

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A VERSÃO FINAL DA
TESE DE DOUTORAMENTO DEFENDIDA PELO A. ANTONIO JAMIL
MANIA E APROVADA PELA COMISSÃO JULGADORA.

31 DE MARÇO DE 1973

Antonio Jamil Mania

Espectroscopia Atômica de Emissão dos Gases Nobres Argônio e Criptônio

por

Antonio Jamil Mania

B. F. – Universidade de São Paulo

1986

M. F. – Universidade Estadual de Campinas

1989

Submetido como Requerimento Parcial para a Obtenção do Grau de Doutor em Física

na

Universidade Estadual de Campinas

Dezembro de 1992

Banca Examinadora :

Prof. D^r Antonio G. Trigueiros (orientador) – IFGW – Unicamp

Prof. D^r Daniel Pereira – IFGW – Unicamp

Prof. D^r George G. Kleiman – IFGW – Unicamp

Prof. D^r Carlos A. Massone – IF – UFF

Prof. D^r Francisco B. T. Pessine – IQ – Unicamp

Suplentes :

Prof. D^r Artemio Scalabrin – IFGW – Unicamp

Prof. D^r Silvio Canuto – IF – UFPE



M
UNIDADE IF

N.º CHAMADA: +1 UNICA MP/D
M 314 e

V. 19366 AM
F. 261/93

C			X
---	--	--	---

PREÇO R\$ 100.000,00

DATA 10/06/93

N.º CPDC M 000 45207-Y

TD/890/IFur

ÍNDICE DE CONTEÚDO

	Página
Abstract	iv
Dedicação	vi
Agradecimentos	vii
Listagem de Esquemas	viii
Listagem de Tabelas	x
Listagem de Gráficos	xii
Capítulo I.- Introdução	
I.1.-Apresentação Histórica	1
I.2.-Objetivos da Tese e Comentários das Publicações	5
Capítulo II.-Guia Teórico para a Análise	
II.1.-Esquemas de Aproximação e de Acoplamentos	15

II.2.-Regras de Seleção	17
II.3.-Parâmetros de Slater	20
II.4.-Interações Relativísticas	22
II.5.-Cálculos Numéricos	23

Capítulo III.-Trabalhos de Laboratório

III.1.-Descrição dos Dispositivos e Materiais	26
III.2.-Experimentos para Otimização dos Parâmetros	27

Voltagem, Pressão e Número de Disparos

III.3.-Produção da Tabela de Dados Sobre o Ar	29
---	----

Capítulo IV.- Sequência Isoeletrônica Para o Ar VII

IV.1.-Verificação dos Níveis Conhecidos	38
IV.2.-Extensão do Espectro Para a Configuração Impar $3p3d$. . .	44
IV.3.-Extensão do Espectro Para a Configuração Par $3d^2$. . .	45

Capítulo V.-Resultados da Análise Espectral

V.1.-Otimização dos Parâmetros HF	57
---	----

V.2.-Discussões/Comparações dos Níveis e Transições do Ar VII .	70
---	----

Capítulo VI.- Conclusões	73
------------------------------------	----

Referências	79
-----------------------	----

Apêndice I.- : Tabela de Dados sobre o Argônio	83
--	----

Apêndice II.- : Trabalho sobre o Ar V	158
---	-----

Apêndice III.- : Trabalho sobre o Kr V	162
--	-----

Apêndice IV.- : Trabalho sobre o Ar VII	173
---	-----

Curta Nota Biográfica	199
---------------------------------	-----

Abstract

An experimental work for obtaining photographic plates, where transitions from a θ -pinch as a radiation source were recorded, is presented. A table of data and the extension of the analysis of ArV spectrum are produced. Using data from Lund θ -pinch, the KrV spectrum is also obtained.

An analysis, using the iso-electronic sequence for ArVII, showed the need for alteration of most existing well-known accepted energy level values. Extending such analysis to the whole complex (3,3) and using CIOp table for Ar, allowed to cover 35 levels (31 of which are new) and 76 transitions (64 of which are new). Concluding the analysis, the fitting of HF parameters, leading percentage and energetic level optimization are determined using computer codes.

Um trabalho experimental de obtenção de placas fotográficas, onde são registradas as transições utilizando um θ -pinch como fonte de radiação, é apresentado. A confecção de uma tabela contendo os dados espectroscópicos e a extensão da análise do espectro do Ar V, é então conseguida. O espectro do Kr V utilizando dados do θ -pinch de Lund, também é estendido.

Uma análise via sequência-isoeletrônica para o Ar VII, revela a necessidade da alteração de valores da maior parte dos níveis até então conhecidos e aceitos. Essa análise então, extensivamente ampliada para todo o complexo (3,3) e fazendo uso da tabela do CIOp sobre o Ar, envolveu 35 níveis, dos quais 31 são novos e 76 transições, das quais 64 são novas. O ajuste dos parâmetros HF, a composição de auto-vetores e a otimização dos níveis energéticos, terminando a análise são determinados pelo uso de códigos computacionais.

Dedicação

Em memória de meus pais Luise e Antonio, pela força espiritual... ;

Aos meus filhos Edrian e o pequenino Andrews, pela força moral...

A minha esposa Rosália pela longa espera...

Agradecimentos

Eu desejo agradecer às seguintes pessoas:

D^r Antonio G. Trigueiros por seu exemplo e considerável paciência através do transcurso deste trabalho ;

Gildo H. Cavalcante pelas discussões úteis e pelo interesse demonstrado no progresso deste trabalho ;

D^{rs} Jorge Reyna Almandos e Mario Gallardo e demais amigos do CIOp, pela excelente recepção e comportamento academico, durante minha estadia em La Plata ;

Secretárias : Cora, Myioko e Valquíria sempre com suas ajudas prestativas nos momentos de impaciência; em especial para a Cristina sempre muito esforçada ;

Técnico em eletrônica Douglas, sempre merecedor de elogios por sua eficiência e comportamento de pessoa qualificada ;

Funcionárias da Secretaria de Pós-Graduação : Cidinha, Armando e em especial à Marinês ;

Eu desejo agradecer também ao suporte financeiro fornecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Desenvolvimento da Unicamp (FUNCAMP).

Listagem de Esquemas

Página

Esquema I : Mostra de quais configurações foram classificadas três novas transições para o Ar V pelo decaimento radiativo de um elétron-p e três novas pelo decaimento de um elétron-d.	9
Esquema II : Mostra de quais configurações foram classificadas quinze novas transições para o Kr V pelo decaimento radiativo de um elétron-p.	11
Esquema III : Esquema dos níveis tripletes das configurações do complexo (3,3) como conhecidas antes deste trabalho e compiladas por R.L.Kelly.	13
Esquema IV : Esquema dos níveis tripletes das configurações do complexo (3,3) como modificado e ampliado por este trabalho.	14
Esquema V : Circuito esquemático do gerador de pulsos usado como auxiliar no disparo da chave “spark-gap”.	36

Esquema VI : Forma condensada de visualizar o cruzamentos das configurações pares $3s^2$, $3p^2$ e $3s3d$ com a configuração ímpar $3s3p$	76
Esquema VII : Cruzamento das configurações $3p3d - 3p^2$ e $3p3d - 3s3d$	77
Esquema VIII : Cruzamento das configurações $3p3d - 3d^2$	78

Listagem de Tabelas

Página

Tabela I : Comparação entre leituras diferentes para efeito de análise do erro cometido entre duas leituras de mesmo espectrograma. A primeira foi feita permitindo-se uma descontinuidade no sentido da leitura. . 31

Tabela II : Lista de valores das posições de algumas linhas de referência e os respectivos fatores de placa calculados a partir da linha $395,558\text{\AA}$ em 13,325 mm. A linha tracejada indica medidas de outra placa. . 33

Tabela III : Relação de intervalos de comprimentos de onda, número de linhas de referências, grau de polinômios, discriminantes e número de transições cobertos na confecção da tabela de dados sobre o Ar. . . 34

Tabela IV : Rol das Configurações, respectivos Termos espectrais que as compõem e paridades do complexo (3,3), estudadas em detalhe na análise espectral do Ar VII. 39

Tabela V : Valores aceitos para o nível $3s3p\ ^3P_1^0$ em comparação, por ordem cronológica, por aqueles dados por C.E.Moore em "Atomic Energy

Levels”, J.O.Ekberg via interpolação e R.L.Kelly em “Atomic and Ionic Emission Lines Below 2000 Å”.	42
---	----

Tabela VI : Saída do ELCALC exibindo a configuração a que pertence o nível, seu valor energético $E(cm^{-1})$, a discrepância (cm^{-1}) advinda da otimização e número de transições na determinação do nível.	59
---	----

Tabela VII :Linhas classificadas do espectro do ArVII mostrando sua característica/intensidade, comprimento de onda ($\text{\AA}$), número de onda (cm^{-1}), diferença entre os valores de tabela e calculados via otimização dos níveis, além da transição a que pertence a linha. . .	61
--	----

Tabela VIII : Níveis de energia para as configurações pares do Ar VII e suas respectivas composições de auto-vetores.	64
---	----

Tabela IX : Níveis de energia para as configurações ímpares do Ar VII e suas respectivas composições de auto-vetores.	65
---	----

Tabela X : Parâmetros de Slater para configurações pares como dados via HFR e ajustados.A razão entre esses valores também são indicadas.	66
---	----

Tabela XI : Parâmetros de Slater para configurações ímpares como dados via HFR e ajustados. A razão entre esses valores também são indicadas.	68
---	----

Listagem de Gráficos

Página

- Gráfico I : Forma de variação do fator de placa da rede de difração para efeito de localizar linhas de referências. 37
- Gráfico II : Curvas exibindo as discrepâncias como obtidas por Ekberg () em comparação com os valores adotados hoje (.) para a transição $3s3p\ ^3P_1^0 - 3s2\ ^1S_0$ na sequência-isoeletrônica do Mg I. 46
- Gráfico III : Curva em uma escala apropriada para a determinação do valor experimental do nível $3s3p\ ^3P_1^0$ para o Ar VII. Mostrados também os antigos valores como dados por C.E.Moore e R.L.Kelly 47
- Gráfico IV : Valores experimentais dos níveis tripletes da configuração $3s3p$ ao longo da sequência isoeletrônica para efeito de comparação. Nesta escala não é visível a diferença entre aqueles dados por este trabalho e C.E.Moore. Para o Ar VII, os valores como adotados por R.L.Kelly estão claramente longe da posição aceitável ao longo da sequência. 48
- Gráfico V : Valores experimentais ao longo da sequência-isoeletrônica para níveis tripletes das configurações $3p^2$ e $3s3d$. Também mostrados

os valores adotados por C.E.Moore e R.L.Kelly para o Ar VII. 49

Gráfico VI : Extrapolação de transições experimentais envolvendo as configurações $3p3d - 3p^2$ para o Ar VII ao longo da sequência isoeletrônica. 50

Gráfico VII : Extrapolação de transições experimentais envolvendo as configurações $3p3d - 3s3d$ para o Ar VII ao longo da sequência isoeletrônica. 51

Gráfico VIII : Curvas de transições das configurações $3p3d - 3p^2$ envolvendo a diferença entre valores experimentais e teóricos. 52

Gráfico IX : Curvas de transições das configurações $3p3d - 3s3d$ envolvendo a diferença entre valores experimentais e teóricos. 53

Gráfico X : Extrapolação de transições experimentais envolvendo as configurações $3d^2 - 3p3d$ para o Ar VII ao longo da sequência isoeletrônica. 54

Gráfico XI : Curvas de transições das configurações $3d^2 - 3p3d$ envolvendo a diferença entre valores experimentais e teóricos. 55

Gráfico XII : Extrapolação dos níveis experimentais novos ao longo da sequência isoeletrônica. O comportamento suave dessas curvas atestam que esses níveis para o Ar VII não participam das discrepâncias encontradas em íons abaixo dele.

Capítulo I - Introdução

I.1.-Apresentação Histórica—A espectroscopia de átomos neutros e singularmente ionizados é um campo antigo de pesquisa e muito trabalho foi feito desde o século XIX bem antes do conhecimento teórico ser estabelecido. Entretanto, extensões a estados de carga mais altos são de datas mais recentes. Para produzir tais átomos, fontes de radiação mais poderosas foram necessárias. A região de interesse, usualmente chamada região ultra-violeta de vácuo situa-se abaixo de $2000\text{\AA}$ ($1\text{\AA} = 10^{-10}m$) correspondendo à energia do fóton superior a $6eV$ ($1eV = 11605K$). Já em 1906 Lyman[1] construiu uma rede côncava adequada para comprimentos de onda tão baixo quanto $500\text{\AA}$. A região foi estendida para $200\text{\AA}$ por Millikan e Sawyer[2] em 1918. Na década de 20 graças ao sucesso de Schumann em preparar placas espectroscópicas adequadas (ainda no século XIX), permitiu a Millikan e Bowen[3] fazerem estudos espectrais sistemáticos de átomos multiplamente ionizado (a mais alta ionização atingida neste trabalho foi o Cloro seis vezes ionizado). Dos anos 30 em diante, importantes desenvolvimentos foram feitos em Uppsala, a Edlén, Tyrén e outros sendo produzidos um grande número de íons sendo estudados seus níveis de energia[4, 5, 6, 7].

Átomos altamente ionizados tem diversas propriedades que diferem daqueles átomos neutros ou poucas vezes ionizados. Desde que a carga nuclear Z excede grandemente a carga dos elétrons restantes, a interação eletrostática é predominantemente central. Isto pode levar a conclusão que a estrutura de átomos altamente ionizados seja similar àquela do hidrogênio neutro. Entretanto, enquanto existe alguma semelhança, certas diferenças importantes também existe. Por exemplo, para alto valor de Z causa uma contração das cascas de elétrons mais internas, enquanto os elétrons de valencia estarão

menos localizados. Há também grandes efeitos magnéticos o qual causa o abrimento de “estrutura fina” exceder a separação de “estrutura grossa” eletrostática. As transições ($E1$) de dipolo elétrico “permitidas” pelas regras de seleção¹, as quais são predominantes em átomos neutros e poucas vezes ionizados, encontrarão fortes competições de transições “proibidas”, isto é, transições de dipolo magnético ($M1$), quadrupolo elétrico ($E2$) e outras de ordem superior.

A estrutura de níveis de energia de átomos altamente ionizados tem sido discutida em diversas monografias por Cowan[8, 9], Sobel'mann[10] e Janev *et alli*[11]. Alguns artigos mais curtos como os de Konomov[12], Drawin[13] e Martinson[14], discutem estrutura de níveis e probabilidades de transição, bem como técnicas instrumentais. Dentre a variedade de tabelamentos, referências e compilações críticas destacam-se os volumes de “Atomic Energy Levels”[15] (Moore 1949, 1952, 1958, 1967, 1971), que atestam a realização de muitos trabalhadores na elucidação de estrutura atômica através de observação e classificação de linhas espectrais. Listagens de comprimentos de onda (abaixo de 2000 Å) para íons de H-Kr tem sido publicadas por R.L.Kelly[16] em “Journal of Physical and Chemical Reference Data” (1987) e serve como referência oficial.

Dados experimentais e teóricos para átomos altamente ionizados são necessários para os diagnósticos de plasmas astrofísicos de onde estima-se temperaturas e componentes de atmosferas estelares; e de plasmas de laboratório onde se requer o conhecimento da temperatura das partículas em dispositivos de fusão.

Por mais de 40 anos tem sido possível registrar o espectro do Sol na região do ultravioleta e de raios-x por meio de observações baseadas em espaçonaves. Estas observações tem revelado um grande número de transições radiativas, não previamente observadas no laboratório e, portanto, estimulando muita atividade em espectroscopia atômica ex-

¹veja capítulo 2

perimental.

Também em plasmas de alta temperatura para fusão como aqueles criados com Tokamaks e espelhos magnéticos, bem como plasmas confinados inercialmente (produzido com lasers de alta potencia ou feixes de partículas), a radiação emitida das impurezas provê informações indispensáveis acerca dos processos físicos nestes plasmas. O θ -pinch é uma das fontes de radiação adequada para espectroscopia atômica de gases[40], (Figura I). Ele consiste primariamente de um tubo de descarga cilíndrico (onde é feito vácuo e injetado o gás sob estudo), e é excitado por uma espira de indução. A energia é despejada dentro do plasma usando um banco de capacitores, carregado por uma fonte de alta tensão. A compressão magnética, à qual se dá em um tempo muito curto ($\approx 2 - 4\mu s$), ocorre quando a difusão das linhas de campo dentro do plasma é pequena. Esta compressão faz com que haja um significativo aumento na temperatura dos íons e assim uma alta taxa de ionização. O θ -pinch é particularmente útil para gases, os espectros dos quais são difíceis de gerar com fontes como “sparks” e “plasma produzido por laser”. O renovado interêsse em dados espectroscópicos de gases raros é devido a sua aplicação em física de colisões, plasmas astrofísicos[41], física de lasers[42], e diagnósticos de fusão[43]. Uma tabela de dados, portanto, é de importância vital.

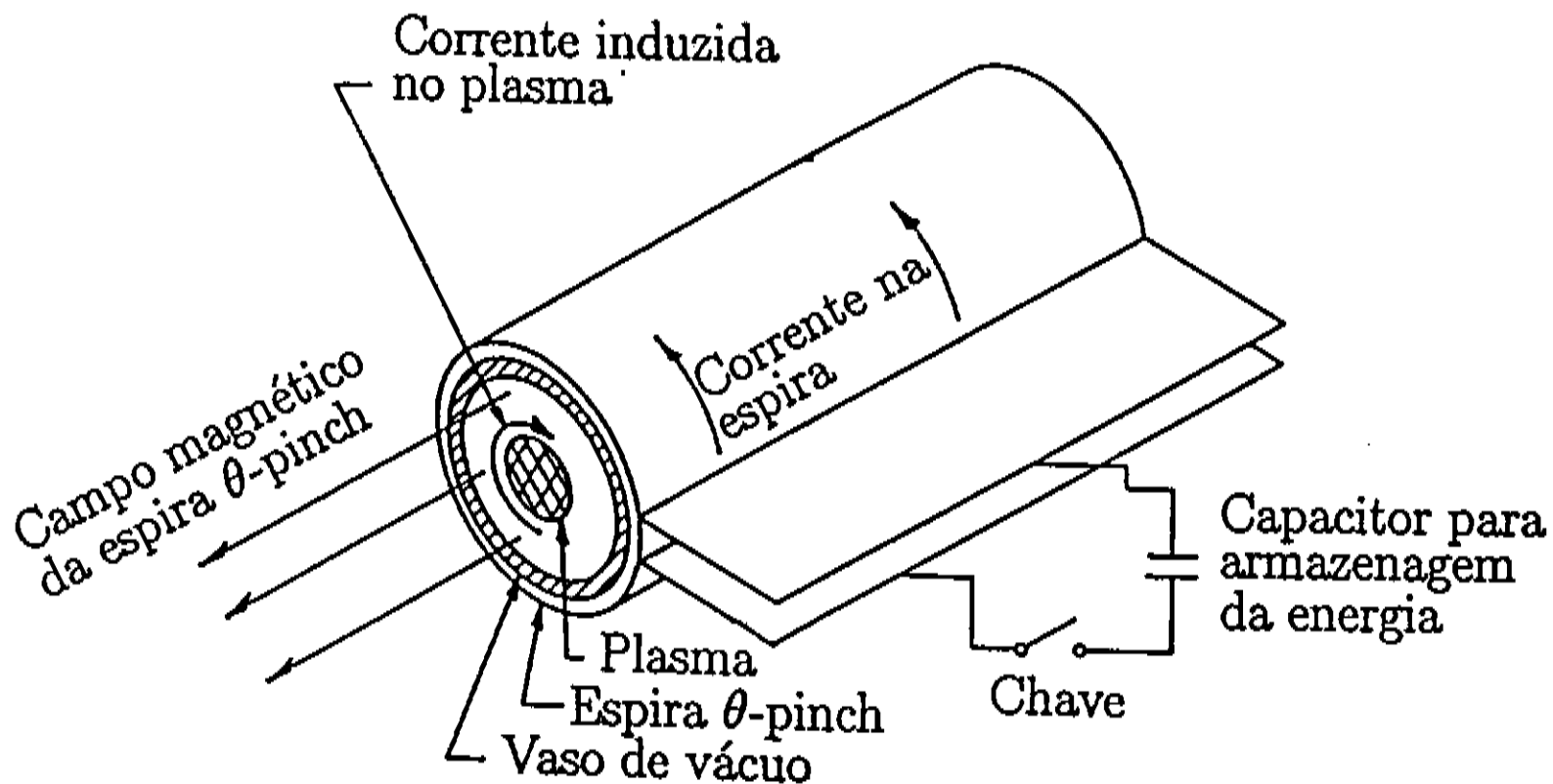


Figura esquemática de um θ -pinch

I.2.- Objetivos da Tese e Comentários das Publicações:- Os principais objetivos dos trabalhos compondo essa tese são:

- A obtenção de placas fotograficas contendo espectrogramas adequados para a confecção de uma tabela de dados sobre o gás nobre Argônio, passando pela especialização em leitura e interpretação de linhas espectrais.
- Reformular e estender a análise dos espectros dos gases nobres Argônio quatro-vezes ionizado (Ar V), Criptônio quatro-vezes ionizado (Kr V) e Argônio seis-vezes ionizado (Ar VII).

Dentro do primeiro objetivo, o gás nobre argônio foi escolhido pela facilidade de aquisição no país de conseguir a pureza espectroscopica necessária de 99,99%. Outros gases ultra-puros devem ser importados.

Tres importantes parâmetros que podem ser manipulados para caracterizar um espectrograma são a voltagem no banco de capacitores, a pressão do gás em estudo no tubo θ -pinch e o número de descargas que são realizadas durante o experimento. Entretanto, apenas os dois primeiros parâmetros estão relacionados com a energia do plasma, ficando o terceiro com a função de regularizar essa energia e otimizar a sensibilidade da emulsão fotografica. Uma opção é realizar experimentos onde o parâmetro voltagem (ou corrente elétrica) seja mantido fixo e a energia da descarga se mantenha constante, ficando a pressão (ou o número de partículas do gás no tubo) como única variável para a energia do plasma. Tal energia está diretamente relacionada com a razão V^2/P entre os dois parâmetros. Nesta opção de voltagem fixa, tem-se a vantagem de atingir uma razão entre as energias de duas exposições consecutivas, (pressões diferentes), maior

e com isso se conseguir uma melhor classificação da energia de ionização no plasma. Exemplo, se $V_1 = 20\text{kV}$ e $P = 1\text{mTorr}$, então $E_1 \sim 400$, enquanto que se $V_2 = 20\text{kV}$ e $P = 1\text{mTorr}$, então $E_2 \sim 40$ e assim $E_1/E_2 = 10$.

Por outro lado, se se deseja uma classificação iônica² mais suave, o ideal é variar apenas a voltagem, mantendo a pressão fixa. Exemplo, se $V_1 = 20\text{kV}$ e $P = 1\text{mTorr}$, então $E_1 \sim 400$, enquanto que se $V_2 = 15\text{kV}$ e $P = 1\text{mTorr}$, então $E_2 \sim 225$, e assim $E_1/E_2 < 2$.

Uma outra opção é a de se fazer a variação simultânea dos tres parâmetros conforme sugerida por outros pesquisadores[17, 18].

A identificação de linhas de referências, isto é, linhas espectrais advindas de elementos considerados impurezas contidas dentro do tubo de vidro ou em suas paredes, tais como C, N, O e Si que sempre estão presentes e já tem seu comprimento de onda (em Ângstron Å) catalogados, é uma tarefa de importância fundamental. Contribue muito para o sucesso desta tarefa o conhecimento em duas ou tres ordens de grandeza de como varia o fator de placa ao longo do circulo de Rowland, (Figura II) :

$$f(\text{Å/mm}) = \frac{d\lambda}{dx} = \frac{a \cos(\theta)}{mP}$$

sendo “a” a distância entre duas ranhuras consecutivas na rede de dispersão (em nosso espectrógrafo essa distância é igual a 1/1080 mm). θ é o ângulo de incidência da radiação sobre a rede (em nosso caso é $\theta = 0$ ou incidência normal) e P é a distância que a

²Veja capítulo III

radiação dispersada percorre desde a rede até a placa localizada no círculo de Rowland (a aproximação $P \approx 2R$, onde R é o raio do círculo, faz com que o fator de placa não seja uma constante).

Uma vez encontradas estas linhas e suas posições, as demais são obtidas via interpolação polinomial (cuja curva não deve exceder a forma cúbica)³ e as diferenças (discriminante) para os comprimentos de onda fornecidos e calculados sejam inferiores a $0,02\text{\AA}$. Com isso a tabela de dados vinda da leitura das posições das linhas espectrais emerge naturalmente. Um exemplar da mostra final desta tabela é dada no Apêndice I, ⁴.

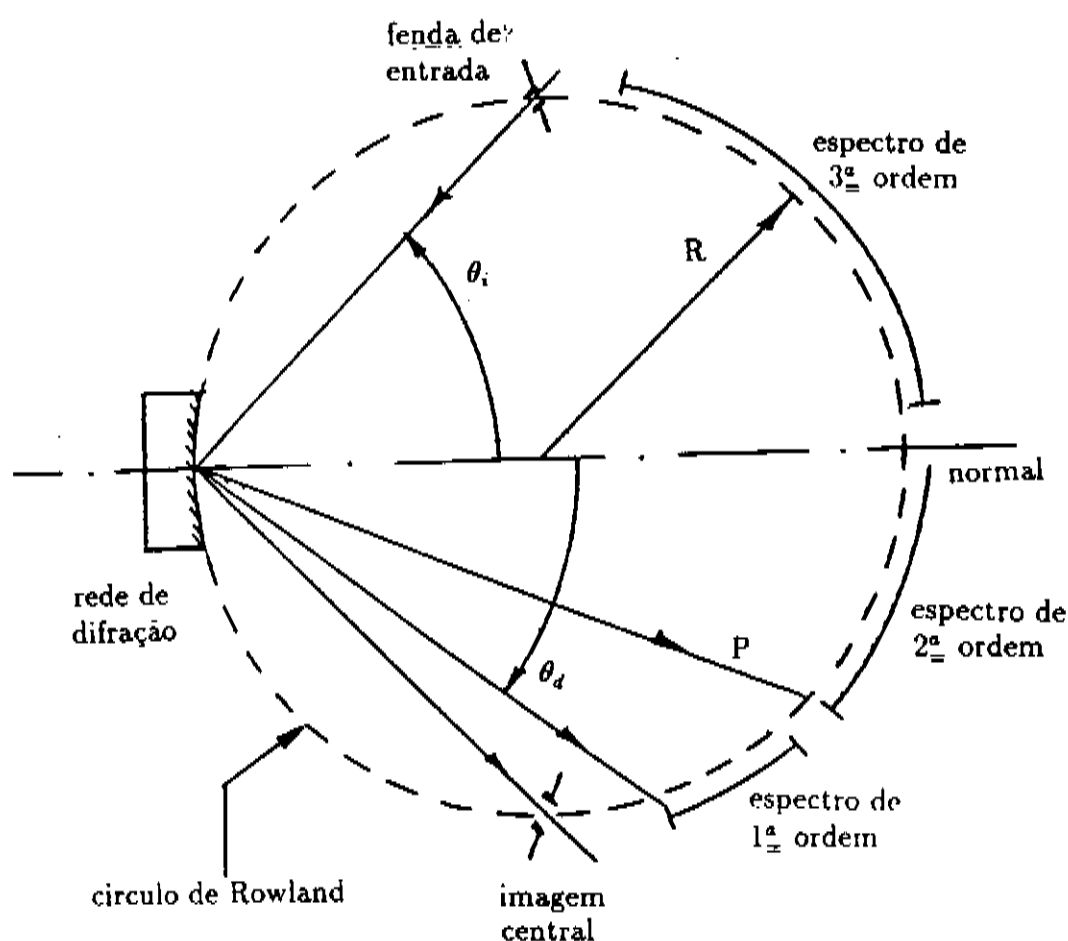


Figura esquemática dos parâmetros óticos que compõem a montagem do espectrógrafo da Unicamp

³Não deve exceder a forma cúbica, pois do contrário, para uma interpolação polinomial, qualquer conjunto de pontos podem ser ajustados desde que se varie o grau do polinômio. Em nosso caso isto não pode ocorrer, pois há uma relação aproximadamente linear entre os comprimentos de onda e suas posições respectivas, que é o fator de placa.

⁴Veja também o capítulo III

Dentro do segundo objetivo três tipos de análises são desenvolvidas:

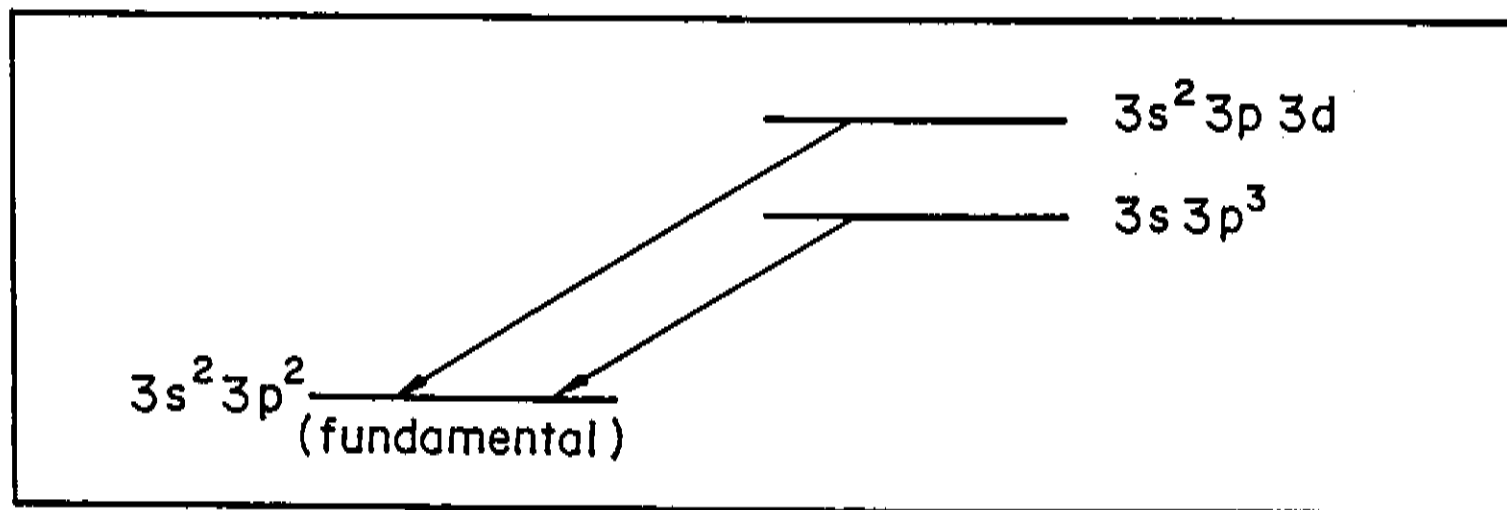
—O aproveitamento da nova tabela para estender o espectro já conhecido do Ar quatro-vezes ionizado (Ar V), que pertence a sequência isoeletrônica ⁵ do Si I. As antigas transições classificadas neste espectro e basicamente vinda dos trabalhos de Boyce[19] e de Phillips *and* Parker[20] usando “spark” no vácuo como fonte de radiação, envolvem as configurações $3s^23p^2$, $3s3p^3$, $3s^23p3d$ e $3s^23p4s$ com 26 níveis conhecidos. Fawcett *et alli*[18] acrescentaram as configurações $3s^23p4d$, $3s^23p5s$ e $3s3p^24s$ com 16 transições classificadas utilizando um θ -pinch. Usando aceleradores Livingston *et alli*[21] estudaram o espectro do Ar V ao Ar VIII e Lesteven-Vaïsse *et alli*[22] o espectro do Ar II ao Ar IX. Na publicação abaixo (veja Apêndice II):

Espectroscopia Atômica de Emissão do Argônio

A. J. Mania, G. H. Cavalcanti, A. G. Trigueiros e C. J. B. Pagan

Aceito para publicação em “Revista Brasileira de Vácuo”

⁵Sequência de íons com diferente carga nuclear, mas com mesmo número de elétrons, portanto, com a mesma estrutura eletrônica.



Esquema I: Mostra de quais configurações foram classificadas 6 novas transições para o Ar V.

a contribuição deste autor corresponde que a partir da tabela de dados produzida pelo θ -pinch da Unicamp como fonte de radiação, consegue-se identificar 6 novas transições (4 das quais são “transições de intercombinação”⁶), envolvendo as configurações mostradas no Esquema I. É ainda apresentado um conjunto de 7 linhas que não se encaixam dentro de tabelas de dados espectroscópicos anteriores⁷. Essas linhas novas deverão ser procuradas em catálogos de linhas espectrais captadas em astrofísica para se conhecer se também lá ainda não foram observadas.

⁶Veja explicação no capítulo II.

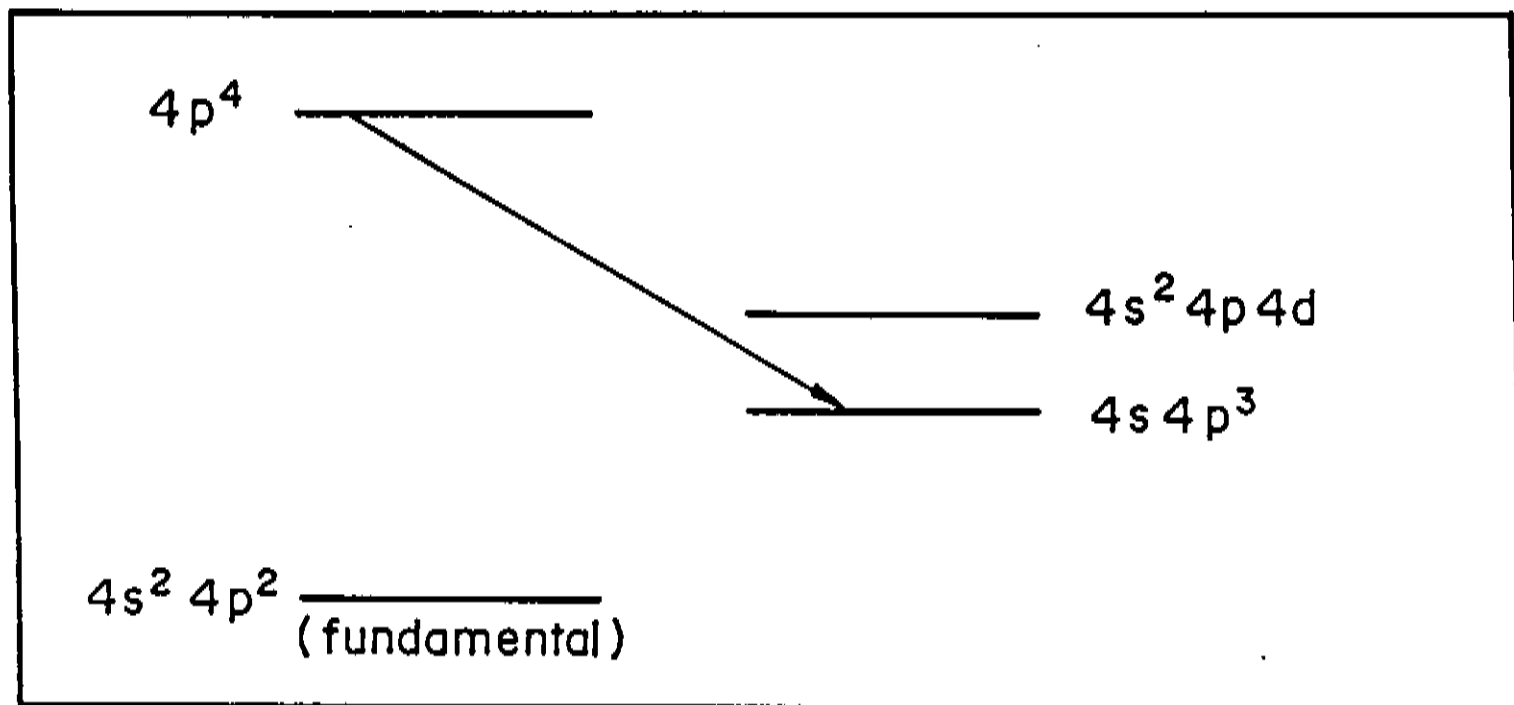
⁷Veja Apêndices I e II.

—O aproveitamento de resultados a partir de experimentos realizados no Instituto de Tecnologia de Lund por A. G. Trigueiros *et alli*, levou à estensão do conhecimento do espectro do Kr V que pertence à sequência-isoeletrônica do Ge I. Fawcett e Bromage[23] usando um Z-pinch como fonte de radiação classificaram 26 novas transições. Trigueiros *et alli*[24] fazem uma análise detalhada das configurações $4s^24p^2$, $4s4p^3$ e $4s^24p4d$ no Kr V usando um θ -pinch como fonte de luz. Na publicação abaixo (veja Apêndice II):

Core-Excited Levels of the $4p^4$ Configuration in Ge-Like Kr V

A.G.Trigueiros,A.J.Mania,S.-G.Pettersson and J.G.Reyna-Almandos

Submetido para publicação em “Physical Review A”

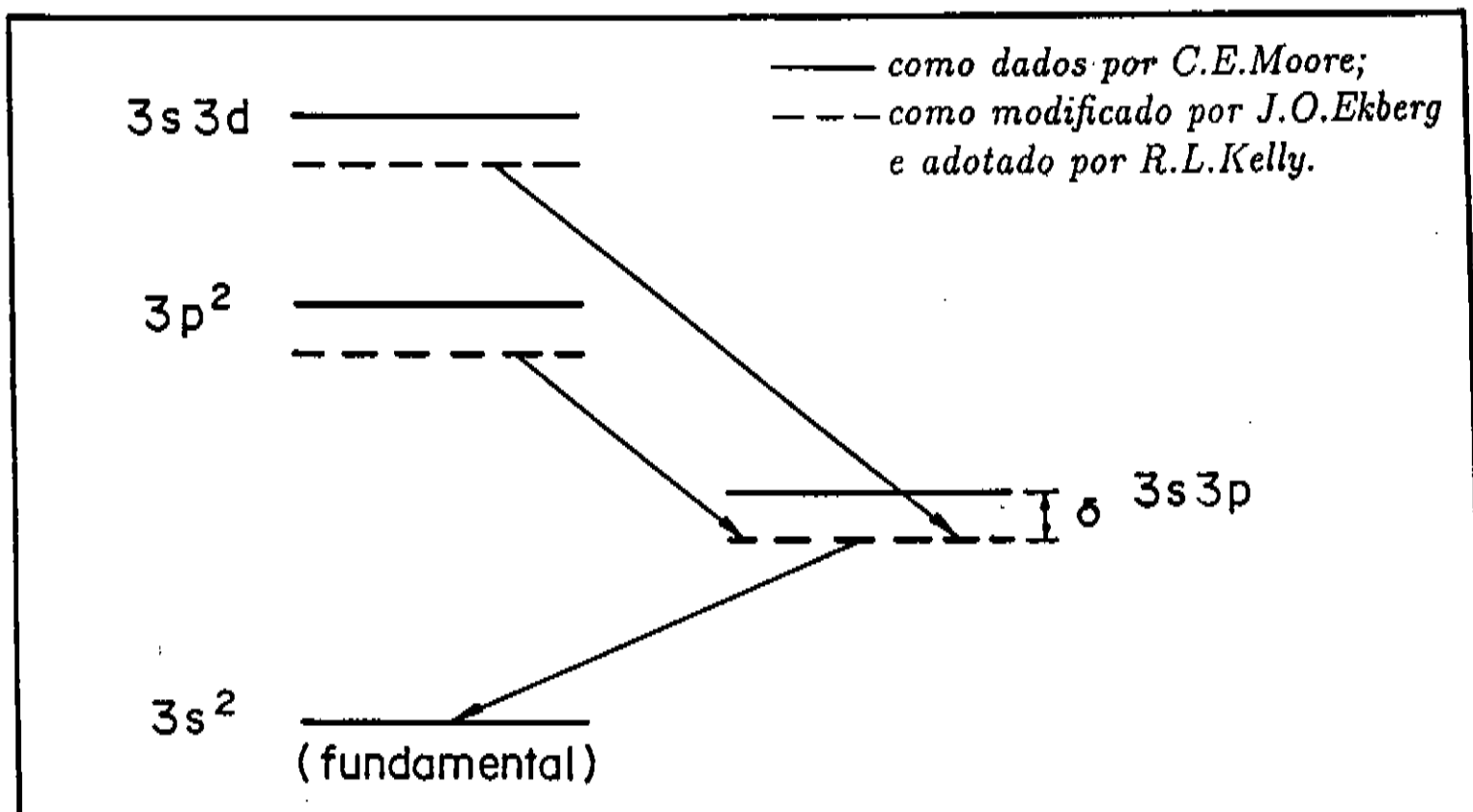


Esquema II:-Mostra de quais configurações foram classificadas 15 novas transições para o Kr V.

é estendida a análise para a configuração $4p^4$ e classifica 15 novas transições pelo decaimento radiativo de um elétron-p para a configuração $4s4p^3$ e determina todos os níveis para esta configuração (Esquema II).

A contribuição do autor desta tese corresponde a cálculos teóricos e de ajustes via códigos computacionais implantados na Unicamp.

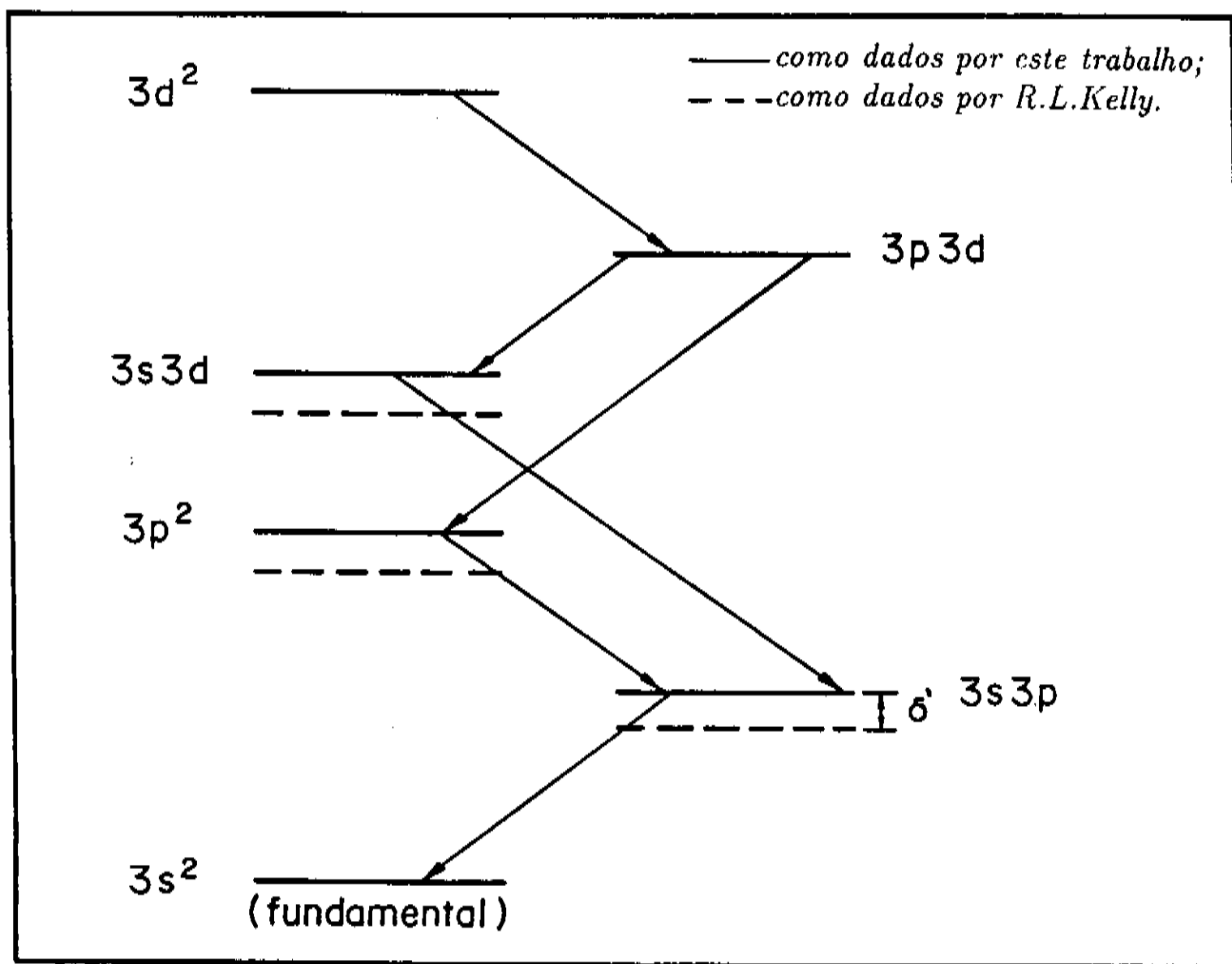
—A análise completa do complexo (3,3) para o Argônio seis-vezes ionizado (Ar VII), — pertencente à sequência-isoeletrônica do Mg I — a partir da identificação gráfica pelo método de Edlén[25] e usando uma tabela de dados para o Ar cedida pelo Centro de Investigaciones Opticas (CIOp), em La Plata, Argentina, levou ao reordenamento dos níveis até então conhecidos e uma ampla extensão do número de transições e níveis. A fonte de luz utilizada para a produção desta tabela é o Tubo de Descarga Capilar. Esta fonte está amplamente discutida com detalhes técnicos de construção e uso nas referências [26,27]. Phillips e Parker[20] usando um “spark” no vácuo, classificaram pela primeira vez em 1941, 25 linhas do espectro do Ar VII, 12 das quais pertencentes ao complexo (3,3). Edlén[5] em 1963 confirma 6 dessas linhas utilizando um “spark” no vácuo. C.E.Moore[13] se baseando em dados de Phillips e Parker e extrapolando nesta sequência os valores para os níveis deste complexo;— pelo método gráfico de Edlén — revisa e adota os valores dados em “Atomic Energy Levels”, datados de 1967 – 71 (Esquema III abaixo).



