



Inovações Tecnológicas – MARÇO/2020

São apresentados objetos estranhos observados no centro da Via Láctea, como o fósforo que acende a vida migrou das estrelas para a Terra e o Eletromagnetismo de Maxwell estendido para a escala nano. Apreciem e reflitam!

1 –Descobertos objetos estranhos no centro da Via Láctea



Impressão artística dos Objetos G, com os centros avermelhados, orbitando o buraco negro supermassivo no centro da nossa galáxia. O buraco negro é representado como uma esfera escura dentro de um anel branco (acima do meio da imagem).

[Imagem: Jack Ciurlo]

1.1 - Objetos G

Astrônomos descobriram uma nova classe de objetos bizarros no centro da nossa galáxia, não muito longe do buraco negro supermassivo chamado [Sagitário A*](#).

Esses novos [corpos celestes](#), que estão sendo chamados de "Objetos G", parecem compactos na maior parte do tempo, mas se estendem quando suas órbitas os aproximam do buraco negro.

Ou seja, os Objetos G se parecem com gás, mas se comportam como estrelas.

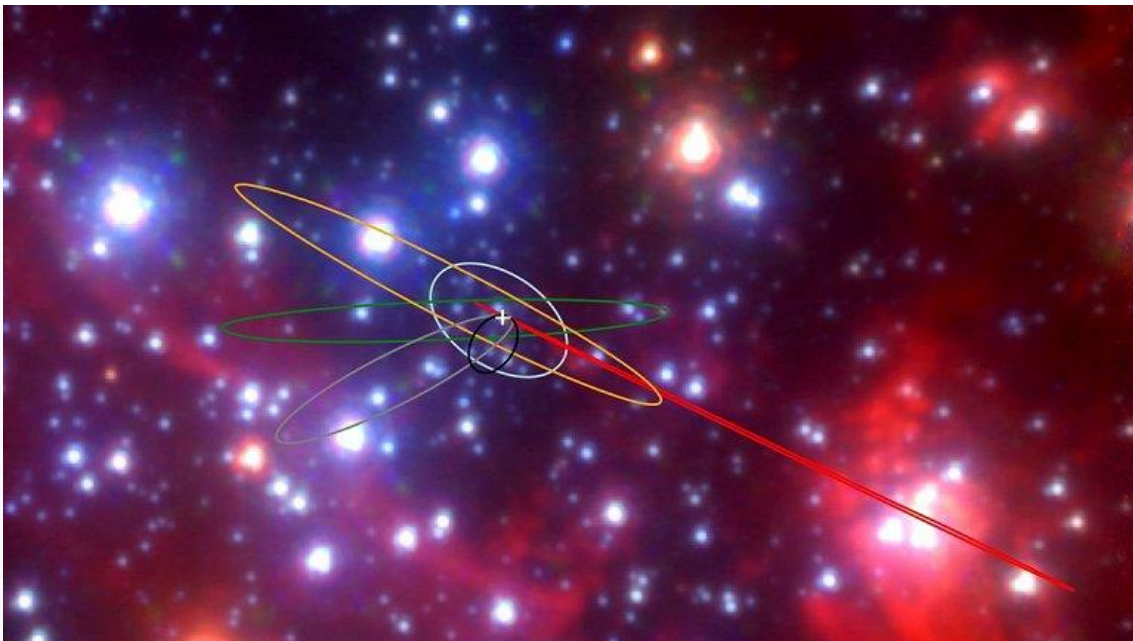
O mesmo grupo de pesquisa havia identificado um objeto incomum no centro da nossa galáxia em 2005, que mais tarde foi batizado de G1. Em 2012, astrônomos na Alemanha fizeram uma descoberta intrigante de um objeto bizarro, agora conhecido como G2, também no centro da Via Láctea, que fez uma aproximação ao buraco negro em 2014.

