ICRANet

na ocasião da

14ª Reunião Marcel Grossmann – MGXIV

em celebração de

O Ano Internacional da Luz 2015
O 100º aniversário das equações de Einstein
As bodas de ouro da Astrofísica Relativística

United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

In support of

International
Year of Light
2015

As sedes ICRANet

Sede principal ICRANet em Pescara (Italia).

Universidade de Roma "La Sapienza" onde o Departamento de Física abriga a sede ICRANet em Roma (Italia).

Sede ICRANet em Nice (França).

Academia Nacional de Ciências da Armenia, anfitriã da sede ICRANet em Yerevan (Armenia).

(Acima:) CBPF, anfitrião da sede ICRANet no Rio de Janeiro. (Abaixo:) planejada nova sede no Cassino da Urca (Brazil)

Este documento apresenta alguns fatos históricos relativos à fundação do ICRANet, suas estruturas atuais e, em seguida, voltam-se para as celebrações em 2015 do Ano da Luz e o projeto em andamento do ICRANet de um programa de Ph.D. Internacional em Astrofísica Relativística (o IRAP-PhD). Em seguida, aborda o nascimento da astrofísica relativística que se seguiu aos primeiros cinquenta anos de existência da relatividade geral, época marcada principalmente pela ausência de atividade observacional ou experimental.
Quatro eventos marcaram o início da astrofísica relativística: a descoberta do primeiro quasar por Schmidt, em 1962, e de Scorpius X1 por Riccardo Giacconi em 1963, da radiação cósmica de fundo por Penzias e Wilson em 1964, e dos pulsares por Jocelyn Bell e Antony-Hewish em 1967. Estes acontecimentos levaram a um desenvolvimento sistemático da compreensão dos quatro pilares da astrofísica relativística: (1) supernovas - onde observações da Nebulosa do Caranguejo são relevantes ainda hoje, (2) as anãs brancas e as estrelas de nêutrons, (3) buracos negros e sua primeira identificação na Nature em Cygnus X1, encontrado por Riccardo Giacconi com o satélite UHURU com base na formação conceitual desenvolvida pelo nosso grupo em Princeton e, finalmente, (4) a descoberta de explosões de raios gama como a maior fonte de energia entregue no menor tempo possível comparado a qualquer outro fenômeno astrofísico. ICRA e ICRANet foram estabelecidos como instituições dedicadas a uma análise aprofundada desses tópicos. A ascensão da nova física e da nova astrofísica em torno desses quatro pilares fundamentais é retratada como a união em uma única matriz cósmica envolvendo o colapso gravitacional induzido e a formação de buracos negros. Este processo ocorre em uma interação de muitos corpos e dura menos de três minutos em nossas observações terrestres. Este fenômeno é visível em todo o Universo através da liberação de energia (10^54 erg) equivalente à luminosidade de todas as estrelas do Universo. Chegamos assim à fronteira atual da física e à missão do ICRANet.

1.1 ICRANet e seus membros.

(A partir do Preâmbulo publicado no Diário Oficial n.º 53 de 05 de março de 2005, a Lei 10 de fevereiro de 2005, nº 31, aprovado pela Câmara dos Deputados e Senado por unanimidade)

"Conscientes da importância da pesquisa em astrofísica relativística para o conhecimento davida e da evolução das estrelas e da estrutura de nosso universo, como também para aidentificação das leis fundamentais da natureza;
Conscientes de que as pesquisas nessa área são necessariamente fundadas na cooperaçãointernacional;
Reconhecendo que o estudo de corpos celestes e astrofísicos tem raízes profundas emmuitas culturas;
Considerando o grande interesse popular, em todas as nações, pela descoberta de corpos celestes como pulsares, quasares e buracos negros;
Ressaltando a importância de diversas técnicas e tecnologias usadas e associadas à astrofísica relativística, tais como tecnologias óptica, de rádio, espacial e de telecomunicações, para o desenvolvimento;
Tendo em conta que as partes deste Acordo pretendem instituir uma Rede Internacional de Centros para Astrofísica Relativística, doravante referida como ICRANET, como organização internacional independente, dotada de autonomia administrativa, personalidade jurídica internacional, poderes, privilégios, imunidades e outras prerrogativas necessárias à sua operação eficiente e à consecução de seus objetivos;
Considerando que o Governo Italiano se dispõe a negociar um acordo de sede para a
ICRANET;
As partes signatárias acordam..."

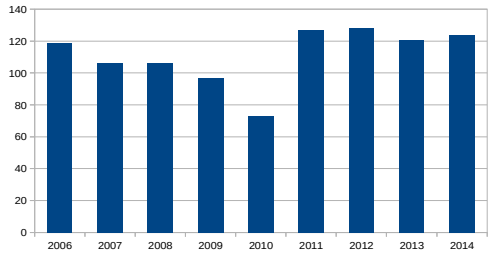
Os membros fundadores são: ICRANet Itália, (Depositário do Acordo), Armênia, o Estado da Cidade do Vaticano, Universidade de Stanford, Universidade do Arizona em Tucson, ICRA. Em 12 de agosto de 2011, a República Federativa do Brasil se fez membro por uma votação

unânime da Câmara dos Deputados e do Senado.

Acordos estabelecendo direitos e privilégios, incluindo extra-territorialidade, foram assinados para a sede em Pescara (matriz do ICRANet), para a sede no Rio de Janeiro, Brasil, e para a sede em Yerevan, na Armênia. Atividades em locais diferentes são possíveis através da rede internacio-nal de fibra óptica que conecta os centros de pesquisa da Itália, Armênia, Suíça, França, EUA e Brasil.

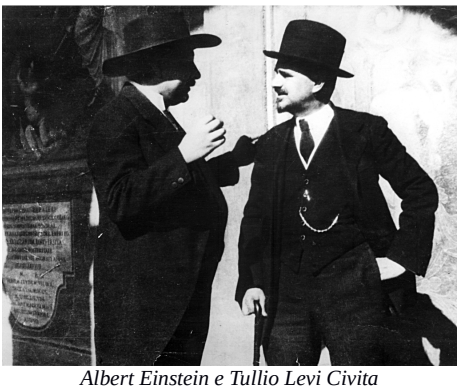
A rede internacional de fibra ótica de alta velocidade que conecta a sede principal do ICRANet as sedes em Nice, Rio de Janeiro, Rome, Stanford, Tucson, e Yerevan, passando por Genebra e Fermilab em Chicago. Em detalhe, o secretário Mario Giro e o prefeito de Pescara Vincenzo D'Antuono atendendo a cerimonia de inauguração da conexão fibra ótica do ICRANet em Pescara, January 21, 2014.

Prof. Remo Ruffini é o diretor do ICRANet que tem um Comitê Diretivo e um Comitê Científico composto por representantes dos países e instituições membros. O primeiro Presidente do Comité Científico foi o Prof. Riccardo Giacconi, ganhador do Prêmio Nobel de Física 2002, que terminou o seu mandato em 2013 por razões de idade. O corpo docente do ICRANet é composto pelos professores Vladimir Belinski, Carlo Luciano Bianco, Luca Izzo, Jorge Rueda, Remo Ruffini, Gregory Vereshchagin, e She-Sheng Xue, e é apoiado por um corpo docente adjunto composto por mais de 30 cientistas de renome internacional participando de atividades do ICRANet, e ainda por oitenta "Formadores" e "Professores Visitantes". Entre estes, além do referido Prêmio Nobel Riccardo Giacconi, são os ganhadores do Prêmio Nobel Murray Gell-Mann, Theodor Hänsch, Gerard 't Hooft e Steven Weinberg. A lista completa de todos os nomes está disponível no site http://www.icranet.org/.



Número de publicações ICRANet em cada ano de 2006 a 2014.

Entre 2006 e início de 2015, o ICRANet produziu 1.800 publicações científicas em suas diversas linhas de pesquisa.



Albert Einstein e Tullio Levi Civita

1.2 As celebrações ICRANet de 2015, o *Ano Internacional da Luz.*

O ano de 2015 comemora a iniciativa das Nações Unidas e UNESCO com o "Ano da Luz", o centenário da formulação das equações da relatividade geral de Albert Einstein, e do quinquagésimo aniversário do nascimento da astrofísica relativística.

Foto em grupo da Reunião MG1 em Trieste

Poster do MGXIV.

O ICRANet é um membro participante destas celebrações. Escrever as equações da relatividade geral foi sem dúvida o resultado da brilhante intuição física de Einstein, baseado no trabalho dos matemáticos Gregorio Ricci Curbastro e Tullio Levi Civita, da Universidade de Pádua e da Universidade de Roma "La Sapienza". Esta combinação singular na história da física e da matemática produziu, provavelmente, a mais alta expressão do pensamento do Homo sapiens. Essencial para este trabalho foi a contribuição de Marcel Grossmann, da Universidade de Zurique, amigo pessoal de Einstein e que tinha um profundo conhecimento da escola italiana de geometria. A fim de promover esta importante colaboração entre a física e a matemática, em comemoração a este evento histórico, Remo Ruffini e Abdus Salam criaram em 1975 a Marcel Grossmann (MG) reuniões realizadas a cada três anos em diferentes países. MG1 e MG2 foram realizadas em 1975 e em 1979, em Trieste; MG3 em 1982, em Xangai; MG4, em 1985, em Roma; MG5 em 1988 em Perth; MG6 em 1991, em Kyoto; MG7 em 1994, em Stanford; MG8 em 1997, em Jerusalém; MG9 em 2000, em Roma; MG10, em 2003, no Rio de Janeiro; MG11 em 2006 em Berlim; MG12 em 2009, em Paris; Mg13 em 2012, em Estocolmo.

Aula aberta do Prof. Remo Ruffini em João Pessoa, no âmbito da Segunda Reunião ICRANet César Lattes, uma reunião satélite do MGXIV.

Prof. Remo Ruffini presenteia C.N. Yang com o Pêmio Marcel Grossman durante a Quarta Reunião Galileo-Xu Guangqi, reunão satélite do

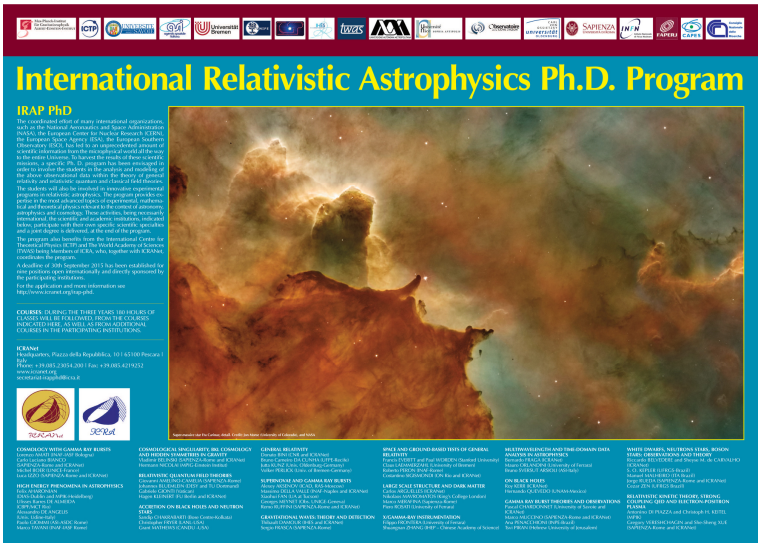
O logo da Reunião Marcel Grossmann é tradicionalmente o logo ICRANet com as cores da cidade ou país anfitrião.

