

Relatório final de F 590

Título:

Física experimental de neutrinos: sistema de detecção de fótons no DUNE

Aluno: Thales Vanzo Vieira RA: 137695

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Kemp

Instituição: Universidade estadual de Campinas (UNICAMP) - Campinas (SP)

Departamento: IFGW - Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia (DRCC)

Email Thales: thalesv x(arroba)x ifi.unicamp.br

Email Ernesto: <http://portal.ifi.unicamp.br/pessoas/corpo-docente/173-570>

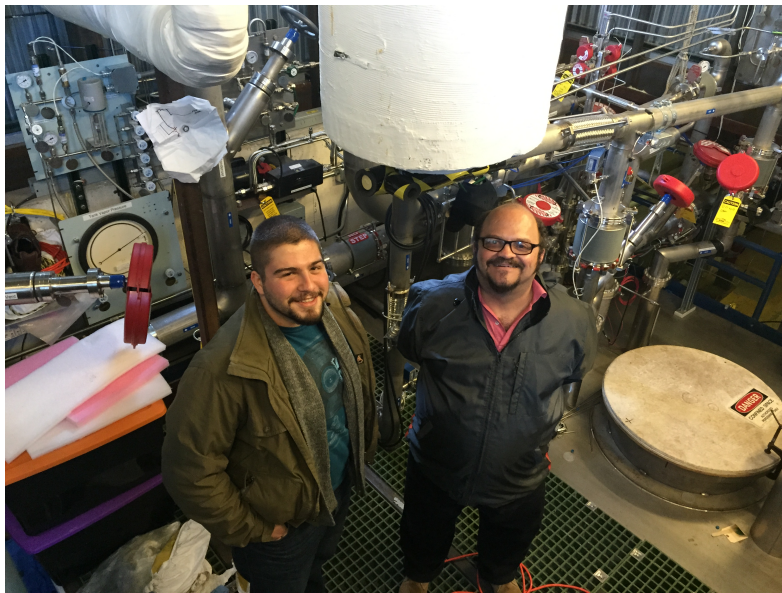


Figura 1: Thales V. Vieira (esquerda) e Prof. Dr. Ernesto Kemp (direita) sobre protótipo 35ton no Fermilab-USA

Resumo

A física de neutrinos ganha cada vez mais espaço de estudo e discussão no meio acadêmico. A comprovação experimental que neutrinos oscilam e possuem massa não nula é um dos fatos mais importantes para a era atual da física de partículas. Experimentos localizados no Fermilab (EUA) têm como foco a determinação com alta precisão da hierarquia de massas dos três tipos de neutrinos e a assimetria de Carga-Paridade (CP) no setor leptônico. Tais experimentos estão desenvolvendo tecnologias com uso de câmaras de projeção temporal de argônio líquido. Este projeto possui como foco o desenvolvimento de componentes para o sistema de aquisição de fótons para o experimento DUNE, e o desenvolvimento de códigos para análise utilizando o pacote *LArSoft*, comum aos experimentos LArIAT, LAr1-ND e DUNE, dos quais a UNICAMP faz parte.

1 Introdução

A nova geração de experimentos de alta precisão de neutrinos é baseada nas Câmaras de Projeção Temporal de argônio líquido (Liquid Argon Time Projection Chamber - LArTPC). Projetos como LArIAT[1], DUNE[2] e LAr1-ND[3] estão alocados no Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab) e desenvolvem estudos acerca de LArTPCs afim de reconstruir imagens 3D de partículas. A reconstrução é dada através de um sistema de reconstrução de energia por calorimetria, pois a interação de partículas carregadas com o argônio líquido produzem dois efeitos: excitação do argônio - a qual gera um rastro de elétrons que são detectados - e a cintilação do mesmo - a qual gera fótons. A partir destes dois fenômenos podemos estudar as interações dos neutrinos com a matéria.

2 Projetos de LArTPC do Fermilab

2.1 LArTPCs

A tecnologia de argônio líquido está em estudo a décadas, sendo a colaboração ICARUS[4][5] a pioneira a realizar um experimento LArTPC. As câmaras de projeção temporal de argônio líquido possuem em seu interior planos de fios metálicos, os quais geram campo elétrico no argônio ultra-puro. Interações de neutrinos com o argônio líquido o ioniza gerando elétrons, os quais serão direcionados pelo campo elétrico à um ânodo (i.e. plano de fios coletores), que por consequência gerará um pulso elétrico. Ao aplicar tensões específicas aos planos, anteriormente à atingirem os ânodos, os elétrons atravessam planos de fios indutores produzindo informações complementares. Logo com informações do mesmo evento provinda de diversos planos é possível reconstruir imagens 3D do evento. As informações calorimétricas são extraídas dos pulsos que foram gerados nos planos[6].