"No momento de maior aproximação, o G2 tinha uma assinatura realmente estranha," explicou a professora Andrea Ghez, da Universidade da Califórnia de Los Angeles. "Nós já o havíamos visto antes, mas ele não parecia muito peculiar até chegar perto do buraco negro e se tornar alongado, e grande parte do seu gás foi arrancada. Ele deixou de ser um objeto bastante inócuo quando estava longe do buraco negro, para um que ficou realmente esticado e distorcido conforme se aproximava e perdia sua concha externa, e agora está ficando mais compacto novamente."

Agora, a equipe da professora Ghez relatou a descoberta de mais quatro objetos, que estão sendo chamados de G3, G4, G5 e G6. Enquanto G1 e G2 têm órbitas semelhantes, os quatro novos objetos têm órbitas muito diferentes.

"Suas órbitas variam de 100 a 1.000 anos," conta a astrofísica Anna Ciurlo.

E esse não parece ser o fim da história, uma vez que a equipe já identificou alguns outros candidatos que podem fazer parte dessa nova classe de objetos. Novas análises e observações serão necessárias para garantir que esses candidatos também são Objetos G.



Órbitas dos Objetos G no centro da nossa galáxia, com o buraco negro supermassivo indicado por uma cruz branca. Estrelas, gás e poeira estão em segundo plano.

[Imagem: Anna Ciurlo/Tuan Do/UCLA Galactic Center Group]

1.2 - Fogos de artifício de escala galáctica

Uma explicação sugerida pela equipe propõe que todos os seis objetos eram estrelas binárias - um sistema de duas estrelas orbitando uma à outra - que se fundiram devido à forte força gravitacional do buraco negro supermassivo, envoltas em gás e poeira incomumente espessos - a fusão de duas estrelas leva mais de 1 milhão de anos para ser concluída.

Ciurlo observa que, embora o gás da concha externa do G2 tenha se esticado dramaticamente, a poeira no interior do gás não se estendeu muito: "Algo deve tê-lo mantido compacto e permitido que ele sobrevivesse ao encontro com o buraco negro. Isso é evidência de um objeto estelar dentro do G2," disse Ciurlo.

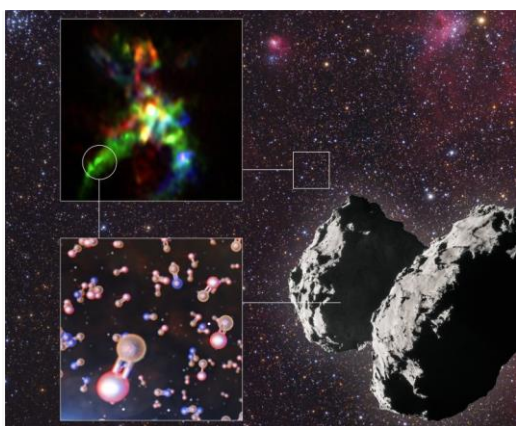
Qualquer que seja a explicação, contudo, a proximidade desses objetos do buraco negro Sagitário A* indica que o núcleo da Via Láctea poderá produzir um show de fogos de artifício de escala galáctica.

"Uma das coisas que deixou todo mundo empolgado com os Objetos G é que coisas que são arrancadas deles pelas forças de maré, conforme eles circundam o buraco negro central, devem inevitavelmente cair no buraco negro," disse o professor Mark Morris, membro da equipe. "Quando isso acontecer, poderá produzir um impressionante show de fogos de artifício, já que o material consumido pelo buraco negro esquentará e emitirá radiação abundante antes de desaparecer no horizonte de eventos."

Bibliografia:

Artigo: *A population of dust-enshrouded objects orbiting the Galactic black hole*
Autores: Anna Ciurlo, Randall D. Campbell, Mark R. Morris, Tuan Do, Andrea M. Ghez, Aurélien Hees, Breann N. Sitarski, Kelly Kosmo O'Neil, Devin S. Chu, Gregory D. Martinez, Smadar Naoz, Alexander P. Stephan
Revista: Nature
Vol.: 577, pages 337-340
DOI: 10.1038/s41586-019-1883-y

2 - Como o fósforo que acende a vida migrou das estrelas para a Terra



Este infográfico mostra os resultados principais do estudo que revelou a linha interestelar do fósforo, um dos blocos constituintes da vida.