A Décima Quarta Reunião MG (MGXIV) terá lugar em Roma 12-18 julho de 2015 como parte da celebração do "Ano da Luz". Cientistas de mais de 50 países estarão presentes. Durante o curso desta reunião MGXIV, o Prêmio Marcel Grossmann será apresentado tanto para cientistas e instituições que se tenham distinguido por suas contribuições fundamentais para a astrofísica relativística. Entre eles: T.D. Lee, K. Nomoto, M. Rees, Y. Sinai, S. Tsuruta, NC Yang, e o Diretor-Geral da Agência Espacial Europeia (ESA) JD Woerner. Pela primeira vez o MGXIV é acompanhado por reuniões satélites no Brasil (13-18 abril no Rio de Janeiro), China (4-8 maio, em Pequim), na França e no Principado de Mônaco (14-26 setembro), na Colômbia (novembro 27-30) e no México (Dezembro 1-5).

1.3 ICRANet e o Doutorado Internacional em Astrofísica Relativística (IRAP-PhD).

Desde 2005 o ICRANet co-organiza um programa de Ph.D. Internacional em Astrofísica Relativística (IRAP-PhD), juntamente com: AEI - Albert Einstein Institute - Potsdam (Alemanha), CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (Brasil), Centro Indiano de Física Espacial (Índia), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil), Instituto Hautes Études Scientifiques - IHES (França), Observatório da Côte d'Azur (França), Observatório de Xangai (China) Observatório de Tartu (Estônia), Universidade de Bremen (Alemanha), Universidade de Oldenburg (Alemanha), Universidade de Ferrara (Itália), Universidade de Nice (França), Universidade de Roma "La Sapienza" (Itália), e da Universidade de Savoy (França).

O programa IRAP PhD é o primeiro a conceder o grau de Ph.D. entre as instituições participantes, e tem sido uma parte do prestigiado programa Erasmus Mundus, da Comissão Europeia.



Poster IRAP-PhD 2015-2016.

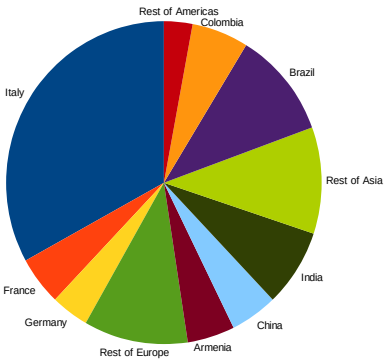
Uma atenção especial vai ser dedicada nos próximos anos, no âmbito do programa IRAP PhD, para Universidades da América Latina que tenham assinado um acordo de colaboração com ICRANet.

Na próxima década, a comunidade científica internacional está envolvida em uma série de grandes projetos astronômicos como a construção do maior telescópio óptico do mundo, o E-ELT (European Extremely Large Telescope), com um espelho primário de 42 metros, que será construído pelo European Southern Observatory, no deserto de Atacama, no Chile; a construção do SKA (Square Kilometer Array) o maior radiotelescópio do mundo localizado em parte na Austrália e na África do Sul, e o CTA (Cherenkov Telescope Array), que vai estudar fenômenos astrofísicos de alta energia a partir do solo. O programa IRAP-PhD desenvolvida pelo ICRANet visa criar as condições para a formação de uma nova geração de cientistas, líderes em seus respectivos campos da astrofísica, e que serão os usuários destes instrumentos em construção. Por esta razão, nós criamos uma rede de universidades e centros de pesquisa que podem oferecer habilidades altamente complementares. O aluno admitido no IRAP-PhD é parte de uma equipe em um dos laboratórios do consórcio, e a cada ano visita outros centros para acompanhar os desenvolvimentos mais recentes com os maiores especialistas do mundo em relatividade geral, astrofísica relativística, cosmologia e teoria quântica de campos.

Entre os centros associados, além dos envolvidos na teoria, existem aqueles que realizam experimentos e observações. Desta forma, os alunos de doutoramento podem ter uma formação completa da astrofísica relativística teórica, e uma visão de como completar uma missão espacial específica ou um trabalho de observação terrestre em astrofísica. Todas as instituições envolvidas no IRAP-PhD têm vasta experiência em colaborações internacionais, tanto ao nível dos professores, como de pesquisadores, estudantes de pós-doutorado e doutores.

A língua oficial do programa é o Inglês, mas os alunos têm a oportunidade de aprender a língua do país de acolhimento, ao seguir uma variedade de cursos nas universidades parceiras.

Até a presente data, o IRAP-PhD efetuou a matrícula de 103 alunos: 1 da Albânia, 2 da Argentina, 5 da Armênia, 1 da Áustria, 2 da Bielorrússia, 11 do Brasil, 5 da China, 6 da Colômbia, 1 da Croácia , 5 da França, 4 da Alemanha, 8 da Índia, 4 do Irã, 34 da Itália, 2 do Cazaquistão, 1 do México, 1 do



Distribuição geográfica dos estudantes IRAP-PhD.

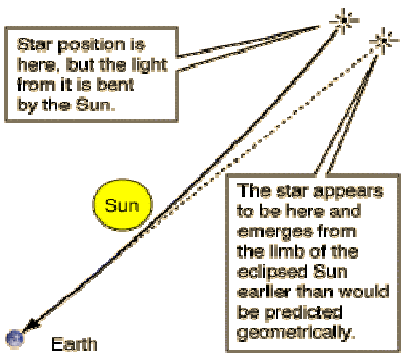
Paquistão, 3 da Rússia, 1 da Sérvia, 1 da Suécia, 1 da Suíça, 1 de Taiwan, 2 da Turquia, 1 da Ucrânia.

1.4. Admissão de novos membros no ICRANet.

A fim de promover atividades em astrofísica relativística, novos países ou instituições serão certamente bem-vindos ao ICRANet. A agregação de novos membros criará mobilidade e centros de investigação conectados, assim como uma desejável ampliação dos comitês do ICRANet. Cada núcleo desta rede deve ter um "staff" não superior a 100 pessoas, incluindo os cientistas e administradores. Se existir uma necessidade de aumentar este número, um novo e distinto centro deverá ser aberto. O financiamento virá através de uma lei do país de acolhimento e cada assento terá imunidades e privilégios para si e seu pessoal, bem como a extra-territorialidade (ver Estatuto ICRANet em: http://www.icranet.org/agreement_statute.pdf). Cada novo membro vai usufruir dos benefícios do ICRANet, por exemplo, o acesso aos centros de dados, bem como a participação na organização de suas escolas e reuniões como a Marcel Grossmann.

2 Da astrofísica para a astrofísica relativística nos últimos 50 anos.

Nos primeiros 50 anos, a teoria da relatividade geral teve um início particularmente difícil. Por um lado, a teoria apresentou dificuldades matemáticas nunca antes encontradas. Teve-se que lidar com um sistema de 10 equações diferenciais parciais de quatro variáveis, que é praticamente insolúvel, exceto em casos extremamente idealizados e particularmente simples. Do ponto de vista experimental e observacional, os fenômenos em nosso sistema solar, onde os efeitos da relatividade geral poderiam ser detectados, consistem de efeitos perturbativos quantitativamente pequenos que, tendo em conta as dificuldades teóricas, dificilmente motivariam um esforço científico substancial. Sabe-se que estes efeitos são a precessão anômala do periélio do planeta Mercúrio, a deflexão da luz originada em estrelas distantes na passagem próxima ao Sol, observada pela primeira vez em Sobral, Brasil, em 29 de maio de 1919, e, finalmente, o desvio para o vermelho das linhas espectrais.

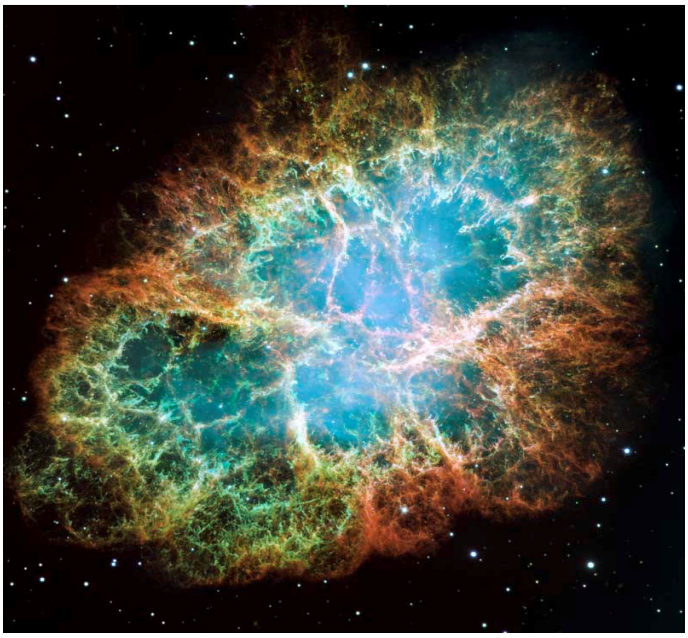


Em seus primeiros 50 anos a relatividade geral despertou o interesse de apenas um pequeno número de matemáticos interessados nos aspectos técnicos das equações de campo, e se distanciou ainda mais do mundo da física e da astronomia. Restavam apenas alguns físicos teóricos, altamente qualificados e fascinados por essa teoria, que apreciavam tanto a profundidade conceitual quanto sua elegância formal. Entre estes estavam Enrico Fermi, Lev Davidovich Landau e Evgenii Mikhailovich Lifshitz, e Wolfgang Pauli.

2.1 O que são as supernovas.

Os primeiros sinais de uma nova era vieram da Califórnia. Lá, uma nova classe de telescópios ópticos poderosos, financiadas principalmente por doações privadas, nos permitiram olhar além do nosso sistema planetário e, pela primeira vez, nos levou para fora de nossa

própria galáxia. Assim, em 1929, a primeira evidência do afastamento das galáxias foi observada por Edwin Hubble com o telescópio Hooker no Observatório de Mount Wilson. O afastamento foi apontado por Hermann Weyl e Alexander Friedman, este último em Leningrado, como a primeira evidência da expansão dinâmica do nosso universo, explicada com precisão por uma solução das equações da relatividade geral de Einstein. Foi também o Observatório de Mount Wilson que permitiu um novo olhar para a Nebulosa do Caranguejo. A Nebulosa é o que restou da supernova do ano de 1054 observada na época pelos chineses, coreanos e por cientistas japoneses. Walter Baade e Zwicky Fritz propuseram que a atividade desta supernova deu origem a raios cósmicos, que hoje são entendidos como fundamentais na evolução biológica terrestre. Mesmo os materiais mais preciosos encontrados na superfície do planeta Terra, como o ouro, foram formadas graças aos processos termonucleares que ocorrem durante a explosão de uma supernova.

