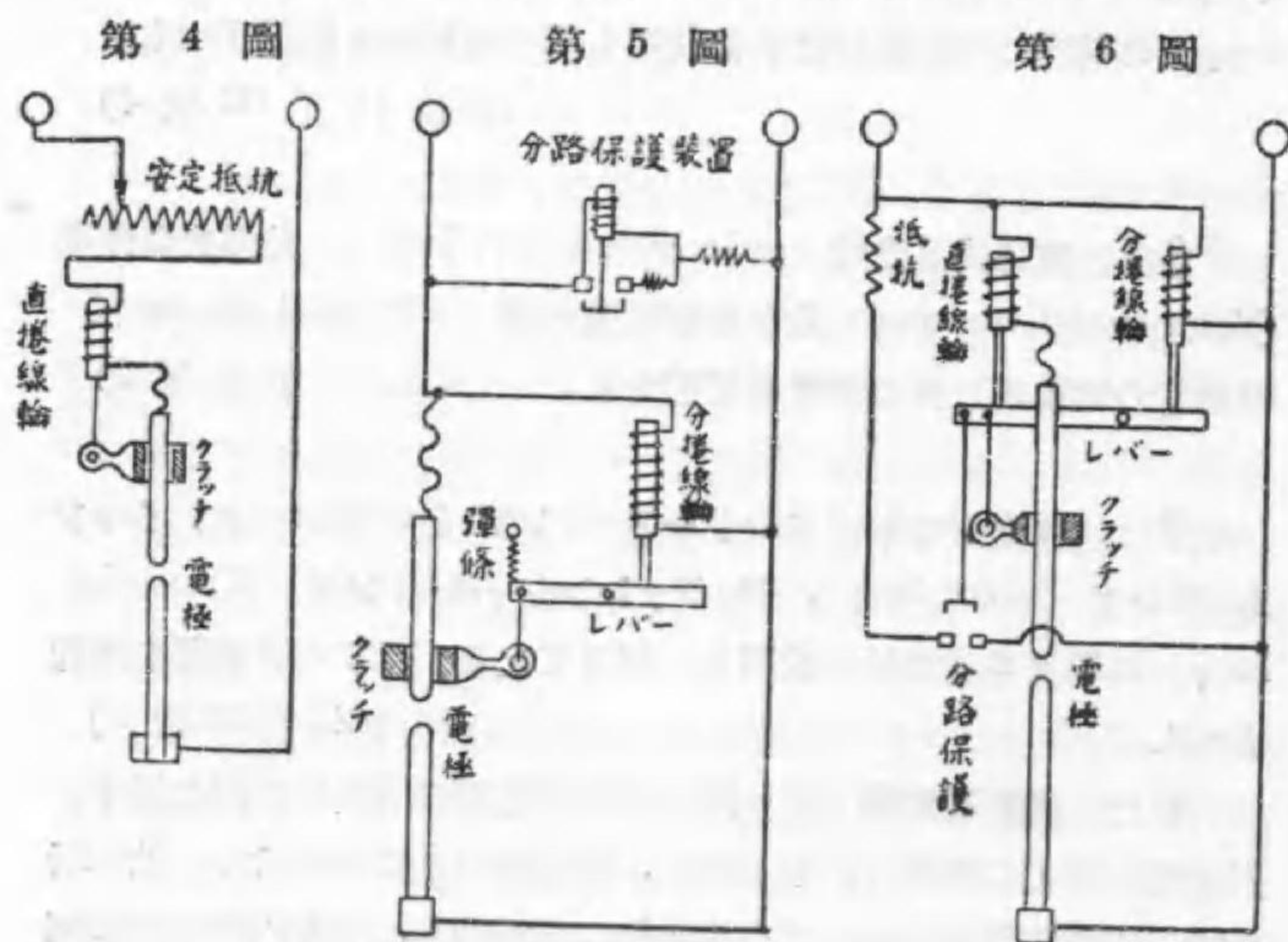
〔解〕 直捲弧光燈 第 4 圖は直捲弧光燈の構造の原理を示す。弧光燈が電源に接続されざる間は、兩電極は互に接觸せり。此の場合端子間に電壓を加ふれば直捲線輪に電流通じ、其の内部の軟鐵啣

子を吸込み、鐵心に附したるレバー及びクラッチの作用によりて上部電極が引き上げられ茲に電弧が発生す。電弧發生の始めに於ては直捲線輪の電流大なるも、電極の間隙大となるに従ひ其の電流減少す。依つて弧光長は電流の吸引力と電極及び鐵心等の重量とが平衡するが如き長さに一定す。電極が消耗して弧光長が増加すれば、電流減少するを以て、軟鐵啣子は稍下降しクラッチが緩められ、上部電極は自己の重量の爲めに下降す。

今可動部分の重量の爲めにレバーが受くる廻轉能率を P 、電磁線輪の電流従つて弧光電流を I とすれば、電磁吸引力によつてレバーの受くる吸引力は kI にして、平衡状態に於ては

$$P = kI \quad \text{或は} \quad I = \frac{P}{k}$$

即ち此の弧光燈にては常に電流を一定に保つ如くに作用す。故に之れを定電壓回路に用ふれば消費電力従つて電弧を一定に保持す。然れども若し之れを定電流回路に用ふれば弧光長が増加するも、電



源自ら電流の値を一定に保つ如くに作用し、弧光電流に變化を及ぼさざるを以て、電極調整装置を働作する事能はず。

分捲弧光燈 第5圖は分捲弧光燈の構造を示す。此の弧光燈は電路が開かれ居る際には上部電極は彈條の爲めに引き上げられ居るものなり。電路に接続する時には分捲線輪に電流通じ、軟鐵啣子が吸引されレバーの左端を下降して兩電極を接觸せしむ。然る時は分捲線輪は短絡さるゝを以て其の吸引力を失ひ、上部電極は彈條の爲めに引き上げられ茲に電弧を發生す。今 f , P , W をそれぞれ彈條、電磁線輪の吸引力及び可動部分の重量の爲めにレバーの受くる廻轉能率、 e を弧光電壓とすれば、

$$P = ke$$

而して平衡状態に於ては

$$f + W = P = ke \quad \text{或は} \quad e = \frac{f + W}{k}$$

故に此の弧光燈を定電流回路に使用すれば、電磁線輪は弧光電壓を一定に保持する如くに作用し弧光を一定に保持す。然るに定電壓回路に用ふる時には弧光長が變じて弧光電流が變ずるも、電磁線輪の電流には變化なきを以て、電極調整装置は作用する事能はず。

差働弧光燈 第6圖は差働弧光燈の構造を示す。此の弧光燈は起動前に於ては兩電極は互に接觸せるものなり。電源に接続する時には直捲線輪及び電極を経て電流通ず。然る時はレバーの左端が直捲線輪の爲めに引き上げられ、従つて上部電極を引き上げて茲に電弧を發生す。弧光長が増加するに従つて直捲線輪の吸引力を減ずるに反し、分捲線輪の吸引力増加するを以て、弧光は兩者が平衡する如き長さに調整さる。定電流回路に使用する時、電極が消耗し盡したる時には直捲線輪には電流通ぜず、分捲線輪には大なる電流通ずるを以て此の場合直ちに分捲線輪と分路に抵抗を接続すべき保護装置を必要とす。(分捲弧光燈に於ても此の装置を必要とす)。

今 I を弧光電流、 e を弧光電壓、 P_1 及び P_2 を直捲線輪及び分捲

線輪の吸引力とすれば

$$P_i = kI, \quad P_e = k'e$$

而して平衡状態に於ては

$$kI = k'e \quad \text{或は} \quad \frac{e}{I} = K$$

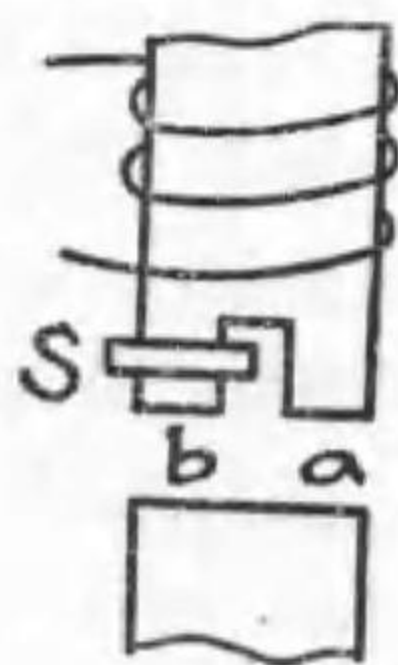
即ち此の弧光燈に於ては $\frac{e}{I}$ 即ち弧光の皮相抵抗 (apparent resistance) が一定に保持さるゝものなり。従つて此の弧光燈は定電壓回路並に定電流回路の何れにも使用され得るものにして、機構最も完備せるものなり。

(8) 弧光燈の誘導電動機型電極調整機構の原理を説明せよ。

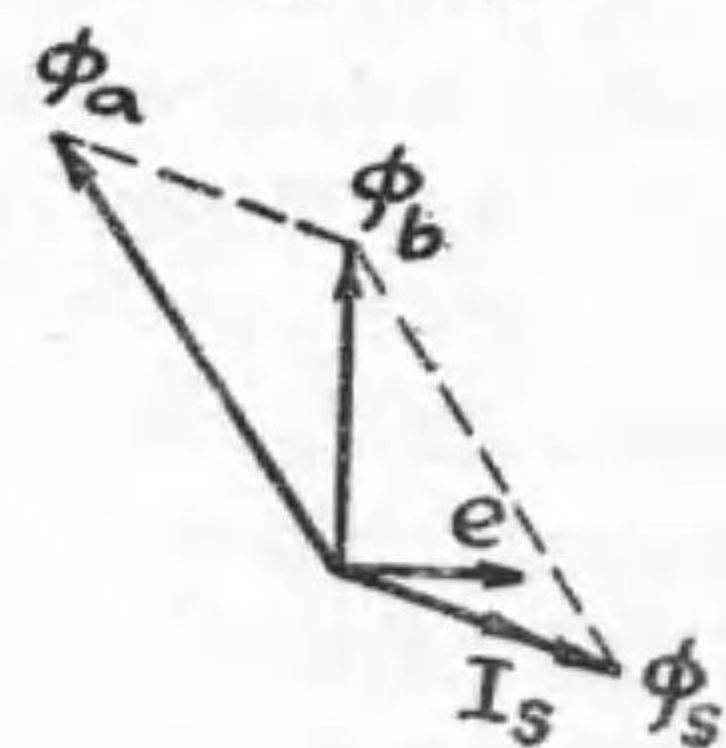
(大正6年II級3)

[解] 交流によつて勵磁さるゝ電磁鐵心に於て、其の磁極面を第7圖に示す如く二分し、其の一方 b の方に短絡線輪又は短絡金屬環 S を置く時は、磁極面に於て a より b の方に移動する磁界を生ず。何となれば間隙 b に於ける合成磁束を ϕ_b とすれば、(第8圖参照) S 線輪には ϕ_b よりも 90 度位相の遅れたる起電力 e

第 7 圖



第 8 圖



を生じ、之れによつて S 線輪には e より稍遅れたる電流 I_s を通じ、此の爲めに I_s と同相なる磁束 ϕ_s を生ず。従つて S 線輪のなき場合の空隙 b に於ける磁束即ち空隙 a に於ける磁束は、 ϕ と

ϕ_a とのベクトル差 ϕ_b に等しからざるべからず。斯くの如く空隙 b に於ける磁束の位相は空隙 a に於ける磁束より遅るゝ結果空隙に於ては a より b の方に移動する磁界を生ずべし。故に此の空隙内にアルミニウム或は銅製の廻轉圓板の一端を挿入すれば、廻轉圓板には磁界移動の方向と同一方向の廻轉力を生ず。而して ϕ_a 及び ϕ_b は電磁線輪の勵磁電流に比例する事勿論なれば、従つて其の廻轉力は電流線輪に通ずる電流の大小に伴うて増減すべきものなる事勿論なり。

弧光燈に於ける誘導電動機型調整装置は此の原理を應用して、交流用弧光燈の電極調整を行ふものにして、斯くの如き廻轉圓板を弧光燈の上部に備へ、其の電磁線輪は弧光と直列(直捲弧光燈)又は並列(分捲弧光燈)に接續するか、或は二個の電磁線輪を備へ、一方は弧光と直列に、他方は弧光と並列に接續し、兩電磁線輪が圓板に及ぼす廻轉力は互に反對する如くにする(差働弧光燈)。廻轉板には齒車装置を以て一つの鎖輪を聯結し、電極を細き鎖を以て此の鎖輪に連結し、電極其の他の可動部分の重量が鎖輪に及ぼす廻轉力は圓板より受くる廻轉力と反對する如くにする。然る時は弧光長は此の兩廻轉力が平衡する如き一定の値に常に調整さるゝものなり。

第五章 特殊弧光燈

(1) ルミナス弧光燈の光は其の電流 i 及び弧光の長さ l に比例し且つ之れに要する電極端間の電壓 e は

$$e = e_0 + \frac{kl}{\sqrt{i}} \quad (\text{式中 } e_0 \text{ 及び } k \text{ は一定数とす})$$

に依りて表はさるゝものと假定したる場合に於て、最大光力を發生する電流及び其の光力を算出せよ。 (大正8年I級2)

〔解〕 弧光燈の設計に於ては弧光の消費電力を先づ限定するを一般とするを以て、本問は一定消費電力 P の下に於ける最大光力及び其の時の電流の値を求むるものとして解答せん。

弧光燈の光力を I とすれば

$$I = \alpha i l$$

但し α は弧光燈の種類に依つて定まる定數

然るに

$$e = e_0 + \frac{kl}{\sqrt{i}}$$

$$l = \frac{1}{k} (e - e_0) i^{\frac{1}{2}}$$

又
$$e = \frac{P}{i}$$

故に
$$I = \frac{\alpha}{k} \left[P i^{\frac{1}{2}} - e_0 i^{\frac{3}{2}} \right]$$

光力 I が最大なる爲めには

$$\frac{dI}{di} = \frac{\alpha}{k} \left[\frac{1}{2} P i^{-\frac{1}{2}} - \frac{3}{2} e_0 i^{\frac{1}{2}} \right] = 0$$

故に求むる最大光力に對する電流の値は

$$i_0 = \frac{P}{3e_0}$$

従つて最大光力は

$$I_{\max} = \frac{\alpha}{k} \left[P \left(\frac{P}{3e_0} \right)^{\frac{1}{2}} - e_0 \left(\frac{P}{3e_0} \right)^{\frac{3}{2}} \right] = \frac{2\alpha}{3\sqrt{3}k} \sqrt{\frac{P^3}{e_0}}$$

(2) Luminous arc lamp (magnetite arc lamp) の特性及び其の電極の構造を記述せよ。 (大正2年II級3)

〔解〕 此の弧光燈は直流回路にのみ用ひらるゝものにして、其の陽極は太き銅棒、陰極はマグネタイトと酸化チタニウムに少量の酸化クロームを加へてよく混じたる粉末を鋼管内に填充したるものなり。

マグネタイトより弧光流に供給する蒸氣は電氣をよく導くも、餘り輝光を發せず。酸化チタニウムの供給する蒸氣は電氣を導かざれども、強き白色の輝光を發す。酸化クロームは光のちらつきを防ぎ弧光を安定に保つと同時に電極の壽命を長くす。之れ酸化クロームはマグネタイトよりも高き融解點を有するを以て、マグネタイトの熔解を防ぎ電極の消耗を減せしむるなり。酸化チタニウムの多量なる程輝光、能率を増せども壽命を短くす。

陽極の銅棒は其の太き餘り小なる時は其の溫度非常に高くなり速かに消耗せらるべく、又大に失する時は冷却面大なる爲め、其の溫度低くなり負極より生ずる煤煙は此處に凝結して弧光を不安定となす。此の種の弧光燈にては盛に煤煙を生ずるを以て、適當なる換氣法を施すに非ざれば、煙はグローブに附着し又は電極に凝結して光を減ずるが故に、何れも煙筒を装置す。

此の弧光燈は他種の弧光燈に比し著しく光輝強く、負極に近き方より多く光を發す。此の弧光燈にては弧光流自身より光を發し、尙電氣勢力が直接輻射勢力に變ぜられるものなれば、普通の炭素弧光燈の如く、電氣的勢力が一度熱勢力に變じ、然る後光輻射勢力に變ずるものに比して熱の損失少く、従つてその能率良好なり。

電極の壽命は長く、尙消耗せらるゝは殆ど陰極のみにて150時間

乃至 250 時間の壽命を保ち、陽極は 2000 時間以上の壽命を保つ。

光の分布は水平面以下 10° の所に於て光力最大にして街路照明に適す。弧光長 2.5 極位、弧光電壓 75-80 ヴォルト、電流 4.5, 6.6 アムペア等市場にあり、其の能率毎ワット 12-20 ルーメンなり。

(3) 發焔弧光燈に於ては炭素弧光燈の場合に比し一般に其の弧光長を長くする理由を述べよ。(大正 6 年 III 級 2)

炭素弧光燈に於ては弧光其のものより發する光は極めて僅かにして全體の 5% 内外に過ぎず。従つて弧光長を短くし弧光電壓を低くする程能率良好となる。然るに他方に於て弧光長が短くなる時には電極によつて遮らるゝ光の量増加するを以て、或る値以下に弧光長を短くすれば、反對に能率を減ずるに至るべく、或る一定の弧光長に於て能率最大となる。實際の炭素弧光燈の弧光長は斯の如き最大能率を與ふる如き値に定めらるゝものにして、其の値は開放型に於て約 5 耗、密閉型に於て約 10 耗なり。

發焔弧光燈に於ては、炭素弧光燈の場合と異り、光の大部分は電弧其のものより發するものなるを以て、電極に於て消費さるゝ電力は殆ど損失にして、弧光の流れによつて消費さるゝ電力が光の發生に有效なり。故に弧光長を長くして弧光の流れによつて消費さるゝ電壓と、電極によつて消費さるゝ電壓との比を大にする程能率良好となるべき理なり。

然るに弧光長が増大すれば電力消費は増加するを以て實際の場合、弧光長は與へられたる消費電力の範圍内に於て最高能率を與ふる様に選定さるべきものなり。而して此の値は種類によつて相違するも、約 12-25 耗にして炭素弧光燈の場合に於ける弧光長より長きを一般とす。

(4) 發焔弧光燈と閉鎖弧光燈との特性及び其の得失を比較せよ。(明治 44 年 II 級 4)

〔解〕 大體の構造より云へば發焔弧光は普通の開放弧光の如く外側に大なる外球を有するのみにして、閉鎖弧光は外側外球の内に別に炭素棒を不完全なる氣密とする爲め小さき外球を有す。依つて後者にあつては炭素棒の燃焼速度遅く、従つて其の壽命長し、然し内側外球の爲め光の能率は不良となるべし。電極の位置は前者にあつては約 15° 乃至 20° 位の角度を有する V 形に置かれ(普通の弧光燈の如く上下の位置を取るものもあり)、後者は上下に置かる。依つて前者は電弧相互の干渉及び炭素棒の影により暗き部分を生ぜず。

兩者共に交流にも直流にも使用し得るなり。而して其の配光曲線に就て見るに發焔弧光にあつては陽極の尖端に於て 20%、陰極に於て 5%、弧光に於て 75% となり、全部を都合よく分配するに反し、閉鎖弧光に於ては水平より約 45° に於て最大光力を有し、其れを遠ざかるに従ひ光力減少し、電燈の直下に於ては非常に暗き缺點あり。故に前者は後者に比し照明の結果一般に良好なり。電極は發焔弧光にありてはアルカリ金屬の弗化物を加へたる炭素棒を使用し、後者にあつては普通の無心又は有心炭素棒を使用す。

發焔弧光に於ては弧光のプレー・ラウンドを防ぐ爲め直徑細き炭素棒を使用し且つ比較的長きもの(30 極より 50 極までのもの)を使用するも尙其の壽命は短く普通は 10 時間内外なり。然れども後者にあつては内側外球の爲め燃焼の速度遅く、従つて壽命は 70 時間より 100 時間の長きに亘りて點火し得るを以て、電極其のものゝ費用を減少するのみならず、電極取換の費用をも減少し得るの利あり。然れども長命發焔弧光燈を使用せば之れ等の利點を有す。

能率に於ては直流 V 形電極を使用する發焔弧光にあつては、閉鎖弧光の約 6 倍良好なりと稱せらる。

發焔弧光燈の光色は電極に混入する鹽類の種類に依り白色、黄色、赤色の三種を得らる。閉鎖弧光燈の光色は青色に富む。

(5) 發焰弧光燈 (flame arc lamp) と普通炭素弧光燈との特性及び其の得失を比較せよ。 (大正1年II級1)

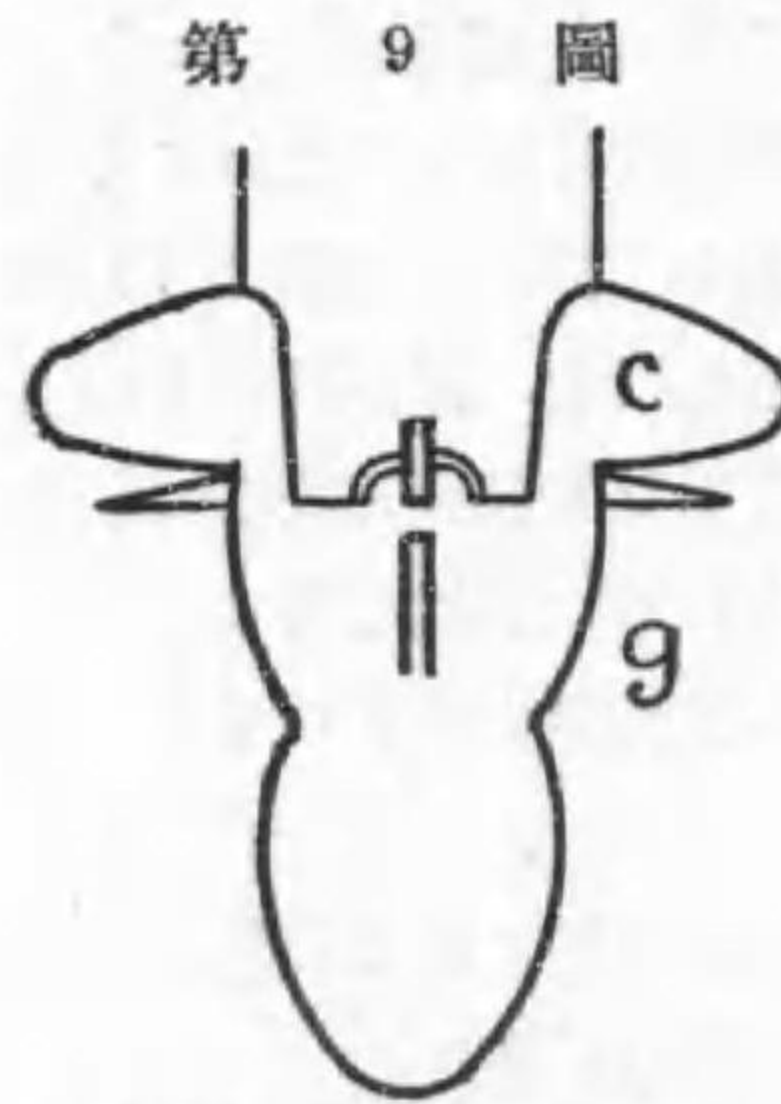
〔解〕 此の兩者を比較すれば次の如し。

	發焰弧光燈	普通炭素弧光燈
主として光を興ふる部分	弧光其のもの	炭素極-直流用のものは陽極の火坑
光源の輝度	小	大-發焰弧光の約四倍
光の色	混合弗化物の種類により白色、黄色及び赤色の三種あり	閉鎖型-帶紫白色 開放型-白色
能 率	普通炭素弧光燈より稍良好	發焰弧光燈よりも稍不良而して交流の場合には其の波形に關係す。
電極の取付位置	垂直、傾斜何れも可	特殊用途の外は垂直

(6) 長命發焰弧光燈 (long-burning-flame-arc lamp) の一種につき其の構造及び特性を説明せよ。

(大正3年I級2及び大正9年III級2)

〔解〕 長命發焰弧光燈は發焰弧光を密閉型として、其の電極の壽命を永くせるものに外ならず。然れども發焰弧光を單に密閉するのみにては直ちに外球の内面に煤煙を附着するを以て、煤煙の凝縮室を設けて此の内にて煤煙を冷却凝縮せしむるものなり。圖は A.E.G. 長命發焰弧光燈の構造を示すものにして、外球 *g* は特種の形狀を有し上下二室よりなる。c は凝縮室にて金屬壁を有す。輕き煤煙は上部の凝縮室に上り金屬壁に沿うて對流する間に冷却されて凝縮沈澱し、重き煤煙は



り金屬壁に沿うて對流する間に冷却されて凝縮沈澱し、重き煤煙は

外球の下室に下り、其の壁に沿うて對流する間に冷却されて凝縮沈澱して、上部外球は常に清淨に保たるゝことを得るなり。

A.E.G. 長命發焰弧光燈には 8, 10, 12 アムペアの三種あり。其の電壓は弧光に於てそれぞれ 40, 42, 45 ヴォルト、電力消費は平均下半球面燭光1燭光當りそれぞれ 0.4, 0.37, 0.36 ワットにして、其の力率は 86% なり。電極の消耗は1時間 2.5 乃至3耗にして、電極の全壽命は 80 乃至100時間なり。其の配光は水平方向より約 20 度下方に於て最大なり。

(7) マグネタイト弧光燈の構造の要點及び特性を述べよ。

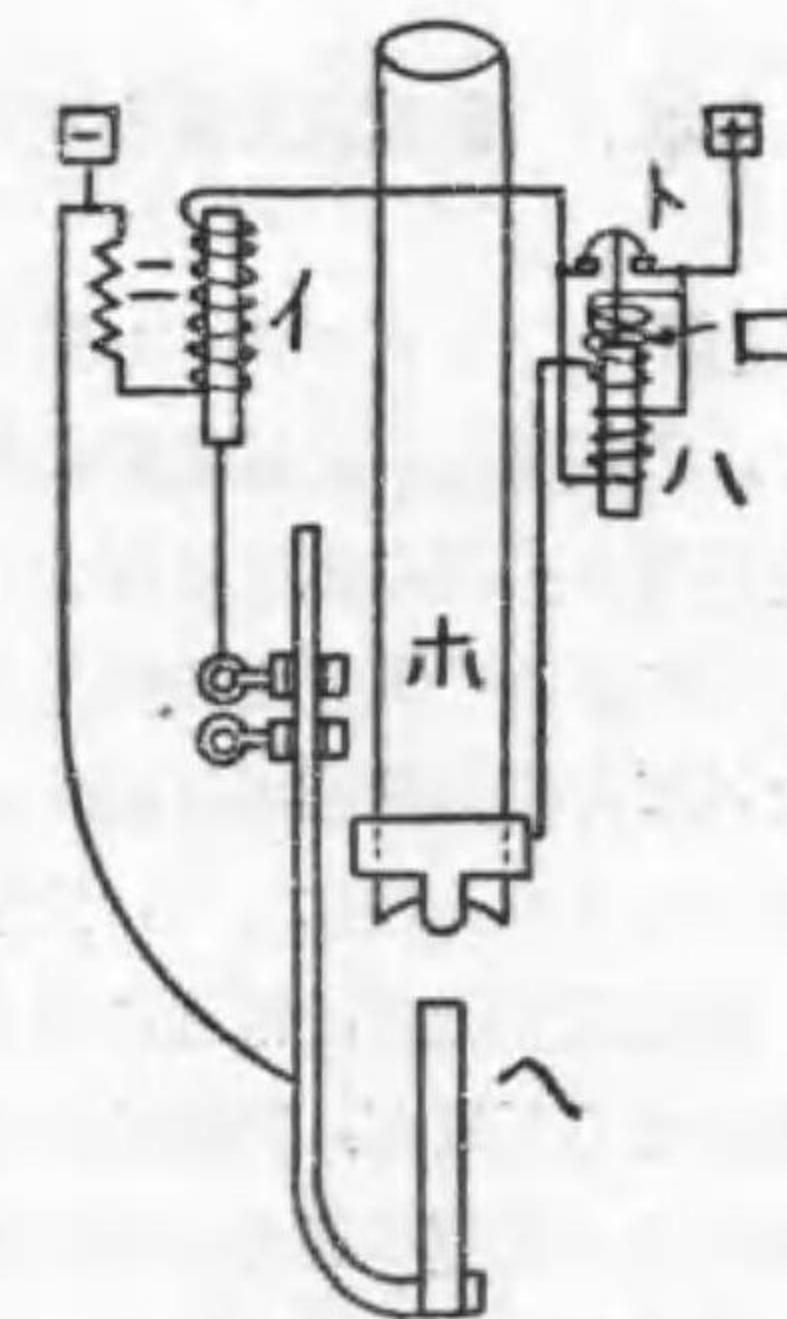
(大正5年III級2)

〔解〕 マグネタイト弧光燈は直流式のみを使用するゝものにして、其の陽極は銅棒、陰極に使用するゝ棒は主として鐵の酸化物なるマグネタイトより作らる。

其の構造は概略を示せば第10圖の如し。

圖は未だ弧光を發生せざる場合の接續なれども、今陽極及び陰極端子を電源(其の電壓 66-80 ヴォルト)

第 10 圖



- イ.....電極接觸捲線
- ロ.....弧光發生捲線
- ハ.....弧光端子電壓調整捲線
- ニ.....弧光發生抵抗
- ホ及びヘ.....夫々陽極及び陰極棒
- ト.....弧光發生接觸子

に接続する時は、イの捲線に電流通じ爲めに游動子引上げられ、陰極棒への上部は陽極棒ホの下部に接触すべし、然る時はロに電流通じ此處の游動子は引き揚げられ、トの弧光發生接觸子は開くべし、故にへはホと急に隔離さるゝを以て茲に弧光は發生せらるゝなり。尙此の他に制動装置あるは他の弧光燈に見る如し。

此の特性としては電流を反對に送るときは殆んど光輝を發生せず。又銅棒を下にしマグネタイト棒を上部にして、前者を陽極に後者を陰極に接続するときは光弱し。

又極棒の壽命は甚だ永く、陽極の如きは優に 2000 時間以上を保持し得べく、陰極も尙 150 乃至 260 時間は有効なり。尙又能率高く、弧光白色にして其の配光曲線は水平の方向に近く最大値を有するを以て、廣き場所を照す時一様なる照明を得易し。

又電極より煤煙發生する事、銅極の酸化する爲め弧光發生困難に陥り易き事、直流に非れば特殊の設備必要なる事、マグネタイトの蒸發分子が銅極を覆ふ事に依りて、弧光の強さを減少せしむる事等の不利は免れず。

(8) 發焰弧光燈とマグネタイト弧光燈との特性を比較せよ。

(大正 3 年 II 級 2)

〔解〕 マグネタイト弧光燈はルミナス弧光燈に屬するものにして、電氣勢力が直接光輻射勢力に變ぜらるゝものにして、其の能率良好なり。其の光色は強き白色にして、電極の壽命長く約 200 時間を保つ。此の弧光燈の配光は、水平面以下約 15° の方向に最大なるを以て、街路照明用に適す。然れども此の弧光燈は直流回路にのみ用ひらるゝものにして、交流回路には用ひられざるの不利あり。

發焰弧光燈は、電極に混入せる金屬鹽が高温の爲めに蒸發されて發生せる瓦斯が、高熱されて發光するものにして、其の能率甚だ良好なり。電極の壽命は短く普通のものにては 10 時間内外、長命發焰弧光燈にて 80 乃至 100 時間なり。光色は電極中にバリウム鹽カ

ルシウム鹽、ストロンシウム鹽を混ざる事によりて白色、黄色、赤色とする事を得。此の弧光燈の光は主として電極間の蒸氣より發生するものなるを以て、弧光燈としては比較的一様なる配光を有す。此の弧光燈はマグネタイト弧光燈と異り交流回路に於ても用ひらるものなり。

(9) 勞銀の著しく高き地方及び電氣料金の著しく高き地方に於て、夫々適當なる弧光燈の種類を擧げ其の理由を説明せよ。

(大正 7 年 II 級 2)

〔解〕 勞銀の著しく高き地方に於て使用すべき弧光燈としては、電極の壽命長く電極取り換に勞銀を要する事少きものなるを要し、之れが爲めには水銀蒸氣弧光燈、フェロ・チタニウム弧光燈、マグネタイト弧光燈、長命發焰弧光燈、或は閉鎖炭素弧光燈を可とす。又電力費の著しく高き地方に於ては、電力消費の少き弧光燈を必要とすべく、之れが爲めには能率の良好なるフェロ・チタニウム弧光燈、發焰弧光燈等を使用するを可とす。