[Imagem: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Rivilla et al.; ESO/L. Calçada; ESA/Rosetta/NAVCAM; Mario Weigand]

2.1 - Fósforo e vida

O fósforo, presente no nosso DNA e nas membranas das nossas células, é um elemento essencial à vida tal como a conhecemos.

No entanto, o modo como este elemento chegou à Terra primordial ainda é um mistério, já que, segundo as teorias atuais, um planeta não apresenta as condições para sua síntese em nenhum momento de sua vida.

Esse caminho, da fonte de origem até sua chegada a um planeta, começou agora a ser mapeado. Astrônomos combinaram os dados do radiotelescópio ALMA e da sonda Rosetta para traçar a viagem do fósforo, desde as regiões de formação estelar até os cometas.

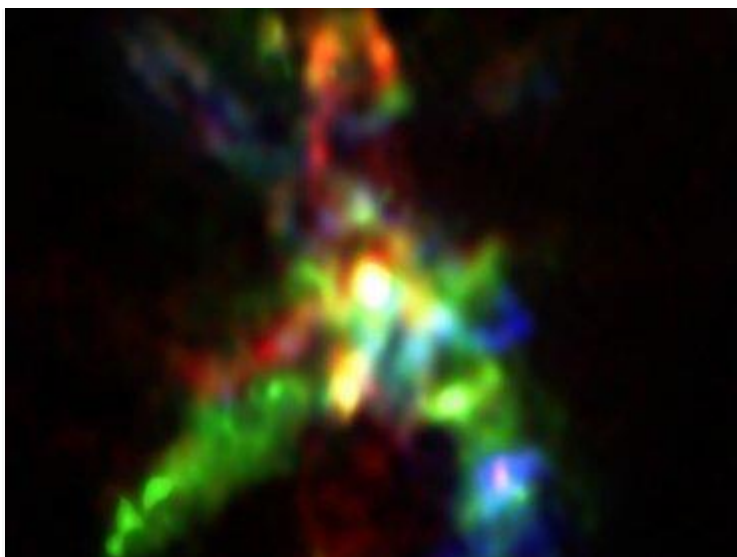
É a primeira vez que as várias peças do quebra-cabeças são encaixadas: Onde as moléculas que contêm fósforo se formam, como é que esse elemento é transportado nos cometas e como é que uma molécula específica pode ter desempenhado um papel crucial no início da vida no nosso planeta.

2.2 - Origem do fósforo

As observações do ALMA mostraram que as moléculas que contêm fósforo são criadas quando estrelas massivas se formam. Correntes de gás emitidas por essas enormes estrelas abrem cavidades nas nuvens interestelares, e moléculas que contêm fósforo formam-se nas paredes dessas cavidades por meio da ação combinada de choques e radiação da estrela nascente.

O monóxido de fósforo foi a molécula com fósforo mais abundante nas paredes das cavidades observadas na região de formação estelar AFGL 5142.

A seguir, a equipe concentrou-se no famoso [cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, visitado pela sonda Rosetta](#) em 2014.



Esta imagem do ALMA mostra a região de formação estelar AFGL 5142, com uma enorme estrela nascente no centro da imagem. As correntes de gás lançadas pela estrela abriram uma cavidade e, nas paredes dessa estrutura, estão-se formando moléculas como o monóxido de fósforo - as diferentes cores representam material movendo-se em diferentes velocidades.

[Imagem: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Rivilla et al.]

A hipótese era que, se as paredes da cavidade colapsam para formar estrelas, em particular nas menos massivas como o nosso Sol, o monóxido de fósforo poderia congelar e ficar preso nos grãos de poeira que permanecem em torno da nova estrela. Se isso realmente acontece, então estes grãos de poeira ricos em fósforo participariam da formação de rochas e eventualmente cometas, estes últimos tornando-se os transportadores do monóxido de fósforo.