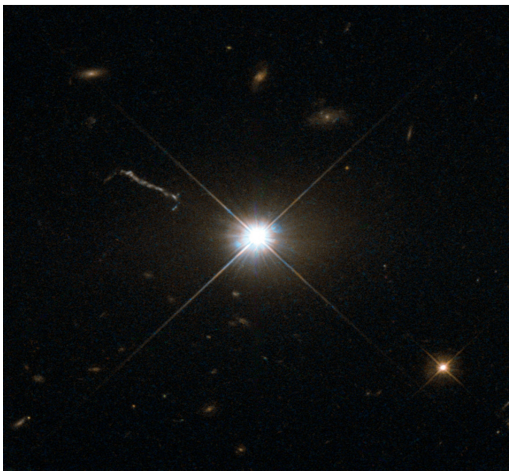


A "Nebulosa Carangueijo" observada pelo Hubble Space Telescope. Crédito: NASA, ESA, J.Hester e A.Loll (Arizona State University)

2.2 O que são as anãs brancas, estrelas de nêutrons e pulsares.

Para esta realidade entraram algumas novas ideias conceituais apresentadas por Ralph Howard Fowler, Edmund Clifton Stoner, Subrahmanyan Chandrasekhar, George Gamow, Enrico Fermi e Robert Oppenheimer. Chandrasekhar deu uma explicação, aguardada por muitos anos, das chamadas "estrelas anãs brancas" que ele provou serem mantidas em equilíbrio por um gás de elétrons descrito por uma estatística quântica de Fermi-Dirac. Pela primeira vez, havia evidência de um objeto astrofísico com uma densidade cem mil vezes maior do que as observadas no sistema solar, pois uma anã branca tem uma massa da ordem da massa solar e um raio similar ao da terra. Em seguida, George Gamow generalizou esta ideia e mostrou que as estrelas que são mais densas, formadas principalmente de nêutrons, devem existir com uma massa igual a do Sol, mas um diâmetro de apenas 10 quilômetros. Mais uma vez o equilíbrio foi assegurado pelo fato de que os nêutrons, como os elétrons considerados por Chandrasekhar, são "férmions", e é precisamente a estatística de Fermi-Dirac que garante o equilíbrio destes sistemas auto-gravitacionais. Como consequência, estas "estrelas de nêutrons" tinham que ter uma densidade de dez trilhões de vezes maior do que os observados no Sistema Solar.

Foi Oppenheimer, juntamente com Robert Serber e George Volkoff, que completaram esta análise no contexto da relatividade geral. Foi novamente Oppenheimer, com seu estudante Sneyder, que criou a hipótese de que, no final da evolução de uma estrela suficientemente massiva, o colapso gravitacional poderia trazer a estrela até um raio crítico completamente dominado pela relatividade geral.



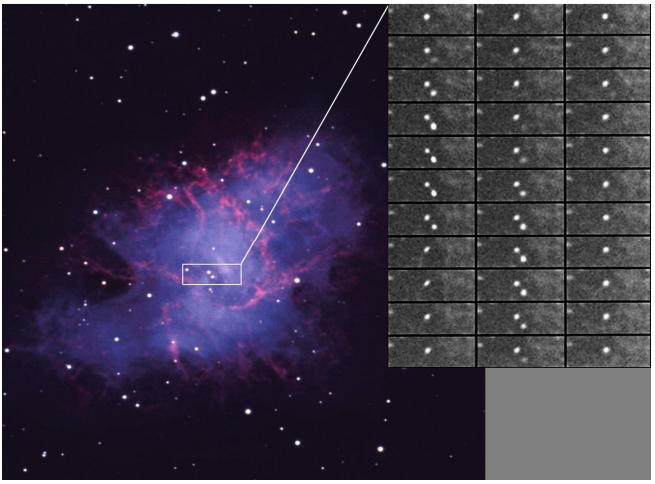
O Quasar 3C273. Crédito: Hubble Space Telescope

Esta expansão conceitual do conhecimento foi seguida por uma segunda onda de quatro descobertas no domínio observacional que vieram para marcar um momento histórico:

1) Foi exatamente a evolução dos grandes telescópios na Califórnia, com a construção do telescópio Hale de 5 metros, no Monte Palomar, que levou Maarten Schmidt em 1962 para descobrir o objeto mais distante conhecido no universo (em um redshift cosmológico z = 0,158, totalizando 2,4 bilhões de anos-luz), com um brilho de 10^48 erg/s, igual ao de um milhão de bilhões de estrelas como o nosso Sol: o quasar 3C273. De repente, percebemos que havia sistemas em nosso universo onde a relatividade geral poderia desempenhar um papel fundamental. A comunidade científica se reuniu em Dallas, Texas, na primeira reunião internacional realizada em astrofísica relativística: The First Texas Symposium on Relativistic Astrophysics.

2) Após alguns meses, em 1963, utilizando pela primeira vez as tecnologias desenvolvidas para a detecção de explosões nucleares após o fim da II Guerra Mundial, Riccardo Giacconi enviou um detector de raios X acima da atmosfera da Terra para evitar a absorção e descobriu a primeira fonte de raios-X cósmicos em nossa galáxia, na constelação de Escorpião, chamada Sco-X1, que logo seria identificado por Iosif Shklovsky como um possível sistema binário contendo uma estrela de nêutrons.

3) Em 1964, o quadro conceitual desenvolvido por George Gamow e Enrico Fermi de um universo inicialmente quente foi definitivamente confirmado pela observação de ondas de rádio por Arno Penzias e Robert Wilson. Neste ponto, o cenário estava pronto para o início da era da astrofísica relativística, tanto do ponto de vista observacional quanto conceitual, fundamentada na teoria da relatividade geral de

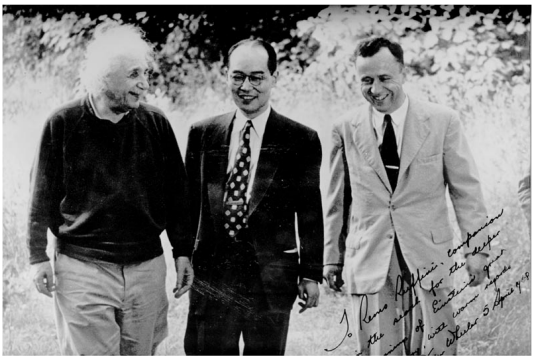


Pulsar na Nebulosa Carangueijo. Crédito: N.A.Sharp/NOAO/AURA/NSF

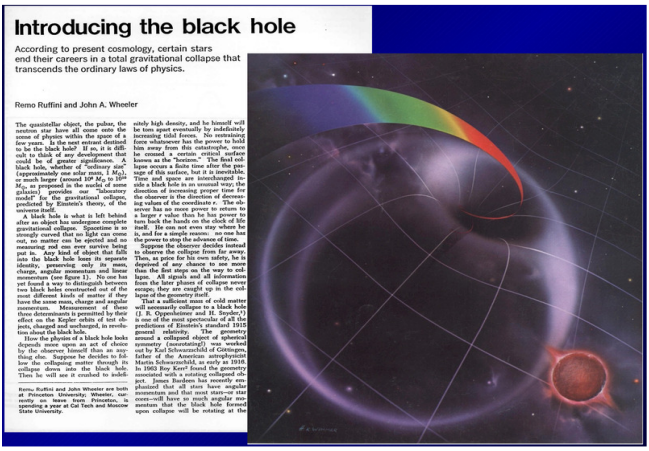
Einstein.
4) Tudo realmente começou em 28 de novembro de 1967: com base na tecnologia de rádio desenvolvida na Segunda Guerra Mundial para radar, a escola de radioastronomia na Inglaterra descobriu pulsares, graças a Jocelyn Bell. Logo depois, um pulsar especial com um período de 33 ms foi identificado à direita do centro da Nebulosa do Caranguejo. Isso finalmente mostrou que, depois de anos de desenvolvimentos conceituais e tecnológicos, de fato existiam estrelas de nêutrons. Isto foi confirmado não só pelo período de rotação muito curto, mas também pelo prolongamento deste período de tempo, o que é tecnicamente chamado a primeira derivada do período, que corresponde a 12,5 ms/ano. Mostra-se assim que a fonte de energia dessa estrela, como indicado por Arrigo Finzi, é a energia rotacional de uma estrela de nêutrons, o que gera a energia necessária para iluminar a "Nebulosa do Caranguejo".

2.3 O que são os buracos negros.

Neste momento, as descobertas se seguiram uma após a outra. As interações entre teoria e experimento, que inicialmente ocorriam em intervalos de décadas, passaram a ocorrer em intervalos de anos, meses e gradualmente reduziram-se para dias e horas. Três grupos de pesquisa teórica desempenharam um papel fundamental durante este período: o de Princeton, liderado por John Archibald Wheeler, ao qual Remo Ruffini se juntou em 1968 (este é o grupo que diretamente revigorou a mensagem de Albert Einstein); do grupo de Moscou, liderado por Jakov Borisovič Zel'dovič, pai da bomba H soviética em conjunto com Andrej Dmitrievič Sakharov, cercado por um grupo de jovens pesquisadores que incluíram Rashid Sunyaev; além destes, finalmente,um grupo de jovens pesquisadores em Cambridge, Inglaterra, quase todos nascidos em 1942, incluindo Martin Rees, Stephen Hawking, Brandon Carter e George Ellis. Foi neste período que Wheeler, com Remo Ruffini, lançou o desafio: não parar no estudo de estrelas de nêutrons, mas ir além, com a introdução dos, até então conceituais, buracos negros como novos objetos astrofísicos.



Einstein. Yukawa. Wheeler



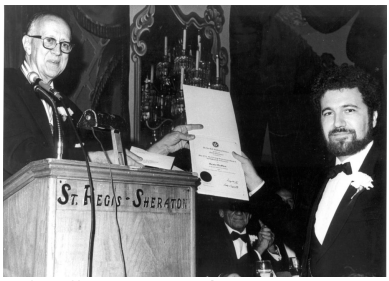
Introducing the black hole

According to present cosmology, certain stars end their careers in a total gravitational collapse that transcends the ordinary laws of physics.

Remo Ruffini and John A. Wheeler

Foi precisamente na Universidade de Princeton, onde 2% dos estudantes de física obteve o Prêmio Nobel, que um número limitado de estudantes entusiasmados trabalhou com Ruffini e Wheeler diretamente

Prof. Giacconi recebe o Prêmio Nobel de Física (2002).



Prof. Ruffini recebe o Prêmio Cressy Morrison da Academia de Ciências de Nova York (1973).

com os dados das missões espaciais da NASA. O lançamento do satélite Uhuru por Riccardo Giacconi e seu grupo levou à identificação de um grande número de sistemas binários, que consistem de uma estrela de nêutrons e uma estrela de dezenas de massas solares, como o Cen-X3. A situação estava pronta para o passo mais difícil, identificar pela primeira vez um buraco negro em nossa galáxia.

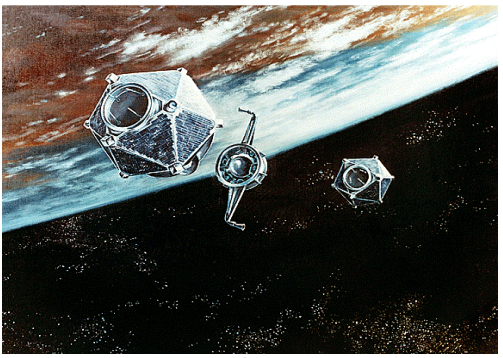
A descoberta foi feita pelo grupo de Riccardo Giacconi usando dados da Universidade de Harvard a partir do satélite UHURU em Cyg-X1, na constelação de Cygnus. A identificação conceitual foi feita por Ruffini e sua equipe no Texas Symposium Meeting, em Nova York, agraciado com o prêmio Cressy Morrison dado a Ruffini pelo New York Academy of Science, e mais tarde com o Prêmio Nobel recebido por Riccardo Giacconi. Em seu discurso de aceitação do Prêmio Nobel Giacconi afirma o ponto crucial: "A massa estimada para o objeto compacto foi maior do que seis massas solares. Rhoades e Ruffini mostraram, em 1972, que buracos negros teriam massas superiores a 3,4 vezes a massa do Sol "(ver também R. Giacconi, R. Ruffini, “Physics and Astrophysics of Nêutrons Stars and Black Holes”, Cambridge Scientific Publishers; 2ª edição. Edição revista, 2009).