但し何れの場合に於ても、電氣方式及び使用場所に於ける光色の要求を考慮し、又電氣料金、勞銀、電極の壽命と其の價格、電燈の價格と其の壽命の割合より計算して、其の最も經濟的なるべきものを選定せざるべからざる事勿論なりとす。

(10) エレクトロードの壽命長き弧光燈の種類を擧げよ。

(大正 3 年 III 級 2)

〔解〕 電極の壽命長き弧光燈を擧ぐれば次の如し。

一時間に電極の消耗する長さ耗

マグネタイト弧光燈 (d.c.)	1-2
フェロ・チタニウム弧光燈 (d.c.)	1-2
密閉型炭素弧光燈 { (a.c.)	1-2
{ (d.c.)	1.5-2
密閉型發焰弧光燈 { (a.c.)	2.5-3
{ (d.c.)	4-5

(11) 弧光燈に用ふるエレクトロード (electrode) の種類を挙げ、其の各につきて構造及び特性を説明せよ。(大正1年I級1)

〔解〕 普通使用せらるゝ弧光燈用エレクトロードの主なるものを挙げれば

- (A) 普通炭素弧光燈用エレクトロード
- (B) 發焰弧光燈用エレクトロード
- (C) ルミナス弧光燈用エレクトロード

此の各につきて構造及び特性を簡単に説明すれば

(A) 普通炭素弧光燈用エレクトロードには、無心のものと有心のものあり。

無心のものはレトルト・ガス・カーボンにタール及び煤を混じ、坩堝中にて焼きて作りたる圓形の炭素棒にして、有心のものは此の炭素棒の中心部に炭素とポッタシウム又はソジウムのシリケートの混合物よりなる心を有するものなり。炭素棒の直徑は普通5耗より24耗、長さは25極より45極なれど、探照燈用等にては直徑30耗より50耗のものあり。

炭素の導電率を大にして壽命を長くする目的のため、銅鍍を施せるものあり。

炭素の沸騰點は非常に高く、従つて弧光蒸氣は甚だ高温にして、陽極尖端は強く熱せられ、其の結果弧光燈は次の如き特性を有す。

(a) 直流用にては陽極の尖端は強く熱せられて蒸發し、火坑と稱する凹所を生ず。

(b) 陽極は強く熱せらるゝ爲め其の蒸發著しく、弧光に蒸氣を供給する陰極よりも消耗却て大なり。

(c) 炭素弧光燈より發する光の85%は陽極の火坑より發するものにして、弧光自身よりは僅に5%、残り10%は陰極より發するものなり。

(d) 交流用のものにては陰陽兩極が交々變ずるを以て、兩極の温度及び消耗は同程度にして、一極のみが特に高熱せられて火坑を

生じ、これにより強き光を發することなく、従つて能率は直流用のものよりも低し。

(e) 炭素弧光の温度は甚だ高く、此の温度にては總ての瓦斯及び蒸氣も電氣を導くを以て、炭素弧光は一般弧光と異り直流に於けると同一の低電壓の交流にて弧光を繼續し得るものなり。

(f) 無心のものにては炭素の蒸發と共に炭素中の不良導體の夾雜物が電極の尖端を蔽ひ、弧光及び火坑の位置を移動せしめ、弧光にちらつきを生ぜしむれど、有心のものにては心は金屬鹽を混ざるを以て、導電率大にして弧光を一定位置に保たしむ。

(g) 光の色は炭素の高熱せらるゝによりて生ずるものにして、青紫色を帶ぶ。

(B) 發焰弧光燈用エレクトロードは、アルカリ金屬の弗化物を加へたる炭素より成り、これには(1)通常の有心炭素極の心の内に上記のアルカリ金屬鹽を充したるもの(2)金屬鹽を心の中に充し其の周圍の炭素内にも金屬鹽を混じたるもの(3)炭素と金屬鹽とを混じたる無心のエレクトロード(4)炭素と金屬鹽とを混じたる無心のエレクトロードの周圍に尙空氣の酸化作用を減少するため、純粹の炭素を鍍着せるものゝ四種あり。然れども無心のものは電極の尖端が金屬鹽より來る不良導體のスラッグに掩はれて、安定なる弧光を得る能はざるを以て、主として有心のものを使用す。尙炭素の導電率を増加し弧光を安定ならしめちらつきを防ぐ爲め銅鍍を施し、又は金屬心を入るゝものとす。

炭素には良質の煤を混じ、心は普通同一直徑の普通の有心炭素電極の心より太く、其の直徑は電極の直徑の $\frac{1}{2}$ 乃至 $\frac{1}{3}$ なり。而して電極の全徑は同一電流用の普通の炭素電極の徑よりも細し、従つて其の消耗は速なる爲め、長きものを使用して其の壽命を増す。

弧光焰に光を與ふる金屬鹽の割合は、全エレクトロードの15%を超過せしむべからざるものにして、多き程好結果を生ずるものには非ず。

上記發焰弧光燈用エレクトロードは直流の場合には陽極として之れを使用し、陰極には普通の炭素棒を使用す。陰極にアルカリ金屬の弗化物を加ふれば多少能率を増加すべきも、弗化物は電氣の不良導體なるを以て弧光のちらつきを生ずる傾向あり。

發焰弧光燈はエレクトロードに炭素を使用するを以て、弧光蒸氣は非常に高温にして、陽極を熱し之れを蒸發せしむ。此の點に於ては普通炭素弧光燈と等しきも全體として著しく相違す。此の弧光の特性を擧ぐれば次の如し。

(a) 高温の弧光蒸氣によりて熱せられて蒸發せる金屬鹽が弧光蒸氣中に入り、之れが弧光に光輝と色とを與ふ。斯くて弧光は光輝と色とを與へられて火焰の如く見ゆるを以て發焰弧光の名あり。

(b) 光の大部分は弧光自身より發するものにして、此の量全體の 75% なり。陽極よりは 20%、陰極より 5% を發生す。

(c) 特種の裝置をなせるものゝ外は壽命甚だ短くして、僅に十數時間に過ぎず。

(d) 此の弧光燈は普通炭素弧光燈と同じく、直流にも交流にも用ひられ、其の能率は大差なし。

(e) エレクトロードの尖端に金屬鹽によるスラッグが附着し、弧光にちらつきを生ずる傾向あるを以て、之れを防ぐ爲め兩極は 15 度乃至 20 度の角度に傾かし置くを普通とす。斯くする時には電極端がスラッグに掩はるゝ事なく、且つ光がエレクトロードによりて遮らるゝことなく能率を大にす。

(f) 光の色は陽極中の金屬鹽の種類によつて定まるものにして、弗化カルシウムを用ふれば黄色、弗化ストロンシウムを用ふれば赤色、又バリウム、セリウム、チタニウム等の鹽類を用ふれば白色なり。

(C) ルミナス・アークには種々あれど、最も普通なるはマグネタイト・アークにして、其の陽極は銅にして陰極はマグネタイトと酸化チタニウムとに酸化クロームの少量を加へ、よく混じたる粉末

を鋼鐵管内につめ込みたるものとす。マグネタイトは弧光に良導體の蒸氣を供給し、酸化チタニウムは良導體にあらざれど、弧光に白色の光輝を與ふ。酸化クロームは弧光を一定に保ち、其の動搖を防ぎ、且つ壽命を長くす。チタニウムの分量を多くする程、光の能率を大ならしむれども、壽命は短縮す。陽極の銅が細きときは速に消耗し太きに失するときは其の温度低くして陰極より生ずる煙を凝固せしめ、弧光を不安定ならしむ。

此の弧光の特性は

(a) 弧光温度は炭素弧光程高からず、従つて普通の低電壓交流にては弧光を繼續せしむる能はざるを以て、直流にのみ用ひらる。

(b) 光は大部分弧光自身より發すれども、其の光は發焰弧光の如く陽極中の金屬鹽より供給せらるゝものにあらずして、陰極中の酸化チタニウムが弧光流中に入りて光輝を發するものなり。

(c) 壽命は發焰弧光燈に比し甚だ長く、消耗は主として陰極に限られ、其の壽命は 150 時間以上、陽極は 2000 時間以上に及ぶ。

(d) 此の弧光は盛に煙を生ずるを以て、適當の換氣法を行はざれば煙が外球に附着し、又は電極に沈澱し光を減ずるに至る。

(e) 光の大部分は弧光自身より出づ。

(f) 光の分布は水平面下約 15 度の所に最大にして、街路照明の如く廣き場所を照すに最良好なる分布を有す。

(g) 弧光の色は白色にして光輝高し。

〔註〕 以上の弧光燈の他ムーア管蒸氣弧光燈、水銀蒸氣弧光燈、タングステン弧光燈等あれども、本問題に於ては之等のものに就ての解答は要求し居らざるものと信ぜらるゝを以て記載せず。

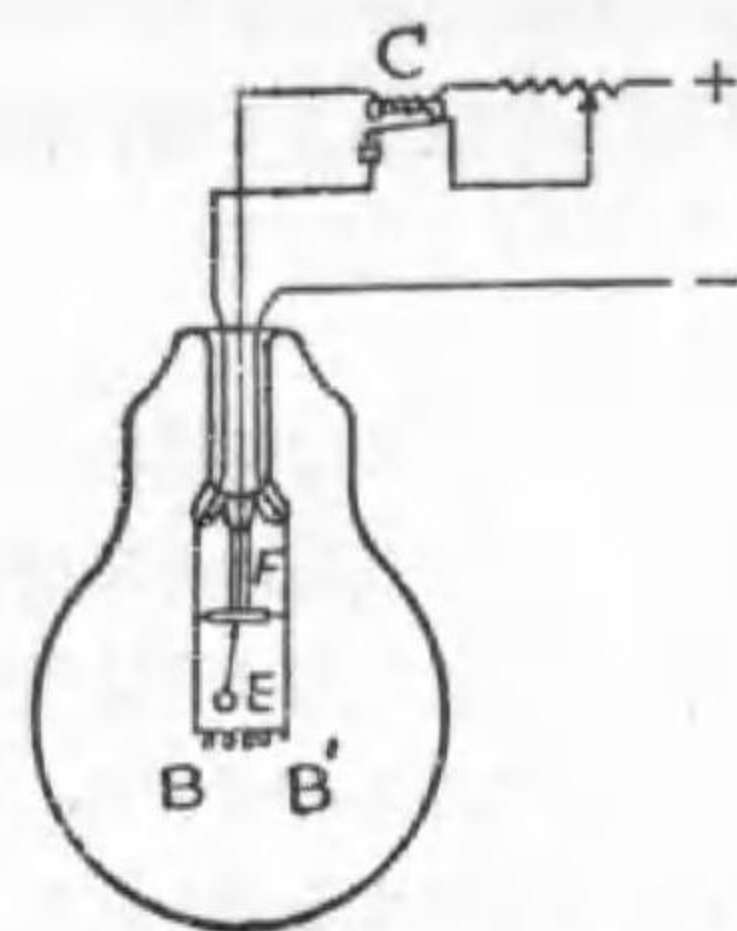
(12) タングステン弧光燈 (tungsten arc lamp) に就き其の構造及び原理を説明せよ。

(大正 6 年 1 級 2 及び大正 9 年 II 級 1)

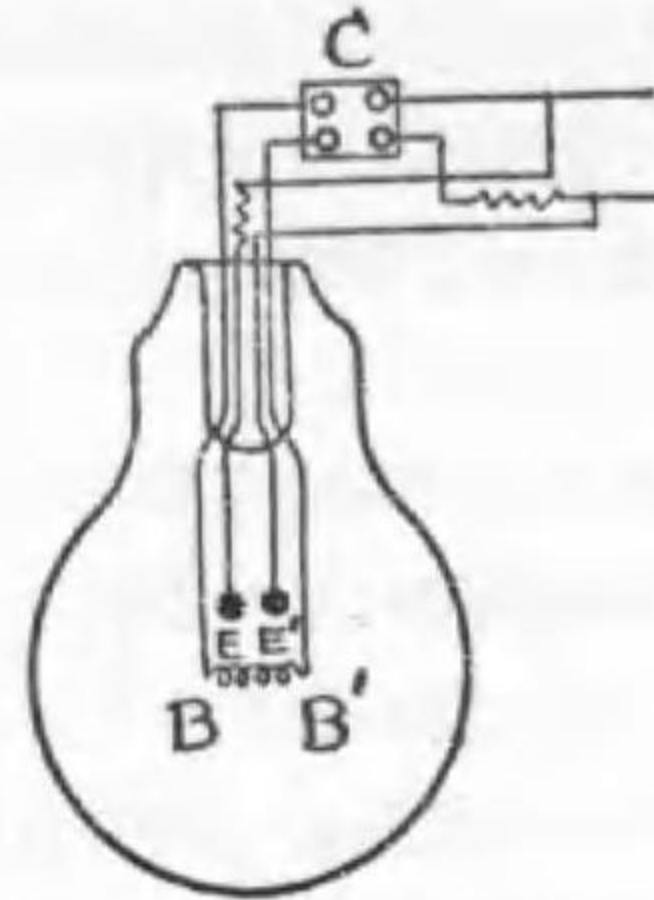
〔解〕 第 11 圖は直流用タングステン弧光燈の構造及び接續圖

を示すものにして、Cは電磁開閉器、BB'はタングステン繊維、Eはタングステンの小球を以つて作られたる陽極なり。球内は空気を排除して窒素瓦斯を充填す。

第 11 圖



第 12 圖



電球を電路に接続すれば BB' 繊維に電流通じ、これが白熱し電子を放出す。電子は繊維よりも陽電位にある電極 E に向つて突進し、兩極間に介在する窒素瓦斯の中性イオンに衝突して之れを電離す。電離されたる陰イオンは陽極 E に突進し、又陽イオンは繊維 BB' に向つて突進し之れに kinetic energy を與へて繊維を益々高熱し、以て電子の放出を盛ならしむ。斯くて E と BB' との間に電流通ずるに至る。此の電流は最初小なれども、急に増加して遂に電磁開閉器 C が作用して ionizing circuit が切斷さるゝ程度に至れば、E と BB' との間には弧光を發生す。

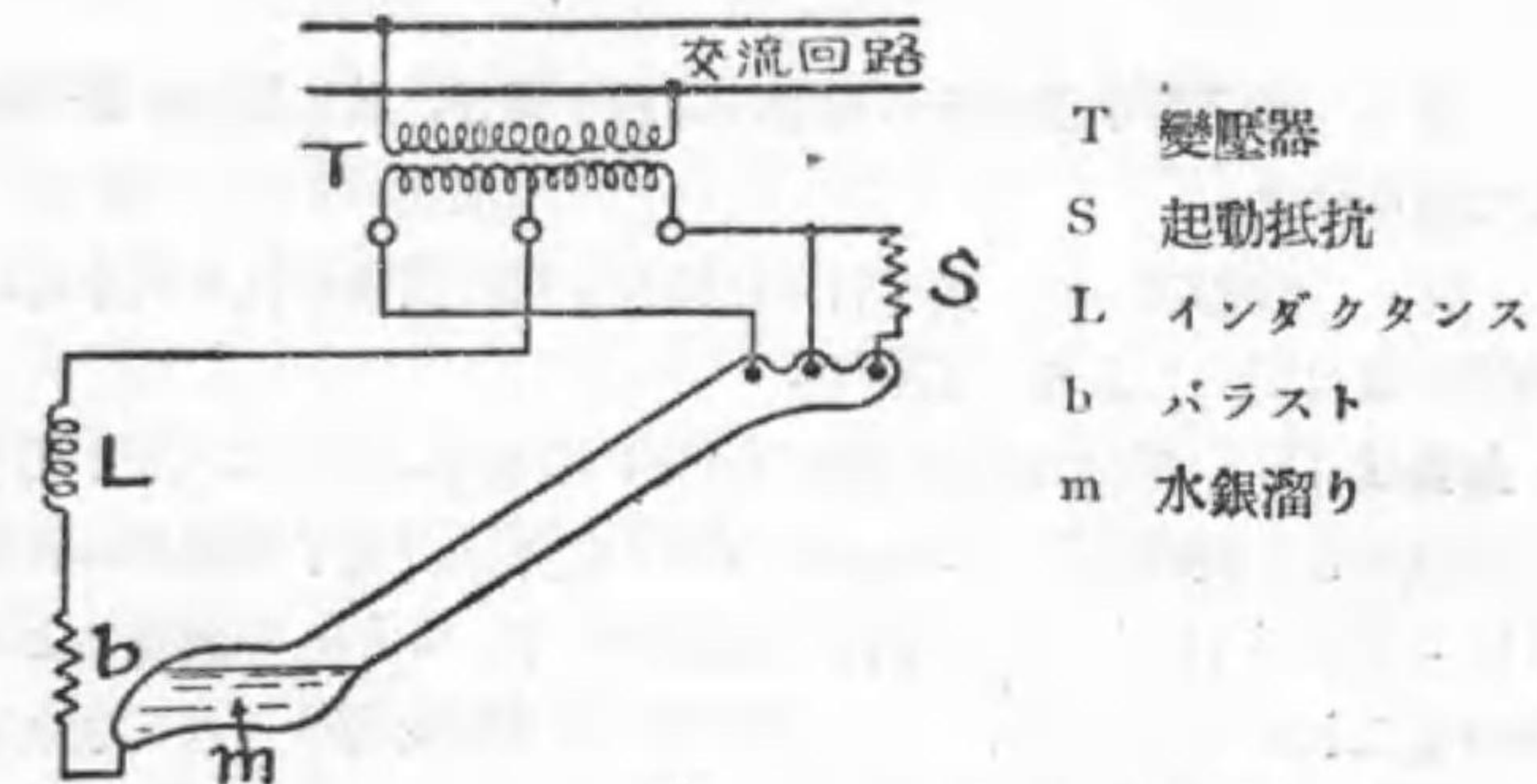
第 12 圖に示すものは交流用タングステン弧光燈の構造及び其の接続を示すものにして、此の電球に於ては電位の交番するに従つて先づ電極 E と BB' 或は E' と BB' との間に電流通じ、これが急に増加して遂に E 或は E' の何れかと BB' との間に弧光發生するに至れば、弧光蒸氣が電極 EE' 間を結合するに至り、此の間に弧光を發生すると同時に電磁開閉器 C が作用して ionizing circuit を切斷す。

第六章 放電管燈

(1) 交流回路用水銀弧光燈の構造の主要を圖示し之を説明せよ。(大正 7 年 III 級 2)

〔解〕 交流回路に用ひらるゝ水銀蒸氣弧光燈は圖に示すが如く

第 13 圖



直流回路に使用せらるゝ場合の陰極端が變壓器の中性點に接続せらる。是れ水銀蒸氣の性質として水銀電極が陰極なる如き方向に電流を整流するものなるを以て、交流回路に直流式の如く接続する時は半周波毎に電流を導く性質を有する事となる。然るに水銀蒸氣が假令前半周波に發生するとも後の半周波に於て消滅せば、次の半周波に於ては再び蒸氣を發生する事なし(勿論普通の使用電壓に於て)。

故に交流回路用として使用せらるゝものは、圖に示す如く其の陰極端を變壓器の中性點に結合し各半周波に對しても中性點が常に陰極なる如く接続せらるゝなり。

斯くの如くして弧光燈には常に一定方向の電流を通じ得べく、又其の弧光を安定ならしむる目的を以て、弧光燈と直列にインダクタ

ンスを挿入し、回路の電圧零なる瞬時にも尙弧光電流の通ずる如く爲す。又弧光電流は供給電圧の變化に従つて動揺し、爲めに弧光の強さにも變動を來すを以て、或る溫度以上に於て殊に高き溫度係數を有する鐵線の如きもの即ちバラストを直列に使用する。

(2) 水銀電燈 (mercury vapour lamp) の點火方法の一を説明せよ。 (大正 2 年 III 級 3)

〔解〕 次を見よ。

(3) 硝子管水銀電燈の起動法二種を挙げ、其の原理を電子論にて説明せよ。 (大正 14 年 I 種 2)

〔解〕 起動法 (I) 發光管の陰極端を傾揚装置に依り引き揚げ後舊位置に戻して弧光を始點す。

起動法 (II) 陰極端の硝子球の外部に固着する錫箔は (+) 端子に接續され、回路には reactance coil を含む。端子電壓加はれば reactance coil は shifter を通じて短絡せられ、shifter の廻轉により短絡斷たれる時は錫箔と (-) 端子間に高電壓誘導せられ、水銀蒸氣を發生して弧光を始點す。

すべて弧光は電離に伴ふ輝光にして、即ち電子を原子内より牽出する爲め、原子内に於ける電子間の平衡配置に急激なる變動生じ、爲めに原子内に複雑なる振動起る結果、輝光を發するものと考へらる。電離現象には必ず陰陽イオンの再合現象を伴ふ、此の場合も同様の變動を生ずべきを以て矢張り輝光を發すべきなり。

(I) の場合は水銀の切れ目に於ける接觸抵抗による發熱の爲め水銀蒸氣發生すると共に電子放出され切れ目間に移動し、電離が活發に起る所謂火花放電にして、輝光を發すると共に兩端は熱せらるゝ故、益々水銀蒸氣を發生す。斯くて發光管は舊位置に復するも、已に水銀蒸氣は管全部に充満する故、低壓にても電子の移動容易にして管内至る處に電離作用起り管全體として發光す。

(II) の場合は陰極に於ける一種の蓄電器の充電々流により熱せられ、水銀蒸氣發生すると共に電子を放出す。起動の際は兩極間の電壓高きを以て電子は急速に移動し、兩極の水銀は熱せられ水銀蒸氣の發生を促す。斯くて水銀蒸氣は管全部に充つるを以て、以下 (I) の場合と同様に管全體として發光す。

(4) 水銀電燈 (mercury-vapour lamp) 及び石英電燈 (quartz lamp) の構造の概要及び其の得失を記載せよ。(明治 44 年 I 級 3)

〔解〕 水銀電燈 水銀電燈は所謂俗稱にして硝子水銀弧燈と稱す可きものなり。硝子管の一端に水銀の陰極、他端に鐵又は炭素の陽極 (交流用のものは 2 箇) を備へ管内は普通水銀蒸氣のみなり。又管の長さは通常約 1.5 米なり。

點燈装置はその負性特性に對し抵抗及びリアクタンスを備へ、安定なる放電を行はしむ。起動は管を傾け陰極の水銀を流し短絡せる水銀糸の切斷する際に發する弧光による法、陰極近く補助極を設け附屬のインダクタンスを利用せるシフターの作用によつて瞬時高壓を兩端子間に誘導させる方法等あり。

點燈中、水銀蒸氣の溫度は平均 200~250°C、硝子管外壁の溫度は 100~150°C、蒸氣張力は 1~2 耗程度なり。

石英電燈 石英水銀弧燈と稱すべきものにして、一名太陽燈とも稱せらる。熔融石英管の一端に水銀の陰極、他端に水銀又はタングステンの陽極を備ふ。管内は普通水銀蒸氣のみなり。點燈状態に於ては電流密度大にして水銀蒸氣の溫度は管の軸心に於て約 1400°C、管の外壁に於て約 450°C、蒸氣張力約 1 氣壓、弧光電壓の勾配約 10 V/cm、發光能率 20 ルーメン毎ワット程度なり。

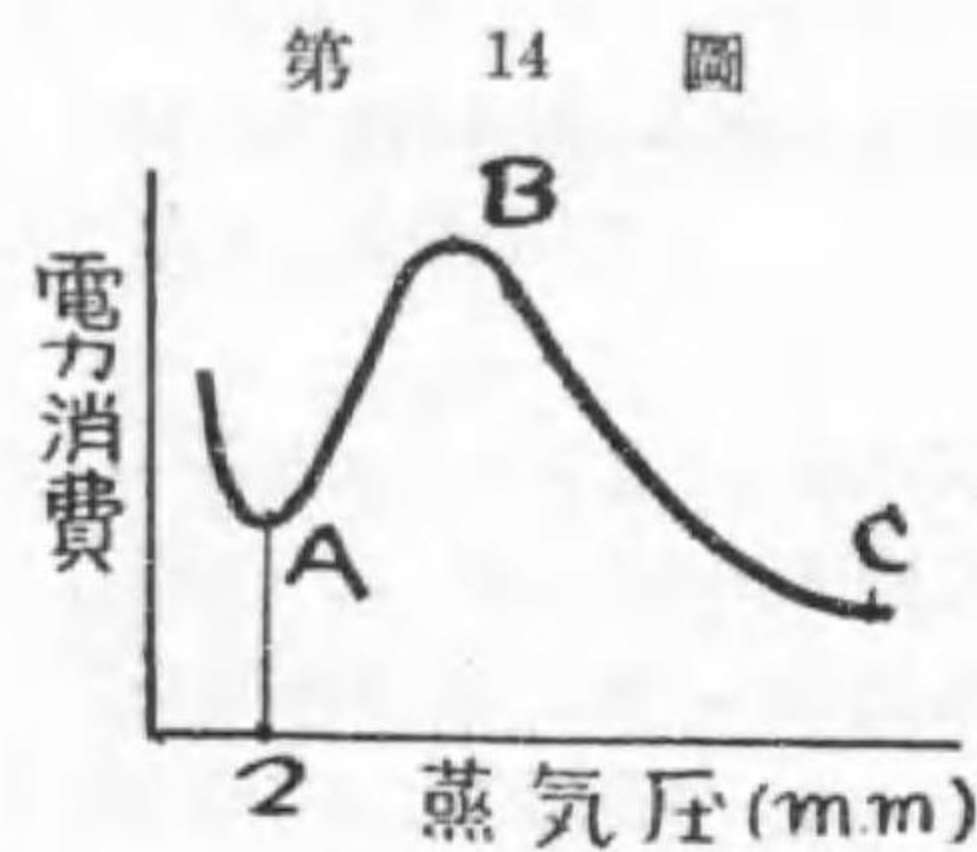
得失 水銀電燈はその光色甚だしく赤色を缺くも其の輝度小なる爲め光力より寧ろ陰影なき一般照明を得る目的等に對し工場照明用として用ひらるる事あり。又相當の莖外線を輻射するに依り青寫眞鏡附用、寫眞撮影用等に用ひらる。石英電燈は強度の莖外線發光裝

置にして、醫療、殺菌、鑑別等に對し利用せられ、光源として使用される事稀なり。

(5) 石英電燈 (quartz lamp) が普通の水銀電燈 (mercury lamp) と構造上及び特性上異なる點を挙げ之れを説明せよ。

(大正 7 年 I 級 2)

〔解〕 水銀蒸氣弧光燈の電力消費は水銀蒸氣の壓力に關係するものにして其の状態は第 14 圖に示す如く壓力約 2 耗の點にて A の



如き電力消費の極小の點を生ず。此の壓力は普通の水銀弧光燈に應用せらるゝ壓力にして此の時の電力消費は約 14 ルーメン毎ワットなり。壓力を之れ以上に高むる時には電力消費は再び増大し B 點の如き電力消費の極大點を生じ、尙壓力を高むる時は電力

消費は再び減少し壓力約 1 氣壓にて其の電力消費は約 20 ルーメン毎ワットとなる。此の壓力は石英電燈に應用せらるゝものなり。

普通の水銀電燈にては其の蒸氣の溫度は發光管の中心に於て約 250°C 、其の側壁に於て約 150°C なるに反し、石英電燈にては蒸氣壓を前記の如く高くせる當然の結果として、其の蒸氣溫度非常に高く中心に於て約 1400°C 其の管壁に於て約 450°C なり。依つて熔融點が約 300°C なる普通の硝子は堪ふべからざるを以て、發光管は熔融石英を極めて徐々に anneal して製せる石英管 (熔融點約 1400°C) を以て製す。之れ高壓水銀電燈を石英電燈と稱する所以なり。

普通の低壓電燈回路にて石英電燈に於ける如き高壓を生ぜしむるには、管の長さを非常に短くして僅少の場所に於て大なる電力を消

費せしめざるべからず。依つて石英電燈の發光管は長さ 110~160 耗、管の外徑 10~18 耗位なり。然るに普通の水銀電燈にては管の直徑約 26~50 耗、其の長さ 1.5 米にも及ぶ。

石英管にては電極に於ける熱の放散を容易にする爲に金屬製放熱翼を備ふるも、普通水銀電燈に於ては之を備へず。

石英電燈は發光管を數回傾斜せしめて之れを起動するも、普通水銀電燈にては高壓を誘導せしめ、之れによつて蒸氣を起動せしむるを普通とす。

普通の水銀電燈の光色は綠色乃至紫色にして赤色光束を缺くも、石英電燈にては其の溫度を高くせる結果赤色光束を含む。

發光管の最大輝度は普通の水銀電燈にては約每平方釐 2.3 燭なるも、石英電燈の輝度は甚だ高し。

硝子は莖外線に對し不透明體なるを以て、普通の硝子管水銀電燈にては輻射線中に莖外線を含まず。然るに石英は莖外線を透過するを以て石英電燈にては輻射線中に莖外線を含む。依つて之を點燈用に供する場合には必ず有害莖外線を除去する外球を用ふるを要す。

以上の諸點は石英電燈と普通水銀電燈との構造上並に特性上に於て相違せる主なるものなりとす。

(6) マグネタイト弧光及び水銀弧光は普通直流弧光燈としてのみ使用せらるゝ理由を述べよ。 (大正 5 年 I 級 2)

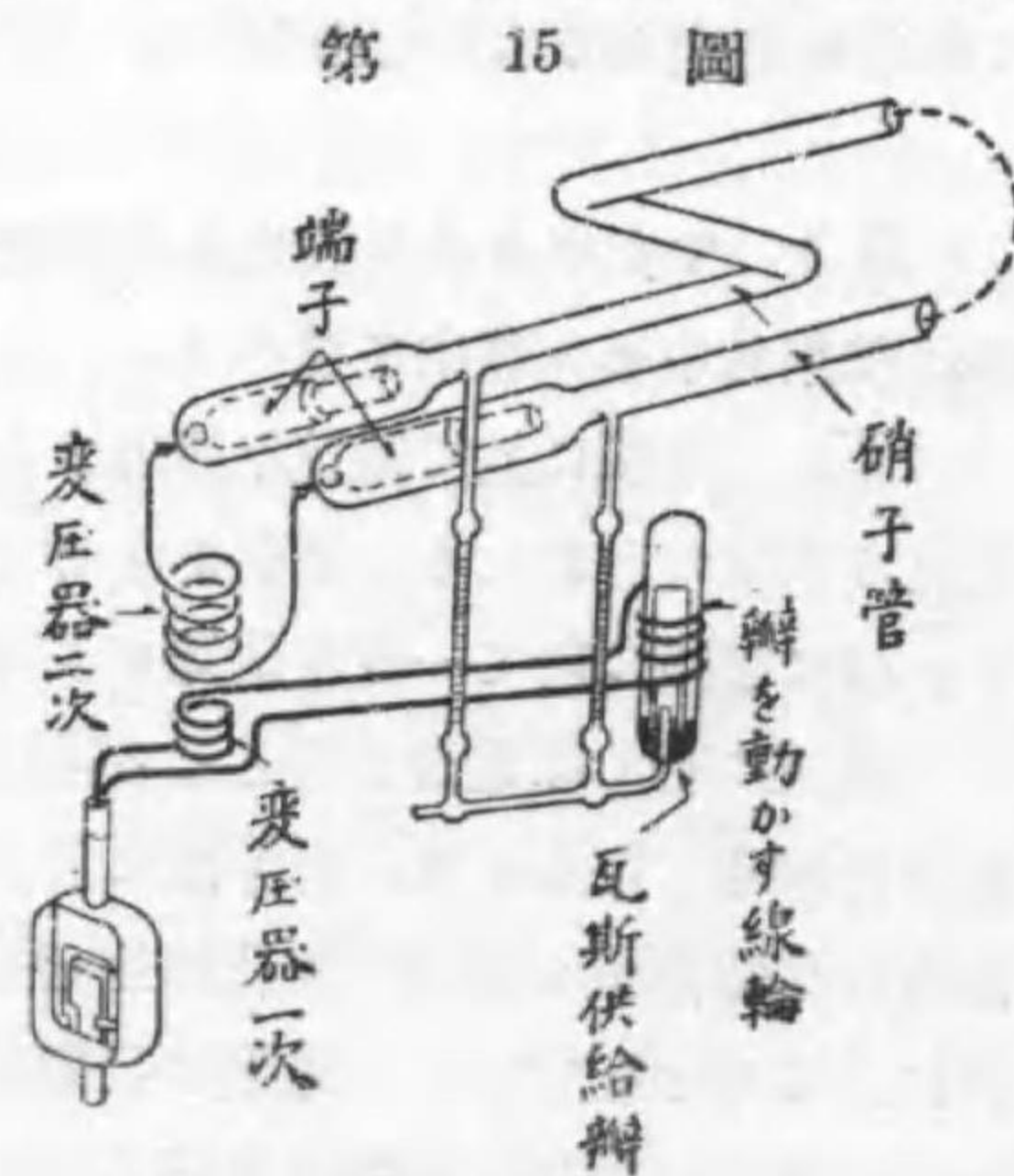
〔解〕 電弧に於て電流を傳導するものは陰電極より生ずる陰極物質の蒸氣の流れなり。電弧を生ぜしむるには先づ此の蒸氣を要す。故に電弧に於て一度電流通ぜざるに至れば、電弧は消滅す。従つて交流に於ては電流が零となる時は電弧も消滅す。交流により電弧を持続せしむるには、各半波に於て前の半波の爲めに生じたる高溫度の残留蒸氣を通じて火花を生ぜしむるに充分なる電壓を兩電極間に加ふるを要す。此の電壓は残留蒸氣の溫度高き程小なり。然るに此の溫度は電弧の溫度高き程高きは無論にして、電弧の溫度は約

