



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA  
UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
AV. LUIZ ENGLERT — PÓRTO ALEGRE  
BRASIL

### SIMPOSIUM DE FÍSICA NUCLEAR

Realizou-se no Instituto de Física da Universidade do Rio Grande do Sul, de 7 a 12 de dezembro de 1959, um simposium de física nuclear.

Participaram do mesmo, especialmente convidados os professores: Ewa W. Cybulska, José Goldemberg, Luiz Carlos Gomes, Cesar - Lattes, Mael Melvin e Oscar Sala.

Além destes, participou também o professor Theodor Maris, atualmente no Instituto de Física da URGS, e os demais integrantes do corpo científico do Instituto.

Representando a Universidade de Minas Gerais, compareceu especialmente para o simposium o Prof. Eduardo Schmitt Monteiro de Castro.

O referido simposium constou de colóquios, aulas e palestras públicas; também, ao final do simposium, houve uma discussão in formal sobre todo o planejamento de atividades científicas do Instituto, no que se refere à Física.

As aulas tiveram como finalidade dar um apanhado sobre espectroscopia nuclear, e, especificamente, contribuir para o início da parte experimental no Instituto. Foram ministradas por Ewa W. Cybulska e José Goldemberg, e, resumidamente, foram abordados os seguintes temas:

1ª aula (7/12/59): JOSE GOLDEMBERG: Espectroscopia gama: Cristais; - circuitos eletrônicos, métodos de medida. Informações que podem ser obtidas sobre espectros beta e gama. Alguns dados e comentários sobre os contadores mais utilizados: os contadores Geiger, o contador proporcional e o contador de cintilação. O problema da eficiênci - dos diversos contadores e o tipo de cristais usados. O problema dos pulsos e de sua distribuição relacionada com as energias. Referên - - cias ao espectromêtro magnético. Interação dos raios gama com a maté - ria. Efeito fotoelétrico, efeito Compton, produção de pares e sua u - tilização em contagens.



4510

2ª aula (8/12/59): EWA CYBULSKA: Técnicas de coincidência: problemas experimentais; intensidades; informações sobre esquemas de desintegração. Método de coincidência para determinação do esquema de desintegração. O problema do tempo de resolução; coincidências acidentais; determinação do tempo de resolução. Cálculo do número de coincidências acidentais. Determinação da meia vida. Os níveis de desintegração do  $Ti^{44} \rightarrow Sc^{44}$ .

3ª aula (10/12/59): EWA CYBULSKA: Correlação angular: intensidades necessárias; informações sobre momento angular dos estados nucleares. Emissão isotrópica e métodos de destruição da isotropia pela correlação angular. Aplicação do campo magnético: Obtenção de informações sobre o momento magnético e sobre a razão giromagnética. Cálculo da distribuição angular da radiação angular. A influência do espalhamento Compton, e correção para dimensão finita da fonte. Resolução angular.

4ª aula (11/12/59): JOSÉ GOLDEMBERG: Medidas de polarização: Polarímetros informações sobre a paridade dos estados nucleares; polarização dos raios gama. Utilização de um analisador de pulso e do método das coincidências. Exemplo do  $Sc^{46}$  com seu esquema de desintegração. Utilização da correlação angular e escolha entre as hipóteses possíveis. Utilização do efeito Compton na determinação da polarização. Razão de Assimetria. Apresentação de dois trabalhos de pesquisa atualmente em curso no Rio e São Paulo: Análise da polarização de fôtons pelo efeito Compton (verificação da fórmula de Sauter e foto-desintegração do bismuto).

Os colóquios tiveram a seguinte distribuição de temas: LUIS CARLOS GOMES realizou 4 seminários, versando sobre os seguintes assuntos:

1º Seminário (7/12/59): Propriedades da matéria nuclear I. Densidade e carga dos núcleos. Forças nucleares. Efeitos coulombianos e superficiais. Energia de ligação. Energia cinética em um gás de Fermi. A influência de forças tensoriais. Equação de Bethe-Goldstone, o operador de projeção que elimina os estados ocupados (princípio de exclusão de Pauli) e sua representação explícita



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA  
UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
AV. LUIZ ENGLERT — PORTO ALEGRE  
BRASIL

3

2º Seminário (8/12/59): Propriedades da matéria nuclear II. Soluções da equação de Bethe-Goldstone. Influência do princípio de exclusão e a representação explícita do operador de projeção. A interação entre duas partículas e sua influência na energia total. A separação da equação de Bethe-Goldstone em sistemas relativos e de centro de massa. Constantes de movimento. A solução da equação de Bethe-Goldstone, para o caso da onda S e momento do centro de massa nulo com interação e com "hard core". A energia do sistema, massa efetiva e sua determinação.

