

No século XX as relações entre a Física e a Astronomia se intensificaram extraordinariamente, e a chamada Astrofísica tomou-se <sup>assim</sup> ~~de longe~~ a parte mais fascinante da ciência astronômica. Isso se deve em <sup>(grande)</sup> parte à introdução de novos métodos físicos de observação como os da rádio-astronomia, dos ~~raios~~ raios infra-vermelhos e ultra-violetas e dos raios X; os métodos eletrônicos de ampliação dos ~~efeitos~~ efeitos das radiações recebidas; o aperfeiçoamento das técnicas fotográficas e dos telescópios ópticos. Um horizonte novo vai se abrindo com a possibilidade de observações feitas fora da atmosfera com foguetes e astronaves e, num futuro não muito remoto, com observatórios em plataformas especiais e na Lua. As tentativas de observação de ondas gravitacionais parecem <sup>(começar)</sup> a dar resultados positivos e surpreendentes.

Por outro lado o desenvolvimento da Física Nuclear <sup>esclarecer</sup> ~~permitiu compreender~~ alguns dos mecanismos fundamentais de produção da energia estelar e da evolução das estrelas e galáxias. A aplicação <sup>(e da relatividade)</sup> das estatísticas de Fermi ~~permitiu compreender~~ melhor as propriedades dos gases submetidos às pressões elevadíssimas e construir modelos estelares mais adequados. A emissão de neutrinos em algumas reações deu um mecanismo de instabilidade útil para a análise da evolução das estrelas e ~~galáxias~~ <sup>systemas estelares</sup>.

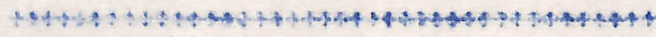
A teoria da relatividade geral levou ao desenvolvimento <sup>(do modelo)</sup> de universo em expansão e estimulou ~~estas~~ tentativas cosmológicas admitindo a criação de matéria. Essas teorias cosmológicas passaram a adquirir importância considerável após a descoberta do efeito Hubble, que pode ser explicado pela existência de uma recessão das nebulosas, eventualmente produzida por uma expansão do Universo.

A teoria do plasma revelou-se de importância considerável para numerosas questões astronômicas, assim como a magneto-hidrodinâmica. Os métodos da Física estatística têm sido aplicados para o estudo dos sistemas estelares. A teoria da turbulência também levou a resultados interessantes em problemas astronômicos.

Em resumo a Astrofísica atual utiliza quase todos os ramos da Física clássica e da Física quântica, tanto na forma não relativista como na relativista. Ela tem estimulado poderosamente o estudo de muitas questões de Física e, presumivelmente, o fará ca-



de vez mais. Cresce continuamente o numero de fisicos que se interessam pelos problemas astronomicos, atraidos pela variedade e abundancia.



2. É interessante recordar que a Astronomia tem contribuido muito para o desenvolvimento da Fisica desde a Renascença. Todo o desenvolvimento da Mecanica classica nos seculos XVI e XVII esteve relacionado com o estudo do movimento planetario, assim como a descoberta fundamental da gravitação universal e da lei de Newton. Aliás a teoria da gravitação continuou sempre essencialmente ligada aos problemas astronomicos, até na Relatividade geral, cujas verificações experimentais foram inicialmente obtidas no dominio astronomico.

A teoria do potencial newtoniano, requerida pela Astronomia, foi um dos fundamentos de toda a Fisica Matematica: levou à descoberta das equações às derivadas parciais de Laplace e Poisson, aos teoremas de Gauss e Green sobre a transformação de integrais multiples e às funções esfericas e cilindricas (Bessel), além de outras também importantes. Essas técnicas matematicas foram depois de importancia fundamental para o desenvolvimento da teoria do calor, da teoria eletromagnetica, e da mecanica dos meios continuos.

Os problemas matematicos relacionados com a determinação das orbitas planetarias deram um grande estimulo para o desenvolvimento da teoria das equações diferenciais ordinarias desde o seculo XVII até hoje. Levaram tambem ao uso de series asymptoticas e ao desenvolvimento da teoria das series divergentes.

A astronomia permite <sup>travar partido de</sup> utilizar ~~utilizar~~ distancias enormes e <sup>de</sup> intervalos de tempos imensos assim como a ação de grandes massas. Nos astros encontramos tambem temperaturas, pressões e densidades elevadissimas. Isso nos revela o comportamento da materia em condições que historicamente não poderiam ser estudadas nos laboratorios terrestres. Um dos instrumentos mais uteis fornecidos pelo espaço são os raios cosmicos, que levaram à descoberta de numerosas particulas elementares (o positron, os mesons, os pions, os kaons etc).

Foi a Astronomia que nos revelou a existencia de uma nova fonte de energia depois identificada como a energia nuclear. Durante o seculo XIX verificou-se que



nenhuma das formas de energia até então conhecidas poderia explicar a produção de calor solar durante bilhões de anos sem variação considerável. Isso indicou a existência de um novo tipo de energia .

Medidas astronômicas provaram pela primeira vez que a velocidade da luz propagação da luz era finita e forneceram <sup>seus</sup> os primeiros valores aproximados . A descoberta da velocidade elevadíssima da luz por Roemer causou na época um grande impacto e foi um dos motivos que levaram Huyghens a preferir a concepção ondulatória dos fenômenos luminosos .