陰極をなす物質の沸騰點と考ふるを得べし。故に交流によりて電弧を持続する電壓は陰極をなす物質によりて大差あり。電極の距離13 耗にては沸騰點 3500°C の炭素は40 ヴォルトの交流電壓にて電弧を持続すれども、沸騰點僅かに 350°C なる水銀は7000 ヴォルト、 2000°C なるマグネタイトは500 ヴォルトを要す。

然るに直流により電弧を持続する電壓は反對に電弧の温度増加するに従ひ増加し、前述の13 耗に對して水銀は20 ヴォルト、マグネタイトは60 ヴォルト、炭素弧光燈は70 ヴォルトを要す。故に水銀弧光燈及びマグネタイト弧光燈を交流回路に用ふるには、變壓器を用ひ二次捲線の中點を陰極につなぎ、兩端を二本の陽極に接続する等、種々複雑なる装置をなし弧光燈中の電流の方向を一定にするにあらざれば、直流に比して非常なる高電壓を要す。これは是等の弧光燈が普通交流に用ひられざる主なる理由なり。

(7) ムーア管電燈 (Moor tube light) の構造及び特性を述べよ。
(大正4年I級2)

〔解〕 ムーア管電燈はガイスレル管の放電を利用せしものにして、今のネオン管の先驅者なり。其の主要部は硝子の長管と瓦斯供給瓣 (gas feed valve) とより成り、其の管内は約水銀柱0.1 耗の氣壓を有する窒素、炭酸瓦斯の如き適當なる瓦斯を以て充さる。此の電燈を使用するには、硝子の長管を室内の蛇腹等適當の箇所に取り付け、第15圖の如く、管端にある兩端子を變壓器



の二次につなぎ、後に説く所の供給瓣を動かす線輪を其の一次に接続す。變壓器は普通光を安定ならしむる爲め、特に漏洩リアクタンスを大にしたるものを用ふ。然らざる時は別にリアクタンス線輪を挿入するを要す。

此の電燈は使用するに従ひ管内の瓦斯減少し、同一供給電壓に對し、通過電流を大ならしむ。然るに最大能率を與ふる點は、水銀柱の約0.1 耗なるにより、使用するに従ひ、管内に瓦斯を補給するを要す。供給瓣は此の作用を司るものにして、前述の變壓器の二次に直列なる線輪の助により、管内の瓦斯減少し、電流増加する時は自動的に供給瓣を開きて瓦斯を管内に供給し、管内の壓力増加し、電流増加する時は、自動的に瓣を閉ぢ瓦斯の供給を止む。

此の電燈の發する光の色は、管内を充す瓦斯によりて異なる。窒素は黃金色、炭酸瓦斯は白色の光を發す。低周波に對してはチラツキを生ずれども、60~ 以上に至れば、實際上チラツキは消滅す。其の利點は固有光輝 (intrinsic brilliancy) 極めて低き事にして、其の缺點とする所は比較的小なる光源に用ひ難き事、光は連続分光 (continuous spectrum) にあらずして、瓦斯の表はす帶狀分光 (band spectrum) なる事及び管長大となる時は使用電壓數千ヴォルトに昇る事等なり。今日に於てはネオン管燈の先驅者として興味あるに過ぎず。

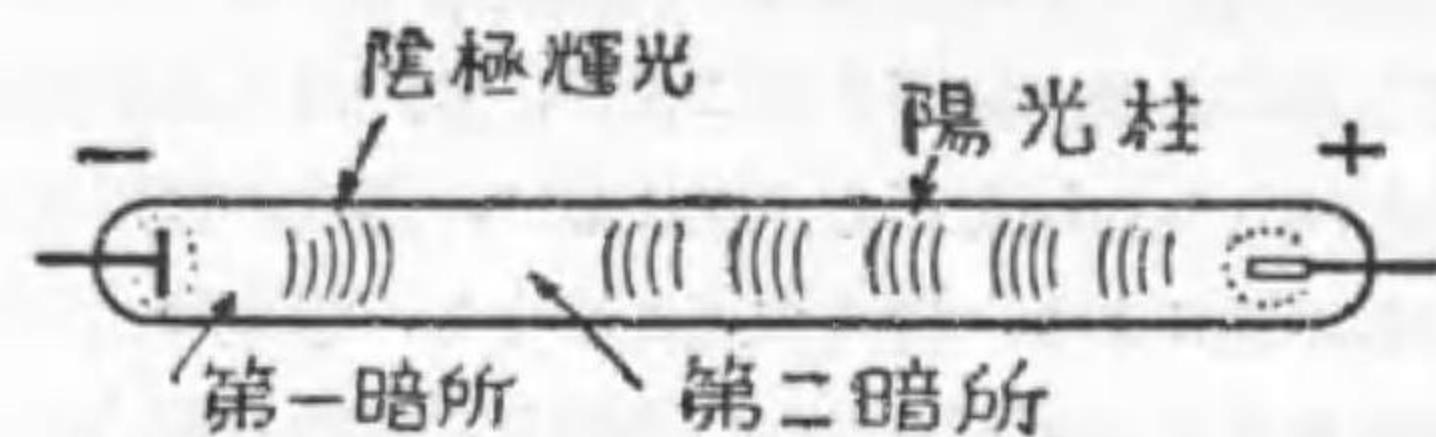
(8) 米國製の瓦斯傳導電球 (gaseous conduction lamp) 或は獨逸製のグリム・ラムペ (Glimm-Lampe) の如き瓦斯傳導を應用せる低電壓用電球の原理を説明せよ。
(大正11年I種2)

〔解〕 先づ構造に就いて一言し、其の原理を述べん。此の電球は直徑6 厘位の硝子球内に二電極を封入せり。電極の形狀は鐵線を螺旋狀に巻きたるもの、半球形のもの、A, B, C, の文字や1, 2, 3の數字等を表したるもの等あり。球内にはネオン或はアルゴンの如き不活性瓦斯を十數耗程度の壓力にて封入す。電流に對する電氣抵

抗は負特性を有す。故にバラストとして数千オームの抵抗をシステムの空所に置き電極と直列に接続す。

次に發光原理を述べん。今兩端に電極を有する相當に長き真空管例へば $\frac{1}{2}$ 米位のものをとり、これを數耗程度の真空とし適當の電

第 16 圖



壓を加ふる時は所謂真空放電を生ず。この真空放電を検するに陰極より少しく離れて第一暗部（クルックス暗所と言ふ）を生じ、その次に發光部あり、これを陰極輝光（negative glow）と稱す。その次に第二の暗部（ファラデー暗所と言ふ）を生じ、それより又發光して陽極に至る長き部分あり。これを陽光柱（positive column）と稱す。この真空放電並に發光に關し目下説明するゝものを綜合せば次の如し。即ち陰極に近き所はその電位傾度高く従つて陰極附近の電子は非常なる速度を得。然るに一方瓦斯分子の浮遊せるものあり、これに對し電離作用を行ふ。斯くて電離作用を行ふ結果瓦斯分子よりは第二の電子放出され、これ亦相當の速度を得。この第二電子が其の速度を増加し更らに次の瓦斯分子に電離作用を行ひ、以下瓦斯壓力が適當なる値なれば陽極に至る迄電離作用を繼續するものなり。

而して發光作用を營むは電子の爲めに衝突勵發せらるゝ時及びイオンの再結合に基くものなり、故に若し真空度を漸次高むる時は、電子の運動を妨ぐる事少なく、その結果電離することなく暗所のみとなる。陰極線オッシログラフ或は X 線に於ける真空放電はこれを證明するものなり。

却説上述の如き真空放電に於て陽光柱は殆んど管の全長を覆ふも

のにして、之れを利用せるものにネオン放電管あり。然るに管の長さを短くし電極間の距離を漸次近づければ陰極輝光のみを生じ陽光柱を發せざるに至る。これ即ち本間の電球なり。尙この場合に於ける陰極輝光の光色はネオン放電管と同様内部に填充さるる瓦斯の種類及びその壓力に關係するものにして、普通はネオンを使用する結果黄赤色の velvety glow を發するものなり。尙この電球は主としてサイン或は表示燈の如き特種の所に利用するものにして、ワット數 2-3 ワット、電壓 100 V~200 ヴォルト、能率 0.5 ルーメン毎ワット程度なり。

(9) 下記の電燈内の氣壓を水銀柱のミリメートルにて記せ。

(大正 10 年 II 種 4)

(イ) 窒素填充タングステン電球

(ロ) ムーア管蒸氣電燈

(ハ) 石英管蒸氣電燈

(ニ) 真空タングステン電球

(ホ) ネオン瓦斯電燈

[解] (イ) 約 800 耗-400 耗

(ロ) 約 0.1 耗

(ハ) 約 760 耗

(ニ) 10^{-6} 耗 以下

(ホ) 數耗

第七章 光度測定

(1) 交照光度計 (flicker photometer) の原理を説明せよ。

(大正6年II級I)

(2) フリッカー光度計 (flicker photometer) の原理及び其の用途を略述せよ。

(大正12年II種I)

〔解〕 光色を異にする二つの発光体が交互の遮壁を照らすとき、其の交番の速度を一秒間に 10 乃至 20 とせば異色の觀念は全然消失し、たゞ照度の差によるチラツキのみを感じずべし。若し此の場合に其の照度も同一なりとせば、照度の差に依るチラツキの感じも亦消失すべし。

フリッカー光度計は此の原理を應用したるものにして、普通的光度計にては到底正確に比較し能はざる異色発光體 (赤と緑、紫と黄の如き) の光の強さを比較測定する光度計なり。

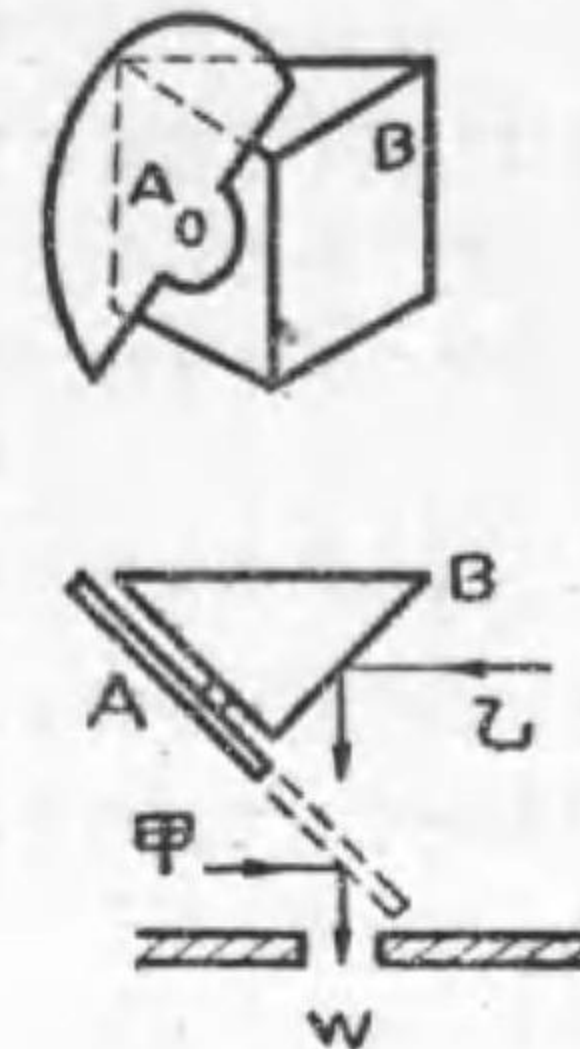
(3) 異なる色の光源の燭光を比較測定する方法二種を挙げ、之を説明せよ。

(大正5年I級I)

〔解〕 (イ) 交照光度計 (flicker photometer) に依る法 光色を異にせる二つの光甲乙ありて、之が光力を比較測定するものに交照光度計あり。甲乙の光を或る適當なる面に投じて照度を與へ其の甲乙の兩照度を交互に認め得る様装置す。例へば圖に於て B は完全なる散光性を有する一つの三角柱、A は扇形を爲せる同じ性質の廻轉板にて O を軸として廻轉す。W は窓にて是より矢の方向を眺むる時は、A が廻轉せば AB 交互に認め得べし。今甲及び乙の光源を此の装置の兩側に置き A 及び B に夫々照度を與ふ。次に A を廻轉せば W より甲及び乙の照度を交互に視得べし。A の廻轉は漸次増

加し行く時は最初は明に光色の差異を認め得るも、廻轉數の増加と共に色の差異漸次小となり、或る一定の廻轉數に達せば殆んど差異を認識し得はざるに至るべし。即此の状態に於ては單に光度の差異に因る兩照度の大小が交互に現はれちらつきを感じずべし。然る時は甲或は乙の何れかの位置を變じて、其のチラツキの消滅するを待ち普通光度計の原理に従ひ距離の自乗に反比例する式に依りて、供試光の光力を他方に比較して算出し得べし。

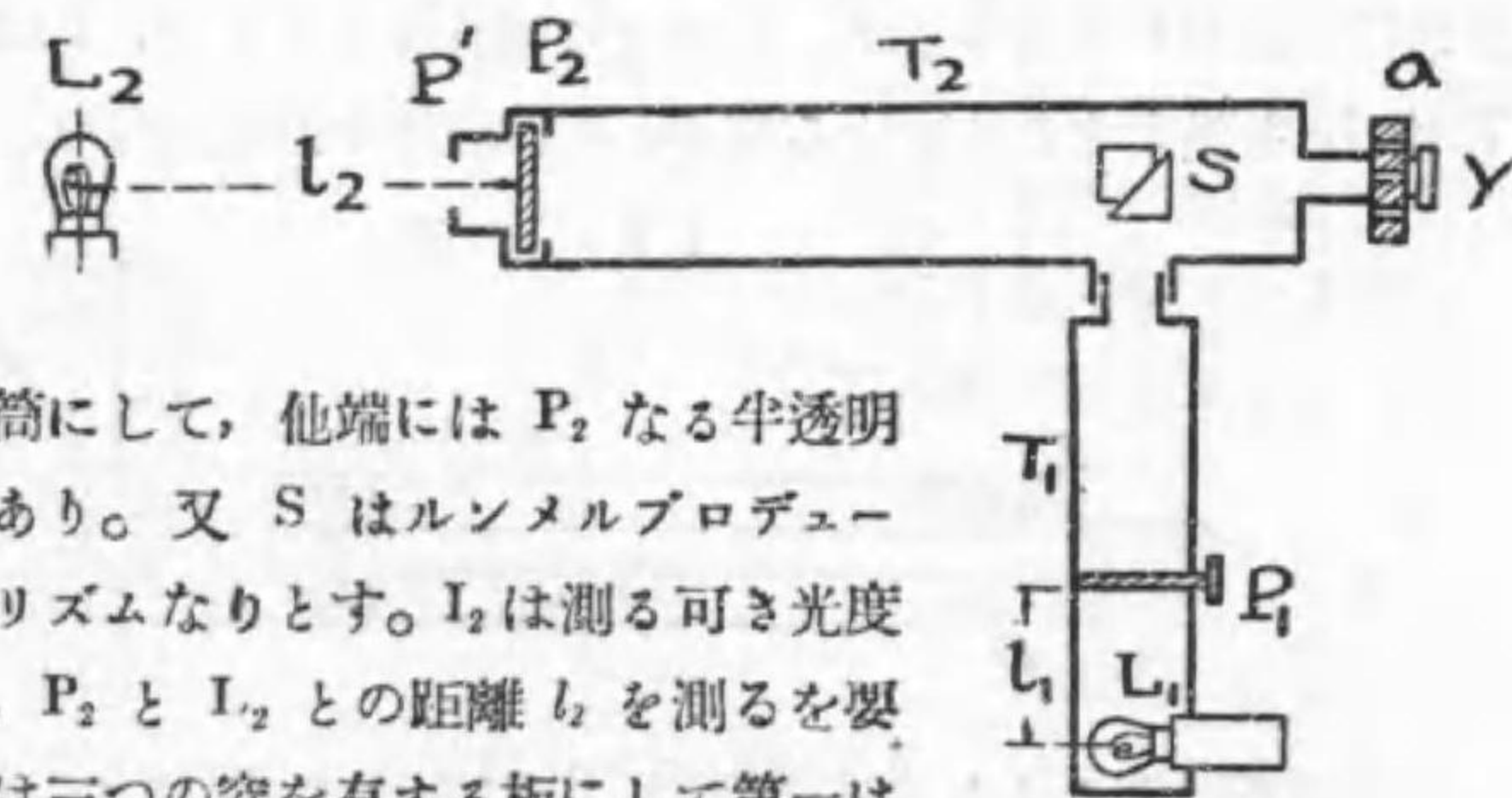
第 17 圖



(ロ) ウェーベル氏光度計に依る法 互に

直角を爲せる筒 T_1 及び T_2 あり。 T_1 の一端には標準光 L_1 及び半透明硝子板 P_1 を装置し、 P_1 は其の位置を變じ得るものにして、 L_1 と P_1 との距離は外部より測定し得るものなり。 T_2 の筒の一端 Y

第 18 圖



は接眼筒にして、他端には P_2 なる半透明硝子板あり。又 S はルンメルプロデュース氏プリズムなりとす。 l_2 は測る可き光度にして、 P_2 と l_2 との距離 l_2 を測るを要す。a は三つの窓を有する板にして第一は素通り、第二は赤色硝子、第三は緑色硝子を挿入しあり、 L_1 と L_2 とが色を異にする場合には先づ赤色硝子を通じて S により l_1 を變じて平衡點を求め、燭光 I_r を得。次に緑色硝子を通じて平衡點を求め燭光 I_s を求む。然る時は求むる I_2 の燭光は

$$I_2 = I_r K$$

を以て表はさる可し。Kは $\frac{I_r}{I_t}$ 及び $\frac{t_1}{t_2}$ に關係する數にして、 t_1 及び t_2 は夫々 P_1 及び P_2 の透過率なり。而してKの價は其の測定器に附屬する數値にして豫め與へらるゝものなり。

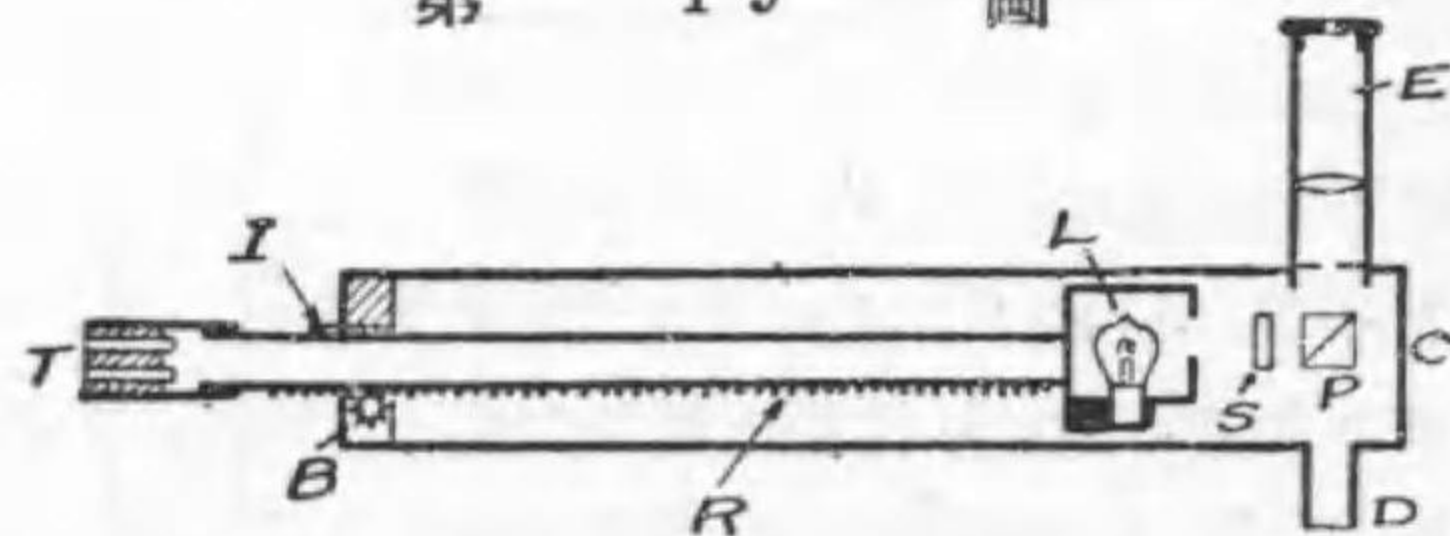
〔註〕此の外例之タングステン電球と紅色發焰弧光燈との燭光を比較せんとする時には、先づタングステン電球と炭素電球とを普通の方法に依りて比較し、次に他の炭素電球に低き電壓を加へて赤色に近き光を出さしめたるものと比較し、順次に比較しつゝ遂に紅色發焰弧光燈と比較するも一法である。之れ懸隔の大なる光は直ちに比較せずして其の差の小なるものを採りて順次比較し行く方法である。

(4) 照度計 (illuminometer) の一種に就き其の構造及び使用法を説明せよ。

(大正5年II級2)

〔解〕第19圖に於てCは金屬圓筒、Eは接眼鏡、Pはルンメル・プロデューン氏プリズム、Lは標準電燈、RはLを支持する金屬棒に取付けたラック、Bは之に啮合ふピニオン、Iは指針、TはLを點火するに要する端子、Sは乳色半透明板なり。

第 19 圖



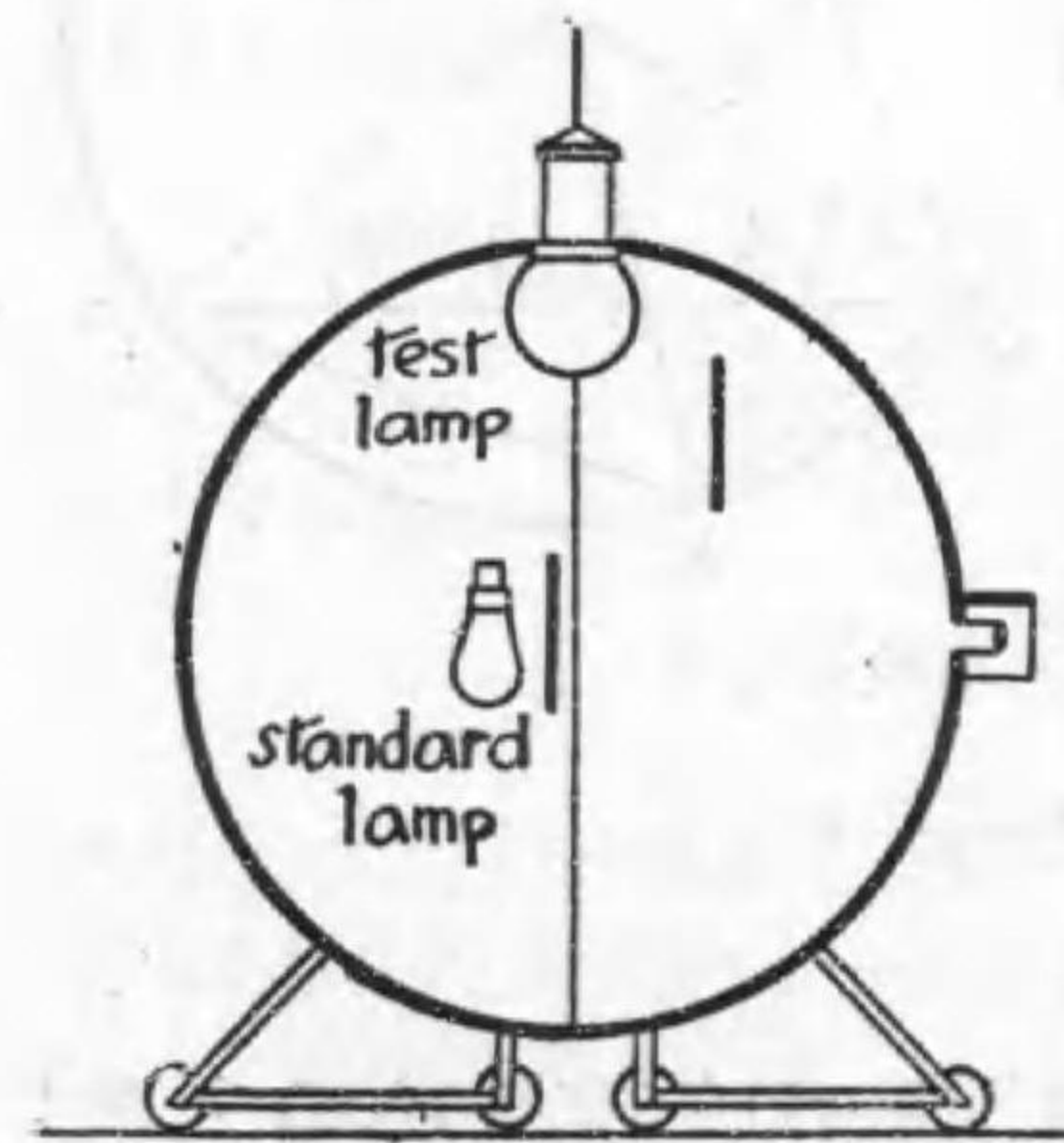
其の原理は測らんとする照度と、Sに於けるLによる照度とをPにより比較するものにして、今Dなる穴を測らんとする照明面に向け、Eより眺めてLの位置を加減する時は、プリズムの面が一樣に輝く位置を得べし。此の場合兩照度は相等しく、其の値は金屬棒に於ける目盛りより知ることを得。目盛の較正は標準電燈による既知照度と比較して行ふ。(第19圖はマクベス照度計)

(5) 平均球面燭光 (mean spherical-candle power) を直接に測定し得べき光度計の大要及び其の用法を説明せよ。

(大正2年II級1)

〔解〕平均球面燭光を直接に測定するに普通使用せらるゝ光度計はウルブリヒト氏球形光束計なり。其の構造の大要は圖に示す如く内面が完全散光性を有する直徑60種乃至3米の二個の中空半球よりなり、球の一側には小孔を設けて茲には透明硝子を取り附く。而して球内適當の場所には、其の表面が球の内面と同一の物質よりなる遮光板を設けて、球内に電燈を點ずる場合に之れよりの直接光が小孔の硝子板に投ずる事を避けらるゝ如き構造を有す。

第 20 圖



此の光束計に依つて平均球面燭光を測定するには、被試験電球を球内に點火して、小孔の硝子板の輝度を適當なる光度を以て測定し其の値 B_t を求め、次に平均球面燭光の已知なる標準電球を球内に點火して小孔の硝子板の輝度を測定し其の値 B_s を求む。

然らば

$$I_t = kB_t$$

$$I = kB_s$$

但し I_t = 被試験電球の平均球面燭光
 I = 標準電球の平均球面燭光
 k = 光束計につき一定する定數

なる關係を有するを以て

$$I_t = I_s \times \frac{B_t}{B_s}$$

より被試験電球の平均球面燭光を直接に測定することを得。

(6) 球形光度計 (integrating photometer) の原理を説明せよ。

(大正 11 年 I 種 1)

〔解〕 内面が完全散光性を有する中空球あり、其の内部任意の

場所に S なる光源ありとす。然らば反射光に依る球面上の照度は、S の位置に關せず球面上に様にして且つ S より發する總光束 Φ と一定の比を有するものなり。次に之れを説明せん。

球面内の任意の一点 a に於ける微小面積内に S より直接に投じたる光束数を $d\phi$ とすれば、此の微小面積内に投じたる光束が直接

に P 點に反射せる光束に依る P 點の照度は

$$E_{a_1} = \frac{\rho}{\pi} (d\phi) \cos \alpha \frac{\cos \alpha}{l^2} = \frac{\rho (d\phi)}{4\pi R^2}$$

但し ρ = 内面の反射率

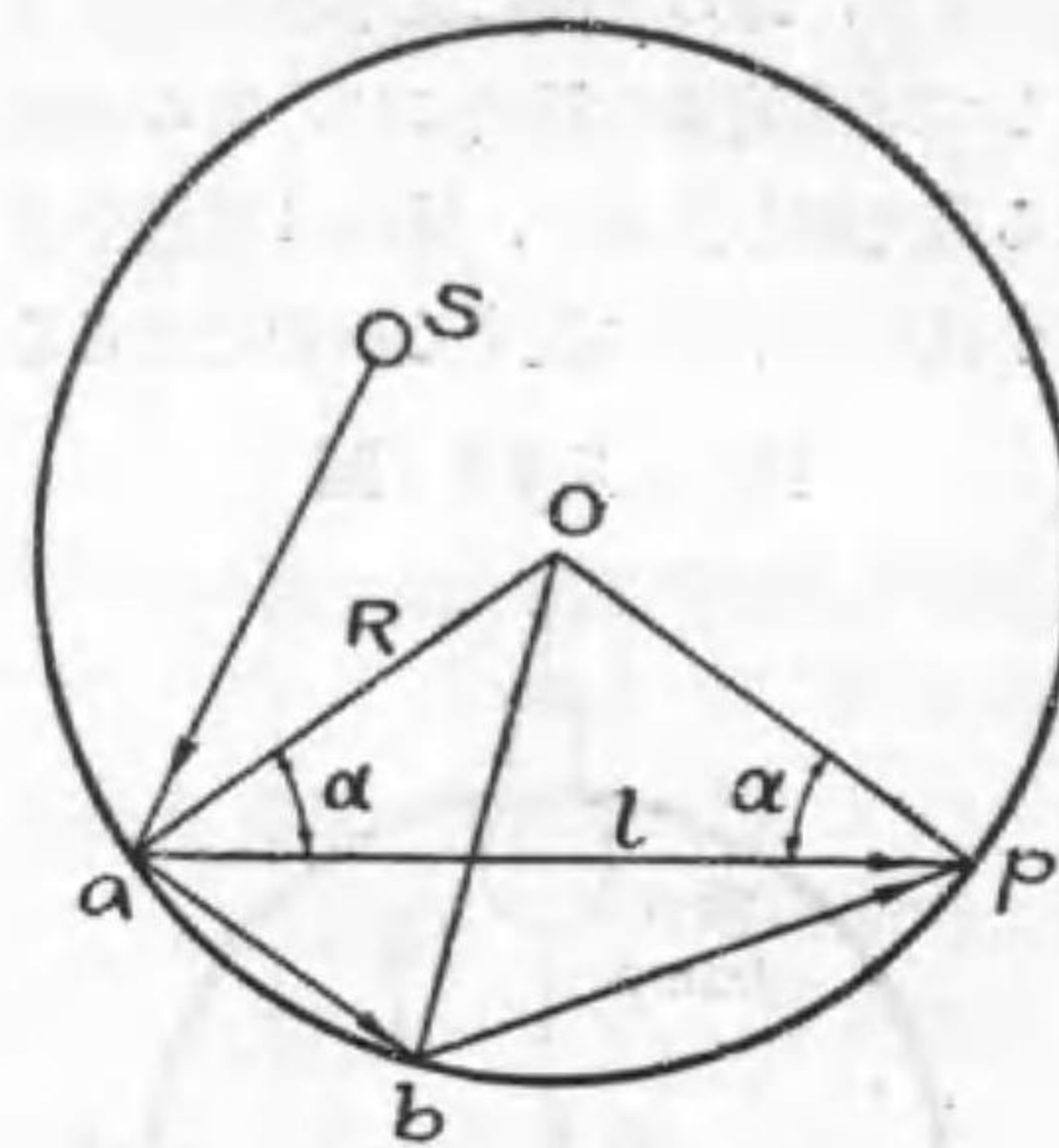
次に a 點よりの直接反射に依る b 點の照度も同様なれば、b 點に於ける微小面積 dA に投ずる光束数は

$$\frac{\rho (d\phi)}{4\pi R^2} (dA)$$

従つて之れが再び反射して P 點に投ずることに依つて與へらるゝ P 點の照度は

$$\frac{\rho (d\phi)}{4\pi R^2} (dA) \frac{\rho}{4\pi R^2}$$

第 21 圖



従つて a 點に於ける微小面積よりの各方面への反射光束から、球面内の何れかの點に於て一回反射して P 點に投ずることに依つて與へらるゝ P 點の照度は

$$E_{a_2} = \frac{\rho^2 (d\phi)}{(4\pi R^2)^2} \int dA = \frac{\rho^2 (d\phi)}{4\pi R^2}$$

