

利用 CN 振动带光谱及中色散摄谱仪 测量碳弧温度和利用原子常数测量 照象乳剂的相对光谱灵敏度*†

吴欽义** 张和琪 王彦顺

提 要

文中分析了历来人们利用 CN 振动带光谱在中小型摄谱仪中测量碳弧温度所以不太成功的原因及困难。作者在前人最近研究结果的基础上提出克服其中一部分主要困难的更具普遍意义的修正公式，并在 ICI-22 中型摄谱仪上计算出修正数据，以此测量碳弧温度，得到比较可靠的結果。测知碳弧温度以后，作者选择 Cu, Mg, Cd, Fe 四元素 21 条跃迁几率及能阶统计权为准确已知的谱线作为光强标准，测量了照象干板的相对光谱灵敏度曲线。获得和用黑体代用品——钨带标准灯所测光谱灵敏度曲线相一致的结果，证明本方法是可靠的。

一. 引 言

历来人们利用 CN $B^2\Sigma-X^2\Sigma$ 振动紫带光谱在中小色型的摄谱仪中测量碳弧温度作了許多工作^[1]，但结果总是不太成功。其原因在于：(i) 测量各带头的峰值强度时所测到的并不是一根而是包含着一定数量相混在一起分不开的振转结构。这个数量各带头不相同，决定于各带光谱的特征常数，与摄谱仪的色散率，摄谱狭缝和微光计的测量狭缝宽度有关。因此带头的峰值强度并不代表振动光谱的总强度，不能利用一般仅含振动跃迁几率的公式来测量温度。(ii) 测量振动光谱的总强度也不可能，因为尾部光带被第二带头所重叠，忽视了这就要增大测量温度的误差。(iii) 自吸收及其他。这些困难早在 1946 年 J. A. Smit 的论文^[1]中就已详细总结讨论过。最近 A. L. Floyd; R. B. King^[2] 为了重新测量 CN 带振动跃迁几率，再次讨论了这些问题，并从理论上阐明克服这些困难的途径。在这个基础上，我们进一步重新修正了在中色散 ICI-22 摄谱仪上带头的峰值强度与振动跃迁几率间的正确关系，利用此关系测量碳弧温度，并以所测温度和用原子谱线测得的激发温度进行比较。准确测知了碳弧轴心温度，我们就有可能利用可靠的原子常数测量照象乳剂的光谱灵敏度。可能在摄谱干板波长间隔甚宽的范围內作准确的谱线强度测量，这是本文研究的目的。自然，利用原子谱线测量干板的光谱灵敏度有其不言而喻的优越性。首先方法简便，不需标准黑体，再者，能测到远紫外区域。

* 1959年1月28日收到。

† 此工作系复旦大学物理系学生张和琪、王彦顺二人毕业论文的一部分。工作起迄 1958年3—7月；并于 1958年11月間在北京举行的全国光谱学会议中宣读。

** 中国科学院应用化学研究所。

二. 理論描述

1. CN 紫光帶帶頭的巔值強度與振動躍遷几率間的關係的問題：大家知道，在熱力學平衡的情況下，CN 紫光帶光譜相當於 $v' v''$ 躍遷的振動帶光譜的總強度為

$$I_{v'v''} = \nu^4 R_{v'v''}^2 \exp\left(-\frac{E_{v'}}{kT}\right), \quad (1)$$

此處 v', v'' 分別為上及下能階的振動量子數， $R_{v'v''}^2$ 為其振動躍遷几率， $E_{v'}$ 為上能階的振動位能， ν 為頻率，對於 $B^3\Sigma - A^2\Sigma$ 躍遷的光帶，其帶頭強度由 P 支 ($\Delta J = -1$) 所構成，其轉動結構的強度正比於 $J \exp\left(-\frac{E_{R'}}{kT}\right)$ ，其轉動頻率與轉動量子數 J 的關係又決定於下式：