Nesse meio tempo um estudante grego de 16 anos, Demetrios Christodoulou, se juntou ao grupo de Princeton e em três anos completou seu Bacharelado e PhD, introduzindo com Ruffini a fórmula de massa para buracos negros. Daí vem um novo paradigma: um buraco negro, apesar de atrair e desaparecer completamente com toda matéria ao seu redor, pode, paradoxalmente, ser uma tremenda fonte de energia. Ao contrário de uma estrela onde apenas 1% da massa pode ser transformada em energia durante sua vida útil de cerca de 5 bilhões de anos, no nascimento de um buraco negro até 50% de sua massa-energia pode ser extraída nos poucos mili-segundos que caracterizam o colapso gravitacional.

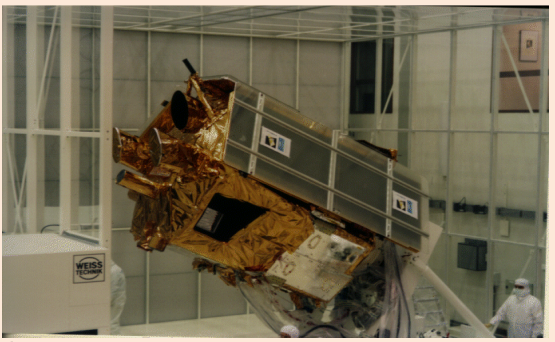
A identificação de estrelas de nêutrons em ondas de rádio e buracos negros por astrofísica de raios-X deixou em aberto a verificação observacional deste paradigma, ou seja, que no momento da formação de um buraco negro uma quantidade de energia equivalente a uma massa solar, ou um mil bilhões de bilhões de bilhões de vezes a de uma bomba atômica típica, possam ser emitidos em uma fração de segundos. Em outras palavras, esta energia liberada em um segundo, equivale à energia irradiada por um bilhão de galáxias neste mesmo segundo, onde cada galáxia contém um trilhão de estrelas, ou seja, praticamente por todas as estrelas do universo. Essa previsão era inerente à fórmula da massa-energia de Christodoulou-Ruffini.

2.4 O que são explosões de raios gama (GRBs).

Foi então que um astrofísico, que já havia irritado políticos e militares, fez um grande avanço em direção a descoberta de novos processos. Jakov Borisovič Zel'dovič prosseguiu em uma ideia maluca: demonstrar a superioridade da União Soviética, no desenvolvimento de foguetes e armas atômicas, sendo a primeira nação a enviar um foguete à Lua para explodir uma bomba atômica, evento que seria anunciado e visível a todos os habitantes da Terra. Esta ideia absurda foi claramente rejeitada com aversão. Havia também uma questão física a se considerar: na Terra, se sabe, por meio de testes com bombas nucleares, que a explosão de uma bomba atômica está ligada a uma emissão espetacular de raios-X e, na ausência de uma atmosfera, uma explosão atômica na lua apareceria apenas em raios gama e não teria sido um espetáculo relevante. Na Rússia, se argumenta que foi o próprio Zel'dovič a demonstrar a inviabilidade da missão. Mas neste ponto o cenário já estava criado: os militares e os políticos levaram esse perigo muito a sério e na implementação do plano de vigilância da não-proliferação de armas nucleares na Terra e no espaço, patrocinado pelos Estados Unidos, colocou em órbita 6 pares de satélites omni-direcionais chamado "Vela", que poderia detectar sinais X e raios gama a partir de todo o espaço fora da atmosfera da Terra, com os relógios atômicos de altíssima precisão a bordo. Triangulando os sinais recebidos em quatro diferentes satélites seria possível identificar qualquer explosão nuclear, tanto na Terra, quanto na Lua e a priori em todo espaço. Os satélites eram



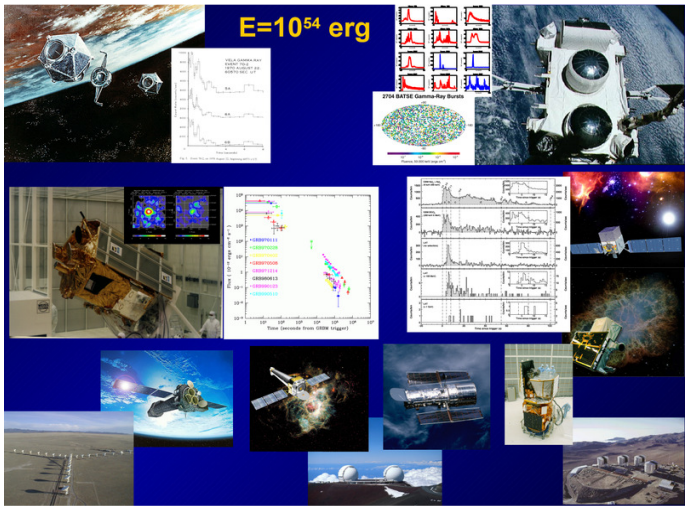
Par de satélites "Vela".
Crédito: Los Alamos National Laboratory

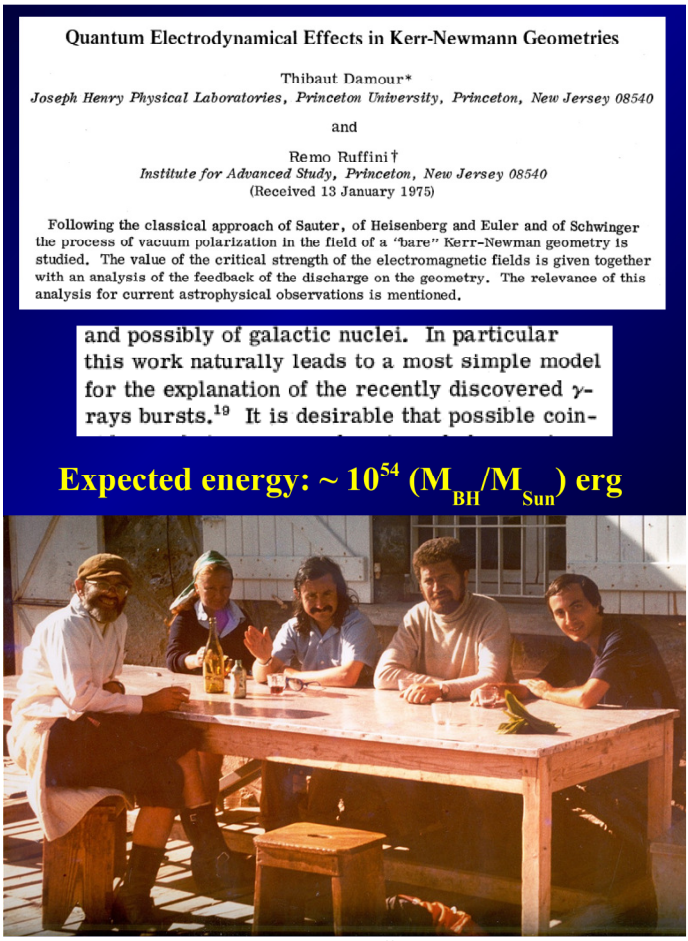


(Crédito: Agencia Espacial Italiana (ASI) e o BeppoSAX SDC)).
O projeto SAX foi o primeiro satélite científico desenhado pela Agência Espacial Italiana (ASI). Começou nos anos 1970, tinha muitos atrasos dado às várias mudanças também por causa do design de uma nova missão fora das principais vias das grandes agências espacias soviética e americana. A idéia surgiu da presença no projeto do grande astrofísico Giuseppe Occhialini e colaboradores. Não devemos esquecer que "Beppo" Occhialini, que perdeu dois Prêmios Nobel em sua juventude, foi também o professor de Riccardo Giacconi em Milão. A originalidade da missão consistiu em unir em um único satélite as ferramentas de ambas comunidades Raios-X e Raios Gama. A inovação e incerteza da missão levou a longos atrasos. Passou de uma missão igualmente financiada entre Itália e Holanda para uma muito mais cara de contribuição holandesa fixa. Um momento de pânico tomou o Comitê Científico da ASI, mesmo quando da limitada contribuição holandesa, que deveria provêr os detectores de Raios-X grande angulares (em inglês, WFC), estava faltando. O Comitê Científico da ASI, em um ato de coragem, tomou conta. Após o lançamento, três dos quatro giroscópios falharam. De qualquer maneira, o sucesso, a coragem e a vontade de um pequeno grupo de jovens pesquisadores treinados nas universidades italianas dirigiu talvez a mais importante missão astrofísica, que possibilitou a identificação de posições de GBRs e a determinação the suas distâncias cosmológicas. Os atrasos econômicos, entretanto, foram paradoxalmente essenciais para seu sucesso, porquê mesmo o Telescópio Espacial Hubble, lançado para identificação ótica de GRBs, foi lançado quase simultaneamente com BeppoSAX.

secretos, e só mais tarde, em 1974, obtiveram resultados, totalmente inesperados, tornados públicos e apresentados por Herb Gursky e Remo Ruffini em uma conferência da AAAS em San Francisco (ver H. Gursky, R. Ruffini "Neutron Stars, Black Holes and Binary X-ray Sources", D. Reidel Publishing Company, 1975). Na verdade, durante os anos em que Vela estava ativo, foi possível verificar que a cada dia, acontecia algo realmente muito semelhante a uma explosão nuclear, mas que não vinha da Terra ou da Lua, ou de qualquer um dos planetas do Sistema Solar. Este grande mistério era agravado pelo fato de que o Vela, projetado para testar explosões nucleares na Terra ou na Lua, não foi capaz de identificar as fontes desses sinais extraterrestres. A sua resolução angular foi, então, limitada a fontes de fora do Sistema Solar, onde literalmente dezenas de bilhões de estrelas eram candidatas para explicar esses sinais, uma tarefa sem esperanças.

O mistério gerou milhares de artigos científicos, quantidade bem acima do número de eventos observados. Nesta mesma época, após a apresentação na conferência, Ruffini e Thibault Damour, um colaborador francês em Princeton e Stanford, sugeriram que a fonte desses eventos foi precisamente o




Quantum Electrodynamical Effects in Kerr-Newmann Geometries

Thibaut Damour*
Joseph Henry Physical Laboratories, Princeton University, Princeton, New Jersey 08540
and
Remo Ruffini†
Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey 08540
(Received 13 January 1975)

Following the classical approach of Sauter, of Heisenberg and Euler and of Schwinger the process of vacuum polarization in the field of a "bare" Kerr–Newman geometry is studied. The value of the critical strength of the electromagnetic fields is given together with an analysis of the feedback of the discharge on the geometry. The relevance of this analysis for current astrophysical observations is mentioned.

and possibly of galactic nuclei. In particular this work naturally leads to a most simple model for the explanation of the recently discovered γ-rays bursts.[19] It is desirable that possible coin-

Expected energy: ~ 10^{54} (M_{BH}/M_{Sun}) erg

(Acima:) O artigo de T. Damour and R. Ruffini, em Phys. Rev. Lett. 35 (1975) 463, com a previsão dos GRBs energéticos . (Abaixo:) Jim Wilson, Francis Everitt, Remo Ruffini e Thibault Damour em 1975.

nascimento de um buraco negro. Eles apresentaram este trabalho na prestigiada revista americana Physical Review Letters. O trabalho estabeleceu o fato de que, se este modelo pudesse ser verificado, então, a energia de tais eventos deveria ser 10^54 erg, isto é, precisamente igual à energia emitida ao mesmo tempo por todas as estrelas do universo combinadas. Estávamos diante de uma nova forma de energia, diferente da química tradicional ou energia eletromagnética ou nuclear: a energia "blackholic"!
Iniciou-se uma corrida para verificar esta possibilidade perturbadora na qual a relatividade geral é a chave para as explosões mais poderosas do universo, perdendo apenas para o Big Bang. Esta corrida só terminou em 1997, com as observações do satélite ítalo-holandês BeppoSAX, que abriu uma nova era na astrofísica relativística com uma colaboração harmoniosa entre todos os satélites que operam fora da atmosfera da Terra: em raios-X e raios gama, e com todos os observatórios no óptico, rádio, e comprimentos de onda de alta energia sobre a superfície do nosso planeta. Descobriu-se que a ordem de energia das explosões de raios gama era na verdade de 10^54 erg, como previsto por Damour e Ruffini 24 anos antes.