3º Seminário (10/12/59): A parte imaginária do potencial ótico. Neste seminário, foram apresentados essencialmente por LUIZ CARLOS GOMES os resultados de um trabalho (Notas de Física, 5 (8), 75 (1959), e por Theodor Maris, os resultados (Nuclear Physics 12 (1959) 619-624), realizado em colaboração com R.H. Lemmer e Y.C. Tang. Os resumos destes trabalhos são os seguintes:

LUIZ CARLOS GOMES:

A parte imaginária do potencial ótico foi investigada para neutrons de baixa energia, por meio das secções de choque nucleon-nucleon e matéria nuclear. As secções de choque foram calculadas na hipótese de que correlações de pares para estados poucos excitados de matéria nuclear são as mesmas que aquelas tomadas no estado fundamental. A dependência da massa efetiva sobre o momentum de partícula individual foi levada em consideração usando uma solução empírica que reproduz as hipóteses atuais sobre o espectro de partícula individual. Os resultados foram aplicados à superfície nuclear na aproximação de Thomas Fermi. O máximo no potencial imaginário foi encontrado numa superfície fora do raio em que a densidade cai à metade. Para baixas energias incidentes é cerca de 1.5 fermis além deste raio. Relação entre a parte imaginária do potencial e o livre caminho médio da partícula.

THEODOR MARIS:

A parte imaginária do potencial ótico nuclear para nucleons é investigada de uma maneira semi-quantitativa. Por simplicidade as funções de onda do oscilador harmônico foram usadas para fazer cálculos para o  $O^{16}$  e o  $Ca^{40}$ . Os resultados indicam que a absorção superficial é importante para energias incidentes acima de cerca de 60 MeV.



Seguiu-se uma discussão sobre as diferenças entre estes dois trabalhos e desta discussão surgiu a eventual possibilidade de ser feito um novo trabalho sobre o assunto, procurando reunir os métodos e resultados de ambos os trabalhos.

4º Seminário (11/12/59): Energia de Reagrupamento na matéria nuclear. O potencial ótico cuasa duas partes, uma proveniente da interação da partícula considerada com todas as outras constituintes da matéria nuclear e outra devido à modificação da interação entre pares na matéria nuclear graças à presença da partícula em consideração. Essa segunda modificação existe somente quando a partícula considerada é da mesma natureza das constituintes da matéria nuclear e é chamada energia de reagrupamento. Cálculo da energia de reagrupamento. Consequências na determinação da energia de separação; Reações fotonucleares. A importância da massa efetiva e do raio nuclear corretos (diferença dos parâmetros de Wilkinson).

OSCAR SALA:

Realizou um seminário sobre trabalhos com o Van de Graaff de São Paulo.

1) A vida média do nível 3.85 Mev do  $C^{13}$ .

O. Dietzch, M. Kühnir, W.R. Phillips e O. Sala.

Da observação da falta de deslocamento Doppler no raio de 170 emitido segundo a reação  $B^{10} (d,p) C^{13}$ , conclui-se que a vida média do nível 3.85 é maior do que  $1.5 \times 10^{-12}$  seg. Este resultado, conjuntamente com a medida da razão de ramificação ("branching ratio") daquele nível por emissão E1 para o nível 3.68 Mev e emissão M2 para o estado fundamental permite estabelecer os limites  $(M)^2 = 0.1$  e  $(M)^2 = 5.0$  para as transições E1 e E2 respectivamente (assumidas puras), M indicando o elemento de matriz para a transição.

2) A reação  $S^{32} (p, \gamma) Cl^{33}$ .