同様にして a 點に於ける微小面積よりの各方面への反射光束が球面内の何れかの點に於て (n-1) 回反射して P 點に投ずることに依つて與へらるゝ P 點の照度は

$$E_a = \frac{\rho^n (d\phi)}{4\pi R^2}$$

故に A 點の微小面積に投じたる光束 $d\phi$ の總ての反射に依つて與へらるゝ P 點の照度は

$$E_a = \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\rho^n (d\phi)}{4\pi R^2} = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{d\phi}{4\pi R^2}$$

故に S より球面の總ての點に投じたる光束の總ての反射に依つて與へらるゝ P 點の照度は

$$E = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{\int d\phi}{4\pi R^2} = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{\Phi}{4\pi R^2} = K\Phi$$

即ち反射光に依る球面の照度は光源の位置に關せず且つ總光束 Φ と一定の比を有す。球形光度計は上述の理を應用せるものにして、光束計内に被試験電燈を垂下し、遮光板に依つて直接光を遮り、球面に設けたる小孔の不透明硝子板の外面に於ける照度を適當なる照度計を以つて測り其の値 E を得、次に總光束数の已知なる標準電球を球内に點じて此の時の小孔外面の照度を測定し、其の値 E_0 を得たりとすれば

$$E = sK\Phi, \quad E_0 = sK\Phi_0$$

但し Φ = 被試験電燈の總光束, Φ_0 = 標準電球の總光束,
s = 硝子の透過率

依つて $\Phi = \Phi_0 \frac{E}{E_0}$

より被試験電燈の總光束を求むるを得るなり。

(7) Ulbricht 氏の球形光度計の構造及び原理を説明せよ。
(大正7年I級3)

[註] 構造に就ては5問, 原理に就ては前問参照。

(8) 與へられたる配光曲線(light distribution curve)より平均球面燭光(mean spherical candle power)を見出す方法の一を述べ之れを説明せよ。
(大正9年I級2及び大正4年I級1)

[解] 今定數法と稱せらるゝものを説明せん。

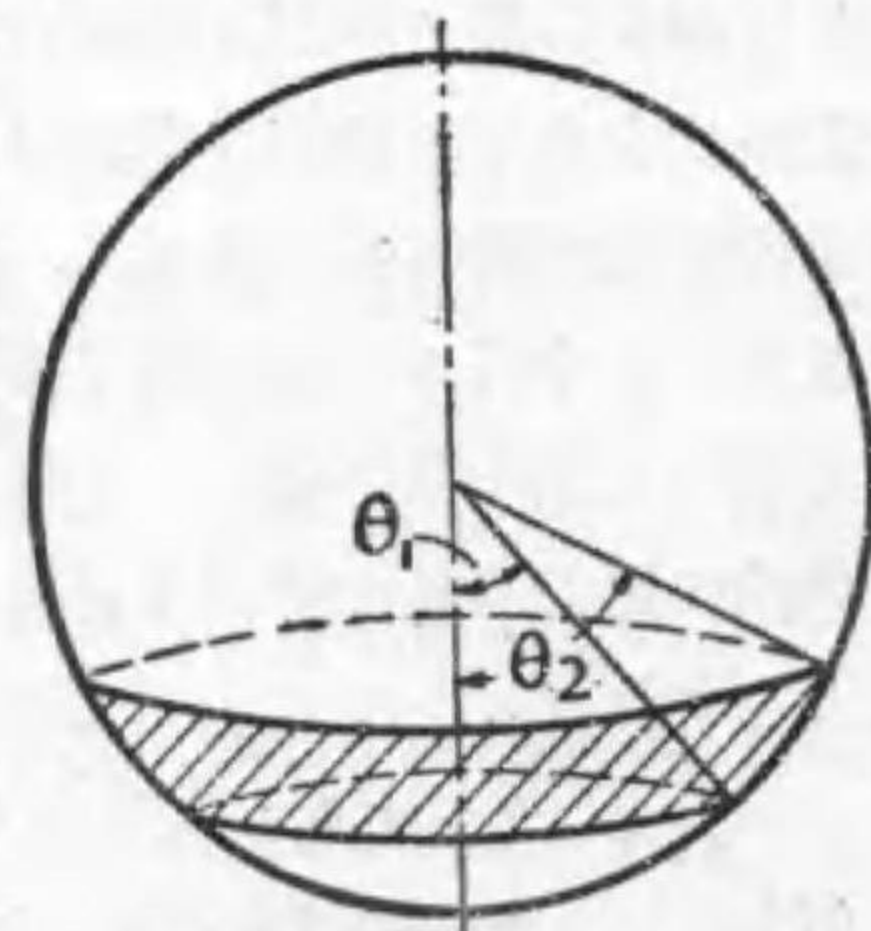
方法 一定の方向に測れる燭光に或る定數を乗じ、之を加へ合すなり。例へば垂直線と5°及び之れに10°宛を加へ175°に到る角をなす方向の光度(燭光) $I_5, I_{15}, I_{25}, \dots, I_{165}, I_{175}$ に夫々 $\frac{\cos 0^\circ - \cos 10^\circ}{2}$, $\frac{\cos 10^\circ - \cos 20^\circ}{2}$, $\frac{\cos 20^\circ - \cos 30^\circ}{2}, \dots, \frac{\cos 160^\circ - \cos 170^\circ}{2}$, $\frac{\cos 170^\circ - \cos 180^\circ}{2}$ なる定數を乗じたるものを加へ合せば平均球面燭光を得。

第 22 圖

[證明] 今光源を中心とする單位半徑の球面を描き、垂直軸となす角 θ_1 と θ_2 との間に含まるゝ球面帶(zone)を考ふ。然る時は此の球面帶の面積は

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} 2\pi \sin \theta d\theta = 2\pi (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

なり。何んとなれば此の面積は圓弧の長さ即ち球面帶の幅と圓周上の長さ即ち球面帶の長さとの積にして、單位半徑の球面なる故圓弧の長



さは $r d\theta = d\theta$ にして、此の圓周の半徑は $r \sin \theta = \sin \theta$ ならばなり。故に此の球面帶内に於ける光度が一様にして其の値 I なりと假定すれば、此の球面帶を貫く光束數は

$$I \times 2\pi (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

なり。依つて

$$\begin{aligned} \text{平均球面燭光} &= \frac{\Phi}{4\pi} = \frac{\sum I \times 2\pi (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{4\pi} \\ &= \sum I \times \frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{2} \end{aligned}$$

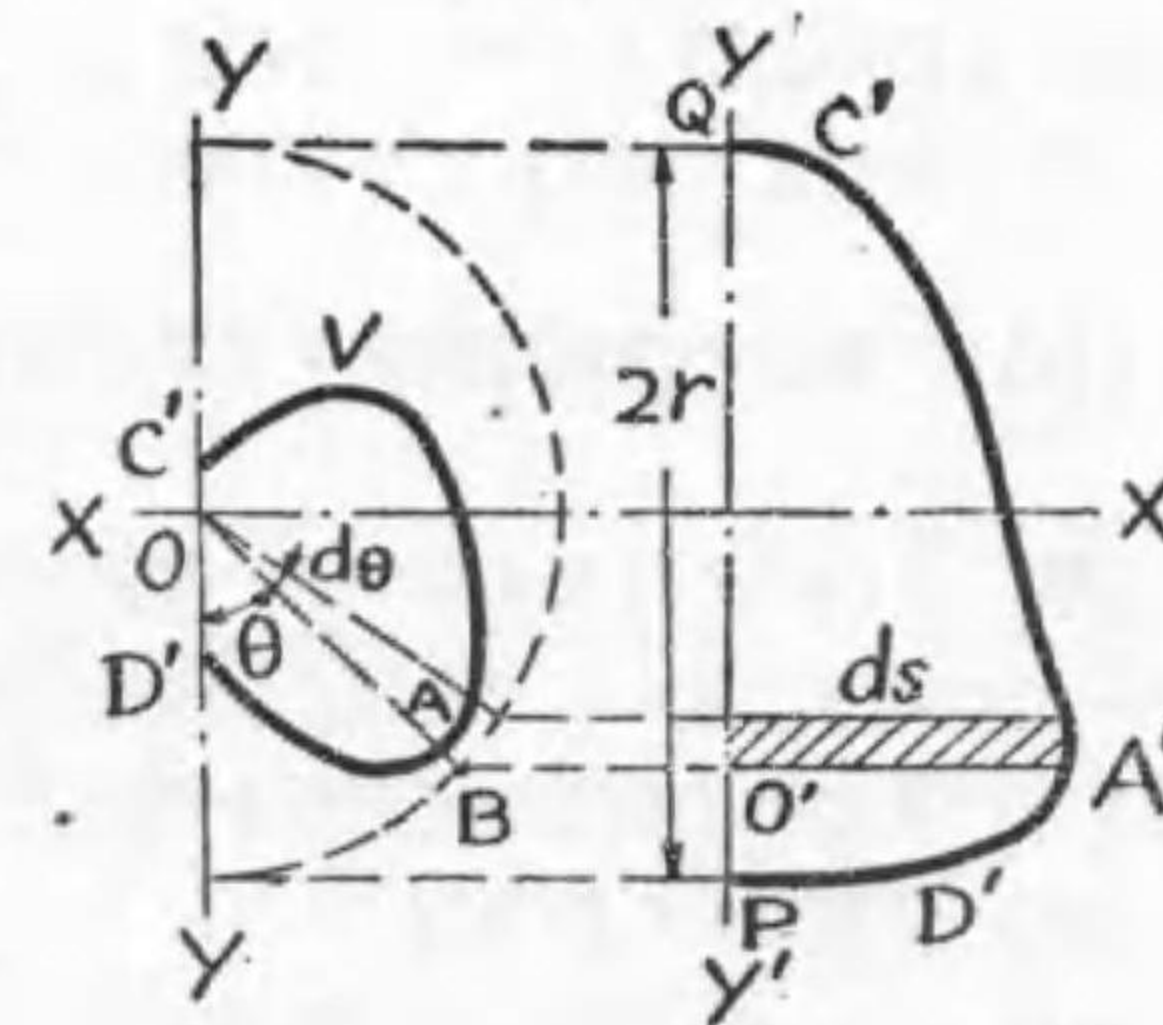
依つて $I_5, I_{15}, \dots, I_{175}$ が $0^\circ - 10^\circ, 10^\circ - 20^\circ, \dots, 170^\circ - 180^\circ$ の各球面帶内に於ける平均光度なりと假定すれば

$$\begin{aligned} \text{平均球面燭光} &= I_5 \frac{\cos 0^\circ - \cos 10^\circ}{2} + I_{15} \frac{\cos 10^\circ - \cos 20^\circ}{2} \\ &+ I_{25} \frac{\cos 20^\circ - \cos 30^\circ}{2} + \dots + I_{175} \frac{\cos 170^\circ - \cos 180^\circ}{2} \end{aligned}$$

(9) 配光曲線(light distribution curve)より平均球面燭光(mean spherical candle power)を見出すルーソー(Rousseau)の方法を記載し之れを證明せよ。
(大正12年I種2)

[解] 光源の平均垂直配光曲線を圖中 V の如しとす。光源 O を中心とし、任意の半徑 r にて半圓を描く。次に YY' と平行なる軸 $Y'Y'$ を取り、Oより任意の半徑 OB を作り、Bより XX' に平行線 BA' を引き、 $O'A'$ を OA と等しくす。Aは OB と V との交點なり。

第 23 圖



同様の方法を繰り返して、 A' の如き点を多数求め、之を接続して $C'A'D'$ の如き曲線を描けば、此の曲線の $Y'Y'$ 上に於ける平均の高さは平均球面燭光を表す。其の理は次の如し。

圖中 $PQCA'D'P$ によつて圍まる Δ 面積を考ふれば、 dS の如き elementary area は次の如く表さる。但し I は軸と角 θ をなす方向の平均光度とす。

$$dS = \overline{AO} d(r \cos \theta) = Ir \sin \theta d\theta$$

故に $PQCA'D'P$ が包む面積 S は

$$S = \int_0^\pi Ir \sin \theta d\theta = r \int_0^\pi I \sin \theta d\theta$$

$$\therefore \text{曲線 } C'A'D' \text{ の平均高さ} = S + 2r = \frac{1}{2} \int_0^\pi I \sin \theta d\theta$$

然るに光源を中心とする半径 r の球面上に於て、光源軸と角 θ をなす方向に在る elementary zone の面積は $2\pi r \sin \theta \times r d\theta$ にして、其の上に投ずる光束は $I \times 2\pi r \sin \theta d\theta$ なるを以つて、光源の平均球面燭光 I_0 は次の如し。

$$I_0 = \frac{\int_0^\pi 2\pi r^2 I \sin \theta d\theta}{4\pi r^2} = \frac{1}{2} \int_0^\pi I \sin \theta d\theta$$

依つて前の曲線 $C'A'D'$ の平均高さは平均球面燭光を表す。斯くして配光曲線より圖式にて平均球面燭光を見出し得べし。

(10) 電燈の平均球面燭光を求むる方法を説明せよ。

(大正1年II級2)

〔解〕 (イ) 球形光束計法 球形光束計(5問参照)を使用すれば一回の測定に依つて平均球面燭光を求め得べしと雖、之を有せざるときは先づ平均垂直配光曲線を求め次の方法に依らざる可らず。

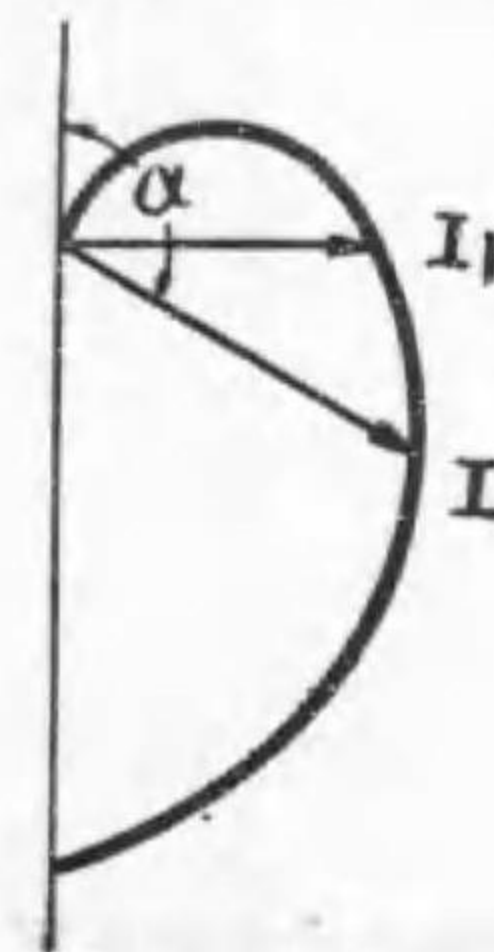
(ロ) 定數法 8問参照。

(ハ) ルーソー氏法 9問参照。

(11) 垂直軸の周圍に對稱的(symmetrical)なる配光曲線を有する發光體あり、其の垂直軸と成す任意の角 α の方向に於ける燭光を I とせば、其の平均球面燭光 I_0 の値を見出せ。但し I の値は α に従つて變ずるものとす。(大正9年II級3)

〔解〕 問題但し書“ I の値は α に従つて變化す”とは一般的

第24圖



解釋に従へば“ I は α の函數なり”との意に過ぎず、然るに問題には其の函數の性質示され居らざれば I_0 を求むるの術なし。然れども以下假りに I は α に正比例し、其の配光曲線は圖の如きものなりとして、 I_0 を求めん。光源を中心とする単位半径の球面上、垂直軸と α 角をなす elementary zone を想像すれば、其の面積は $2\pi \sin \alpha d\alpha$ にして、其の方向に於ける光力を第24圖に示す如く I とすれば、此の elementary zone を貫く光束數は

$$d\phi = I 2\pi \sin \alpha d\alpha$$

今水平燭光を I_h とすれば、假定により I は α に正比例する故、

$$\frac{\alpha}{\frac{\pi}{2}} = \frac{I}{I_h} \quad \therefore I = \frac{2\alpha}{\pi} I_h$$

$$\therefore d\phi = 4I_h \alpha \sin \alpha d\alpha$$

従つて總光束數は

$$\begin{aligned} \phi &= 4I_h \int_0^\pi \alpha \sin \alpha d\alpha = -4I_h \int_0^\pi \alpha d(\cos \alpha) \\ &= -4I_h \left[\alpha \cos \alpha - \int \cos \alpha d\alpha \right]_0^\pi = -4I_h \left[\alpha \cos \alpha - \sin \alpha \right]_0^\pi \\ &= 4I_h \left[\sin \alpha - \alpha \cos \alpha \right]_0^\pi \\ &= 4\pi I_h \end{aligned}$$

$$\therefore I_0 = \frac{\Phi}{4\pi} = I_b$$

〔註〕 本解は I は α に正比例すると假定せるも、今若し $I=f(\alpha)$ なりとせば次の如くして I_0 の一般式を求め得べし、elementary zone を貫く光束数は

$$d\phi = 2\pi \sin \alpha f(\alpha) d\alpha$$

總光束数 Φ は、

$$\Phi = \int_0^\pi 2\pi \sin \alpha f(\alpha) d\alpha$$

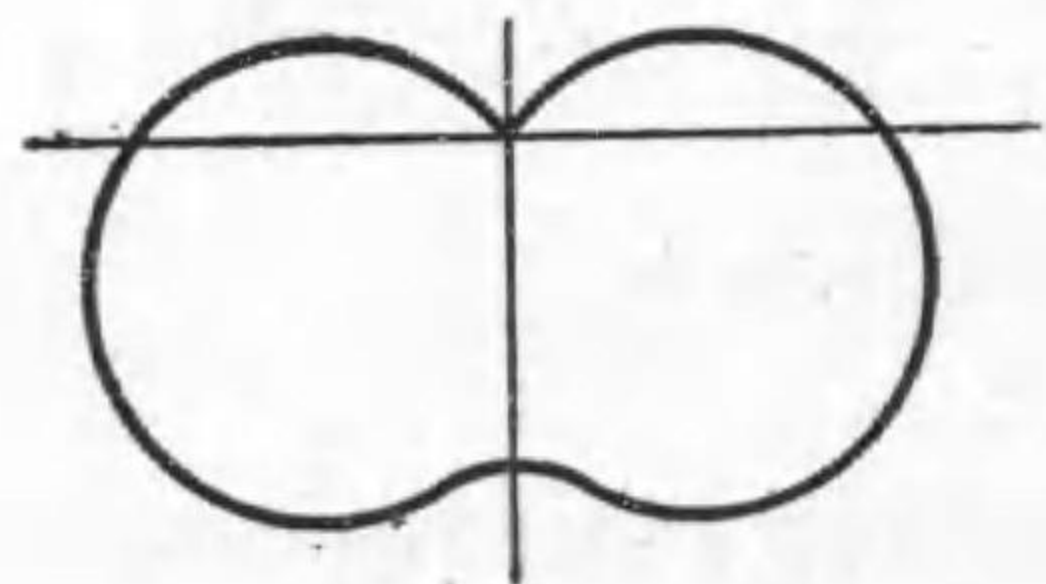
而して平均球面燭光は I_0 は

$$I_0 = \frac{\Phi}{4\pi} = \frac{1}{2} \int_0^\pi \sin \alpha f(\alpha) d\alpha$$

これ求むる一般式なり。

(12) 下圖に示すが如き配光曲線を有する發光體の光束数を算出する一般公式を求めよ。(大正8年III級2)

第 25 圖



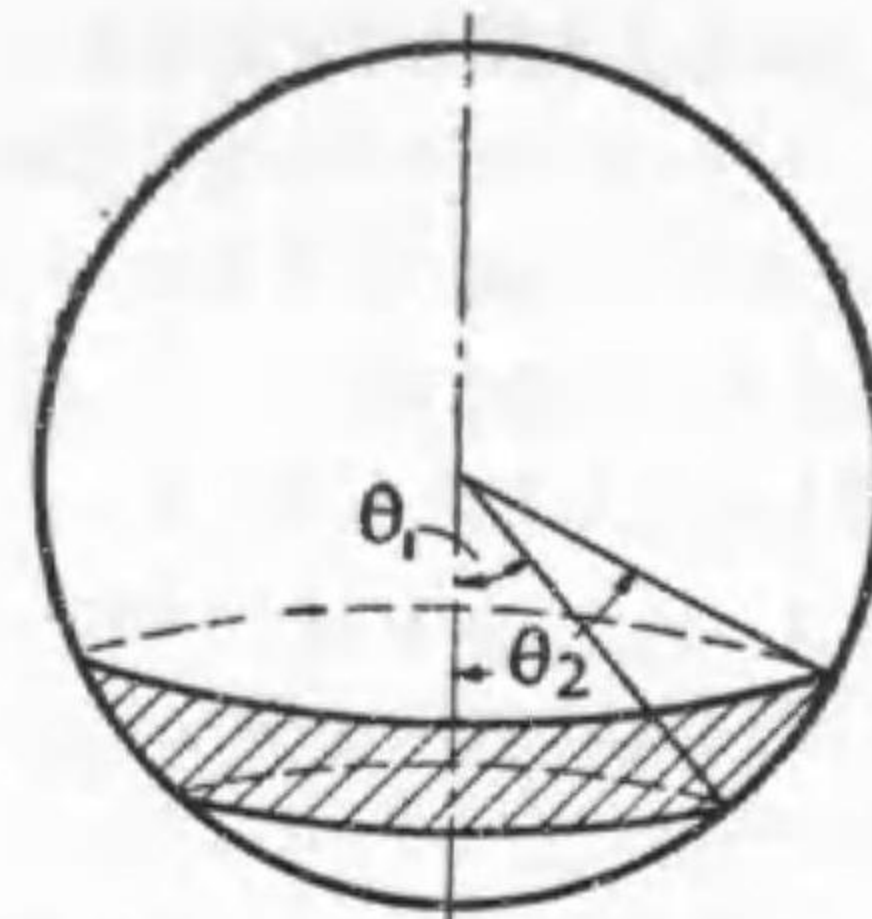
〔解〕 今光源を中心とする單位半徑の球面を描き、垂直軸となす角 θ_1 と θ_2 との間に含まるる球面帯 (elementary zone) を考ふ。然る時は此の球面帯の面積は (第 26 圖参照)

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} 2\pi \sin \theta d\theta = 2\pi(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

なり。故に此の球面帯に於ける光度が一様にして其の値 I なりとせば、此の球面帯を貫く光束数は次の如し。

$$2\pi I(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

第 26 圖



平均垂直面配光曲線を知り、之れより計算に依つて光束の總数を求むるには此の理を基本とするものにして、配光曲線上垂直線と $5^\circ, 15^\circ, 25^\circ, \dots, 175^\circ$ に於ける光度 $I, I_{15}, I_{25}, \dots, I_{175}$ を求め、之等の値を $0^\circ-10^\circ, 10^\circ-20^\circ, 20^\circ-30^\circ, \dots, 170^\circ-180^\circ$ の各球面帯内に於ける光力なりと假定して次の式より光束数を求むるものなり。

$$\Phi = 2\pi [I_0(\cos 0^\circ - \cos 10^\circ) + I_{15}(\cos 10^\circ - \cos 20^\circ) + I_{25}(\cos 20^\circ - \cos 30^\circ) + \dots + I_{175}(\cos 170^\circ - \cos 180^\circ)]$$

〔註〕 此の場合配光曲線を圓形と考へれば第八章第2問と同様の方法で光束の値が求められない事はないが、III級でもあり、時間の關係で困難だから斯く答へて置いた。

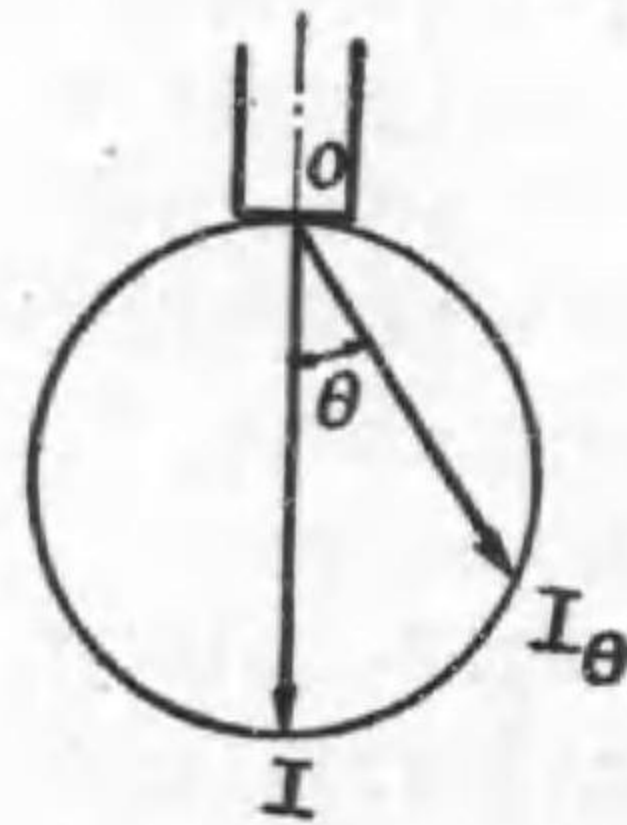
第八章 有面光源

(1) 圖の如き圓筒形炭素棒あり其の底面 A のみより均一の輝度 (uniform brightness) を以て發光するものとす。此の場合に於て其の配光曲線 (light distribution curve) を畫き且つ總光束數 (total light flux) を算出せよ。但し最大光度は 1 燭とす。

(大正 5 年 I 級 3)

〔解〕 光源は圓形平面にして均一の輝度を有するものなるが故、最大光度は光源の中心に於ける光

第 28 圖



源面に垂直なる OI の方向なること明かなり。而して此の最大光度の方向と θ なる角をなす任意の方向に於ける光度は

$$I_{\theta} = I \cos \theta$$

故に任意の垂直面内に於ける配光曲線は圖の如く、OI を直径とする圓形なり。

次に總光束を計算せむ。今光源の中心 O 點を中心とする單位半徑の球面を想像せよ。而して中心 O に於て、最大光度の方向

と θ なる角をなす半徑の一端を含み、且つ此の最大光度の方向と直角なる極めて薄き球面帶を考へむ。此の球面帶の曲面積は上の假定に依り $2\pi \sin \theta d\theta$ にて表はさる。故に此の球面帶の曲面上の光束は

$$d\phi = 2\pi I \cos \theta \sin \theta d\theta$$

故に全光束は

$$\Phi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\phi = \pi I \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2 \cos \theta \sin \theta d\theta$$

第 27 圖



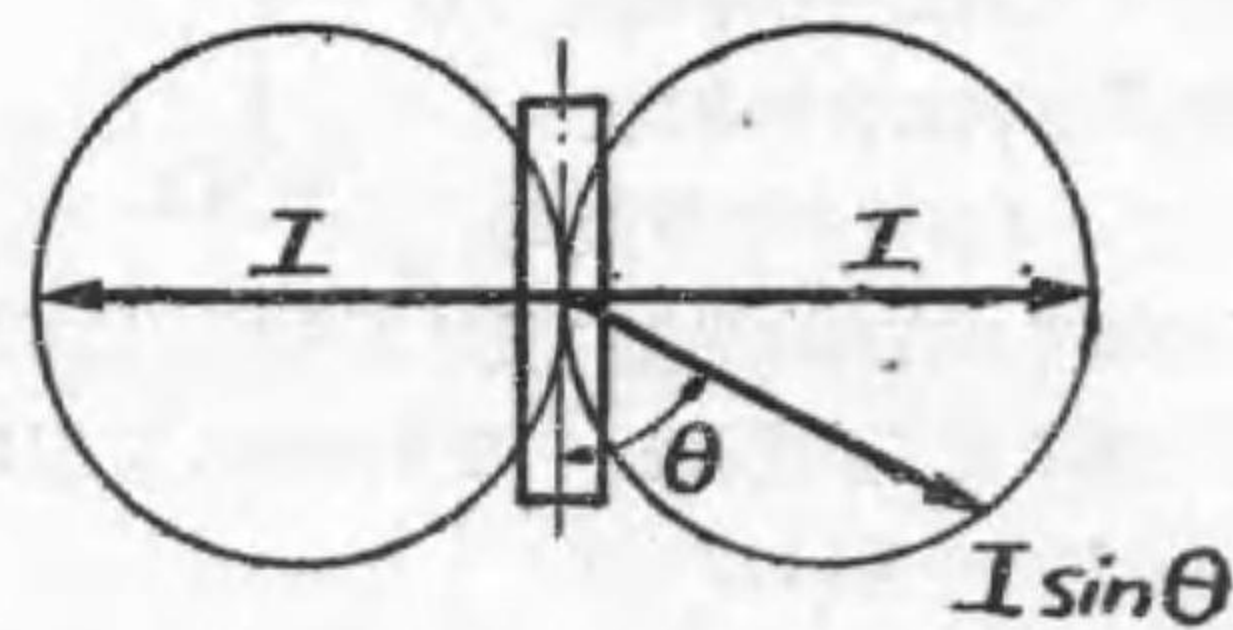
$$\begin{aligned} &= \pi I \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin 2\theta d\theta \\ &= -\frac{\pi}{2} I \left[\cos 2\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} \\ &= \pi I \text{ ルーメン} \end{aligned}$$

(2) 圖の如き圓筒形の發光體あり、其の圓筒面のみより均一輝度 (uniform brightness) を以て發光するものとす。此の場合に於ける配光曲線を書き且つ總光束數を算出せよ。但し最大光度は 1 燭光とす。

(大正 7 年 II 級 3)

〔解〕 此の場合光度最大の方向は發光體たる圓筒の軸と直角の方向たるべきは明かなり。而して圓筒軸を含む任意の平面内に於て此の圓筒軸の方向と θ なる角をなす方向の光度は水平方向の光度即ち最大光度に $\cos(90^\circ - \theta)$ 即ち $\sin \theta$ を乗じたるものに等し。故に此の場合の平均垂直面配光曲線は第 30 圖の如き直径が最大光度 I を表はす二個の圓形となる。

第 30 圖



次に此の場合に於ける總光束數を求めんに、今光源を中心とする單位半徑の球面を考ふれば此の球面上垂直軸と θ なる角をなす中心角 $d\theta$ なる極小球面帶の面積は $2\pi \sin \theta d\theta$ にして、此の球面帶上の

光度は $I \sin \theta$ なり。故に此の球面帯を通過する光束数は

$$d\phi = 2\pi I \sin^2 \theta d\theta$$

故に求むる總光束数は

$$\begin{aligned} \Phi &= 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\phi \\ &= 4\pi I \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \theta d\theta \\ &= 4\pi I \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{2}(1 - \cos 2\theta) d\theta \\ &= 2\pi I \left[\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} \\ &= \pi^2 I \end{aligned}$$

(3) 右圖に示すが如き圓柱發光體 S あり、圓筒面及び底面より夫々均一の輝度を以て發光す。水平の方向に於ける燭光 173、直下の方向に於ける燭光 100 なり、最大燭光及び其の方向を求む。

(大正 8 年 II 級 2)

〔解〕 最大燭光の方向は光源に於ける水平面以下なる事明かなり。而して光源に於て垂直軸と θ なる方向の燭光は

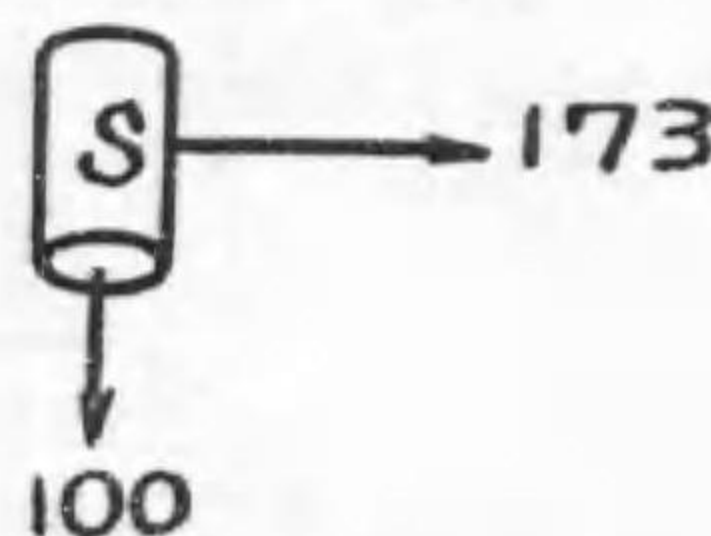
$$I = 100 \cos \theta + 173 \sin \theta$$