Esquema III:- Esquema energetico das transições envolvendo níveis das configurações do complexo (3,3) como conhecidas antes deste trabalho e adotado por R.L.Kelly. O deslocamento δ entre níveis é variável devido ao valor aproximado dado por C.E.Moore para estes níveis.

J.O.Ekberg[28] em 1971 a partir de três valores conhecidos experimentalmente para o nível $3s3p \ ^3P_1^0$ dos íons S V, Ca IX e Fe XV, interpola e obtém os outros valores para o mesmo nível dos demais íons ao longo da sequência-isoeletrônica. O valor como adotado por Moore sofre uma grande translação ($\approx 934\text{cm}^{-1}$) com este trabalho, arrastando consigo os demais níveis conhecidos para o Ar VII (com exceção dos Termos singletes). Em 1987, R.L.Kelly inclui estes níveis transladados em seu tabelamento de transições atômicas fornecidos em "Journal of Physical and Chemical Reference Data".

A motivação, portanto, é revisar e estender estes trabalhos identificando e saneando possíveis equívocos. Isto permitirá adentrar com novas configurações fechando o complexo (3,3), (Esquema IV).



Esquema IV:- Esquema energético das transições envolvendo níveis das configurações do complexo (3,3) como modificado e ampliado por este trabalho. O deslocamento δ' entre níveis como dados neste trabalho e por R.L.Kelly é muito aproximadamente 934 cm^{-1} . A diferença entre níveis como dados por C.E.Moore e este trabalho é menor que 100 cm^{-1} .

Capítulo II - Guia Teórico para a Análise Espectral

II.1.- Esquema de Aproximação e de Acoplamento:-O problema básico no estudo de átomos multi-elétrons é aquele de resolver a equação de Schrödinger com a seguinte Hamiltoniana[9, 10] :

$$H = \sum_i \left(\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla_i^2 - \frac{Ze^2}{r_i} \right) + \sum_{i < j} \sum_j \frac{e^2}{r_{ij}} + W \quad (2.1)$$

onde os dois primeiros termos à direita ficam para a energia cinética e potencial dos elétrons em relação ao núcleo, o terceiro termo é a energia potencial de interação coulombiana entre os elétrons e o quarto é o operador energia potencial das interações dependentes de spin. (spin-órbita, spin-spin e interações hiperfinas). Para encontrar soluções, métodos de aproximação tais como teoria de perturbação, o método variacional, a aproximação Hartree-Fock(HF) de campo auto-consistente, o modelo estatístico de Thomas-Fermi(HX), etc..., tem que ser usados.

Na aproximação de campo auto-consistente, (método usado nos cálculos numéricos) a interação real de Coulomb entre os elétrons é representada por um campo médio tendo simetria esférica, junto com interações residuais para o campo centralmente simétrico. Se W é muito menor que estas interações residuais ela pode ser desprezada numa primeira aproximação.⁸ Este procedimento conduz ao esquema de acoplamento

⁸É uma tarefa extremamente complexa ou mesmo impossível resolver H tendo ambos os termos de

Russel-Saunders (ou Acoplamento LS como é mais conhecido) para o momentum angular eletrônico

$$\vec{L} = \sum_i \vec{l}_i \quad ; \quad \vec{S} = \sum_i \vec{s}_i \quad e \quad \vec{J} = \vec{L} + \vec{S} \quad (2.2)$$

Se W for muito maior que as interações residuais, então o momentum angular tem que ser acoplado de acordo com o esquema de acoplamento jj

$$\vec{J}_i = \vec{l}_i + \vec{s}_i \quad e \quad \vec{J} = \sum_i \vec{J}_i \quad (2.3)$$

Como uma regra, os níveis dos átomos do início e meio da tabela do sistema periódico de elementos, os quais correspondem a estados fracamente excitados são bem descritos na aproximação de acoplamento LS. O Argônio e as configurações estudadas em seu espectro se enquadra bem dentro deste requisito (capítulo IV).

No modelo estatístico de Thomas-Fermi (HX) que é usado para o estudo de átomos pesados, as cargas pontuais dos elétrons são representadas por uma distribuição de carga contínua com densidade de carga $-\rho(r)$.

interação coulombiana e os dependentes de spins de uma forma comparável em magnitude. Por isso, se faz uma primeira aproximação em que um destes termos é muito menor que o outro e pode entrar no problema como uma perturbação.

II.2.-Regras de Seleção:-Para que haja transições permitidas por dipolo elétrico, o elemento de matriz da projeção do raio vetor ao longo da direção de polarização não deve se anular. Para um campo central, o elemento de matriz do operador radiação de dipolo é

$$\hat{e}_\nu < \gamma J M | \vec{D} | \gamma' J' M' > = \sum_q e_q < \gamma J M | D_q | \gamma' J' M' > \quad (2.4)$$

com $\nu = 1, 2$ representando duas direções mutuamente perpendiculares de polarizações e os termos $\gamma J M$ e $\gamma' J' M'$ representando os estados antes e após uma transição de dipolo elétrico, e_q , D_q , são as componentes esféricas dos vetores $\hat{e}_\nu$ e $\vec{D}$.

De acordo com o teorema de Wigner-Eckart:

$$< \gamma J M | T_{\alpha q} | \gamma' J' M' > = (-1)^{J-M} < J || T_\alpha || \gamma' J' > \begin{pmatrix} J & \alpha & J' \\ -M & q & M' \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

onde $< \gamma J || T_\alpha || \gamma' J' >$ é o elemento de matriz reduzida do operador tensorial $T_{\alpha q}$ e $\begin{pmatrix} J & \alpha & J' \\ -M & q & M' \end{pmatrix}$ é o símbolo $3j$ de Wigner. Segue que, para dipolo elétrico :

$$< \gamma J M | D_q | \gamma' J' M' > = (-1)^{J-M} < \gamma J || D || \gamma' J' > \begin{pmatrix} J & 1 & J' \\ -M & q & M' \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

Das propriedades dos símbolos $3j$ segue que os elementos de matriz dados pela expressão (2.6) são diferentes de zero se

$$\Delta J = J - J' = 0, \pm 1 \quad ; \quad J + J' \geq 1 \quad (2.7)$$

$$\Delta M = M - M' = 0, \pm 1 \quad (2.8)$$

Para as regras de seleção (2.7) e (2.8) é necessário somar a regra de seleção com respeito à paridade.

Uma configuração é dita ser ímpar quando a soma de seus momentos angulares der como resultado um número ímpar $\sum_i l_i = n_{\text{ímpar}}$ e par quando der um número par. Exemplo $3p^2 3d^3$, $\sum_i l_i = 1 + 1 + 2 + 2 + 2 = 8$, dois elétrons-p e três elétrons-d significa uma configuração par.

As componentes do momento dipolo elétrico $\vec{D}$, semelhante às componentes de qualquer vetor polar muda de sinal sob uma transformação de inversão. Assim transições de dipolo elétrico são possíveis apenas entre estados de paridades diferentes

$$\text{estado par} \Rightarrow \text{estado ímpar} \quad (2.9)$$

O elemento de matriz do momento de dipolo elétrico não depende das coordenadas de

spin dos elétrons e como assumido que a interação spin-órbita é pequena, então o momento angular de spin do átomo não muda em uma transição de dipolo elétrico. Portanto,

$$\Delta S = 0 \quad (2.10)$$

significa que transições são possíveis apenas entre Termos de multiplicidades diferentes, as chamadas transições de intercombinações são proibidas. As condições (2.7), (2.8), (2.9) e (2.10) definem as regras de seleção para transições radiativas de dipolo elétrico.

A regra (2.10) às vezes é violada e a razão para isso é que a aparição das linhas de intercombinação (a qual viola a regra de conservação de spin na transição) resulta da existência de auto-vetores que representam misturas (nos estados γJ e $\gamma' J'$) de estados de base com valores diferentes de LS e $L'S'$. Em outras palavras, isto indica o desvio gradual do acoplamento LS puro⁹. Para elementos leves ($Z < 8$) onde os parâmetros spin-órbita são muitos pequenos e a condição de acoplamento LS puro se aproxima do ideal, a regra $\Delta S = 0$ se mantém muito forte. Entretanto, para valores maiores desses parâmetros, presentes em átomos mais pesados, ocorre um afastamento algo maior do acoplamento LS puro e “linhas de intercombinação” se tornam mais frequentes. A condição $\Delta S \neq 0$ se torna mais uma regra que exceção. Mesmo assim, a taxa das “transições de intercombinação” são muito inferiores àsquelas das transições permitidas (sem mudança de spin) por fatores da ordem de 10^{-3} a 10^{-4} .

⁹Um acoplamento LS é tão puro quanto maior a validade da razão F^k/ζ_{nl} (ou G^k/ζ_{nl}) $\gg 1$, onde F^k (G^k) são as integrais de Slater e ζ_{nl} é o parâmetro spin-órbita. Tal acoplamento é denominado eletrostático. É claro que se a razão F^k/ζ_{nl} (ou G^k/ζ_{nl}) for $\ll 1$ temos o esquema de acoplamento jj, o qual é denominado magnético.

II.3.-Parâmetros de Slater:- A parte não central da energia de interação eletrostática entre os elétrons na equação (2.1)

$$U = e^2 \sum_{i < j} \frac{1}{r_{ij}} \quad (2.11)$$

forneem correções requerida para a energia total e são determinadas diretamente pelos elementos de matriz

$$\langle SLM_s M_l | U | SLM_s M_l \rangle$$

onde U é o operador de Coulomb para a repulsão intereletrônica.

Esse elemento de matriz pode ser calculado em termos das integrais I e K; (veja [9, 10]):

$$\Delta E_{SL} = I \pm K = \sum_k (f_k F^k \pm g_k G^k) \quad (2.12)$$

$$I = \sum_k f_k F^k \quad (2.13)$$

$$K = \sum_k g_k G^k \quad (2.14)$$

As integrais I representam a energia positiva de repulsão eletrostática mútua para uma distribuição espacial dos elétrons, enquanto que as integrais K representam o decréscimo nesta energia que resulta quando se inclui a correlação posicional de elétrons com spins paralelos (esta correlação se origina por virtude do princípio de exclusão de Pauli ao invés de resultar da repulsão eletrostática)[9].

Os coeficientes f_k e g_k são expressos em termos dos elementos de matriz das funções esféricas, oriundos da separação de variáveis para a função de onda

$$\Psi_{nlm} = R_{nl}(r) Y_{lm}(\theta, \varphi) \quad (2.15)$$

As integrais radiais F^k e G^k — frequentemente chamadas integrais de Slater — são essencialmente positivas e seus cálculos são possíveis somente se alguns dos métodos de aproximação, forem utilizados.

Outro efeito importante associado à interação eletrostática entre os elétrons ocorre quando se considera a conexão entre Termos de configurações diferentes. Essas correções para a energia surgem com os termos fora da diagonal para o elemento de matriz U (operador de Coulomb de repulsão eletrostática (eq.2.11)).

Os elementos de matriz de interação de configuração são em princípio calculados da mesma forma como os elementos de matriz de configuração simples, (termos diagonais), usando a mesma Hamiltoniana, (eq.2.1), exceto que a função “bra”, $\langle |$, é uma função de base pertencendo a uma configuração e a função “ket”, $| \rangle$, é uma função de uma configuração diferente.

Correspondentemente, em lugar das integrais radiais de configuração simples F^k e G^k , o operador de Coulomb de repulsão eletrostática leva às integrais radiais de interação de configuração.

$$\Delta E_{IC} = \sum_k (r_d^k R_d^k + r_e^k R_e^k) \quad (2.16)$$

Em contraste com F^k e G^k , R^k não é necessariamente positiva. Denota-se, também os coeficientes angulares destas integrais radiais por r_d^k e r_e^k analogamente aos coeficientes de configuração simples direta e de troca, f_k e g_k , respectivamente.

II.4.-Interações Relativísticas:- Outra correção requerida para a energia total é o parâmetro spin-órbita, ζ_{nl} , responsável pelo desdobramento de estrutura fina para os níveis das configurações, este sendo um efeito relativístico. Outros efeitos relativísticos na teoria de átomos multi-elétrons podem ser tomados em conta por incluir na Hamiltoniana os chamados termos de Breit. A melhor aproximação possível até o presente momento (inclusive nos cálculos computacionais) é alcançada desta maneira. O fato é que mesmo para dois elétrons não existe uma equação relativística do mesmo tipo como a equação de Dirac para um elétron. A equação relativística para um sistema dois elétrons pode ser construída apenas com uma precisão da ordem de $(v/c)^2$. A equação de

Breit é tal equação. Além dos efeitos os quais ocorrem em átomos de elétrons simples (dependência da massa dos elétrons com a velocidade, interação spin-órbita proporcional a $(\vec{l}_i \cdot \vec{s}_i)$), a equação de Breit contém um número de outros termos, em particular: a interação spin de um elétron com o movimento orbital do outro; a interação entre os momentos magnéticos dos elétrons; o atraso na interação eletromagnética das cargas dos elétrons. Todos esses efeitos sendo da ordem de $(v/c)^2$.

II.5.-Cálculos Numéricos:-Através de códigos computacionais[38], implantados na Unicamp¹⁰ todos os parâmetros, integrais, níveis, transições, etc..., como expostos acima, podem ser calculados e servirão de roteiro para a análise de sequências isoeletrônicas. Esses códigos são :

- **RCN33**-Esse código tem como cartão de entrada várias opções de cálculos como Hartree-Fock (HF), modelo estatístico (HX) e outros, além de perfazer opção relativística (HFR,HXR,...) incluindo interação spin-órbita. Pode ainda incluir termos de interação de Breit. Uma vez fornecidas as configurações eletrônicas e acertado os métodos de cálculos, o programa fornece as funções de onda radiais de cada configuração para um átomo esfericamente simetrizado (E_{AV}).
- **RCN2**- Esse código tem como cartão de entrada opções de escalonamento para os parâmetros spin-órbita e integrais radiais, além de uma possível translação do nível fundamental. Este programa aceita as funções de onda radiais do RCN33 e calcula várias integrais radiais de configuração múltipla, R^k , integrais de Coulomb,

¹⁰Gentilmente cedidos por Dr. Robert D. Cowan dos Laboratórios Científicos de Los Alamos, California e de uso internacional.

F^k , e de troca, G^k , integrais radiais spin-órbita e integrais de dipolo elétrico. Automaticamente computa todas as quantidades requeridas para calcular níveis de energia e espectro de um átomo.

- **RCG10**-Esse código tem o propósito básico de calcular fatores angulares de vários elementos de matriz na teoria de espectro e estrutura atômica. O programa emprega a técnica da álgebra de Racah¹¹ e necessita na entrada conter os coeficientes de parentesco fracionário (cfp) para cada subcasca envolvida nas configurações eletrônicas. Estes fatores angulares são: a energia do centro de gravidade E_{av} de cada configuração; os coeficientes f_k e g_k das integrais de Coulomb e de troca; os coeficientes r_d^k e r_e^k das integrais radiais R^k de interação entre configurações os quais estão envolvidos no cálculo dos elementos de matriz da Hamiltoniana; os coeficientes angulares dos elementos de matriz reduzida de dipolo elétrico; fornece também coeficientes angulares de certos operadores de interação de Coulomb efetivo α , β , γ .
- **RCE19**-Esse código através dos coeficientes obtidos no RCN2 e RCG10 e usados apropriadamente como entrada para este programa, tem como função principal fazer o ajuste pelo método dos mínimos quadrados dos níveis de energia obtidos experimentalmente. Este ajuste é conseguido via otimização dos parâmetros de Slater. Esses parâmetros ajustáveis E_{AV} , F^k , G^k , ζ e R^k , cujos valores são para serem determinados empiricamente tal a dar o melhor ajuste possível entre os auto-valores calculados e os níveis de energia observados. A precisão do ajuste é considerado bom quando a razão entre S e ΔE for inferior a 1%, sendo :

¹¹Uma excelente introdução a este tipo de álgebra é dada na referencia [10].

$$S = \left[\frac{\sum_n (E^n - T^n)^2}{N_n - N_p} \right]^{1/2} \quad (2.17)$$

T^n – níveis observados;

E^n – auto-valores calculados;

N_n – é o número de níveis no ajuste;

N_p – é o número de parâmetros ajustáveis envolvidos no ajuste.

e ΔE a diferença de energia envolvida entre o nível mais alto e o mais baixo.

Na saída é fornecida também a pureza dos auto-vetores de estados em relação às demais configurações que interagem nos dois esquemas de acoplamento LS e jj¹².

- **ELCALC**-Esse código computacional tem a função de receber os níveis e respectivas transições saídos da análise, e fazer a otimização desses níveis via diferença entre eles e então comparar com as transições experimentais fornecidas.

¹²Esta pureza dos auto-vetores fornece a informação de quanto um dado estado (Termo) de uma determinada configuração interage com outros estados (mesmos números quânticos l e s) de outras configurações. Isto, então, pode ser entendido como uma medida de como está razoável o modelo atômico empregado para descrever seus resultados.

Capítulo III - Trabalhos de Laboratório

III.1.-Descrição dos Dispositivos e Materiais:- Em especial para a obtenção de placas contendo espectrogramas e tendo como meta a confecção de uma tabela de dados sobre o Ar, foi feito uso do θ -pinch construído no laboratório do Grupo de Plasmas da Unicamp. A máquina construída para operação com alta taxa de repetição[26] é auxiliada por um gerador de pulsos que juntamente com uma mistura apropriada de ar comprimido e argônio dentro da chave “spark-gap” mantém a voltagem de disparos no banco de capacitores praticamente constante. Esse banco de capacitores possui capacitância total de $7,29 \mu\text{F}$. A fonte de alta tensão pode fornecer um máximo de 60 kV à 100mA, o que com os resistores de carga de $150 \text{ k}\Omega$ cada um, possibilitam uma frequência nas descargas de até 30 por minuto. O comprimento da espira no solenóide é de 20 cm com 16 nH de indutância. No total a indutância com esse comprimento para o solenóide chega a 184 nH. O tempo de oscilação é de $7,6 \mu\text{s}$, ocorrendo o máximo de emissão luminosa sempre no terceiro semi-ciclo[26]¹³. O gerador de pulsos projetado pelo aluno de Engenharia Elétrica P.S.dos Santos e construído e testado por esse autor tem seu desenho de montagem mostrado no Esquema V adiante. O espectro do gás nobre Argônio foi fotografado usando o espectrógrafo de incidência normal do Grupo de Plasmas e é equipado com uma rede côncava de 2m de distância focal (círculo de Rowland) e 1080 ranhuras/mm, “blazed” em $1200\text{\AA}$. A largura da fenda de entrada foi de $18 \mu\text{m}$. Os espectrogramas cobrem a região de 300 a $2180\text{\AA}$ do gás Ar e são registrados em placas de emulsão fotografica KODAK SWR (Short Wave Radiation).

¹³Isto se deve porque no nosso equipamento não possuímos um banco de capacitores auxiliar para a pré-ionização e assim o primeiro semi-ciclo da descarga é usada para esta finalidade.

III.2.-Experimentos para Otimização dos Parâmetros V, P, N:- Experimentos foram feitos para se conseguir placas nas quais revelassem a maior variação de classes iônicas possíveis entre os diversos espectrogramas¹⁴. Com esse intento, as primeiras sugestões levaram à variação da voltagem, pressão e número de disparos como exibidos abaixo[17] :

$V(kV)$	$P(mTorr)$	$N(disps.)$
24	1	500
20	5	400
16	5	400
12	10	300
8	10	300

Porém, o resultado se mostrou infrutífero, pois além de não apresentar variação iônica relevante, um certo número de linhas estava ausente nos espectrogramas¹⁵, como seria verificado mais tarde.

Outras exposições, desta vez com as sugestões

¹⁴Por classes iônicas, entende-se os vários estágios de ionização que pode passar um átomo quando a energia do plasma é ideal para isso. Assim se a energia do plasma no tubo θ -pinch estiver por volta de 75 eV é certo que a classe iônica dominante é a do Ar V (com potencial de ionização ≈ 75 eV), se 120 eV, até a do Ar VII (com P.I. ≈ 124 eV).

¹⁵Isto pode ser comprovado examinando-se a placa na qual estão registrados os espectrogramas. Devido a natureza muito próxima das linhas, não foi possível obter fotografias nítidas que justificassem exibi-la aqui.

$V(kV)$	$P(mTorr)$	$N(dispatch.)$
24	5	400
20	5	600
14	5	1000
10	5	1600
6	5	2400

também se mostraram não ideais, pois embora o número de linhas tenha sido aumentado nos espectrogramas, não houve qualquer variação relevante na classificação iônica destas linhas.

Experimentos foram feitos, então, para se conhecer como o número de disparos afetavam os espectrogramas. Um número excessivo de disparos sensibiliza por demais a emulsão fotográfica e são obtidos espectrogramas com fundo muito escuro. Ao contrário, se um número insuficiente de disparos for feito, isso pode afetar o espectrograma e um número razoável de linhas espectrais (transições) deixarão de aparecer.

Para uma voltagem fixa de 24kV e pressão de 1mTorr, o número ideal foi 500 disparos.

Uma sensível melhora tanto na quantidade de linhas como no surgimento de diferentes íons em cada espectrograma foi conseguida com as relações

$V(kV)$	$P(mTorr)$	$N(disp.)$
24	1	500
24	10	400
24	50	350
24	100	300

Os resultados assim obtidos resultaram na tabela de dados sobre o Argônio.

Todos esses experimentos foram realizados com o sistema de vácuo[26] trabalhando no limite de sua capacidade¹⁶ Para o tubo θ -pinch se chegou a 10^{-5} mbar ($\approx 1,3 \cdot 10^{-2}$ mTorr) de pressão de base, e na câmara do espectrógrafo a 10^{-3} mTorr, resultado de quatro semanas evacuando e realizando disparos para a limpeza do tubo.

III.3.-Produção da Tabela de Dados:- A leitura dos espectrogramas foi feita no Centro de Investigaciones Opticas (CIOp), em La Plata, Argentina. No processo inicial, foi necessário que um especialista (D^r Mario Gallardo, do CIOp) identificasse algum conjunto de linhas padrões, no espectro de elementos considerados como impurezas. Por linhas padrões ou de referências se entende aquelas transições pertencentes ao espectro de elementos alheios ao elemento estudado (presente no ar atmosférico ou nas paredes do tubo θ -pinch) e que além de sempre aparecerem, também tem seus comprimentos de ondas bem determinados. Em nosso caso foi o elemento Oxigênio duas-vêzes ionizado (OIII). A partir daí e usando o fator de placa da rede de difração de $4,61 \text{ \AA/mm}$ outras dezenas de linhas de referências[15, 16, 17] devem ser visualizadas no microscópio graduado para que se aceite então como certo essas linhas padrões. O processo de leitura foi feito num comparador semi-automático tipo Grant, do Observatório Nacional de La Plata. A intensidade das linhas registradas e adotadas então no processo se baseou na

¹⁶Sistema de vácuo composto por uma bomba mecânica e uma difusora, tanto para o θ -pinch, quanto para a câmara do espectrógrafo.

escala visual já anteriormente empregada nas demais leituras de placas do CIOp que é de zero a cinco. Em nosso caso essa escala foi multiplicada por três e suprimido o valor zero ficando então com valores compreendidos entre 1 para linhas muito fracas e 15 para as linhas muito fortes. As características dos perfis das linhas como vistas na tela do osciloscópio também no momento de leitura são

- 2 – linha larga;
- 3 – linha superposta;
- 4 – linha difusa;
- 5 – linha assimétrica.

Assim é que o número 37 significa uma linha superposta com intensidade 7, 2512 significa uma linha larga, assimétrica e com intensidade 12. Quando aparece apenas um número (5, 1, 7, 15, 9,...) se lê a intensidade. O erro estimado;— mesmo se levando em conta que ora tal leitura se processe para a direita, ora para a esquerda, permitindo assim uma indesejada descontinuidade no sentido das engrenagens que movem o cursor de leitura e também que sempre há um mínimo de deslocamento (ou deslize) da placa contendo os espectrogramas durante a leitura —não ultrapasse a três centésimos de Ângstrons. Na Tabela-I é mostrado o resultado —para algumas linhas de referências extraídas da leitura do espectrograma— de duas leituras, sendo que na primeira se tomou o cuidado de fazer a varredura sempre no mesmo sentido, enquanto que na segunda se permitiu a mudança de sentido. A média aritmética da diferença é de $4,341 \pm 0,005\text{mm}$, e usando $4,61\text{\AA}/\text{mm}$ para o fator de placa atingiu-se um erro de $0,023\text{\AA}$. Conclue-se então que se o cuidado de se fazer a leitura sempre no mesmo sentido fôr tomado, pode-se adotar um erro na posição da linha de $0,003\text{mm}$ ou um erro inferior à $0,02\text{\AA}$ na medida do comprimento de onda das transições na tabela.

Intens.	Pos.(mm)	Intens.	Pos.(mm)	Diferença(mm)	$\lambda(\text{\AA})$	Ion
1 ^a Leitura		2 ^a leitura				
(8)	13,325	(8)	8,977	4,348	395,558	OIII
(6)	41,609	(7)	37,264	4,345	525,795	OIII
(9)	57,234	(7)	52,890	4,344	597,818	OIII
(12)	79,895	(10)	75,549	4,346	702,332	OIII
(12)	80,219	(12)	75,877	4,342	703,850	OIII
(12)	116,435	(10)	112,092	4,343	871,099	OIII
(12)	119,964	(10)	115,621	4,343	887,404	OIII
(12)	122,478	(10)	118,133	4,345	898,957	OIII
(10)	136,180	(7)	131,843	4,337	962,425	OIII
(12)	143,760	(10)	139,424	4,336	997,389	SiIII
(9)	145,497	(7)	141,163	4,334	1005,365	SiIII
(6)	151,668	(4)	147,333	4,335	1033,920	SiIII
(12)	168,767	(9)	163,767	4,335	1109,965	SiIII
(12)	172,072	(11)	167,733	4,339	1128,325	SiIV
(9)	177,579	(5)	173,238	4,341	1153,778	OIII
(6)	189,825	(7)	185,487	4,338	1210,456	SiIII
(9)	208,002	(8)	203,660	4,342	1294,543	SiIII
(4)	222,495	(4)	218,153	4,342	1361,597	SiIII
(8)	234,518	(7)	230,175	4,343	1417,237	SiIII
(5)	238,607	(3)	234,267	4,340	1436,166	SiIII
(10)	244,970	(7)	240,634	4,336	1465,531	SiV

Tabela I :- Comparação entre leituras diferentes para efeito de análise do erro cometido entre duas leituras de mesmo espectrograma. A primeira foi feita permitindo-se uma descontinuidade no sentido da leitura.

O conhecimento do fator de placa da rede côncava (aquela em uso atualmente), é de suma importância para a localização quase que exata das linhas de referências. Um estudo foi feito para a determinação da variação desse fator em função da posição no círculo de Rowland do espectrógrafo. Para isto, duas placas contendo espectrogramas foram utilizadas. Após a leitura sabíamos que a linha 395,558 $\text{\AA}$ do espectro do O III estava na posição 13,325 mm e foi adotada como referência principal. A partir dessa

linha dezenas de outras linhas de referências foram bem localizadas, não por se adotar um fator de placa constante de $4,61 \text{ \AA/mm}$ como se pensava então, mas adotando-se uma pequeníssima variação à medida que a posições das linhas avançavam na placa (ao longo do círculo de Rowland)¹⁷. Após $1100 \text{ \AA}$ aproximadamente, as duas placas necessárias para cobrir toda a região espectral da rede de difração, se sobrepueram e as diferenças entre as duas leituras foram tomadas. Dentro de um erro considerado desprezível para o caso, a média aritmética dessa diferença foi de $150,510 \text{ mm}$ e então somadas às posições reais das linhas de referências para se obter um espectrograma contínuo ao longo do círculo de Rowland. Isto feito, foram calculados os fatores de placa para essas linhas nas respectivas posições. Uma listagem contendo alguns desses fatores é dada na Tabela II. Desta tabela pode ser traçado como varia o fator de placa em função da posição medida e isto é dado pelo Gráfico I. Menciona-se que outras leituras de placas diferentes foram feitas e só se conseguiu identificar as linhas de referência seguindo a referida curva.

A confecção da tabela de dados sobre o Ar, advinda da leitura dos espectrogramas de 1 e 10 mTorr de pressão e 24 kV de voltagem passou por uma primeira fase ainda no CIOp, onde foi feita uma classificação iônica das linhas espectrais contidas nestes espectrogramas mais energéticos. Por classificação iônica entende-se o que se nota no ato da leitura das linhas espectrais dos vários espectrogramas quanto aquela transição está dentro das condições ideais para aquele estágio de ionização. Assim uma transição pertencendo ao espectro do Ar VII, mas lida em um espectrograma de estágio de ionização ideal para Ar V, será de intensidade fraca. A intensidade dessa mesma transição aumentará à medida que a leitura seja feita em espectrogramas de estágio de ionização

¹⁷O fato de que o fator de placa não é uma constante se deve ao encurvamento das placas ao longo do círculo de Rowland no momento das exposições e a sua conseqüente volta a posição retílinea no momento da leitura.

Tabela II :-Lista de valores das posições de algumas linhas de referências e os respectivos fatores de placa calculados a partir da linha 395,558 Å em 13,325 mm. A linha indica a separação de medidas obtidas em outra placa.

Car./Int.	$\lambda(\text{Å})$	Posição(mm)	Fator de Placa (Å/mm)
(58)	374,075	8,656	4,6012
(8)	395,558	13,325	—
(6)	525,795	41,609	4,6046
(9)	597,818	57,234	4,6063
(12)	703,850	80,219	4,6087
(12)	887,404	119,964	4,6122
(12)	994,787	143,202	4,6138
(6)	1033,920	151,668	4,6143
(12)	1109,965	168,102	4,6157
(6)	1158,102	178,514	4,6162
(6)	1210,456	189,825	4,6170
(9)	1294,543	208,002	4,6178
(4)	1361,597	222,495	4,6184
(8)	1417,237	234,518	4,6189
(5)	1436,166	238,607	4,6191
(5)	1436,166	238,606	4,6192
(7)	1501,191	252,663	4,6196
(8)	1533,430	259,625	4,6199
(3)	1591,33	272,140	4,6204
(6)	1767,78	310,303	4,6206
(7)	1874,94	333,490	4,6207
(6)	2013,95	363,581	4,6206
(42)	2072,68	376,304	4,4605
(1)	2157,96	394,788	4,6201

Intervalos(Å) de até	Linhas de Referências	Grau do Polinômio	Discrimi- -nante	Número de Transições
374,06– 888,26	20	2	0,012	594
879,62– 1469,22	30	2	0,013	634
1450,21– 1768,20	15	2	0,014	383
1755,06– 2166,82	13	2	0,013	468
	total=78			total=2079

Tabela III:-Relação de intervalos de comprimentos de onda,número de linhas de referências,grau de polinômios, discriminantes e número de transições cobertos na confecção da tabela de dados sobre o Ar.

tendendo em energia ao potencial de ionização do Ar VII.

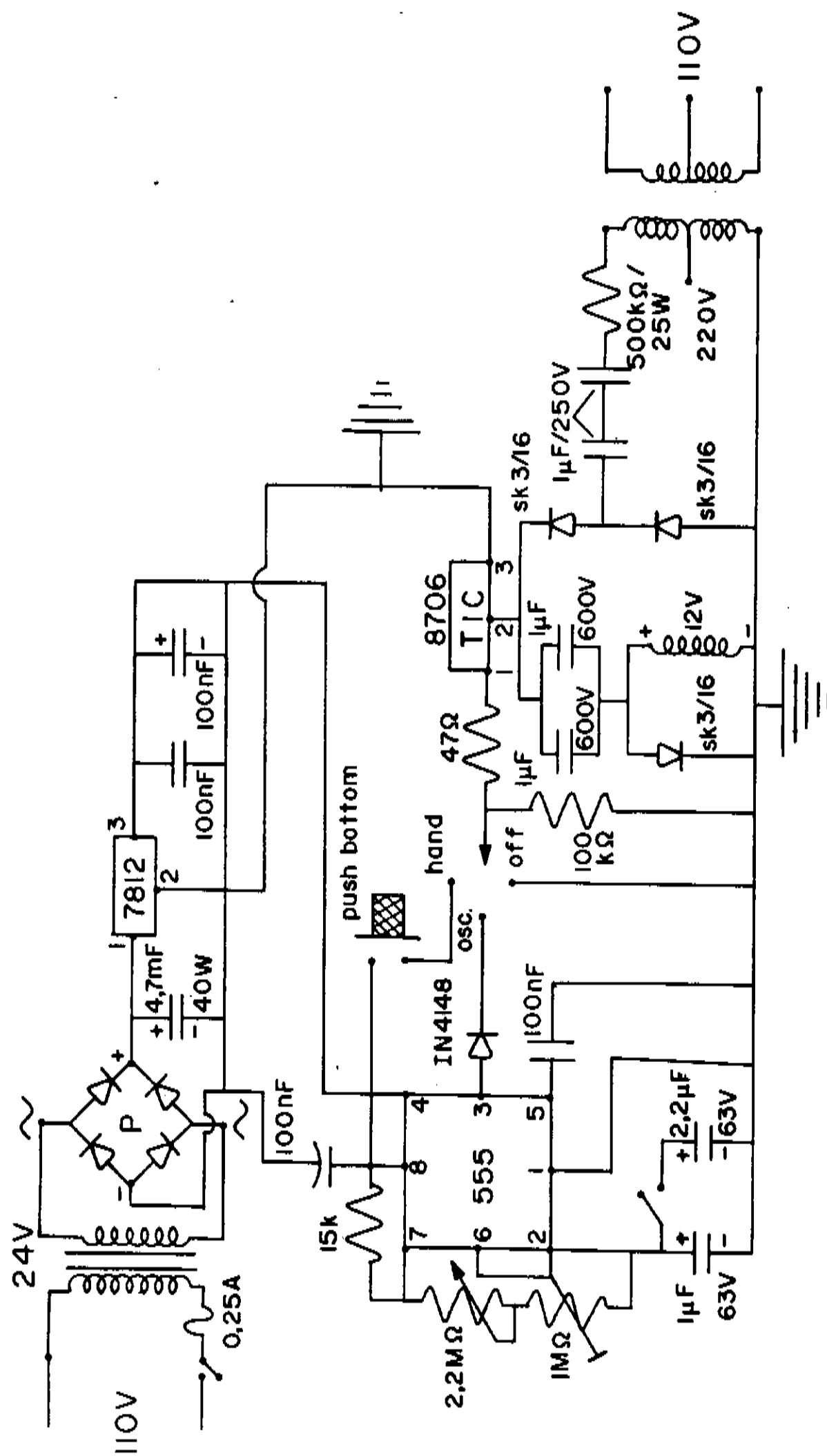
Dessa análise, apareceram algumas linhas que não se encaixaram em nenhum tabelamento anterior e são consideradas como observadas pela primeira vez¹⁸.

Na tabela III consta os dados utilizados no processo de produção final da tabela de dados. A curva do fator de placa foi dividido em quatro partes, obtendo uma melhor interpolação junto às linhas de referências utilizadas. Neste processo foi feito uso do código computacional CAL2 também implantado na Unicamp.

No Apêndice I é dado um exemplar dessa tabela com anotações oriundas da seleção das transições já conhecidas e da classificação iônica. Neste apêndice, da esquerda para a direita, leia-se:- número da linha, medida da posição, valor em Ângstron do com-

¹⁸Tais linhas deverão ser comparadas com aquelas catalogadas em espectros de estrelas, para o caso de servirem como possíveis explicações do aparecimento de determinados elementos e níveis de energia, em atmosfera estelar.

primento de onda, valor em cm^{-1} [$\sigma(cm^{-1}) = 10^8/\lambda(\text{\AA})$], característica/intensidade e comentários. Um total de 2079 transições foi gerada com esse trabalho sendo apenas questão de tempo a identificação de muitas dessas transições bem como de novos níveis energeticos. No Apêndice II está um trabalho onde os primeiros dados da nova tabela já começaram a ser aproveitados[30].



Esquema V : Circuito esquemático do gerador de pulsos usado como auxiliar no disparo da chave "spark-gap".

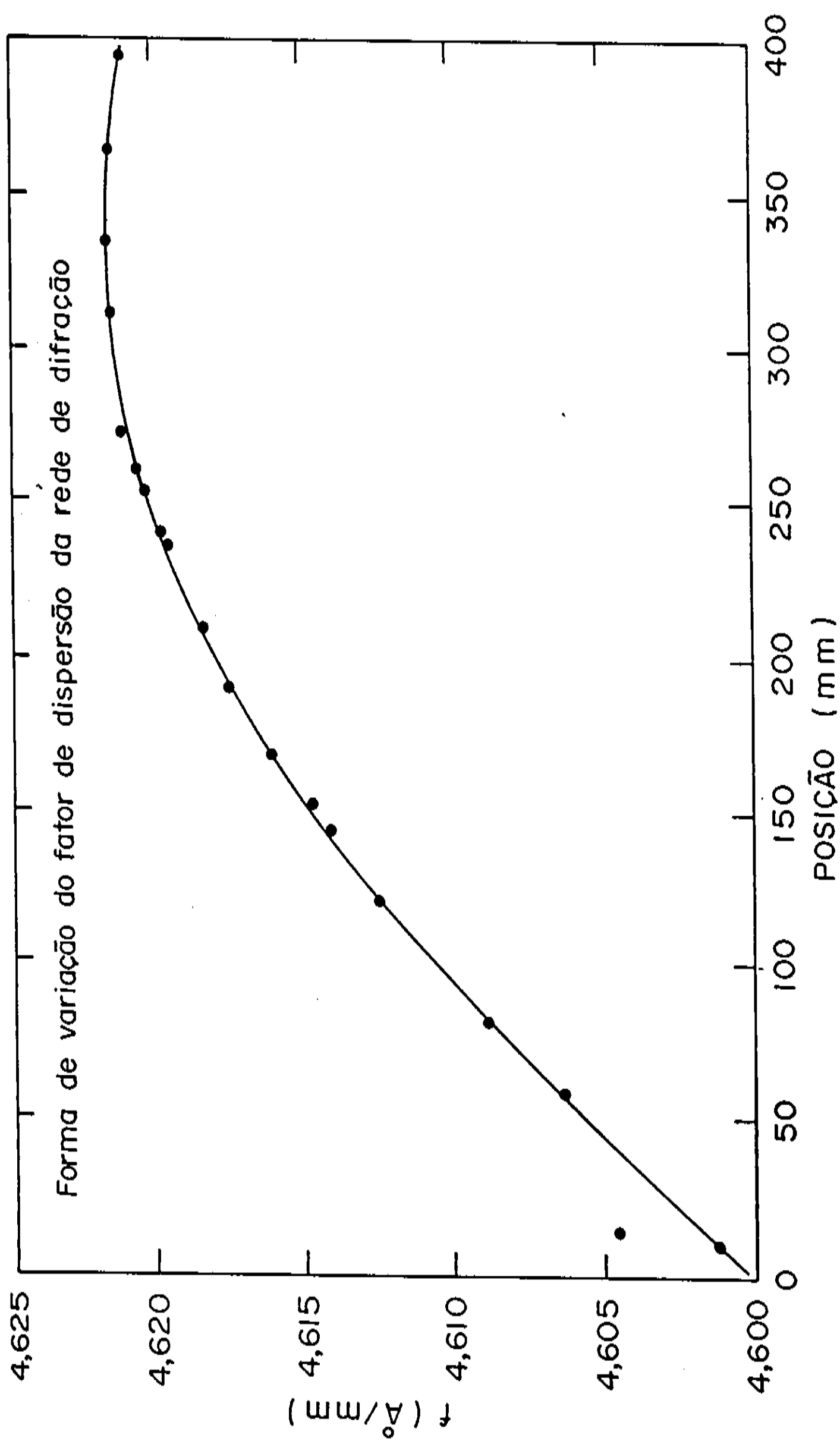


Gráfico I : Forma de variação do fator de dispersão da rede de difração para efeito de localizar linhas de referências.

Capítulo IV - Sequência Iso-Eletrônica Para o Argônio Seis-Vezes Ionizado (Ar VII)

IV.1.-Verificação dos Níveis Conhecidos:-Muitas informações sobre a posição dos níveis de energia em um átomo ou íon podem ser extraídas de estudos de regularidades em sequências de elementos adjacentes. Todos os estudos deste tipo são baseados em comparações entre quantidades dadas na formula de Rydberg modificada para um sistema de um elétron:

$$T = \frac{R\zeta^2}{(n - \delta)^2}$$

onde T = é o valor do Termo, $\zeta = Z' - (N' - 1)$ a carga efetiva, Z' é o número quântico, N' = número de elétrons, δ = defeito quântico e R constante de Rydberg. Se T é graficado como uma função de ζ ou Z' , várias regularidades podem ser reveladas em séries onde Z' , N' e ζ , respectivamente, são mantidos constantes.

Uma série onde Z' é aumentada e N' mantido constante é chamada um sequência iso-eletrônica. Se ζ é constante em vez de N' chamamos de uma sequência iso-iônica. Mantendo Z' constante e aumentando ζ representa uma comparação iso-nuclear e mantendo Z' e ζ constantes enquanto n está aumentando é fazer uma comparação em uma série de Rydberg.

Então sequências isoeletrônicas são sistemas iônicos com estruturas eletrônicas idênticas,

mas diferindo com respeito às auto-cargas, ζ , contidas nos núcleos.

No estudo de estruturas isoeletrônicas, o método gráfico para extrapolação e interpolação é o melhor no que tange à análise de espectro de átomos altamente ionizados e os aspectos gerais dessa sequência, nestes casos, é de grande interesse prático.

Neste estudo, a sequência-isoeletrônica a ser estudada é a do Mg I (elemento alcalino terroso) que tem dois elétrons-s fora das cascas preenchidas e o termo 1S_0 é o Termo fundamental. O espectro e o sistema de Termos destes íons são conhecidos em grande detalhe — em parte devido ao interesse em comparações teóricas — principalmente na parte inicial e média da sequência (aproximadamente até o Fe).

As configurações pertencentes ao complexo (3, 3) mostradas na Tabela IV constituem a parte fundamental dessa análise.