3 ICRA e ICRANet.

Em 1985, o ICRA foi fundado por Remo Ruffini juntamente com Riccardo Giacconi (Prêmio Nobel de Física 2002), Abdus Salam (Prêmio Nobel de Física 1979), Paul Boynton (Universidade de Washington), George Coyne (Director do Observatório do Vaticano), Francis Everitt (Universidade de Stanford), Fang Li-Zhi (Universidade de Hofei). Em 2005, o ICRANet nasceu e foi dedicado a um completo entendimento desses fenômenos cósmicos, bem como a muitas outras áreas de pesquisa em relatividade geral, tirando as devidas consequências para o progresso na investigação em física teórica e matemática fundamental, bem como as consequências conceituais para entender a necessidade da existência desses objetos que fazem a vida possível em nosso universo como o conhecemos hoje.

Tudo isso só foi possível através da colaboração ativa com muitas instituições internacionais e com a participação de um número de estudantes entusiasmados.
Mas, de volta às fronteiras de astrofísica relativística...

4 Os quatro pilares fundamentais da astrofísica relativística e o surgimento de uma nova física.

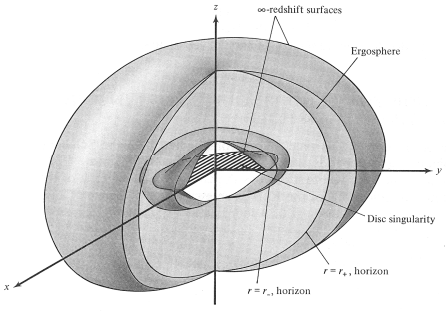
Nos primeiros 40 anos de astrofísica relativística, quatro pilares principais foram identificados e explicados em seus aspectos conceituais:

a) **Supernovae**, com o seu papel na formação dos elementos pesados, do carbono passando ao ferro e ao carbono, essencial para nossas vidas. Sua energia é de origem gravitacional, e é gerada no processo final do colapso de uma estrela que dá origem a uma estrela de nêutrons e a uma emissão violenta de neutrinos. Isto foi verificado recentemente, com a captura de neutrinos em observatórios subterrâneos no Japão. Estes foram emitidos por uma supernova em nossa própria galáxia. O satélite AGILE e os telescópios H.E.S.S. também observaram emissões inesperadas em energias elevadas, que deram a oportunidade de descobrir novos conceitos de física e astrofísica nesses objetos conhecidos e observados durante o último milênio.

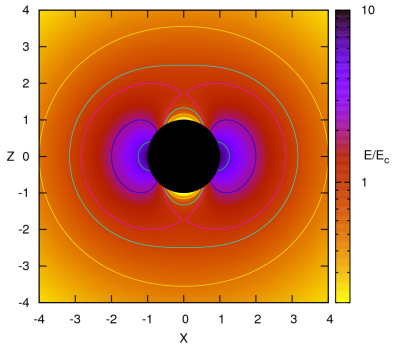
b) **Estrelas de nêutrons**, que oferecem a oportunidade de estudar um sistema de férmions em equilíbrio auto-gravitacional tendo em conta todas as interações fundamentais: relativistas, gravitacionais, nucleares e sub-atômicas. Hoje, graças ao progresso desse conhecimento, a sua massa crítica parece ser muito mais elevada do que o inicialmente previsto por Oppenheimer. De um ponto de vista observacional, estrelas de nêutrons em rotação (pulsares), oferecem a possibilidade de estabelecer um sistema padrão de medida de tempo, valida para toda a nossa galáxia e em galáxias próximas. Isto é possível graças ao programa SKA, muito mais preciso do que os relógios atómicos mais avançados na superfície da Terra.

c) **Buracos negros**, com dezenas de massas solares, foram descobertos em sistemas binários permitindo pela primeira vez o estudo de efeitos completamente novos e não apenas perturbativos, mas no campo "forte" da relatividade geral de Einstein:

i) O conceito de "horizonte de eventos" nos permitiu explorar pela primeira vez com equações matemáticas precisas as extensões da coordenada temporal e as estruturas causais do nosso espaço-tempo, que só haviam sido imaginadas, mas nunca trabalhadas cientificamente desde os paradoxos da filosofia grega antiga.



Estrutura dos horizontes e ergoesfera de um buravo negro. Imagem reproduzida de H. Ohanian, R. Ruffini, "Gravitation and Spacetime", Cambridge University Press, 3 edition (2013)

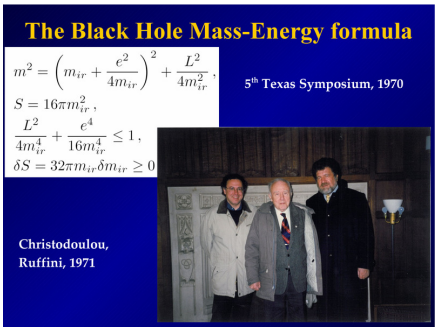


Estrutura do dyadotorus de um buraco negro.

ii) O conceito de que uma região do espaço-tempo que poderia ser alcançada mas de onde nenhum sinal poderia ser emitido para comunicar observáveis para o lado de fora, era uma das mensagens mais inesperadas.

iii) A capacidade de extrair energia de rotação de um

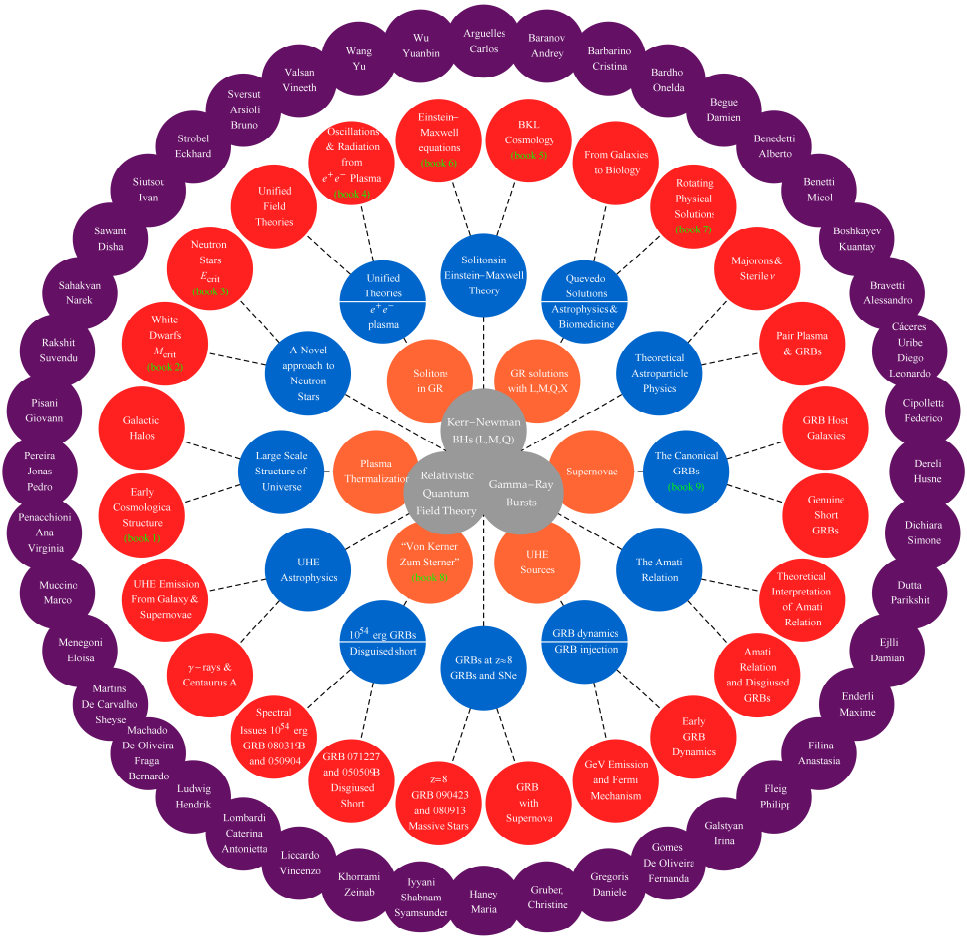
buraco negro de Kerr marcou um dos momentos mais revolucionários da física, com a introdução de novos conceitos como "ergosfera", "dyadosphere" e "dyadotorus", que, como o termo "buraco negro" , fizeram necessária a introdução de novas palavras nos dicionários de todas as linguagens contemporâneas. iv) A fórmula de massa do buraco negro, e o fato de que a energia de ligação gravitacional de uma partícula em torno de um buraco negro poderia se tornar comparável com a massa-energia de repouso (0.49mc ^ 2), fazem agora parte de todos os livros didáticos de física, e representam as principais contribuições da astrofísica relativística à física fundamental. Tudo isso fez-se ainda mais importante pelo fato de que os buracos negros de massa muito maior, de dezenas de bilhões de massas solares, foram descobertos no centro de muitas galáxias, e são, de facto, a explicação dos quasares, descobertos em 1962 um dos sinais premonitórios da astrofísica relativística, como o acima mencionado 3C273. Hoje, uma grande quantidade de atenção é dedicada ao estudo de um possível buraco negro de 4 milhões de massas solares no centro da nossa galáxia, que está atualmente em uma fase de inatividade.