Foi feita a curva de excitação da reação  $S^{32} (p, \gamma) Cl^{33}$  na região de 0.8 — 2.5 Mev com o objetivo de estudar o  $Cl^{33}$  que é o núcleo espelho do  $S^{33}$ . Não foi encontrada nenhuma ressonância para a reação de captura. Uma possível explicação é que provavelmente os níveis de  $S^{33}$  têm um j elevado e como o spin do  $S^{32}$  é zero é necessário um j elevado para o próton, para que o nível seja excitado, o que torna extremamente baixo o rendimento da reação. Os dois níveis (1.9 Mev,  $\frac{3}{2}^-$ ) e (2.3 Mev,  $\frac{1}{2}^-$ ) encontrados por Haerberli estudando a reação  $S^{32} (p,p)$  também não foram excitados pelo processo de captura devido ao fato de que  $\Gamma_p \gg \Gamma_\gamma$  para ambos os níveis.



### 3) Polarização de deuteronos.

Foi discutida uma experiência que está em fase inicial com o propósito de medir o estado de polarização de deuteronos espalhados elasticamente pelo  $\text{He}^4$  no nível de 1,7 MeV.

Como analisador utiliza-se a reação  $T(n,d)$ . Para feixe não-polarizado, a distribuição angular dos neutrons é simétrica e para feixe polarizado deve-se observar o rompimento da simetria. Este trabalho se encontra em andamento.

4) Discutiram-se também experiências que se pretende fazer - medindo a polarização dos neutrons da reação  $\text{C}^{12}(d,n)$  com o objetivo de estudar o mecanismo de polarização. Há duas possibilidades teóricas para obtenção de polarização:

- 1) acoplamento spin-órbita
- 2) distorção das ondas incidentes e emergentes.

THEODOR MARIS realizou um seminário sobre Espalhamento Nuclear de protons de alta energia trabalho este realizado em colaboração com P. Hillman, H. Tyrén em Uppsala. Foram realizadas experiências com a reação  $(p,2p)$  no intervalo de energia entre 100 e 400 MeV, para investigar a estrutura de camadas no núcleo.

Características: localizabilidade dos protons, penetrabilidade no núcleo e alta energia. Nestas energias o livre caminho médio é da ordem de  $3 \times 10^{-13}$  cm. Em baixas energias só se poderia estudar a camada superior. As energias de 100 a 400 MeV permitem o estudo das camadas mais profundas, pelo menos nos núcleos mais leves. Os detalhes experimentais podem ser encontrados em Nuclear Physics 7 (1958) 10-23.

As conclusões teóricas são as seguintes (ver gráficos na referência): Há uma estrutura de camadas bem definida (o que se verifica - pelos picos das curvas experimentais) com energias de separação para os dois primeiros níveis aproximadamente dados pelo modelo de camadas. A análise teórica dos dados foi pela "impulse approximation", com ondas distorcidas.

CESAR LATTES realizou um seminário sobre o uso de emulsões nucleares em física nuclear de baixa energia.

Características das chapas usadas. Análise da precisão obtida na medida da energia de neutrons por recuo de prótons. O problema de -



"straggling", curvas para a obtenção do erro na medida da energia devido ao "straggling". A determinação da curva de alcance-energia com prótons e energia conhecida. Cuidados na medida e na escolha dos ângulos  $\psi$  e  $\lambda$  e fórmula do espalhamento.

$$E_p = E_n \cos^2 \psi \cos^2 \lambda = E_n \cos^2 \psi$$

Comparação do método de chapas com os métodos usuais, A medida do ângulo reduzida à medida de outro ângulo e de uma distância (relações geométricas). A fórmula completa do erro na determinação das energias. A análise dos erros devidos a cada parcela da fórmula. O efeito da contração da chapa. A escolha da distância ótima para a diminuição do erro. A influência da direção de entrada de neutron, da distância entre as emulsões e da distância ao alvo. Variação das emulsões com umidades e temperatura. O erro total na obtenção da energia de neutron individual é da ordem de  $\sqrt{7\%}$ . A escolha de ângulos para obter erro mínimo. A espessura da chapa como causa de perdas. Escolha de espessura ótima, O uso de chapas em energias de 1 a 20 Mev.

Os níveis obtidos com chapas da reação  $\text{Na}^{23}(d,n)\text{Mg}^{24}$  estão em ótima concordância com outros resultados obtidos. A precisão nas energias mais altas, é neste caso, inclusive melhor que a da média dos resultados obtidos com outros métodos.