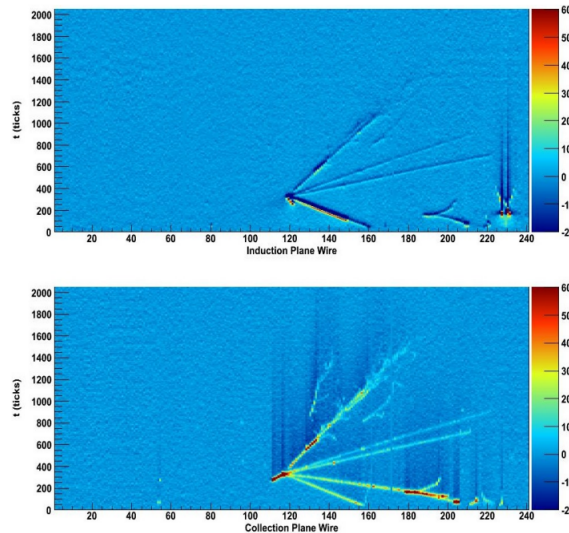
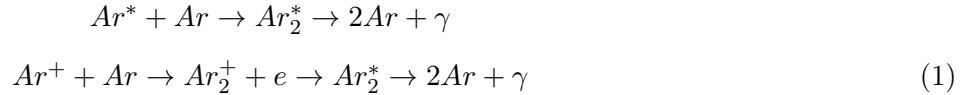


Figura 2: Evento de neutrino no experimento ArgoNeUT, um LArTPC instalado no feixe NuMI do Fermilab[6]

2.2 Sistema de detecção de fótons

O sistema de detecção de fótons se faz necessário para experimentos de LArTPCs com a finalidade de ser o "trigger" de interações que não envolvem o acelerador, por exemplo descarte de sinais gerados pela incidência de raios cósmicos no detector. Além de ser usado para coincidência temporal entre o fóton - proveniente da desexcitação do argônio, seja na sua forma de singlete ou tripleto dados pela equação 1 - e o elétron gerado pelo decaimento Beta inverso.



Fótons que possuem comprimento de onda na região do Ultra-Violeta do espectro eletromagnético, na qual o argônio cintila, são bastante difíceis de serem detectados. Por este motivo usa-se um composto no guia de onda que altera o comprimento de onda da luz captada (wavelength-shifter). Neste caso o composto absorve fótons emitidos pelo argônio $\lambda = 128nm$ e os reemitem com um novo comprimento de onda $\lambda = 420nm$, que é significativamente mais fácil de ser captado.

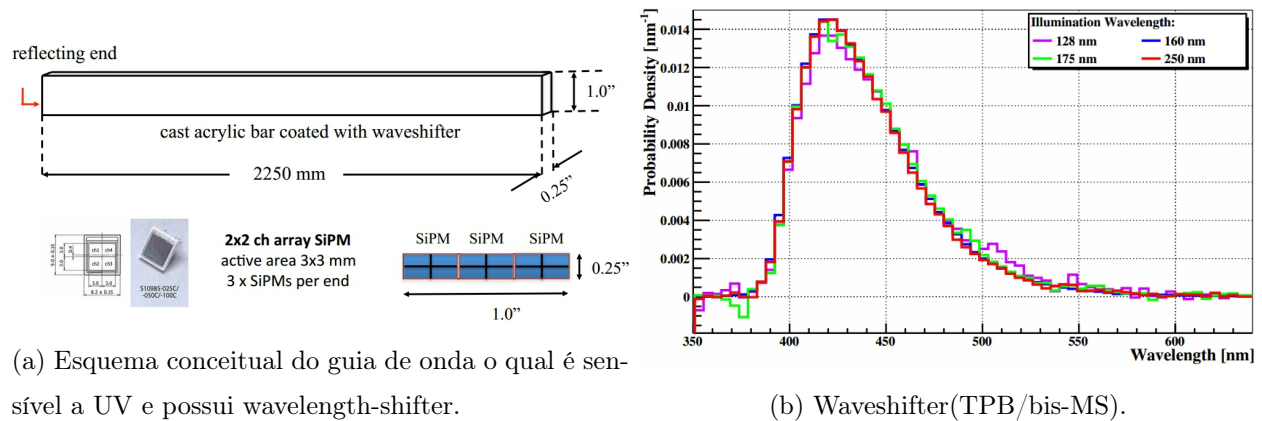


Figura 3: Light guide concept

3 Fibras ópticas

Como está sendo feito neste momento por outros pesquisadores da colaboração internacional DUNE, em seu protótipo $35ton$, este projeto possui o objetivo de testar fibras ópticas para o sistema de detecção de fótons do DUNE, que serão produzidas em parceria com laboratórios do Departamento de Eletrônica Quântica (DEQ) do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW).