故に此の値が最大なる爲めには

$$\frac{dI}{d\theta} = -100 \sin \theta + 173 \cos \theta = 0$$

$$\therefore \theta = \arctan 1.73 = 60^\circ$$

第 31 圖



$$\text{従つて} \quad \sin \theta = \frac{1.73}{2} \quad \cos \theta = \frac{1}{2}$$

故に最大燭光の方向は垂直軸と 60° の方向にして、其の値は

$$I_m = 100 \times \frac{1}{2} + 173 \times \frac{1.73}{2} = 200 \text{ 燭光}$$

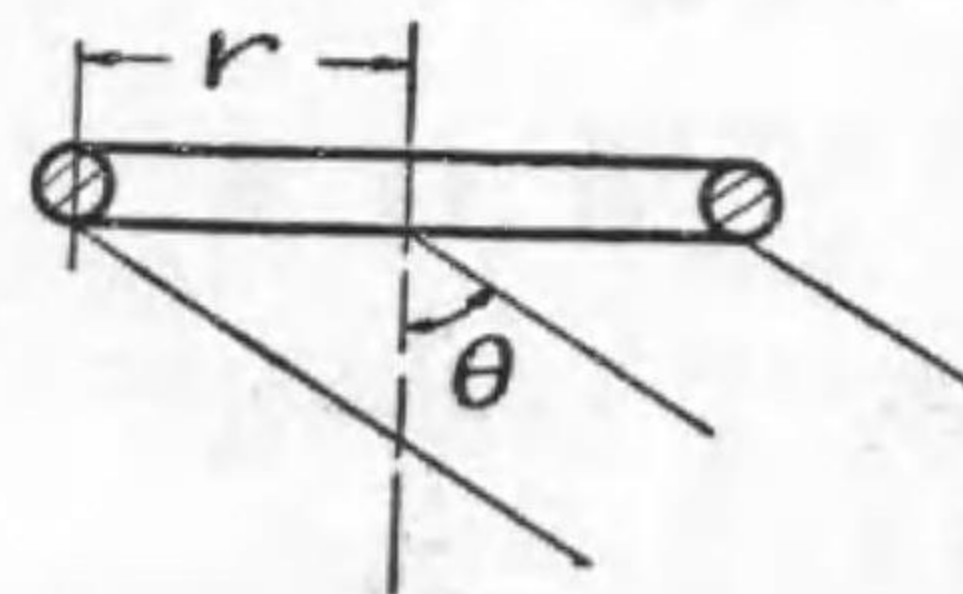
(4) 均一の輝度 (uniform brightness)

を以て輻射する圓の如き環狀發光體あり、燭光の最高なる方向と最低なる方向を示し且つ其の比を求めよ、但し d は r に比し甚だ小なるものとす。(大正 5 年 II 級 3)

〔解〕 與へられたる如き環狀發光體の單位長當りの光度は $\frac{bd}{\pi}$ なり。但し b は光源の固有輝度なり。如何となれば圓筒形狀の發光體より發する總光束数は $\pi^2 I$ (第二問参照)、而して $b = \frac{\pi^2 I}{\pi dl} = \frac{\pi I}{dl}$ (l は環の全周)

$$\therefore I = \frac{bd}{\pi} l \quad \therefore \text{單位長當りは} \quad I' = \frac{bd}{\pi}$$

第 33 圖

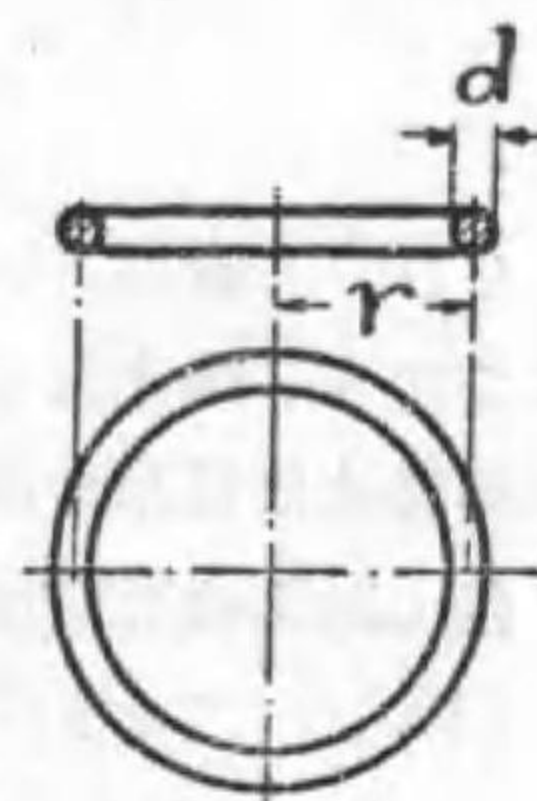


次に如何なる方向に燭光最大なるやを考へんに、第 33 圖に於て $\theta = 0$ の方向即ち發光環を含む平面に垂直なる方向に於て最大なるは明かにして、其の大きさ I_0 は $I_0 = 2\pi r \frac{bd}{\pi} = 2rbd$ なり。

光度最小の方向は $\theta = 90^\circ$ の方向、即發光環を含む平面に於て最小にして、この場合利用し得る發光環の長さは環の直徑なり。故に今この方向の燭光を I_0' とせば

$$I_0' = 2r \frac{bd}{\pi}$$

第 32 圖



$$\therefore \frac{I_n}{I_0} = \frac{2rbd\pi}{2rbd} = \pi$$

〔特解〕 任意方向の光度は發光環を其の方向に垂直なる面上に project せる面積に正比例して變化す。依つて最大光度 I_{max} は發光環に垂直なる方向へ生じ、最小光度 I_{min} は發光環を含む平面に於て生じ、兩者の比は

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{2\pi r}{2r} = \pi$$

(5) 直徑 18 釐の外球(globe)を使用して平均輝度 1 平方燭につき 0.3 燭光なる電燈を設けんとす。其の透過率を 0.9 とすれば此の場合に使用すべき電球の平均水平燭光は何程なるか。

但し球面換算率は 0.8 なりとす。(大正 15 年 II 種 3)

〔解〕 二次光源としての外球の任意の方向に於ける光度は

$$\pi \times \left(\frac{18}{2}\right)^2 \times 0.3 = \pi \times 9^2 \times 0.3 \text{ 燭}$$

故に外球内に使用すべき電球の平均球面燭光は

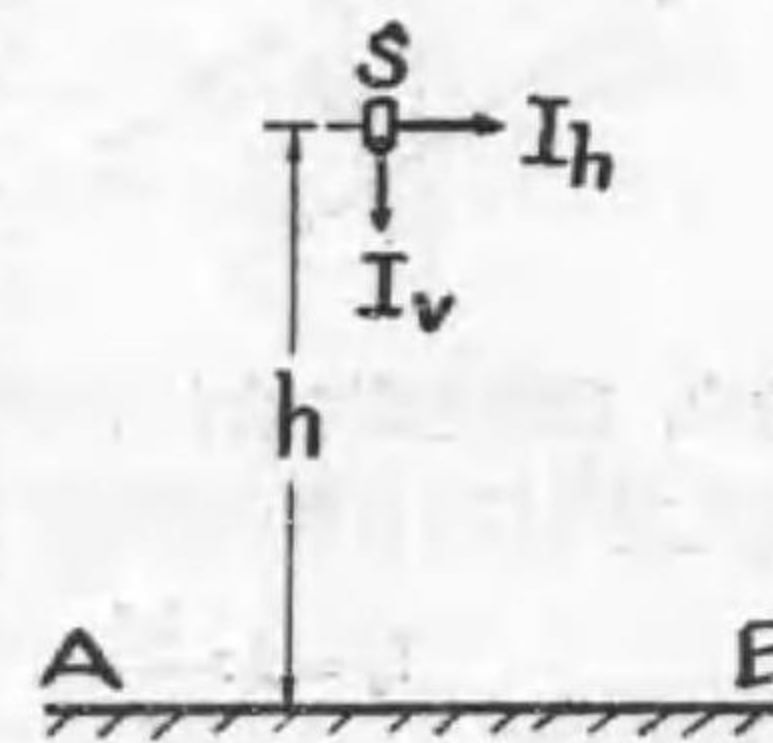
$$\pi \times 9^2 \times 0.3 \div 0.9 \text{ 燭}$$

従つて所求の平均水平燭光は

$$(\pi \times 9^2 \times 0.3 \div 0.9) \div 0.8 = 106 \text{ 燭}$$

但し標準定格によつて銘記燭光数が 100 燭なる電球を選ぶものとす。

(6) 右圖に示すが如き被照面 A B より h の高さにある圓柱發光體 S あり、圓筒及び底面より夫々均一の輝度を以て發光す。今水平方向に於ける燭光を I_h とし、直下の方向に於ける燭光を I_v とす。此の場合垂直軸と如何



第 34 圖

なる角度に於て AB 面上に最大水平照度を與ふるや。

(大正 8 年 I 級 3)

〔解〕 此の場合垂直軸と θ なる角度にて下方に向ふ燭光を I_θ とすれば

$$I_\theta = I_v \cos \theta + I_h \sin \theta \dots\dots\dots(1)$$

なり。従つて此の方向に於ける AB 面上の水平照度は

$$E = \frac{I_v \cos \theta + I_h \sin \theta}{h^2} \cos^2 \theta$$

此の値が最大となる爲めには

$$\frac{dE}{d\theta} = \frac{-4 I_v \cos^3 \theta \sin \theta + I_h (\cos^4 \theta - 3 \sin^2 \theta \cos^2 \theta)}{h^2} = 0$$

$$4 I_v \cos \theta \sin \theta = I_h (\cos^2 \theta - 3 \sin^2 \theta)$$

$$4 \frac{I_v}{I_h} = \frac{1}{\tan \theta} - 3 \tan \theta = \frac{1 - 3 \tan^2 \theta}{\tan \theta}$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{-2 I_v \pm \sqrt{4 I_v^2 + 3 I_h^2}}{3 I_h}$$

然るに (1) 式の成り立ちより θ は 90 度より小なる正の角ならざるべからざるに依り、問題に適する $\tan \theta$ の値は

$$\tan \theta = \frac{\sqrt{4 I_v^2 + 3 I_h^2} - 2 I_v}{3 I_h}$$

なり。而して E の値は常に正にして、且つ $\theta = 90^\circ$ に於て $E = 0$ なる事より、 $\tan \theta$ が上式の値の時の極限值は即ち最大なるべき事を直に解する事を得。即ち AB 面上の水平照度は、垂直軸と

$$\theta = \arctan \frac{\sqrt{4 I_v^2 + 3 I_h^2} - 2 I_v}{3 I_h}$$

なる方向に於て最大なり。

第九章 水 平 照 度

(1) 各方向に均一なる配光を有する 1 燭光の光源を圖の如く装置し水平距離 a が一定なる場合に P 點に於て最大水平照度を與ふる光源の高さの値は幾何。

(大正 7 年 III 級 3)

[解] P 點に於ける水平照度を E_h とし、 θ を鉛直線と IP の挟む角とせば

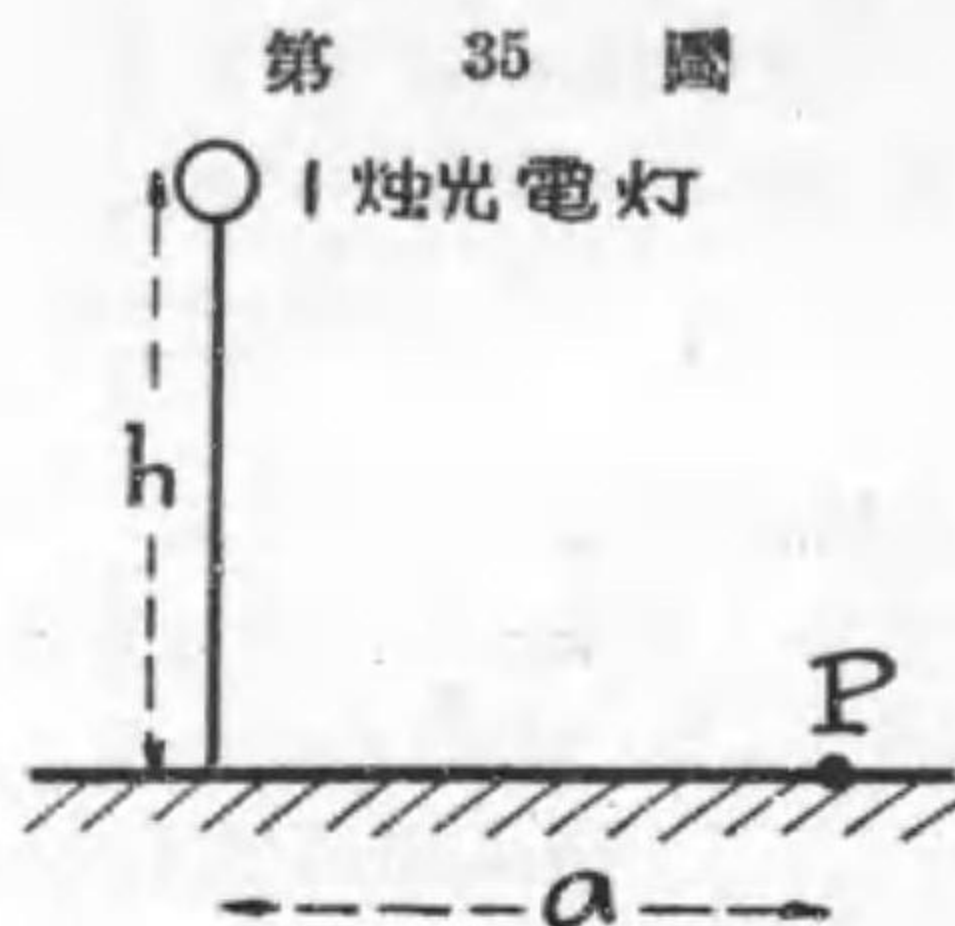
$$E_h = I \frac{\cos \theta}{(a^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} = I \frac{h}{(a^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$$

上式を高さに就て微分し、其の値を零に等しと置きたる場合に求めたる h は E_h の最大値なり。即ち下の如くにして所要の高さを算出し得べし。

$$\begin{aligned} \frac{d}{dh} \left[h(a^2 + h^2)^{-\frac{3}{2}} \right] \\ = (a^2 + h^2)^{-\frac{3}{2}} - 3h^2(a^2 + h^2)^{-\frac{5}{2}} = 0 \\ a^2 + h^2 - 3h^2 = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore h = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

(2) 與へられたる配光曲線 (light distribution curve) を有する一光源より得らるべき水平照度を見出し且つ水平照度曲線 (horizontal illumination curve) を畫く方法を述べよ。(大正 4 年 III 級 3)



第 35 圖

[解] 第 36 圖の如く與へられたる水平面 AB 上 l_0 の高さに與へられたる光源 L ありとす。

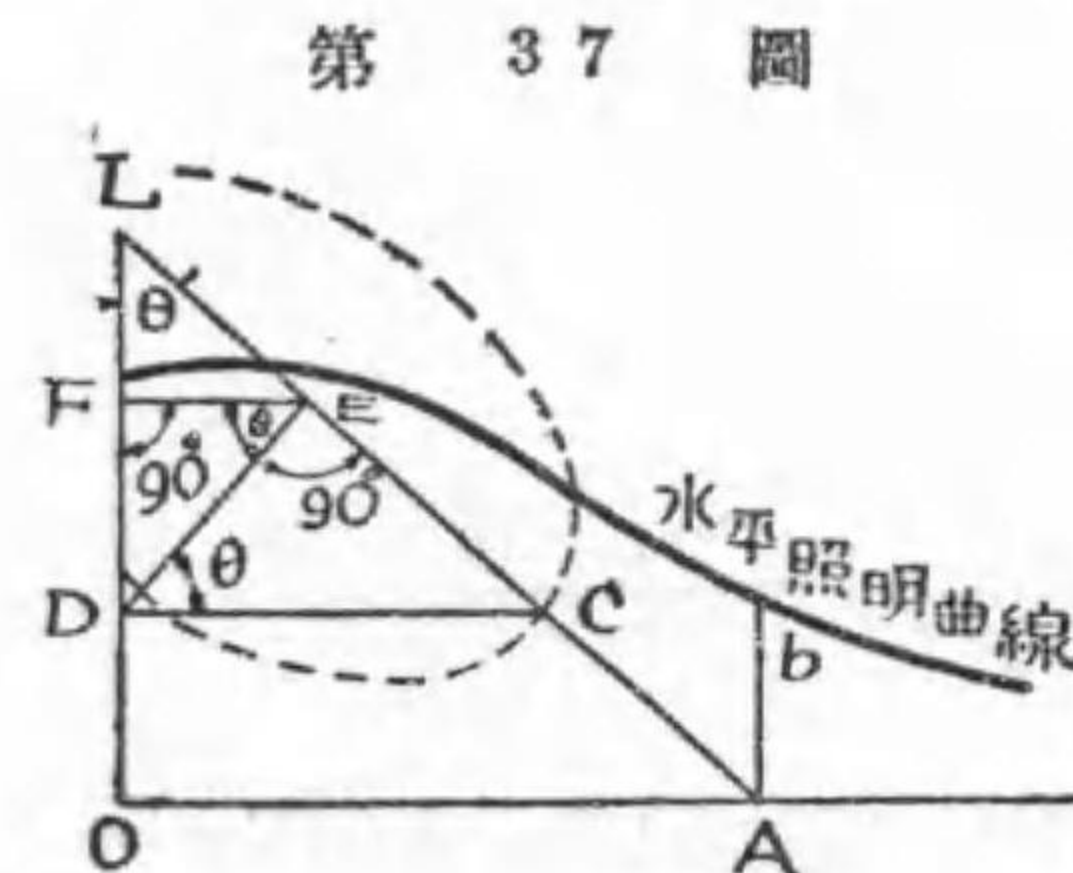
LA の方向に於ける光源の光度を I とすれば A に於ける全照度 (total intensity of illumination) は

$$\frac{I}{AL^2} = \frac{I \cos^2 \theta}{l_0^2}$$

然る時は AB 面上の任意の點 A に於ける水平照度は次の (1) 式にて表はさる。

$$E_h = \frac{I \cos^3 \theta}{l_0^2} \dots \dots \dots (1)$$

以下與へられる配光曲線より、圖式によつて水平照度曲線を見出す法を説明せむ。

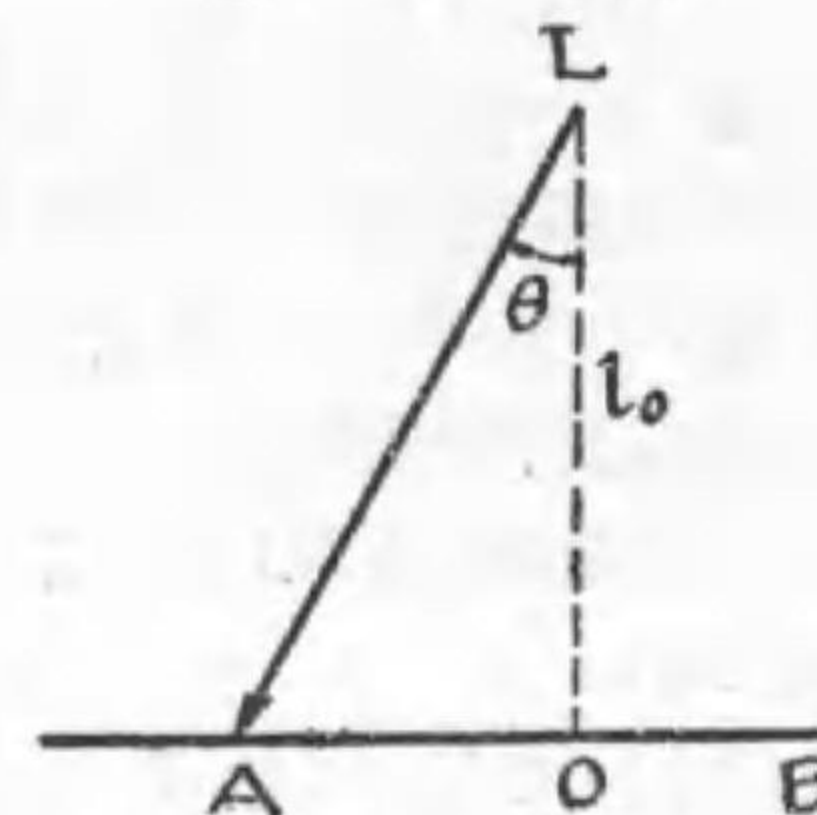


第 37 圖

與へられたる光源 L の與へられたる垂直面内に於ける配光曲線を第 37 圖の點線にて示したる如きものとす。今此の垂直面に於て與へられたる水平面内の任意の點 A に於ける水平照度は次の如くにして求めらる。 AL を結び、 AL と配光曲線と交る點を C とす。 C より水平線 CD を作り、 L よりの垂直線 LO と交る點を D とす。 D より AL に垂線 DE を作り、 E より水平線 EF を作る。然る時は明かに $LF = LC \cos^3 \theta$ なり。

然るに LC は LA の方向の光度なるにより、 $LF = I \cos^3 \theta$ なり。故に LF を水平面上の高さ l_0 の自乗にて割れば (1) 式に示したる E_h となる。圖に於ける bA 是れなり。同様の方法を多くの點に於

第 36 圖



て繰り返せば、容易に水平照度曲線を見出し得べし。

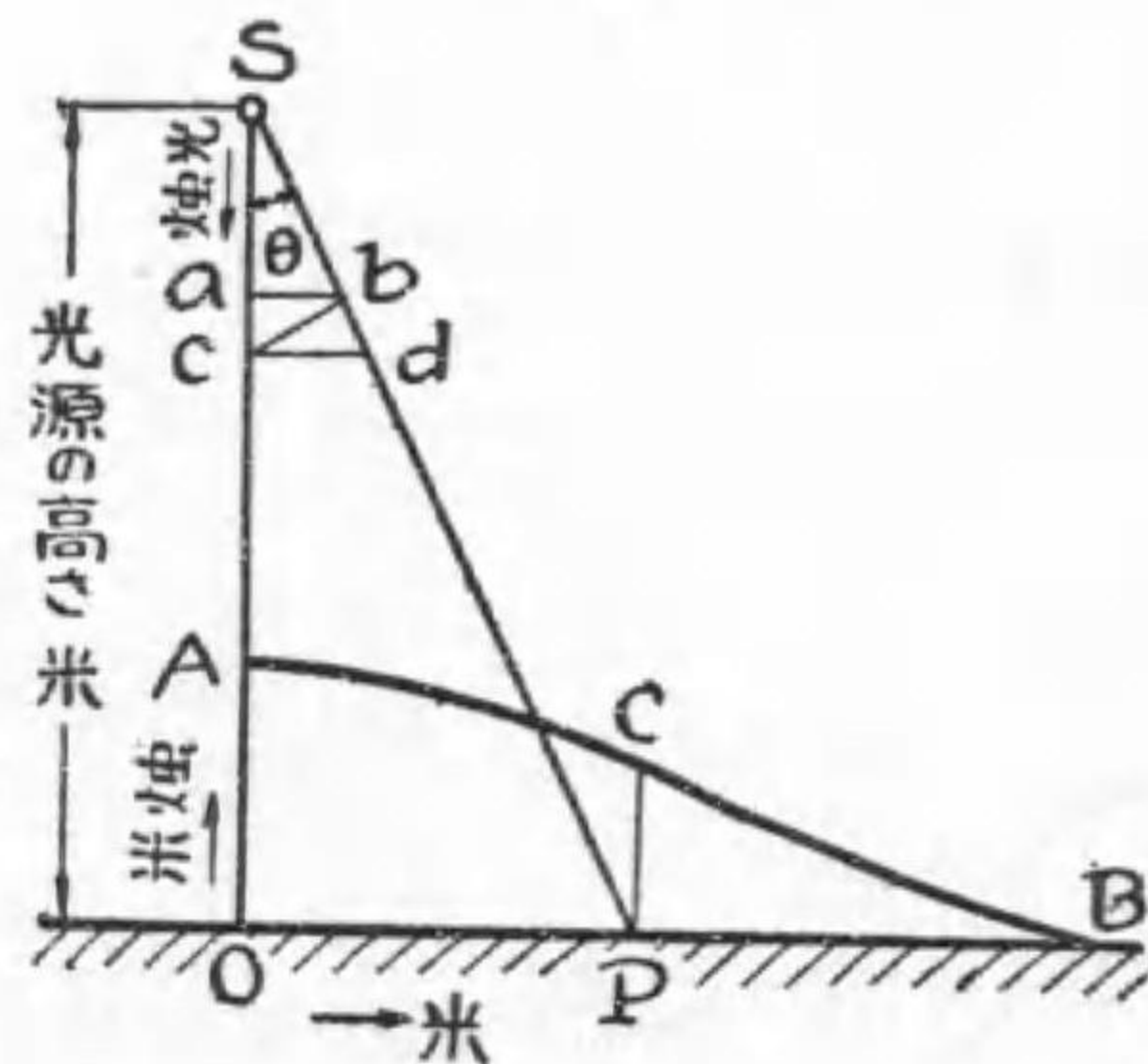
(3) 一光源より得たる水平照度曲線を用ひ圖式的に配光曲線
を求むる方法を述べ且つ之を證せよ。(大正14年II種I)

[解] 第38圖 AB を一光源 S より得たる水平照度曲線とし、
O は光源直下の點とす。

先づ光源の被照面上の高さに相當する距離 OS を O の垂直線上
に取る。

被照面上の任意の點 P の方向の光度を圖式的に求むるには、P

第 38 圖



より垂直線を立て AB 曲線と C 點にて交はらしむ。次に $\overline{PC} \times \overline{SO}^2$
にて表はさるゝ點を光度を表はす尺度にて SO 線上に取り、此の長
さを Sa とす。a より SO に垂直に ab を引き、SP 線との交點 b
より又 SP に垂直に bc 線を引き、SO 線との交點 c より又 SO に
垂直に cd 線を引き、SP 線との交點を d とすれば、Sd は SP 方向
の光度を示す。故に斯くの如くして各方向の光度を求むれば所要の
配光曲線を得。

次に Sd が SP 方向の光度を表はす事を證せん。

此の爲めには $\overline{PC} = \frac{\overline{Sd} \cos^3 \theta}{\overline{SO}^2}$

なる式が成立する事を證すれば可なり。

圖法より $\overline{Sa} = \overline{Sb} \cos \theta = \overline{Sc} \cos^2 \theta = \overline{Sd} \cos^3 \theta$

$$\therefore \overline{PC} \times \overline{SO}^2 = \overline{Sd} \cos^3 \theta$$

$$\therefore \overline{PC} = \frac{\overline{Sd} \cos^3 \theta}{\overline{SO}^2}$$

(4) 右圖に示す如き

二個の電燈 A 及び B あり

其の被照面上 CD 間の照

明を均等ならしめんとす。

此の場合に於て配光曲線

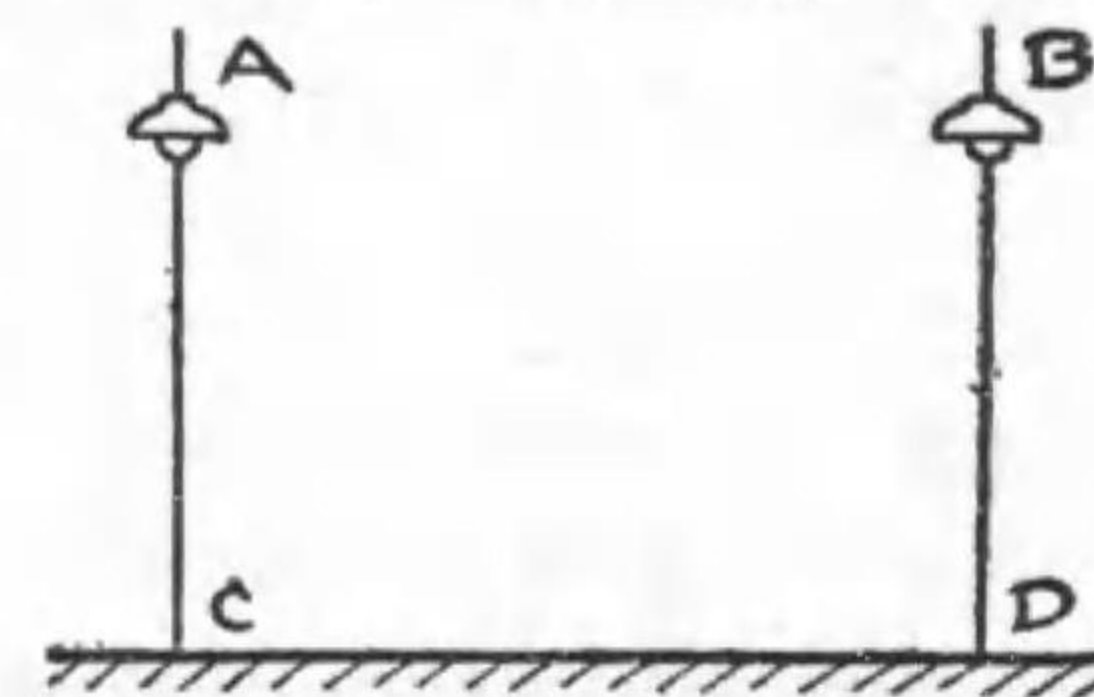
を求むる方法を述べよ。

(大正8年III級3)

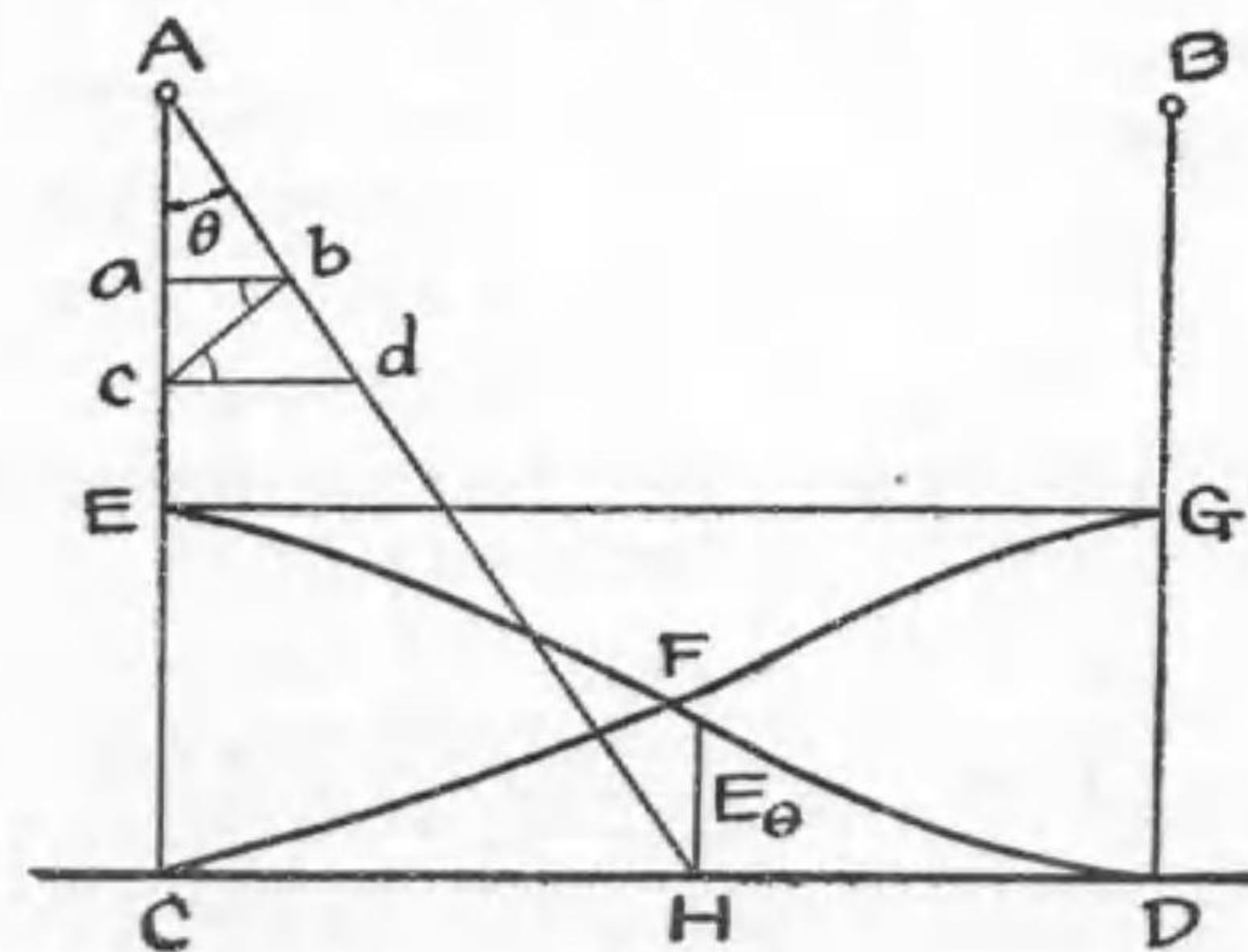
[解] CD 間に於ける

各電球の單獨に與ふる照度曲線を假定す、但しその任意の點の和は

第 39 圖



第 40 圖



常に一定なるものとす。之れを EFD 及び GFC とす。然らば A 及び B 電球には夫々茲に假定されたる水平照度 EFD 及び GFC を與ふる如き配光曲線を有せしめざるべからず。A 電球の垂直軸より θ なる方向に於ける A 電球のみに依る水平照度を E_θ 米燭とし、電球の床上の高さを h 米とす。 $h^2 E_\theta$ に等しく Aa を取り ab を AC に垂直に、bc を AH に垂直に、cd を AC に垂直に引く。然らば Ad は AH の方向に向ふ A 電球の所要の燭光數 I_θ を表はす。(前問参照)