$$\nu = \nu_0 + (B_{v'}' + B_{v''}'')J - (B_{v'}' - B_{v''}'')J^2. \quad (2)$$

不難得到轉動光帶各帶頭的轉動量子數 $\left(\frac{d\nu}{dJ} = 0\right)$ ：

$$J_{h(v'v'')} = (B_{v'}' + B_{v''}'') / 2(B_{v'}' - B_{v''}''), \quad (3)$$

式中 $B_{v'}', B_{v''}''$ 分別為上下能階振動態的轉動常數，由此各振轉光譜的譜綫強度決定於

$$I = \nu^4 R_{v'v''}^2 J \exp\left[-\frac{1}{kT}(E_{v'}' + E_{R'}(v'))\right],$$

其帶頭的第一根振轉光譜的強度當然是

$$I = \nu^4 R_{v'v''}^2 J_{h(v'v'')} \exp\left[-\frac{1}{kT}(E_{v'}' + E_{R'}(v'))\right] = \nu^4 R_{v'v''}^2 \frac{B_{v'}' + B_{v''}''}{2(B_{v'}' - B_{v''}'')} \times \exp\left[-\frac{1}{kT}(E_{v'}' + E_{R'})\right]. \quad (4)$$

實際上被測量到的並不是一根而是包含着一定數目相混在一起的轉動結構（它們形成了帶頭）。這個數目，各帶頭都不相同，而與攝譜儀的色散率有關，這個數目（令其為 ΔJ ）增強了帶頭的測量強度，相當於統計權，應乘入(4)式中，令儀器的色散率為 $d\nu/dt$ ，微光計測量狹縫寬為 Δt ，則帶頭上這個數目 ΔJ 可以由(2)及(3)式得出：

$$\Delta J = \sqrt{\left| \frac{\frac{d\nu}{dt} \Delta t}{B_{v'}' - B_{v''}''} \right|}. \quad (5)$$

這樣，各帶頭的實際測量強度（忽略自吸收時）可以由(4)式 $I\Delta J$ 和(5)式 ΔJ 值得出，取 0-0 帶 3883 Å 的躍遷几率 R_{00}^2 為 1，則各帶頭對這個 3883 Å 的 0-0 帶頭的相對強度比為：

$$\frac{I_{v'v''}}{I_{00}} = C_{v'v''} R_{v'v''}^2 \exp\left[-\frac{1}{kT}(E_{v'}' + E_{R'}(v')) - E_0 - E_{R'}(0)\right], \quad (6)$$

其中

$$C_{v'v''} = \frac{J_{h(v'v'')}}{J_{h(00)}} \cdot \frac{\Delta J_{v'v''}}{\Delta J_{00}} \cdot \left(\frac{\nu_{v'v''}}{\nu_{00}}\right)^4 =$$

$$= \left(\frac{\nu_{v'v''}}{\nu_{00}}\right)^6 \cdot \frac{J_{h(v'v'')}}{J_{h(00)}} \cdot \left(\frac{B_{v'}' - B_{v''}''}{B_{v'}' - B_{v''}''}\right)^2 \cdot \left(\frac{\left(\frac{d\nu}{dt}\right)_{v'v''}}{\left(\frac{d\nu}{dt}\right)_{00}}\right)^{1/2}. \quad (7)$$

在 Floyd 和 King 的論文^[2]中, 由于他們所用的仪器色散率不同, 他們 $C_{v'v''}$ 数值的定义为

$$C_{v'v''} = \left(\frac{\nu_{v'v''}}{\nu_{00}} \right)^5 \cdot \frac{J_{h(v'v'')}}{J_{h(00)}} \cdot \left(\frac{B_0 - B_0'}{B_{v'} - B_{v''}} \right)^{1/2},$$

因此我們用以訂正的 $C'_{v'v''}$ 值和他們已經制出数值的 $C_{v'v''}$ 之間的关系为:

$$C'_{v'v''} = C_{v'v''} \frac{\lambda_{v'v''}}{\lambda_{00}} \sqrt{\frac{\left(\frac{d\nu}{dt} \right)_{v'v''}}{\left(\frac{d\nu}{dt} \right)_{00}}}. \quad (8)$$

