

Física Atômica e Molecular

Composição:

Claudio Lenz Cesar (Coordenador)

Herch Moyses Nussenzveig

Marcio Henrique Franco Bettega

Roberto Rivelino de Melo Moreno

Wania Wolff

A área de Física Atômica e Molecular, uma das responsáveis pelo lançamento das bases que culminaram com o desenvolvimento da mecânica quântica e teoria quântica de campos no século passado, revive neste início de século um novo período de grande efervescência devido a avanços recentes que representam uma quebra de paradigma do ponto de vista experimental e teórico. Como exemplos, na área experimental temos o surgimento da espectroscopia de femtossegundo do tipo excitação-sonda (Nobel em Química de 1999), de novas técnicas de investigação para átomos, moléculas frias, condensados e até anti-átomos, o uso de fontes de luz síncrotron ultrabrilhantes, e novos desenvolvimentos em computação quântica e relógios atômicos (Nobel de Física de 2012). A interação da Física Atômica e Molecular com a Óptica levou ao desenvolvimento de técnicas de aprisionamento e resfriamento de átomos, bem como de colisões ultrafrias. Nessa interface tivemos o desenvolvimento de pinças ópticas (Nobel de Física de 2018) que são utilizadas para manipular e orientar células vivas, tendo, portanto, um grande impacto na Biologia.

Progressos similares que auxiliaram a Física Atômica e Molecular ocorreram na teoria, em particular com o desenvolvimento de métodos eficientes de química quântica, bem como da teoria do funcional da densidade (Nobel em Química de 1998) e de modelos de multiescolha (Nobel em Química de 2013). Esses métodos, em sinergia com avanços recentes na área experimental, permitem estudar interfaces em soluções aquosas, conglomerados atômicos e interfaces sólido-líquido com aplicações na produção de combustíveis solares.

Em muitas dessas áreas mencionadas a comunidade de Física Atômica e Molecular brasileira está participando ativamente. Grupos teóricos figuram entre as lideranças em modelos multiescala, no estudo de estados excitados de átomos moléculas e agregados, reações e processos moleculares de equilíbrio. Na área de armadilhas magneto-ópticas, magnéticas e espectroscopia, temos vários grupos que competem em nível internacional. Uma das duas fontes de luz síncrotron mais avançadas está sendo construída no Brasil, sendo que recentemente mais um marco para a implantação do Sirius foi concluída: a primeira volta completa de elétrons no segundo, dentre os seus três aceleradores: o booster foi gerado.

Grupos teóricos e experimentais procuram evidenciar características únicas a nível molecular na seletividade das ligações, estabilidade molecular e danos induzidos por agentes ionizantes, para alcançar um melhor entendimento dos mecanismos físicos, químicos e biológicos. O caráter inter e multidisciplinar da Física Atômica e Molecular se torna cada vez mais presente, construindo pontes e pavimentando caminhos com outros campos da Física e com outras áreas das ciências, incluindo, por exemplo, a Física da Matéria Condensada, a Astrofísica, a Medicina, a Nanociência, a Biofísica, a Química e a Biologia.

No âmbito da Física Atômica e Molecular, a espectroscopia vem desenvolvendo estudos para entender a complexidade molecular, no meio interestelar, em regiões hostis, no próprio sistema solar, em nossa atmosfera, de como as moléculas são sintetizadas e sobrevivem. As hipóteses são testadas em laboratórios no país por luz síncrotron, elétrons e íons pesados em moléculas no estado gasoso e condensado demonstrando através de experiências a rica síntese molecular que esta pode gerar. A aplicação de prótons e íons de carbono no tratamento de cancer levou também a um maior conhecimento teórico e experimental a nível nanoscópico e molecular dos danos de radiação em moléculas de nosso DNA induzidos por impacto iônico. De modo geral, os avanços conquistados pela física atômica e molecular vem permitindo o estudo detalhado das propriedades quânticas de moléculas biológicas e de processos que ocorrem em organismos vivos importantes para desenvolvimento da chamada biologia molecular e essenciais para o controle e proteção ambiental e biológico. Não podemos esquecer do esforço de vários grupos teóricos e experimentais que vêm tratando problemas de espalhamento de moléculas num contexto mais tecnológico, como os projetos ligados à cana-de-açúcar voltada ao bioetanol, atividade que se iniciou junto ao Laboratório Nacional da Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). É preciso também mencionar a intensa atividade de pesquisa no LNLS conduzida por diversos pesquisadores da área de Física Atômica e Molecular.

A Metrologia Quântica também tem feito bom uso de metodologias conhecidas e utilizadas pela Física Atômica e Molecular, ajudando no desenvolvimento da Nanotecnologia. Assim como a Física Atômica e Molecular, a Nanotecnologia tem como objetivo a compreensão e o controle da matéria em escala atômica, molecular e supramolecular, visando a construção de dispositivos microscópicos engenhosos e eficientes. Nesse contexto, é possível conceber dispositivos eletrônicos operando com uma ou com um número muito reduzido de moléculas. No Brasil, há muitos grupos trabalhando nestas direções.

Notamos também uma aproximação da Física Atômica e Molecular com problemas que envolvem blocos mais fundamentais da matéria, portanto atuando na fronteira dos grandes mistérios da natureza. Um problema importante diz respeito à assimetria entre matéria e antimatéria, que foram criadas em quantidades iguais nos primeiros instantes do universo. A física de átomos exóticos (obtidos com as correspondentes antipartículas constituintes dos átomos ordinários) foi impulsionada graças aos recentes experimentos em aceleradores de partículas. Recentemente, pesquisadores associados ao CERN, obtiveram anti-hidrogênio, o aprisionaram, e determinaram a neutralidade da sua carga do com uma enorme precisão, bem como sua estrutura hiperfina e realizaram a medida mais precisa já realizada sobre antimatéria: a frequência da transição 1s-2s com 12 algarismos significativos. Esses resultados abrem um novo caminho para explicar o que houve com a antimatéria bem no início do Universo.

Outra linha de pesquisa que tem merecido a atenção da física atômica versa sobre átomos e moléculas ultrafrias. Com esta técnica, é possível confinar átomos em armadilhas ópticas e/ou magnéticas, as quais permitem um estudo minucioso das propriedades de transporte de carga quantizada em agregados, colisões frias, condensados de Bose-Einstein, bem como de turbulência de vórtices. O controle dos estados quânticos de sistemas atômicos individuais, vêm abrindo grandes perspectivas em metrologia e computação quântica, originando uma espécie de engenharia quântica.

O avanço de uma área também se mede pela organização de sua comunidade. Encontros anuais como o Workshop de Física Molecular e Espectroscopia, que completou em 2018 a sua décima quarta edição e, a partir de 2014, passou a ser um evento bianual, SPECBIO no Rio de Janeiro, SBQT, a Escola Brasileira de Estrutura Eletrônica, e as seções ATO do Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada e, atualmente, do Encontro de Outono da SBF, demonstram o alto grau de organização da comunidade e sua inserção internacional. Os pesquisadores da área de Física Atômica e Molecular também participam regularmente de eventos internacionais tradicionais da área, como QUITEL, ISIAC, ICPEAC, POSMOL, sendo que cada um destes eventos conta com representantes brasileiros em seu comitê.