斯の如き手数を他の數多の方向に於て繰返す時には電球の所要の配光曲線を見出す事を得べし。

(5) 被照面 P より h の高さにある光源 L が、被照面上の全照度 (total illumination) を均等ならしむべき配光曲線と與ふる關係式を求め、次て之れが略圖を描け。(大正 10 年 II 種 1)

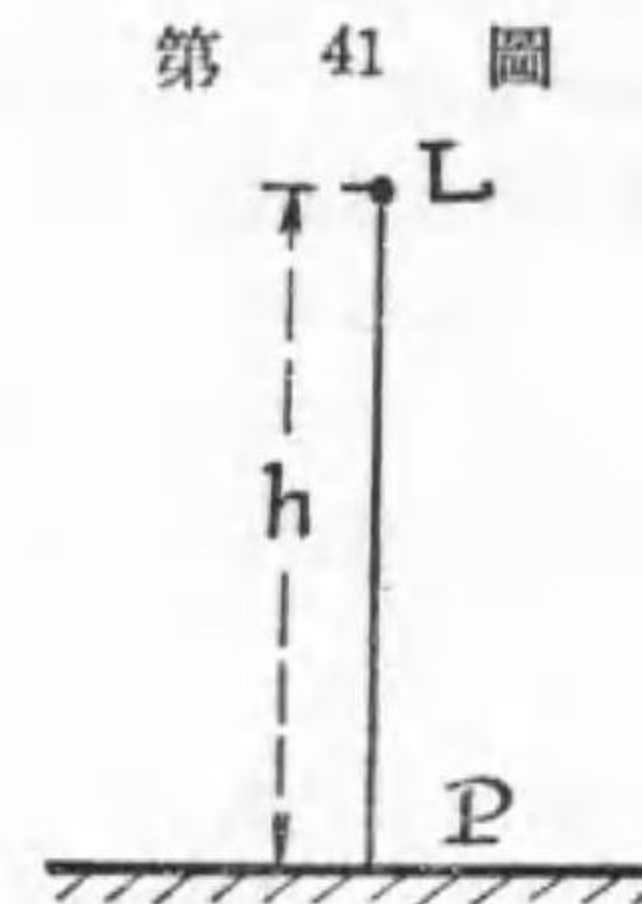
[解] L を通過する鉛直線と任意の角 θ をなす方向に向ふ光源の光の強さを I とすれば、其の方向に於ける被照面上の全照度 E は

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^2 \theta$$

$$I = Eh^2 \sec^2 \theta$$

之れ原點を光源とせる場合に於ける光源の配光曲線を示す式なり。而して

$\theta = 0;$	$\sec \theta = 1;$	$I = Eh^2$
$\theta = 30^\circ;$	$\sec \theta = \frac{2}{\sqrt{3}};$	$I = \frac{4}{3} Eh^2$
$\theta = 45^\circ;$	$\sec \theta = \sqrt{2};$	$I = 2Eh^2$

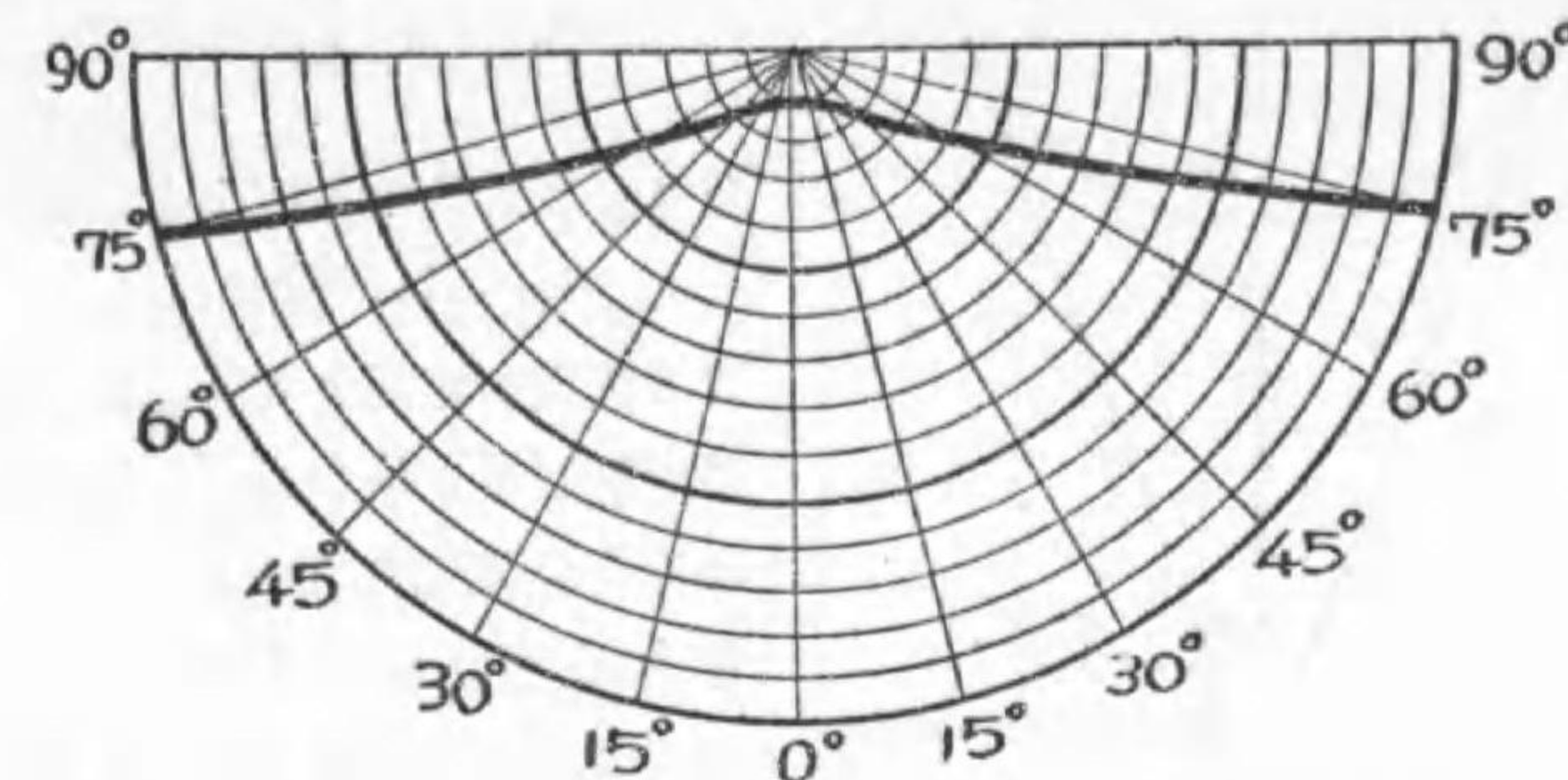


第 41 圖

$\theta = 60^\circ;$	$\sec \theta = 2;$	$I = 4Eh^2$
$\theta = 90^\circ;$	$\sec \theta = \infty;$	$I = \infty$

故に上式の示す曲線即ち所要の配光曲線の形は大略次圖の如し。

第 42 圖

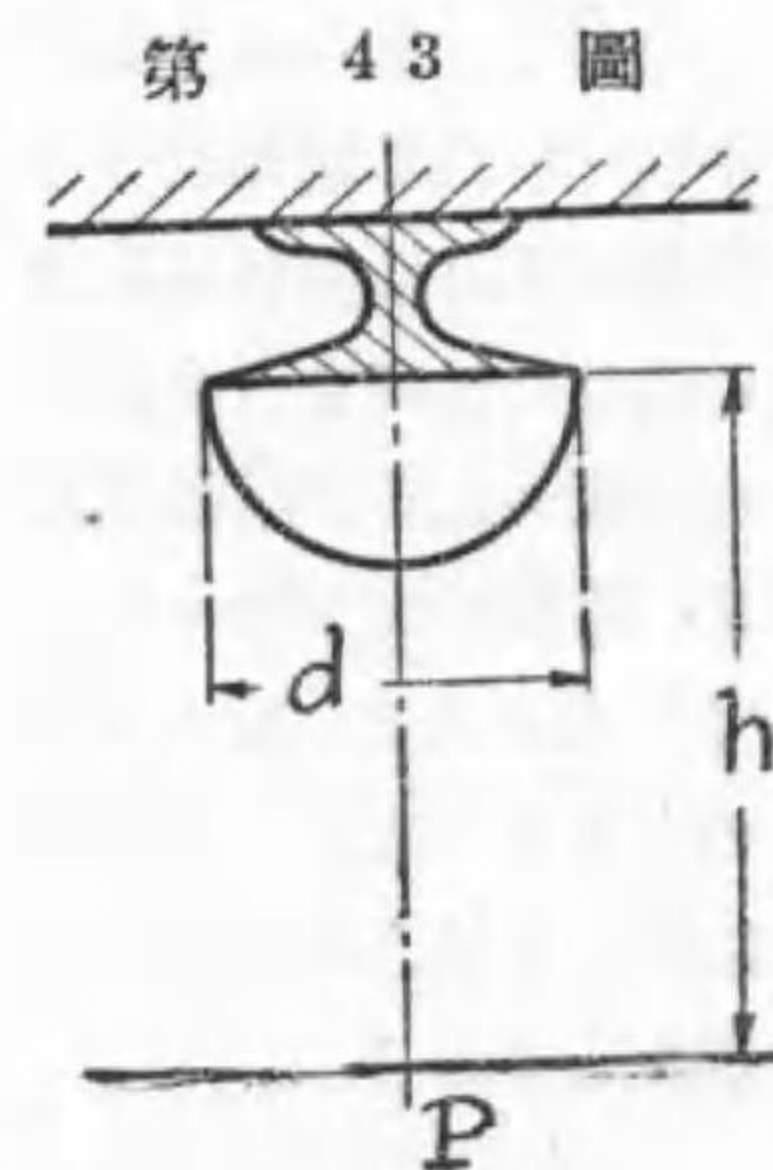


(6) 底面水平にして直径 d なる半球面形の光源あり、其の表面の輝きは一樣にして其の値 b なりとす。球の中心より垂直に h の距離にある水平面 P に於ける水平照度を計算せよ。但し d は h に比し相當の値を有するものとす。(大正 10 年 I 種 2)

(7) 右圖の如き直径 d なる半球形乳色硝子の電燈器具あり、其の頂面は水平反射面を有し其の位置は床上 h の高さにありて硝子球の表面の輝き (brightness) b なりとす、器具の中心線の直下床上 P 點に於ける水平照度を計算せよ。

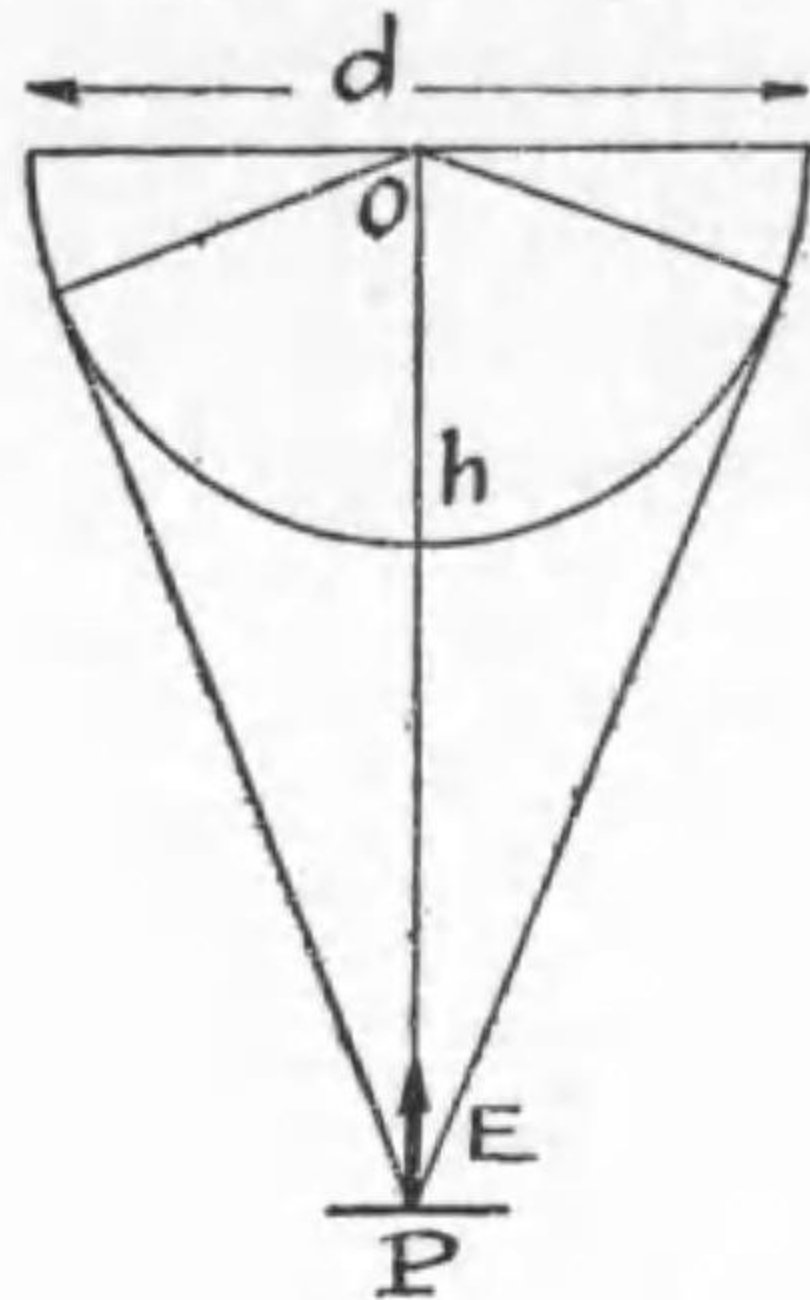
但し天井及び壁の反射を無視し、器具の直径 d は高さ h に比して相當なる値を有するものとす。

(大正 13 年 I 種 2)



第 43 圖

〔解〕 P 點の照度は外球と同一輝度の完全なる球形發光體に依ると同様なり。今此の輝度を b とせば、此の場合の光度は各方向一様にして其の値は



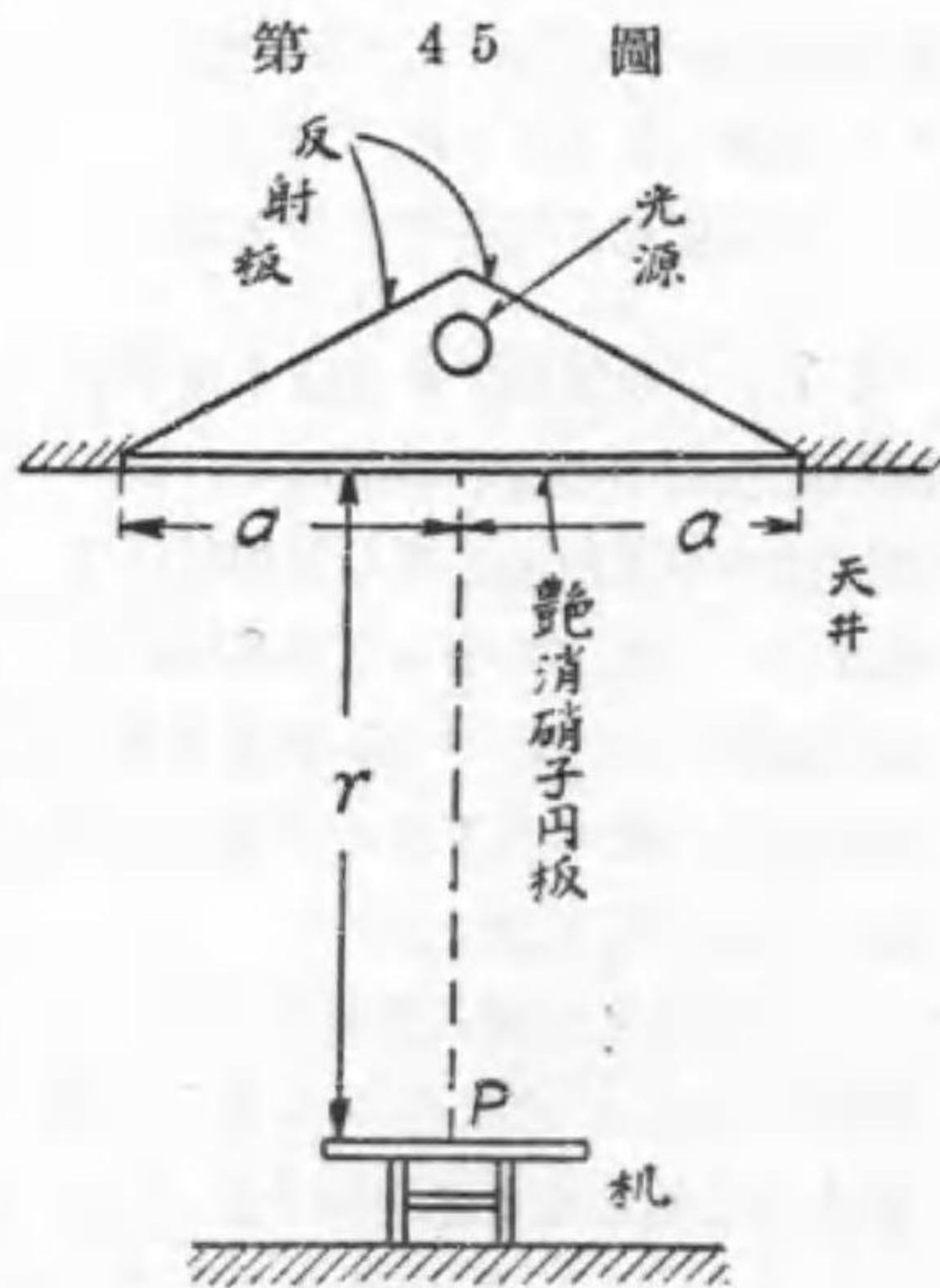
$$I = \frac{\pi}{4} d^2 b$$

$$\Phi = 4\pi I = \pi^2 d^2 b$$

$$E = \frac{\Phi}{4\pi h^2} = \frac{\pi^2 d^2 b}{4\pi h^2} = \frac{\pi d^2 b}{4h^2}$$

(8) 圖に示す如く半徑 a なる艶消硝子平圓板を天井に嵌め込み其の内部に光源を置き反射板を備へたる照明装置あり、圓板の輝度均一にして b なりとす、此の圓板の中心より直下 r の距離に於ける机上の一點 P の照度を求めよ。

(大正 15 年 I 種 1)



なり。故に此の球面よりは總數なる光束が球面より各方向一様に輻射さる。依つて P 點に於ける全照度即ち光束密度は、 Φ を h を半徑とする球の面積を以つて除したる値に等し。即ち求むる P 點の全照度は

第 45 圖

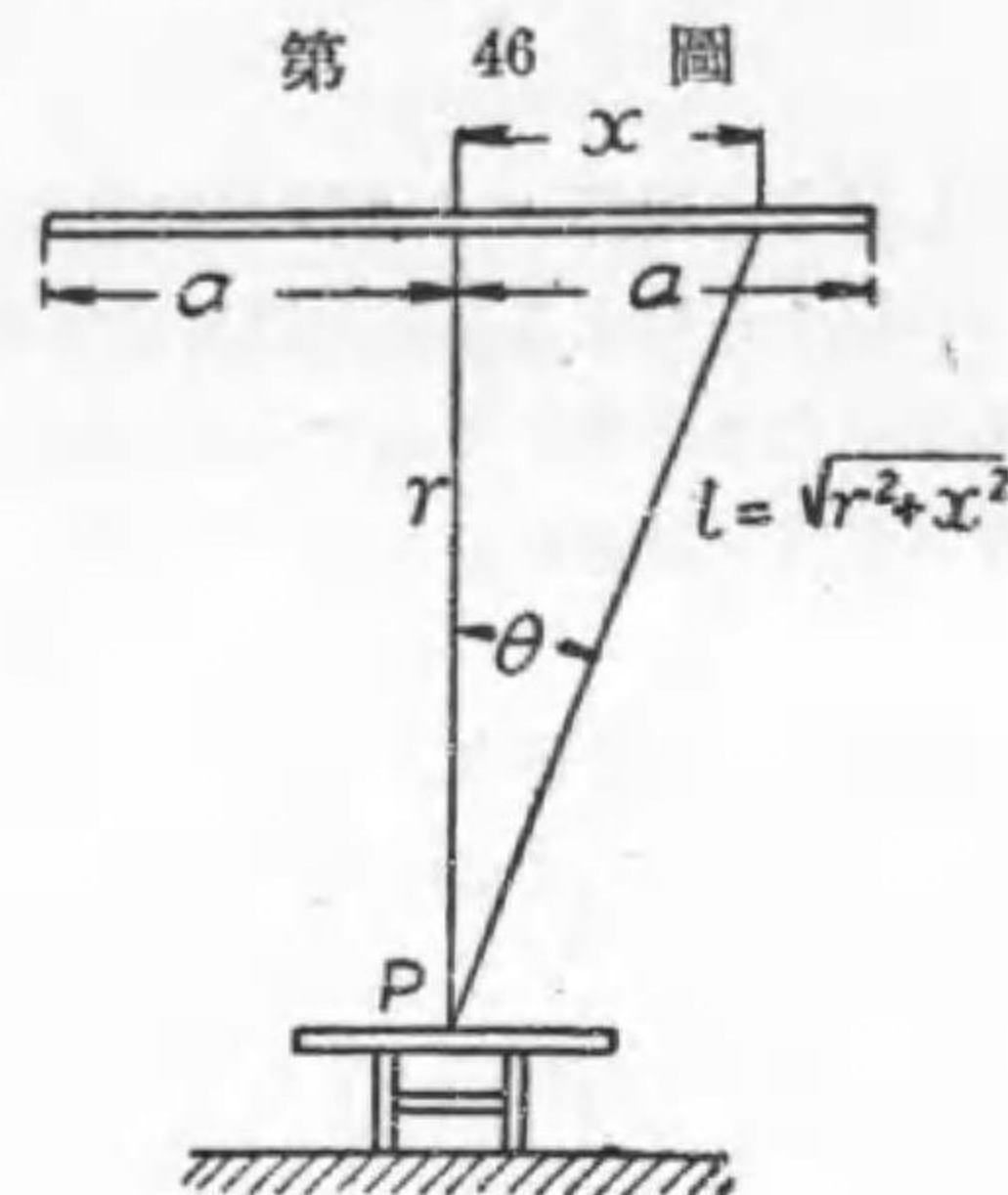
〔解〕 本問の場合に於ては室の周壁は P 點より相當距離居ることは勿論なれば、周壁の反射光線は之れを閉却し、光源よりの直接光のみに就て P 點の照度を求むることを得べし。

今光源内に半徑 x なる elementary circular zone を考ふれば

其の面積は

$$(dA) = 2\pi x dx$$

にして、之れに依る P 點に於ける照度(水平照度)は



$$dE = \frac{b(dA)\cos\theta}{l^2} \cos\theta$$

$$= 2\pi br^2 \frac{x dx}{(r^2 + x^2)^2}$$

故に P 點に於ける光源の全面積に依る照度は

$$E = 2\pi br^2 \int_0^a \frac{x dx}{(r^2 + x^2)^2}$$

$$x^2 + r^2 = y \text{ と置けば } dx = \frac{dy}{2x}$$

$$\therefore E = 2\pi br^2 \int_{r^2}^{r^2+a^2} \frac{dy}{2y^2}$$

$$= \pi br^2 \left[-\frac{1}{y} \right]_{r^2}^{r^2+a^2}$$

$$= \pi br^2 \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r^2+a^2} \right]$$

$$= \frac{\pi a^2 b}{a^2 + r^2}$$

(9) 半径 r なる圓形平面の中心點上 h なる高さの點に於て一の與へられたる配光曲線を有する光源あり。之れに依りて生ずる該平面の平均水平照度を計算する方法を記述せよ。

(大正6年I級3)

〔解〕 發光點を中心とする半径 R なる球面上に於て鉛直軸と θ 角をなす球面帶を考ふれば、其の面積は

$$dS = 2\pi R \sin \theta R d\theta$$

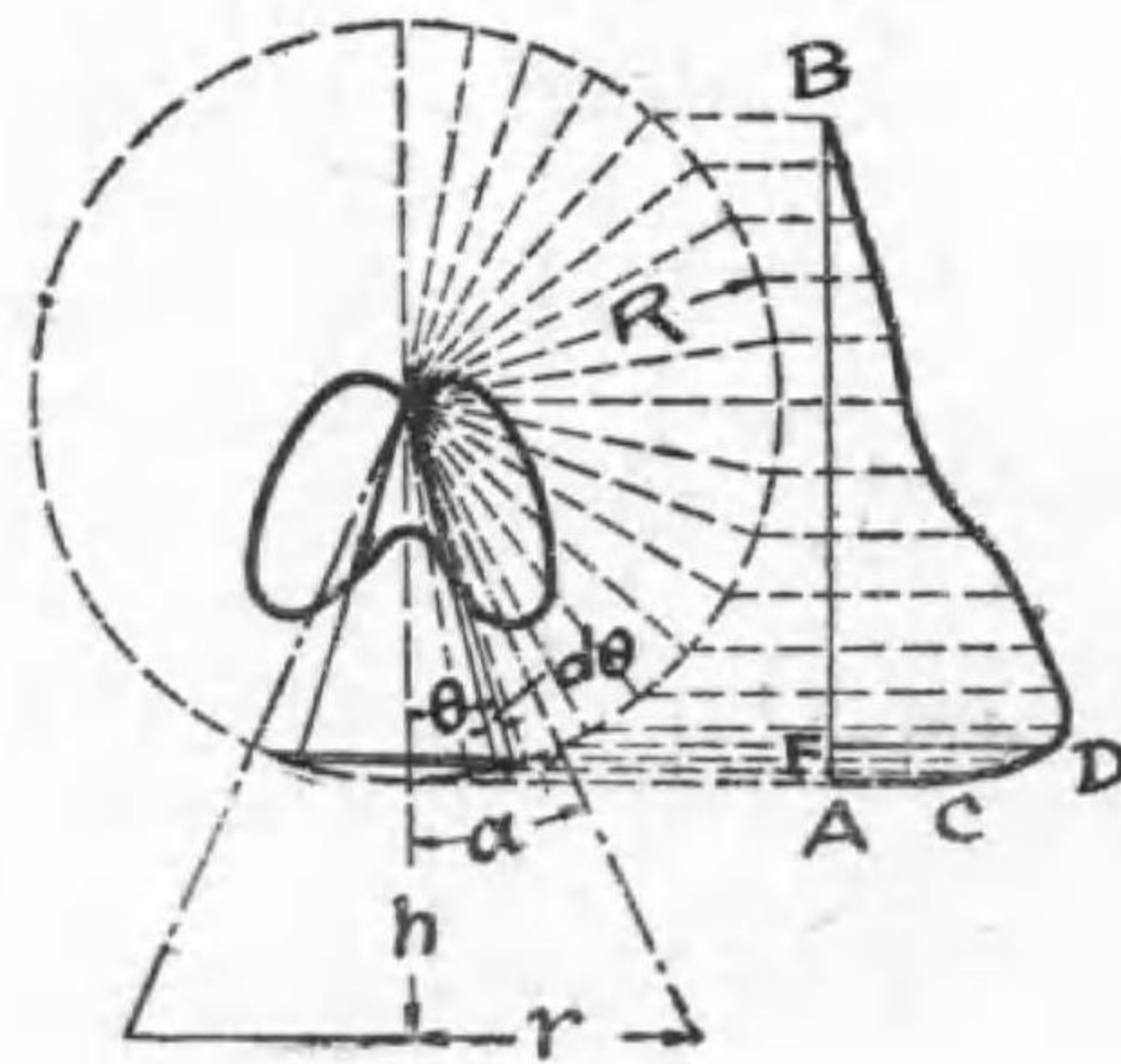
而して此の球面帶上の照度は $\frac{I}{R^2}$ なり。

但し I は θ 角方向の光度とす。

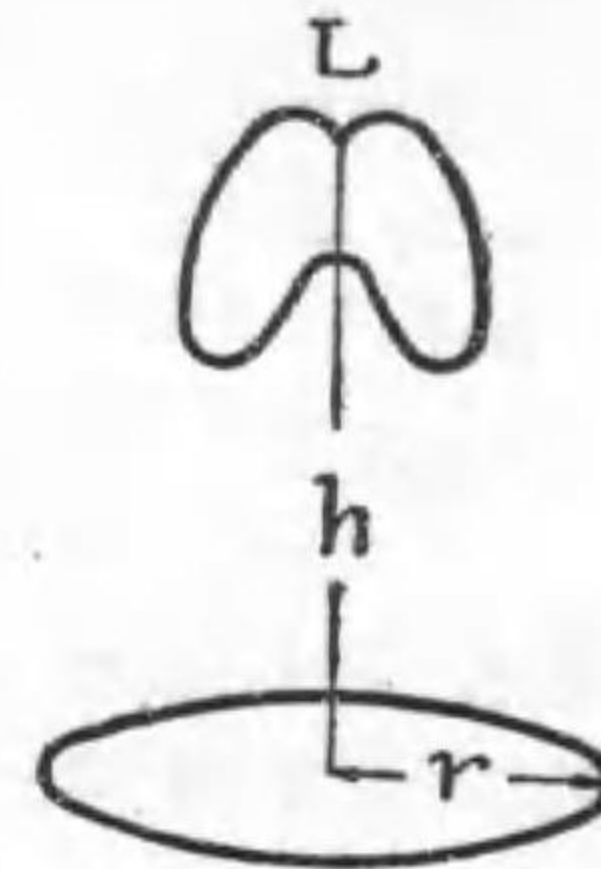
故に此の球面帶を貫く光束數は

$$d\phi = \frac{I}{R^2} dS = 2\pi I \sin \theta d\theta$$

第 48 圖



第 47 圖



故に所要の圓面積に投ずる總光束數は

$$\phi = 2\pi \int_0^\alpha I \sin \theta d\theta \quad \text{但 } \alpha = \arctan \frac{r}{h}$$

今 ACDB を與へられたる配光曲線より得たる Rousseau diagram とすれば、此 diagram に於ける ACDF の面積は

$$A = \int_0^\alpha -I d(R \cos \theta)$$

$$= R \int_0^\alpha I \sin \theta d\theta$$

$$\therefore \phi = 2\pi \frac{A}{R}$$

故に與へられたる圓形平面内の平均水平照度は

$$E = \frac{\phi}{\pi r^2} = \frac{2\pi A}{\pi r^2 R} = \frac{2A}{r^2 R}$$

(10) 或る高さに電燈を點じ之れに依つて照さるゝ道路面に於ける平均水平照度を算出すべき適當なる方法を述べよ。

(大正14年I種1)