測量了 ИСН-22 攝譜儀的色散率, 根据 (8) 式訂正后的 $C'_{v'v''}$ 值列于表 1. 为了比較及使用方便起見, 我們也把文献中人們从理論及实验所得 CN 振動跃迁几率 $R_{v'v''}^2$ 也整理附于表中. 可以看到各人所得数值頗有出入, 尤其是 4216 諸帶. 我們認為 Floyd 用等幅波函数計算的理論值及 O & B 的实验值較好.

表 1 CN 帶光譜 ИСН-22 攝譜儀 $C'_{v'v''}$ 值及振動跃迁几率

跃迁 $v'-v''$	波長 $\lambda(\text{\AA})$	色散率 $\frac{d\nu}{dt}$ (ИСН-22)	$\frac{\lambda_{v'v''}}{\lambda_{00}} \times$ $\sqrt{\frac{\left(\frac{d\nu}{dt} \right)_{v'v''}}{\left(\frac{d\nu}{dt} \right)_{00}}}$	[2] $C_{v'v''}$ (ИСН-22)	$C'_{v'v''}$	$R_{v'v''}^2$ 振動跃迁几率						5040 ΔE
						实验值			理論值			
						[2] F&K	[3] O&B	[4] T	[5] P	[2] M&B	[2] F	
0-0	3883.4	210.9	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0
1-1	3871.4	210.3	0.995	1.117	1.112	0.813	0.868	0.816	0.832	0.822	0.848	1395.7
2-2	3861.9	209.8	0.992	1.265	1.255	0.736	0.769	0.620	0.719	0.662	0.767	2776.4
3-3	3854.7	209.4	0.989	1.436	1.420	0.732	0.769	0.620	0.708	0.538	0.737	4144.6
4-4	3850.0	209.2	0.987	1.607	1.587	0.776	—	—	0.629	—	0.711	5503.1
0-1	4216.0	230.7	1.135	0.456	0.518	0.092	0.055	0.155	0.111	0.095	0.088	-365.1
1-2	4197.2	229.5	1.127	0.504	0.568	0.133	0.099	0.250	0.123	0.169	0.159	691.9
2-3	4181.0	228.4	1.121	0.573	0.642	0.141	0.121	0.322	0.157	0.244	0.194	2322.8
3-4	4167.8	227.5	1.115	0.637	0.710	0.124	0.154	0.453	0.180	0.305	0.204	3635.2

2. 利用已知原子常数 Ag 值測量照象干板相对光譜灵敏度的問題: 大家知道, 在忽略譜綫自吸收的情况下, 同一元素不同激发位能的二条譜綫强度比为

$$\lg R = \lg \frac{I_2}{I_1} = \lg \frac{(Ag\nu)_2}{(Ag\nu)_1} - 5040.2 \frac{E_2 - E_1}{T}, \quad (9)$$

式中 $R = I_2/I_1$ 为譜綫 λ_2 及 λ_1 的强度比; A 为跃迁几率; g 为上能阶統計权; E 为激发位能; T 为激发温度. 由此, 若电弧的激发温度 T 及原子常数 Ag 值已知时, 其 $\lg R$ 是固定了的. 今由于二譜綫处照象乳剂的特性曲綫及灵敏度的可能不同, 其黑度反应不能完全代表該譜綫的强度. 在乳剂特性曲綫的直綫範圍內, 有

$$\begin{aligned} \lambda_1: S_1 &= \gamma_1(\lg H_1 + \lg \sigma_1) \\ \lambda_2: S_2 &= \gamma_2(\lg H_2 + \lg \sigma_2) \end{aligned} \quad (10)$$