A equação massa-energia para buracos negros. Na foto, Christodoulou, Wheeler, Ruffini.

d) **explosões de raios gama (GRBs)**, que criaram a maior reviravolta conceitual, e representaram a primeira aplicação da física e astrofísica a um objeto completa e unicamente descrito por teorias de campo relativística, a partir de mecânica quântica, física de partículas elementares e relatividade geral. Esses objetos também têm representado um desafio profundo para serem compreendidos, o que tem sido marcado por três fases diferentes: i) a construção de observatórios na Terra e no espaço para obter evidência de novos fenômenos astrofísicos e preparar os conhecimentos teóricos necessários para o seu estudo, ii) a formulação de uma teoria com previsões precisas e a verificação da sua validade, e iii), provavelmente o mais difícil, transmitir este novo tipo de conhecimento da astrofísica relativística para os astrônomos e conceitos desta nova física para físicos tradicionais clássicos. Para um astrônomo clássico, habituado a estudar objetos que variam em escalas de tempo de séculos ou milênios, é difícil encaixar-se no estudo destes processos, entre os mais enérgicos e violentos do Universo, por vezes, de duração inferior a um segundo. É igualmente e ainda mais difícil de acreditar que tal fenômeno, que dura tão pouco tempo, quando comparado com os de nossa experiência cotidiana, não é um fenômeno simples. As tecnologias avançadas, desenvolvidas para telescópios terrestres e espaciais, têm sido capazes de examinar as propriedades de GRBs em escalas de tempo de mili-segundos até milionésimos de segundo e, nas observações feitas em escalas de tempo mais curtos, as mais novas estruturas são encontradas. Estes conceitos comuns de espaço e tempo estão além da compreensão dos não-especialistas em relatividade geral: um sinal de um milésimo de segundo medido por um telescópio perto da Terra corresponde, para alguns GRBs ultrarelativisticos, a um sinal que se propaga por centenas de anos-luz em nosso Universo, o que para um astrônomo clássico é claramente incompreensível. E ainda, no caso dos GRBs, uma nova física é observada diariamente, que permite a aceleração de massas macroscópicas de uma fração de massa solar a velocidades abaixo apenas alguns milionésimos da velocidade da luz, através de um plasma neutro de elétrons e pósitrons, de matéria e

antimatéria : alguns físicos estão tentando reproduzir um processo semelhante com lasers poderosos na Califórnia e no programa ELI Europeu, que é precisamente a física que caracteriza o big bang.
Reconhecer esses quatro pilares da astrofísica relativística tem servido como um estímulo para promover, dentro ICRANet, uma série de outras investigações sobre a matéria escura, a estrutura em larga escala do universo, a formação de núcleos galácticos ativos em quasares, o big bang e os estágios primordiais do universo. Pode-se ver na figura os temas de pesquisa relacionados e teses de doutorado e livros publicados.



5 As fronteiras: colapso gravitacional induzido, a "matriz cósmica", e o papel da astrofísica relativística.

Voltemos aos GRBs, onde a maior descoberta estava por vir, inesperadamente, em um estado que pareceu no início ser conceitualmente contraditório e profundamente complicado; em seguida, dia após dia, hora após hora, revelou-se toda a sua beleza e simplicidade .

5.1 Abordagem gradual para o nascimento de um "buraco negro".

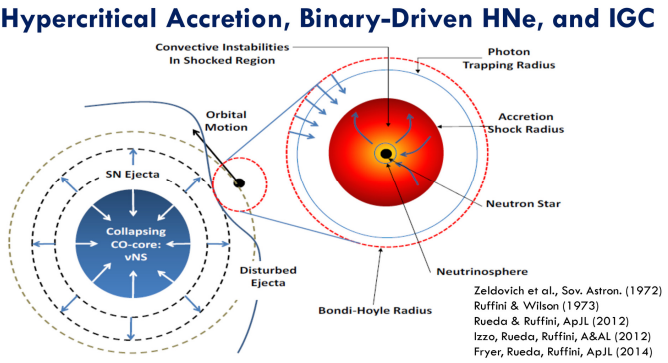
Em 25 de abril de 1998, um GRB irrompeu em simultâneo com a explosão de uma

supernova. Como é que dois objectos conceitualmente, energeticamente e estruturalmente tão diferentes podem ocorrer num mesmo ponto no espaço e no mesmo instante de tempo? Investigações sobre isto continuaram por anos, e só nos últimos meses temos obtido confirmação do conceito de "colapso gravitacional induzido". Apenas alguns anos atrás, pensava-se que uma estrela de massa muito grande, cerca de uma centena de massas solares, evoluiria muito rapidamente no sentido da formação de um buraco negro: quanto mais massiva a estrela mais rapidamente sua evolução e colapso. No entanto, só recentemente, graças às imagens do Telescópio Espacial Hubble, entendeu-se que praticamente todas as estrelas de grande massa formam sistemas binários – como se pode ver na imagem de Eta Carinae. A aproximação para um buraco negro se dá ao longo de um caminho muito longo, estritamente marcado por uma sequência precisa de eventos que se seguem uns aos outros com ritmos cada vez mais acelerados e cada um dos quais está marcado por uma fase diferente de colapso gravitacional, com uma influência da relatividade geral que se torna mais e mais pronunciada até que finalmente se chega ao nascimento do "buraco negro" completamente e exclusivamente esculpidas na estrutura do espaço-tempo. É como se a natureza tivesse escolhido criar um caminho que apenas as pessoas que podem se beneficiar do conhecimento da relatividade geral de Einstein poderiam reconhecer suas etapas e sucessões de acontecimentos, e perceber totalmente a singularidade deste evento cósmico, que perde apenas para o nascimento do Universo.

Eta Carinae.

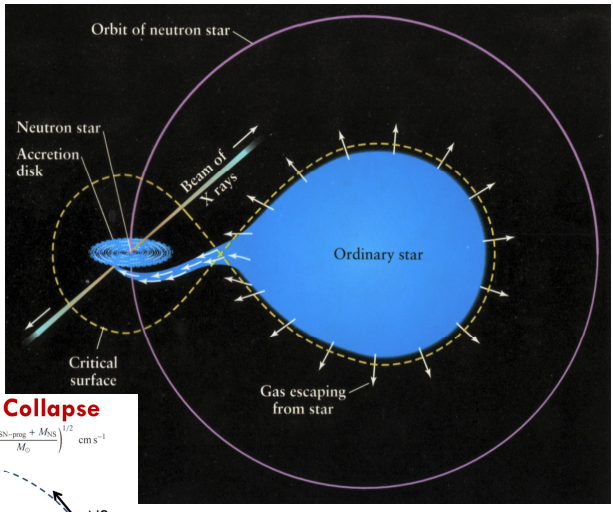
5.2 Colapso Gravitacional Induzido.

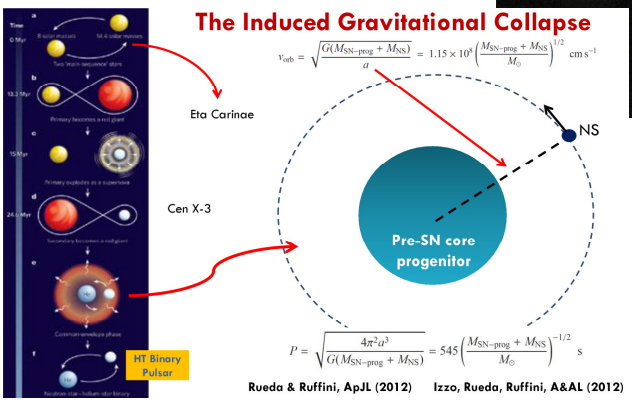
Estes estudos foram realizados principalmente no ICRANet, com muitos jovens estudantes e investigadores de pós-doutoramento que fizeram contribuições fundamentais que as tornaram famosas na comunidade científica mundial. Ao contrário do modelo tradicional, que vê um GRB como um único processo elementar, ficou claro que na abordagem ICRANet, todos os GRBs se originam dentro de sistemas binários formados



Processo de acresção e colapso gravitacional induzido em um sistema binário.

inicialmente por duas estrelas de grande massa e passam por uma seqüência de processos. Esta sequência começa a partir de um sistema binário com uma massa total de cerca de 100 massas solares e: 1) das duas estrelas que formam o sistema binário inicial, a estrela de massa maior evolui num tempo mais curto e, num primeiro





processo de colapso gravitacional, cria uma supernova que dá origem ao nascimento de uma estrela de nêutrons: nesta fase um sistema binário é formado, como Cen-X3; 2) numa segunda fase o sistema binário, que agora contém uma estrela de nêutron e uma estrela massiva, evolui para um sistema muito mais compacto do que o inicial com um período de rotação binário mais curto, até que a segunda estrela maciça também explode em uma supernova; 3) neste processo uma segunda estrela de nêutrons é formada, eo material ejetado pela supernova é acretado sobre a primeira estrela de nêutrons que chega a sua massa crítica e colapsa gravitacionalmente para formar um "buraco negro"; 4) a segunda estrela de nêutrons e o buracos negro, ambos recém-nascidos formam um sistema binário que evolui com a emissão de ondas gravitacionais.

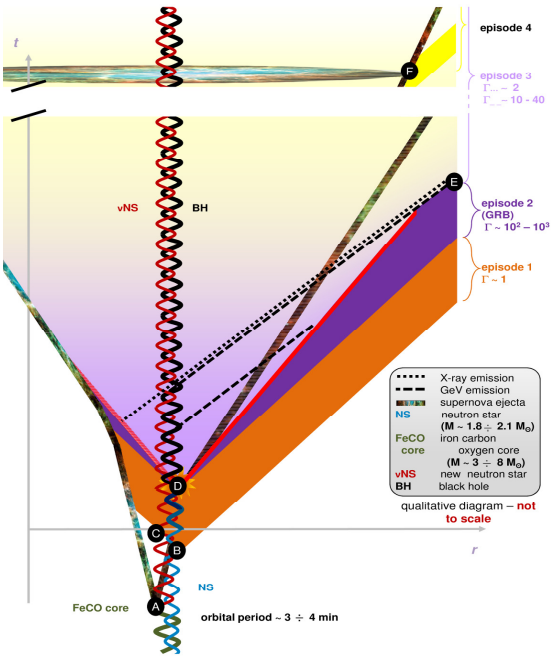
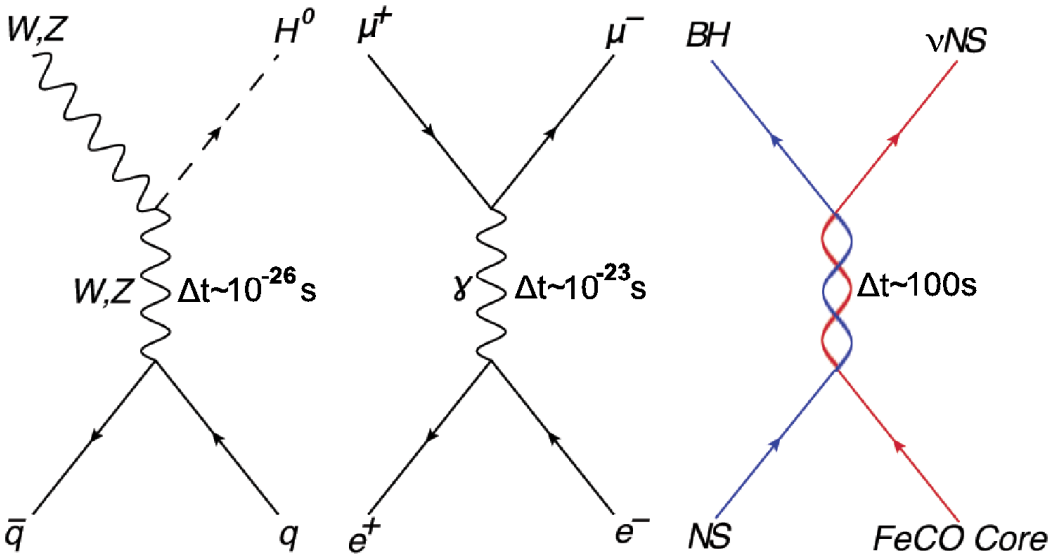


Diagrama espaço-tempoilustrando qualitativamente os diferentes estágios da sequencia de eventos que ocorrem durante a emissão de um GRB.

5.3 A "matriz cósmica".

Isto levou ao conceito de uma "matriz cósmica", onde quatro sistemas elementares interagem juntos em um processo que, visto por telescópios e



A "matriz cósmica".