〔解〕 道路面の照明に於ては周圍より反射し來る光は僅少なる故、光束計算に於て、其の反射に依る光束は計算するを要せず、只光源の配光曲線より求むれば可なり。

今光源を中心とする假想の單位半徑の球面を考へ、此の球面を數個の小球帶に分ち、各球帶の中央を通ずる平均燭光に其の球帶の面積を乗すれば其の球帶を通過する光束を得。即ち一球帶の下端及び上端が光源を含む鉛直線となす角を夫々 θ_1 及び θ_2 とし、其の球帶の平均燭光を I とすれば、此の球帶を通過する光束は

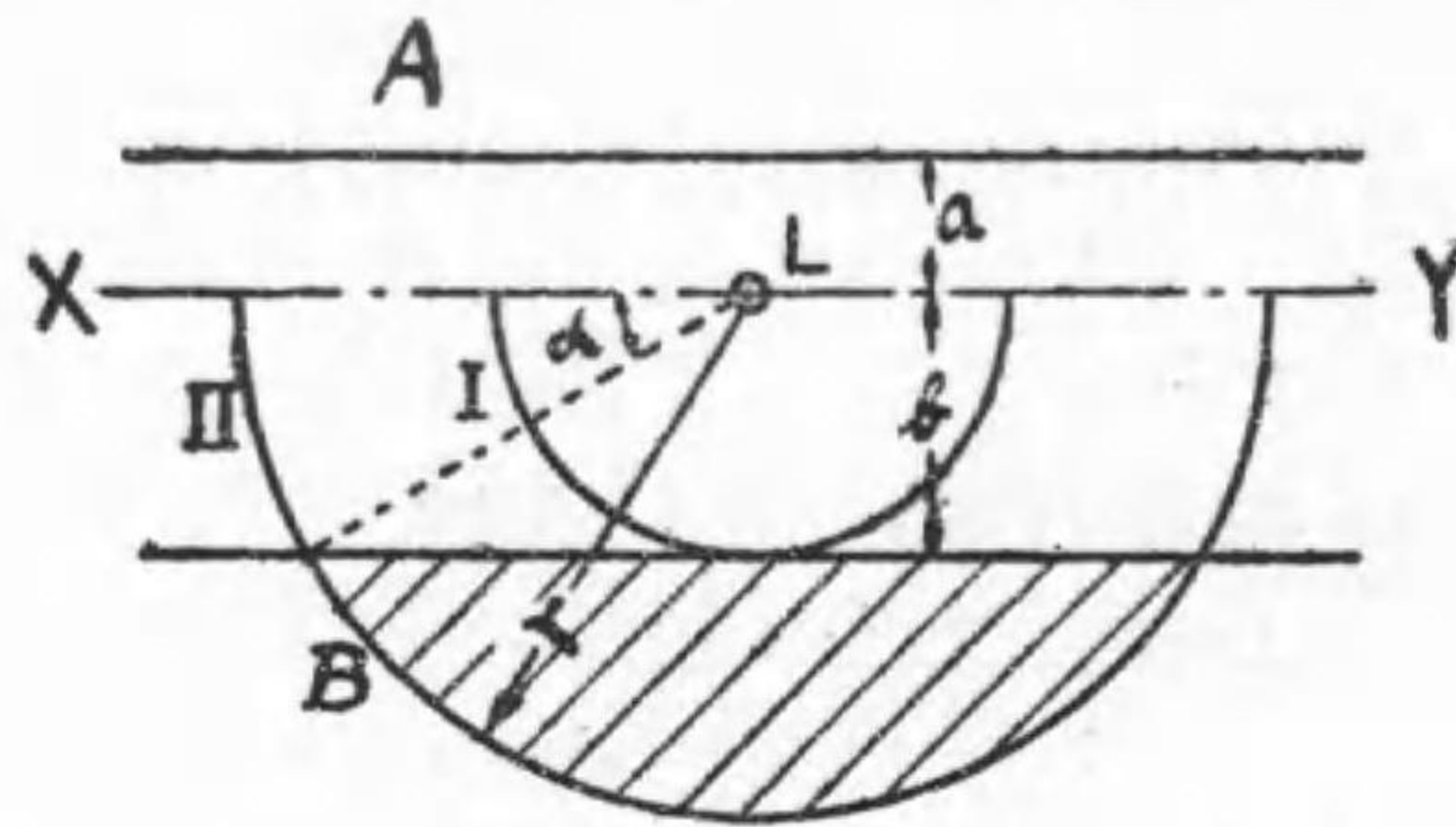
$$\phi_{\theta_1, \theta_2} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} 2\pi I \sin \theta d\theta = 2\pi I (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

従つて被照道路面に相當する球帶の面積を知れば、光源の配光曲

線より道路面に落つる光束を計算し得。

或る細長き道路面の一側に接して光源ありとせば、其の光源直下に近き部分は下方の球帯の $\frac{1}{2}$ だけ全部光束利用さるゝも、遠方に於ては其の球帯の限られたる部分を通ずる光束のみ利用さるゝ、而して此の割合は其の道路面の幅と光源の高さとに依りて異なる。

第 49 圖



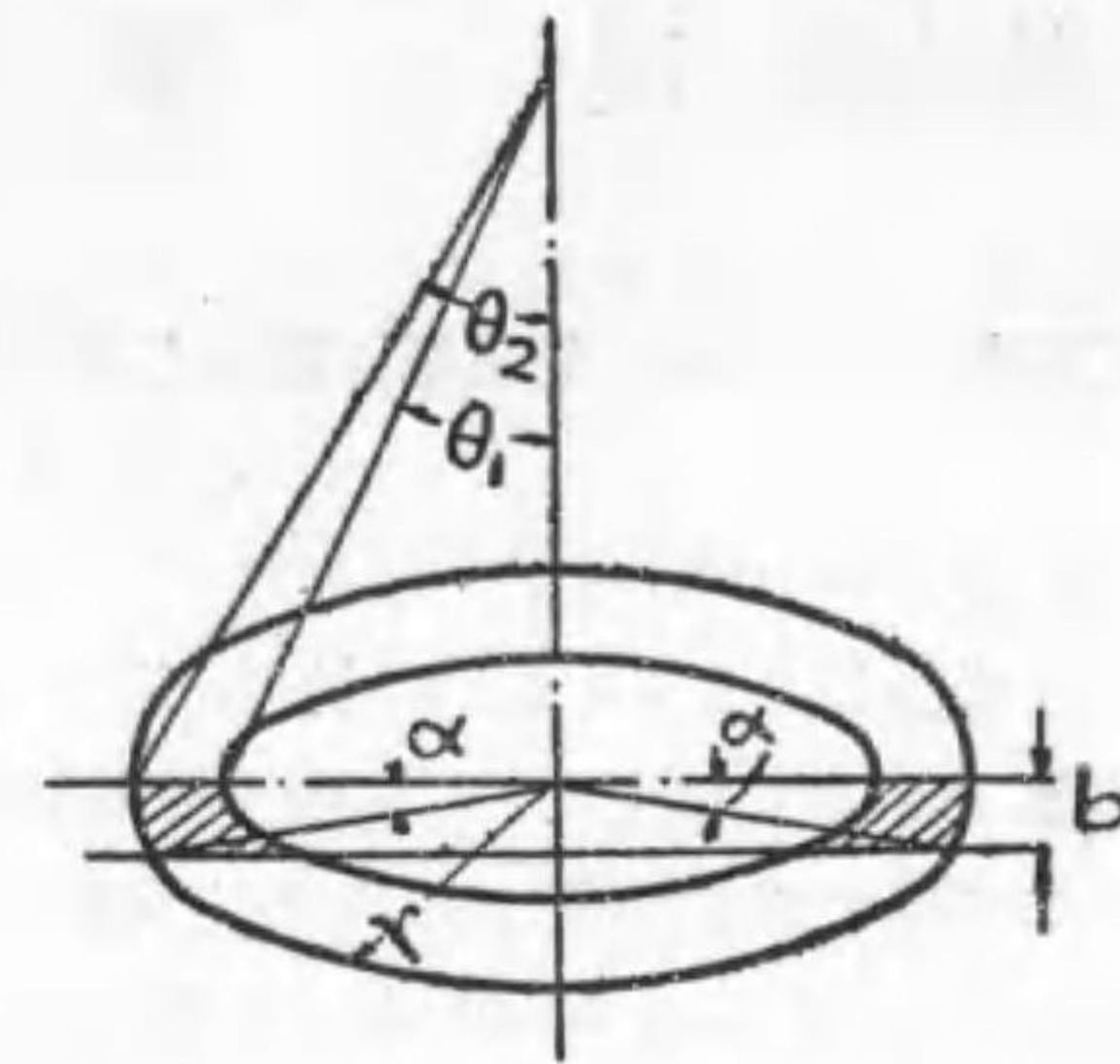
例へば、上圖の如き細長き道路の中途に一側 (A 側) より a 米の點に電燈 L ありとし、電燈の高さ H 米、道路幅 $(a+b)$ 米とし、此の場合の有効光束を計算するには、道路面を XY 線に区分し、先づ B 側を考ふるに、半径 b なる圓面積 (I) 内の道路面に相當する球帯、即ち鉛直線と $\arctan \frac{b}{H}$ なる角をなすものより下方の球帯を通ずる光束は其の $\frac{1}{2}$ だけ全部利用さるゝ、即ち各小球帯の有効面積は $\pi(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$ なり。

之より遠方の r なる半径の圓に相當する球帯、即ち鉛直線と $\theta = \arctan \frac{r}{H}$ なる角度をなす球帯の有効面積は第 50 圖に於いて斜線を施せる部分のみなり。即ち

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} 2r \sin \theta d\theta \times \frac{2a}{2\pi} = 2a (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

但し $\alpha = \arcsin \frac{b}{r}$

第 50 圖



なり。斯る小球帯の一部分を r の各値 (r 異なる時は θ も異なる) に對し求め得べし。従つて r を ∞ の値迄とり、各に對する球帯の面積を求め且つその總和を求め得べし。

A 側に於ても同様なり。

故に單位半径の假想球帯を例へば 10° 置きに等分し、上記方法に依り各球帯の有効面積に配光曲線より得らるゝ平均燭光を乗じて各光束を求め、之等の總和を取れば即ち道路面に落つる有効總光束數となる。従つて此の有効總光束數を被照道路面の面積にて除せば平均水平照度の値を得。

但し各球帯の有効面積を各方向毎に豫め計算し、此の値と道路幅に對する光源の高さの比にて曲線を畫き置けば、上記光束の計算は非常に簡單となる。

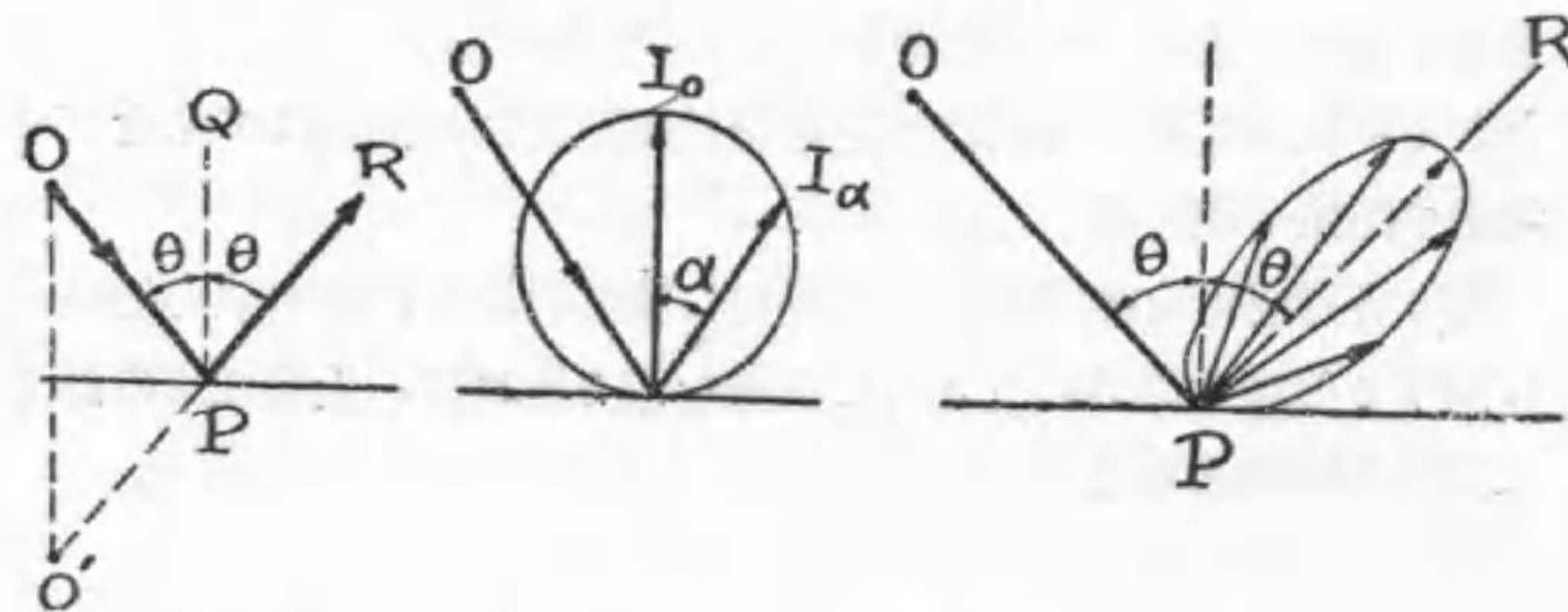
第拾章 照 明

(1) 光の反射 (reflection) を三種に區別し其の各に関する法則を説明せよ。 (大正9年I級3)

〔解〕 正反射 (perfect reflection) 投光點 P に於ける投光面の垂直線 PQ と入射光線とのなす平面内に於て、且つ入射角即ち入射光線 OP と垂直線 PQ とのなす角と、反射角即ち反射光線 PR と垂直線 PQ とのなす角とが互に等しき R の方向にのみ反射するものにして、此の場合には光源の image を O' 點に生ず。

完全擴散反射 (perfect irregular reflection) 一定方向より光が投射せる場合に於ても、反射光線は總ての方向に擴散して反射するものにして、且つ投光點に於て投光面の垂直線の方に反射する光力 I_0 最大にして、之れと α 角をなす他の方向へ反射する光力は $I_\alpha = I_0 \cos \alpha$ なる關係をなすもの。

第 51 圖

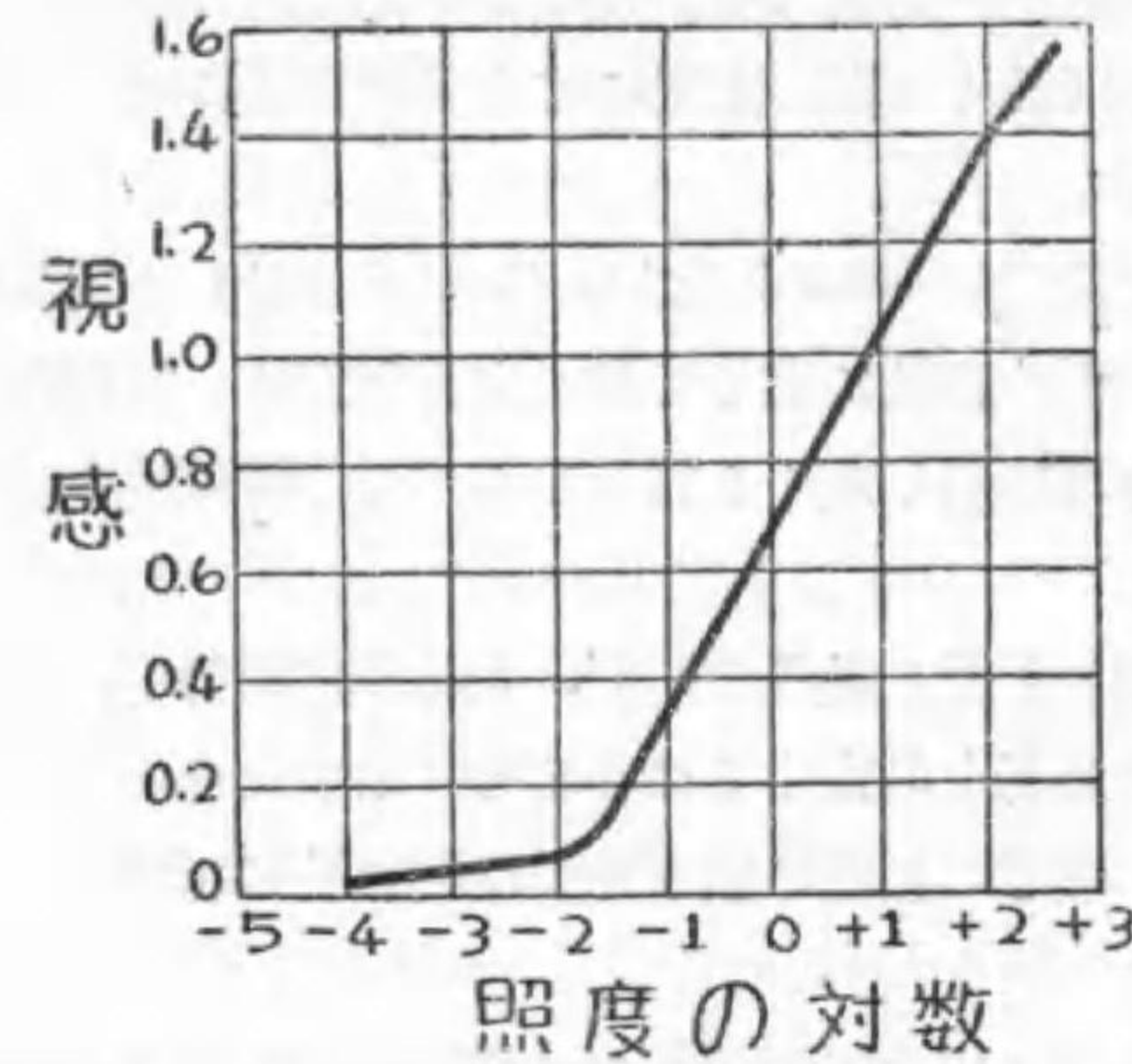


不完全擴散反射 (directive irregular reflection) 反射光線は總ての方向に擴散するも正反射に於ける反射光線の方に於て光度最大なるものにして、他の方向に於ける光度は最大光度 I_0 を長軸とし其の方向 PR と略一致せる橢圓の動徑に従ふものなり。

(2) 照明の強さを増すときには眼の受くる感覺は如何に變化するや。之れを曲線にて示せ。 (大正7年II級口述1)

〔解〕 照明の強さと視感との關係は對數的曲線にて表さるるものなりと稱せられつゝあり。例へば照明が1より1000に變化せる場合と、1より2に變化せる場合とに於て、視感の變化の割合は

第 52 圖



$\log 1000 = 3, \log 2 = 0.301$ の割合即ち 10:1 に過ぎざるものなり。但し非常なる高照度又は低照度の場合はその對數曲線は一直線にならずして上圖に示す如く三段に變化するものなり。

(3) 視覺上最も高き能率を有する光の色を下記の場合に就き記載せよ。 (大正5年III級3)

- (イ) 高度照明 (high illumination)
- (ロ) 普通程度照明 (medium illumination)
- (ハ) 低度照明 (low illumination)

〔解〕 (イ) 高度照明.....橙黄色
(ロ) 普通程度照明.....白色

(ハ) 低度照明……………青綠色

(4) 室内の一般照明につき其の良否を判定するに必要な事項を擧げよ。 (大正6年II級口述5)

〔解〕 (イ) 配光。目的に応じて最も望ましき配光の状態は一定せず。例へば讀書室の如きは讀書面に高度の照明を要し、他は眼を休める爲め低度の照明なるを可とす。集合所の如きは一樣の配光を良とす。又同じく一樣の配光にても其の目的に応じて照度の高低自ら異なるべし。

(ロ) 光の方向。diffused light, directed light の別並に其の混合の程度も亦照明の目的に応じて其の良否判定の一材料なり。例へば製圖室の如きは陰影を避くる爲めなるべく diffused light を多量に要す。

(ハ) 生理的影響。瞳孔の開閉、視神経の疲勞等、照明の生理的影響も亦其の良否を判定するに必要な事項なり。其の他光線の色が人に與ふる感じの相違の如きも生理的影響に屬す。

(5) 照明上水銀弧光燈及び發焔弧光燈の光色の相違が視覺に對し如何なる影響 (effect) を與ふるや。 (大正3年II級3)

〔解〕 高度照明の場合には視感は黄色光に於て最大なり。之れに反し低度照明に於ては視覺の感度は莖色光の方に移り黄色光よりも莖色光の方感度大なり。

發焔弧光燈は赤或は黄色に富むに反し、水銀弧光燈に於ては莖色に富むを以て、高度照明に於ては發焔弧光燈の方有効にして、低度照明に於ては水銀弧光燈の方有効なり。

(6) 現今世上に用ひらるゝ電燈より發生する光線の強弱及び色合の視覺機關に對する生理的影響を略記せよ。

(大正1年I級3)

(7) 生理的影響 (physiological effects) に關する見地より、照明上着眼すべき主要なる事項を列記し、之れを説明せよ。

(大正4年I級3)

〔解〕 (イ) 瞳孔の開閉 瞳孔は之にあたる光束の多少に応じて自ら其の開閉の度を加減す。故に多量の光を發する光源は、之を直接視界に置かざるを良とす。光源を艶消硝子等にて蔽へば實際眼にあたる光束 (客觀的照度) を減ずるも、瞳孔の開閉に依り、視神経の感受する光束は却て之れを増加せしめ、且つ瞳孔の烈しき絞縮に依る不快を避くる點に於て照明の主觀的價値を大にす。

(ロ) “疲勞” (fatigue) 瞳孔の開閉と略同様の効果を以て眼を保護する作用を視神経の“疲勞”と云ふ。唯前者は瞬時に作用し、後者には若干の時間を要す。即ち長時間同じ照度の下に在れば、縦令瞳孔の開度は同一にても、視神経之れに馴致され、明を明と感ぜず暗を暗と感ぜざるに至る。之れを稱し“疲勞”と云ふなり。故に讀書室等に在りては、高度の局部照明と低度の一般照明とを施し、讀書の間、時々眼を低照度に轉じ、以て視神経の感度を清新ならしむるの工夫を要す。

(ハ) 光の方向 吾人が物體の輪廓及び凹凸 (relief) を明瞭に認識し得るは、主として陰影 (shadow) の賜なり。而して陰影は直光 (direct light) の必然的結果なるが故に、直光に依らざれば物體を明に認識し難き場合多し。然れども直光のみにては陰影部の詳細を知ること困難なり。此の點に於て散光 (diffused light) を加ふること亦必要なり。直光と散光との割合は使用自的に應じて變化せしむるを要す。

吾人の眼は日光に馴らさるゝを以て、脚光の如き下より上に向ふ光線は生理上不愉快なり。一般に直光は斜上方より水平面に約 45° - 60° の角度を有せしむるを良しとす。

(ニ) 色につき 高度の照明に於ては黄、橙の如き波長大なる色

の方、眼に於ける感度大にして、低度の照明に於ては青、緑等寧ろ波長小なる色の方、感度大なり、故に彫刻、讀書の如き場合には黄色發焰弧光燈の如きもの適當にして、街路照明等には水銀弧光燈又はなるべく白色の光源を良しとす。

又別途の見地より光源の色と物體の色との關係を考ふべき場合あり。舞臺照明の如き之れに屬す。

(8) 室内燈及び街燈用として電燈の種類及び色合並に使用場所の種類に就て注意すべき點を列記せよ。(大正1年II級3)

〔解〕 一般に照明工學に於て第一に考ふべき事は満足なる照明を得る爲めには、如何に光束の分布を行ふべきかにあり。光束の分布及び各部の光束密度は照明の目的に依りて相違すべきものにて、例へば集會所、學校の如きは一様なる照明を要し且つ其の照度も可なり高きを要し、街路に於ては同じく一様なる照明を要するも照度は寧ろ低きを可とす。又低き一般照明をなし其の内の或る部分丈に強き局部照明を要する場合あり、讀書室、事務室、食堂等の如し。

斯くして照明をなすべき場所に應じ豫め必要なる照度を定め、實際の電燈に依り最も良く此の條件を満足せしめ得る如くに設計すべきものにして、之れは勿論電燈の種類、光力、配光等に依りて異り、又同一の電燈を用ふるも外球反射笠を種々に選定する事に依りて變化を生ぜしめ得るものなり。

照明工學に於ては以上の客觀的照明の他、照明の生理的に及ぼす影響即ち主觀的照明に就ても考慮せざるべからず。

一の光に依り照されたる物體より反射し、吾人の目に入り來る光束の割合は、光束密度に依りて異なるものなり。強き光源が視界にある時は、瞳孔を收縮せしめて目の中に入り來る光束を減少し、恰も客觀的照明が弱くなれると同一結果を呈し、且つ輝度高きものを見る爲めの不愉快を感ず。故に高輝度を有する光源は視界外に置くを必要とし、弧光燈等を用ふる如き場合には、間接或は半間接照明用

反射笠等を使用するを可とす。

次に考ふべきは視神經の疲勞 (fatigue) なり。視神經は高度の照明に對しては其の感度薄弱となり、低度の照明に對しては其の感度を増すものなり。従つて高度の照明の下に仕事をなす時には、目の感度は減少し來る爲め其の照明は漸次に薄弱となれるが如き感を來し、更に高度の照明を要求するに至る。而して此の状態に於て長く繼續する時には、目に一種の strain を與へ、従つて目に疲勞を感じ不愉快となる。

然るに若し暫時にても目を低照度の方へ轉ずる時には、目は休養せられて又感度を恢復す。故に讀書室の如きは低度の一般照明を與へ、必要なる場所のみ高度の照明を與ふることを必要とす。

目に疲勞を與ふる度は又光の色に關係するものにして、高度照明に於ては黄色光は白色光よりも遙に大なる疲勞を與へ、綠色或は青色光は疲勞を與ふる事最も少し。

視界に在る物體を識別し得るは、其の物體より反射する光線の色及び強さの差あるが爲めにして、若し視界に於て同一の色及び強さの光のみなる時には、其の光は見ることを得るも物體を識別し難し。故に良好なる照明に於ては、光の色及び強さの差を生ぜしむる様にし、明かに物體を識別し得る様になすを要す。故に強さの差は瞳の收縮及び疲勞を生ぜざる程度に於て、大なる様にすべきものなり。斯の如く物體を識別するには、光の色及び強さ、殊に強さの差に依るものなれば、diffused light のみにては陰影なく物體を識別し難し。されども直接光のみにては陰影餘り濃く、陰影と物體の境界線とを識別する能はず、且つ不愉快なるものなり。

例へば鑄物工場の如く、凡ての物體が殆ど、同一の色を有する時には、diffused illumination のみにては物體は判明し難く、従つて陰影を生ずる直接光を併用せざるべからず。然れども製圖室の如きは照すべき面は製圖板にして、此の場合には主として色によりて物を識別し、陰影に依るものに非ず、且つ陰影は寧ろ有害にして誤りを

生じ易し。故に製圖室の如きは全く diffuse せる照明にのみ依るべきものとす。

次に考ふべきは直接光の方向にして、机上の如きは左方より光が来る様にするをよしとす。又陰影を生ぜしむる目的は、物體の端を明かにし且つ其の長さによりて其の物の高さを明かにするものなるを以て、餘り長き陰影を生ずる時は、却つて物を明かに見ることを誤らしむることとなり、之れ又不可なり。直接光の適當なる角は水平面に對し 45° 乃至 60° なりとす。

次に考ふべきは色に對する吾人の感度なり。高度照明の場合には目の感度は黄色に於て最大なり。故に高度の照明に於ては、青色よりも黄色の方有効なり。然れども低度の照明に於ては、感度は黄色より漸々青色の方に移るものなれば、街路照明の場合の如き低度の照明に於ては青色光の方有効なり。

以上は照明を行はんとする場合に於て、使用電燈の種類、色合並に使用場所等に應じて特に注意を要すべき諸點なりとす。

(9) 商品陳列窓の照明に關し重要な事項を述べよ。

(大正 13 年 I 種 1)

〔解〕 1. 電燈の位置及び照度 照度に就いて第一に街路の明さを考へざるべからず、際立ちて見ゆるためには充分の照度を必要とす。即ち陳列窓の照度は田舎と都會、暗き町と目拔の場所とにては差あり、又品物並に背景の色合に依つても異なる。従つて一定の數値を定め難けれども主要都市に於て 200—500 ルクス、中流都市に於て 100—200 ルクスなり。

電燈の位置に就いては、通行人に眩感現象を起さしむるは商略上有害なる故、光源は一般に高く取り付け、窓硝子の上部に彩色模様ある布等を用ひて之を隠し、併せて陳列窓の美觀を呈せしむ。但し顧客に不便を與へざる様、光線の幾分を窓外に洩れしむべし。

上部よりの光のみにては十分陳列品を照明し得ず、陰影を生ずる

如き場合、footlight を使用する際には、其の光度は上部の 3 分の 1 以内を適度とす。

又電燈取付には、陳列窓の構造上より先づ光源の適當なる位置を決め、照明面に要する光度より配光曲線を見出し、電球の大き従つて電球數を求め、此の配光に應ずる様反射笠を選ぶ。次に之れを配列するに當り窓内の照明を均齊ならしむるには、中央より兩端に至るに従ひ漸次其の間隔を狭むる必要あれども、多くの場合中央の照明に重きを置くものにして、此の場合には平等間隔にて差支へなし。

2. 使用電球及び器具 電球は主として瓦斯入タンダステン電球 60, 100 及び 200 ワットを使用し、極めて小なる陳列窓には 25 及び 40 ワットの管型電球を用ふる事もあり。

使用器具は散光性のものは適當せず、寧ろ鏡面反射をなし能率極めて高さ方良し、現今廣く使用するは集光性プリズム硝子反射笠及び X レー鏡面反射笠とす。光源と反射笠とは陳列窓の性質を考へ適當の配光曲線を得る様取付くべきものとす。

3. 光 色 陳列窓と光色との關係に就ては

1. 正確なる色を現はすには、晝と同じ光質の光源を用ふ。
2. 特種の商品を目立たしむるには、夫れと同じ色の光を送る事。
3. 街路の光色と配合して際立たしむるには、之が補色を用ふる事。
4. 色彩により顧客の感情を支配するには、色の情的現象を利用する事。

其の他陳列窓の照明に注意すべき主なる點は

1. 陳列窓の背景は商品と色合を調和せしめ、商品は照明に便利なる様配列する事。
2. 通風を充分ならしむる事。
3. 百貨店の如く時季に應じ商品陳列換へをなす處にては、照度を加減する必要上器具は移動し得る装置を便利とす。

第十一章 照明設計

(1) 室内照明に於て同一室内に局部照明 (local illumination) と一般照明 (general illumination) とを與ふる様設計するを有利とする場合多し。實例を擧げ其の理由を説明せよ。(大正4年II級3)

〔解〕 圖書館内讀書室の如きは、同一室内に於て一般照明と局部照明とを與ふる様設計す可き場合の適例なり。

讀書室内に於ては讀書用机上或は新聞臺上等には、充分強き照度を要す。然れども此等以外の個所にありては、斯の如き高度の照明を要せず。可也低き照明にて充分なり。且つ讀書室等にありては、室内に高度の一般照明を與ふる時は、反つて徒に讀者の眼を疲勞せしめ、其の感度を減少せしむ。故に机上又は新聞臺上に必要とする照度と同一程度の照度を室内一般に與ふる時は、徒に光を浪費し、經濟上甚だ不利なるのみならず、讀者の視力を疲勞せしめ、不快の感を起さしむ。

故に讀書室等にては、一般照明には、低くして均一なる照明を用ひ、机上其他必要なる個所に於て、充分高き局部照明を與ふる様設計せざる可からず。

(2) 下記照明方式(イ)及び(ロ)の夫々につき利害を述べよ。

(イ) 直接照明 (direct illumination), 半間接照明 (semi-indirect illumination), 間接照明 (indirect illumination)。

(ロ) 局部照明 (local illumination), 全般照明 (general illumination), 局部及び全般照明の併用。 (大正8年II級3)

〔解〕 (イ) 直接照明と半間接及び間接照明とを比較對照して其の得失を擧ぐれば
直接照明の利點

- (1) 光束を最も有効に利用し得ること。
- (2) 天井、壁等の色並に燈火よりの距離等の影響を受くること少く、設計容易なること。
- (3) 取扱簡單なること。
- (4) 設備費並に點燈費の廉價なること。