式中 S 為譜綫黑度； γ 為乳劑反襯度； H 為曝光量為譜綫強度 I 和曝光時間 t 的 p 次方的乘積； σ 為乳劑的光譜靈敏度。令 $K = \gamma_1/\gamma_2$ ，由(10)及(9)式，可以求得

$$\lg \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{KS_2 - S_1}{\gamma_1} - \lg \frac{H_2}{H_1} = \frac{KS_2 - S_1}{\gamma_1} - \lg \frac{(Agv)_2}{(Agv)_1} + 5040.2 \frac{E_2 - E_1}{T} \quad (11)$$

由(11)式可以求得在 λ_1 及 λ_2 二處乳劑的光譜靈敏度比。在攝譜範圍的整個波長區域，均勻間隔地找到一組有準確 Ag 值的波長。並以其中的一波長(例如 3000 \AA) 的乳劑光譜靈敏度為 1，則全區域的相對光譜靈敏度可以按(11)式求測出來。

三. 實驗結果和討論

用 HCFI-22 攝譜儀及 MΦ-2 微光計，直流電弧 7.5 a. 極距 3mm，下石墨電極小穴中裝入 CuO~4%，CdO~1.5%，MgO~8—20%，其他為 ZnO 的試料。為了考慮下一工作快速攝譜的需要，我們選用 Ilford Rapid Process 全色干板為對象，預燃 10 秒，曝光 2—4 秒，用三階梯的濾光片攝譜，選用 Cd, Mg, Cu 的譜綫作為測量光譜靈敏度的強度標，在氬帶區域中則以 Fe (2% 試料) 在鋁電極上另攝譜測量。同一干板上預先攝進扇板或九階的減光片，測出其 γ - λ 反襯度-波長曲綫，製出 K 值曲綫。用 CN 3883 帶系測量碳弧溫度的典型實驗數據列於表 2 並繪於圖 1。測量巔值強度時必須利用乳劑特性曲綫和

表 2 用 CN 3883 諸帶測量弧溫的典型實驗數據(見圖 1)

波長 $\lambda(\text{A})$	5040ΔE	$\lg \frac{I_{v'v''}}{I_{00}}$	$\lg C'R_{v'v''}^2 - \lg \frac{I_{v'v''}}{I_{00}}$		
			O&B	F	F&K
3883	0	0	0	0	0
3871	1395.7	-0.247	0.234	0.223	0.205
3862	2776.4	-0.502	0.487	0.485	0.425
3855	4144.6	-0.755	0.793	0.775	0.766

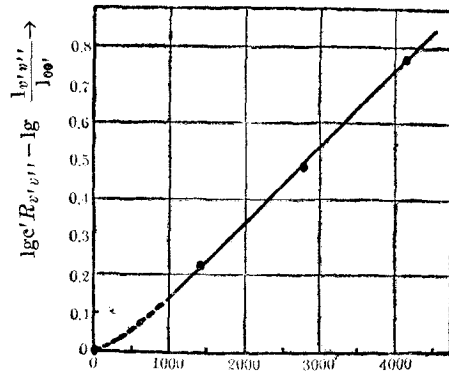


圖 1 根據表 2 數值製出的測溫曲綫

除尾部光帶重迭引入的“背景”。實驗中發現，若二電極皆為碳極時，氬帶太強，3883 帶頭有自吸收存在，實驗點偏高。若上電極改用其他金屬(如銀或鋁)，下碳極使用薄壁深穴，則 3883 諸帶可以忽略自吸收。下列為數次實驗中 CN 所測量的弧溫與同一電弧中用 Cu5105/5153 譜綫所測溫度的比較：

用 Cu 5105/5153 所測弧溫	5460	5210	5500	5520
用 CN 3883 諸帶所測弧溫	5300	4980	5320	5310

根據多次測量比較的結果看出，用 CN 帶所測弧溫恆比用銅原子譜綫所測低 200°K 左右，這是否可能是人家測量或計算躍遷几率時所引進的系統誤差，這種偏差是完全可能存在的。