MAEL MELVIN apresentou um trabalho sobre partículas elementares e princípios de simetria:

O sistema de partículas elementares conhecidas, suas classificações principais e seus modos de desintegração foram revisados.

As grandezas e tipos de simetria dos 4 tipos fundamentais de interação: forte, eletromagnética, fraca e gravitacional foram discutidos. A estabilidade para desintegração forte ou eletromagnética dos hyperons e mesons (exceto para  $\Sigma_0$  e  $\pi_0$ ), é interpretado contra o "background" de números quânticos e regras de seleção deriváveis do conjunto completo de simetrias ou princípios de conservação conhecidos atualmente incluindo a conservação de hipercarga ou estranheza. Os princípios de conservação são classificados como o conjunto de espaço-tempo (aos quais é agregada a conjugação partícula-antepartícula), o conjunto iso-espaço, e a conservação das cargas bariônica e leptônica respectivamente. O modelo do iso-espaço de d'Espagnat-Prentki, Murai e Racah é desenvolvido e analisado; neste modelo a hipercarga  $U$  é adaptada como um índice de isoparidade, isto é, como governando as propriedades de reflexão dos singlets no iso-espaço (escalares  $U = 0$ ), dublets (spinors  $U = \pm 1$ ), e triplets (vetores  $U =$



O problema do "cutoff" do número de partículas elementares contidas foi discutido.

Infelizmente o Dr. Melvin adoeceu e não pode apresentar o outro seminário programado. Damos a seguir o resumo do trabalho que deveria ser apresentado:

O operador posição para campos de partículas elementares

Os momentos centroidais (primeiros momentos da distribuição de energia) aparecem em qualquer teoria de campo como as três componentes espaço-tempo da entidade que tem como suas três componentes espaço-tempo as integrais de momentum angular.

O grau de unicidade na definição dos momentos centroidais foi discutido. As possibilidades de definir operadores de posição centroidais na teoria do campo quantizado, "dividindo" operadores de momentum centroidais pela energia total foram analisadas. Mostra-se que um operador posição cujos componentes vetoriais comutam pode ser definido e sua definição é única, mas falta a covariância do grupo homogêneo de Lorentz.

As correspondências com os resultados de Pryce (1935-1948) e Newton e Wigner (1949) foram discutidas.

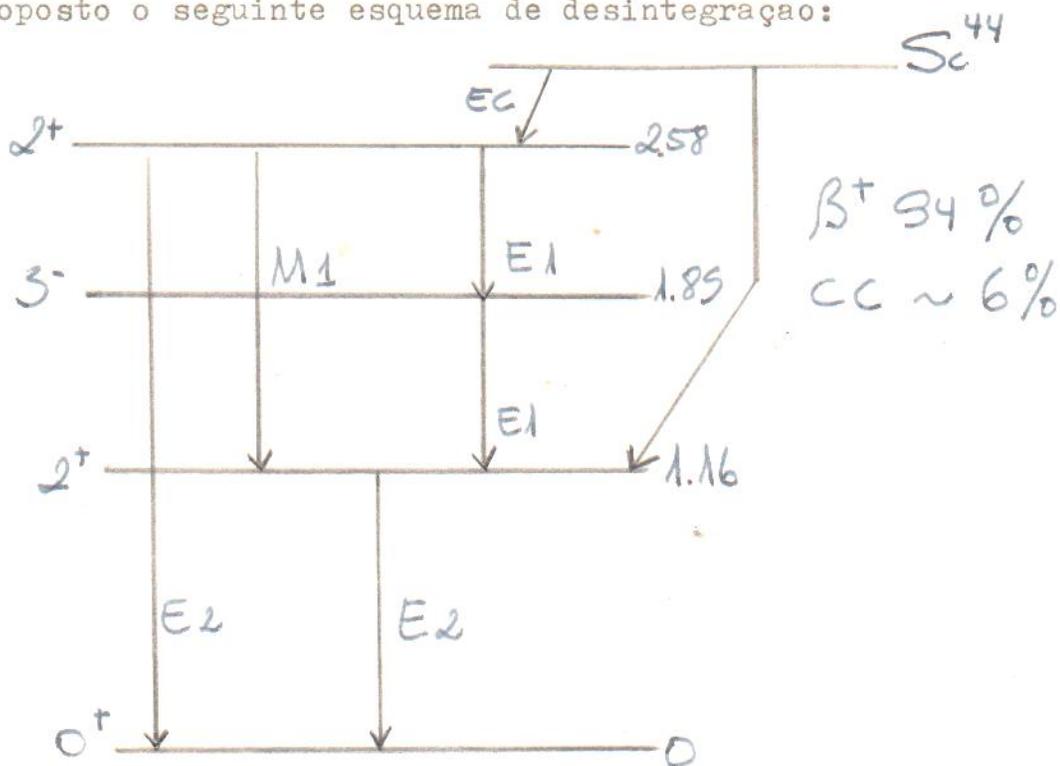
EWA WANDA CYBULSKA apresentou o trabalho: linhas gama na desintegração  $Sc^{44}$