Config.	Termos	Paridade
$3s^2$	1S_0	par
$3s3p$	$^3P_{0,1,2}^0, ^1P_1^0$	ímpar
$3p^2$	$^1D_2, ^3P_{0,1,2}, ^1S_0$	par
$3s3d$	$^3D_{1,2,3}, ^1D_2$	par
$3p3d$	$^3F_{2,3,4}^0, ^1D_2^0, ^3D_{1,2,3}^0, ^3P_{2,1,0}^0, ^1F_3^0, ^1P_0^0$	ímpar
$3d^2$	$^3F_{4,3,2}, ^1D_2, ^1G_4, ^3P_{0,1,2}, ^1S_0$	par

Tabela IV :-Rol das configurações, respectivos Termos espectrais que as compõem e paridades do complexo (3, 3), estudadas em detalhe na análise espectral do Ar VII.

Além dessas, as configurações ímpares $3d4p$, $3s4f$ e $3d4f$ e a configuração par $3p4f$ foram acrescentadas aos cálculos por apresentar fortes interações de configurações com

as demais (veja também as Tabelas VIII e IX).

As quatro primeiras configurações da Tabela IV foram anteriormente estudadas para o gás nobre Argônio e os resultados desses estudos foram novamente verificados por esse autor. O motivo para isso é que existia uma grande dificuldade em estender o espectro já conhecido introduzindo novas configurações. Relativamente poucos níveis do complexo (3,3) para o Ar VII eram conhecidos — 13 dos 35 existentes — envolvendo apenas 14 transições das 157 existentes (58 das quais são transições de intercombinação). A dificuldade experimental nesta sequência se faz sentir logo no primeiro multipletto, em relação ao fundamental. A única transição permitida devido aos números quânticos J é $^3P_1^0$ da $3s3p$ para 1S_0 da $3s^2$, uma transição de intercombinação que é proibida na aproximação de acoplamento LS.

Zetterberg e Magnusson[31] analisaram e estenderam o espectro do P IV na região de comprimento de onda de 200-9800 Å usando um “spark”. O nível $3s3p\ ^3P_1^0$ foi corrigido pelo então dado por Ekberg[23] em sua interpolação (secção I.2).

Joelsson et alli[32] analisaram e estenderam o espectro do S V na região de 130 – 7800 Å com a mesma fonte e corrigiu o valor experimental do nível $3s3p\ ^3P_1^0$ aceito até então.

Reistad et all[33] usando um acelerador como fonte de radiação corrigiram este nível para o Cl VI.

Litzén e Redfors[34] revisaram e estenderam a análise de transições e níveis de energia no complexo (3,3) do Ca IX até o Ge XXI usando plasma produzido por laser como fonte. Os níveis $3s3p\ ^3P_1^0$ são corrigidos (em particular para o Ca IX), e ampliados nesta

sequência com a exceção do Fe XV.

Churilov et alli[35] refizeram o nível para o K VIII e confirmaram os de Litzén e Redfors até o Cu XVIII. A fonte foi um plasma produzido por laser.

A Tabela-V reúne os valores do nível $3s3p\ ^3P_1^0$ ao longo da sequência como dados por Moore (1971), Ekberg (1971), Kelly (1987) e os autores citados acima. O Gráfico II exhibe as curvas como obtidas por Ekberg em comparação com os valores aceitos hoje. A discrepância entre as duas curvas deve-se, principalmente, ao valor equivocado estabelecido na época para o Ca de 143111 cm^{-1} para o nível $3s3p\ ^3P_1^0$, cujo valor atual situa-se em 144640 cm^{-1} . Como apenas tres pontos, ao longo da curva, eram conhecidos (S V, Ca IX e Fe XV) na época, a interpolação gerou erros para os demais íons na sequência.

Autor Ion	Moore (67)	Ekberg (71)	Zetterberg/ Magnusson (77)	Joelsson (81)	Reistad/ Brage (84)	Kelly (87)	Litzén/ Redfors (87)	Churilov/ Levashov (89)	Mania (92)
P IV	68139	*68037	68146			68146			
S V	83433	83036		83393		83036			
Cl VI	98700	*97958			98632	97958			
Ar VII	113900	*112924				112924			113858
K VIII	129080	*127924				129277		129209	
Ca IX	144130	*143111				144679	144640		
Sc X	159210	*158392				160130	160141		
Ti XI	174920	*173827				175650	175747		
V XII	191450	*189550				191420	191509		
Cr XIII	206960	*205740				207380	207399		
Mn XIV	223700	*223390				223500	223438		
Fe XV	241490	239670				239670	239660		

Tabela V : Valores aceitos para o nível $3s3p\ ^3P_1^0$ em comparação, por ordem cronológica, por aqueles dados por C.E. Moore em "Atomic Energy Levels", J.O. Ekberg via interpolação (assinada com *) e R.L. Kelly em "Atomic and Ionic Emission Lines Below 2000 Å".

Para o Argônio, uma interpolação agora feita com estes dados corrigidos, fornece o valor para o nível $3s3p\ ^3P_1^0$ de 113858 cm^{-1} em substituição ao valor de 112924 cm^{-1} . A curva em uma escala apropriada é dada no Gráfico-III, onde também se localizam os antigos valores como dados por C.E.Moore e R.L.Kelly. A linha que representa a transição $3s3p\ ^3P_1^0 \longrightarrow 3s^2\ ^1S_0$ e dada por Kelly como $885,55\text{Å}$ (ou 112924 cm^{-1} em número de onda), nunca apareceu de uma forma explícita e convincente, razão pela qual nos leva a crer que o valor obtido por Ekberg para o nível tenha sido adotada erroneamente como transição. Tal linha em nossa tabela de dados aparece encoberta com $878,25\text{Å}$ (ou 113863 cm^{-1}) que corresponde a uma transição muito intensa e tem classificação iônica como sendo Ar III ou IV.

No Gráfico IV são mostrados os demais níveis envolvendo o multipletto da configuração $3s3p$ para efeito de confirmação, enquanto que no gráfico-V são exibidos os multipletos das configurações $3p^2$ e $3s3d$ também para efeito de confirmação gráfica. Em todos os gráficos aparecem os respectivos valores para o Ar como dados por Moore e Kelly para mostrar também as discrepâncias. O uso dessas tabelas é estimulado por serem as mais antigas disponíveis e também por terem sofrido um maior crivo de credibilidade. Repara-se nos gráficos obtidos, que estritamente para essa sequência-isoeletrônica estudada e que envolve o complexo (3,3), a existência de uma tabela oficial com erro. Uma das propostas dessa análise, portanto, é a correção dos níveis do Ar VII para os valores dos níveis saídos da análise mostrada no próximo capítulo.

O importante a salientar mais uma vez é que as transições permanecem (com exceção de duas) intocadas, bem apoiadas nos trabalhos de Phillips, Parker e Edlén e além disso os níveis singletes não sofreram ajustes.

Com isso, o trabalho acredita-se que o trabalho esteja revisto e pronto para o prosseguimento, entrando em configurações mais amplas como as $3p3d$ e $3d^2$.

IV.2.- Extensão do Espectro para a Configuração Impar $3p3d$:-Uma vez corrigidos os níveis inferiores, foi iniciada a investigação envolvendo dados experimentais ao longo da sequência-isoeletrônica (do Cl VI ao Cr XIII) das transições de emissão da configuração ímpar $3p3d$ com as configurações pares $3p^2$ e $3s3d$.

Dentro de um erro estimado para σ ($\equiv$ número de onda associado à transição) de 50 à 100 cm^{-1} ; como uma aproximação “grosseira” para as linhas a serem procuradas. Foram traçadas 11 curvas de transições envolvendo a $3p3d - 3p^2$ e 12 curvas envolvendo a $3p3d - 3s3d$ ao longo da sequência. Os gráficos VI e VII mostram uma parte delas. A descon-tinuidade nas curvas no Cl VI, Gráfico VI, quando comparada com os demais íons na sequência, sugerem uma aparente revisão dos dados na análise desta região espectral..

Com os valores extrapolados para o Argônio foi feita, então, o uma coleta de linhas candidatas, escolhidas com rigor via estados de carga (isto é, classificação iônica) usando a tabela de dados do CIOp. O encaixe dessas linhas dentro dos vários níveis pode ser considerado como um ajuste mais fino na análise, embora não definitivo.

Paralelamente foram feitos os cálculos numéricos HFR desta sequência. O escalonamen-to utilizado foi de 85% para os parâmetros de Slater [$F^k(nl, nl); F^k(nl, n'l'); G(nl, n'l')$ e $R^k(nl, nl; n'l', n'l')$] e 95% para o parâmetro spin-órbita, $\zeta_{n,l}$, por seguir sugestão de Cowan[38].

Esses cálculos servem de roteiro para um ajuste “fino” (isto é, erro inferior a 15 cm^{-1} para a seleção da linha candidata à transição que se queira identificar. Quando as curvas das diferenças entre os valores observados e calculados ($\sigma_o - \sigma_c$) dos números de onda foram traçados, o comportamento adequado apresentado por elas revelou a confiança nas determinadas linhas indicadas e, portanto, adotadas. Os Gráficos VIII e IX exibem parte destas curvas.

IV.3.- Extensão do Espectro Para a Configuração Par $3d^2$:- Com a análise parcialmente terminada, com a determinação dos níveis para a configuração ímpar $3p3d$, foi iniciado o estudo das transições envolvendo as configurações $3d^2$ e $3p3d$. O procedimento adotado foi o mesmo da secção anterior sendo que num trabalho gráfico inicial 14 curvas de transições experimentais ao longo da sequência-isoeletrônica foram traçadas, e uma coleta das linhas candidatas com as especificações iônicas adequadas foram conseguidas. O erro estimado pode ser considerado entre 50 e 100 cm^{-1} para este estágio da análise. O Gráfico X mostra algumas dessas linhas que, por serem muito próximas umas às outras, inibe o aparecimento de todas. Novamente os mesmos cálculos numéricos HFR, com o escalonamento já mencionado, serviram de roteiro para um ajuste “fino” (inferior a 15 cm^{-1}) e o comportamento sem nenhuma discrepância das curvas obtidas e mostradas no Gráfico XI, revelou a confiança em adotá-las.

Após esgotados os recursos gráficos da sequência-isoeletrônica envolvendo transições conhecidas experimentalmente, é que os níveis então obtidos foram postos em forma de curvas. No Gráfico XII é mostrado alguns desses níveis. Deve ser notado que essas curvas tratam apenas os níveis novos, conseguidos na análise, enquanto que aqueles já existentes ou que foram modificados com este trabalho não aparecem.

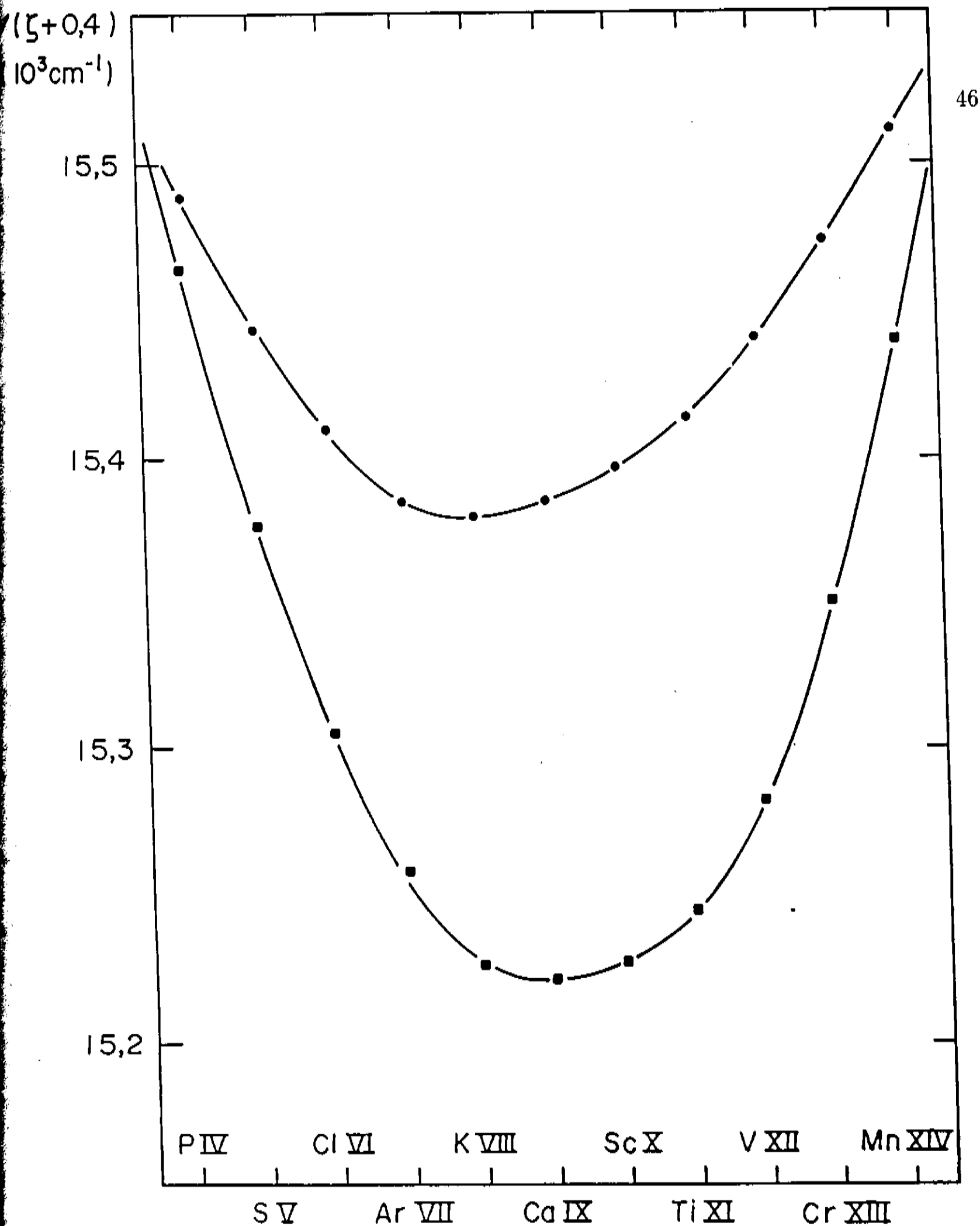


Gráfico II :Curvas exibindo as discrepâncias como obtidas por Ekberg (x) em comparação com os valores adotados hoje (.) para a transição $3s3p \ ^3P_1^0 - 3s2 \ ^1S_0$ na sequência iso-eletrônica do Mg I.

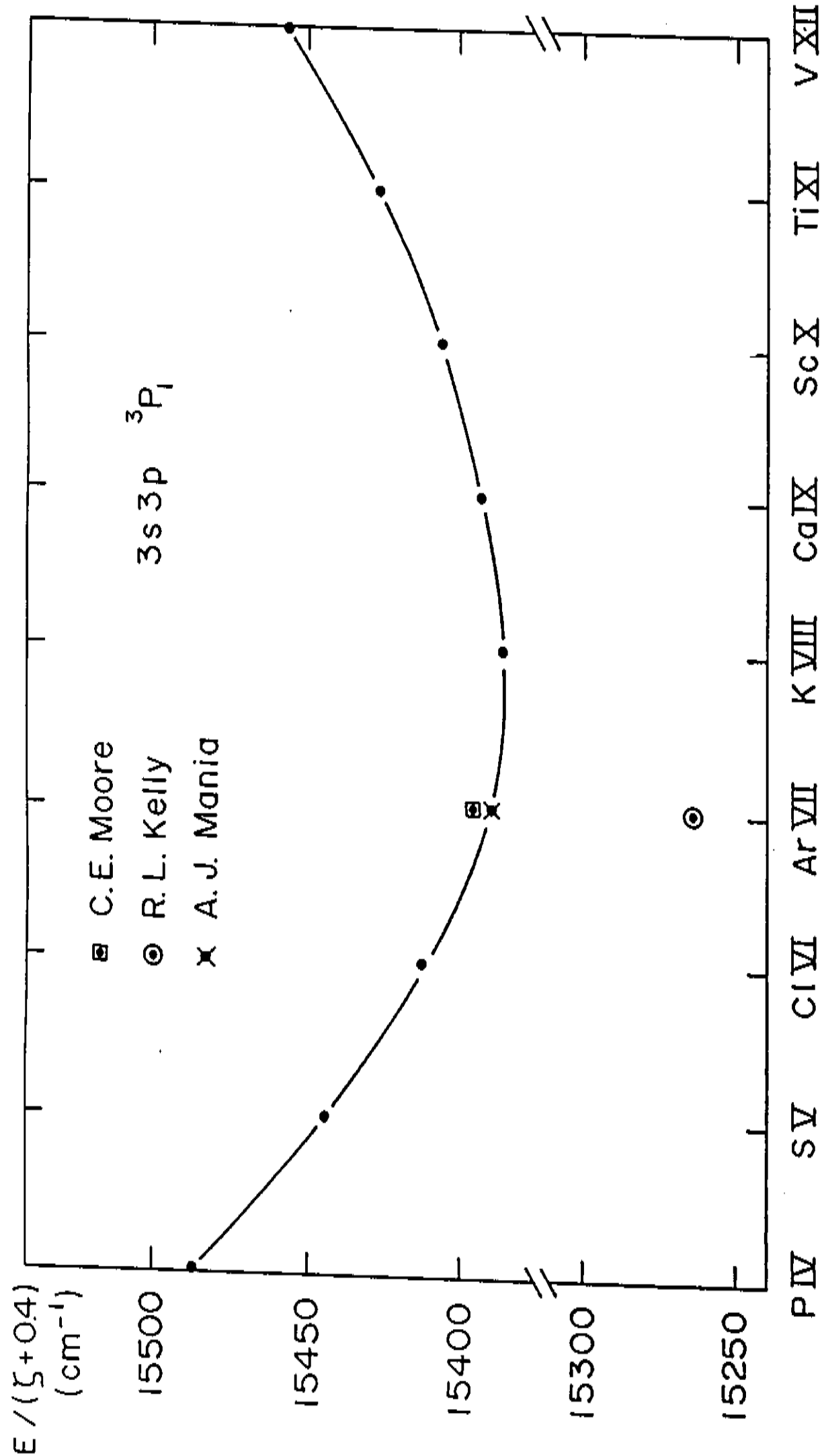


Gráfico III : Curva em uma escala apropriada para a determinação do valor experimental do nível $3s3p\ ^3P_1$ para o Ar VII. Mostrados também os antigos valores como dados por C.E. Moore (.) e R.L. Kelly (x).

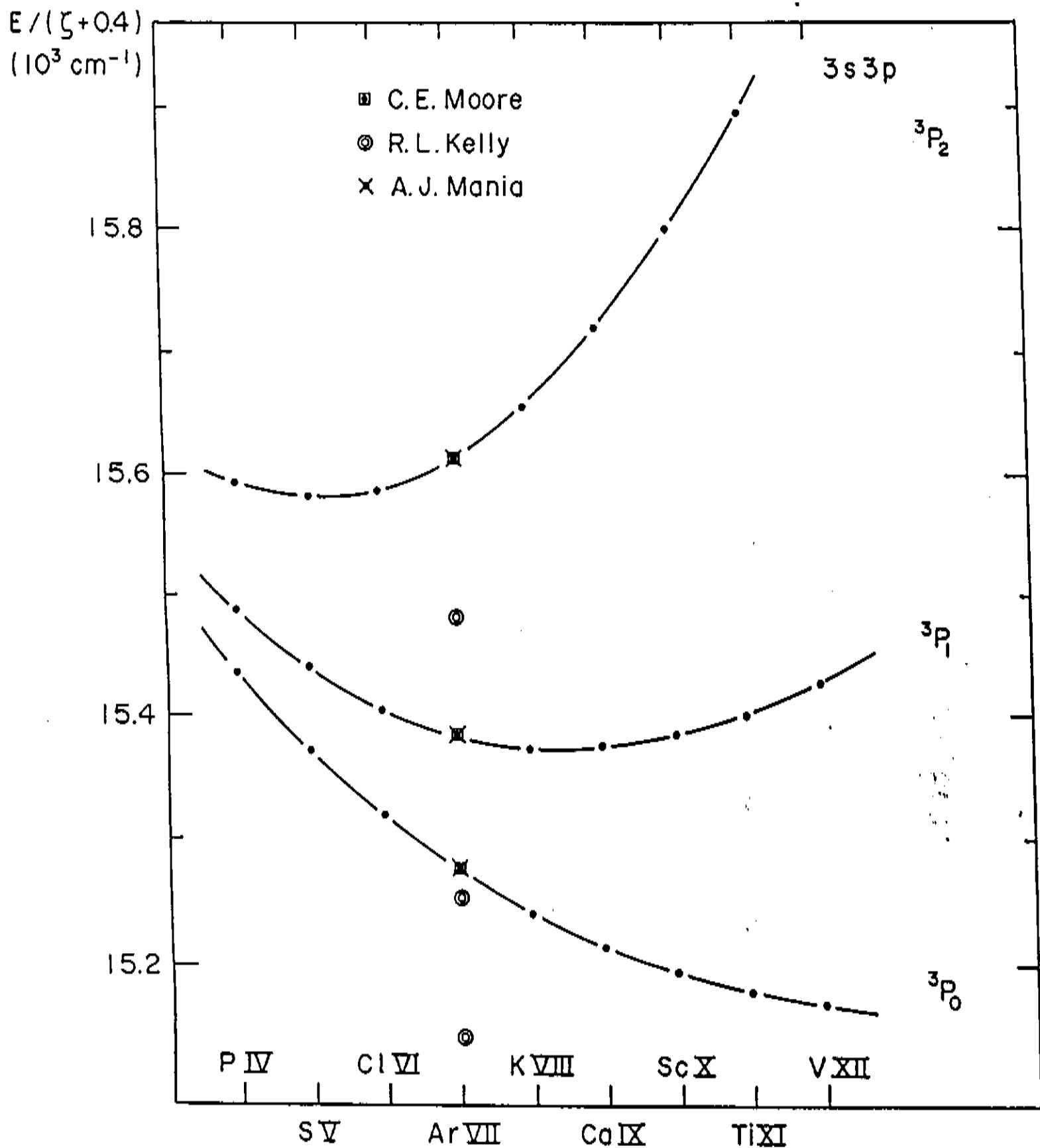


Gráfico IV : Valores experimentais dos níveis tripletes da configuração $3s3p$ ao longo da sequência iso-eletrônica para efeito de comparação. Nesta escala não é visível a diferença entre aqueles dados por este trabalho e C.E.Moore (.). Para o Ar VII, os valores como adotados por R.L.Kelly (x) estão claramente longe da posição aceitável ao longo da sequência.

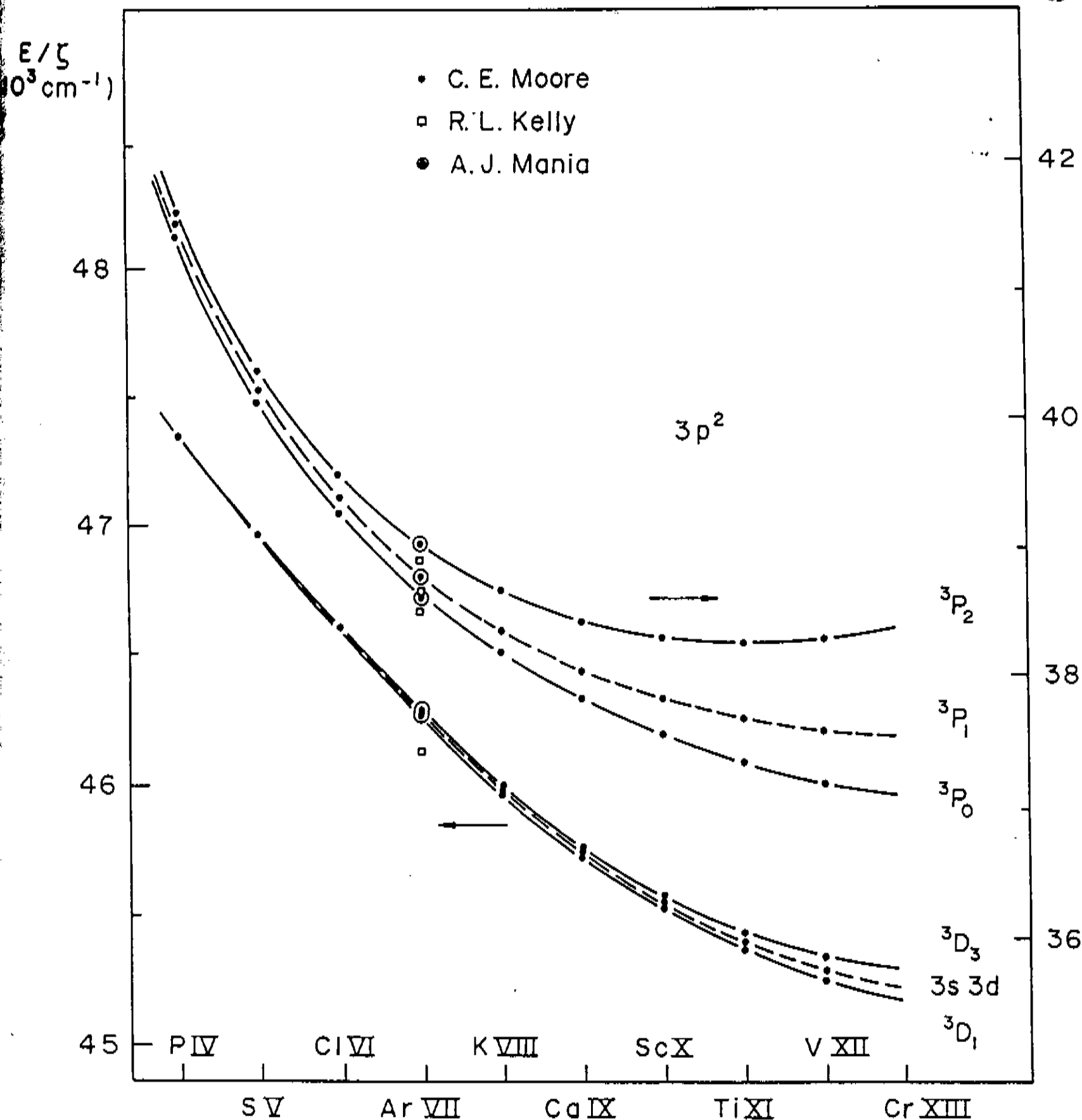


Gráfico V :Valores experimentais ao longo da sequência iso-eletrônica para níveis tripletes das configurações $3p^2$ e $3s3d$. Também mostrados os valores adotados por C.E.Moore (.) e R.L.Kelly (x) para o Ar VII.

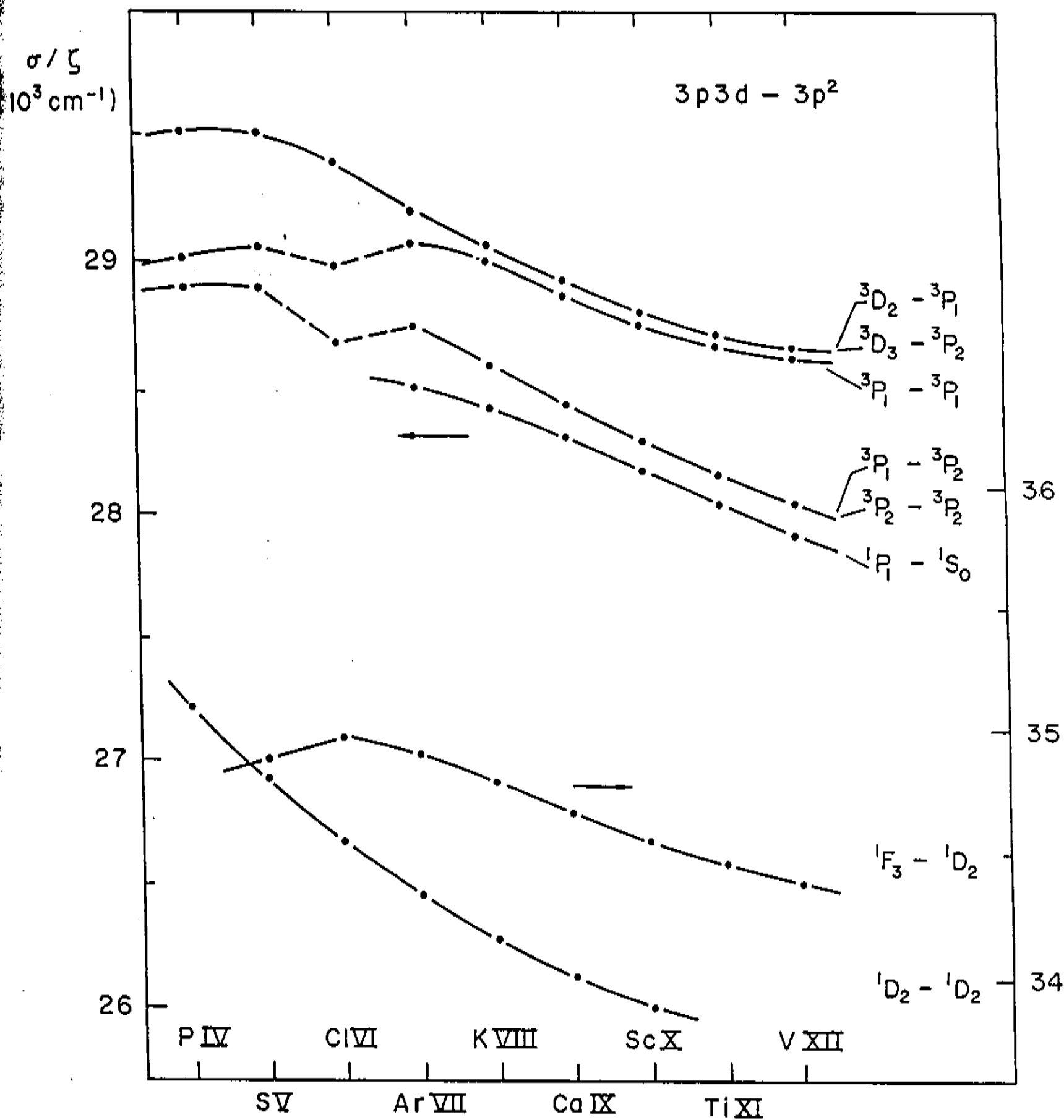


Gráfico VI : Extrapolação de transições experimentais envolvendo as configurações $3p3d - 3p^2$ para o Ar VII ao longo da sequência isoeletrônica. ζ é a auto-carga do núcleo.

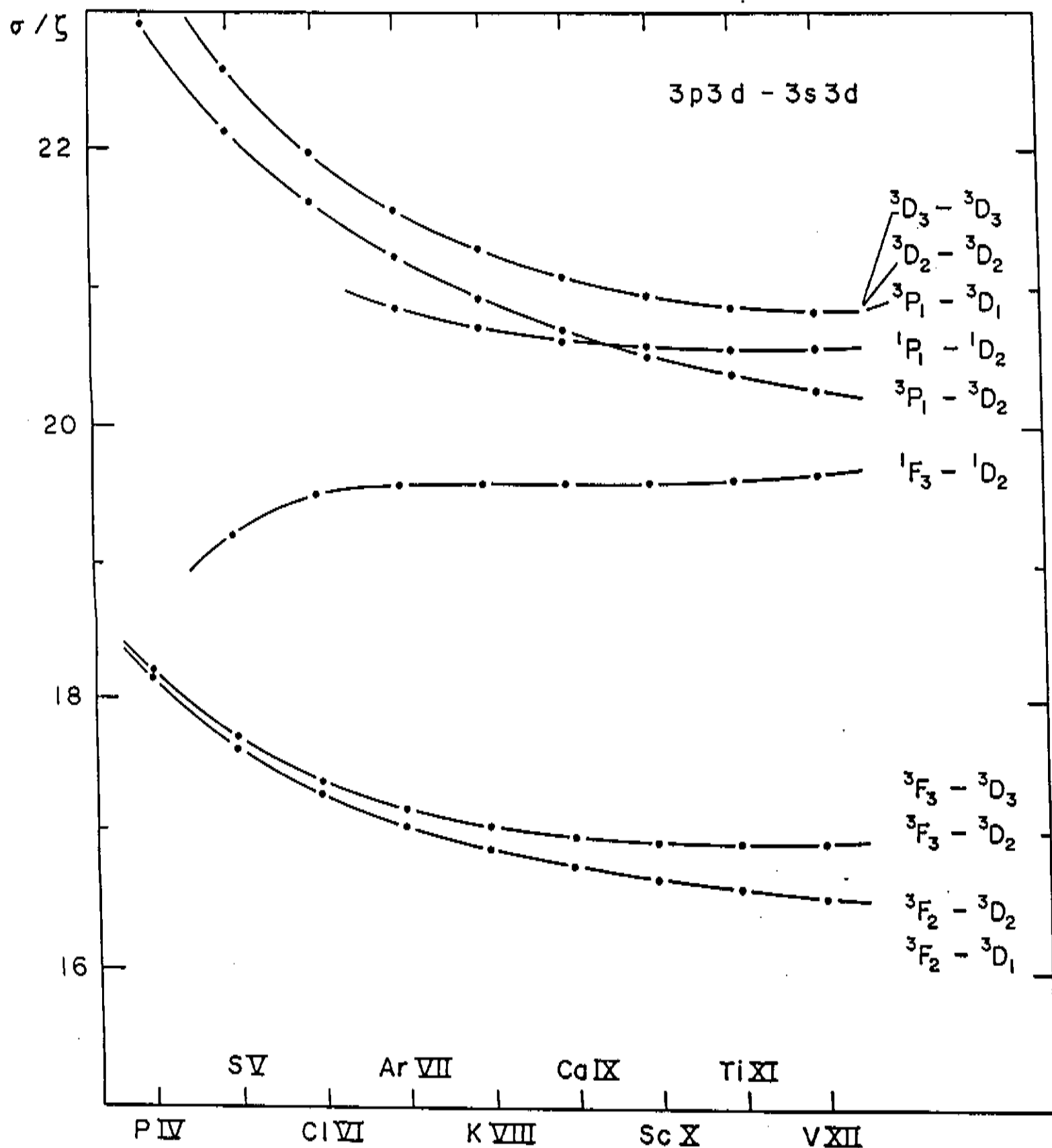


Gráfico VII : Extrapolação de transições experimentais envolvendo as configurações $3p3d - 3s3d$ para o Ar VII ao longo da sequência isoeletrônica.

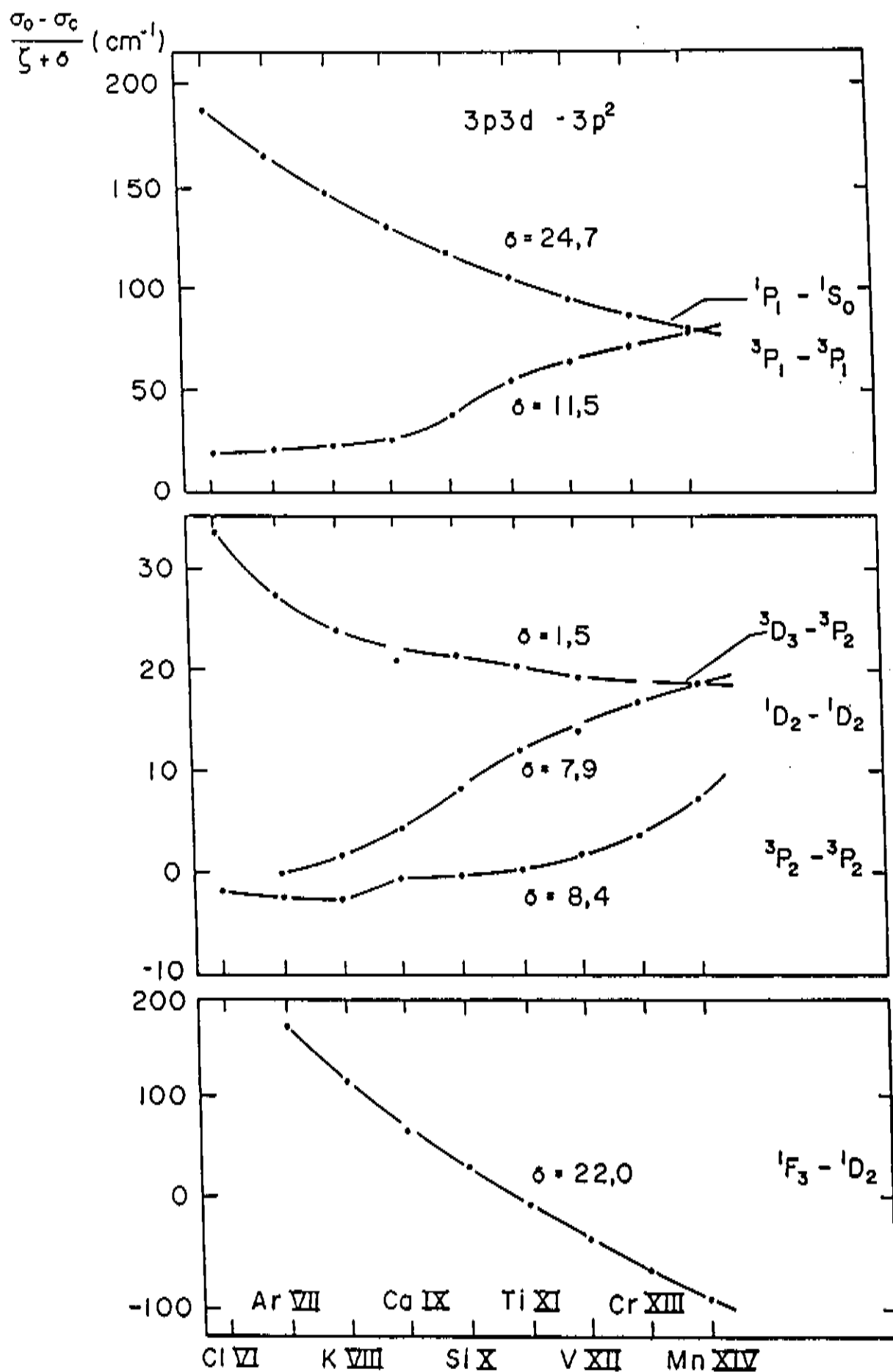


Gráfico VIII : Curvas de transições das configurações $3p3d - 3p^2$ envolvendo a diferença entre valores experimentais e teóricos. δ é uma constante apropriada para acomodar a curva no intervalo de escala.

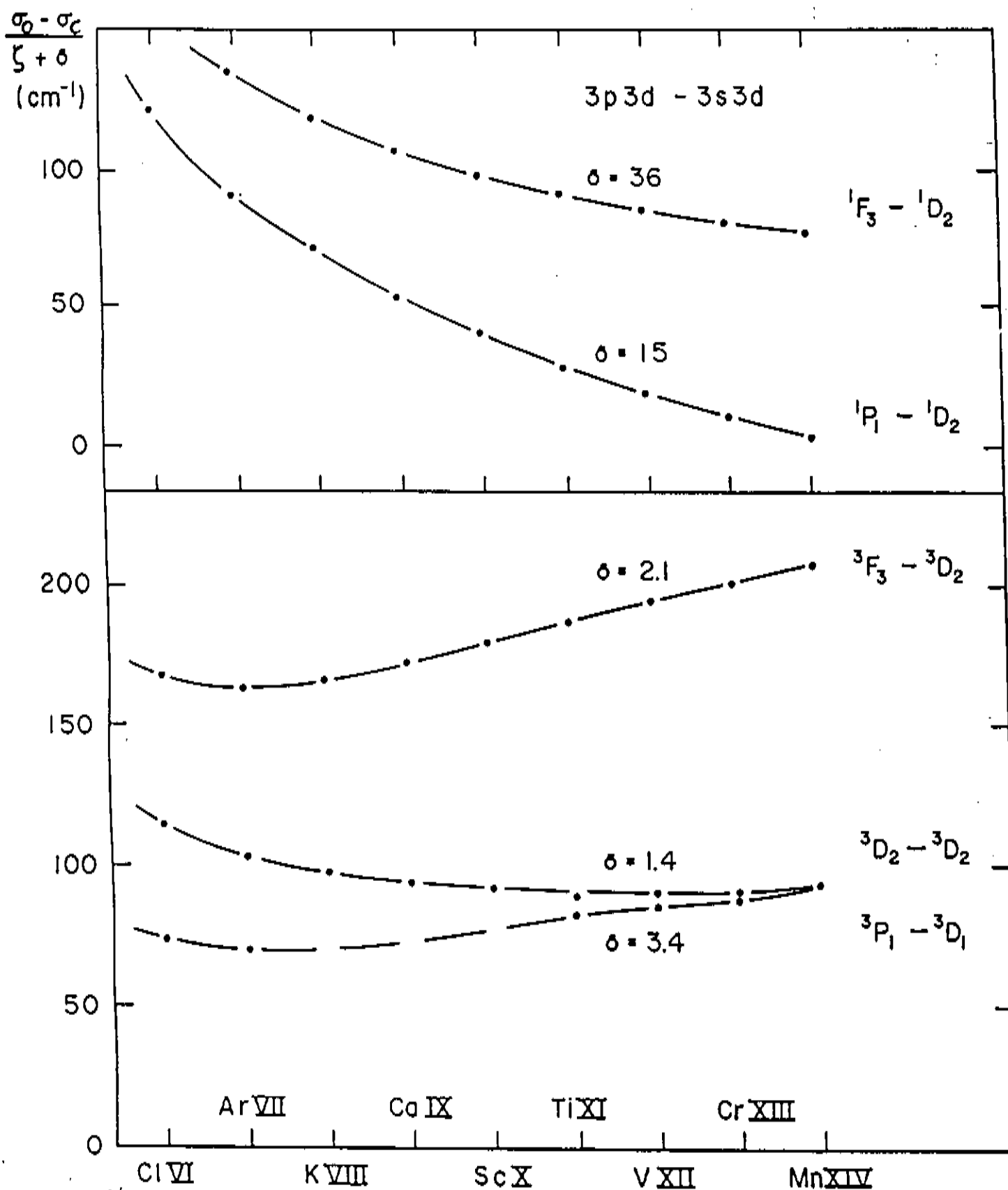


Gráfico IX : Curvas de transições das configurações $3p3d - 3s3d$ envolvendo a diferença entre valores experimentais e teóricos. O valor de δ também é mostrado.