表 3 所选用谱线 A_g 值(相对值)及所测乳剂相对光谱灵敏度数据. (以 Cd 280.6 的光谱灵敏度为 1, 内插制图时, 以 Mg 2783 = Cd 2837, Cu 5105 = Cd 5083, Fe 4384 = Mg 4352)

元素	跃 迁	波 长	A_g	$E(\text{ev})$	$\lg\sigma$	元素	跃 迁	波 长	A_g	$E(\text{ev})$	$\lg\sigma$
Cd ^[63]	$6^3D_1-5^3P_0$	2836.9	8.0	8.06	-0.04	Mg ^[71]	$5^1D-3^1P_1^0$	4703.0	27.5	6.98	-0.209
	$6^3D_3-5^3P_2$	2890.6	36.5	8.06	0		$4^1D-3^1P_1^0$	5528.5	15	6.58	-0.517
	$7^3S_1-5^3P_1$	3133.2	3.80	7.72	+0.135	Cu ^[53]	$4^2P_{3/2}-$	5105.5	9.25	3.815	0
	$7^3S_1-5^3P_2$	3252.5	6.0	7.72	+0.132		$4^2D_{3/2}-4^2P_{1/2}$	5153.2	620	6.19	+0.002
	$5^3D_1-5^3P_0$	3403.6	23.3	7.35	+0.208		$4^2D-4^2P_{3/2}$	5218-20	1247	6.17	+0.013
	$5^3D_2-5^3P_1$	3466.2	52.0	7.35	+0.205	Fe ^[62]	$a^3F_4-z^5G_5^0$	4383.6	650	4.31	0
	$5^3D_2-5^3P_2$	3613.0	16.4	7.35	+0.125		$a^3F_4-z^3G_5^0$	4271.8	270	4.39	+0.106
	$6^3S_1-5^3P_1$	4799.9	13.8	6.35	-0.692		$a^3D_2-z^5D_3^0$	3930.3	16	3.24	+0.287
$6^3S_1-5^3P_2$	5085.8	17.0	6.35	-0.780	$a^5D_4-z^5D_4^0$		3859.9	39	3.21	+0.236	
					$a^5D_4-z^5F_5$		3719.9	67.9	3.32	+0.188	
Mg ^[71]	$(3p)^2P_1^1-3^3P_2$	2783.0	177	7.166	0						
	$6^1D_1-3^1P_1^0$	4351.9	28	7.190	+0.041						

选用作测量干板相对光谱灵敏度的原子常数 A_g 值及按(11)式所测的干板灵敏度数据列于表 3 中. 电弧温度是根据铜谱线 Cu 5105/5153 计算的. 四个元素的四组谱线以 Cd 线为基础并以 Cd 2980.6 的光谱灵敏度为 1. 四元素以其最相近的谱线的灵敏度内插接合起来. 以此所得的干板光谱灵敏度数据制图于图 2. 为了验证数据的准确性, 我们