O  $Sc^{44}$  foi formado em reação  $Sc^{45} (\gamma, n) Ca^{44}$  e os gamas de desintegração foram medidos usando um sistema de dois cintiladores NaI (Tl) em coincidência cada um acoplado a um analisador de impulso e circuitos de coincidência de tempo de resolução  $3 \cdot 10^{-7}$  seg. Além das linhas já conhecidas de 2.540 Kev e 1.160Kev foram achadas as linhas de 1.440Kev, 735 e 690 Kev em coincidência com 1.160 Kev e ainda 735 Kev e 690 Kev também coincidência uma com a outra. Isso sugere a existência do nível 1.890 Kev que foi achado por Shiffer em reação  $X^{41} (\alpha, p) Ca^{44}$ . As intensidades relativas são as seguintes:

1.160	-	100%	2.580	-	0.11%	1.440	-	0,
		690	-	1%	735	-	1%	



Foi proposto o seguinte esquema de desintegração:



GERHARD JACOB apresentou um trabalho sôbre duplas transições gama em núcleos isoméricos. Nesse trabalho, é estudada a possibilidade de um estado isomérico se desintegrar pela emissão de dois raios gama. É usada teoria de perturbação de segunda ordem para o cálculo do efeito-o álgebra de Racah para realizar a soma sôbre os números quânticos-magnéticos. A probabilidade de transição é calculada, e é determinada a distribuição angular e o espectro dos dois raios gama emitidos assim como as possibilidades na composição das multipolaridades. Foram discutidas as possibilidades de verificação experimental do efeito.

Foram realizados, além dêstes seminários, quatro conferências públicas de divulgação científica. Estas conferências, que foram realizadas à noite, tiveram a seguinte distribuição:

- 1) Dia 7/12/59 : JOSE GOLDEMBERG: Programas de pesquisa de física nuclear em São Paulo: Desenvolvimentos futuros, novos aceleradores.
- 2) Dia 8/12/59: CESAR LATTES: Raios Cósmicos
- 3) Dia 10/12/59 : EDUARDO SCHMIDT MONTEIRO DE CASTRO: O curso de Engenharia Nuclear da Universidade de Minas Gerais.
- 4) Dia 11/12/59: MAEL MELVIN: Principios de Simetria em Física e Biologia.



Finalmente, como já mencionado atrás, foi realizada na tarde de 12/12/59, uma discussão informal sobre os programas do Instituto de Física da Universidade do Rio Grande do Sul. A esta discussão estiveram presentes todos os participantes do simposium, tendo contribuído com suas intervenções na discussão de forma decisiva no planejamento do Instituto de Física da U.R.G.S.

Como conclusão desta discussão, foi resolvido que dar-se-ia início de imediato no Instituto à realização de experiências de correlação angular de raios gama, com o equipamento já existente no Instituto e com o auxílio de físicos experimentais do Rio e de São Paulo.

ATIVIDADES CORRELATAS: Durante a realização do simposium, grande foi o interesse popular pelas atividades dos físicos presentes. Vários jornalistas procuraram entrar em contato com os mesmos para conseguir entrevistas e foi organizada uma discussão numa das radioemissoras de Pôrto Alegre sobre assuntos de interesse geral:

Finalmente, foi realizada uma excursão no dia 9/12/59 a Caxias do Sul, cuja principal atração foi a visita a uma Cantina de Vinho

(Gerhard Jacob, IFURGS, 1º de fev. de 1960)