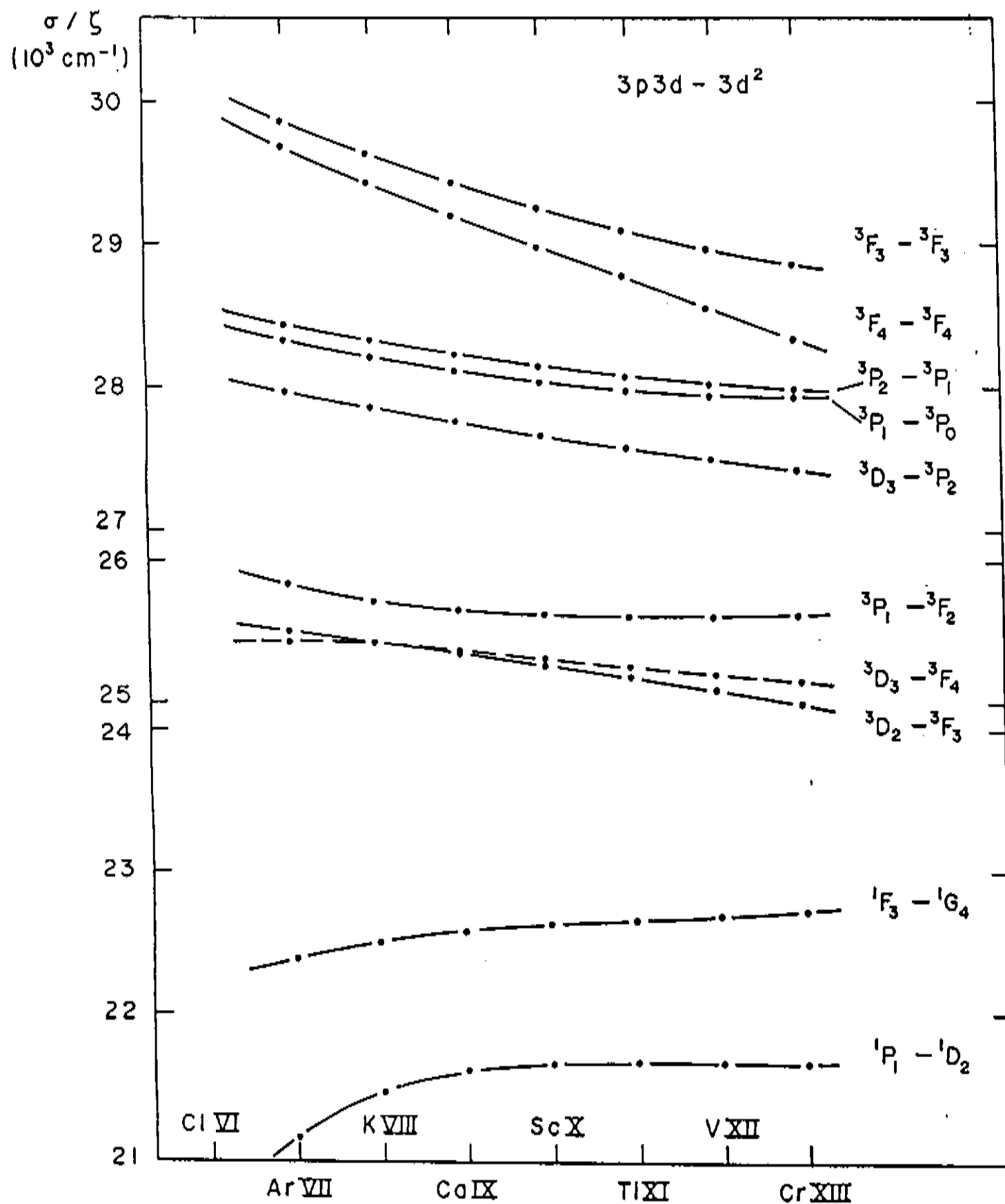


Gráfico X : Extrapolação de transições experimentais envolvendo as configurações $3d^2 - 3p3d$ para o Ar VII ao longo da sequência isoeletrônica.

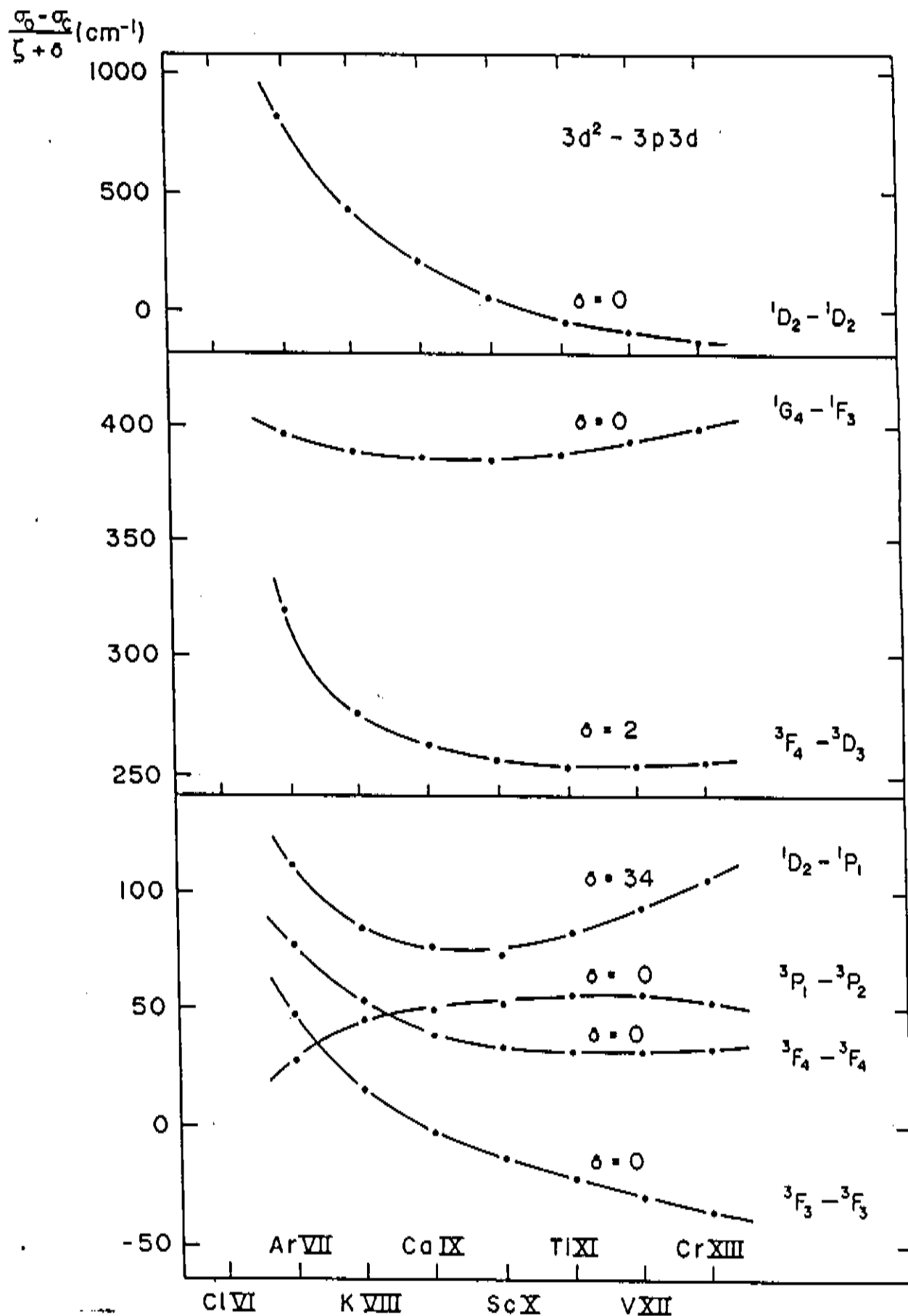


Gráfico XI : Curvas de transições das configurações $3d^2 - 3p3d$ envolvendo a diferença entre valores experimentais e teóricos.

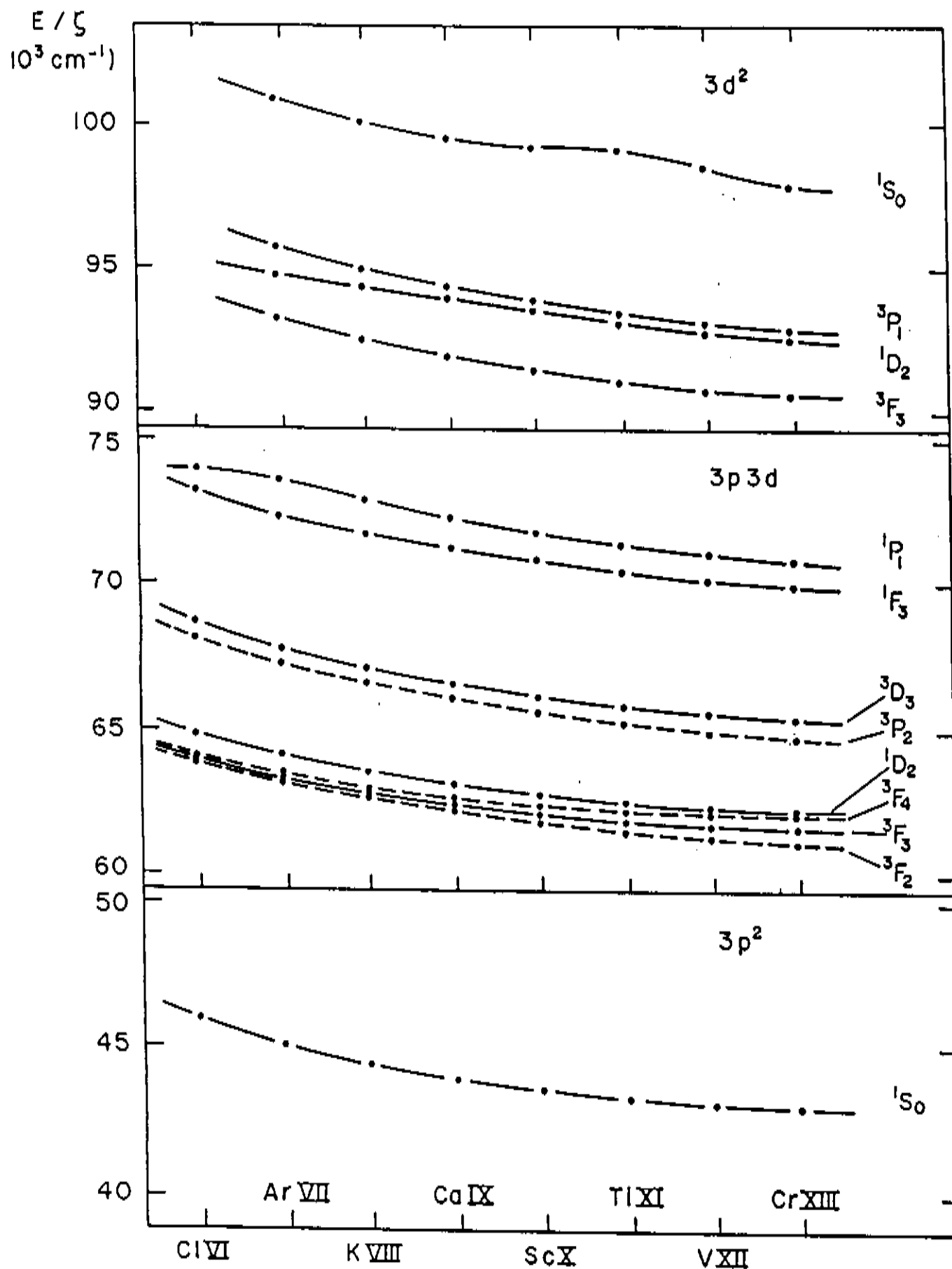


Gráfico XII : Extrapolação dos níveis experimentais novos ao longo da sequência iso-eletrônica. O comportamento suave dessas curvas atestam que esses níveis para o Ar VII não participam das discrepâncias encontradas em íons abaixo dele.

Capítulo V - Resultados da Análise Espectral

IV.1.-Otimização dos Parâmetros de Slater:-Por ajustar os parâmetros:

E_{av} — energias do centro de gravidade de cada configuração;

$F^k(nl, nl)$ — integrais de Coulomb entre elétrons de mesma camada eletrônica;

α e β — efeitos de segunda e terceira ordem para certas integrais $F^k(nl, nl)$;

$F^k(nl, n'l')$ — integrais de Coulomb entre elétrons de camadas eletrônicas diferentes;

$G^k(nl, n'l')$ — integrais de troca entre camadas diferentes;

$R^k(nl, nl; n'l', n'l')$ — integrais radiais de interação entre configurações;

ζ_{nl} — parâmetro spin-órbita

para as respectivas configurações em que aparecem; de modo a tornar o conjunto dos níveis obtidos experimentalmente e de mesma paridade, tão reprodutíveis quanto possível quando tratados como variáveis de entrada para o programa RCE19; é que se pode chegar a uma decisão conclusiva da precisão do trabalho de análise.

O processo de ajuste é feito por um procedimento iterativo automático, até os valores dos parâmetros não sofrer grandes mudanças de um ciclo de interação para outro, (convergência dos níveis para um determinado valor). Assim é que um bom ajuste de parâmetros, além de confirmar os níveis conhecidos experimentalmente dentro de um erro aceitável (desvio entre o fornecido experimentalmente e o ajustado) de aproximadamente 1,0% de seus valores[9], fornece a previsão daqueles ainda não classificados. O desvio padrão desses erros, fornecidos como saída do programa a cada ciclo gerado, dá

uma noção geral de como está o ajuste.

Neste trabalho de análise para o Ar VII, o desvio padrão para as configurações pares (19 níveis) obtido do código RCE19, via ajuste pelo método dos mínimos quadrados dos parâmetros de Slater, foi de 117cm^{-1} e para as configurações ímpares (16 níveis) foi de 109cm^{-1} . Um erro estimado em aproximadamente 0,00023%.

Uma vez que os diagramas das diferenças de níveis observados experimentalmente, estejam prontos, todos os dados disponíveis (níveis e transições) são postos como entrada para o código computacional de ajuste ELCALC, que tem a função de otimizar os valores dos níveis a partir das transições fornecidas, mostrando as discrepâncias cometidas. Para o ELCALC os 35 níveis (dos quais 31 são novos) e as 76 transições fornecidas (das quais 64 são novas) revelam uma discrepância inferior a 10cm^{-1} para estes níveis.

Na Tabela VI está a saída para os níveis desse código.

Tabela VI:-Saída do ELCALC exibindo a configuração a que pertence o nível, seu valor energético $E(\text{cm}^{-1})$, a discrepância (cm^{-1}) advinda da otimização e número de transições na determinação do nível.

Conf.	Nível	Energia (cm^{-1})	Discrepância (cm^{-1})	Número de Transições
3s3p	$^3P_0^0$	113052.000	7	2
3s3p	$^3P_1^0$	113856.969	5	5
3s3p	$^3P_2^0$	115547.330	7	4
3s3p	$^1P_1^0$	170722.907	4	4
3p3d	$^3F_2^0$	443315.027	3	6
3p3d	$^3F_3^0$	444727.302	4	6
3p3d	$^3F_4^0$	445824.349	6	2
3p3d	$^1D_2^0$	450162.083	3	4
3p3d	$^3P_2^0$	472232.573	4	7
3p3d	$^3P_1^0$	472966.278	3	7
3p3d	$^3P_0^0$	473555.443	6	2
3p3d	$^3D_1^0$	474856.140	4	6
3p3d	$^3D_2^0$	475262.785	5	5
3p3d	$^3D_3^0$	475711.371	4	6
3p3d	$^1F_3^0$	507738.786	4	5
3p3d	$^1P_1^0$	516590.511	4	5
3s ²	1S_0	0.453	6	2
3p ²	1D_2	264748.958	4	4
3p ²	3P_0	269766.779	7	3
3p ²	3P_1	270729.086	4	8
3p ²	3P_2	272516.039	4	7
3p ²	1S_0	316759.602	6	2
3s3d	3D_1	324053.076	4	4
3s3d	3D_2	324093.285	3	9
3s3d	3D_3	324155.183	3	6
3s3d	1D_2	370302.153	3	4
3d ²	3F_4	653939.022	10	2

continuação da Tabela VI

Conf.	Nível	Energia (cm^{-1})	Discrepância	Número de Transições
$3d^2$	3F_3	653994.456	4	5
$3d^2$	3F_2	654072.263	6	3
$3d^2$	1D_2	664733.130	6	3
$3d^2$	1G_4	664885.012	6	1
$3d^2$	3P_0	671532.520	6	3
$3d^2$	3P_1	671570.614	6	4
$3d^2$	3P_2	671642.029	6	5
$3d^2$	1S_0	707813.384	8	1

A relação final das transições classificadas como pertencendo ao complexo (3,3) do Ar VII são apresentadas na Tabela VII.

As energias dos níveis e as respectivas composições de auto- vetores são mostrados na Tabela VIII para as configurações pares e na Tabela IX para as configurações ímpares, como obtidas na saída do programa RCE19.

Os parâmetros de Slater otimizados e ajustados estão nas Tabelas X e XI para as configurações pares e ímpares, respectivamente.

Tabela VII :-Linhas classificadas do espectro do Ar VII mostrando sua característica/intensidade, comprimento de onda ($\text{\AA}$), números de onda (cm^{-1}) observados e calculados, diferença entre êsses valores observados e calculados via otimização dos níveis, além da transição a que pertence a linha. Linhas assinaladas com (^a) significam que já eram conhecidas e (*) que foram extraídas da nova tabela.

Car/Int	$\lambda(\text{\AA})$	Obs.	sigma (cm^{-1})		Transições
			Calc.	Obs.-Calc.	
2	411.55	242984	242990	-6	$3p^2 \ ^1D_2 - -3p3d \ ^1F_3^0$
1	437.95	228336	228327	9	$3d^2 \ ^3P_2 - -3p3d \ ^3F_2^0$
2	*451.52	221474	221480	-6	$3d^2 \ ^3P_2 - -3p3d \ ^3D_2^0$
2	*466.06	214565	214571	-6	$3d^2 \ ^1D_2 - -3p3d \ ^3D_2^0$
3	^a 473.93	211000	211001	-1	$3s3d \ ^3D_1 - -3s3p \ ^3P_0^0$
0	474.65	210682	210679	3	$3d^2 \ ^3F_3 - -3p3d \ ^3F_2^0$
53	^{a*} 475.66	210234	210236	-2	$3s3d \ ^3D_2 - -3s3p \ ^3P_1^0$
1	477.70	209336	209345	-9	$3d^2 \ ^3F_2 - -3p3d \ ^3F_3^0$
1	477.87	209262	209267	-5	$3d^2 \ ^3F_3 - -3p3d \ ^3F_3^0$
53	^{a*} 479.34	208618	208608	10	$3s3d \ ^3D_3 - -3s3p \ ^3P_2^0$
53	^a 479.50	208550	208546	4	$3s3d \ ^3D_2 - -3s3p \ ^3P_2^0$
2	480.49	208121	208115	6	$3d^2 \ ^3F_4 - -3p3d \ ^3F_4^0$
0	487.58	205095	205089	6	$3p^2 \ ^3P_0 - -3p3d \ ^3D_1^0$
0	488.94	204524	204534	-10	$3p^2 \ ^3P_1 - -3p3d \ ^3D_2^0$
0	489.89	204127	204127	0	$3p^2 \ ^3P_1 - -3p3d \ ^3D_1^0$
53	492.13	203198	203195	3	$3p^2 \ ^3P_2 - -3p3d \ ^3D_3^0$
53	492.13	203198	203199	-1	$3p^2 \ ^3P_0 - -3p3d \ ^3P_1^0$
0	494.46	202241	202237	4	$3p^2 \ ^3P_1 - -3p3d \ ^3P_1^0$
2	496.27	201503	201504	-1	$3p^2 \ ^3P_1 - -3p3d \ ^3P_2^0$
2	498.87	200453	200450	3	$3p^2 \ ^3P_2 - -3p3d \ ^3P_1^0$
1	500.40	199840	199830	10	$3p^2 \ ^1S_0 - -3p3d \ ^1P_1^0$
2	500.72	199712	199717	-5	$3p^2 \ ^3P_2 - -3p3d \ ^3P_2^0$
53	^{a*} 501.09	199565	199579	-12	$3s3d \ ^1D_2 - -3s3p \ ^1P_1^0$
1	501.48	199410	199409	1	$3d^2 \ ^3P_2 - -3p3d \ ^3P_2^0$
1	501.65	199342	199338	4	$3d^2 \ ^3P_1 - -3p3d \ ^3P_2^0$

continuação da Tabela VII:

Car/Int	$\lambda(\text{\AA})$	Obs.	Calc.	Obs.-Calc.	Transições
0	503.52	198602	198605	-3	$3d^2\ ^3P_1 - -3p3d\ ^3P_1^0$
0	503.61	198566	198566	0	$3d^2\ ^3P_0 - -3p3d\ ^3P_1^0$
32	505.03	198008	198016	-8	$3d^2\ ^3P_1 - -3p3d\ ^3P_0^0$
53	*508.18	196781	196786	-5	$3d^2\ ^3P_2 - -3p3d\ ^3D_1^0$
52	508.46	196672	196676	-4	$3d^2\ ^3P_0 - -3p3d\ ^3D_1^0$
50	509.40	196309	196308	1	$3d^2\ ^3P_1 - -3p3d\ ^3D_2^0$
52	*510.39	195929	195931	-2	$3d^2\ ^3P_2 - -3p3d\ ^3D_3^0$
1	522.95	191223	191223	0	$3d^2\ ^1S_0 - -3p3d\ ^1P_1^0$
1	539.33	185415	185413	2	$3p^2\ ^1D_2 - -3p3d\ ^3D_2^0$
2	549.94	181838	181839	-1	$3d^2\ ^3F_2 - -3p3d\ ^3P_2^0$
0	550.17	181762	181761	1	$3d^2\ ^3F_3 - -3p3d\ ^3P_2^0$
53	*555.63	179976	179978	-2	$3p^2\ ^1D_2 - -3p3d\ ^3F_3^0$
2	559.51	178728	178731	-3	$3d^2\ ^3F_3 - -3p3d\ ^3D_2^0$
2	560.64	178367	178361	6	$3d^2\ ^3F_2 - -3p3d\ ^3D_3^0$
52	*561.11	178218	178218	-10	$3d^2\ ^3F_4 - -3p3d\ ^3D_3^0$
40	579.40	172592	172586	6	$3p^2\ ^3P_1 - -3p3d\ ^3F_2^0$
0	580.69	172209	172211	-2	$3p^2\ ^3P_2 - -3p3d\ ^3F_3^0$
31	585.49	170797	170799	-2	$3p^2\ ^3P_2 - -3p3d\ ^3F_2^0$
523	*585.73	170727	170723	4	$3s^2\ ^1S_0 - -3s3p\ ^1P_1^0$
524	*630.29	158657	158659	-2	$3p^2\ ^3P_2 - -3s3p\ ^3P_1^0$
33	*634.21	157676	157677	-1	$3p^2\ ^3P_1 - -3s3p\ ^3P_0^0$
1	636.35	157146	157146	0	$3d^2\ ^1G_4 - -3p3d\ ^1F_3^0$
33	636.95	156998	156998	4	$3d^2\ ^1D_2 - -3p3d\ ^1F_3^0$
34	*637.10	156961	156969	-8	$3p^2\ ^3P_2 - -3s3p\ ^3P_2^0$
54	*637.47	156870	156870	-2	$3p^2\ ^3P_1 - -3s3p\ ^3P_1^0$
34	641.37	155916	155910	6	$3p^2\ ^3P_0 - -3s3p\ ^3P_1^0$
53	*644.40	155183	155182	1	$3p^2\ ^3P_1 - -3s3p\ ^3P_2^0$
32	*645.41	154940	154942	-2	$3d^2\ ^3P_0 - -3p3d\ ^1P_1^0$
2	659.54	151621	151618	3	$3s3d\ ^3D_2 - -3p3d\ ^3D_3^0$
3	659.83	151554	151556	-2	$3s3d\ ^3D_3 - -3p3d\ ^3D_3^0$
32	661.51	151169	151170	-1	$3s3d\ ^3D_2 - -3p3d\ ^3D_2^0$
33	661.76	151112	151108	4	$3s3d\ ^3D_3 - -3p3d\ ^3D_2^0$
31	663.08	150811	150811	8	$3s3d\ ^3D_1 - -3p3d\ ^3D_1^0$
1	663.31	150759	150763	-4	$3s3d\ ^3D_2 - -3p3d\ ^3D_1^0$

continuação da Tabela VII :

Car/Int	$\lambda(\text{\AA})$	Obs.	Calc.	Obs.-Calc.	Transições
2	668.89	149501	149502	-1	$3s3d\ ^3D_1 - -3p3d\ ^3P_0^0$
1	671.54	148911	148913	-2	$3s3d\ ^3D_1 - -3p3d\ ^3P_1^0$
3	671.72	148872	148873	-1	$3s3d\ ^3D_2 - -3p3d\ ^3P_1^0$
52	675.01	148146	148143	3	$3d^2\ ^1D_2 - -3p3d\ ^1P_1^0$
52	675.01	148146	148140	6	$3s3d\ ^3D_2 - -3p3d\ ^3P_2^0$
1	683.59	146287	146288	-1	$3s3d\ ^1D_2 - -3p3d\ ^1P_1^0$
0	683.72	146259	146255	4	$3d^2\ ^3F_3 - -3p3d\ ^1F_3^0$
3	684.74	146041	146037	4	$3p^2\ ^1S_0 - -3s3p\ ^1P_1^0$
4	727.59	137440	137437	3	$3s3d\ ^1D_2 - -3p3d\ ^1F_3^0$
33	821.89	121671	121669	2	$3s3d\ ^3D_3 - -3p3d\ ^3F_4^0$
54	*828.91	120640	120634	6	$3s3d\ ^3D_2 - -3p3d\ ^3F_3^0$
3	*829.41	120568	120572	4	$3s3d\ ^3D_3 - -3p3d\ ^3F_3^0$
2	838.79	119219	119222	-3	$3s3d\ ^3D_2 - -3p3d\ ^3F_2^0$
1	839.18	119164	119160	4	$3s3d\ ^3D_3 - -3p3d\ ^3F_2^0$
45	878.26	113861	113857	4	$3s^2\ ^1S_0 - -3s3p\ ^3P_1^0$
54	^a *1063.54	94026	94026	0	$3p^2\ ^1D_2 - -3s3p\ ^1P_1^0$
0	1252.21	79859	79860	-1	$3s3d\ ^1D_2 - -3p3d\ ^3D_2^0$

Conf.	Nível	Energia (cm ⁻¹)	Composição de Auto-Vetores
3s ²	¹ S ₀	0	96,3(3s ² : ¹ S ₀) + 3,6(3p ² : ¹ S ₀)
3p ²	¹ D ₂	264745	77,5(3p ² : ¹ D ₂) + 20,4(3s3d: ¹ D ₂)
	³ P ₀	269773	99,3(3p ² : ³ P ₀)
	³ P ₁	270727	99,6(3p ² : ³ P ₁)
	³ P ₂	272506	97,7(3p ² : ³ P ₂)
	¹ S ₀	316756	93,9(3p ² : ¹ S ₀) + 3,4(3s ² : ¹ S ₀)
3s3d	³ D ₁	324049	99,9(3s3d: ³ D ₁)
	³ D ₂	324095	99,9(3s3d: ³ D ₂)
	³ D ₃	324145	99,9(3s3d: ³ D ₃)
	¹ D ₂	370293	78,3(3s3d: ¹ D ₂) + 20,3(3p ² : ¹ D ₂)
3d ²	³ F ₄	653927	98,7(3d ² : ³ F ₄)
	³ F ₃	653990	98,7(3d ² : ³ F ₃)
	³ F ₂	654068	98,7(3d ² : ³ F ₂)
	¹ D ₂	664727	96,6(3d ² : ¹ D ₂) + 2,5(3p4f: ¹ D ₂)
	¹ G ₄	664879	93,2(3d ² : ¹ G ₄) + 6,8(3p4f: ¹ G ₄)
	³ P ₀	671528	99,6(3d ² : ³ P ₀)
	³ P ₁	671566	99,6(3d ² : ³ P ₁)
	³ P ₂	671630	99,6(3d ² : ³ P ₂)
	¹ S ₀	707810	97,5(3d ² : ¹ S ₀) + 2,3(3p ² : ¹ S ₀)

Tabela VIII:- Níveis de energia para as configurações pares do Ar VII e suas respectivas expansões em auto-vetores. A pureza média no esquema LS é 96,0%. As componentes menores que 2,0% foram omitidas.

Config.	Nível	Energia (cm ⁻¹)	Composição de Auto-Vetores
3s3p	$^3P_0^0$	113052	99,2(3s3p: $^3P_0^0$)
	$^3P_1^0$	113858	99,1(3s3p: $^3P_1^0$)
	$^3P_2^0$	115545	99,2(3s3p: $^3P_2^0$)
	$^1P_1^0$	170720	94,5(3s3p: $^1P_1^0$) + 5,4(3p3d: $^1P_1^0$)
3p3d	$^3F_2^0$	443309	98,1(3p3d: $^3F_2^0$)
	$^3F_3^0$	444723	99,9(3p3d: $^3F_3^0$)
	$^3F_4^0$	445810	100,0(3p3d: $^3F_4^0$)
	$^1D_2^0$	450159	98,0(3p3d: $^1D_2^0$)
	$^3P_2^0$	472231	88,9(3p3d: $^3P_2^0$) + 10,2(3p3d: $^3D_2^0$)
	$^3P_1^0$	472963	84,0(3p3d: $^3P_1^0$) + 15,3(3p3d: $^3D_1^0$)
	$^3P_0^0$	473553	99,2(3p3d: $^3P_0^0$)
	$^3D_1^0$	474856	84,7(3p3d: $^3D_1^0$) + 15,2(3p3d: $^3P_1^0$)
	$^3D_2^0$	475259	89,8(3p3d: $^3D_2^0$) + 10,1(3p3d: $^3P_2^0$)
	$^3D_3^0$	475710	99,9(3p3d: $^3D_3^0$)
	$^1F_3^0$	507733	99,9(3p3d: $^1F_3^0$)
	$^1P_1^0$	516589	94,4(3p3d: $^1P_1^0$) + 5,4(3s3p: $^1P_1^0$)

Tabela IX:-Níveis de energia para as configurações ímpares do Ar VII e suas respectivas expansões em auto-vetores. A pureza média no esquema LS é 95,6%.As componentes menores que 2,0% foram omitidas.

Tabela X:-Parâmetros de Slater para configurações pares como dados via HFR e ajustados. A razão entre esses valores ("fit") também são indicados. Para esse ajuste o desvio padrão ficou em 117 cm^{-1} .

Conf.	Parâmetro	Valor HFR (cm^{-1})	Valor Ajustado (cm^{-1})	Ajst./HFR
3s ²	E_{AV}	12682	12837	1,01
3p ²	E_{AV}	284117	281458	0,99
	$F^2(3p, 3p)$	72813	68342	0,93
	$\alpha(3p, 3p)$	-100	-13	—
	ζ_{3p}	1710	1653	0,97
3s3d	E_{AV}	335174	331333	0,99
	ζ_{3d}	78	78	fixo
	$G^2(3s, 3d)$	75883	66244	0,88
3d ²	E_{AV}	670106	664836	0,99
	$F^2(3d, 3d)$	78974	84194	1,08
	$F^4(3d, 3d)$	50722	39641	0,80
	$\alpha(3d, 3d)$	-38	-13	—
	$\beta(3d, 3d)$	-100	-34	—
	ζ_{3d}	79	78	—
3p4f	E_{AV}	805246		fixo
	ζ_{3p}	1833		fixo
	ζ_{4f}	7		fixo
	$F^2(3p, 4f)$	36377		fixo
	$G^2(3p, 4f)$	24805		fixo
	$G^4(3p, 4f)$	16535		fixo

continuação da Tabela X:

Integrais de Interação de Configuração	Valor HFR (cm^{-1})	Valor Ajustado (cm^{-1})	Ajst./HFR
$R(3s^2, 3p^2)$	108144		fixo
$R(3s^2, 3d^2)$	74924		fixo
$R(3p^2, 3s3d)$	99977	88023	0,88
$R^1(3p^2, 3d^2)$	94598		fixo
$R^2(3p^2, 3d^2)$	59923		fixo
$R(3p^2, 3p4f)$	-41252		fixo
$R(3s3d, 3d^2)$	75633		fixo
$R^1(3s3d, 3p4f)$	-56215		fixo
$R^2(3s3d, 3p4f)$	-30958		fixo
$R(3d^2, 3p4f)$	-53911		fixo
$R(3d^2, 3p4f)$	-31417		fixo

Tabela XI:-Parâmetros de Slater para configurações ímpares como dados via HFR e ajustados. A razão entre esses valores ("fit") também são indicados. Para esse ajuste o desvio padrão ficou em 109 cm^{-1} .

Config.	Parâmetro	Valor HFR (cm^{-1})	Valor Ajustado (cm^{-1})	Ajst./HFR
3s3p	E_{AV}	132928	135660	1,02
	$G^1(3s, 3p)$	121602	107915	0,89
	ζ_{3p}	1728	1687	0,97
3p3d	E_{AV}	472787	466673	0,99
	$F^2(3p, 3d)$	61934	53315	0,86
	$G^1(3p, 3d)$	81248	77572	0,95
	$G^3(3p, 3d)$	40687	34377	0,84
	ζ_{3p}	1790	1747	0,97
	ζ_{3d}	160	160	fixo
3s4f	E_{AV}	651278		fixo
	$G^3(3s, 4f)$	17677		fixo
	ζ_{4f}	6		fixo
3d4p	E_{AV}	895274		fixo
	$F^2(3d, 4p)$	30610		fixo
	$G^1(3d, 4p)$	10256		fixo
	$G^3(3d, 4p)$	10407		fixo
	ζ_{3d}	89		fixo
	ζ_{4p}	588		fixo
3d4f	E_{AV}	984000		fixo
	$F^2(3d, 4f)$	34807		fixo
	$F^4(3d, 4f)$	19209		fixo
	$G^1(3d, 4f)$	32039		fixo
	$G^3(3d, 4f)$	19253		fixo
	$G^5(3d, 4f)$	13441		fixo
	ζ_{3d}	90		fixo
	ζ_{4f}	6		fixo

continuação da Tabela XI:

Integrais de Interação de Configuração	Valor HFR (cm^{-1})	Valor Ajustado (cm^{-1})	Ajst./HFR
$R^1(3s3p, 3p3d)$	115369	117437	1,02
$R^2(3s3p, 3p3d)$	76792	81564	1,06
$R^1(3s3p, 3d4p)$	12432		fixo
$R^2(3s3p, 3d4p)$	16774		fixo
$R^1(3s3p, 3d4f)$	-39478		fixo
$R^2(3s3p, 3d4f)$	-30745		fixo
$R^1(3s4f, 3p3d)$	-55734		fixo
$R^2(3s4f, 3p3d)$	-39414		fixo
$R^1(3s4f, 3d4p)$	12487		fixo
$R^2(3s4f, 3d4p)$	-5192		fixo
$R^1(3p3d, 3d4f)$	33871		fixo
$R^2(3p3d, 3d4f)$	18311		fixo
$R^1(3p3d, 3d4p)$	11097		fixo
$R^2(3p3d, 3d4p)$	10270		fixo
$R^3(3p3d, 3d4p)$	1246		fixo
$R^4(3p3d, 3d4p)$	13795		fixo
$R^1(3p3d, 3d4f)$	-53271		fixo
$R^2(3p3d, 3d4f)$	-31124		fixo
$R^3(3p3d, 3d4f)$	-39983		fixo
$R^4(3p3d, 3d4f)$	-25366		fixo
$R^1(3d4p, 3d4f)$	13172		fixo
$R^2(3d4p, 3d4f)$	4708		fixo
$R^3(3d4p, 3d4f)$	-1479		fixo
$R^4(3d4p, 3d4f)$	59		fixo

IV.2.- Discussões e Comparações dos Níveis e Transições do Ar :-Em

1988 Lesteven-Vaïsse et alli[22] publicaram 417 linhas no espectro do Argônio por utilizar o impacto de feixe de íons pesados sobre o alvo. Embora o erro estimado na determinação da posição das linhas tenha sido de $0,2\text{\AA}$ (uma ordem de grandeza maior), alguma concordância pode ser verificada para o Ar VII.

O nível 1S_0 da $3p^2$ foi dado como $316727 \pm 45 \text{ cm}^{-1}$ advindo das transições $684,9\text{\AA}$ (146007 cm^{-1}) com o nível $^1P_1^0$ da $3s3p$ e $489,0\text{\AA}$ (204499 cm^{-1}) com o nível $^1P_1^0$ da $3p3d$. Neste trabalho, o nível 1S_0 da $3p^2$ é corrigido para 316760 cm^{-1} apoiado nas transições $684,74\text{\AA}$ (146041 cm^{-1}) com o nível $^1P_1^0$ da $3s3p$ e $500,40\text{\AA}$ (199841 cm^{-1}) com o nível $^1P_1^0$ da $3p3d$.

Dentro do erro experimental (de $0,2\text{\AA}$) as linhas :

$$487,80\text{\AA} \text{ (} 3p3d \text{ } ^3D_1^0\text{-}3p^2 \text{ } ^3P_0\text{)}$$

$$492,20\text{\AA} \text{ (} 3p3d \text{ } ^3P_1^0\text{-}3p^2 \text{ } ^3P_0\text{)}$$

$$494,60\text{\AA} \text{ (} 3p3d \text{ } ^3P_1^0\text{-}3p^2 \text{ } ^3P_1\text{)}$$

como dadas por Lesteven-Vaïsse et alli concordam com :

$$487,58\text{\AA} \text{ (} 3p3d \text{ } ^3D_1^0\text{-}3p^2 \text{ } ^3P^0\text{)}$$

$$492,13\text{\AA} \text{ (} 3p3d \text{ } ^3P_1^0\text{-}3p^2 \text{ } ^3P^0\text{)}$$

$$494,46\text{\AA} \text{ (} 3p3d \text{ } ^3P_1^0\text{-}3p^2 \text{ } ^3P^1\text{)}$$

e também :

$$661,60\text{\AA} \ (3p3d\ ^3D_2^0-3s3d\ ^3D_2)$$

$$662,80\text{\AA} \ (3p3d\ ^3D_1^0-3s3d\ ^3D_1)$$

concordam com :

$$661,51\text{\AA} \ (3p3d\ ^3D_2^0-3s3d\ ^3D_2)$$

$$663,08\text{\AA} \ (3p3d\ ^3D_1^0-3s3d\ ^3D_1)$$

Quanto aos níveis da $3p3d$ dados por Lesteven-Vaïsse et alli todos concordam dentro da ressalva de uma tolerância relativamente grande adotada como erro (aproximadamente $\pm 280\text{ cm}^{-1}$) na determinação desses níveis.

A linha de Phillips e Parker $641,318\text{\AA}$ (ou 155932 cm^{-1}) e classificada como Ar VI-I, mas contestada pelo CIOp como sendo de V ou VI e que representa a transição $3p^2$

$^3P_0 - 3s3p\ ^3P_1^0$, foi modificada neste trabalho para $641,37\text{\AA}$ (ou 155915 cm^{-1}) que é uma linha superposta com outra de $641,36\text{\AA}$ do Ar III. Esta modificação fez com que o nível 3P_0 da configuração $3p^2$ se ajustasse extremamente bem e além disso fez surgir na análise a transição $3p3d\ ^3D_1^0 - 3p^2\ ^3P_0$ em $487,58\text{\AA}$ (ou 205093 cm^{-1}). Edlén em seu trabalho de 1963[5] também não confirma a transição de Phillips e Parker de $641,318\text{\AA}$.

Através de inúmeras tentativas de encaixe para as linhas candidatas fazendo com que o multipletto $^3F_{2,3,4}$ da configuração $3d^2$ não se invertesse para $^3F_{4,3,2}$, não houve sucesso. Tal multipletto pertence a uma configuração de elétrons equivalentes e como uma regra tem sido estabelecido empiricamente que cascas (ou camadas de elétrons) preenchidas menos que a metade correspondem a multipletos normais[10]. Uma análise gráfica mostra que os níveis convergem para esta troca ao passar para íons abaixo do K VIII ao longo da sequência-isoeletrônica. É de se notar como a diferença entre níveis é pequena e acredita-se com base na análise gráfica que essa inversão deva ser confirmada quando da publicação futura acerca da análise espectral da configuração $3d^2$ para o Cl VI. Os pontos no gráfico para o S V sofrem um “mergulho” forte, se afastando da curva a ponto de não ser levado em consideração tão grande é a discrepância. Brage e Hibbert[39] fazem uma discussão teórica sobre esses “mergulhos” na sequência do Mg I, principalmente para a S V, e sugerem uma reconsideração cuidadosa das transições às quais determinam as posições desses níveis.

Capítulo VI - Conclusões

A fonte de radiação θ -pinch do IFGW forneceu, com base nestes trabalhos, as condições necessárias de obter espectrogramas de boa qualidade, bem como identificação de linhas de referências assinaladas em placas apropriadas. Forneceu também dados importantes para trabalhos futuros.

No entanto, algumas sugestões para a melhoria do laboratório podem ser mencionadas:

- Há necessidade da redução da indutância e possíveis mecanismos de perda de energia entre o banco de capacitores e o plasma. Com isso será possível passar para uma região mais energética do espectro, ampliando a tabela de dados.
- Foi verificado um agrupamento muito frequente entre as linhas nos espectrogramas devido ao fator de placa da rede de difração ser relativamente alto. Para uma tabela de dados mais completa há a necessidade da troca da rede. Com isso haverá o desdobramento do agrupamento de linhas que hoje só pode ser feito por variar a energia entre os espectrogramas (isto é uma boa classificação iônica).
- De fundamental importância é a obtenção de um vácuo extremo dentro da câmara do espectrógrafo. A absorção das linhas espectrais pelo ar é um fator limitante em

muitas exposições e isso desaparece se este cuidado for sempre tomado. Também se forem feitas descargas para limpeza das paredes do tubo, os espectrogramas sairão mais puros no espectro do gás que se deseja estudar. A tabela de dados reflete essa afirmação se for notado o pequeno grau de espécies de impurezas. Isso dará uma segurança maior na análise.

- A minha estadia em La Plata por trinta dias foi coroada de êxitos no que tange a especialização em leitura e análise de placas contendo espectrogramas de Ar. Existe, hoje, farto material que torna fácil identificar linhas padrão e graus de ionização. Tive também resultados imediatos com publicação e conclusão dos trabalhos de laboratório.

Quanto a análise do Ar VII deve ser dito:

- A verificação da linha 113858 cm^{-1} ($3s3p\ ^3P_1^0 - 3s^2\ ^1S_0$) separada da linha 113863 cm^{-1} só será possível com experimentos envolvendo outra rede de difração e em espectrogramas mais energéticos.

- Outras configurações dos demais complexos ($3snl$, com $n = 4, 5, \dots$, e $l=s,p,d,\dots$) deverão ter seus níveis também deslocados em $\approx 934 \text{ cm}^{-1}$ (aceito que as transições observados até o momento estejam corretas).
- As curvas de transições produzidas aqui servirão para clarear um pouco mais a intrigante questão dos “mergulhos” encontrados na sequência-isoeletrônica de íons semelhantes ao Mg.
- Os níveis atômicos de energia determinados por este trabalho poderão ter maior comprovação através de análises de transições envolvendo outros complexos.

$\begin{array}{c} 3s3p \\ \swarrow \searrow \\ 3s^2 \end{array}$	$3p_0^{**}$	$3p_1^{**}$	$3p_2^{**}$	$1p_1^0$
	113052	113857	115547	170723
$1S_0$ 0	X	⁴⁵ 878,26 * 113861	X	⁵³ 585,73 170727

$\begin{array}{c} 3s3p \\ \swarrow \searrow \\ 3p^2 \end{array}$	$3p_0^0$	$3p_1^0$	$3p_2^0$	$1p_1^0$
	113052	113857	115547	170723
$1D_2$ 264749	X			⁵³ 1063,54 94025
$3p_0^{**}$ 269767	X	³⁴ 641,37 * 155915	X	
$3p_1^{**}$ 270729	³³ 634,21 157676	⁵⁴ 637,47 156871	⁵³ 644,40 155182	
$3p_2^{**}$ 272516	X	⁵⁰⁴ 630,29 158657	³⁴ 637,10 156961	
$1S_0^{**}$ 316760	X		X	³ 684,74 * 146041

$\begin{array}{c} 3s3p \\ \swarrow \searrow \\ 3s3d \end{array}$	$3p_0^0$	$3p_1^0$	$3p_2^0$	$1p_1^0$
	113052	113857	115547	170723
$3D_1^{**}$ 324053	³ 473,93 211000			
$3D_2^{**}$ 324093	X	⁵³ 475,66 210236	⁵³ 479,50 208550	
$3D_3^{**}$ 324155	X	X	⁵³ 479,34 208618	X
$1D_2$ 370302	X			⁵³ 501,09 199566

Esquema VI : Forma condensada de visualizar o cruzamento das configurações pares $3s^2$, $3p^2$ e $3s3d$ com a configuração ímpar $3s3p$. Além das configurações é fornecido os símbolos dos Termos ($(2s+1)L_J=L+S$), seus valores (níveis energéticos), as transições em Angstrom e cm^{-1} , e também as características/intensidades. Também é mostrado regiões assinaladas com (X) onde as regras de seleção para transições de dipolo elétrico não se aplicam. Transições assinaladas com (*) são novas, enquanto que níveis assinalados com (*) são novos e (**) são níveis que foram modificados por este trabalho de tese.