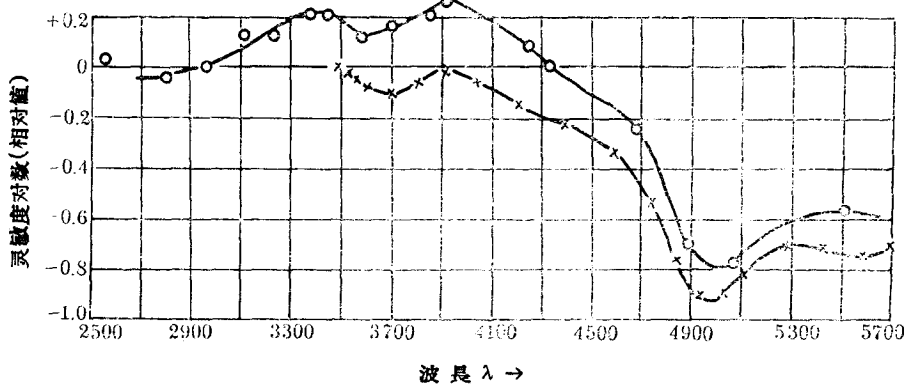


图 2 Ilford Rapid Process 全色干板光谱灵敏度曲线
 -○-○-用 A_g 值所测; -×-×-用钨带标准灯所测

特地借来一只日本钨带标准灯代替黑体在同一干板上进行摄谱. 按照 International Critical Table 第 5 册上钨带灯强度分布数据测量同一干板的光谱灵敏度. 钨带灯的干板光谱灵敏度测量数据取 3516 Å 的灵敏度为 1. 可以看到, 图 2 上用原子谱线 A_g 值及钨带所测光谱灵敏度曲线基本上是互相平行的. 这足以证明本文所提出的方法是可采用的.

参 考 文 献

- [1] Smit, J. A., *Physica*, **12** (1946), 683.
 [2] Floyd, A. L., King, R. B., *J. O. S. A.* **45** (1955), 249.
 [3] *Proc. K. Ned. Akad. Wet.* **34** (1931), 33.
 [4] *Proc. Indian. Acad. Sci.* **3A** (1936), 140.
 [5] *Proc. Phys. Soc.* **66A** (1953), 737.
 [6] *Physica*, **22** (1956), 94; *Opt. u. Spekt.* **2** (1957), 545.
 [7] *Z. Wiss. Photogr.* **50II**, (1955), 463.
 [8] *Opt. u. Spekt.* **1** (1956), 846, *Opt. u. Spekt.* **2** (1957), 150.
 [9] Land Börn, *Zahl u. Funkt.* 1 Band, 1 Teil (1950), p.269.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ УГОЛЬНОЙ ДУГИ ПУТЕМ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПОЛОСАТОГО СПЕКТРА ЦИАНА НА СПЕКТРОГРАФЕ ИСП-22 И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОПЛАСТИНКИ ПУТЕМ АТОМНЫХ ПОСТОЯННЫХ

У Цин-и Чжан Хо-ци Ван Янь-шунь

(Институт Прикладной Химии АН КНР, Фуцзяньский Университет)

РЕЗЮМЕ

В литературе имеется много работ, посвященных определению температуры угольной дуги путем колебательного фиолетового-полосатого спектра $CN\ B^2\Sigma-X^2\Sigma$ на спектрографе средней и малой дисперсии. Однако, результаты их не так удачны. Причина этого заключается в том, что (1) измеренное значение пиковой интенсивности головы полосы не является значением одной простой линии а значением колебательной структуры со определенным числом неразрешающихся друг от друга линий. Это число для различных полос неодинаково и зависит от характерных постоянных полос, дисперсии спектрографа, ширины щели спектрографа и микрофотометра. Поэтому пиковая интенсивность головы полосы не выражает суммарную интенсивность колебательного спектра и нельзя путем обычной формулы, содержащей только вероятность колебательных переходов для вычисления температуры. (2) Определение суммарной интенсивности колебательного спектра невозможно потому, что хвостовая часть спектра накрывается головой второй полосы. Пренебрежение к этому вызывает увеличение ошибки определения. (3) Самопоглощение и другие. За последнее время, А. Л. Флойд и Р. Б. Кинг еще раз посмотрели эти вопросы с целью вновь определить вероятность колебательного перехода полосы циана. Они приняли вероятность перехода типа $0-0$ полосы 3883 как единица и получили отношение пиковой интенсивности различных голов полос к голове полосы 3883:

$$\lg \frac{I_{v'v''}}{I_{00}} = \lg C_{v'v''} R_{v'v''}^2 - \frac{5040\Delta E}{vT}, \quad (1)$$

где $R_{v'v''}^2$ — вероятность колебательного перехода $v'-v''$, $I_{v'v''}$ — пиковая интенсивность данной полосы, I_{00} — пиковая интенсивность $0-0$ перехода головы полосы 3883.