As fibras ópticas são feitas de polimetil-metacrilato (PMMA) sem bloqueador de radiação ultravioleta, que é um componente usado em basicamente todas as acrílicas comerciais.



Figura 4: Polimetil-metacrilato (PMMA) sem bloqueador de radiação UV

A extrusão de fibras é feita na máquina extrusora da figura 5. Nesta máquina, é possível controlar velocidade de saída da fibra e a temperatura do material.

Para que a fibra seja feita com boa qualidade, é necessário fazer tratamento térmico com o PMMA. O tratamento consiste em manter o material aquecido em uma estufa por uma semana, afim de evaporar toda a água associada ao acrílico. Somente após o tratamento térmico, o PMMA é colocado em um cilindro previamente limpo com álcool isopropílico. O cilindro será acoplado ao forno da extrusora que aumenta a sua temperatura de forma sistemática e contínua. Ao atingir um valor limite e esperar tempo de homogeneização da temperatura, é iniciado o processo de extrusão com a menor velocidade possível.

Os parâmetros espessura e geometria da fibra são definidos majoritariamente pela geometria da máscara que é acoplada à saída do cilindro. Até o presente momento, fizemos testes com máscaras de diâmetros 3mm e 4mm . Empiricamente observamos que ao aumentar o diâmetro da máscara obtemos fibras menos opacas. Conforme [7] e com os dados obtidos no Anexo1, observamos que uma pequena diferença entre valores de temperatura do forno da extrusora gera fibras com diferentes propriedades ópticas. Além do mais, baseado no método de produção de fibras por "torre de puxamento", foi acoplado um peso à uma extremidade da fibra óptica durante a extrusão. Desta forma, obteve-se fibras ópticas delgadas e com baixa curvatura.

Com os parâmetros de extrusão definidos, foi iniciado o processo fabricação de filmes finos de PMMA. O processo consiste na solubilização do material acrílico em acetona e na evaporação da solução armazenada em placas de petri. Buscávamos filmes transparentes, pois estes geram fibras com maior translucidez. Notamos que placas tampadas à 25°C proporcionalmente geram filmes de melhor qualidade. Após a evaporação da acetona, os filmes foram submetidos à tratamento térmico em uma estufa, onde permanecem atualmente. Após o tratamento ser terminado, faremos novas fibras com estes filmes

A motivação para a produção de filmes finos, vem da necessidade de dopagem do PMMA com o deslocador de comprimento de onda (TPB). A produção de filmes dopados terá início em agosto ou setembro.



Figura 5: Extrusora do laboratório do Prof. Cristiano Cordeiro do Departamento de Eletrônica Quântica - UNICAMP

4 Próximos passos

Fibras dopadas com diferentes dosagens de deslocador de comprimento de onda (wavelength-shifter) serão produzidas e submetidas à medidas de transmitância, comprimento de atenuação e resistência mecânica.

As fibras opacas obtidas poderão passar por processo de produção de fibras por "torre de puxamento" afim de promover alongamento e translucidez nas mesmas.

Além da geometria cilíndrica (comum), planejamos testar fibras com geometria em formato de estrela, como mostrado na máscara da figura 6.

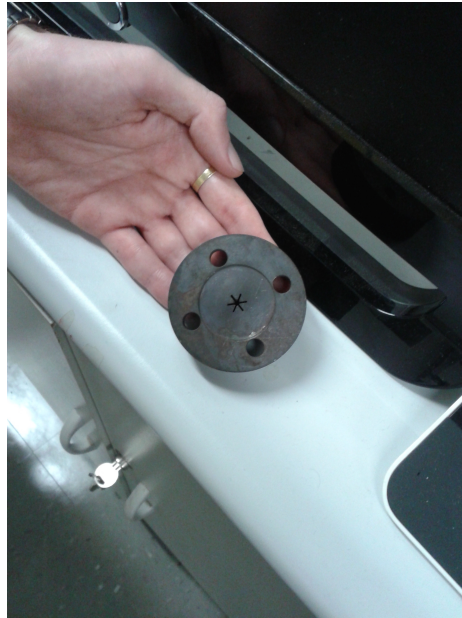


Figura 6: Máscara com geometria de estrela.