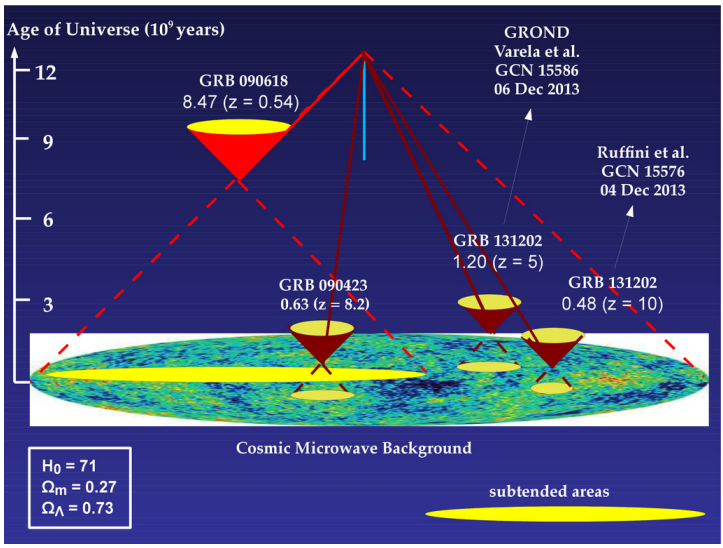
satélites em órbita da Terra, dura apenas três minutos. Estamos testemunhando um processo de transmutação que os físicos já haviam descoberto quando estudaram o decaimento de um nêutron em um próton, um elétron e um anti-neutrino: o famoso "decaimento beta" considerado por Enrico Fermi. O maior

desafio no momento para os jovens em via Panisperna foi compreender como um nêutron pode dar origem a um próton, um elétron e um anti-neutrino: "Onde estavam essas partículas antes?" eles perguntaram, e Fermi explicou-lhes usando a" matriz S" da teoria quântica, introduzida por John Wheeler e Werner Heisenberg, a partir da segunda quantização de Pasqual Jordan. Aqui estamos agora confrontados com uma "matriz cósmica" clássica, na qual um sistema de uma supernova interagindo com uma estrela de nêutrons dá origem a um buraco negro e uma outra estrela de nêutrons. A"matriz S" é observada apenas graças a aceleradores de partículas do mundo das dimensões subnucleares de Fermi, ou seja, 1/10000 de um bilionésimo de um centímetro. A "matriz cósmica" envolve um fenômeno que em apenas três minutos emite a luminosidade equivalente de todas as estrelas no universo: é visível em todo o Universo e permite que você veja todo o Universo! Que um par de elétrons e pósitrons possam ser transmutados, de acordo com a "matriz-S", em um par de mésons μ foi adquirido com as experiências de Ada e, em seguida, Adonis em Frascati, e é agora uma interpretação em que todos os físicos concordam. Agora, para os astrofísicos e astrônomos, abre-se a existência de processos totalmente novos e inimagináveis até poucos anos atrás, permitido pela existência de uma "matriz cósmica". Esta é a primeira vez que a ciência utiliza todo o nosso Universo na formulação conceptual, em previsões teóricas e nas observações.

5.4 Sinais do passado remoto do nosso universo.

As observações de GRBs introduziram uma nova situação conceitual. Sendo os eventos mais luminosos do Universo, eles podem ser vistos a qualquer distância até um redshift

cosmológico z=8, correspondendo a mais de 12 bilhões de anos atrás. Em comparação, o Sistema Solar formou-se há apenas 5 bilhões de anos atrás. O paradoxo é que GRBs são de natureza idêntica, apesar de originarem-se em regiões do espaço-tempo sem conexão causal.



Os cones de luz ilustram bem o cenário de eventos de GRBs. Sendo os eventos mais luminosos do Universo, estes podem ser vistos a qualquer distância até um redshift cosmológico x=8. A linha azul representa a linha de mundo do Sistema Solar, que se extende por apenas 5 bilhões de anos. O paradoxo é que GRBs são de natureza idêntica, apesar de originarem-se em regiões do espaço-tempo sem conexão causal.

6 Outras atividades no centros ICRANet.

Nas seções anteriores apresentamos uma visão geral das atividades do ICRANet e ilustrando apenas uma parte especial relacionada aos quatro pilares fundamentais da Astrofísica Relativística: Supernovas, Estrelas de Nêutrons, Buracos Negros e o fenômeno de Raios-Gamma que reúne todo este conhecimento e representa uma das fronteiras da Física e Astrofísica fundamentais em mais rápida expansão. Estas atividades não saturam as iniciativas científicas do ICRANet em todos os centros da Rede, as quais iremos ilustrar brevemente nas seções que seguem.

6.1 Centros ICRANet em Pescara, Roma e Nice.

Ainda em Roma e em Pescara, temos de retomar a pesquisa fundamental no início da Cosmologia, possível através do "transplante" à Pescara da Escola Russa guiada pelo Prof. Vladimir Belinsky, que também presenciou o prêmio Marcel Grossmann atribuído ao Prof. Yacob Sinai no evento MGXIV (ver seção 1.2). Lembramos neste contexto também as atividades da Sede ICRANet na Villa Ratti, em Nice. Somada às atividades do programa IRAP-PhD, ali estão atividades conectadas às observações de altas energias da Universidade de Savoie e observações do VLT conectadas ao Observatoire de la Cote d'Azur que envolvem trabalhos de tese de estudantes IRAP-PhD. É importante lembrar que a Universidade de Savoie é o laboratório francês mais próximo do CERN, o centro mundial de física de partículas e diretamente envolvido nas descobertas do bosons pesados W+-, Z e Higgs.

Yacob Sinai.

6.2 Centro ICRANet na Armênia.

Particularmente vigoroso tem sido o estabelecimento do Centro ICRANet em Yerevan, na Academia Armena de Ciências, com a assinatura e ratificação do acordo de estabelecimento. Cientificamente, a bem sucedida presença do Prof. Felix Aharonian e do Dr. Narek Sahakyan com seus estudantes e colaboradores no experimento MAGIC pode já apresentar sua eficiência na segunda reunião César Lattes ICRANet, e criou uma vigorosa presença da Armênia nas atividades do ICRANet no Brasil.

O observatório MAGIC.

6.3 Centro ICRANet no Brasil.

Já mencionamos anteriormente as muitas atividades planejadas no Brasil no âmbito do programa IRAD-PhD, além das muitas frentes de pesquisa com dez universidades e centros de pesquisa no Brasil (ver seção 1.3). Existem dois programas específicos a caminho: a possibilidade de reestruturar a sede do Cassino da Urca para sede do Centro ICRANet do

O projeto do arquiteto italiano Carlo Serafini para reestruturação do Cassino da Urca.

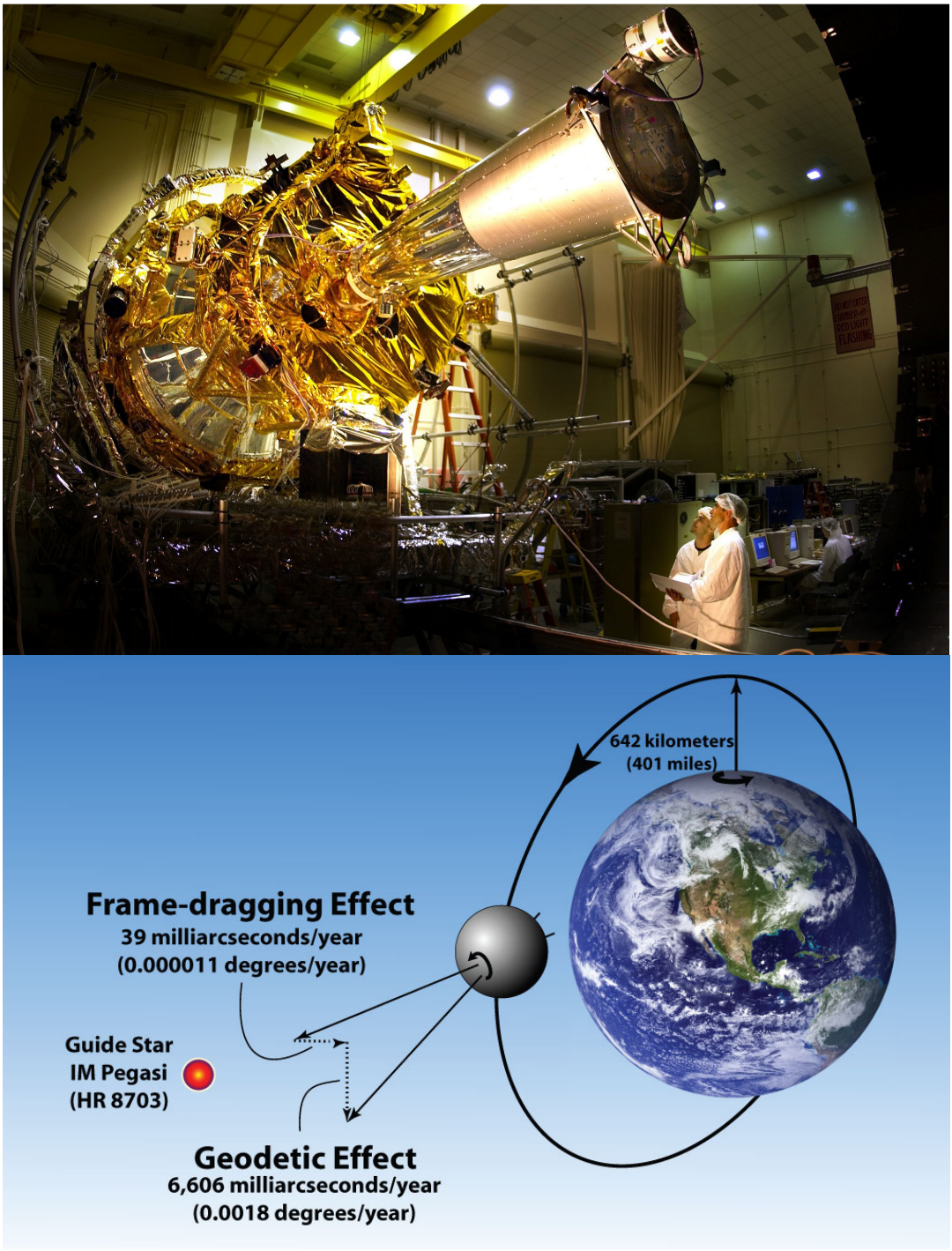
Brasil e América Latina (com projeto do arquiteto italiano Carlo Serafini), bem como escritório inicial do Brazilian Science Data Center (BSDC), uma inovadora base de dados astrofísicos baseada nos conceitos do ASI Science Data Center (ASDC), da Agência Espacial Italiana, que constará como uma infra-estrutura de investigação particular na interface entre astrofísica experimental e teórica. O BSDC está atualmente sendo implementado no Brasil no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e será posteriormente expandido a todos os demais centros no Brasil bem como os Centros ICRANet Latino-Americanos na Argentina, Colômbia e México: uma rede continental de pesquisa sem igual é planejada para a América Latina.

A interface web BSDC

Com este objetivo, estamos planejando outras atividades científicas na Colômbia, onde um acordo foi assinado com a Universidade de Bucaramanga (UIS). Analogamente, existe o plano de realizar a reunião satélite do MGXIV no México (ver seção 1.2), onde acordos foram assinados com a Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) e a Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Em ambos os casos a participação de Colombia e México na ICRANet está sendo considerada pelo Comitê de Direção do ICRANet com uma extensão à região Caribenha.