Они считают, что $C_{v'v''}$ —это постоянная поправка для учета трудности в (1) и приводят данные колебательной полосы примененного спектрографа с диффракционной решеткой, с фокусным расстоянием 1 м. Мы получили более общую формулу из их данных и считали что надо заменить $C_{v'v''}$ в формуле (1) фактором $C'_{v'v''}$. Их взаимное соотношение таково:

$$C'_{v'v''} = C_{v'v''} \frac{\lambda_{v'v''}}{\lambda_{00}} \sqrt{\frac{\left(\frac{dv}{d\lambda}\right)_{v'v''}}{\left(\frac{dv}{d\lambda}\right)_{00}}}, \quad (2)$$

где $\frac{dv}{d\lambda}$ — дисперсия спектрографа, λ — длина волны.

Мы определили дисперсию спектрографа ИСП-22, по формуле (2) и исправили эту постоянную. По формуле $\lg \frac{I_{v'v''}}{I_{00}} = \lg C'_{v'v''} R_{v'v''}^2 - \frac{5040 \Delta E}{T}$ определяется температура угольной дуги.

Мы определили температуры в середине угольной дуги и сопоставили их с данными, полученными по атомному спектру меди Си 5105/5153. На фотопластинке одновременно были сняты спектры с ступенчатым ослабителем. Путем характеристической кривой определяется относительная интенсивность. При измерении полосы циана следует обращать внимание на исключение интенсивности наложенной хвостной части полосы. Результат измерения показывает, что на голове полосы 3883 Å имеется сильное самопоглощение что вызывает повышение экспериментальных пунктов. По степени повышения можно вычислить степень поглощения. При вычислении температуры пункт 3883 не включается. Из много численных экспериментальных данных видно, что температура, полученная путем полосы циана всегда ниже температуры по Си 5105/5153 на примерно 200° К. Истинная причина этой разницы еще не обнаружится. Считаем, может быть вследствие (1) неравномерного поперечного распределения температуры угольной дуги, (2) некоторой систематической ошибки, внесенной другими авторами при определении вероятности перехода. Узкая температуры возбуждения источника света нам представится возможность, на оборот, определения относительной чувствительности эмульсии фотопластинки с использованием атомных постоянных Ag , точно получив кривую γ - λ фотопластинки (контраст-длина волны). Пусть две линии λ_1, λ_2 одного элемента. Длины волн которых гораздо отличается друг от друга. Их вероятности перехода A , статистические веса верхних уровней g и потенциалы возбуждения E известны. Представим σ_1, σ_2 — соответствующая спектро-чувствительность эмульсии, можем получить:

$$\lg \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\gamma_1 S_2 - \gamma_2 S_1}{\gamma_1 \gamma_2} - \lg \frac{(Ag\nu)_2}{(Ag\nu)_1} + 5040 \frac{E_2 - E_1}{T}, \quad (3)$$

где S_2, S_1 — почернения линий λ_2, λ_1 , T — температуры, полученные или по циановой полосе или по атомному спектру меди.

В области 2783—5528 Å выбирали 21 спектральной линии четвертого элемента:

Cd, Mg, Cu, Fe. Значения A_g их известны. Принцип выбора—по возможности избегать попадание на основной уровень. Сила тока дуги постоянного тока 7.5а, промежуток между электродами 3 мм. В кратере нижнего угольного электрода помещается синтетический образец с составом SnO —4%, CdO —1.5%, MgO —8~20% и остальной—окись цинка и угольный порошок.

В области циановых полос мы дополнительно сняли спектр пробы 2% окиси железа в окиси цинка на алюминиевых электродах и применили для определения.

Полученные данные приведены в рис. Для проверки надежности определения, мы тоже сняли спектр стандартной вольфрамовой лампы. Применение фотопластины—Ilford Rapid Process. Из рисунка видно, что кривые относительной спектральной чувствительности, полученные путем значения A_g и стандартной лампы в основном параллельны.