Referências

- [1] LArIAT - LArIAT white paper, arXiv:1406.5560 [physics.ins-det]; - Experimento em fase de aquisição de dados no Fermilab. Teste de LArTPC, eletrônica, reconstrução de eventos e tecnologias para DUNE.
- [2] LBNE Conceptual Design Report (6 volumes), March 2012,
<http://lbne2-docdb.fnal.gov:8080/0052/005235/005/volume-1-LAr.pdf>;
<http://lbne2-docdb.fnal.gov:8080/0043/004317/018/volume-2-beam-rev2.pdf>;
<http://lbne2-docdb.fnal.gov:8080/0047/004724/010/volume-3-ND.pdf>;
<http://lbne2-docdb.fnal.gov:8080/0048/004892/008/volume-4-LAr-rev1.pdf>;
http://lbne2-docdb.fnal.gov:8080/0046/004623/006/CDR_Vol_5_MI-10CF_20120313.pdf;
http://lbne2-docdb.fnal.gov:8080/0050/005017/003/CDR_Vol_6LArFS_CF_20120313.pdf. - Projeto DUNE, física, tecnologia, orçamento e oportunidades científicas.

- [3] LAr1-ND: Testing Neutrino Anomalies with Multiple LArTPC Detectors at Fermilab - arXiv:1309.7987 [physics.ins-det]; - Artigo sobre um detector que visa desenvolver tecnologias para a técnica do LArTPC e desafios para o DUNE.
- [4] The Liquid-argon time projection chamber: a new concept for Neutrino Detector, C. Rubbia, CERN-EP/77-08 (1977); - Física do experimento pioneiro sobre o uso da tecnologia LArTPC.
- [5] Design, construction and tests of the ICARUS T600 detector, Nucl. Inst. Meth., A527 329-410 (2004); - Geometria e parâmetros do experimento pioneiro em LArTPC.
- [6] MicroBooNE: A New Liquid Argon Time Projection Chamber Experiment, M. Soderberg, arXiv:0910.3497 [physics.ins-det]; - Experimento com uso de LArTPC que começou a aquisição de dados recentemente. Desenvolvimento da tecnologia de LArTPC para DUNE.
- [7] Estudo da viabilidade para fabricação de fibra óptica polimérica (FOP) por extrusão vertical, Denise Furigo de Melo, FEQ - UNICAMP (2011); - Base sobre uso de PMMA para a produção de fibras ópticas via extrusora.

5 Considerações do Orientador

Meu orientador concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião: O projeto foi bem desenvolvido durante o semestre, mas como não tínhamos conhecimento prévio sobre produção de fibras, filmes e dopagem, foi gasto mais tempo do que o previsto. Sendo assim, o desenvolvimento de simulação via *LArSoft*, a produção de fibras dopadas e os testes ópticos deverão ser feitos após o término da disciplina F 590.

6 Painel apresentado no "EVENTO DE CONSULTA À COMUNIDADE"

Apresentei o meu projeto para dois colegas que estavam cursando F 590 e para o professor Newton, o qual sugeriu o desenvolvimento de uma geometria na fibra que fizesse o papel do deslocador de comprimento de onda. Desta forma, eliminaríamos o processo de fabricação de filmes finos e dopagem. Buscarei na literatura se isso é realmente possível e em caso positivo, se é viável.

7 Anexo

Table 1

Datas	Velocidade unidades da extrusora	Temperatura °C	Diametro mascara mm	Obs				
	2.0	210	3	Alta opacidade				
	1.8	230	3	Alta opacidade				
	1.52	235	4	deformidades e imperfeições, baixa opacidade				
22/05/2015	1.75	236	4	Alta opacidade				
22/05/2015	1.65	237	4	Alta opacidade				
29/05/2015	1.58	236, 237 237,5	4	As alterações de temperatura (235->237->237,5) não tiveram tempo de espera para estabilização.	Foi colocado um peso na fibra para que esta saia retilínea. Foi utilizado um molho de chaves como peso.			
Esquema de temperatura	°C	tempo						
	130	15min						
	190	1h						
	210	1h						
	235	1h						

Figura 7: Tabela 1: Dados obtidos durante a extrusão das fibras ópticas