No século XX observações astronômicas mostraram que a luz tinha peso ( desvio dos raios luminosos por um campo gravitacional) e que a frequência da luz emitida por um atomo diminuía quando esse sofria a ação de um campo gravitacional forte <sup>ja</sup> . Kepler <sup>foi</sup> levado a admitir a existência da pressão da radiação pela observação das caudas dos cometas.

As relações da Astronomia com a Óptica são particularmente estreitas, já que as observações astronômicas se baseiam sobre a captação de radiações emitidas. As necessidades astronômicas sempre estimularam o desenvolvimento das técnicas de detecção das radiações e em particular a construção de instrumentos ópticos . Depois da Segunda Guerra mundial as ondas electromagnéticas hertzianas deram um extraordinário impulso à Astronomia . Tiveram <sup>assim</sup> largo emprego as técnicas de radar desenvolvidas durante essa guerra .

Uma das possibilidades mais fascinantes da Astronomia para a Física fundamental no momento atual se relaciona com a <sup>eventual</sup> ~~quantitativa~~ variação com o tempo da constante gravitacional sugerida por certas formas modificadas da teoria einsteiniana da gravitação em que o campo seria descrito por um tensor <sup>simétrico</sup> de segunda <sup>ordem</sup> e por um escalar .

A Astronomia poderá ~~mesmo~~ revelar uma eventual criação contínua de matéria , sugerida por Bondi e outros cosmologistas. A possibilidade de criação contínua de matéria já resultaria do modelo cosmológico de de Sitter, com uma interpretação conveniente .

Ha poucos anos foram descobertos os quasares , cujas propriedades surpreendentes ainda não são bem compreendidas, mas que poderiam dar alguma coisa de fundamentalmente novo em Física .

Outro problema de grande interesse consiste na eventual existência dos "buracos



negros<sup>2</sup> enormes massas concentradas em regiões muito pequenas que não poderiam emitir radiações eletromagneticas, pois a radiação ficaria <sup>m</sup> aprisionada pela forte curvatura do espaço-tempo determinada pela tremenda concentração da massa. Esses "buracos negros" poderiam porem ser detectados pela <sup>acção do seu</sup> seu campo gravitacional sobre corpos visíveis. Eles seriam talvez a fase final da contração das grandes estrelas.

+++++

As pesquisas astrofisicas constituem agora um dos campos mais fecundos de investigação para os fisicos teóricos. Em todos os centros importantes de Fisica do mundo cresce rapidamente o numero de teóricos dedicados aos problemas astrofisicos, muitos vindos de campos da Fisica sem qualquer relação com a Astronomia, como a Fisica das particulas elementares. Até teóricos do estado solido passam a se interessar por problemas de estrutura estelar. A camada externa das estrelas pulsares parece ter uma estrutura de tipo mais cristalino sui-generis, enquanto camadas intermediarias apresentariam propriedades de superfluides e as mais profundas estariam num estado mal compreendido.

Além das pesquisas astronomicas de tipo mais "tradicional" tratando de "astros" adquiriram grande interesse as pesquisas chamadas "espaciais", tratando de materia distribuída no espaço <sup>em</sup> <sup>em</sup> varias formas: corpusculos <sup>pois</sup>, radiações etc. Essas pesquisas são de grande interesse para a astronautica, além de apresentarem também problemas científicos puros dignos da maior atenção.

Numa época em que a especie humana se volta fascinada para o espaço, no limiar de uma nova fase da sua Historia de perspectivas imprevisíveis, os estudos astrofisicos e de Fisica espacial não podem ser subestimados, como vinha acontecendo nas Universidades e centros de pesquisas fisicas do Brasil. Esse desinteresse não se justifica do ponto de vista científico, e muito menos do ponto de vista cultural geral. Ele seria altamente prejudicial para o desenvolvimento futuro das telecomunicações, cada vez mais associadas aos satelites artificiais.



A criação de um núcleo de pesquisas teóricas sobre Astrofísica no Instituto de Física da USP é uma iniciativa de extraordinária significação, cuja importância se tornará cada vez maior nos anos vindouros. Marca uma abertura comparável com a do início das pesquisas nucleares e das pesquisas sobre o estado sólido. Merece todo o apoio do corpo docente, e sobretudo dos estudantes, que devem, como jovens, ter os olhos mais voltados para o futuro. É altamente encorajador que o novo grupo já tenha podido, em pouco tempo, dar contribuições de ~~um~~ nível internacional para problemas da maior atualidade científica, ainda antes da instalação ~~abertura~~ do Instituto de Física.

Em todas as questões fundamentais não devemos nunca esquecer que os problemas científicos do Brasil devem ser focalizados com perspectivas de longo alcance, que levem em conta a nossa responsabilidade com o futuro. Estamos lidando, <sup>é certo</sup> ~~inimavelmente~~, com questões <sup>prementes</sup> do momento mas sobretudo estamos lançando os alicerces da estrutura científica para um dos países que liderarão a cultura mundial ~~inimavelmente~~ dentro de algumas décadas. Não pode haver lacunas básicas, todas as ciências fundamentais devem ser desenvolvidas desde já. A Astrofísica e a Biofísica são duas delas que reclamam providências imediatas.

Mário Schenberg