6.4 Centros ICRANet nos Estados Unidos.

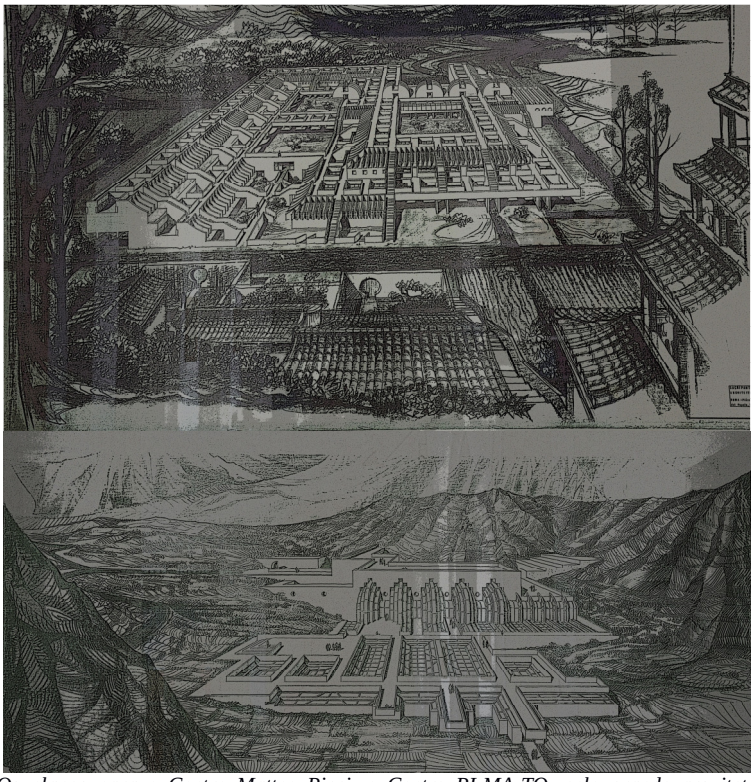
Voltando-se aos Estados Unidos da América (EUA), além das atividades acima mencionadas, lembramos das várias ações promovidas pelo Prof. Riccardo Giacconi, que foi o primeiro presidente do Comitê Científico do ICRANet e finalizou seu mandato em 2013 por razões de idade. Recordamos aqui a atividade especial do Prof. Francis Everitt, reponsável pelo Centro ICRANet na Leland Stanford Junior University, e que é atualmente presidente do Comitê de Direção do ICRANet: a concepção, desenvolvimento, lançamento e aquisição de dados, todo



O experimento Gravity Probe B.

o processo de elaboração da análise final de dados do projeto NASA Gravity Probe B. Os resultados serão apresentados no MGXIV pelo Prof. Francis Everitt, que executou este projeto, considerado um dos mais complexos experimentos de física já realizados. Ainda nos EUA, lembramos a colaboração com a Universidade do Arizona em Tucson, com ambos o Departamento de Física, enquanto o Prof. Fang estava ali, o Departamento de Astronomia, com o Prof. David Arnett cujas contribuições facilitaram profundamente o clareamento e o entenimento da astrofísica das Supernovae no cenário mais recente dos GRBs, que apresentamos acima. Tradicionalmente, no ICRANet, atenção especial tem sido dada às relações com a China (ver, por exemplo, o prêmio Marcel Grossmann a C.N. Yang, na seção 1.2). As atividades ICRANet com a China tem visto a ação apaixonada do Prof. Fang Li-Zhi como presidente do Comitê de Direção do ICRANet desde seu estabelecimento em 2005 até seu falecimento em 7 de Abril de 2012. Da sua atividade devemos apenas recordar seus planos para o Centro Matteo Ricci, o RI-MA-TO Center, qual sintetizamos na imagem do projeto do grande arquiteto italiano Maurizio Sacripanto que ainda planejamos desenvolver.

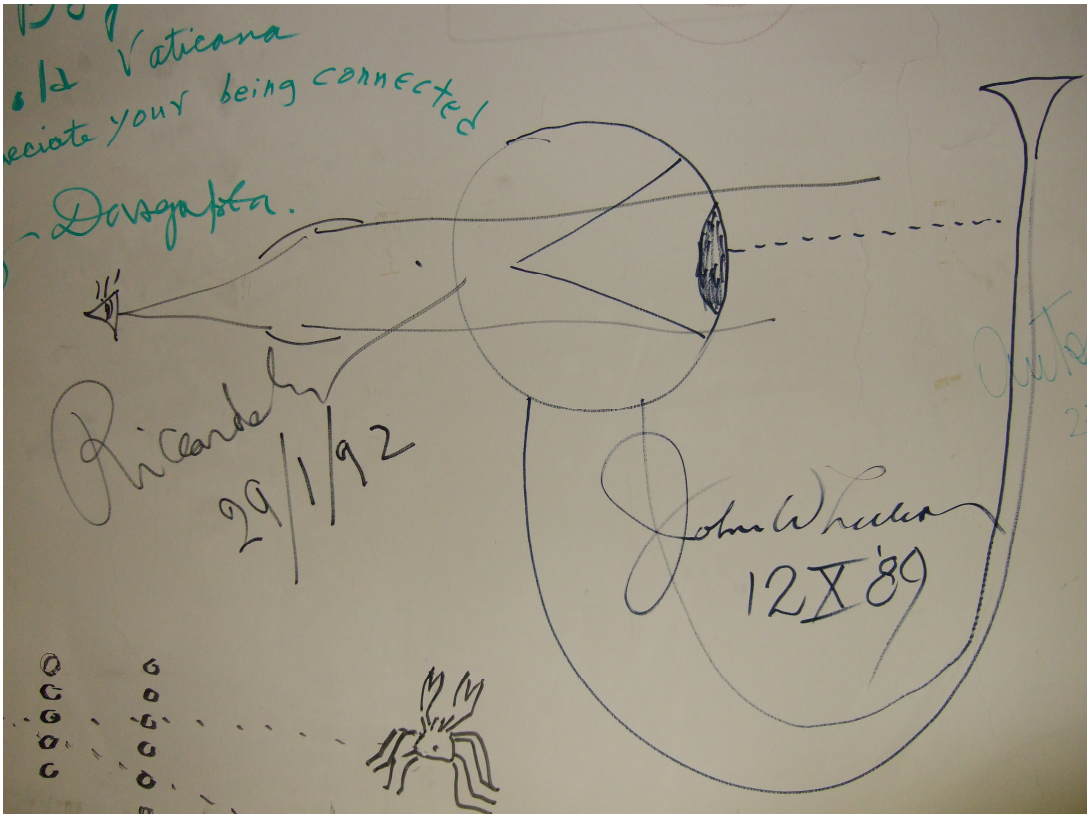
C.N. Yang recebendo o Pêmio Marcel Grossmann em Beijing em Maio 2015



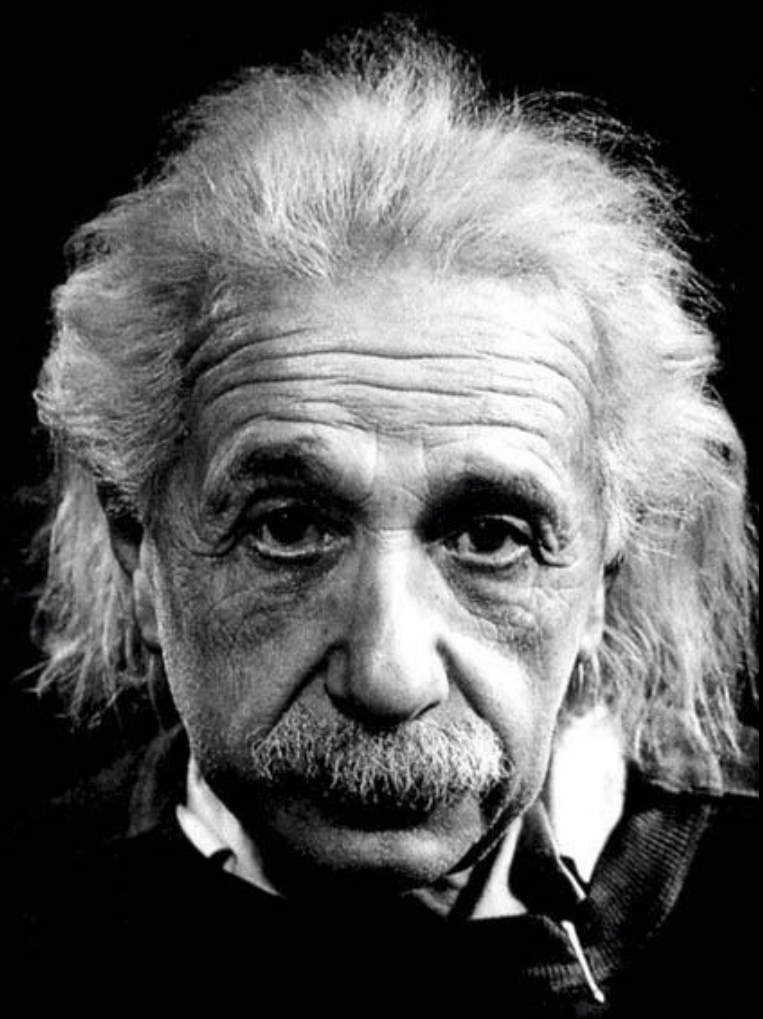
Os planos para o Centro Matteo Ricci, o Centro RI-MA-TO, pelo grande arquiteto italiano Maurizio Sacripanti.

* * *

Astrofísica relativística, cujas "bodas de ouro" celebramos este ano, tem crescido aos mais altos níveis conceituais, geográficos e tecnológicos. Enraizada no trabalho de Galileo Galilei e Enrico Fermi ela encontrou sua própria motivação na revolução conceitual introduzida por Albert Einstein em teorias relativistas e na Relatividade Geral. Voltando-se para o estudo dos eventos mais energéticos do Universo, esta explorou a "terra incognita" fora do grupo local de galáxias e saiu para grandes distâncias e, portanto, para trás no tempo, permitindo a exploração e compreensão de nosso espaço-tempo até o momento da explosão inicial: o Big Bang. Ela descobriu novos sistemas astrofísicos, encontrou novas e extremas condições, e aplicando a elas o conhecimento das físicas obtido desde o estudo do nosso planeta motivou a extensão criando uma expansão do conhecimento científico fundamental. Tudo isso foi possível graças à utilização de tecnologias avançadas para alcançar a meta de um conhecimento mais distante. Isto levou a uma melhoria na qualidade de vida no nosso planeta. ICRANet participa deste processo, fomentando a investigação em toda a sua rede,a qual está se expandindo a cada dia, preparando a formação de novos cientistas que poderão estudar e continuar a promover o desenvolvimento científico, tecnológico e conceitual que encontrou na teoria da relatividade geral e na mente de Albert Einstein a mais alta expressão do "Homo Sapiens".



Assinaturas de John Archibald Wheeler, em 1989, e de Ricardo Giacconi, 10 anos antes de receber seu Prêmio Nobel, no laboratório do grupo G9 no Departamento de Física da Universidade de Roma "La Sapienza". O universo qual torna-se consciente pelos olhos do homem, a anotação de Giacconi indica a consciência do homem que cresce pelas lentes dos telescópios de raios-x que ele inventou para o satélite Einstein da NASA.



ICRANet - Piazzale della Repubblica, 10 - 65122 Pescara, Italy
Tel.: +39 085 23054200. E-mail: secretariat@icranet.org - Web: http://www.icranet.org/