$3p3d$	3^*F_0	3^*F_3	3^*F_4	1^*D_0	3^*P_0	3^*P_1	3^*P_2	3^*D_1	3^*D_2	3^*D_3	1^*F_3	1^*P_0
$3p^2$	443315	444727	445824	450162	472233	472966	473555	474856	475263	475711	507739	516590
1^*D_0		53 555,63 179975	X	1 539,33 185414			X				2 411,55 242983	
$3^{**}P_0$	X	X	X	X	X	53 492,13 203197	X	0 487,58 205094	X	X	X	
$3^{**}P_1$	40 579,40 270729	X	X	2 496,27 201504	0 494,46 202241			0 489,89 204129	0 488,94 204525	X	X	
$3^{**}P_2$	31 585,49 272516	0 580,69 172209	X		2 500,72 199711	2 498,87 200453	X			53 492,13 203197		
1^*S_0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1 500,40 199941

$3p3d$	3^*F_0	3^*F_3	3^*F_4	1^*D_0	3^*P_0	3^*P_1	3^*P_2	3^*D_1	3^*D_2	3^*D_3	1^*F_3	1^*P_0
$3s3d$	443315	444727	445824	450162	472233	472966	473555	474856	475263	475711	507739	516590
$3^{**}D_1$		X	X			1 671,54 148912	2 668,89 149501	31 663,08 150811		X	X	
$3^{**}D_2$	2 838,79 119218	54 828,91 120640	X		52 675,01 148145	3 671,72 148872	X	1 663,31 150759	32 661,51 151169	2 659,54 151620		
$3^{**}D_3$	1 839,18 119164	3 829,41 120568	33 821,89 121670			X	X	X	33 661,76 151111	3 659,83 151555		X
1^*D_0			X	0 1252,21 79859			X				4 707,59 137440	1 683,59 146287

Esquema VII: Cruzamento das configurações pares $3p^2$ e $3s3d$ com a configuração ímpar $3p3d$. Todas as transições são novas e os níveis das configurações pares assinalados com (*) são novos e (**) foram modificados. Todos os níveis da configuração ímpar são novos.

Referências

1. T. Lyman , “*Spectroscopy of the Extreme Ultra-Violet*”, (Longmann, N.Y.) (1928);
2. R. A. Millikan e R. A. Sawyer , *Phys. Rev.* , **12**, 167 (1918) ;
3. I. S. Bowen e R. A. Millikan , *Phys. Rev.* , **25**, 295 (1925) ;
4. B. Edlén , *Z.Phys*, **100**, 621 (1938) ;
5. B. Edlén , *Rep. Progr. Phys.*, **26**, 181 (1963) ;
6. B. Edlén , *Physica*, **13**, 545 (1947) ;
7. F. Tyrén , *Z. Phys*, **111**, 314 (1938) ;
8. R. D. Cowan , *J. Opt. Soc. Am.*, **58**, 808 (1968) ;
9. R. D. Cowan , “*The Theory of Atomic Structure and Spectra*”, (University of California Press, Berkeley, U.S.A.) (1981) ;
10. I. I. Sobel'mann , “*Atomic Spectra and Radiation Transitions*” . (Springer-Verlag, N.Y.) (1979) ;
11. R. K. Janev , L. P. Presnyakov e V. P. Shevelko , “*Physics of Highly Charged Ions*” (Springer-Berlin), (1985) ;
12. E. Y. Konomov , *Phys. Scr.* **17**, 425 (1991) ;
13. H. W. Drawin , *Ann. Phys. (Paris)* , **7**, 417 (1982) ;
14. I. Martinson , *J. Chem. Phys.*, **90**, 3136 (1989).

15. C. E. Moore , "Atomic Energy Levels" *Natt. Bur. Stand. Ref. Data Ser. (U.S.)*, **Circ. 467**, Vol.II (1971) ;
16. R. L. Kelly , "Journal of Physical and Chemical Reference Data", **Suppl.1**, Vol. 16 (1987) ;
17. S. -G. Petterson , *Phys. Scr.*, **26**, 296 (1982) ;
18. B. C. Fawcett , A. Ridgley , G. E. Bromage , *Phys. Scr.*, **18**, 315 (1978) ;
19. J. C. Boyce , *Phys. Rev.*, **48**, 396 (1935) ;
20. L. W. Phillips e W. L. Parker , *Phys. Rev* , **60**, 301 (1941) ;
21. A. E. Livingston , E. H. Pinnington , D. J. G. Irwin , J. A. Kernahan , R. L. Brooks , *J. Opt. Soc. Am.*, **71**, 442 (1981) ;
22. I. Lesteven-Vaïsse , F. Folkmann , A. B. Sitel , M. Chantepie , D. Lecker , *Phys. Scr.*, **38**, 45 (1988) ;
23. B. C. Fawcett , G. E. Bromage , *J. Phys. B*, **13**, 2711 (1980) ;
24. A. G. Trigueiros , C. J. B. Pagan , S. -G. Pettersson , J. G. Reyna Almandos , *Phys. Rev. A*, **40**, 3911 (1989) ;
25. B. Edlén , "Handbuch der Physik" (Springer-Berlin), (19) ;
26. C. J. B. Pagan , "Tese de Doutorado" , IFGW , Unicamp (1991) ;
27. M. Gallardo , F. Bredice , M. Raineri e J. Reyna-Almandos , *Appl. Opt.*, **21**, Vol.28 , 4513 (1989) ;
28. J. O. Ekberg , *Phys. Scr.*, **4**, 101 (1986) ;

29. A. G. Trigueiros , M. Machida e C. J. B. Pagan , *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.*, **A280**, 589 (1989) ;
30. A. J. Mania , G. H. Cavalcanti , A. G. Trigueiros e C. J. B. Pagan , "*XIII CBRAVIC*" (*Unicamp , Julho 1992*), (a ser publicado na Revista Brasileira de Vácuo) ;
31. P. O. Zetterberg e C. E. Magnusson , *Phys.Scr.*, **15**, 189 (1977) ;
32. I. Joelsson , P. O. Zetterberg e C. E. Magnusson , *Phys. Scr.*, **23**, 1087 (1981) ;
33. N. Reistad , T. Brage , J. O. Ekberg e L. Engström , *Phys. Scr.*, **30**, 249 (1984) ;
34. U. Litzén e A. Redfors , *Phys. Scr.*, **36**, 895 (1987) ;
35. S. S. Churilov , V. E. Levashov e J. F. Wyart , *Phys. Scr.*, **40**, 625 (1989) ;
36. A. Redfors , *Phys. Scr.*, **38**, 702 (1988) ;
37. V. E. Levashov , *Opt. Spektr.*, **66**, 768 (1989) ;
38. R. D. Cowan , "*Cowan Matrix Calc. and Cowan Least-Square Programs*" , *Los Alamos Scientific Laboratory , Los Alamos (U.S.A. (1968) ;*
39. T. Brage e A. Hibbert , *J. Phys. B : At. Mol. Opt. Phys.*, **22**, 713 (1989) ;
40. A. J. Kaufmann , T. P. Hughes e R. V. Williams , *Proc. Phys. Soc. London*, **76**, 17 (1960) .
41. B. Edlén , *Z. Astrophys.* ; **22**, 30 (1942) ;
42. H. O. Di Rocco , J. G. Reyna Almandos , M. Gallardo e M. Person , *Phys. Rev. A* , **33**, 2114 (1986) ;

43. I. H. Hutchinson , *“Lectures in Plasma Diagnostic” , IV Latin-American Workshop on Plasma Physics Courses , Buenos Aires, Argentina (1990) ;*

Apêndice I

1. Introdução

Este texto é um tabelamento de linhas espectrais representando transições entre 400 e 2160 Angstroms, principalmente do gás nobre Argônio e alguns elementos considerados como impurezas, sempre presentes nos espectrogramas. Estas linhas foram primariamente produzidas a partir de descargas elétricas num dispositivo para fornecer radiação conhecido como "theta-pinch". A energia das partículas que emitem essa radiação está diretamente relacionada com a corrente da descarga e a pressão no dispositivo.

2. Produção da Tabela

A partir da tabela de posições das linhas, como lidas em aparelhos apropriados como um comparador tipo Grant ou um microdensitômetro, é iniciada a assinalação de linhas de referências identificando o valor da posição com o respectivo valor de seu comprimento de onda (já conhecido). Deve-se, tanto quanto possível, tomar essas linhas igualmente espaçadas da tabela de posições. Uma curva apropriada é então traçada, admitindo-se um erro não superior a $0,02\text{\AA}$ no seu comprimento de onda. O número de linhas de referências deve ser o maior possível. A seguir é feita, então, a interpolação das demais linhas.

3. Arranjo das Tabelas

A tabela é dividida em oito partes em sequência.

- Na primeira, terceira, quinta e sétima partes estão os dados usados para a identificação das linhas de referências e traçagem da curva. Ali se le :

x - posição conforme lida na placa que contém o espectrograma ;

L - comprimento de onda a que pertence a linha (em $\text{\AA}$) ;

Sigma - número de onda (em cm^{-1}) ;

L - L_{CALC} - diferença entre o valor tabelado oficialmente e o obtido no momento da traçagem da curva.

Também é fornecido o valor do discriminante, que é a diferença máxima entre L e L_{CALC}, e os coeficientes do polinômio utilizado (o número desses coeficientes exibe o grau deste).

- Na segunda, quarta, sexta e oitava partes estão os valores generalizados das transições. Ali se lê :
N - número da linha ;

Posição - posição da linha na placa ;

WL_V(Å) - valor em Angstrom da transição ;

SIGMA - valor em cm^{-1} das transições ;

CAR/INT - característica e intensidade da linha ;

Comentários - anotação complementar à produção da tabela, se a linha já tem classificação quanto ao comprimento de onda e a que grau de ionização pertence.

ESPECTRO DO ARGÔNIO

Unicamp – Maio/1992

DADOS TÉCNICOS:

Intensidade das linhas espectrais:

- 1 – 2 — linha muito fraca ;
- 3 – 4 — linha fraca ;
- 5 – 6 — linha media fraca ;
- 7 – 8 — linha media ;
- 9 – 10 — linha media forte ;
- 11 – 12 — linha forte ;
- 13 – 15 — linha muito forte .

Características das linhas:

- 2 — linha larga ;
- 3 — linha assimétrica ;
- 4 — linha difusa ;
- 5 — linha superposta .

Intervalo espectral coberto: $\approx 400\text{--}2160 \text{ \AA}$

Resolução : $0,02 \text{ \AA}$

Pressão Usada : 1 e 10 mTorr

Voltagem Usada : 24 KiloVolts

Número médio de Disparos : 400

	L (CALC)	SIGMA (CALC)	L	L-LCAL	Z(I)	T(I)
56	374.0750	267322.844	374.0750	0.00000	-0.00907	0.00906
25	395.6073	252774.891	395.5580	-0.04929	-0.05627	0.00699
88	453.0836	220714.844	452.9100	-0.17355	-0.16163	-0.01193
94	461.4124	216731.797	461.2300	-0.18237	-0.17442	-0.00797
25	479.5412	208540.672	479.3400	-0.20120	-0.20006	-0.00116
45	501.3087	199488.578	501.0700	-0.23865	-0.22690	-0.01175
62	524.4459	190691.188	524.2000	-0.24585	-0.25072	0.00488
14	544.9774	183510.594	544.7100	-0.26733	-0.26779	0.00043
57	551.6321	181298.000	551.3600	-0.27216	-0.27250	0.00037
27	594.3831	168267.250	594.1000	-0.28308	-0.29318	0.01007
63	624.0643	160272.453	623.7700	-0.29431	-0.29777	0.00348
29	634.5145	157636.266	634.2100	-0.30450	-0.29748	-0.00702
87	643.5444	155427.672	643.2500	-0.29437	-0.29644	0.00208
73	688.6750	145263.328	688.3900	-0.28497	-0.28011	-0.00488
59	699.6786	142986.172	699.4100	-0.26868	-0.27333	0.00464
67	769.3530	130138.531	769.1500	-0.20294	-0.20486	0.00189
47	822.2959	123529.328	822.1800	-0.11591	-0.12336	0.00745
11	840.1157	118215.898	840.0300	-0.08569	-0.09021	0.00452
35	871.1251	114549.461	871.1000	-0.02515	-0.02564	0.00049
64	887.4000	112507.289	887.4000	0.00000	0.01174	-0.01172

AVERAGE= 0.005638 SECOND AVERAGE= 0.005638 DISCRIMINANTE= 0.0130 LIN
 SPERSION= 4.611753
 CIENTS OF POLYNOMIAL= 0.89566395E-01 -0.12230708E-01 0.96545262E-04

POSICAO	WLV(A)	SIGMA(CM)	IN	COMENTARIOS
8.656	374.066	267332.531	58	0.0750 III
9.877	379.684	263376.813	2	
11.573	387.488	258072.219	51	
12.860	393.411	254187.047	42	
13.325	395.551	252811.891	2	.558 OIII
13.502	396.366	252292.344	2	.37 ArIII
13.607	396.849	251985.125	26	.87ArIV
13.972	398.529	250923.016	5	.55 ArIV
14.215	399.647	250220.828	4	.63 ArIV
14.325	400.153	249904.281	1	
14.429	400.632	249605.703	41	
15.487	405.501	246608.391	210	
16.264	409.077	244452.516	1	
16.475	410.049	243873.531	1	
16.684	411.011	243302.750	1	
17.500	414.766	241099.531	41	
17.700	415.687	240565.594	3	
17.803	416.161	240291.547	41	
17.990	417.022	239795.547	2	
18.091	417.487	239528.531	1	
19.045	421.878	237035.250	41	
19.178	422.490	236691.766	41	
19.400	423.512	236120.656	55	.48 ArIV
19.842	425.547	234991.688	54	
20.470	428.438	233406.063	1	
20.682	429.414	232875.563	32	
20.749	429.722	232708.438	6	
21.857	434.823	229978.563	33	
21.886	434.957	229907.984	33	.975 OIII
22.239	436.582	229052.156	9	V

22.844	439.367	227600.109	2	VII	
22.937	439.795	227378.531	4		
23.102	440.555	226986.453	32		
23.167	440.854	226832.375	4		
23.375	441.812	226340.703	3		
23.452	442.166	226159.219	4		
23.634	443.004	225731.453	3		
23.741	443.497	225480.719	210		
23.846	443.980	225235.203	33		
24.065	444.989	224724.828	53		
24.225	445.725	224353.406	34		
24.279	445.974	224228.344	35	ArV	
24.367	446.379	224024.813	2		
24.487	446.932	223747.859	7	.949 (I=400)	ArV
24.612	447.507	223460.094	6	ArV	
24.840	448.557	222937.125	3		
24.947	449.050	222692.547	38	.065 (I=900)	ArV
25.046	449.505	222466.719	37	ArV	
25.185	450.145	222150.422	37		
25.280	450.583	221934.766	37		
25.421	451.232	221615.438	37	.20	ArIV
25.490	451.550	221459.516	37		
25.563	451.886	221294.781	38	.87	ArIV
25.672	452.388	221049.281	3		
25.788	452.922	220788.609	7	.91	ArIV
25.896	453.419	220546.453	2		
25.963	453.728	220396.500	2		
26.124	454.469	220036.984	2		
26.214	454.884	219836.500	26		
26.418	455.823	219383.484	3	.81	ArVI
26.529	456.334	219137.781	3		
26.673	456.997	218819.828	54	.01	ArVI
26.774	457.462	218597.359	6	.48 (I=800)	ArVI

26.910	458.088	218298.516	56	.10 ArIV , .12 ArV	91
27.099	458.959	217884.578	310	ArV	
27.262	459.709	217528.828	310	ArV	
27.499	460.801	217013.656	2		
27.594	461.238	216807.828	7	.230 (I=300) ArV,VI	
27.770	462.048	216427.531	36		
27.839	462.366	216278.797	35		
28.022	463.209	215885.328	3		
28.184	463.955	215538.188	36	.938 (I=350) ArV	
28.235	464.190	215429.156	34		
28.404	464.968	215068.578	6		
28.525	465.525	214811.156	54		
28.647	466.087	214552.234	2		
28.749	466.557	214336.203	4		
28.829	466.925	214167.109	4	.930 ArVI? talvez V	
28.942	467.445	213928.688	3		
29.150	468.403	213491.203	4		
29.224	468.744	213336.000	33		
29.278	468.993	213222.891	33		
29.361	469.375	213049.234	3		
29.472	469.886	212817.469	6		
29.640	470.660	212467.656	5		
29.750	471.167	212239.203	3		
29.940	472.041	211845.781	3		
30.075	472.663	211567.125	5		
30.154	473.027	211404.422	5		
30.319	473.787	211065.344	35		
30.395	474.137	210909.547	34		
30.720	475.634	210245.844	55	.656 (I=400) ArVII	
30.873	476.338	209934.828	4		
30.996	476.905	209685.438	3		
31.333	478.457	209005.250	1		
31.525	479.341	208619.688	4	.379 (I=600) ArVII	

31.637	479.857	208395.438	3	ArV	92
31.680	480.055	208309.469	32		
31.824	480.718	208022.078	41		
31.918	481.151	207834.891	4		
32.079	481.893	207515.094	4		
32.196	482.432	207283.297	33		
32.223	482.556	207229.891	34	.55 ArIII	
32.307	482.943	207063.875	2		
32.506	483.859	206671.625	43		
32.559	484.103	206567.422	3		
32.640	484.477	206408.359	3		
32.802	485.223	206090.953	4		
32.890	485.628	205918.953	4		
33.092	486.558	205525.188	6	V	
33.193	487.024	205328.859	4	.030 ArIII	
33.347	487.733	205030.250	34		
33.396	487.959	204935.438	36	.99 ArIII	
33.496	488.419	204742.172	3	.45 ArIII	
33.782	489.736	204191.453	3		
33.888	490.225	203988.078	3		
34.069	491.058	203641.750	35		
34.117	491.280	203550.109	35		
34.329	492.256	203146.328	2		
34.443	492.781	202929.844	5		
35.019	495.434	201843.094	35		
35.079	495.711	201730.578	35		
35.326	496.848	201268.609	4	ArV	
35.475	497.535	200990.969	1		
35.639	498.290	200686.250	1		
35.731	498.714	200515.703	1		
35.801	499.036	200386.156	2		
35.967	499.801	200079.563	5		

36.152	500.653	199739.000	1	
36.245	501.082	199568.234	6	.07 ArVII
36.544	502.459	199021.172	5	
37.133	505.172	197952.219	2	
37.203	505.495	197825.938	4	
37.365	506.241	197534.297	2	
37.633	507.476	197053.734	36	
37.670	507.646	196987.563	36	OIII
37.794	508.217	196766.156	37	OIII
37.864	508.540	196641.375	38	
38.001	509.171	196397.609	4	
38.268	510.401	195924.328	3	
38.360	510.825	195761.766	2	
38.516	511.544	195486.734	5	
38.594	511.903	195349.516	4	.89 ArV
38.785	512.783	195014.297	4	
39.024	513.884	194596.422	5	.91 ArV
39.145	514.441	194385.563	3	
39.416	515.690	193914.938	55	
39.519	516.165	193736.672	4	
39.757	517.261	193325.984	5	.25 ArV
39.824	517.570	193210.672	2	
39.965	518.219	192968.469	4	
40.350	519.993	192310.219	53	
40.486	520.620	192078.750	1	
40.597	521.131	191890.266	2	
40.802	522.076	191543.125	58	.09 ArV
41.063	523.278	191102.938	4	
41.262	524.195	190768.656	8	.19 ArV
41.318	524.453	190674.797	34	
41.609	525.794	190188.578	6	.795 OIII
41.786	526.609	189894.031	4	
41.897	527.121	189709.781	3	

42.019	527.683	189507.703	6	.69 (I=300) ArV	94
42.099	528.052	189375.406	4		
42.232	528.664	189155.891	4		
42.339	529.158	188979.641	4		
42.502	529.909	188711.797	5	.90 ArIII	
42.627	530.484	188506.906	3		
42.777	531.176	188261.609	2		
42.879	531.646	188095.188	4		
42.995	532.180	187906.281	35		
43.045	532.411	187824.969	34	.41 ArIII	
43.242	533.318	187505.266	2		
43.309	533.627	187396.797	3		
43.461	534.327	187151.156	2		
43.548	534.728	187010.844	3		
43.749	535.655	186687.484	55		
43.840	536.074	186541.453	4		
43.995	536.788	186293.250	5	.75 (I=400) ArV	
44.150	537.502	186045.688	4		
44.235	537.894	185910.203	3		
44.333	538.346	185754.281	6		
44.440	538.839	185584.297	5		
44.497	539.101	185493.875	33		
44.645	539.783	185259.500	6		
44.691	539.995	185186.766	34		
45.170	542.203	184432.875	52		
45.616	544.258	183736.391	1		
45.714	544.710	183584.078	7	.730 ArVI	
46.028	546.157	183097.656	1		
46.322	547.511	182644.563	2		
46.509	548.373	182357.531	1		
46.623	548.899	182183.016	8	.910 ArVI	
47.033	550.788	181558.000	3		
47.157	551.360	181369.813	8	37 (I=320) ArVI	

47.306	552.046	181144.219	3		95
47.499	552.936	180852.813	1		
47.597	553.387	180705.219	9		
47.572	553.272	180742.844	39		
47.834	554.480	180349.250	39	.470	ArIII
48.002	555.254	180097.766	38		
48.079	555.609	179982.734	38	.64 (I=160)	ArVI
48.209	556.208	179788.844	2		
48.276	556.517	179689.094	1		
48.370	556.947	179550.300		Linha Nova	
48.384	557.015	179528.516	27		
48.403	557.099	179501.310		Linha nova	
48.513	557.609	179337.094	3		
48.704	558.489	179054.438	39	.48 (I=250)	ArV
48.761	558.752	178970.219	37		
48.846	559.144	178844.844	34		
48.915	559.462	178743.172	34		
49.039	560.033	178560.781	31		
49.080	560.222	178500.531	31		
49.227	560.900	178284.938	32		
49.270	561.098	178221.953	31		
49.406	561.725	178023.078	1		
49.520	562.250	177856.703	34		
49.555	562.412	177805.703	34		
49.755	563.333	177514.734	2		
49.897	563.988	177308.734	2		
50.007	564.495	177149.484	2		
50.184	565.311	176893.828	1		
50.467	566.615	176486.609	3		
50.769	568.007	176054.078	41		
51.104	569.551	175576.781	3		
51.343	570.653	175237.828	5	.61	ArV
51.530	571.515	174973.531	2		
51.637	572.008	174822.656	1		

51.944	573.423	174391.219	2	
52.102	574.152	174170.000	54	96
52.679	576.811	173366.891	1	
52.777	577.263	173231.219	4	
52.966	578.134	172970.156	1	
53.057	578.554	172844.734	2	
53.165	579.052	172696.125	3	
53.466	580.439	172283.313	55	
53.584	580.983	172122.000	4	
53.680	581.426	171990.984	1	
53.809	582.021	171815.250	1	
53.926	582.560	171656.188	4	
54.002	582.910	171553.016	2	
54.128	583.491	171382.234	33	
54.182	583.740	171309.156	33	
54.278	584.183	171179.375	1	
54.490	585.160	170893.469	4	
54.615	585.736	170725.328	28	.75 (I=750) ArVII
54.710	586.174	170597.781	2	
54.795	586.566	170483.813	2	
54.893	587.018	170352.594	6	.01 ArVI ?
54.999	587.506	170210.906	6	
55.199	588.428	169944.188	4	
55.302	588.903	169807.172	28	.92 (I=200) ArVI
55.489	589.765	169558.938	7	.78 ArVI ?
56.427	594.090	168324.688	8	.10 ArVI
56.540	594.611	168177.203	2	
56.876	596.160	167740.203	1	
56.986	596.667	167597.625	10	.69 (I=160) ArVI
57.110	597.239	167437.203	1	
57.234	597.811	167277.063	9	.818 OIII
57.512	599.092	166919.172	1	
57.620	599.590	166780.563	212	.598 OIII

57.751	600.194	166612.734	4	
57.842	600.614	166496.328	3	
57.935	601.043	166377.547	2	
58.090	601.757	166179.953	34	
58.134	601.960	166123.969	33	
58.296	602.707	165918.078	3	
58.383	603.108	165807.703	2	
58.469	603.505	165698.766	2	
58.608	604.146	165522.984	10	.150 ArIII
59.046	606.165	164971.531	1	
59.527	608.383	164370.109	12	
59.729	609.315	164118.844	2	
59.846	609.854	163973.656	215	
60.040	610.749	163733.484	10	
60.179	611.390	163561.828	3	
60.275	611.832	163443.516	4	
60.587	613.271	163060.078	3	
60.841	614.442	162749.234	1	
61.254	616.347	162246.344	10	
61.395	616.997	162075.391	12	
61.534	617.638	161907.188	3	
61.760	618.680	161634.453	10	
61.863	619.155	161510.453	12	
62.036	619.953	161302.609	1	
62.094	620.220	161233.047	2	
62.300	621.170	160986.469	52	
62.509	622.134	160737.063	1	
62.863	623.767	160316.375	3	.77 ArIV
62.938	624.112	160227.531	1	
63.049	624.624	160096.234	10	
63.162	625.145	159962.766	12	
63.309	625.823	159789.500	15	
63.471	626.570	159598.953	3	

63.929	628.683	159062.750	1	VII--VIII	
64.155	629.725	158799.484	12		
64.269	630.251	158667.000	9	VII--VIII	.21 ArVII
64.489	631.265	158411.969	2		
64.577	631.671	158310.203	3		
64.777	632.594	158079.359	1		
64.860	632.976	157983.766	1		
65.050	633.853	157765.344	4	IV--V	
65.129	634.217	157674.734	4	.21 ArVII	
65.244	634.747	157542.969	2		
65.332	635.153	157442.297	12	III--IV--V	
65.784	637.238	156927.234	515	.28 Ar3; .05, .47 Ar7	
65.932	637.921	156759.313	1		
66.678	641.361	155918.313	9	VI--VII	
66.772	641.795	155812.984	10	.81 ArIII	
67.003	642.861	155554.734	1		
67.087	643.248	155461.047	9	.25 ArIII	
67.297	644.216	155227.313	512	.39 ArVII	
67.445	644.899	155062.984	1		
67.546	645.365	154951.063	1		
67.634	645.771	154853.656	1		
67.750	646.306	154725.453	1		
68.349	649.069	154066.828	59		
68.757	650.951	153621.375	3		
68.916	651.684	153448.500	2	.69 ArV	
69.093	652.501	153256.484	51		
69.237	653.165	153100.625	51		
70.146	657.358	152124.016	2		
70.402	658.539	151851.203	51		
70.690	659.868	151545.469	51		
71.033	661.450	151182.953	3		
71.124	661.870	151087.047	4		

71.404	663.162	150792.766	1	
71.563	663.895	150626.156	2	
71.713	664.587	150469.313	2	
71.790	664.943	150388.922	9	
72.020	666.004	150149.344	5	
72.361	667.577	149795.484	2	
72.654	668.929	149492.797	51	
72.982	670.442	149155.375	51	
73.089	670.935	149045.625	6	.9455 (I=600) ArII
73.184	671.374	148948.328	1	VII--VIII
73.285	671.840	148845.000	8	.8513 (I=900) ArII
73.530	672.970	148595.016	5	
73.707	673.787	148414.906	2	
74.056	675.397	148061.078	1	
74.211	676.112	147904.453	52	
74.428	677.113	147685.766	12	
74.515	677.515	147598.266	2	
74.719	678.456	147393.500	1	
74.922	679.393	147190.297	9	VI--VII
75.161	680.495	146951.781	3	
75.229	680.809	146884.047	4	
75.473	681.935	146641.547	1	
75.630	682.659	146485.938	6	
75.760	683.259	146357.344	12	.280 ArIV
75.902	683.914	146217.125	4	
76.058	684.634	146063.406	3	
76.137	684.999	145985.672	6	---
76.264	685.585	145860.875	36	--
76.314	685.815	145811.813	39	-- NIII
76.429	686.346	145699.078	6	---
76.599	687.131	145532.750	1	
76.650	687.366	145482.938	1	.345 CI ?

76.747	687.814	145388.250	2	
76.873	688.395	145265.469	10	.39 ArIV
77.002	688.990	145139.969	12	.01 ArIV
77.141	689.632	145004.969	3	
77.259	690.176	144890.563	4	.17 ArIII
77.717	692.289	144448.234	6	
77.987	693.535	144188.750	3	
78.276	694.869	143912.016	512	.85 ArIV
78.344	695.183	143847.063	36	
78.423	695.547	143771.656	2	.54 ArIII
78.667	696.673	143539.297	41	
78.855	697.541	143360.766	1	
79.051	698.445	143175.109	9	
79.259	699.405	142978.609	12	.41 ArIV
79.449	700.282	142799.594	512	.28 ArIV
79.633	701.131	142626.641	12	
79.770	701.763	142498.156	6	
79.895	702.340	142381.109	12	.335 OIII
80.009	702.866	142274.531	15	.832;899 OIII
80.219	703.836	142078.625	12	.855 OIII
80.376	704.560	141932.516	6	
80.695	706.032	141636.563	3	
80.742	706.249	141593.063	2	OIII
80.906	707.006	141441.484	3	
80.968	707.292	141384.250	4	OIII
81.160	708.178	141207.344	3	
81.241	708.552	141132.859	4	
81.381	709.198	141004.266	15	.20 (I=250) ArV
81.509	709.789	140886.906	9	
81.620	710.302	140785.281	2	
81.827	711.257	140596.188	6	
82.289	713.389	140175.953	12	

82.372	713.772	140100.719	2	.812 ArVIII	
82.636	714.991	139861.969	6		101
82.776	715.637	139735.672	15	.60;.65 ArV	
82.961	716.491	139569.156	512		
83.067	716.980	139473.906	4		
83.180	717.502	139372.531	9		
83.309	718.097	139256.969	9		
83.409	718.558	139167.516	15		
83.543	719.177	139047.828	1		
83.932	720.972	138701.547	12		
84.072	721.619	138577.344	9		
84.230	722.348	138437.422	2		
84.445	723.340	138247.500	9	.3605 (I=900) ArII	
84.549	723.820	138155.813	1		
84.679	724.420	138041.375	6		
84.825	725.094	137913.078	12	.11 ArV	
84.933	725.593	137818.328	510		
85.137	726.535	137639.703	41		
85.227	726.950	137561.047	41		
85.543	728.409	137285.578	2		
86.086	730.915	136814.766	9		
86.222	731.543	136697.359	3		
86.802	734.220	136198.875	1		
87.433	737.133	135660.656	1		
88.111	740.263	135087.063	12		
88.403	741.611	134841.516	41		
89.119	744.917	134243.172	6	VI--VII	
89.204	745.309	134172.484	6	V--VI	
89.572	747.008	133867.328	1		
89.836	748.227	133649.250	56		
90.216	749.982	133336.625	9		
90.274	750.249	133289.016	9		
90.830	752.816	132834.516	1		

91.042	753.795	132662.031	1	
91.135	754.225	132586.500	12	
91.290	754.940	132460.813	51	.93 ArVI
91.434	755.605	132344.266	3	
92.095	758.657	131811.844	12	.678 OV
92.263	759.433	131677.219	10	.441 OV
92.477	760.421	131506.109	12	.445 OV; .44 ArIV
92.639	761.169	131376.875	9	
92.704	761.469	131325.094	12	.47 ArIV
92.819	762.000	131233.578	9	.003 OV ?
93.113	763.358	131000.195	8	.340;357 NIII
93.334	764.378	130825.313	9	
93.502	765.154	130692.664	12	
93.763	766.359	130487.141	6	
93.915	767.061	130367.742	212	.06 (I=200) ArVI
94.055	767.707	130257.961	12	.71 (I=100) ArVI
94.201	768.382	130143.688	9	
94.367	769.148	130013.969	12	.150 (I=600) ArIII
94.507	769.795	129904.766	6	
94.914	771.674	129588.391	5	
94.977	771.965	129539.547	6	
95.083	772.454	129457.461	10	
95.249	773.221	129329.109	54	
95.535	774.542	129108.594	51	7--8; .52 OV ou Nova
95.847	775.983	128868.867	4	.965 NII
95.926	776.347	128808.313	3	
96.025	776.805	128732.500	10	
96.499	778.994	128370.766	9	IV--V
96.689	779.871	128226.328	12	
96.863	780.675	128094.328	1	
97.240	782.416	127809.305	5	IV--V

97.387	783.095	127698.484	12	V--VI	
97.524	783.727	127595.398	9	V--VI	103
97.665	784.379	127489.469	6	IV--V	
97.749	784.766	127426.453	1		
98.124	786.498	127145.844	8	VI--VII	
98.236	787.016	127062.281	8		
98.388	787.718	126949.047	212		
98.549	788.461	126829.320	8		
98.766	789.463	126668.313	10		
98.924	790.193	126551.328	212		
99.082	790.923	126434.563	10		
99.342	792.124	126242.883	51		
99.604	793.334	126050.336	3		
99.702	793.787	125978.445	3		
99.781	794.151	125920.563	1		
99.875	794.586	125851.766	3		
100.052	795.403	125722.414	2		
100.186	796.022	125624.664	5		
100.329	796.682	125520.516	12		
100.417	797.089	125456.508	10		
100.503	797.486	125394.016	9		
100.557	797.736	125354.813	56		
100.679	798.299	125266.313	42		
100.845	799.066	125146.117	12		
101.019	799.870	125020.383	6		
101.172	800.576	124910.008	315	.57 ArIV	
101.312	801.223	124809.195	3215		
101.463	801.920	124700.641	315		
101.622	802.655	124586.531	6		
101.820	803.570	124444.742	12		
101.922	804.041	124371.813	10		
102.029	804.535	124295.414	11		
102.374	806.129	124049.680	11		

102.505	806.734	123956.641	11	
102.600	807.173	123889.250	12	104
102.704	807.653	123815.547	512	
102.861	808.378	123704.477	41	
102.958	808.826	123635.930	11	
103.144	809.685	123504.750	3	
103.281	810.318	123408.281	12	
103.396	810.850	123327.430	6	
103.494	811.302	123258.617	6	
103.567	811.640	123207.406	52	
103.668	812.106	123136.617	41	
103.952	813.418	122938.016	4	
104.062	813.926	122861.266	4	
104.167	814.411	122788.078	41	
104.320	815.118	122681.609	12	
104.505	815.973	122553.117	6	
104.623	816.518	122471.289	41	
104.827	817.460	122330.102	41	
104.973	818.135	122229.250	12	.129 SiIV ?
105.140	818.906	122114.094	1	
105.434	820.265	121911.891	1	
105.598	821.022	121799.391	3	
105.686	821.429	121739.109	9	
105.847	822.173	121628.969	12	.161 (I=200) ArV
105.948	822.639	121559.984	9	
106.007	822.912	121519.703	9	
106.126	823.461	121438.586	8	
106.203	823.817	121386.141	9	
106.412	824.783	121244.039	1	
106.532	825.337	121162.594	9	
106.743	826.312	121019.641	12	
106.935	827.199	120889.867	215	
107.070	827.823	120798.781	312	

107.129	828.095	120759.023	310	
107.311	828.936	120636.531	41	
107.405	829.371	120573.352	41	
107.668	830.586	120396.945	41	
107.864	831.491	120265.820	6	
108.013	832.180	120166.336	9	
108.169	832.901	120062.344	2315	.927 OIII
108.331	833.649	119954.547	2315	
108.550	834.661	119809.117	2315	
108.808	835.853	119638.250	2315	
108.966	836.583	119533.844	9	
109.166	837.507	119401.945	10	
109.420	838.681	119234.859	2	
109.550	839.282	119149.516	9	
109.711	840.026	119044.008	12	.03 (I=600) ArIV
109.888	840.843	118928.211	10	
110.037	841.532	118830.906	41	
110.202	842.294	118723.344	41	
110.357	843.011	118622.477	10	
110.522	843.773	118515.289	212	.77 (I=800) ArIV
110.688	844.540	118407.648	10	
110.821	845.155	118321.539	58	
110.956	845.778	118234.281	12	
111.129	846.578	118122.625	2	
111.218	846.989	118065.266	3	
111.327	847.493	117995.086	1	
111.390	847.784	117954.578	2	
111.582	848.671	117831.258	4	
111.843	849.877	117664.039	512	
112.000	850.603	117563.680	215	.600 (I=1000) ArIV
112.174	851.407	117452.648	312	
112.224	851.638	117420.781	310	
112.347	852.206	117342.469	3	

112.549	853.140	117214.078	10	
112.649	853.602	117150.609	58	
112.900	854.762	116991.641	59	
113.115	855.756	116855.797	8	
113.267	856.458	116759.961	6	
113.372	856.943	116693.836	8	
113.443	857.271	116649.180	9	
113.915	859.453	116353.117	56	
113.744	858.662	116460.203	3	
113.897	859.370	116364.375	10	
114.005	859.869	116296.844	3	
114.146	860.520	116208.773	2	
114.611	862.669	115919.281	2	
114.740	863.265	115839.227	3	
115.048	864.689	115648.516	3	
115.267	865.701	115513.305	1	
115.502	866.787	115368.563	41	
115.841	868.354	115160.398	10	
116.049	869.315	115033.047	3	
116.163	869.842	114963.359	41	
116.269	870.332	114898.641	6	
116.435	871.099	114797.453	12	.100 (I=500) ArIII
116.608	871.899	114692.172	11	
116.809	872.828	114570.094	2	
116.902	873.258	114513.688	9	
117.227	874.760	114317.047	3	
117.397	875.546	114214.445	12	.530 (I=450) ArIII
117.578	876.383	114105.406	4	
117.917	877.950	113901.766	12	
118.000	878.333	113852.016	312	
118.086	878.731	113800.508	315	.730 (I=600) ArIII

118.283	879.641	113682.703	12	.620 (I=400)	ArIII
118.423	880.288	113599.125	9		107
118.596	881.088	113496.016	41		
118.754	881.818	113402.023	5		
118.932	882.641	113296.313	59		
119.053	883.201	113224.563	12	.180 (I=450)	ArIII
119.239	884.060	113114.445	4		
119.327	884.467	113062.430	4		
119.655	885.983	112868.938	3		
119.847	886.871	112755.977	59		
119.964	887.412	112687.258	12	.400 (I=500)	ArIII
120.148	888.262	112579.352	8		

POSICAO	WLV(A)	SIGMA(CM)	IN	COMENTARIOS
118.283	879.622	113685.219	12	.620 (I=400) ArIII
118.423	880.269	113601.648	9	
118.596	881.069	113498.547	41	
118.754	881.799	113404.547	5	
118.932	882.622	113298.852	59	
119.053	883.181	113227.094	12	.180 (I=450) ArIII
119.239	884.040	113116.992	4	
119.327	884.447	113064.961	4	
119.655	885.963	112871.500	3	
119.847	886.851	112758.547	59	
119.964	887.392	112689.828	12	.400 (I=500) ArIII
120.148	888.242	112581.922	8	
120.250	888.714	112522.203	1	
120.374	889.287	112449.680	1	
120.514	889.934	112367.914	1	
120.602	890.340	112316.586	3	
120.813	891.316	112193.680	3	
120.973	892.055	112100.672	9	
121.097	892.628	112028.688	12	
121.297	893.553	111912.789	9	
121.382	893.946	111863.594	12	
121.464	894.325	111816.203	7	
121.597	894.940	111739.383	10	
121.840	896.063	111599.320	6	
122.060	897.080	111472.813	6	
122.298	898.180	111336.289	510	
122.478	899.012	111233.250	12	.958 OIII ?
122.598	899.566	111164.656	9	
122.771	900.366	111065.922	12	.36 ArIV
122.944	901.166	110967.367	12	.17 (I=400) ArIV

123.099	901.882	110879.211	510	
123.220	902.442	110810.484	7	
123.358	903.079	110732.227	8	
123.497	903.722	110653.492	310	
123.576	904.087	110608.797	312	.142 CII ?
123.669	904.517	110556.234	8	
123.749	904.887	110511.055	10	
123.980	905.955	110380.813	511	
124.109	906.551	110308.211	6	
124.171	906.838	110273.336	10	
124.230	907.110	110240.188	6	
124.459	908.169	110111.695	6	
124.620	908.913	110021.531	41	
124.725	909.398	109962.820	10	
124.850	909.976	109893.000	2	
124.959	910.480	109832.180	8	
125.123	911.238	109740.813	11	
125.219	911.682	109687.398	1	
125.481	912.893	109541.883	51	
125.690	913.859	109426.070	511	
125.825	914.483	109351.406	4	
125.928	914.959	109294.500	10	V-VI-VII ou imp.
126.084	915.680	109208.422	4	.670 SiIV
126.167	916.064	109162.695	510	.962 ; .012 ; .020 NII
126.313	916.739	109082.320	10	.701 ; .710 NII
126.510	917.649	108974.078	9	
126.595	918.042	108927.430	10	
126.628	918.195	108909.336	8	
126.867	919.300	108778.469	310	
126.964	919.748	108725.422	312	.7810 (I=1000) ArII
127.507	922.258	108429.516	2	
127.154	920.626	108621.695	2	

127.318	921.384	108532.328	9	
127.459	922.036	108455.602	10	
127.588	922.633	108385.516	12	
127.720	923.243	108313.867	12	.220 NIV
127.880	923.982	108227.172	212	
128.075	924.884	108121.688	10	
128.236	925.628	108034.766	3	
128.390	926.340	107951.734	6	
128.524	926.959	107879.594	1	
128.629	927.445	107823.141	1	
128.732	927.921	107767.820	11	
128.859	928.508	107699.672	9	
129.073	929.497	107585.055	11	
129.186	930.020	107524.625	11	
129.286	930.482	107471.211	1	
129.436	931.175	107391.172	6	
129.559	931.744	107325.633	311	
129.620	932.026	107293.164	312	.0537 (I=1000) ArII
129.917	933.399	107135.336	510	VII
130.032	933.930	107074.367	8	
130.214	934.772	106977.984	11	
130.404	935.650	106877.570	12	
130.652	936.796	106746.773	2	
130.875	937.827	106629.430	2	
131.038	938.581	106543.828	1	
131.164	939.163	106477.750	2	
131.300	939.792	106406.516	4	
131.404	940.273	106352.109	2	
131.541	940.906	106280.523	1	
131.631	941.322	106233.555	4	
131.754	941.891	106169.422	1	
131.863	942.395	106112.641	2	
132.050	943.259	106015.406	10	

132.240	944.138	105916.773	2	
132.330	944.554	105870.125	8	VI-VII
132.487	945.279	105788.828	59	
132.641	945.991	105709.211	12	
132.975	947.535	105536.953	312	
133.041	947.840	105502.984	312	
133.142	948.307	105451.039	8	
133.327	949.163	105356.031	12	
133.495	949.939	105269.883	11	
133.629	950.559	105201.281	212	
133.819	951.437	105104.156	8	
133.904	951.830	105060.766	2	
134.046	952.487	104988.359	1	
134.137	952.907	104942.016	2	
134.347	953.878	104835.195	1	
134.543	954.784	104735.711	1	
134.669	955.367	104671.852	3	.335 NIV
135.267	958.131	104369.836	8	
135.344	958.487	104331.078	10	
135.397	958.700	104307.920	8	uma linha muito forte
135.484	959.134	104260.680	3	
135.602	959.680	104201.398	1	
135.707	960.165	104148.727	1	
135.882	960.974	104061.039	2	
136.180	962.352	103912.070	10	
136.321	963.004	103841.727	11	
136.415	963.439	103794.891	9	
136.498	963.822	103753.570	2	
136.624	964.405	103690.898	9	
136.805	965.242	103601.008	8	
136.907	965.713	103550.422	11	
136.992	966.106	103508.297	3	
137.112	966.661	103448.891	6	

137.224	967.179	103393.516	11	
137.334	967.687	103339.180	52	.666 OIII
137.397	967.979	103308.078	6	
137.527	968.579	103243.977	12	
137.805	969.865	103107.156	8	
137.963	970.595	103029.563	11	
138.156	971.487	102934.930	56	
138.359	972.426	102835.586	12	
138.517	973.156	102758.406	12	
138.728	974.132	102655.500	55	
138.970	975.251	102537.727	12	
139.190	976.268	102430.898	512	
139.355	977.031	102350.922	212	
139.461	977.521	102299.609	32	
139.560	977.979	102251.727	39	
139.621	978.261	102222.250	310	
139.711	978.677	102178.789	2	
139.884	979.477	102095.352	6	
139.980	979.920	102049.109	10.	
140.070	980.337	102005.789	10	
140.201	980.942	101942.813	10	
140.435	982.024	101830.508	12	
140.598	982.778	101752.422	312	
140.650	983.018	101727.539	312	
140.793	983.679	101659.172	41	
140.984	984.562	101567.984	42	
141.072	984.969	101526.031	48	
141.211	985.612	101459.828	10	IV-V
141.315	986.093	101410.359	11	
141.893	988.765	101136.273	6	.790 NIII ?
142.128	989.851	101025.258	12	
142.327	990.771	100931.453	10	
142.500	991.571	100850.031	12	.579 NIII