直接照明の不利なる點

- (1) 輝光の爲め眩惑を感じる場合多きこと。
- (2) 光束の分布を一様になし難きこと。
- (3) 物體に濃厚なる陰影及び射影を與へ易きこと。

間接及び半間接照明の利益なる點

- (1) 輝光の爲めに眩惑を感じず、目に穩かに感ずること。
- (2) 光束の分布を一様になし得ること。
- (3) 陰影及び射影を生ずること少し。

間接及び半間接照明の不利なる點

- (1) 直接照明に比し、照明能率不良なること (間接照明の場合殊に甚だし)。
- (2) 天井及び壁は明るき色合のものとなし、又時としては特殊の構造を要すること。
- (3) 直接照明に比し設備並に點燈費多額なること。
- (4) 塵埃の爲めに照明能率を減ぜらるゝを以て、斷えず掃除を行ふの必要あること。
- (5) 間接照明の場合には、光束の分布餘り一様なる爲め、物體が平滑に見え、殊に垂直照明十分ならざる缺點あること。
- (6) 設計取扱の簡單を缺く事。

而して間接照明と半間接照明とを比較すれば、半間接照明は配光上間接照明と直接照明との特長を兼備するものにして、反射笠の透光率を適當にして透過光と反射光との割合を適當に選定すれば、適當の垂直照明と適度の陰影及び射影とを具備したる最も優良なる照明を得らるべく、又費用の點に於ても間接照明よりも廉なるの利益

あり。

(□) 局部照明，一般照明，一般局部併用照明の得失を比較すれば次の如し。

局部照明

有利なる點

- (1) 十分なる照度を，目的とする局部に與へらるゝこと。
- (2) 必要なときは一部分を消燈し得ること。
- (3) 必要に応じて一室内の各局部の所要照度を異にすることを得

不利なる點

- (1) 局部照明のみに依るときには，室内の一般照明を缺くを以て陰氣に不愉快の感を生ずること。
- (2) 濃厚なる陰影及び射影の爲めに，物體の識別に困難を感ずることあり。
- (3) 仕事の種類が變ずるに従つて，燈火の位置をも變ずるの必要生ずること。
- (4) 廣き工場等にては使用燈火の數多く，従つて多額の工費を要すること，又電燈器具の破損率の多きこと。

一般照明

有利の點

- (1) 一樣なる照度を得らるゝこと。
- (2) 仕事の種類を變じて，燈火の位置を變ずるの要なきこと。
- (3) 電球及び照明器具一樣なるを以て取扱に便なること。
- (4) 大なる單位の燈火を使用し得るを以て工費廉なること。
- (5) 體裁良きこと。

不利の點

- (1) 一室内の作業位置及び種類一樣ならざる時に，最も明るきを要するものを満足せしめんとすれば不經濟となり，中庸の値をとれば不十分なる照度の個所を生ずること。
- (2) 一般照明のみにては，總ての場所に所要の照度を得ること殆

ど不可能なること。

- (3) 室内全般が明るき爲めに，目に休養を與ふべき低照明の場所を缺き，視神經の疲勞を生ずること。

一般局部併用照明

有利の點

- (1) 各種の作業毎に欲する儘の照明を得。
- (2) 陰影及び射影餘り濃厚ならず。
- (3) 一般照明を適當の値とすれば，局部照明のみに依る如く陰氣なる感を生ぜず，又強き一般照明のみに依る場合の如く，視神經の疲勞を生ぜしむることなし。
- (4) 他の照明法に比較して經濟的なり。

不利の點

- (1) 作業の變更に依り照明の變更を要す。
- (2) 電燈及び器具の破損率多し。

(3) 下記の場所に於て最適當と思考する照明方法並に光の色彩に就きて詳説せよ。
(大正11年I種3)

(イ) 鑄物工場

(ロ) 圖書閱覽室

(ハ) ホテルの食堂

〔解〕 (イ) 作業に必要な箇所に局部照明を施すを以て足りりとする故，直接照明法を行ひ，一定方向の光を多量ならしめ，取扱品の形狀を明瞭ならしむるを可とす。而して之れに用ふる燈火装置は單に經濟上の見地のみより定む。

光の色彩は，金屬鎔融體の湯加減を観察するため，晝光色を選ぶが至當なりと思考す。

(ロ) 書見の机上は特に照度の大きなるを望むと雖，机上に陰影を生ずるは不快に感ぜしむるを以て，局部照明と全般照明との併用照明に依らざるべからず。従つて半間接照明法を施すを可とす。

光の色彩は、室内の静寂を旨とする場所なれば、淡緑色乃至淡青色を帯びしむること適當なるべしと信ず。

(ハ) 卓上の明暗は問ふ所に非ざれば、全般照明を主とし、間接照明法に依らざるべからず。之れに使用する燈火装置は美術上の見地より選ぶ。

光の色彩は、公衆觀樂の場所なれば、淡黄色乃至淡紅色を呈せしむるが可なりと思考せらる。

(4) 縦 18 m, 横 9 m, 天井の高さ 3.5 m なる事務室あり、半間接照明により適當なる照明を與へんとす。電球の種類、ワット數個數及び其の配置を設計せよ。但し計算上必要な係數及び事項は適當に之れを選定すべし。 (大正 12 年 I 種 3)

〔解〕 事務室を 9 m 四方の二部に分ちて考ふるに、電燈の列數は 3 列が適當なるべし。然らば電燈數は $3 \times 3 \times 2 = 18$ となり、外側電燈と壁との間隔は $9 \text{ m} \div (3 \times 2) = 1.5 \text{ m}$, 電燈間の距離は $1.5 \text{ m} \times 2 = 3 \text{ m}$ となる。

次に事務室の照度を 50 米燭とし、燭力減退率を 1.2 とせば、所要全光束數は $50 \times 1.2 \times 9 \times 18 = 9720$ ルーメンなり。而して天井及び周壁の明暗中庸にして利用係數 30% と假定すれば、所要電燈の總光束數は $9720 \div 0.3 = 32400$ ルーメンとなる。従つて一燈當り $32400 \div 18 = 1800$ ルーメンを要する。

之れに使用する電球は普通の瓦斯人とせば、1 ワットに付 13 ルーメンとして、 $1800 \div 13 = 139$ 約 150 ワットなるを要す。因つて所要全ワット數は $150 \times 18 \div 1000 = 2.7 \text{ kW}$ となり、1 平方米當り $2700 \div (18 \times 9) = 16.7$ ワットを要すべし。

(5) 街路照明に於て白熱電燈の地表上の高さを定むるには、如何なる事項を考慮すべきか。 (大正 10 年 II 種口述 4)

〔解〕 使用する燈器の配光、照明の均齊度、光束利用率、眩輝

等を先づ考ふ可きものとす。即ち同一幅員の街路に於ては光源の高さを大にする程、眩輝を減じ均齊度を増す利益あれど利用率を減ずべし。故に燈器の配光に應じ均齊度を規程制限内に維持し、且つ眩輝を除去し、然も利用率、燈間隔を出来る限り大ならしむべし。尙この外建築の様式及び高さ、道路の幅員等に對し適應す可きものたる可く、且つ外觀上も大いに考慮さる可きものなり。一般に道路幅員又は燈列距離の $\frac{1}{2}$, 廣き道路に於ては $\frac{1}{4}$ 附近に選ぶ可きものなり。

(6) 街路照明の優劣を判定する爲めに着目すべき要點を擧げよ。 (大正 3 年 I 級 3)

〔解〕 (イ) 照度 街路の幅員及び状態、其の土地の事情 (商業區域か住宅區域か等) によつて照度を異にすべきものにして、普通次の範圍内にある可きものとす。

主要なる大通	1—3	ルクス
商業地街路	2—10	"
その他の街路	0.2—1	"

(ロ) 照度の一樣 一樣なる照度を得るは望ましきところにして以前は満月の夜の如き照明を理想とせるも、街路照明の如き低照度に於ては、照度餘りに一樣に過ぐれば反つて道路の凹凸を明かに識別し難く、又通行人其の他の物體に陰影なき爲め其の形不鮮明となるの傾きあり。又照度を一樣にする爲めには小燭光の電球を多數に排列使用するか、或は水平方向に近く強き光を發する大燭光の電燈を使用せざるべからず。然るに多數の小燭光電球を使用する時には多額の建設費を要するの不利あり、又水平方向にのみ強き光を發する電燈を使用する時には多くの光が街路の兩側に向つて損失さるゝの不利あり。依つて餘りに照度一樣に過ぐるは宜しからず。即ち街路の中心線に於ける路面上の最低照度と最高照度との比は、商業街路に於て $\frac{1}{10}$, 主要街路に於て $\frac{1}{30}$, その他の街路に於ては $\frac{1}{50}$ 以内とすべきものなり。

(ハ) 眩輝及び刺戟 通行人に眩輝及び刺戟を與ふる事多きは宜しからず。眩輝の爲めに妨げられて時に危険を醸すの虞れあり。眩輝を少くする爲めには小燭光電球を多數に使用するか、又大燭光電球を使用する時には其の取附位置を充分高くせざるべからず。

(ニ) 電球の種類及び附屬器具 街路照明の優秀なる否とは電球の種類及び附屬器具に關する處大なり。以前は弧光燈殊にマグネタイト弧光燈多く用ひられたるが、近來は瓦斯填充タングステン電球主として用ひらるゝに至れり。附屬器具に關しては經濟と美感との調和を得、且つ照明の目的に適する配光曲線を與ふる如きものを選ばざるべからず。

(ホ) 經濟 建設費、電力費、維持費に關して最も經濟的なる如き種類の電燈及び配電方式を選定せざるべからず。

(ヘ) 美感 市街の美感に重きを置くべき事勿論にして、主要なる街路、公園内街路等に於て特に然り。時としては美感の爲めには或る程度まで經濟を犠牲とするを要す。

街路照明の優劣を判定する爲めには、以上の諸點に着目して、相互比較研究するを要するものなり。

(7) 街路用點燈 (street lighting) に供する各種の弧光燈並にタングステン電燈の得失を比較せよ。 (明治44年I級2)

〔解〕 街路點燈に供する電燈の具備すべき必要條件は、設備費維持費の大ならざるもの、光の分布の一樣にして深き陰影を成さざるもの、光は常に安定なる事、電氣供給上に就ての故障の最も少きもの等にして、其の他大燭光のものを少しく用ゆるか、比較的小燭光のものを數多く使用するかの問題あれども、之れは街路の種類即ち商業街と住宅街等の別により、又其の生活状態の如何に應じて何れを取るべきかを決すべきものなり。而して大燭光のものを少數を使用する時は、燭力の平均照度と最大照度との差餘りに大となる缺點あれども、時としては設備費及び維持費少きを以て採用せらる。

直流配電を行へる所にありてはマグネタイト弧光燈は其の最大燭光が弧光の水平面下 10 乃至 20 度の所にある故街路用として大に有用なり又其の能率も良好なるも、我國に於ては保存及び材料の點に於て不便あり。發焰弧光燈にありては其の光の分配上街路用としては地上 10 米以上の高さに點せざるべからず、此の點甚だ不便なり。閉鎖弧光燈は炭素棒の壽命長き爲め取換費を節約し得。然れども其の能率に於て以上の開放弧光燈に劣る。一般に弧光燈は常に其の維持上に多大の注意と可なりの維持費用を要するの缺點は免れざるなり。

近時街路燈としては殆ど全部瓦斯入タングステン電燈を使用す。この式に於ては弧光燈に對し比較的小燭光のものを數多く使用するものにして、其の利益とする所は光の白色にして軟き光を有する事高能率を有する事、壽命の長き事、電壓の變化に對して燭力の變化最も少き事、施設後の監視修繕を殆ど必要とせざる事、而して之れを取換ふるに際して弧光燈の如く熟練なる職工を要せざる事、及び電球の有効壽命は全壽命と殆ど大差なきものと實用上考へ得べき事の利益の爲め、大に維持費を節約し得べく、且つ多くの場合に於て弧光燈の如き大燭光單位のものに比して附加費用を全部省略し得て全體として經濟的なる街路照明をなす事を得るなり。

第十二章 料金関係

(1) 従量料金制に依り同一燭光の金属線白熱電燈多數を一室に點じ、光力の減退を考へ逐次之れを新規の電球と取り換へ、以て平均上(光力の減退せざる時と之れが減退せる時との燭光數を平均せるもの)一定の總燭光數を其の室内に與へしめんとす。此の場合に於て最も經濟なる電球の壽命を定むべき計算方法を示せ。

但し電球の代價、電力料は已知とし且つ電燈の點火時間に對する燭光及び能率の變化を表はす曲線は直線として與へたるものと假定す。
(大正1年I級2)

[解] c_0 及び w_0 を新電球の燭光數及び能率 (watt per candle power) とし、 p 及び q を毎時の燭光及び能率の減退率とすれば、使用開始より點火時間 t 時後の燭光及び能率は

$$c_t = c_0 (1 - pt)$$

$$w_t = w_0 (1 + qt)$$

故に點火總電燈の個數を n とすれば T 時の點火に對する電力消費額は

$$\begin{aligned} W &= n \int_0^T c_0 (1 - pt) w_0 (1 + qt) dt \\ &= n c_0 w_0 \left(T + \frac{q-p}{2} T^2 - \frac{pq}{3} T^3 \right) \text{ワット時} \end{aligned}$$

故に $a = 1$ ワット時の電力料金

$\beta =$ 電球 1 個の價

とすれば、毎時の平均點燈費は

$$\begin{aligned} k &= \frac{aW + n\beta}{T} \\ &= n \left\{ c_0 w_0 \alpha \left(1 + \frac{q-p}{2} T - \frac{pq}{3} T^2 \right) + \frac{\beta}{T} \right\} \end{aligned}$$

然るに與へられたる時間内の平均總燭光を C とすれば

$$\begin{aligned} C &= \frac{n}{T} \int_0^T c_0 (1 - pt) dt \\ &= n c_0 \left(1 - \frac{p}{2} T \right) \\ n &= \frac{C}{c_0 \left(1 - \frac{p}{2} T \right)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore k &= \frac{C}{c_0 \left(1 - \frac{p}{2} T \right)} \left\{ c_0 w_0 \alpha \left(1 + \frac{q-p}{2} T - \frac{pq}{3} T^2 \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{\beta}{T} \right\} \dots\dots\dots (A) \end{aligned}$$

にして、此の値を最小ならしむる如き T が最も經濟なる電球の壽命時間なり。斯の如き T の値を求むるには T に種々の數値を與へ、其れに對應する k の値を求め、其の結果を曲線にて表はし、其の曲線より k の最小値に對する T の値を求むるか、或は $\frac{dk}{dT} = 0$ と置きて得たる方程式を解きて T の値を見出すべきものとす。(A) 式より $\frac{dk}{dT}$ を求むれば

$$\begin{aligned} \frac{dk}{dT} &= \frac{1}{\left(1 - \frac{p}{2} T \right)^2} \cdot \frac{C}{c_0} \left[\left\{ c_0 w_0 \alpha \left(\frac{q-p}{2} - \frac{2pq}{3} T \right) - \frac{\beta}{T^2} \right\} \right. \\ &\quad \left. \left(1 - \frac{p}{2} T \right) + \frac{p}{2} \left\{ c_0 w_0 \alpha \left(1 + \frac{q-p}{2} T - \frac{pq}{3} T^2 \right) + \frac{\beta}{T} \right\} \right] \\ &= \frac{1}{6 c_0 T^2 \left(1 - \frac{p}{2} T \right)^2} \cdot C (p^2 q c_0 w_0 \alpha T^4 - 4 pq c_0 w_0 \alpha T^3 \\ &\quad + 3 q c_0 w_0 \alpha T^2 + 6 p \beta T - 6 \beta) \end{aligned}$$

故に $\frac{dk}{dT} = 0$ なるためには

$$p^2 q c_0 w_0 \alpha T^4 - 4 pq c_0 w_0 \alpha T^3 + 3 q c_0 w_0 \alpha T^2 + 6 p \beta T - 6 \beta = 0$$

$$pqc_0w_0\alpha(pT-1)T^3 - 3qc_0w_0\alpha(pT-1)T^2 + 6\beta(pT-1) = 0$$

$$\therefore pT-1=0$$

$$\text{又は } pqc_0w_0\alpha T^3 - 3qc_0w_0\alpha T^2 + 6\beta = 0$$

なる時に最も経済なり。然るに $pT-1=0$ より得らる $T = \frac{1}{p}$ は電球の燭光数が零になるまでの時間にして、實際の場合に適應せざる事明かなり。依つて吾人の求むる最も経済的壽命は

$$pqc_0w_0\alpha T^3 - 3qc_0w_0\alpha T^2 + 6\beta = 0$$

を解きて求めらるべきものにして、實際の場合に適する數値を代入し三次の數係數を有する方程式解法により T の近似の値を求むべきものとす。

(2) 電球を無料にて貸付くる電燈定額料金制を採用せる供給事業者が電球を選択する場合に最も経済なる電球の壽命を定むべき計算方法を算式を以て示せ。但し電球代價、電燈料は既知とし電球の燭光は使用中變化せざるものとし、且つ電球の能率 (watt/c. p.) と其の壽命との關係は直線的なりと假定す。

(大正 12 年 II 種 2)

[解] 今 p_1 = 需要家に於ける消費電力 1 Wh の實費

p_2 = 使用電球一個の價格

l = 使用電球の壽命 (時間)

c = 使用電球の燭光數

w = 使用電球 1 燭光當りの消費電力 (ワット)

とすれば、電燈 1 個を點ずる爲めの 1 時間當りの實費は

$$p_0 = cw p_1 + \frac{p_2}{l}$$

然るに題意に依り電球の能率 w は壽命 l に正比例するを以て

$$w = kl$$

と置く事を得。従つて

$$p_0 = ck l p_1 + \frac{p_2}{l} \dots\dots\dots (1)$$

$$\therefore \frac{dp_0}{dl} = ck p_1 - \frac{p_2}{l^2} = 0$$

を満足する如くに l を選定すれば p_0 は最小なり。即ち最も経済的なる l の値は

$$l = \sqrt{\frac{p_2}{ck p_1}} \dots\dots\dots (2)$$

k 及び p_2 の値は使用電球の種類に依つて異なるべきは勿論なり。故に假りに二三種の電球を取り、之に相當する k 及び p_2 の値を (2) 式に挿入して其の電球に對し最も経済的なる l の値を算出し、此の l の値を (1) 式に挿入して p_0 の最廉なる電球を選ぶべし。

(3) 定額料金制に依り事業を經營する電燈會社あり、電球は無料にて需要家に供給するものとす。今會社に取りて最も経済的なる電球を選定せんとす。此の場合に於て其の能率は如何なる見地より選定すべきや。 (大正 7 年 III 級 1)

[解] 今 p_1 = 需要家に於ける消費電力 1 Wh の實費

p_2 = 使用電球 1 個の價格

l = 使用電球の壽命 (時間)

c = 使用電球の燭光數

w = 使用電球の 1 燭光當りの消費電力 (ワット)

とすれば、電燈 1 個を點ずる爲めの 1 時間當りの實費は

$$p_0 = cw p_1 + \frac{p_2}{l}$$

然るに電球の壽命は電球の能率 w の或る乗數に比例するを以つて

$$l = kw^n$$

と置く事を得、従つて

$$p_0 = cw p_1 + \frac{p_2}{kw^n} \dots\dots\dots (1)$$

此の式より明かなる如く、一定燭光の一定種類の電球を點ずる場合にも、能率の選定如何に依りて點燈費に影響すべく

$$\frac{d p_0}{d w} = c p_1 - \frac{n p_2}{k} w^{-(n+1)} = 0$$

を満足する如くに w を選定する時に p_0 最小なり。即ち最も經濟的なる w の値は

$$w = \left(\frac{n p_2}{k c p_1} \right)^{\frac{1}{n+1}} \dots \dots \dots (2)$$

k 及び n の値は使用電球の種類に依つて異なるべきは勿論なり。故に假りに二三種の電球を取り、之れに相應する k , n 及び p_2 の値を(2)式に挿入して其の電球に對し最も經濟的なる w を算出し、此の w の値を(1)式に挿入して p_0 の最廉なる電球を選べし。

(4) 從量料金制を用ふる電燈事業者あり、電球は一定價格にて需用家に供給するものとす、今電燈事業者に取りて最も經濟的なる電球を選定せんとする場合に於て其の電球の能率は如何なる見地より決定すべきか之を論述せよ。(大正9年III級1)

〔解〕 電球の能率は需用家の消費電力量と電球の壽命(電球の壽命は $w/c.p.$ の或る power に比例す)とに影響す。従つて電力料収入、發電費中發電電力量に正比例すべきもの(火力發電の場合の燃料費)或は他より電力を買入れ電燈事業を営む場合には、電力買入代金及び電球賣上に依る利益とは電球の能率に依つて左右さるゝこと明かなり。然れども其の他の經費は殆ど電球の能率に關せず一定するものなり。而して電力料収入は電球能率良好なる程不利の結果を來し、電力量に比例する經費及び電球賣上に依る利益は、電球能率良好なる程有利なる結果を來すものなれば、此の兩者を比較考慮して、最も有利なる様電球の壽命を決定すれば可なり。

但し此の場合の比較に於て最も注意を要するは、縱令電燈業者より供給を受くる場合の電球代價が、市中の電球小賣値段より一個に

付五錢或は十錢安價なる場合に於ても、電燈會社或は其の出張所への往復の不便、之れに要する時間或は電車賃等の關係より、市中の小賣店より電球を買入るゝ方需用家に取りて便宜且つ安價なる場合多く、従つて需用家の全部が必ずしも電燈業者より電球の供給を受くるものに非ず。尙又電球の壽命著しく不良なる場合には、益々電燈業者より電球の供給を受けざるもの多數となり、或る程度以上に電球の能率を良好とするときは電球賣却に依る利益反つて減ずべきことなり。而して此の點に關して合理的なる推定を下すことは殆ど不可能に近きものなるを以て、實際問題としては或る期間を畫して電球の能率を多少づゝ變化して其の成績を試み、實驗上より最も有利なる電球能率を選定するの他に途なからん。之れに反して、電球壽命の如何或は電球購入の便否等をも考慮せずして、需用家の大多數が必ず事業者より電球の供給を受くるとするが如き獨斷的假定を設けて數學的に比較せんとするが如きは、徒に數學的遊戲を試むるに過ぎざるものと云ふべきなり。

(5) 電燈料金を決定するに際し考慮すべき諸點を述べよ。(大正10年I種口述4)

(6) 電燈料金を定むるに就き考ふべきことを問ふ。(大正3年I級口述)

〔解〕 先づ 1kWh 當りの原價を算出する必要あり。原價計算は、資本費と營業費とに大別し得べし。發電所、變電所、送電線、配電線等に要する設備費即ち投下資本に對する利子(株式配當、社債利子、借入金利子等)及び積立金(元資償却積立金、減損補填積立金、改良準備積立金等)は前者に屬し、事業管理費、發電費、線路保守費、計量費等は後者に屬す。故に上記各項に與へられたる數値並に適當なる定數を挿入し原價を計算すべきものとす。次に電燈料金を決定するには先づ供給區域内に於ける需要家の密度、即ち都

市か村落かに依る區別，將來に於ける増加等を見越し，且つ需用率不等率，負荷率等を考慮し，取付け得べき總燈數を決定すべし。次に料金決定を三部制，二部制或は單純料金制によるものを考へ尙從量制或は定額制によるかを定め，然る後適當なる値となすべきものなり。

(7) 電燈供給事業者より見たる定額料金制と從量料金制との優劣を問ふ。 (大正8年II級口述2)

〔解〕 定額制に依るの利點は，(イ)需用家が電氣に對し支拂ふ可き料金を豫め知悉してゐるといふこと。(ロ)水力事業に於ては最高負荷の如何に依り原價が定まるものなれば，定額制に依り料金を徴收しても何等不公平なきに近し。之れに對し，缺點とする所は，(ハ)電氣使用時間の不當なる延長に依り不必要なる負荷の増加を免れ難きこと (ニ)今日の水力事業殊に將來の水力事業は火力豫備又は貯水池を利用するものなれば，是等の豫備設備は不必要なる電氣消費の節約に依り大いにその費用を軽減し得べし。從量制に依る時は，(イ)に對しては多少の缺點ありと雖，(ロ)に對しては適當なる料金制に依る時は何等差支へなく，(ハ)，(ニ)に對しては斷然定額制が優れりとす。但し上述の比較は比較的數多き同一燈數に對し論ぜらるべきものにして，村落等に於ける如く一家當りの燈數僅少なる時は定額制に依る可きは勿論なり。

(8) 最低料金を規定せる料金制と準備料金を規定せる料金制とを説明し，各々の長所と短所とを述べよ。

(大正14年II種口述3)

〔解〕 元來料金賦課元則としては，消費電力量によるものと，最高需要に基く一定料金即ち準備料金とより組成せらるべきものとす。然し乍ら準備料金を決定するに際し最高需要値を何により決定するかが頗る困難なる事柄なり。即ち最高需要の平均値を定む可き

時間の長さ，一度決定せられし最高需要の値が料金の基礎として，採用さるる期間，力率の影響等考慮すべき幾多の事項あり。又實際に最高需要を測定する方法としては，積算電力計による法，最高需要を測定する特殊の計器例へば電流制限器等に依る方法等あり，何れも一得一失あるものなり。

次に最低料金によるものを考へんに，これは上述の如き煩雜なる事項なしと雖，次の如き缺點あり。即ち最低料金に達する迄は消費量の多寡に拘らず支拂額同一なる故自然電氣濫用の弊を生じ易きこと。最低料金以下の消費者の間に就いて考ふるに，消費量の大小を問はず支拂額同一なる故，各個需要家への賦課の公平を缺ぐこと。料金根本の原則即ち最大需要の事項を閑却し單に消費電力量に依るもの故不正確不公平を免れ難きこと等なり。

以上要するに準備料を採用するものは合理的に近きものなりと雖，その取扱法及び測定器等に多大の留意をなすべきものなり。又最低料金を規定するものにおいて是非合理的なりと雖準備料を規定するが如き煩雜なきものなり。

(9) 小口の電燈及び電力に同率の料金を課せざるは，如何なる理由に依るか。 (大正14年I種口述2)

〔解〕 小口の電燈が電力に比し高價なる理由を列記すれば次の如し。

1. 一需用家當りの消費量が小なる事。
2. 負荷率が不良なる事。
3. 利用價值(同一仕事をなす競争者が要する費用)が大なる事
換言すれば，需用者に於て高價の支拂を厭はざる事。
4. 電壓變動率を小にし，停電をなくするに一層努力する爲め，より大なる費用を要する事。

年 次 索 引

第 三 級

明治四十四年度		大正五年度	
問題 1... .. 初等	9	問題 1... .. 初等	38
" 2... .. 初等	2	" 2... .. 39	
" 3... .. 11		" 3... .. 87	
" 4... .. 29			
大正元年度		大正六年度	
問題 1... .. 初等	40	問題 1... .. 初等	2
" 2... .. 初等	2	" 2... .. 36	
" 3 イ, ロ, ハ ... 初等	54	" 3... .. 初等	48
" 3 ニ, ホ ... 初等	55		
大正二年度		大正七年度	
問題 1... .. 初等	21	問題 1... .. 105	
" 2... .. 初等	6	" 2... .. 47	
" 3... .. 48		" 3... .. 74	
大正三年度		大正八年度	
問題 1... .. 初等	11	問題 1... .. 初等	15
" 2... .. 41		" 2... .. 66	
" 3... .. 初等	60	" 3... .. 77	
大正四年度		大正九年度	
問題 1... .. 初等	18	問題 1... .. 106	
" 2... .. 初等	31	" 2... .. 38	
" 3... .. 74		" 3 イ, ロ, ... 54	
		" 3 ハ ... 55	
		" 3 ニ ... 56	

第 二 級

明治四十四年度		大正五年度	
問題 1... .. 省略		問題 1... .. 17	
" 2... .. 5		" 2... .. 58	
" 3... .. 29		" 3... .. 71	
" 4... .. 36		大正六年度	
大正元年度		問題 1... .. 14	
問題 1... .. 38		" 2... .. 56	
" 2... .. 64		" 3... .. 32	
" 3... .. 90		大正七年度	
大正二年度		問題 1... .. 22	
問題 1... .. 59		" 2... .. 41	
" 2... .. 4		" 3... .. 69	
" 3... .. 35		大正八年度	
大正三年度		問題 1... .. 2	
問題 1... .. 4		" 2... .. 70	
" 2... .. 40		" 3... .. 94	
" 3... .. 88		大正九年度	
大正四年度		問題 1... .. 46	
問題 1... .. 27		" 2... .. 15	
" 2... .. 24		" 3... .. 65	
" 3... .. 94			

第 二 種

大正十年度		大正十一年度	
問題 1... .. 78		問題 4... .. 55	
" 2... .. 1		問題 1... .. 6	
" 3... .. 初等 49		" 2... .. 29	

問題 3... .. 初等 50	問題 3 = 初等 54	
大正十二年度		
問題 1... .. 56	" 3 ホ 63	
" 2... .. 104	大正十四年度	
" 3... .. 初等 38	問題 1... .. 76	
大正十三年度		
問題 1... .. 2	" 2... .. 初等 32	
" 2... .. 初等 71	" 3... .. 初等 62	
" 3 イ 63	大正十五年度	
" 3 口 初等 53	問題 1... .. 初等 67	
" 3 ハ 初等 55	" 2... .. 26	
	" 3... .. 72	

第 一 級

明治四十四年度		大正五年度	
問題 1... .. 10		問題 1... .. 62	
" 2... .. 100		" 2... .. 52	
" 3... .. 49		" 3... .. 89	
" 4... .. 28	大正六年度		
大正元年度		問題 1... .. 56	
問題 1... .. 42		" 2... .. 51	
" 2... .. 102		" 3... .. 68	
" 3... .. 88	大正七年度		
大正二年度		問題 1... .. 15	
受験者ナシ		" 2... .. 46	
大正三年度		" 3... .. 82	
問題 1... .. 17	大正八年度		
" 2... .. 38	問題 1... .. 1		
" 3... .. 99	" 2... .. 50		
大正四年度		" 3... .. 62	

問題 1... .. 16	問題 1... .. 24
" 2... .. 34	" 2... .. 62
" 3... .. 73	" 3... .. 86

大正九年度

第 一 種

大正十年度

問題 1... .. 12	問題 1... .. 92
" 2... .. 79	" 2... .. 79
" 3... .. 5	" 3... .. 6

大正十一年度

問題 1... .. 60	問題 1... .. 83
" 2... .. 53	" 2... .. 48
" 3... .. 97	" 3... .. 8

大正十二年度

問題 1... .. 22	問題 1... .. 80
" 2... .. 63	" 2... .. 17
" 3... .. 98	" 3... .. 9

一般(一次)より採録せる分なし

口述より採録せる分

第 三 級

大正七年度問題 4 23

第 二 級

大正三年度問題 4 2	大正七年度問題 1 87
大正六年度問題 5 88	大正八年度問題 2 108

第 二 種

大正十年度問題 4 98	大正十四年度問題 3... .. 108
---------------------	----------------------

第 一 級

大正三年度問題 1 107

第 一 種

大正十年度問題 4 107	大正十四年度問題 2... .. 109
----------------------	----------------------

昭和六年七月十日印刷
昭和六年七月十九日發行

不許
複製

科目別選試標準解答電燈

正價 金四拾錢

送料 金四錢

編輯者 電機學校
代表者 加藤靜夫
印刷者 浪岡具雄
印刷所 株式會社 オーム社印刷部

東京市神田區錦町三丁目十八番地

發行所 電機學校

東京市神田區錦町二丁目七番地
振替口座東京13184番

特約販賣所

六合館 東京市日本橋區吳服橋二丁目五
電氣之友社 東京市京橋區銀座八丁目一番地
電氣之友支社 大阪市北區堂島中二丁目
オーム社 東京市神田區錦町三丁目十八番地
オーム社出張所 大阪市北區堂島ビル四〇四

科目別^{試験標準}解答

	初等の部	高等の部
I 測定	.50 円 .04	1.00 円 .06
II 機械	.50 円 .04	.60 円 .04
III 配電	.50 円 .04	近 刊
IV 電燈	.30 円 .02	.40 円 .04
V 電鐵	ナ シ	.60 円 .04
VI 發電	.45 円 .04	.90 円 .04

附言 上記正價は昭和六年四月改正
の新正價であります。從來の正價
に比較して約二割値下げになつて
居ります。

(圖書目錄申込次第進呈)

特217
146

終