142.774	992.838	100721.352	510	
142.939	993.601	100644.016	510	
143.202	994.817	100521.000	12	
143.571	996.523	100348.906	2	
143.760	997.397	100260.992	12	.389 SiIII
143.977	998.400	100160.227	6	.43 ArVi ?
144.238	999.607	100039.305	9	IV-V
144.357	1000.157	99984.281	9	IV-V .16 ArVI ?
144.590	1001.234	99876.703	1	
144.786	1002.141	99786.383	9	.100 (I=150) ArIII
144.903	1002.682	99732.547	9	
145.393	1004.947	99507.703	4	
145.497	1005.428	99460.117	9	
145.740	1006.552	99349.086	8	
145.966	1007.597	99246.055	1	
146.143	1008.415	99165.516	1	
146.223	1008.785	99129.148	2	
146.521	1010.163	98993.945	38	
146.572	1010.399	98970.836	310	.371 CII ?
146.675	1010.875	98924.211	311	
146.893	1011.883	98825.664	8	
147.110	1012.886	98727.773	512	
147.252	1013.543	98663.813	6	
147.513	1014.750	98546.477	510	
147.647	1015.369	98486.344	10	
147.856	1016.336	98392.703	11	
147.978	1016.900	98338.117	8	
148.057	1017.265	98302.813	6	
148.169	1017.783	98252.781	44	
148.300	1018.388	98194.352	6	
148.583	1019.697	98068.352	41	
148.842	1020.895	97953.305	6	
148.916	1021.237	97920.484	7	

149.181	1022.462	97803.133	1	
149.316	1023.086	97743.461	7	
149.462	1023.761	97679.008	55	
149.861	1025.606	97503.297	57	
150.043	1026.448	97423.359	2	
150.222	1027.276	97344.859	1	
150.334	1027.793	97295.820	9	
150.581	1028.936	97187.820	2	
150.837	1030.119	97076.125	4	
151.087	1031.275	96967.320	4	V-VI
151.228	1031.927	96906.055	9	.924 OVI
151.324	1032.371	96864.391	3	V-VI
151.523	1033.291	96778.133	53	VI-VII-VIII
151.668	1033.962	96715.367	6	
151.786	1034.508	96664.352	9	VII-VIII
151.914	1035.099	96609.078	1	
152.190	1036.376	96490.117	10	
152.332	1037.032	96429.023	11	.018 CII ?
152.461	1037.629	96373.578	4	.614 OVI
152.527	1037.934	96345.250	8	VI-VII ou imp (parece 2 linhas
linha muito forte superposta com .93				ArIV
152.812	1039.252	96223.078	3	
153.032	1040.269	96128.969	12	
153.242	1041.240	96039.320	1	
153.351	1041.744	95992.859	1	
153.471	1042.299	95941.750	1	
153.562	1042.720	95903.039	12	
153.769	1043.677	95815.086	2	
153.884	1044.209	95766.281	10	V
153.986	1044.680	95723.055	1	
154.152	1045.448	95652.766	12	
154.385	1046.526	95554.289	2	
154.557	1047.321	95481.711	3	

154.753	1048.227	95399.164	512	
155.239	1050.475	95195.070	2	
155.482	1051.598	95093.352	10	
155.832	1053.217	94947.211	2	
156.044	1054.197	94858.914	1	
156.299	1055.376	94752.930	10	IV-V ou imp
156.446	1056.056	94691.945	6	
156.715	1057.300	94580.531	2	
156.932	1058.304	94490.844	4	
157.264	1059.839	94353.961	9	V
157.496	1060.912	94258.555	2	
157.801	1062.322	94133.406	2	
157.881	1062.692	94100.633	9	
158.065	1063.543	94025.352	11	.55 ArVII
158.227	1064.292	93959.164	7	
158.348	1064.852	93909.789	7	
158.525	1065.670	93837.672	6	
158.735	1066.641	93752.234	12	.629 SiIV
158.861	1067.224	93701.047	3	
158.957	1067.668	93662.078	8	
159.156	1068.588	93581.414	1	
159.340	1069.439	93506.961	2	
159.719	1071.192	93353.977	8	IV-V
159.813	1071.626	93316.094	3	
159.922	1072.130	93272.227	2	
160.112	1073.009	93195.852	10	
160.222	1073.518	93151.688	8	III-IV-V
160.532	1074.951	93027.461	4	
160.689	1075.678	92964.656	1	
160.910	1076.700	92876.414	8	IV-V ou imp.
161.006	1077.144	92838.141	3	
161.104	1077.597	92799.094	6	
161.226	1078.161	92750.539	2	

161.434	1079.123	92667.852	2		117
161.517	1079.507	92634.898	6	IV-V	
161.647	1080.108	92583.344	2		
162.060	1082.018	92419.906	8		
162.312	1083.183	92320.484	3		
162.492	1084.016	92249.578	8		
162.616	1084.589	92200.813	10	imp.	
162.855	1085.694	92106.945	11	.701 NII	
163.020	1086.458	92042.250	7		
163.415	1088.284	91887.758	1		
163.669	1089.459	91788.680	12	VI	
164.036	1091.156	91645.898	1		
164.837	1094.861	91335.820	1		
165.472	1097.797	91091.492	12	VI	
166.271	1101.493	90785.898	2		
166.538	1102.728	90684.234	12	V-VI ou imp.	
166.846	1104.152	90567.234	2		
167.394	1106.686	90359.828	510		
167.447	1106.932	90339.813	58		
167.551	1107.413	90300.586	3		
167.757	1108.365	90222.953	512	.368 SiIII	
167.899	1109.022	90169.523	11		
168.102	1109.961	90093.258	12	.965 SiIII	
168.224	1110.525	90047.492	10		
168.370	1111.200	89992.766	510		
168.490	1111.755	89947.836	41		
168.592	1112.227	89909.680	3		
168.806	1113.217	89829.750	12	.228 SiIII	
168.932	1113.800	89782.750	8		
169.029	1114.248	89746.602	10		
169.239	1115.220	89668.430	1		
169.614	1116.954	89529.203	511	IV-V	
169.727	1117.477	89487.328	3		

169.898	1118.267	89424.047	1	
169.997	1118.725	89387.438	2	
170.061	1119.021	89363.781	1	
170.371	1120.455	89249.438	1	
170.600	1121.514	89165.148	10	
170.810	1122.486	89087.992	12	.486 SiIV
171.035	1123.526	89005.484	10	
171.145	1124.035	88965.188	1	
171.229	1124.424	88934.453	1	
171.331	1124.895	88897.156	2	
171.708	1126.639	88759.578	1	
171.852	1127.305	88707.125	10	
172.072	1128.323	88627.125	12	.340 SiIV
172.299	1129.373	88544.742	10	
172.446	1130.052	88491.469	8	IV-V
172.547	1130.520	88454.906	1	
172.959	1132.425	88306.055	41	
173.134	1133.235	88242.977	1	
173.277	1133.896	88191.516	1	
173.540	1135.113	88096.992	1	
174.023	1137.347	87923.953	41	
174.290	1138.582	87828.586	3	
174.397	1139.076	87790.422	2	
174.507	1139.585	87751.219	2	
174.723	1140.584	87674.359	5	
174.893	1141.371	87613.961	311	
174.936	1141.570	87598.695	312	
175.097	1142.314	87541.586	3	
175.253	1143.036	87486.328	41	
175.530	1144.317	87388.375	11	
175.707	1145.136	87325.891	510	
176.380	1148.249	87089.148	1	
176.683	1149.650	86982.984	1	

176.960	1150.931	86886.148	58	
177.225	1152.157	86793.711	7	imp.
177.579	1153.795	86670.539	9	III-IV
177.742	1154.549	86613.938	1	
177.842	1155.011	86579.250	2	
178.053	1155.987	86506.156	1	
178.227	1156.792	86445.961	41	
178.514	1158.120	86346.875	6	
178.982	1160.284	86185.781	2	
179.124	1160.941	86137.016	1	
179.263	1161.584	86089.328	6	
179.343	1161.954	86061.906	2	
179.625	1163.259	85965.406	6	
179.975	1164.878	85845.922	51	
180.162	1165.743	85782.227	41	
180.413	1166.904	85696.883	41	
180.535	1167.468	85655.445	41	
180.755	1168.486	85580.844	41	
180.863	1168.985	85544.273	41	
180.979	1169.522	85505.031	41	
181.142	1170.276	85449.938	41	
181.401	1171.474	85362.547	12	VI-VII-VIII
181.597	1172.381	85296.531	41	
181.950	1174.014	85177.898	58	
182.143	1174.906	85113.172	2315	
182.268	1175.484	85071.305	2315	
182.457	1176.359	85008.078	2315	
182.547	1176.775	84978.008	8	
182.615	1177.090	84955.297	4	
182.692	1177.446	84929.594	4	
182.782	1177.862	84899.578	12	
182.886	1178.343	84864.906	41	
183.145	1179.541	84778.711	8	V ou +

183.414	1180.786	84689.375	41		120
183.673	1181.984	84603.523	41		
184.235	1184.584	84417.852	1		
184.690	1186.688	84268.117	41		
185.017	1188.201	84160.836	11	V ou +	
185.494	1190.408	84004.836	11	.4157 SiII ?	
186.122	1193.313	83800.320	12	.2894 SiII ?	
186.379	1194.502	83716.914	11	.500 SiII	
186.628	1195.654	83636.258	7	IV-V	
186.862	1196.736	83560.609	1	.747 OIII	
187.000	1197.375	83516.055	5		
187.278	1198.661	83426.453	1		
187.399	1199.220	83387.508	12		
187.525	1199.803	83347.000	2		
187.669	1200.469	83300.742	1		
187.783	1200.997	83264.172	3		
187.946	1201.751	83211.922	1		
188.013	1202.061	83190.469	1		
188.309	1203.430	83095.813	1		
188.433	1204.004	83056.219	1		
188.738	1205.415	82958.992	6		
188.973	1206.502	82884.234	212	.510 ; .533 SiIII	
189.205	1207.575	82810.578	8		
189.367	1208.325	82759.219	6		
189.477	1208.834	82724.375	1		
189.828	1210.457	82613.398	6	.456 SiIII	
190.087	1211.656	82531.695	1		
190.712	1214.547	82335.219	1		
190.957	1215.680	82258.461	211		
191.059	1216.152	82226.547	33		
191.199	1216.800	82182.766	8	imp.	
191.315	1217.337	82146.547	1		
191.819	1219.668	81989.500	8	>V ou imp.	

191.916	1220.117	81959.344	2		121
192.198	1221.422	81871.797	5	IV-V	
192.494	1222.791	81780.109	31		
192.535	1222.981	81767.430	31		
192.676	1223.633	81723.836	2		
193.377	1226.876	81507.805	2	IV-V	
193.533	1227.598	81459.875	2	IV-V	
193.776	1228.722	81385.352	3		
193.920	1229.389	81341.242	3	.388 SiII	
194.092	1230.184	81288.633	3		
194.619	1232.622	81127.844	4		
194.938	1234.098	81030.820	54		
195.234	1235.468	80940.992	1		
195.640	1237.346	80818.125	2		
195.855	1238.341	80753.211	3		
195.958	1238.818	80722.141	7	.821 NV	
196.189	1239.886	80652.563	1		
196.317	1240.479	80614.055	1		
196.712	1242.306	80495.461	1		
196.821	1242.810	80462.805	8	.804 NV	
197.330	1245.165	80310.617	1		
197.670	1246.738	80209.289	1		
197.816	1247.414	80165.859	8	IV-V	
198.045	1248.473	80097.820	1		
198.217	1249.269	80046.797	5		
198.437	1250.287	79981.633	8		
198.652	1251.282	79918.039	42		
198.742	1251.698	79891.453	7		
198.875	1252.314	79852.203	1		
199.057	1253.156	79798.539	1		
199.307	1254.312	79724.953	1		
199.448	1254.965	79683.508	1		
199.596	1255.650	79640.063	6	III-IV	

200.420	1259.462	79398.977	8	
200.630	1260.434	79337.766	7	.427 SiII
200.872	1261.553	79267.359	1	
201.065	1262.446	79211.281	1	
201.271	1263.400	79151.516	41	
201.567	1264.769	79065.805	510	.7374 SiII
202.200	1267.698	78883.133	1	
202.364	1268.457	78835.945	1	VI-VII
202.764	1270.308	78721.086	8	IV-V
203.304	1272.806	78566.555	1	
203.580	1274.083	78487.797	4	VII-VIII
203.682	1274.555	78458.734	8	IV-V
203.797	1275.088	78425.992	2	
203.982	1275.943	78373.375	1	
204.135	1276.651	78329.914	1	
204.277	1277.308	78289.625	1	
204.935	1280.353	78103.453	1	
205.403	1282.519	77971.570	32	
205.444	1282.708	77960.039	3	
205.644	1283.634	77903.844	5	
205.724	1284.004	77881.375	5	
206.264	1286.503	77730.109	4	
206.657	1288.321	77620.398	3	
206.769	1288.839	77589.188	2	VI-VII
207.470	1292.083	77394.398	1	
207.728	1293.277	77322.953	3	
208.002	1294.545	77247.219	9	.543 SiIII
208.244	1295.665	77180.453	3	
208.476	1296.738	77116.563	9	.726 SiIII
208.575	1297.196	77089.328	3	
208.704	1297.793	77053.875	53	
208.947	1298.918	76987.164	10	.891 ; .960 SiIII
209.212	1300.144	76914.555	3	

209.428	1301.144	76855.469	9	.146 SiIII	123
209.586	1301.875	76812.313	3		
209.648	1302.162	76795.383	4		
209.899	1303.323	76726.938	8	.320 SiIII	
210.016	1303.865	76695.078	6		
210.130	1304.392	76664.063	4		
210.234	1304.873	76635.797	4		
210.354	1305.429	76603.195	1		
210.480	1306.012	76569.000	2		
210.791	1307.451	76484.711	2		
210.961	1308.237	76438.719	3		
211.185	1309.274	76378.203	6	.277 SiII	
211.314	1309.871	76343.398	1		
211.902	1312.592	76185.141	7	.590 SiIII	
212.355	1314.688	76063.656	1		
212.647	1316.040	75985.555	41		
213.393	1319.492	75786.750	51		
214.120	1322.856	75594.016	52		
214.334	1323.846	75537.461	5		
215.184	1327.780	75313.680	1		
215.466	1329.085	75239.727	2		
215.624	1329.816	75198.359	2		
215.697	1330.154	75179.258	32		
215.736	1330.334	75169.070	32		
216.099	1332.014	75074.266	2		
216.641	1334.523	74933.156	7	imp.	
216.895	1335.698	74867.211	8	.7077 CII ?	
217.167	1336.957	74796.719	1		
217.415	1338.105	74732.570	1		
217.529	1338.632	74703.109	4		
218.030	1340.951	74573.945	2		
218.145	1341.483	74544.359	4		
218.229	1341.872	74522.766	2		

218.350	1342.432	74491.680	3	
218.480	1343.033	74458.313	1	
218.595	1343.566	74428.820	8	
219.103	1345.917	74298.805	1	
219.315	1346.898	74244.680	1	
219.402	1347.300	74222.500	2	
219.671	1348.545	74153.969	3	
220.010	1350.114	74067.805	1	
220.082	1350.448	74049.531	4	
220.150	1350.762	74032.281	31	
220.379	1351.822	73974.234	1	
220.557	1352.646	73929.180	41	
220.787	1353.710	73871.047	1	
220.866	1354.076	73851.102	33	IV-V
220.917	1354.312	73838.227	34	IV-V
221.203	1355.636	73766.133	2	
221.891	1358.820	73593.281	4	
222.385	1361.106	73469.664	42	
222.495	1361.615	73442.188	4	.597 SiIII
222.673	1362.439	73397.781	10	.460 BII ???
222.901	1363.494	73340.984	31	
222.955	1363.744	73327.539	31	
223.282	1365.258	73246.250	3	.253 SiIII
223.422	1365.905	73211.508	4	
223.562	1366.554	73176.789	10	IV-V
223.693	1367.160	73144.336	6	
224.304	1369.988	72993.359	8	
224.576	1371.247	72926.344	12	.292 OV ??
224.669	1371.677	72903.453	312	
224.714	1371.885	72892.391	312	
224.834	1372.441	72862.891	34	
224.885	1372.677	72850.367	36	
225.250	1374.366	72760.820	1	

225.640	1376.171	72665.383	2	
225.778	1376.810	72631.672	12	IV-V
225.898	1377.365	72602.383	510	
226.038	1378.013	72568.250	12	
226.183	1378.684	72532.922	59	
226.298	1379.217	72504.930	2	
226.398	1379.679	72480.602	4	
226.542	1380.346	72445.602	2	
227.276	1383.743	72267.742	1	
227.359	1384.127	72247.680	3	
227.455	1384.572	72224.500	5	
227.771	1386.034	72148.289	3	
227.856	1386.428	72127.813	2	
228.020	1387.187	72088.344	2	
228.183	1387.941	72049.164	1	
228.331	1388.626	72013.617	51	
228.486	1389.344	71976.430	7	
228.580	1389.779	71953.891	512	IV-V
228.722	1390.436	71919.883	5	
228.872	1391.130	71883.992	5	
229.030	1391.862	71846.227	9	
229.165	1392.486	71813.984	13	
229.438	1393.750	71748.867	215	.755 SiIV
229.717	1395.042	71682.461	10	
229.992	1396.314	71617.102	1	
230.097	1396.800	71592.195	54	
230.137	1396.985	71582.703	53	
230.263	1397.569	71552.828	2	
230.401	1398.208	71520.141	3	
230.538	1398.842	71487.719	9	
230.682	1399.508	71453.672	2	
230.769	1399.911	71433.117	5	
230.913	1400.578	71399.125	210	V-VI ou +

231.044	1401.184	71368.227	37	
231.109	1401.485	71352.906	39	
231.290	1402.322	71310.273	312	
231.378	1402.730	71289.570	213	.770 SiIV ??
231.667	1404.068	71221.648	8	
231.804	1404.702	71189.500	10	
231.924	1405.257	71161.359	31	
232.030	1405.748	71136.523	313	
232.174	1406.414	71102.813	3	
232.320	1407.090	71068.664	2	
232.455	1407.715	71037.109	212	
232.599	1408.381	71003.492	4	
232.800	1409.312	70956.617	8	
232.970	1410.099	70917.016	6	
233.108	1410.738	70884.906	12	IV-V
233.248	1411.386	70852.359	4	
233.789	1413.890	70726.867	1	
233.901	1414.408	70700.945	1	
233.957	1414.667	70687.992	1	
234.315	1416.325	70605.281	3	
234.518	1417.264	70558.477	8	
234.636	1417.810	70531.289	6	.781 SiIII
234.770	1418.431	70500.445	213	
234.912	1419.088	70467.789	7	
235.016	1419.569	70443.898	10	
235.391	1421.305	70357.859	6	
235.444	1421.551	70345.719	31	
235.646	1422.486	70299.477	3	
236.221	1425.147	70168.188	4	
236.450	1426.207	70116.031	8	
236.577	1426.795	70087.141	8	
236.786	1427.724	70041.550	12	uma linha muito forte >VI
236.837	1427.999	70028.070	1	

237.138	1429.392	69959.805	1	127
237.281	1430.054	69927.422	1	
237.407	1430.637	69898.914	7	
237.549	1431.295	69866.813	215	
237.694	1431.966	69834.063	10	
237.935	1433.081	69779.703	8	
238.071	1433.711	69749.063	4	.690 SiIII
238.147	1434.063	69731.953	4	
238.335	1434.933	69689.656	2	
238.379	1435.137	69679.766	1	
238.480	1435.604	69657.070	38	
238.515	1435.766	69649.219	36	
238.607	1436.192	69628.555	5	
238.801	1437.090	69585.047	213	
238.907	1437.581	69561.297	3	
239.330	1439.539	69466.672	1	
239.475	1440.210	69434.297	1	
239.710	1441.298	69381.891	1	
239.851	1441.951	69350.484	11	IV-V
239.977	1442.534	69322.445	1	
240.127	1443.229	69289.086	3	
240.745	1446.089	69152.016	1	
240.884	1446.733	69121.250	58	
241.227	1448.321	69045.469	6	
241.335	1448.821	69021.648	1	
241.486	1449.520	68988.359	10	
241.632	1450.196	68956.211	215	
241.782	1450.890	68923.211	11	
241.981	1451.811	68879.477	2	
242.533	1454.367	68758.445	3	
242.774	1455.482	68705.742	1	484 ArII
243.050	1456.760	68645.484	1	
243.169	1457.311	68619.531	1	

243.587	1459.246	68528.531	11		128
243.714	1459.834	68500.930	38		
243.773	1460.107	68488.117	512		
243.964	1460.991	68446.672	5		
244.044	1461.362	68429.320	3		
244.152	1461.862	68405.922	5		
244.306	1462.575	68372.578	1		
244.411	1463.061	68349.859	3		
244.504	1463.491	68329.750	1		
244.601	1463.940	68308.789	7		
244.696	1464.380	68288.273	1		
244.970	1465.649	68229.172	10	.62	ArIII
245.460	1467.917	68123.734	8	.92	ArIII
245.742	1469.223	68063.195	1		

	L (CALC)	SIGMA (CALC)	L	L-LCAL	Z(I)	T(I)
66	1455.4840	68683.570	1455.4840	0.00000	-0.00107	0.00110
54	1467.9147	68102.516	1467.9200	0.00537	0.00512	0.00024
45	1533.4025	65202.559	1533.4320	0.02954	0.02904	0.00049
78	1557.2788	64262.156	1557.3020	0.02319	0.03414	-0.01099
61	1561.3623	64864.559	1561.4000	0.03772	0.03481	0.00293
86	1567.9523	63705.352	1567.9871	0.03479	0.03579	-0.00098
29	1578.7875	63299.684	1578.8120	0.02454	0.03707	-0.01257
30	1591.2783	62810.488	1591.3300	0.05164	0.03806	0.01355
45	1606.1461	62232.605	1606.1970	0.05090	0.03854	0.01233
39	1653.2885	60461.824	1653.3220	0.03357	0.03510	-0.00159
87	1696.5184	58922.430	1696.5400	0.02161	0.02531	-0.00366
93	1713.1945	58349.207	1713.2150	0.02051	0.01984	0.00073
50	1718.5449	58167.641	1718.5510	0.00610	0.01788	-0.01172
55	1727.3546	57871.117	1727.3770	0.02234	0.01445	0.00793
07	1763.2040	56694.957	1763.2040	0.00000	-0.00224	0.00220
AVERAGE=	0.005534	SECOND AVERAGE=	0.005534	DISCRIMINANTE=	0.0140	LIN
SPERSION=	4.624516					
CIENTS OF POLYNOMIAL=	-0.53148876E+00			0.90990217E-02	-0.36310354E-04	

POSICAO	WLV (A)	SIGMA (CM)	IN	COMENTARIOS
91.127	1450.213	68955.398	10	
91.275	1450.898	68922.852	57	
91.471	1451.804	68879.797	3	
92.031	1454.396	68757.086	4	
92.266	1455.483	68705.719	2	.484 ArII
92.364	1455.936	68684.320	1	
92.544	1456.769	68645.055	2	
92.662	1457.315	68619.336	3	
93.213	1459.865	68499.500	34	
93.267	1460.114	68487.781	7	
93.460	1461.007	68445.922	6	
93.538	1461.368	68429.016	6	
93.642	1461.849	68406.492	5	
93.800	1462.581	68372.305	1	
93.907	1463.076	68349.164	3	
94.097	1463.955	68308.117	54	
94.462	1465.643	68229.422	8	.62 ArIII
94.954	1467.920	68123.609	7	.92 ArIII
95.232	1469.206	68063.977	1	
95.424	1470.094	68022.844	1	
95.558	1470.714	67994.172	51	
96.057	1473.023	67887.602	6	
96.150	1473.453	67867.773	31	
96.260	1473.962	67844.344	3	
96.367	1474.457	67821.563	3	
96.874	1476.803	67713.836	2	
97.215	1478.381	67641.578	4	
97.377	1479.130	67607.305	1	
97.536	1479.866	67573.695	41	
97.674	1480.465	67546.350	9	VII-VIII
97.826	1481.207	67512.492	1	

97.924	1481.661	67491.828	51		131
98.137	1482.646	67446.969	3		
98.430	1484.002	67385.359	42		
98.674	1485.131	67334.141	52		
98.897	1486.162	67287.398	4		
99.109	1487.143	67243.016	5		
99.191	1487.523	67225.867	4		
99.536	1489.119	67153.813	8		
99.697	1489.863	67120.242	3	VI-VII	
99.858	1490.608	67086.703	3		
100.057	1491.529	67045.289	1		
100.160	1492.006	67023.875	51		
100.600	1494.041	66932.563	1		
100.744	1494.707	66902.727	3		
101.025	1496.007	66844.594	6		
101.107	1496.387	66827.648	5		
101.215	1496.886	66805.344	1		
101.413	1497.802	66764.484	56		
101.539	1498.385	66738.508	2		
101.640	1498.852	66717.711	1		
101.764	1499.426	66692.180	2		
101.874	1499.935	66669.555	33		
101.948	1500.277	66654.344	8		
102.150	1501.212	66612.852	7	.191 SiIII	
102.288	1501.850	66584.539	57	.780 SiIII ?	
102.589	1503.243	66522.852	4		
102.785	1504.149	66482.758	3		
103.089	1505.556	66420.656	1		
103.203	1506.083	66397.391	3	.060 SiIII	
103.279	1506.435	66381.898	1		
103.512	1507.513	66334.438	43		
103.712	1508.438	66293.750	7		
103.869	1509.164	66261.844	4		

104.023	1509.877	66230.578	10	
104.156	1510.492	66203.602	6	
104.309	1511.200	66172.594	2	
104.470	1511.944	66140.000	4	
104.623	1512.652	66109.047	1	
104.724	1513.119	66088.641	3	
104.880	1513.841	66057.133	1	
105.287	1515.724	65975.078	5	
105.356	1516.043	65961.188	3	
105.477	1516.603	65936.844	32	
105.569	1517.028	65918.344	34	
105.641	1517.361	65903.875	6	
105.972	1518.893	65837.438	26	
106.323	1520.516	65767.133	34	
106.405	1520.896	65750.734	37	
106.561	1521.617	65719.555	2	
106.704	1522.279	65690.992	35	
106.757	1522.524	65680.414	38	
106.854	1522.973	65661.063	7	.944 SiV ?
107.076	1524.000	65616.820	25	
107.202	1524.582	65591.734	4	
107.366	1525.341	65559.109	4	
107.482	1525.878	65536.055	2	
107.567	1526.271	65519.168	3	
107.665	1526.724	65499.715	37	
107.716	1526.960	65489.594	34	
107.937	1527.982	65445.781	54	
108.102	1528.746	65413.105	5	
108.279	1529.564	65378.094	1	
108.441	1530.314	65346.074	7	CIOp .227 e .366 A intensidade tem em 1 microbar.Nao aparece em 50 e 100 microbar.
108.562	1530.874	65322.184	4	
108.806	1532.002	65274.059	2	
108.958	1532.705	65244.117	1	

109.115	1533.432	65213.215	8	.432 SiII	133
109.272	1534.158	65182.348	10		
109.416	1534.824	65154.059	5	CIOp 4.721 e 5.079 A int. se	
tem em 1 microbar.Nao aparece em 50 e 100 microbar.					
109.547	1535.430	65128.340	8		
109.703	1536.151	65097.746	3		
109.827	1536.725	65073.453	4		
110.018	1537.609	65036.063	5		
110.172	1538.321	65005.945	8		
110.345	1539.121	64972.145	6		
110.404	1539.394	64960.629	32		
110.554	1540.088	64931.363	31		
110.594	1540.273	64923.559	3		
110.864	1541.522	64870.965	32		
110.898	1541.679	64864.344	33		
111.089	1542.563	64827.195	6		
111.251	1543.312	64795.723	2		
111.382	1543.918	64770.285	3		
111.484	1544.390	64750.496	3		
111.567	1544.773	64734.410	34		
111.619	1545.014	64724.328	35		
111.998	1546.767	64650.977	8		
112.311	1548.215	64590.520	214		
112.559	1549.362	64542.691	34		
112.617	1549.630	64531.527	35		
112.867	1550.786	64483.410	23		
113.089	1551.813	64440.742	4		
113.177	1552.220	64423.840	5		
113.262	1552.614	64407.523	3		
113.476	1553.603	64366.492	7		
113.670	1554.501	64329.328	3		
113.774	1554.982	64309.434	2		
114.053	1556.272	64256.102	1		

114.278	1557.313	64213.172	1	.302 ArII	134
114.399	1557.873	64190.094	4		
114.444	1558.081	64181.523	31		
114.663	1559.094	64139.820	3	.072 ArII	
114.809	1559.769	64112.055	310		
114.893	1560.158	64096.090	34	.191 ArII	
114.998	1560.643	64076.145	4		
115.161	1561.397	64045.211	5	.40 CI	
115.381	1562.415	64003.500	1	.442 ArII	
115.710	1563.936	63941.223	41		
115.907	1564.848	63903.992	3		
116.036	1565.444	63879.629	53		
116.204	1566.221	63847.941	9		
116.342	1566.859	63821.934	3		
116.475	1567.475	63796.887	6		
116.586	1567.988	63775.992	4	.987 ArII	
116.747	1568.733	63745.723	6		
116.951	1569.676	63707.406	41		
117.062	1570.189	63686.582	1		
117.205	1570.851	63659.758	4		
117.532	1572.363	63598.531	38		
117.568	1572.530	63591.793	33		
117.675	1573.025	63571.789	5		
117.868	1573.917	63535.738	41		
118.040	1574.713	63503.637	35		
118.191	1575.411	63475.488	212		
118.355	1576.170	63444.941	35		
118.444	1576.581	63428.375	7		
118.628	1577.432	63394.152	5	A int.aumenta em 1 microbar	
118.792	1578.191	63363.691	3	CIOp .113 e .521	
118.929	1578.825	63338.258	3	.812 ArII	
119.106	1579.643	63305.430	37		
119.271	1580.406	63274.863	314		

119.420	1581.095	63247.289	37	
119.745	1582.599	63187.215	31	
119.844	1583.057	63168.941	8	
119.949	1583.542	63149.574	1	
120.084	1584.166	63124.680	1	
120.150	1584.472	63112.520	1	
120.394	1585.600	63067.609	7	
120.614	1586.618	63027.164	7	
120.797	1587.464	62993.559	2	
121.157	1589.129	62927.563	5	
121.224	1589.439	62915.289	5	.465 ArII
121.311	1589.841	62899.367	43	
121.485	1590.646	62867.547	1	.61 OIII
121.630	1591.316	62841.059	3	.33 OIII
121.829	1592.237	62804.730	55	
121.908	1592.602	62790.320	1	
122.072	1593.360	62760.438	8	
122.232	1594.100	62731.305	6	
122.410	1594.924	62698.922	54	
122.539	1595.520	62675.477	1	
122.724	1596.376	62641.891	4	
122.789	1596.677	62630.094	33	
122.922	1597.292	62605.980	3	
123.099	1598.110	62573.914	6	
123.227	1598.702	62550.738	54	
123.328	1599.169	62532.477	32	
123.530	1600.103	62495.965	32	.133 ArII
123.657	1600.691	62473.031	35	.694 ArII
123.760	1601.167	62454.445	38	
123.966	1602.120	62417.309	310	
124.126	1602.859	62388.504	310	
124.327	1603.789	62352.336	39	
124.462	1604.413	62328.074	8	

124.614	1605.116	62300.777	3	
124.752	1605.755	62276.020	8	
124.845	1606.185	62259.340	3	.197 ArII
124.999	1606.897	62231.746	34	.926 ArII
125.048	1607.123	62222.977	37	
125.203	1607.840	62195.227	4	
125.281	1608.201	62181.285	3	
125.477	1609.107	62146.258	55	
125.739	1610.319	62099.500	3	
125.885	1610.994	62073.473	8	
126.075	1611.873	62039.637	9	
126.139	1612.169	62028.242	35	
126.194	1612.423	62018.461	32	
126.412	1613.431	61979.711	6	
126.606	1614.328	61945.266	7	
126.711	1614.814	61926.637	38	
126.787	1615.165	61913.160	37	
126.909	1615.729	61891.547	4	
127.074	1616.493	61862.332	56	
127.247	1617.293	61831.723	3	
127.334	1617.695	61816.352	7	
127.687	1619.327	61754.039	53	
127.886	1620.248	61718.965	1	
127.970	1620.636	61704.168	7	
128.134	1621.394	61675.309	2	
128.304	1622.181	61645.418	33	
128.375	1622.509	61632.945	36	
128.450	1622.856	61619.777	32	
128.692	1623.975	61577.309	216	
128.988	1625.344	61525.453	210	
129.095	1625.838	61506.730	32	
129.209	1626.365	61486.793	4	
129.299	1626.781	61471.070	4	

129.545	1627.919	61428.105	31	
129.614	1628.238	61416.070	36	
129.851	1629.334	61374.766	2	
130.026	1630.143	61344.297	38	
130.095	1630.462	61332.293	36	
130.170	1630.809	61319.242	31	
130.267	1631.258	61302.387	1	
130.354	1631.660	61287.270	52	
130.500	1632.335	61261.926	6	
130.896	1634.166	61193.277	55	
130.900	1634.185	61192.582	6	
131.186	1635.508	61143.098	4	
131.353	1636.280	61114.250	38	
131.437	1636.668	61099.742	33	
131.514	1637.024	61086.449	3	
131.867	1638.656	61025.605	8	
132.261	1640.478	60957.832	1	
132.579	1641.949	60903.238	9	
132.772	1642.841	60870.156	1	
132.929	1643.567	60843.270	6	
133.091	1644.316	60815.555	212	
133.255	1645.075	60787.520	7	
133.619	1646.758	60725.391	55	
133.799	1647.590	60694.711	6	
134.117	1649.060	60640.594	1	
134.220	1649.537	60623.082	2	
134.451	1650.605	60583.859	4	.53 ArII
134.542	1651.026	60568.414	1	
134.700	1651.756	60541.629	1	
134.859	1652.491	60514.691	2	
135.039	1653.323	60484.230	7	.322 ArII
135.208	1654.105	60455.656	211	
135.344	1654.734	60432.684	211	

135.503	1655.469	60405.844	6	
135.663	1656.209	60378.863	53	
136.104	1658.248	60304.617	6	
136.402	1659.626	60254.547	35	
136.472	1659.949	60242.801	32	
136.581	1660.453	60224.516	2	
136.962	1662.215	60160.688	4	.253 ArII
137.249	1663.542	60112.703	4	
137.515	1664.772	60068.293	32	
137.727	1665.752	60032.941	213	
137.921	1666.649	60000.633	29	
138.109	1667.518	59969.355	210	
138.256	1668.198	59944.926	27	
138.724	1670.362	59867.270	2315	
139.132	1672.248	59799.738	34	
139.350	1673.256	59763.711	212	.43; .24; .14 ArIII
139.512	1674.005	59736.977	5	
139.711	1674.925	59704.164	5	
139.843	1675.536	59682.410	212	.64 ; .58 ArIII
140.176	1677.075	59627.621	54	
140.340	1677.833	59600.676	2	
140.482	1678.490	59577.359	1	
140.647	1679.253	59550.293	6	
140.816	1680.034	59522.602	29	
140.982	1680.802	59495.426	7	
141.308	1682.309	59442.121	2	
141.620	1683.751	59391.191	4	
141.762	1684.408	59368.051	1	
141.906	1685.074	59344.590	6	
142.100	1685.970	59313.023	2	
142.260	1686.710	59287.012	310	
142.409	1687.399	59262.809	3213	
142.602	1688.291	59231.480	7	

142.727	1688.869	59211.215	36	
142.784	1689.133	59201.977	33	
142.949	1689.896	59175.254	1	
143.035	1690.293	59161.336	1	
143.134	1690.751	59145.320	2	
143.304	1691.537	59117.840	210	
143.473	1692.318	59090.539	210	
143.809	1693.871	59036.355	4	
144.172	1695.550	58977.922	2	
144.387	1696.544	58943.367	52	.54 NIII
144.545	1697.274	58917.996	5	
144.899	1698.911	58861.242	3	
145.083	1699.761	58831.789	5	
145.214	1700.367	58810.828	29	
145.396	1701.208	58781.746	211	
145.558	1701.957	58755.883	9	
145.846	1703.289	58709.949	54	
145.890	1703.492	58702.938	51	
146.180	1704.833	58656.773	8	
146.432	1705.998	58616.719	51	
146.473	1706.188	58610.207	55	
146.689	1707.186	58575.926	1	
147.169	1709.405	58499.883	53	
147.298	1710.001	58479.484	1	
147.466	1710.778	58452.934	1	
147.603	1711.411	58431.309	3	
147.715	1711.929	58413.633	2	
147.919	1712.872	58381.469	1	
147.993	1713.214	58369.816	2	.215 ArII
148.113	1713.769	58350.918	3	
148.264	1714.467	58327.160	5	
148.610	1716.067	58272.797	2	
148.980	1717.777	58214.773	1	

149.150	1718.563	58188.156	10	.551 NIV	140
149.329	1719.391	58160.145	56		
149.381	1719.631	58152.020	51		
149.730	1721.244	58097.516	59		
150.005	1722.516	58054.629	511	.534 SiIV	
150.350	1724.110	58000.934	3		
150.539	1724.984	57971.559	7		
150.653	1725.511	57953.852	52		
150.864	1726.486	57921.113	1		
151.055	1727.369	57891.508	8	.377 SiIV	
151.228	1728.169	57864.715	6		
151.418	1729.047	57835.316	33		
151.457	1729.227	57829.297	32		
151.910	1731.322	57759.344	2		
152.304	1733.143	57698.652	1		
152.346	1733.337	57692.184	1		
152.427	1733.711	57679.727	1		
152.630	1734.650	57648.523	2		
152.795	1735.412	57623.188	9		
153.062	1736.647	57582.238	6		
153.237	1737.456	57555.430	1		
153.475	1738.556	57519.008	1		
153.687	1739.536	57486.609	35		
153.751	1739.832	57476.828	31		
154.085	1741.375	57425.867	5		
154.253	1742.152	57400.273	9		
154.427	1742.956	57373.781	6		
154.595	1743.733	57348.234	6		
154.776	1744.569	57320.734	1		
155.025	1745.720	57282.938	1		
155.227	1746.654	57252.316	7		
155.481	1747.828	57213.855	32		
156.003	1750.241	57134.988	8		

156.172	1751.022	57109.496	8	
156.332	1751.762	57085.383	6	
156.659	1753.273	57036.172	6	
156.858	1754.193	57006.266	1	
157.034	1755.007	56979.840	1	
157.118	1755.395	56967.242	2	
157.212	1755.829	56953.141	4	.81 ArII
157.370	1756.560	56929.465	6	
157.468	1757.013	56914.789	34	
157.554	1757.410	56901.910	38	
157.739	1758.265	56874.238	5	
157.940	1759.194	56844.203	7	
158.038	1759.647	56829.574	1	
158.126	1760.054	56816.434	5	.12 OIII ?
158.199	1760.391	56805.551	3	
158.535	1761.944	56755.480	4	
158.807	1763.202	56715.008	3	.204 OIII
158.955	1763.886	56693.012	6	
159.068	1764.408	56676.230	3	.464 OIII
159.216	1765.092	56654.270	1	
159.482	1766.322	56614.836	7	
159.657	1767.130	56588.922	2	
159.793	1767.759	56568.797	6	.792 OIII
159.889	1768.203	56554.598	3	.253 OIII

	L (CALC)	SIGMA (CALC)	L	L-LCAL	Z(I)	T(I)
126	1760.1200	56794.258	1760.1200	0.00000	-0.01055	0.01050
068	1764.4700	56654.293	1764.4640	-0.00598	-0.00625	0.00024
889	1768.2612	56532.867	1768.2531	-0.00818	-0.00257	-0.00562
247	1779.1500	56186.988	1779.1500	0.00000	0.00760	-0.00757
119	1816.8870	55020.320	1816.9280	0.04102	0.03837	0.00269
613	1868.5790	53498.609	1868.6600	0.08105	0.06929	0.01172
977	1874.8777	53318.918	1874.9390	0.06128	0.07216	-0.01086
111	1917.9806	52120.914	1918.0601	0.07947	0.08668	-0.00720
919	1957.7308	51062.824	1957.8300	0.09912	0.09206	0.00708
984	1962.6488	50934.895	1962.7400	0.09119	0.09220	-0.00098
589	1988.5317	50272.023	1988.6210	0.08923	0.09095	-0.00171
944	2073.2920	48217.086	2073.3601	0.06812	0.06406	0.00415
279	2157.9600	46325.504	2157.9600	0.00000	0.00231	-0.00220
AVERAGE= 0.005578 SECOND AVERAGE= 0.005578 DISCRIMINANTE= 0.0120 LIN						
SPERSION= 4.617831						
CIENTS OF POLYNOMIAL= -0.20373689E+01 0.21018316E-01 -0.51860944E-04						

LN	POSICAO	WLV(A)	SIGMA(CM)	IN	COMENTARIOS
1	157.034	1755.062	56978.059	1	
2	157.118	1755.450	56965.453	2	
3	157.212	1755.885	56951.355	4	
4	157.370	1756.615	56927.676	6	
5	157.468	1757.068	56913.004	34	
6	157.554	1757.465	56900.125	38	
7	157.739	1758.320	56872.453	5	
8	157.940	1759.250	56842.418	7	
9	158.038	1759.703	56827.781	1	
10	158.126	1760.109	56814.648	5	.12 OIII ?
11	158.199	1760.447	56803.758	3	
12	158.535	1762.000	56753.691	4	
13	158.807	1763.257	56713.219	3	.204 OIII
14	158.955	1763.941	56691.227	6	
15	159.068	1764.464	56674.441	3	.464 OIII
16	159.216	1765.148	56652.477	1	
17	159.482	1766.377	56613.047	7	
18	159.657	1767.186	56587.133	2	
19	159.793	1767.815	56567.008	6	.792 OIII
20	159.889	1768.259	56552.813	3	.253 OIII
21	160.015	1768.841	56534.195	6	
22	160.127	1769.359	56517.652	2	
23	160.411	1770.671	56475.754	52	
24	160.636	1771.712	56442.598	5	.664 OIII
25	160.765	1772.308	56423.609	2	
26	160.933	1773.084	56398.902	1	
27	161.052	1773.634	56381.414	33	
28	161.125	1773.972	56370.684	32	
29	161.304	1774.799	56344.406	10	
30	161.485	1775.636	56317.859	6	

1	161.677	1776.523	56289.727	2	
2	161.825	1777.207	56268.059	1	
3	162.247	1779.158	56206.371	4	.150 OIII
4	162.403	1779.879	56183.602	54	
5	162.574	1780.669	56158.664	2	
6	162.651	1781.025	56147.445	1	
7	162.926	1782.296	56107.402	57	
8	163.135	1783.262	56077.012	9	
9	163.323	1784.131	56049.699	2	
0	163.484	1784.875	56026.332	3	
1	163.570	1785.273	56013.855	3	
2	163.654	1785.661	56001.676	1	
3	163.842	1786.530	55974.441	5	
4	164.178	1788.083	55925.828	5	
5	164.526	1789.691	55875.570	34	.649 OIII
6	164.610	1790.079	55863.445	33	
7	164.713	1790.555	55848.594	1	
8	164.953	1791.665	55814.020	2	
9	165.039	1792.062	55801.641	1	
0	165.211	1792.857	55776.898	1	
1	165.371	1793.596	55753.898	7	
2	165.472	1794.063	55739.395	1	
3	165.676	1795.006	55710.121	1	
4	165.862	1795.866	55683.453	1	
5	166.001	1796.508	55663.539	9	
6	166.386	1798.287	55608.461	2311	
7	166.511	1798.865	55590.609	34	
8	166.733	1799.891	55558.918	2	
9	166.914	1800.727	55533.113	8	
0	167.085	1801.518	55508.750	5	
1	167.268	1802.364	55482.699	9	
2	167.347	1802.729	55471.465	6	
3	167.432	1803.121	55459.383	6	

64	167.542	1803.630	55443.750	5	
65	167.836	1804.989	55402.012	21	
66	168.397	1807.581	55322.547	56	
67	168.494	1808.030	55308.828	56	
68	168.704	1809.000	55279.156	1	
69	168.879	1809.809	55254.457	4	
70	169.020	1810.460	55234.570	1	
71	169.143	1811.029	55217.234	1	
72	169.270	1811.616	55199.348	1	
73	169.360	1812.032	55186.676	2	
74	169.457	1812.480	55173.027	3	
75	169.572	1813.011	55156.855	2	
76	169.711	1813.654	55137.320	2	
77	169.817	1814.144	55122.426	1	
78	169.922	1814.629	55107.691	1	
79	170.116	1815.525	55080.477	5	
80	170.276	1816.265	55058.059	33	
81	170.419	1816.925	55038.031	7	.928 SiII
82	170.530	1817.438	55022.500	2	
83	170.692	1818.187	54999.844	32	
84	170.756	1818.483	54990.895	37	
85	170.810	1818.732	54983.352	33	
86	171.114	1820.137	54940.914	9	
87	171.288	1820.941	54916.656	2	
88	171.358	1821.265	54906.898	3	
89	171.626	1822.503	54869.590	4	
90	171.792	1823.270	54846.500	2	
91	171.959	1824.042	54823.297	1	
92	172.211	1825.207	54788.320	4	
93	172.334	1825.775	54771.270	7	
94	172.472	1826.412	54752.145	2	
95	172.764	1827.762	54711.723	7	
96	172.913	1828.450	54691.121	1	

173.045	1829.060	54672.879	3	
173.142	1829.509	54659.484	3	
173.412	1830.756	54622.234	55	.770 ArII
173.576	1831.514	54599.637	55	.527 ArII
173.987	1833.413	54543.078	8	
174.238	1834.573	54508.594	7	
174.377	1835.215	54489.520	1	
174.624	1836.357	54455.656	211	
174.877	1837.526	54421.008	3	
175.000	1838.094	54404.180	5	
175.280	1839.388	54365.918	212	
175.505	1840.427	54335.203	1	
175.635	1841.028	54317.477	54	
175.711	1841.379	54307.113	2	
175.995	1842.692	54268.441	2315	
176.279	1844.004	54229.816	2	
176.483	1844.946	54202.117	34	
176.578	1845.385	54189.219	33	
176.804	1846.430	54158.578	33	
176.902	1846.882	54145.301	36	
177.013	1847.395	54130.266	1	
177.113	1847.857	54116.734	43	
177.342	1848.915	54085.762	2	
177.530	1849.784	54060.359	52	
177.646	1850.320	54044.703	5	
177.720	1850.662	54034.719	1	
177.845	1851.240	54017.859	3	
177.984	1851.882	53999.133	1	
178.102	1852.427	53983.234	1	
178.225	1852.995	53966.680	5	
178.439	1853.984	53937.898	32	
178.597	1854.714	53916.668	2312	
178.802	1855.661	53889.148	8	

0	178.970	1856.438	53866.613	6		147
1	179.170	1857.362	53839.813	52		
2	179.318	1858.045	53820.008	3		
3	179.520	1858.979	53792.980	5		
4	179.713	1859.870	53767.191	7		
5	179.840	1860.457	53750.238	1		
6	179.972	1861.067	53732.621	7		
7	180.077	1861.552	53718.621	1		
8	180.340	1862.767	53683.578	2313		
9	180.473	1863.382	53665.871	33		
0	180.629	1864.102	53645.125	4		
1	180.715	1864.500	53633.691	4		
2	180.968	1865.668	53600.090	6		
3	181.079	1866.181	53585.359	4		
4	181.208	1866.777	53568.254	2		
5	181.344	1867.406	53550.223	1		
6	181.449	1867.891	53536.320	1		
7	181.613	1868.649	53514.609	5	.660	ArII
8	181.800	1869.512	53489.883	58		
9	181.959	1870.247	53468.871	2		
0	182.182	1871.277	53439.434	2		
1	182.295	1871.799	53424.535	1		
2	182.519	1872.834	53395.008	34	.86	OIII
3	182.580	1873.116	53386.977	36	.140	ArIV
4	182.828	1874.262	53354.340	5		
5	182.977	1874.950	53334.754	7	.94	OIII
6	183.099	1875.514	53318.723	7		
7	183.516	1877.440	53264.012	6		
8	183.637	1877.999	53248.156	9		
9	183.957	1879.478	53206.277	32		
0	184.014	1879.741	53198.820	34		
1	184.189	1880.549	53175.953	1		
2	184.459	1881.797	53140.707	2		

63	184.679	1882.813	53112.020	1	
64	185.164	1885.054	53048.887	4	
65	185.460	1886.421	53010.438	7	.386 ArII
66	185.602	1887.077	52992.012	3	
67	185.771	1887.858	52970.098	2	
68	186.014	1888.980	52938.613	52	
69	186.388	1890.708	52890.242	51	
70	186.657	1891.951	52855.504	8	
71	187.054	1893.784	52804.320	1	
72	187.313	1894.981	52770.980	36	
73	187.457	1895.646	52752.461	6	
74	187.622	1896.408	52731.262	9	
75	187.810	1897.277	52707.125	6	
76	188.032	1898.302	52678.648	8	
77	188.227	1899.203	52653.664	1	
78	188.301	1899.545	52644.191	32	
79	188.359	1899.813	52636.766	35	
80	188.576	1900.815	52609.008	28	
81	188.680	1901.296	52595.715	39	
82	188.789	1901.799	52581.789	32	
83	189.209	1903.739	52528.203	6	
84	189.311	1904.210	52515.207	3	
85	189.426	1904.741	52500.563	6	
86	189.577	1905.439	52481.344	3	
87	189.681	1905.919	52468.121	1	
88	189.809	1906.511	52451.840	1	
89	189.944	1907.134	52434.691	2	
90	190.178	1908.215	52404.996	212	
91	190.329	1908.913	52385.844	1	
92	190.526	1909.823	52360.883	55	
93	190.683	1910.548	52341.012	1	
94	190.819	1911.176	52323.805	2	
95	190.962	1911.836	52305.730	5	

96	191.110	1912.520	52287.035	533		149
97	191.537	1914.493	52233.164	215	.65; .40	ArIII
98	191.755	1915.499	52205.707	210	.56	ArIII
99	191.902	1916.178	52187.207	2		
00	192.046	1916.844	52169.098	2		
01	192.141	1917.282	52157.160	1		
02	192.311	1918.068	52135.805	6	.06	ArIII
03	192.475	1918.825	52115.227	212		
04	192.623	1919.509	52096.668	6	.52	ArIII
05	192.778	1920.224	52077.242	8		
06	192.902	1920.797	52061.719	9		
07	193.079	1921.615	52039.566	7		
08	193.297	1922.622	52012.316	2		
09	193.420	1923.190	51996.945	37		
10	193.525	1923.675	51983.840	358		
11	193.895	1925.384	51937.699	9		
12	194.024	1925.979	51921.633	1		
13	194.220	1926.885	51897.238	33		
14	194.277	1927.148	51890.152	31		
15	194.624	1928.751	51847.031	3		
16	194.843	1929.762	51819.855	3		
17	194.987	1930.427	51802.004	2		
18	195.087	1930.889	51789.609	3		
19	195.227	1931.536	51772.270	58		
20	195.379	1932.238	51753.469	51		
21	195.601	1933.263	51726.012	1		
22	195.765	1934.021	51705.758	53		
23	195.832	1934.330	51697.484	3		
24	196.053	1935.351	51670.223	1		
25	196.167	1935.877	51656.168	8		
26	196.433	1937.106	51623.406	7		
27	196.770	1938.662	51581.961	211		
28	196.989	1939.674	51555.063	2		

29	197.110	1940.232	51540.219	1	
30	197.215	1940.717	51527.340	36	
31	197.305	1941.133	51516.309	34	
32	197.517	1942.112	51490.336	1	
33	197.900	1943.881	51443.480	1	
34	198.008	1944.380	51430.281	36	
35	198.094	1944.777	51419.781	37	
36	198.260	1945.543	51399.520	4	
37	198.420	1946.282	51380.004	6	
38	198.526	1946.772	51367.086	2	
39	198.941	1948.688	51316.566	6	
40	199.120	1949.515	51294.805	2	
41	199.314	1950.411	51271.238	10	
42	199.505	1951.293	51248.063	8	
43	199.646	1951.944	51230.965	1	
44	199.778	1952.554	51214.973	5	
45	199.908	1953.154	51199.230	33	
46	200.093	1954.009	51176.848	2310	
47	200.306	1954.992	51151.098	7	
48	200.642	1956.544	51110.531	5	
49	200.830	1957.412	51087.863	3	
50	200.919	1957.823	51077.133	4	.83 ArIII
51	201.149	1958.885	51049.441	5	
52	201.337	1959.754	51026.824	3	
53	201.524	1960.617	51004.348	2	
54	201.645	1961.176	50989.820	7	
55	201.786	1961.827	50972.895	2	
56	201.853	1962.136	50964.859	3	
57	201.984	1962.741	50949.152	5	.74 ArIII
58	202.256	1963.997	50916.570	7	
59	202.579	1965.489	50877.930	6	
60	202.708	1966.084	50862.512	3	
61	202.986	1967.368	50829.320	2312	

62	203.164	1968.190	50808.094	6	
63	203.350	1969.049	50785.930	52	
64	203.532	1969.890	50764.266	52	
65	203.773	1971.003	50735.602	3	
66	204.020	1972.143	50706.262	55	
67	204.272	1973.307	50676.355	7	
68	204.370	1973.759	50664.742	8	.78 ArIII
69	204.516	1974.433	50647.438	4	
70	204.658	1975.089	50630.625	6	
71	205.036	1976.835	50585.922	7	
72	205.185	1977.522	50568.324	6	
73	205.432	1978.663	50539.172	2	
74	205.634	1979.596	50515.359	7	
75	205.809	1980.404	50494.750	7	
76	206.004	1981.304	50471.801	2	
77	206.203	1982.223	50448.402	2	
78	206.396	1983.115	50425.734	10	
79	206.612	1984.112	50400.387	1	
80	206.720	1984.610	50387.723	9	
81	206.952	1985.682	50360.535	54	
82	207.247	1987.044	50326.016	4	
83	207.387	1987.690	50309.648	1	
84	207.589	1988.623	50286.055	2	.620 ArII
85	207.662	1988.960	50277.527	1	
86	207.795	1989.574	50262.012	7	
87	208.009	1990.562	50237.066	8	
88	208.624	1993.402	50165.504	32	
89	208.709	1993.794	50155.625	35	
90	208.919	1994.764	50131.242	8	
91	209.115	1995.669	50108.512	2	
92	209.314	1996.588	50085.453	9	
93	209.629	1998.042	50048.992	1	
94	209.869	1999.150	50021.250	1	

95	210.120	2000.309	49992.277	6
96	210.337	2001.311	49967.246	31
97	210.964	2004.206	49895.074	2
98	211.034	2004.529	49887.031	2
99	211.235	2005.457	49863.949	33
00	211.519	2006.768	49831.363	53
01	211.685	2007.535	49812.340	11
02	212.087	2009.391	49766.332	42
03	212.207	2009.945	49752.613	41
04	212.403	2010.849	49730.227	5
05	212.682	2012.138	49698.387	1
06	212.874	2013.024	49676.508	3
07	212.981	2013.518	49664.320	6
08	213.068	2013.920	49654.414	6
09	213.300	2014.991	49628.020	1
10	213.449	2015.679	49611.082	52
11	213.680	2016.745	49584.852	1
12	213.837	2017.470	49567.031	1
13	214.131	2018.827	49533.711	2
14	214.546	2020.743	49486.746	3
15	214.747	2021.671	49464.031	5
16	215.019	2022.927	49433.328	8
17	215.217	2023.841	49411.000	53
18	215.381	2024.598	49392.523	4
19	215.630	2025.747	49364.496	4
20	215.707	2026.103	49355.832	3
21	215.917	2027.072	49332.230	42
22	216.102	2027.927	49311.449	42
23	216.383	2029.224	49279.934	33
24	216.483	2029.685	49268.723	36
25	216.540	2029.948	49262.336	31
26	216.745	2030.895	49239.379	43
27	216.863	2031.440	49226.176	4

28	217.124	2032.644	49197.000	9
29	217.524	2034.491	49152.348	2
30	217.704	2035.322	49132.281	1
31	217.968	2036.541	49102.879	2
32	218.184	2037.537	49078.852	4
33	218.330	2038.211	49062.621	2
34	218.571	2039.324	49035.855	3
35	218.739	2040.100	49017.215	1
36	218.868	2040.695	49002.914	1
37	219.015	2041.374	48986.625	211
38	219.074	2041.646	48980.090	7
39	219.841	2045.187	48895.297	3
40	220.082	2046.299	48868.711	3
41	220.250	2047.074	48850.199	2
42	220.584	2048.616	48813.438	1
43	220.704	2049.170	48800.246	3
44	220.840	2049.798	48785.297	7
45	220.982	2050.453	48769.699	4
46	221.189	2051.409	48746.988	6
47	221.599	2053.301	48702.059	3
48	221.964	2054.986	48662.129	5
49	222.074	2055.494	48650.105	3
50	222.366	2056.842	48618.227	1
51	222.495	2057.437	48604.164	1
52	222.650	2058.153	48587.266	2
53	222.782	2058.762	48572.883	4
54	222.946	2059.519	48555.031	1
55	223.098	2060.220	48538.496	2
56	223.197	2060.677	48527.730	3
57	223.579	2062.441	48486.246	2412
58	224.027	2064.508	48437.680	246
59	224.313	2065.828	48406.734	245
60	224.602	2067.162	48375.496	2412

361	224.863	2068.367	48347.320	248
362	225.147	2069.678	48316.699	249
363	225.683	2072.152	48259.016	42
364	225.790	2072.646	48247.520	42
365	225.941	2073.342	48231.301	43
366	226.092	2074.039	48215.098	46
367	226.459	2075.733	48175.746	2410
368	226.885	2077.699	48130.160	248
369	227.026	2078.350	48115.086	6
370	227.283	2079.536	48087.645	43
371	227.487	2080.478	48065.883	6
372	227.591	2080.958	48054.793	4
373	227.690	2081.415	48044.246	2
374	227.796	2081.904	48032.961	1
375	227.992	2082.808	48012.098	4
376	228.091	2083.265	48001.566	43
377	228.374	2084.572	47971.488	43
378	228.554	2085.402	47952.383	7
379	228.813	2086.597	47924.914	54
380	228.984	2087.386	47906.801	1
381	229.184	2088.310	47885.617	2
382	229.441	2089.496	47858.441	5
383	229.589	2090.179	47842.801	6
384	230.035	2092.237	47795.730	4
385	230.188	2092.943	47779.605	1
386	230.282	2093.377	47769.703	2
387	230.569	2094.701	47739.504	1
388	230.792	2095.730	47716.059	3
389	230.937	2096.400	47700.828	6
390	231.165	2097.452	47676.902	3
391	231.324	2098.186	47660.223	7
392	231.489	2098.947	47642.934	53
393	231.749	2100.147	47615.719	3

94	231.890	2100.798	47600.965	8
95	232.032	2101.453	47586.125	3
96	232.452	2103.391	47542.281	46
97	232.574	2103.954	47529.555	6
98	232.910	2105.505	47494.547	1
99	233.087	2106.321	47476.137	56
00	233.241	2107.032	47460.125	210
01	233.579	2108.592	47425.016	210
02	233.731	2109.293	47409.246	4
03	234.077	2110.890	47373.387	543
04	234.221	2111.554	47358.480	512
05	234.355	2112.173	47344.613	53
06	234.434	2112.537	47336.445	1
07	234.876	2114.577	47290.781	12
08	235.049	2115.375	47272.938	2
09	235.191	2116.031	47258.297	9
10	235.318	2116.616	47245.215	4
11	235.463	2117.285	47230.285	2
12	235.849	2119.067	47190.582	5
13	235.959	2119.574	47179.285	1
14	236.214	2120.751	47153.102	7
15	236.687	2122.934	47104.629	4
16	236.955	2124.170	47077.207	8
17	237.071	2124.705	47065.352	3
18	237.198	2125.292	47052.371	1
19	237.299	2125.758	47042.051	56
20	237.364	2126.057	47035.418	51
21	237.555	2126.939	47015.930	53
22	237.681	2127.520	47003.082	2510
23	237.807	2128.102	46990.238	57
24	237.963	2128.821	46974.352	6
25	238.234	2130.072	46946.777	343
26	238.278	2130.275	46942.305	53

27	238.354	2130.625	46934.574	1
28	238.439	2131.018	46925.938	6
29	238.915	2133.214	46877.621	8
30	239.185	2134.460	46850.262	58
31	239.393	2135.419	46829.211	3
32	239.520	2136.005	46816.359	5
33	239.606	2136.402	46807.664	8
34	240.041	2138.409	46763.730	3
35	240.213	2139.203	46746.387	55
36	240.410	2140.112	46726.531	3
37	240.534	2140.684	46714.039	1
38	240.775	2141.796	46689.793	4
39	240.880	2142.280	46679.230	1
40	241.008	2142.871	46666.367	1
41	241.134	2143.452	46653.711	1
42	241.282	2144.135	46638.852	1
43	241.504	2145.159	46616.586	2
44	241.684	2145.990	46598.539	47
45	241.874	2146.866	46579.516	2510
46	242.014	2147.512	46565.508	6
47	242.251	2148.606	46541.809	35
48	242.324	2148.943	46534.516	32
49	242.427	2149.418	46524.227	35
50	242.481	2149.667	46518.836	35
51	242.825	2151.254	46484.516	1
52	242.909	2151.642	46476.141	5
53	243.251	2153.220	46442.082	35
54	243.342	2153.639	46433.031	32
55	243.472	2154.239	46420.102	32
56	243.549	2154.594	46412.453	2
57	243.768	2155.605	46390.691	2458
58	243.912	2156.269	46376.402	51
59	244.064	2156.970	46361.328	2

60	244.279	2157.962	46340.012	8	157
61	244.319	2158.147	46336.051	1	
62	244.464	2158.816	46321.691	2	
63	245.343	2162.871	46234.848	56	
64	245.506	2163.623	46218.777	2	
65	245.649	2164.282	46204.688	545	
66	245.768	2164.832	46192.969	1	
67	246.117	2166.442	46158.641	37	
68	246.200	2166.824	46150.484	37	

Apêndice II

A.J. Mania, G.H. Cavalcanti e A.G. Trigueiros

Instituto de Física
Universidade Estadual de Campinas
C.P. 6165 - 13081, Campinas, SP, Brasil

C.J.B. Pagan

Departamento de Física e Química
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Universidade Estadual Paulista
12500 - Guaratinguetá, SP, Brasil

159

RESUMO:

Utilizando-se um theta-pinch como fonte de luz espectroscópica foi estudada a radiação emitida pela descarga elétrica do gás Argônio de ultravioleta de vácuo (300-2000 Å). A detecção da radiação foi obtida com um espectrógrafo de dois metros de incidência normal, utilizando-se placas fotográficas "SWR" da KODAK. Variando-se os parâmetros: voltagem, pressão e número de disparos, obteve-se bons espectrogramas contendo transições atômicas do Ar IV - Ar VII. Os resultados são analisados utilizando-se extrapolações através de sequências isoeletrônicas e cálculos numéricos tipo Hartree-Fock.

INTRODUÇÃO:

O estudo de átomos ionizados tem aplicações em vários campos da Física, em especial no diagnóstico de plasmas de laboratório [1], plasmas astrofísicos [2], na Física de Lasers [3], etc. As linhas de impurezas presentes nos plasmas de laboratório são usadas para determinação de parâmetros do plasma tais como temperatura e densidade eletrônica. As vezes a própria injeção no plasma de uma impureza, tal como o gás Criptônio, serve como guia para determinação de parâmetros do plasma. A detecção ótica das impurezas permite não só a análise qualitativa como também uma análise quantitativa e representa um dos métodos de diagnóstico mais importantes, pois não perturba o plasma.

Uma das máquinas mais importantes para o estudo da radiação emitida pelo plasma é o theta-pinch. O seu uso começou nos anos 60, inicialmente por Kaufman et al [4], e, posteriormente, por vários outros pesquisadores [5-11]. As principais vantagens que tornam o theta-pinch uma fonte de luz bastante aceitável são a facilidade na classi-

ficação iônica, o alargamento relativamente pequeno das linhas observadas e a presença nos espectros das linhas de intercombinação que, sendo transições de intensidade de muito fraca, não aparecem na maior parte de espectros obtidos com outras fontes de luz [4].

Utilizando-se o theta-pinch do Laboratório de Física Atômica do Grupo de Plasmas da UNICAMP, foi obtido o espectro do gás Argônio na região do ultravioleta de vácuo (300-2000 Å). Através da variação da pressão do gás no tubo, voltagem aplicada nas descargas e número de disparos, a intensidade relativa das linhas foi determinada pela comparação dos diversos espectrogramas.

EXPERIMENTO:

Para o estudo de gases ionizados foi construído um theta-pinch especialmente para esta finalidade. A quantidade de disparos é, em média, 3000 para um experimento com cinco espectrogramas. O banco de capacitores, com quatro capacitores de baixa indutância, possui capacitância total de 7,29 μ F. A fonte de alta tensão fornece um máximo de 60 kV a 100 mA, o que, com os resistores de carga (15 kV, 300 mA cada) possibilitam uma taxa de repetição de até trinta disparos por minuto. A indutância total do sistema depende do número de espiras do solenóide - até cinco espiras com diâmetro interno de 90 mm e 100 mm de comprimento cada - variando entre 178 nH com cinco espiras e 201 nH com duas espiras, configurações que utilizamos para este trabalho. O tempo τ de oscilação é de 7,6 μ s e 45 nH de indutância no solenóide. O máximo de emissão luminosa ocorre sempre no terceiro sem-ciclo.

Na detecção da radiação utilizamos um espectrógrafo de incidência normal alinhado axialmente com o eixo do solenóide. Possui

rêde de difração côncava com 1080 linhas/mm com dois metros de distância focal e fator de placa de 4.6 Å/mm em 1000 Å. Os espectrogramas obtidos cobrem a região de 300 a 2180 Å e são gravados em placas fotográficas de emulsão SWR (Short Wave Region) da KODAK.

No primeiro experimento foi verificado como o número de disparos sensibiliza a emulsão, enquanto a voltagem e a pressão mantiveram-se constantes. Em um segundo experimento variou-se a pressão do gás no tubo enquanto a voltagem e o número de disparos foram mantidos fixos. Um terceiro experimento foi feito variando-se os dois parâmetros, voltagem e número de disparos, mantida a pressão fixa.

A otimização do surgimento de linhas espectrais em um dado espectrograma requer o conhecimento de um número máximo de disparos no theta-pinch, sem, com isso, comprometer o perfil das linhas e o "background" do espectro. Realizou-se, então, uma série de espectrogramas para se conhecer este tipo de otimização.

Com a variação da pressão do gás, mantida fixada a voltagem, tivemos o aparecimento mais específico de espécies iônicas, foram feitas, então, exposições nas pressões de 1, 10 e 50 mTorr. As leituras desses espectrogramas foram feitas num comparador semi-automático tipo Grant, do Observatório Astronômico de La Plata, Argentina. O erro estimado na medida da posição da linha no espectrograma foi de 0,01 Å, desde que a forma da variação do fator de placa foi bem determinada. Tais leituras geraram acima de 2000 transições do espectro do Ar.

Não foi notada diferença significativa nos espectrogramas com a pressão fixada e variando-se a voltagem e o número de disparos.

RESULTADOS:

A interpretação dos dados experimentais foi feita através de cálculos 'ab initio' do tipo Hartree-Fock utilizando-se o código computacional de Cowan [12]. Foi utilizado, também, extrapolações através da sequência isoeletrônica do Silício para as transições do Ar V, utilizando-se o método de Edlén [13]. A Tabela I mostra seis transições novas classificadas para o Argônio quatro vezes ionizado, Ar V. A Tabela II mostra transições classificadas somente de acordo com o grau de ionização pertencente. A intensidade das linhas em ambas as tabelas é fornecida visualmente e varia de 1 a 15. Para o perfil das linhas utilizamos as denominações W para linhas largas, A para linhas assimétricas e B para linhas superpostas. Nas Tabelas I e II a primeira

coluna representa as intensidades das transições com os seus respectivos perfis; a segunda coluna é o comprimento de onda em Å e a terceira coluna representa o número de onda em cm^{-1} . Na Tabela I a quarta coluna representa a classificação da transição. Na Tabela II a quarta coluna é a classificação iônica da transição.

TABELA I - Novas Transições do Ar V

I	λ (Å)	σ (cm^{-1})	Transição
10	797.10	125454.5	$3s^2 3p^2 \ ^1D_2 - 3s 3p^3 \ ^3P_2$
5	708.57	141129.4	$3s^2 3p^2 \ ^3P_1 - 3s 3p^3 \ ^3P_0$
2	651.70	153445.1	$3s^2 3p^2 \ ^3P_1 - 3s 3p^3 \ ^1D_2$
4	496.85	201268.1	$3s^2 3p^2 \ ^1D_2 - 3s^2 3p 3d \ ^3P_2$
6	486.56	205524.8	$3s^2 3p^2 \ ^3P_1 - 3s^2 3p 3d \ ^1D_2$
3	452.39	221048.9	$3s^2 3p^2 \ ^1D_2 - 3s^2 3p 3d \ ^1D_2$

TABELA II - Classificação Iônica de Transições Obtidas no Theta-Pinch da UNICAMP

I	λ (Å)	σ (cm^{-1})	Classificação
9	436.58	229051.5	V
2	439.37	227599.5	VII
7B	449.51	222466.3	V
1	628.69	159059.6	VII - VIII
9	630.26	158663.8	VII - VIII
9	641.37	155915.0	VI - VII
1	671.39	148944.8	VII - VIII
9	679.41	147186.8	VI - VII
6	744.93	134240.1	VI - VII
9	745.33	134169.4	V - VI
9	779.01	128368.3	IV - V
9	783.74	127593.0	V - VI
8	786.51	127143.5	VI - VII
10A	933.40	107135.4	VII
8	944.55	105870.4	VI - VII
4	1031.27	96968.0	V - VI
3A	1033.28	96778.8	VI - VII
8	1073.51	93152.2	III - IV
12	1089.45	91789.1	VI
12	1097.79	91091.9	VI
8	1130.05	88491.7	VI - V
12	1171.47	85362.5	VI - VII
8	1179.54	84778.7	VI
6	1255.65	79639.9	III - IV
1	1268.46	78835.8	VI - VII
4	1274.08	78487.7	VII - VIII
10	1366.54	73177.3	IV - V
10W	1400.56	71400.1	V - VI
3	1489.84	67121.0	VI - VII
8	1704.86	58655.7	V
7	2041.65	48980.1	IV - V

Abaixo, damos, também, transições que foram observadas pela primeira vez, e, portanto, devem ser tratadas como linhas novas. O de talhe é que estas linhas só aparecem na ex posição mais energética (24 kV, 1 mTorr), indiciando tratar-se de transições num nível mais elevado de energia no espectro do Argônio (ou impurezas).

TABELA III - Transições Observadas em Espectrograma mais energético e que não constam de Catálogos Anteriores

I	$\lambda(\text{\AA})$	$\sigma(\text{cm}^{-1})$
1A	774.56	129106.0
9	958.70	104307.9
9	1427.72	70041.7
8	1480.46	67546.6
7	1530.30	65346.5
5	1534.81	65154.4
5	1577.43	63394.1

CONCLUSÕES:

Apresentamos novos resultados da análise dos resultados obtidos no theta-pinch na UNICAMP utilizando-se o Argônio. Se as novas linhas foram classificadas pertencentes ao Argônio quatro vezes ionizado, Ar V, como também apresentamos uma classificação iônica de um grande número de transições obtidas pertencentes ao Ar IV - Ar VII. Novos níveis energéticos podem ser classificados com as informações conseguidas.

O estudo espectral de gases ionizados utilizando-se um theta-pinch como fonte de luz é uma das atividades do Laboratório de Física Atômica do Grupo de Plasma da UNICAMP.

As pesquisas continuarão utilizando-se não só o Argônio como também o Neônio, Criptônio e o Xenônio.

AGRADECIMENTOS:

Este projeto teve suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Desenvolvimento da UNICAMP (FUNCAMP).

Um agradecimento especial aos pesquisadores do Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp), Argentina, pela ajuda e paciência na leitura dos espectrogramas.

REFERÊNCIAS:

- [1] Huthinson, I.H.; "Lectures in Plasma Diagnostic" IV Latin-American Workshop on Plasma Physics "courses", 143-206, Buenos Aires, Argentina, (1990).
- [2] Edlén, B.; Z. Astrophys. 22, 30-64 (1942).
- [3] Di Rocco, H.O., Reyna-Almandos, J.G., Gallardo, M., e Person, M., Phys. Rev. A., 33, 2114-2116 (1986).
- [4] Kaufman, A.S., Hughes, T.P. e Williams, R.V.; Proc. Phys. Soc. London 76, 17 (1960).
- [5] Hallin, R. and Hughes, T.P.; Proc. Phys. Soc. London 78, 201 (1960).
- [6] Bockasten, K., Hallin, R. and Hughes, T.P.; Proc. Phys. Soc. London 81, 552 (1963).
- [7] Goldsmith, S. and Kayfman, A.S.; Proc. Phys. Soc. London 81, 544 (1963).
- [8] Fawcett, B.C. and Gabriel, A.H.; Proc. Phys. Soc. London 84, 1038 (1964).
- [9] Peacock, N.J.; Proc. Phys. Soc. London 84, 803 (1964).
- [10] Petterson, S.-G.; Phys. Scr. 26, 296 (1982).
- [11] Trigueiros, A., Petterson, S.-G., and Reyna-Almandos, J.G.; Phys. Scr. 34, 164 (1986).
- [12] Cowan, R.D.; "The Theory of Atomic Structure and Spectra" (University of California Press, Berkeley, USA (1981).
- [13] Edlén, B.; in Encyclopedia of Physics, edited by S.F. Flügge (Springer-Verlag Berlin, 1964), Vol. XXVII, p. 80.

Apêndice III

Ge-LIKE Kr V

A.G.TRIGUEIROS AND A.J.MANIA

INSTITUTO DE FISICA "GLEB WATAGHIN"

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

C.P. 6165, 13081, CAMPINAS, SÃO PAULO, BRASIL

S.-G. PETTERSSON

DEPARTMENT OF PHYSICS, LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY

BOX 118, S-22100 LUND, SWEDEN

J.G.REYNA ALMANDOS

CENTRO DE INVESTIGACIONES OPTICA (CIOP)

CASILLA DE CORREO, 124, 1900, LA PLATA, ARGENTINA

The spectrum of four times ionized krypton, Kr V, has been observed in the VUV using a theta-pinch as a light source. For the first time the $4s4p^3-4p^4$ transition array was observed in the Ge I isoelectronic sequence. Fifteen lines were classified belong to this transition array. All levels to the $4p^4$ configuration were determined. The identifications are supported by relativistic Hartree-Fock calculations.

PACS number(s):31.20 Di, 32.30Jc, 32.70Jz, 52.25 Qt.

The four times ionised krypton Kr V, belongs to the Ge I isoelectronic sequence. The spectra of the first, second, third and fourth elements in this sequence are extensively investigated and the results are published in refs. 1-3. The first reports on Kr V were made by Fawcett et al.⁴ and Schönheit⁵. In both publications were presented a list of Kr V transitions without classification. Irvin et al.⁶ and Livingston⁷ using the beam-foil technique have classified a few lines of Kr V. Fawcett and Bromage⁸, using a zeta-pinch have classified 26 transitions in Kr V. More recently Trigueiros et al.^{9,10} made a detailed study of the configurations $4s^2 4p^2$, $4s 4p^3$ and $4s^2 4p 4d$ in Kr V using a theta-pinch as a light source. Using a laser produced plasma as a light source, Litzén and Reader^{11,12} have studied the spectra of the ions Rb VI-M, XI in this sequence.

The present work concerns the study of the configuration $4p^4$ obtained when two s electrons are excited from the ground configuration. The radiative decay of one p electron from the $4p^4$ configuration to the first excited one, $4s 4p^3$, is for the first time observed in the Ge I isoelectronic sequence, exactly for Kr V. Fifteen new lines were classified belonging to the $4s 4p^3$ - $4p^4$ transition array and all the five levels in the $4p^4$ configuration were determined.

The experiment was made at the Lund Institute of Technology and the light source used was a theta-pinch discharge. The device has the following specification: seven low-inductance capacitors (total capacitance 7.7 μ F and total inductance 76 nH) connected to three copper plates serving as conductors. The period of the damped oscillation was 4.8 ns. The maximum current at 10 kV discharge voltage was about 100 kA, and the repetition rate of the discharge is about 15 per minute at a capacitor bank voltage of 10 kV. More details of the experiment can be found in ref. 13.

The spectra were recorded using a 3 m normal incidence spectrograph equipped with a 1200 lines/mm grating blazed for 1380 Å. The plate factor in the first diffraction order is 2.77 Å/mm. The spectra were exposed on Kodak SWR emulsion plates and lines from Kr II-Kr IV in addition to impurity lines of Si II, N I, N II, C I, C II and O I recommended by Kaufman and Edlén⁽¹⁴⁾ were used as reference

lines. The plates were measured with a semiautomatic comparator with a photoelectric setting device, ref. 15. For sharp lines the settings are reproducible to within $\pm 0.5 \mu\text{m}$. Third order interpolation formulas, together with correction curves, were employed to reduce the comparator settings to wavelength values. The accuracy of the wavelength values is estimated to be $\pm 0.01\text{\AA}$. To distinguish between different stages of ionization, a number of experimental parameters, i.e., gas pressure, discharge voltage and number of discharges, were varied. A well developed Kr V spectrum was obtained with the following parameters: 5 mTorr, 9 kV and 400 discharges.

The line identifications were guided by theoretical predictions of the energy level structure and line strengths by means of the Cowan computer code¹⁶. The even $4p^4$ configuration is mainly affected by the $4s^2 4p^2$ ground configuration through s^2-p^2 interaction and by $4s 4p^2 4d$ configuration through p^2 -sd interaction. There is an overlapping between the $4p^4$ and $4s 4p^2 4d$ configurations. For finding the $4s 4p^3$ configuration it was necessary to study the transition array $4s^2-4s 4p^3$ and the corresponding interaction perturbing it are p-sd from $4s 4p 4d$ and sp-pd from $4p^3 4d$. There is also interaction between the later two configurations. A calculation with all the configurations cited above was made with the Cowan code using HXR wave functions. The transition wavelengths and line strengths were used for preliminary identifications of the lines of the $4s 4p^3-4p^4$ array. The recurrent wavenumber intervals were also used to identify the lines. Table I shows the classified lines in the $4s 4p^3-4p^4$ transition array. There are fifteen new lines altogether. The intensities of the lines in the table are visual estimates of plate blackening. The wavenumbers were derived from the established energy levels by the computer code ELCALC, ref. 17, which was used to optimize the level values. Table II shows the five energy levels of the $4p^4$ configuration with the uncertainty for each level. The procedure and definition of the level value uncertainties are described by Radziemski and Kaufman¹⁸. The interpretation of the configuration level structures was made by a least-squares fit of the observed levels. The standard deviation of fit for energy levels is 34 cm^{-1} for ten observed levels been five of them belonging to the new

configuration $4p^4$. The calculation was made using a sparc workstation from SUN Microsystems, Inc.

This work has been financially support by the Swedish Natural Science Research Council (NFR), Comision de Investigaciones Científicas de La Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Computational work was carried out at the UNICAMP. We are grateful to Prof. Willy Persson for the use of his experimental facilities and discussion under the experiment.

REFERENCES

- [01]. C.E.More, Atomic Energy Levels, Natl. Bur. stand. Ref. Data Ser., Natl. Bur. stand (U.S.) Circ. No. 467 (U.S. GPO, Washington, D.C., 1971), Vol. II.
- [02]. H. Li and K.L. Andrew, J. Opt. Soc. Am. 61, 96 (1971).
- [03]. Y.N. Joshi and C.J. BudhiraJa, Can. J. Phys. 49, 670 (1971).
- [04]. B.C. Fawcett, B.B. Jones, and R.Wilson, Proc. Phys. Soc. London 78, 1223 (1961).
- [05]. E.Schonheit, Optik 23, 409 (1966).
- [06]. D.J.G. Irwin, J.A.Kernahan, E.H. Pinnington, and A.E.Livingston, J. Opt. Soc. Am. 66, 1396 (1976).
- [07]. A.E. Livingston, J. Phys. B 9, L215 (1976).
- [08]. B.C.Fawcett and G.E. Bromage, J. Phys. B 13 2711 (1980).
- [09]. A.G. Trigueiros, M. Machida, C.J.B. Pagan, and J.G. Regna Almandos, Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. A 280, 589 (1989).
- [10]. A.G. Trigueiros, C.J.B.Pagan, S.-G. Pettersson and J.G.Regna Almandos Phys. Rev. A, 40, 3911 (1989).
- [11]. U. Litzén and J. Reader, Annual Report on Atomic Spectroscopy, University of Lund, Lund-Sweden, (1988).
- [12]. U. Litzén and J. Reader, Phys. Scr. 39, 468 (1989).
- [13]. S.-G. Pettersson, Phys. Scr. 26, 296 (1982).

- [14]. V.Kaufman and B. Edlén, J. Phys. Chem. Ref. Data 3, 825 (1974).
- [15]. P. Gunnvald, Ark. Fys. 22, 333 (1962).
- [16]. R. D. Cowan, The Theory of Atomic Structure and Spectra
(University of California Press, Berkeley, 1981).
- [17]. L.J. Radziemski, unpublished (L.J. Radziemski, Phys. Dept. N.
Mex. State Univ., Las Cruces, NM, USA).
- [18]. L.J. Radziemski and V. Kaufman, J.Opt. Soc. Am. 59, 424 (1969).

TABLE I. CLASSIFIED LINES IN THE $4s4p^3-4p^4$ TRANSITION
ARRAY IN Kr V

INTENSITY ^a	WAVELENGTH (Å)	$\sigma_{\text{OBS.}}$ (CM ⁻¹)	$\sigma_{\text{OBS.}} - \sigma_{\text{CAL.}}$ (CM ⁻¹)	TRANSITION
2	480.13	208276.92	-3.82	$4s4p^3 \ ^3P_1 - 4p^4 \ ^1S_0$
9	526.57	189908.27	0.98	$4s4p^3 \ ^3D_1 - 4p^4 \ ^3P_0$
6	530.04	188665.01	5.65	$4s4p^3 \ ^3D_2 - 4p^4 \ ^3P_1$
—	544.01 ^b	183820.15	1.10	$4s4p^3 \ ^3D_1 - 4p^4 \ ^3P_2$
1	547.69 ^c	182585.04	0.26	$4s4p^3 \ ^3P_2 - 4p^4 \ ^1D_2$
10	548.08	182455.12	-5.12	$4s4p^3 \ ^3D_3 - 4p^4 \ ^3P_2$
6	587.73	170146.16	-3.47	$4s4p^3 \ ^3P_1 - 4p^4 \ ^3P_1$
10	595.72	167864.10	-0.81	$4s4p^3 \ ^1D_2 - 4p^4 \ ^1D_2$
5	605.37	165188.23	0.14	$4s4p^3 \ ^3P_1 - 4p^4 \ ^3P_2$
10	606.74 ^c	164815.24	5.90	$4s4p^3 \ ^3P_2 - 4p^4 \ ^3P_2$
5	615.27	162530.27	1.65	$4s4p^3 \ ^1P_1 - 4p^4 \ ^1S_0$
4	644.95	155050.78	-0.22	$4s4p^3 \ ^1D_2 - 4p^4 \ ^3P_1$
3	728.80	137211.86	0.45	$4s4p^3 \ ^1P_1 - 4p^4 \ ^1D_2$
10	749.76	133376.01	-0.25	$4s4p^3 \ ^3S_1 - 4p^4 \ ^3P_1$
—	796.67 ^d	125522.49	-1.73	$4s4p^3 \ ^1P_1 - 4p^4 \ ^3P_0$

a) the intensities of the lines are visual estimates of plate blackening.

b) wide line.

c) slanted to the left, i.e. asymmetric line.

d) masked by a O II line.

TABLE II. ENERGY LEVELS OF Kr V

DESIGNATION	ENERGY (CM ⁻¹)	UNCERTAINTY (CM ⁻¹)	PERCENTAGE COMPOSITION ^a
$3d^{10}4p^4\ ^3P_2$	313479.1	2.8	48+44(4s4p ² 4d ³ P)+3(4p ⁴ ¹ D)
$3d^{10}4p^4\ ^3P_1$	318440.7	1.9	48+46(4s4p ² 4d (³ P) ³ P)
$3d^{10}4p^4\ ^3P_0$	319567.4	3.1	48+47(4s4p ² 4dp(³ P) ³ P)+3(4s4p ² 4d(¹ D) ³ P)
$3d^{10}4p^4\ ^1D_2$	331254.6	1.9	61+29(4s4p ² 4d(¹ D) ¹ D)+4(4s4p ² 4d(¹ S) ¹ D)
$3d^{10}4p^4\ ^1S_0$	356571.8	3.0	56+36(4s4p ² 4d ¹ S)+4(4s4p ² 4d ³ P)

a) percentages lower than 3% are omitted. The LS purity of the 4p⁴ configuration is 50%.

TABLE III. ENERGY PARAMETERS FOR THE $4s^2 4p^2$, $4p^4$ AND $4s 4p^2 4d$
CONFIGURATIONS OF Kr V

CONFIGURATION	PARAMETER	HXR.VALUE	FITTED VALUE ^a	RADIO
				FITTED VALUE HXR. VALUE
$4s^2 4p^2$	$E_{av.}$	25063	21517	0.86
	$F^2(4p, 4p)$	65011	51179	0.79
	ζ_{4p}	5297	5015	0.95
$4p^4$	$E_{av.}$	322086	344312	1.07
	$F^2(4p, 4p)$	65558	49597	0.76
	ζ_{4p}	5433	4623	0.85
$4s 4p^2 4d$	$E_{av.}$	347433	396534	1.14
	$F^2(4p, 4p)$	65806 (fixed)		
	$F^2(4p, 4d)$	52817 (fixed)		
	$G^1(4s, 4p)$	88356 (fixed)		
	$G^2(4s, 4d)$	44456 (fixed)		
	$G^1(4p, 4d)$	64299 (fixed)		
	$G^3(4p, 4d)$	39742 (fixed)		
	ζ_{4p}	5508 (fixed)		
	ζ_{4d}	374 (fixed)		

CONFIGURATION INTERACTION INTEGRALS

$4s^2 4p^2 - 4p^4$	$R^1(4s4s, 4p4p)$	87927	77927 (fixed)	0.89
$4s^2 4p^2 - 4s 4p^2 4d$	$R^1(4s4p, 4p4d)$	73518 (fixed)		
$4s^2 4p^2 - 4s 4p^2 4d$	$R^2(4s4p, 4p4d)$	53997 (fixed)		
$4p^4 - 4s 4p^2 4d$	$R^1(4p4p, 4s4d)$	73228	60228 (fixed)	0.82

a) the rms deviation of the fit is 34 cm^{-1} for 10 observed levels.

Apêndice IV

This article is dedicated to Charlotte E. Moore, *ad memoriam*

A. J. Mania and A.G. Trigueiros

Instituto de Física "Gleb Wataghin", Universidade Estadual de Campinas -
UNICAMP, Cx. P. 6165, 13081-907, Campinas, São Paulo, Brasil.

M. Gallardo and J. G. Reyna Almandos

Centro de Investigaciones Opticas (CIOp), Casilla de Correo 124, 1900 La
Plata, Argentina.

This is a preprint of a paper intended for publication in Journal of the
Optical Society of America B. Since change may be made before publication,
this preprint is made available with the understanding that it will not be
cited or reproduced without the permission of the authors.

Two different spectroscopy light sources were used to observe the spectrum of six times ionized argon, Ar VII, in the vacuum ultraviolet range, 400-1300 Å. 76 transitions have been identified as combinations between levels of the $n=3$ complex. For 64 of the transitions the classification is new. 35 levels have been determined belonging to the configurations in this complex. 31 of them are new levels. The energy parameters were obtained using Hartree-Fock calculations. The energy levels of the configurations are interpreted by fitting the theoretical energy expressions to the experimental levels using least-squares techniques. Isoelectronic comparisons along the Mg I sequence have been used to support the experimental results.

PACS number(s): 31.20 Di, 32.30 Jc, 32.70 Jz, 52.20 Qt.

Six times ionized argon, Ar VII, belongs to the Mg isoelectronic sequence. Ions in this sequence have the ground configuration $3s^2$ with the term 1S . The first excited configuration is $3s3p$ with the terms 1P and 3P . Transitions to the ground configuration from some low excited ones were observed in the ions Mg I - Co XVI and results are presented in Atomic Energy Levels¹ (AEL). Outside the results in AEL, Ekberg² has been analysed the Mg I - like spectrum Ti XI by using a vacuum-spark light source and at the same time the isoelectronic spectra of potassium, calcium and scandium have been checked and extended. Churilov et al.³ made a detailed analysis of the $n=3-n'=3$ transitions in the Mg - like ions Fe XV, Co XVI, and Ni XVII. Litzén and Redfors⁴ revised and extended the analysis of transitions and energy levels in the $n=3$ complex of Mg - like Ca IX - Ge XXI, in the region 170 - 800 Å by using the spectra emitted from laser-produced plasmas (LPP). Sugar and Kaufman⁵⁻⁷ by using LPP reported results from Cu XII-XXI and Zn XIX. Sugar et al.⁸ reported resonance transitions in the Mg I sequence from Cu to Mo (omitting Rb and Sr) from LPP and the Texas experimental tokamak (TEXT). Redfors⁹ reported the study of the $3d^2$ in Ca IX - Zn XIX by using LPP. Lesteven-Vaisse¹⁰ studied with recoil ion spectroscopy the high resolution V.U.V. spectroscopy of argon and results has been reported for the low configurations of Ar VII. The spectra of LPP for $n=3$ complex in K VIII, Ca IX and Ti X were studied by Levashov¹¹. Churilov et al.¹² by using a LPP extended the analysis of the $3p3d - 3d^2$ transitions in the sequence K VIII - Cu XVIII and studied the isoelectronic trends in Mg I - like ions through Kr XXV. Sugar et al.¹³ by using LPP and a tokamak as light sources, extended the analysis of magnesiumlike spectra from Cu XVIII to Mo XXXI. In recent year the Mg I - like ions have been centered for many theoretical calculations, mainly in the elements phosphorus, sulphur and chlorine where the high configurations of the $n=3$ complex plunge through the rest of the system and short-range effects appear¹⁴⁻²⁰.

Two different light sources were used in our experiments. The first one is a theta-pinch discharge built at Instituto de Física Gleb Wataghin - UNICAMP²¹ and specially designed for production of highly ionized atoms. The discharge tube has a length of 100 cm and an out diameter of 8 cm. The power supply can operate with a maximum voltage of 60 kV and 100 mA. The capacitance of the bank of capacitors is 7.2 μF . The preionization is done with a radiofrequency (100 MHz and 150 W). The spectra were recorded with a 2m normal-incidence spectrograph in the region 300 - 2100 Å and exposed on Kodak SWR (short wave region) emulsion plates. The grazing has 1080 l/mm blazed for 1000 Å. The plate factor in the first diffraction order is 4.6 Å/mm. To distinguish between different stages of ionization, a number of experimental parameters, i.e., gas pressure, discharge voltage and number of discharges, were varied. A well developed Ar VII spectrum was obtained with the following parameters: 13 mTorr, 24 kV and 400 discharges. Lines from O III, Si III and known lines of Ar III-V were used as internal standards. The plates were measured with a photoelectric automatic Grant comparator whose precision was 1 μm . The accuracy of the wavelengths values is estimated to be ± 0.02 Å.

The second light source²² is a pyrex tube 30 cm long and with an inner diameter of 0.3 cm. The tube has inner electrodes and is viewed end on. The excitation of the gas produced by discharging a bank of low inductance capacitors varying between 2.5 and 100 nF and charged up to 19 kV through the tube. Ilford Q-2 plates were used to record the spectra. C, N, O, Si, and known lines of argon were also recorded as internal wavelength standards. The radiation was recorded with a 3 m normal-incidence vacuum spectrograph with a diffraction grating of 1200 l/mm. The plate factor in the first order is 2.77 Å/mm. A good spectrum of Ar VII was obtained with the following parameters: 70 mTorr, 19 kV, and 20 nF. The positions of spectral lines on the plates were determined with a rotating prism photoelectric automatic Grant comparator. The uncertainties of the lines is estimated to be ± 0.02 Å.

Calculation of the energy levels of the configurations were carried out with Cowan's Hartree-Fock program with statistical (free-electron) approximation and relativistic corrections (HX)²³. The program allows us to calculate wavenumbers and transition probabilities, the latter providing a guide to the expected strong lines. These calculated wavenumbers minus the experimental wavenumbers divided by the net charge of the core permitted a extrapolation through the elements of the Mg I isoelectronic sequence. This method guided us to identify most of the transitions. The power of the method lies in the slow variation of the $(\sigma_o - \sigma_c)/\zeta$. Figure 1 shows this method for identification of the transition $3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3D_2$ for the elements Cl VI-Mn XIV. The point for Ti XI, in the figure 1, lies outside the curve. May be is a wrong identification of this transition for this element. In this picture the value of the net charge of the core is added by a constant equal to 1.4. Figure 2 shows the same method of identification for the transition $3p3d\ ^3F_3 - 3d^2\ ^3F_3$. The known experimental wavenumbers are for K VIII-Cr XIII. Table I shows the identified transitions for the n=3 complex in Ar VII. There are 76 classified transitions been 64 of them new ones. The other 12 transitions were published by Kelly²⁴. Column 1 in table 1 shows the intensities and characteristics of the lines. The first one vary from 0 to 5 and are visual estimates of the plate blackening. The characteristics of the lines are: 2 (wide lines), 3 (unresolved lines, i.e., two lines too close together), 4 (diffuse lines) and 5 (asymmetric lines). For example, the in this table 1 marked with 53, means a asymmetric line with intensity 3. In the same table, column 2, the lines marked with a are from the theta-pinch light source. Table 2 shows the energy levels of the configurations of the n=3 complex in Ar VII. 35 levels were determined, 13 of them were published by Kelly²⁴. 4 of the published levels by Kelly²⁴ were confirmed and 9 of them are changed. We have determined althought 31 new levels. The radiative decay from the first excited configuration to the ground one is possible only by the transition $3s^2\ ^1S_0 - 3s3p\ ^3P_1$. This is a very weak line because it is a intercombination one and difficult to be observed in some spectroscopy light source but not in gas discharge like our light sources. The level $3s^2\ ^1S_0$ for the ground configuration is zero and the wavenumber for the transition $3s^2\ ^1S_0 - 3s3p\ ^3P_1$ determine the level $3s3p\ ^3P_1$ for the first excited configuration. The determination of the latter level was possible by interpolation of the energy levels of P IV²⁵,

S V²⁶, Cl VI⁶, K VIII¹² and Ca IX-Ge XXI⁴, using the Edlen's method²⁷.

The value for the determined energy level for Ar VII by this method is 113857 cm⁻¹. Figure 3 shows the point for the energy level for Ar VII published by Kelly²⁴. It lies below the curve and his value is 112924 cm⁻¹.

The new line that connected the 3s3p ³P₁ to the level 3s² ¹S₀ in the ground configuration is 878.29 Å. The line for the same transition published by Kelly²⁴ is 885.55 Å. Of course we rejected the line and the level published by Kelly²⁴. The levels 3p² ³P_{0,1,2}, 3s3d ²D_{1,2,3} and 3s3p ³P_{0,2} are connected to the 3s3p ³P₁ level of the first excited configuration. With the new value for the latter they are changed to new values published in table 3. Of course the lines that connected the 3s3p ³P₁ level to other 8 levels cited above are the same. In the base of this comment we rejected the values published by Kelly²⁴ for the 8 levels cited above.

Optimization of the energy level values was done from the observed wavelengths by an iterative procedure²⁸ in which the individual wavelengths are weighted according to their uncertainties. The uncertainties of the optimized energy level values are generally less than 10 cm⁻¹. The level structure was theoretically interpreted by a least-squares fit of the energy parameters to the experimental level values. For this purpose the computer code by Cowan²³ was used. Tables III and IV show the theoretical Hartree-Fock values for the energy parameters and the fitted ones.

In the Hartree-Fock calculation the value for 3s² ¹S₀ level is -12685 cm⁻¹ with zero value for the average energy of the 3s² ground configuration. We made a new Hartree-Fock energy calculation adding the value 12685 cm⁻¹ for the average energy of all configurations. In the tables III and IV all values for the average energy of the configurations are increased by 12685 cm⁻¹. For the even parity in the n=3 complex we have the 3s², 3p², 3s3d and 3d² configurations. In the calculation it is included the 3p4f configuration because of the strong interaction : 3p² - 3p4f (-41809 cm⁻¹), 3s3d - 3p4f (-56887 cm⁻¹ and -31405 cm⁻¹) and 3d² - 3p4f (-54561 cm⁻¹). The values for the configuration interaction (CI) integrals for the n=3 complex, even parity, can be found in table III. For this parity in addition to the Slater, spin-orbit and CI parameters, we have included an effective electrostatic parameter²⁹⁻³¹ α(3p,3p) and α(3d,3d) belonging to the 3p² and 3d² configurations. This parameter takes account a second order perturbation for the electrons p and d in the respective configurations and lowered the rms deviation. For the odd parity we have the 3s3p and 3p3d configurations belong to the n=3 complex. In the calculation are included the 3s4f, 3d4p and 3d4f configurations. They interact strong with

3s3p and 3p3d. Their CI integrals are of the order of 50000 cm^{-1} . In the least-squares fitting of the energy levels all these cited configurations outside the $n=3$ complex were included but their energy parameters and energy level values were kept fix at Hartree-Fock values.

The calculation was made at UNICAMP using a Sparc Workstation from SUN Microsystems, Inc.

Conclusion

Spectra from gas discharges have been obtained using experimwents in the Centro de Investigaciones Opticas (CIOp), Argentina and Instituto de Física "Gleb Wataghin", Brazil. Transitions have been identified belonging to the $n=3$ complex in six times ionized argon, Ar VII. Energy levels have been established and fitted energy parameters for the $n=3$ complex were obtained. This work is part of colaboration between Brazil and Argentina, through the organizations cited above, for studied spectra of inert gases.

Acknowledgements

This work has been supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brazil and Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina. One of us (A.J.M.) is grateful for support from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brazil e Fundo de Apoio ao Ensino e à Pesquisa (FAEP) of the UNICAMP, Brazil.

- 1 C.E. Moore, Atomic Energy Levels, Vol. I and Vol II, Natl. Bur. Stand., Ref. Data Ser., Circ. n° 467 (U.S. GPO, Washington D.C. 1971).
- 2 J.O. Ekberg, Analyses of the Mg I - like spectra Kr VIII, Ca IX, Sc X and Ti XI, Phys. Scr. 4, 101-109 (1971).
- 3 S.S. Churilov, E.Ya. Kononov, A.H. Ryabtsev, and Yu. F. Zayikin, "A detailed analysis of the $n=3-n'=3$ transitions in the Mg - like ions Fe XV, Co XVI, and Ni XVII, Phys. Scr. 32, 501-503 (1985).
- 4 U. Litzén and A. Redfors, Revised and extended analysis of transitions and energy levels in the $n=3$ complex of Mg - like Ca IX - Ge XXI, Phys. Scr. 36, 895-903 (1987).
- 5 J. Sugar and V. Kaufman, Copper spectra in a laser-generated plasma: measurements and classifications of Cu XII to Cu XXI, J. Opt. Soc. Am. B3, 704-710 (1986).
- 6 J. Sugar and V. Kaufman, Mg - like spectrum of Cu XVIII, J. Opt. Soc. Am. B3, 1612-1612 (1986).
- 7 J. Sugar and V. Kaufman, Additions and revisions to the levels of magnesiumlike Cu XVIII and Zn XIX, J. Opt. Soc. Am. B4, 2010-2011 (1988).
- 8 J. Sugar, V. Kaufman, and W.L. Rowan, Resonances transitions in the Mg I and Ar I isoelectronic sequences from Cu to Mo, J. Opt. Soc. Am. B4, 1927-1930 (1987).
- 9 A. Redfors, The $3d^2$ configuration in Ca IX-Zn XIX, Phys. Scr. 38, 702-706 ((1988).
- 10 I. Lestven-Vaisse, F. Folkmann, A. Ben Sitek, M. Chantepie and D. Leclercq, High resolution V.U.V. spectroscopy of argon recoil ions induced by an ion beam, Phys. Scr. 38, 45-54 (1988).
- 11 V.E. Levashov, Spectra of $n=3-n'=3$ transitions in K VIII, Ca IX, and Ti XI magnesiumlike ions, Opt. Spectrosc. 66, 449-451 (1989).
- 12 S.S. Churilov, V.E. Levashov, and J.F. Wyart, Extended analysis of the $3d^2-3p3d$ transitions in the sequence K VIII-Cu XVIII and isoelectronic trends in Mg-like ions through Kr XXV, Phys. Scr. 40, 625-633 (1989).
- 13 J. Sugar, V. Kaufman, P. Indelicato, and W.L. Rowan, Analysis of magnesium spectra from Cu XVIII to Mo XXXI, J. Opt. Soc. Am. B6, 1437-1443 (1989).
- 14 C. Froese-Fischer and M. Godefroid, Lifetime trends for the $n=3$ singlet states in the Mg sequence, Nucl. Instr. Meth. 202, 307-322 (1982).

- 15 C. Froese-Fischer and M. Godefroid, Short-range interactions involving plunging configurations of the $n=3$ complex in the Mg sequence, *Phys. Scr.* 25, 394- (1982).
- 16 N. Reistad, T. Brage, J.O. Ekberg, and L. Engström, J-dependent $3s4p$ 3P lifetimes in Mg-like sulphur and chlorine, *Phys. Scr.* 30, 249-254 (1984).
- 17 K.L. Baluja and A. Hibbert, Energy and oscillator strengths for allowed transitions in S V, Cl VI and Fe XV, *Nucl. Instr. Meth.* B9, 477-486 (1985).
- 18 K. Aashamar, T.M. Luke, and J.D. Talman, Energy levels in the magnesium sequence, Mg I-Mn XIV, calculated in the multiconfiguration optimized potential model, *Phys. Scr.* 34, 386-393 (1986).
- 19 B.C. Fawcett, Calculated oscillator strengths, wavelengths and energy levels for allowed 3-3 and 3-4 transitions for Fe XV with isoelectronic comparisons between Dirac-Fock and Hartree-Fock, *Phys. Scr.* 34, 331-336 (1986).
- 20 T. Brage and A. Hibbert, Plunging configurations and J-dependent lifetimes in Mg-like ions, *J. Phys. B: Atom. Mol. Opt. Phys.*, 22, 713-726 (1989).
- 21 A.G. Trigueiros, M. Machida, C.J.B. Pagan, and J.G. Reyna Almandos, A spectroscopic study of radiation produced in a theta-pinch, *Nucl. Instr. Meth.* A280, 589-592 (1989).
- 22 M. Gallardo, F. Bredice, M. Raineri, and J.G. Reyna Almandos, Light source for obtaining spectra of highly ionized gases, *Appl. Opt.* 28, 4513-4515 (1989).
- 23 R.D. Cowan, The theory of atomic structure and spectra (U. Calif. Press, Berkeley, Calif., 1981).
- 24 R.L. Kelly, Atomic and ionic spectrum lines below 2000 Å angstroms: hydrogen through krypton, part II (Mn-Kr), *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 16, supp. n° 1, (1987).
- 25 P.O. Zetterberg and C.E. Magnusson, The spectrum and term system of P IV, *Phys. Scr.* 15, 189-201 (1977).
- 26 I. Joelsson, P.O. Zetterberg, and C.E. Magnusson, The spectrum and term system of S V, *Phys. Scr.* 23, 1087-1095 (1981).
- 27 B. Edlén, in : *Encyclopedia of Physics*, vol. 27, ed. S. Flugge (Springer, Berlin, 1964) p.80.

cont. 2 References

- 28 Optimization of the energy level values was done with the computer program ELCALC, provided by L.J. Radziemski, Jr., Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, N.M. 87544, USA.
- 29 R.E. Trees, Configuration interaction in Mn II, Phys. Rev. 48, 756-760 (1951).
- 30 G. Racah, $L(L+1)$ correction in the spectra of the iron group, Phys. Rev. 85, 381-382 (1952).
- 31 B.R. Judd, Complex atomic spectra, Rep. Prog. Phys. 48, 907-954 (1985).

Table I. Observed transitions in the $n=3$ complex of six times ionized argon, Ar VII.

Intensity ^d	Wavelength (Å)	Wavenumber (cm ⁻¹)		Transition
		Obs.	Obs.-Calc.	
2	411.55 ^b	242984	-6	$3p^2 \ ^1D_2 - 3p3d \ ^1F_3^0$
1	437.95 ^b	228336	9	$3p3d \ ^3F_2^0 - 3d^2 \ ^3P_2$
2	451.52 ^{a,b}	221474	-6	$3p3d \ ^3D_2^0 - 3d^2 \ ^3P_2$
2	466.06 ^{a,b}	214565	-6	$3p3d \ ^3D_0^0 - 3d^2 \ ^1D_2$
3	473.93 ^c	211000	-1	$3s3p \ ^3P_0^0 - 3s3d \ ^3D_1$
0	474.65 ^b	210682	3	$3p3d \ ^3F_2^0 - 3d^2 \ ^3F_3$
53	475.66 ^{a,c}	210234	-2	$3s3p \ ^3P_1^0 - 3s3d \ ^3D_2$
1	477.70 ^b	209336	-9	$3p3d \ ^3F_3^0 - 3d^2 \ ^3F_2$
1	477.87 ^b	209262	-5	$3p3d \ ^3F_3^0 - 3d^2 \ ^3F_3$
53	479.34 ^{a,c}	208618	10	$3s3p \ ^3P_2^0 - 3s3d \ ^3D_3$
53	479.50 ^c	208550	4	$3s3p \ ^3P_2^0 - 3s3d \ ^3D_2$
2	480.49 ^b	208121	6	$3p3d \ ^3F_4^0 - 3d^2 \ ^3F_4$
0	487.58 ^b	205095	6	$3p^2 \ ^3P_0 - 3p3d \ ^3D_1^0$
0	488.94 ^b	204524	-10	$3p^2 \ ^3P_1 - 3p3d \ ^3D_2^0$
0	489.89 ^b	204127	0	$3p^2 \ ^3P_1 - 3p3d \ ^3D_1^0$
53	492.13 ^b	203198	3	$3p^2 \ ^3P_2 - 3p3d \ ^3D_3^0$

53	492.13 ^b	203198	-1	$3p^2 \ ^3P_0 - 3p3d \ ^3P_1^0$
0	494.46 ^b	202241	4	$3p^2 \ ^3P_1 - 3p3d \ ^3P_1^0$
2	496.27 ^b	201503	-1	$3p^2 \ ^3P_1 - 3p3d \ ^3P_2^0$
2	498.87 ^b	200453	3	$3p^2 \ ^3P_2 - 3p3d \ ^3P_1^0$
1	500.40 ^b	199840	10	$3p^2 \ ^1S_0 - 3p3d \ ^1P_1^0$
2	500.72 ^b	199712	-5	$3p^2 \ ^3P_2 - 3p3d \ ^3P_2^0$
53	501.09 ^{a,c}	199565	-12	$3s3p \ ^1P_1^0 - 3s3d \ ^1D_2$
1	501.48 ^b	199410	1	$3p3d \ ^3P_2^0 - 3d^2 \ ^3P_2$
1	501.65 ^b	199342	4	$3p3d \ ^3P_2^0 - 3d^2 \ ^3P_1$
0	503.52 ^b	198602	-3	$3p3d \ ^3P_1^0 - 3d^2 \ ^3P_1$
0	503.61 ^b	198566	0	$3p3d \ ^3P_1^0 - 3d^2 \ ^3P_0$
32	505.03 ^b	198008	-8	$3p3d \ ^3P_0^0 - 3d^2 \ ^3P_1$
53	508.18 ^{a,b}	196781	-5	$3p3d \ ^3D_1^0 - 3d^2 \ ^3P_0$
52	508.46 ^b	196672	-4	$3p3d \ ^3D_1^0 - 3d^2 \ ^3P_0$
50	509.40 ^b	196309	1	$3p3d \ ^3D_2^0 - 3d^2 \ ^3P_1$
52	510.39 ^{a,b}	195929	-2	$3p3d \ ^3D_3^0 - 3d^2 \ ^3P_2$
1	522.95 ^b	191223	0	$3p3d \ ^1P_1^0 - 3d^2 \ ^1S_0$
1	539.33 ^b	185415	2	$3p^2 \ ^1D_2 - 3p3d \ ^3D_2^0$
2	549.94 ^b	181838	-1	$3p3d \ ^3P_2^0 - 3d^2 \ ^3F_2$

0	550.17 ^b	181762	1	$3p3d\ ^3P^0_2 - 3d^2\ ^3F_3$
53	555.63 ^{a,b}	179976	-2	$3p^2\ ^1D_2 - 3p3d\ ^3F^0_3$
2	559.51 ^b	178728	-3	$3p3d\ ^3D^0_2 - 3d^2\ ^3F_3$
2	560.64 ^b	178367	6	$3p3d\ ^3D^0_3 - 3d^2\ ^3F_2$
52	561.11 ^{a,b}	178218	-10	$3p3d\ ^3D^0_3 - 3d^2\ ^3F_4$
40	579.40 ^b	172592	6	$3p^2\ ^3P_1 - 3p3d\ ^3F^0_2$
0	580.69 ^b	172209	-2	$3p^2\ ^3P_2 - 3p3d\ ^3F^0_3$
31	585.49 ^b	170797	-2	$3p^2\ ^3P_2 - 3p3d\ ^3F^0_2$
523	585.73 ^{a,c}	170727	4	$3s^2\ ^1S_0 - 3s3p\ ^1P^0_1$
524	630.29 ^{a,c}	158657	-2	$3s3p\ ^3P^0_1 - 3p^2\ ^3P_2$
33	634.21 ^{a,c}	157676	-1	$3s3p\ ^3P^0_0 - 3p^2\ ^3P_1$
1	636.35 ^b	157146	0	$3p3d\ ^1F^0_3 - 3d^2\ ^1G_4$
33	636.95 ^b	156998	4	$3p3d\ ^1F^0_3 - 3d^2\ ^1D_2$
34	637.10 ^c	156961	-8	$3s3p\ ^3P^0_3 - 3p^2\ ^3P_2$
54	637.47 ^c	156870	-2	$3s3p\ ^3P^0_1 - 3p^2\ ^3P_1$
34	641.37 ^b	155916	6	$3s3p\ ^3P^0_0 - 3p^2\ ^3P_0$
53	644.40 ^c	155183	1	$3s3p\ ^3P^0_2 - 3p^2\ ^3P_1$
32	645.41 ^{a,b}	154940	-2	$3p3d\ ^1P^0_1 - 3d^2\ ^3P_0$
2	659.54 ^b	151621	3	$3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3D^0_3$

3	659.83 ^b	151554	-2	$3s3d\ ^3D_3 - 3p3d\ ^3D_3^0$
32	661.51 ^b	151169	-1	$3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3D_2^0$
33	661.76 ^b	151112	4	$3s3d\ ^3D_3 - 3p3d\ ^3D_2^0$
31	663.08 ^b	151811	8	$3s3d\ ^3D_1 - 3p3d\ ^3D_1^0$
1	663.31 ^b	150759	-4	$3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3D_1^0$
2	668.89 ^b	149501	-1	$3s3d\ ^3D_1 - 3p3d\ ^3P_0^0$
1	671.54 ^b	148911	-2	$3s3d\ ^3D_1 - 3p3d\ ^3P_1^0$
3	671.72 ^b	148873	-1	$3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3P_1^0$
52	675.01 ^b	148146	3	$3p3d\ ^1P_1^0 - 3d^2\ ^1D_2$
52	675.01 ^b	148146	6	$3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3P_2^0$
1	683.59 ^b	146287	-1	$3s3d\ ^1D_2 - 3p3d\ ^1P_1^0$
0	683.72 ^b	146259	4	$3p3d\ ^1F_3^0 - 3d^2\ ^3F_3$
3	684.74 ^b	146041	4	$3s3p\ ^1P_1^0 - 3p^2\ ^1S_0$
4	727.59 ^b	137440	3	$3s3d\ ^1D_2 - 3p3d\ ^1F_3^0$
33	821.89 ^b	121671	2	$3s3d\ ^3D_3 - 3p3d\ ^3F_4^0$
54	828.91 ^{a,b}	120640	6	$3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3F_3^0$
3	829.41 ^{a,b}	120568	4	$3s3d\ ^3D_3 - 3p3d\ ^3F_3^0$
2	838.79 ^b	119219	-3	$3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3F_2^0$
1	839.18 ^b	119164	4	$3s3d\ ^3D_3 - 3p3d\ ^3F_2^0$

45	878.26 ^b	113861	4	$3s^2 \ ^1S_0 - 3s3p \ ^3P^0_1$
54	1063.54 ^{a,c}	94026	0	$3s3p \ ^1P^0_1 - 3p^2 \ ^1D_2$
0	1252.21 ^b	79860	-1	$3s3d \ ^1D_2 - 3p3d \ ^3D^0_2$

a These lines were observed with the theta-pinch light source.

b New identified lines

c Early identifications published by Kelly²⁴

d The intensities of the lines from 0 to 5 are visual estimates of plate blackening. The characteristics of the lines are : 2 (wide line), 3 (unresolved line, i.e., two lines too close together), 4 (diffuse line) and 5 (asymmetric line). For example, the marked with 53 in the table means a asymmetric line with intensity 3.

Table II. Energy levels of Ar VII (in units of cm^{-1}).

Designation	Energy	Uncertainty	Percentage ^a	Composition
$3s^2 \ ^1S_0$	0	6	96	$3s^2 \ ^1S_0 + 4 \ 3p^2 \ ^1S_0$
$3s3p \ ^3P_0$	113052	7	99	
$\quad \quad \ ^3P_1$	113857	5	99	
$\quad \quad \ ^3P_2$	115547	7	99	
$\quad \quad \ ^1P_1$	170723	4	94	$3s3p \ ^1P_1 + 5 \ 3p3d \ ^1P_1$
$3p^2 \ ^1D_2$	264749	4	78	$3p^2 \ ^1D_2 + 20 \ 3s3d \ ^1D_2$
$\quad \quad \ ^3P_0$	269767	7	99	
$\quad \quad \ ^3P_1$	270729	4	99	
$\quad \quad \ ^3P_2$	272516	4	99	
$\quad \quad \ ^1S_0$	316760	6	94	$3p^2 \ ^1S_0 + 3 \ 3s^2 \ ^1S_0$
$3s3d \ ^3D_1$	324053	4	100	
$\quad \quad \ ^3D_2$	324093	3	100	
$\quad \quad \ ^3D_3$	324155	3	100	
$\quad \quad \ ^1D_2$	370302	3	78	$3s3d \ ^1D_2 + 20 \ 3p^2 \ ^1D_2$
$3p3d \ ^3F_2$	443315	3	98	
$\quad \quad \ ^3F_3$	444727	4	100	
$\quad \quad \ ^3F_4$	445824	6	100	
$\quad \quad \ ^1D_2$	450162	3	98	

3P_2	472233	4	89 3p3d 3P_2 + 10 3p3d 3D_2
3P_1	471966	3	85 3p3d 3P_1 + 15 3p3d 3D_1
3P_0	473555	6	99
3D_1	474856	4	85 3p3d 3D_1 + 15 3p3d 3P_1
3D_2	475263	5	90 3p3d 3D_2 + 10 3p3d 3P_2
3D_3	475711	4	100
1F_3	507739	4	100
1P_1	516591	4	94 3p3d 1P_1 + 5 3s3p 1P_1
$3d^2$ 3F_4	653939	10	99
3F_3	653994	4	99
3F_2	654072	6	99
1D_2	664733	6	97 $3d^2$ 1D_2 + 3 3p4f 1D_2
1G_4	664885	6	93 $3d^2$ 1G_4 + 7 3p4f 1G_4
3P_0	671533	6	100
3P_1	671571	6	100
3P_2	671642	6	100
1S_0	707813	8	98 $3d^2$ 1S_0 + 2 $3p^2$ 1S_0

a Percentages lower than 2 % are omitted. The average LS purities of the configurations for the n=3 complex are 96 %.

Table III. Energy parameters for the even configurations in the n=3 complex of Ar VII (in units of cm^{-1}).

Configuration	Parameters	HF value	Fitted value ^a	Fit/HF
$3s^2$	E_{av}	12682	12838	1.01
$3p^2$	E_{av}	284117	281424	0.99
	$F^2(3p,3p)$	72813	68154	0.93
	ζ_{3p}	1710	1653	0.97
	$\alpha(3p,3p)$		-13	
$3s3d$	E_{av}	335174	331333	0.99
	$G^2(3s,3d)$	75883	66244	0.87
	ζ_{3d}	78 (fix)		
$3d^2$	E_{av}	670106	664836	0.99
	$F^2(3d,3d)$	78974	84194	1.07
	$F^4(3d,3d)$	50722	9641	0.78
	ζ_{3d}	79 (fix)		
	$\alpha(3d,3d)$		-13	
Configuration interaction integrals				
$3s^2 - 3p^2$	$R^1(3s3s,3p3p)$	108250(fix)		
$3s^2 - 3d^2$	$R^1(3s3s,3d3d)$	75024	63770(fix)	0.85
$3p^2 - 3s3d$	$R^2(3p3p,3s3d)$	100087	88087	0.88
$3p^2 - 3d^2$	$R^2(3p3p,3d3d)$	94710	80504(fix)	0.85

cont. 1 table III

$3s3d - 3d^2$	$R^3(3s3d, 3d3d)$	60016	51014(fix)	0.85
---------------	-------------------	-------	------------	------

192

a The rms deviation of the fit is 117 cm^{-1} for 19 observed levels.

Table IV. Energy parameters for the odd configurations in the $n=3$ complex of Ar VII (in units of cm^{-1}).

Configuration	Parameter	HF value	Fitted value ^a	Fit/HF
3s3p	E_{av}	132928	135660	1.02
	$G^1(3s,3p)$	121602	107915	0.89
	ζ_{3p}	1728	1687	0.97
3p3d	E_{av}	472787	466673	0.99
	$F^2(3p,3d)$	61934	53315	0.86
	$G^1(3p,3d)$	81248	77572	0.95
	$G^3(3p,3d)$	40687	34377	0.84
	ζ_{3p}	1790	1747	0.97
	ζ_{3d}	160 (fix)		
Configuration interaction integrals				
3s3p - 3p3d	$R^1(3s3p,3p3d)$	100425	117437	1.17
	$R^2(3s3p,3p3d)$	76883	81564	1.06

^a The rms deviation of the fit is 109 cm^{-1} for 16 observed levels.

Figura I

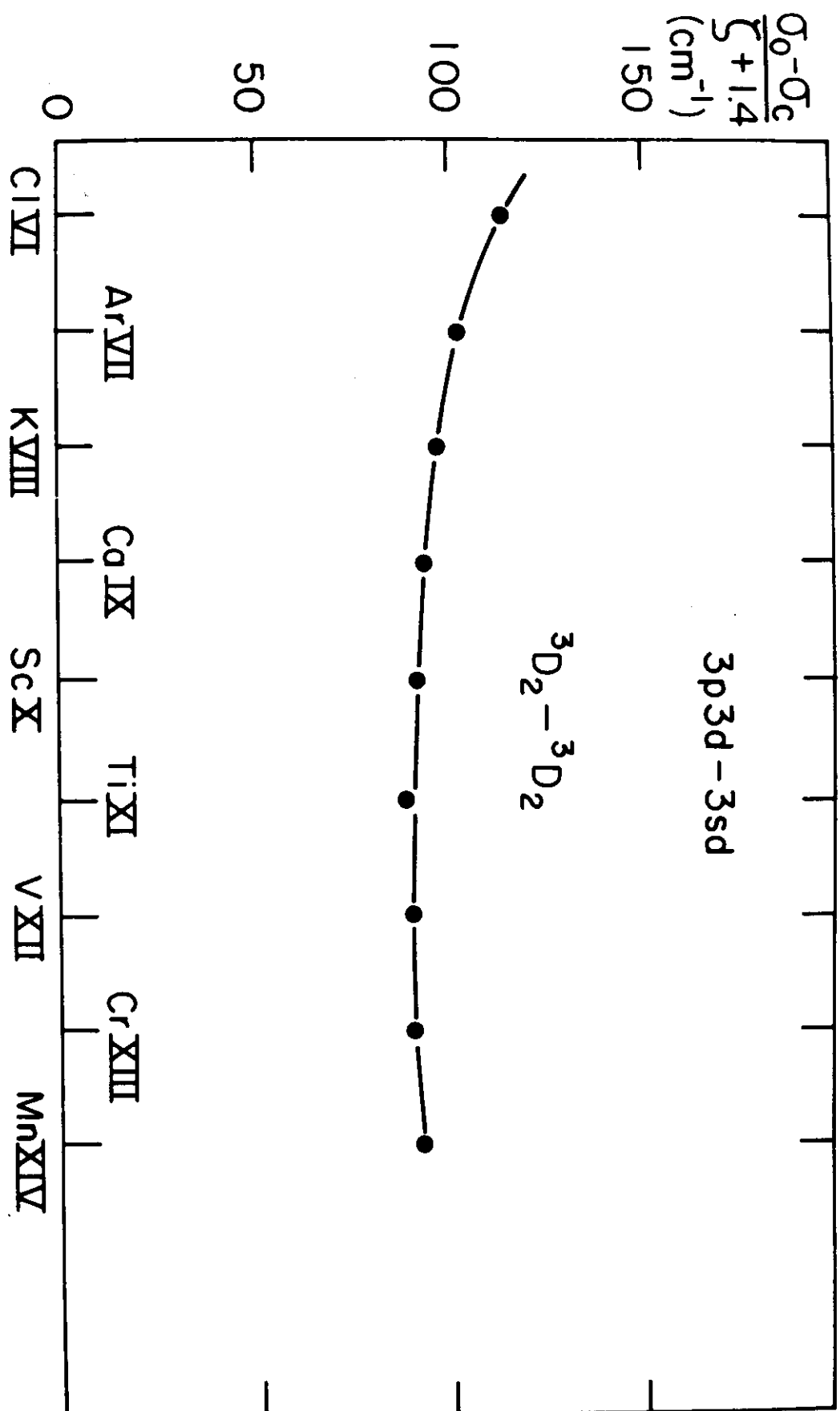
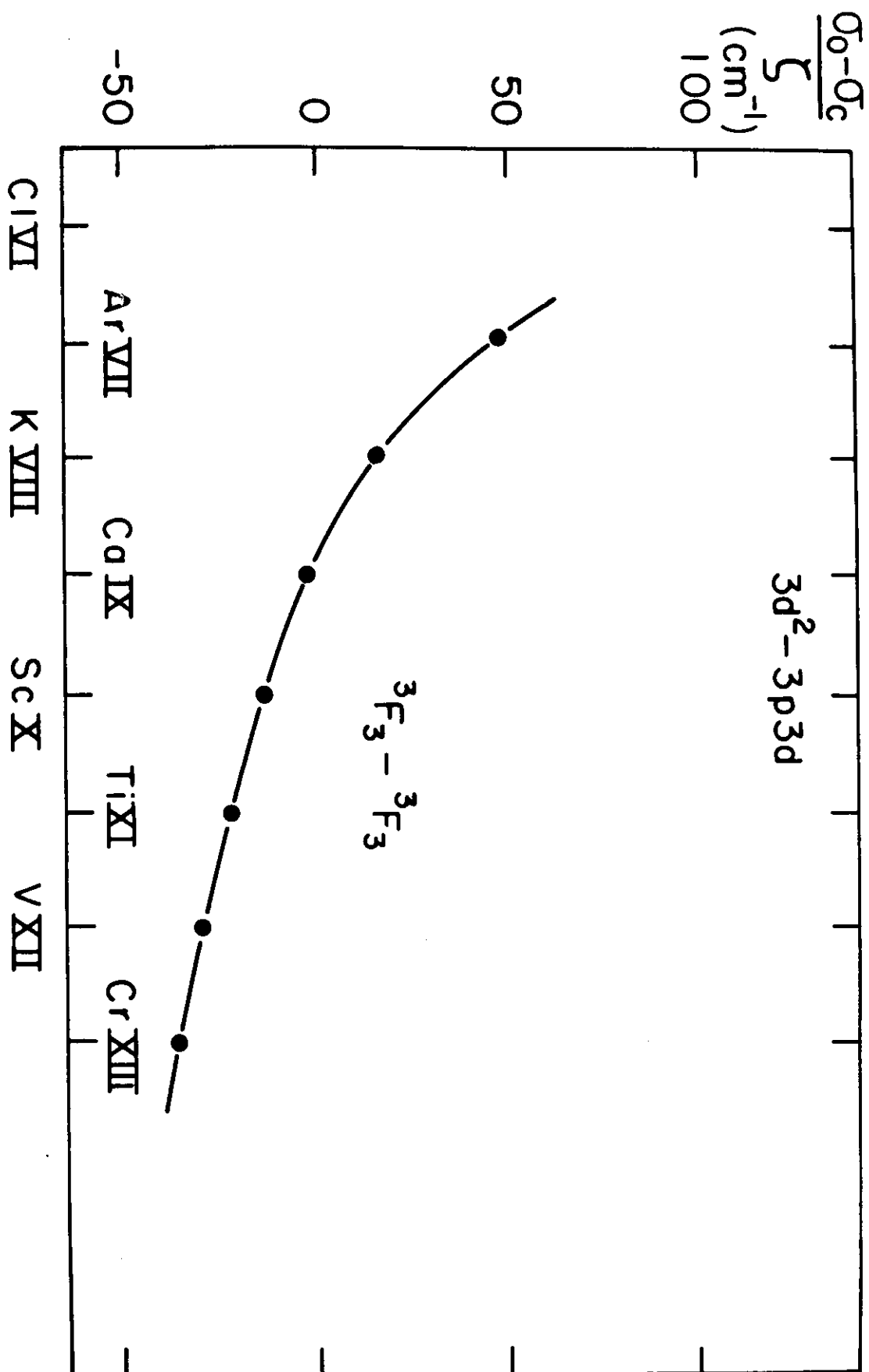


Figura II



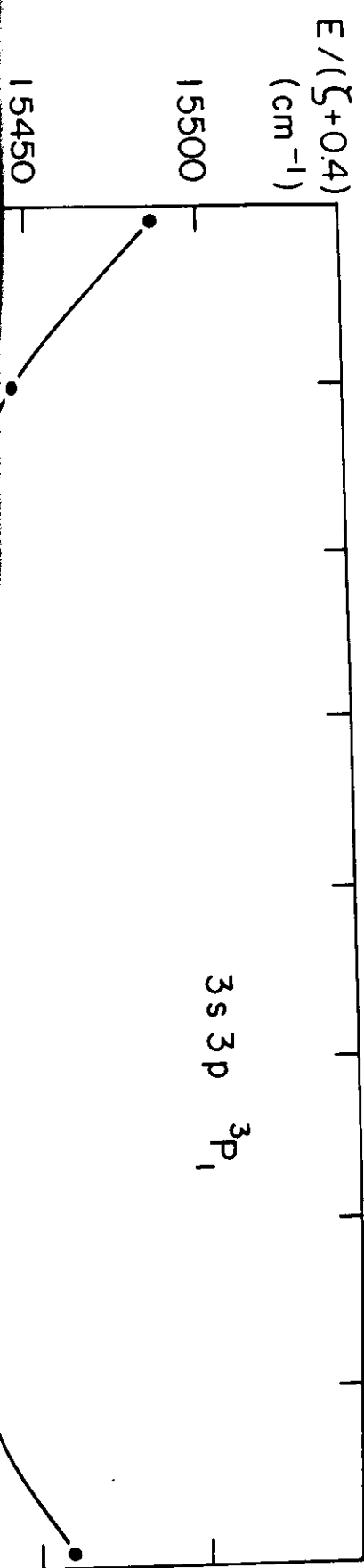
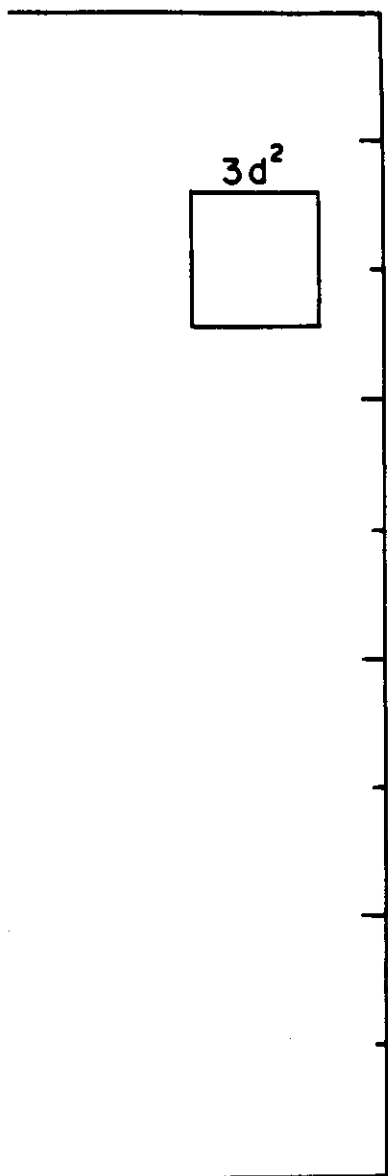


Figure 1. Observed minus calculated Hartree-Fock wavenumbers divided by the net charge of the core plus a constante, 1.4, for the transition $3s3d\ ^3D_2 - 3p3d\ ^3D_2$.

Figure 2. Observed minus calculated Hartree-Fock wavenumbers divided by the netcharge of the core for the transition $3p3d\ ^3F_3 - 3d^2$

Figure 3. Isoelectronic interpolation for the $3s3p\ ^3P_1$ levels in the first excited configuration in Ar VII. The point below the curve for Ar VII, published by Kelly²⁴, is a wrong value for the level.

Figure 4. Gross structure of the known configurations in Ar VII.

Curta Nota Biográfica

A. J. Mania é natural de São Carlos, S.P., onde nasceu em 1958. Filho de um operário e uma dona de casa, iniciou seus estudos em escolas dos bairros mais simples. Orfão materno aos 13 e paterno aos 15 anos, começou a trabalhar cedo aos 14 anos de idade como fabricante de malas (3 anos). Abandonou os estudos ao concluir o grau primário (1974). Passou a trabalhar em serviços gerais (mais 3 anos), foi desenhista traçador, inspetor de qualidade e técnico em laboratório (nos próximos 3 anos).

Fêz o curso supletivo de segundo grau concluído em 1979. Ingressou na Universidade de São Paulo em 1982, concluindo o curso de Bacharel em Física em 1986, ano em que ingressou no curso de Mestrado na Universidade Estadual de Campinas. Defendeu sua tese em teoria de Configuração de Campo Reverso em 1989, ano em que ingressou no curso de Doutorado ainda na Unicamp.

A. J. Mania é casado com Rosália e reside atualmente em Paulínia, S.P.. Tem dois filhos: Edrian (1988) e Andrews (1991) nascidos em Paulínia.