2.3 - Fósforo no cometa

E foi justamente o monóxido de fósforo que foi [detectado no cometa 67P pelo instrumento Rosina](#), permitindo aos astrônomos estabelecer uma ligação entre as regiões de formação estelar, onde o fósforo é criado, e a Terra.

"O fósforo é essencial à vida tal como a conhecemos. Como muito provavelmente os cometas transportaram enormes quantidades de compostos orgânicos para a Terra, o monóxido de fósforo encontrado no cometa 67P poderá fortalecer a ligação entre cometas e a vida na Terra," disse a astrônoma Kathrin Altwegg.

Até a missão Rosetta, os astrônomos também acreditavam que a [água da Terra poderia ter sido trazida por cometas](#).

Bibliografia:

Artigo: *ALMA and ROSINA detections of phosphorus-bearing molecules: the interstellar thread between star-forming regions and comets*

Autores: V. M. Rivilla, M. N. Drozdovskaya, K. Altwegg, P. Caselli, M. T. Beltrán, F. Fontani, F. F. S. van der Tak, R. Cesaroni, A. Vasyunin, M. Rubin, F. Lique, S. Marinakis, L. Testi, ROSINA Team

Revista: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

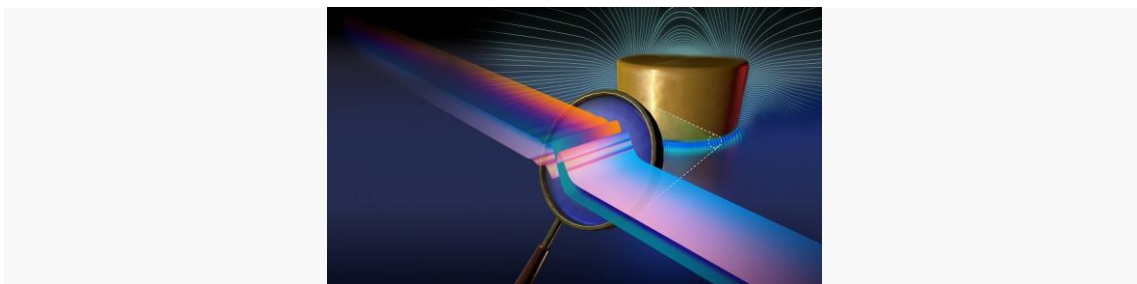
Vol.: 492, Issue 1, Pages 1180-1198

DOI: 10.1093/mnras/stz3336

3 - Eletromagnetismo de Maxwell é estendido para a escala nano

Paola Rebusco - MIT - 17/01/2020

Esta é uma ilustração artística dos efeitos não clássicos no eletromagnetismo em nanoescala. Ela representa um nanodisco acoplado a um filme (a nanoestrutura estudada neste trabalho); o destaque na lupa mostra as escalas eletrônicas de comprimento (neste caso, a "espessura" da carga induzida pela superfície).



[Imagem: Marin Soljaci Research Group]

3.1 - Equações de Maxwell

Mais de 150 anos se passaram desde a publicação de "Uma teoria dinâmica do campo eletromagnético", de James Clerk Maxwell (1865).

Como seriam nossas vidas sem essa publicação? É difícil imaginar, uma vez que este tratado revolucionou nossa compreensão fundamental dos campos elétricos, dos campos magnéticos e da luz.

As 20 equações originais (hoje elegantemente reduzidas a quatro), suas condições de fronteira nas interfaces entre os materiais e as funções de resposta eletrônica na massa do material (permissividade dielétrica e permeabilidade magnética) estão na raiz da nossa capacidade de manipular campos eletromagnéticos e luz.

Portanto, imaginar o que seria nossa vida sem as equações de Maxwell significa tentar imaginar nossa vida sem a maior parte da ciência, da comunicação e da tecnologia atuais.

3.2 - Eletromagnetismo em nanoescala

Nas grandes escalas (macro), as funções de resposta na massa e as condições clássicas nas interfaces (fronteira ou contorno) são suficientes para descrever a resposta eletromagnética dos materiais. Mas, à medida que lidamos com fenômenos em escalas menores, efeitos não clássicos se tornam importantes.

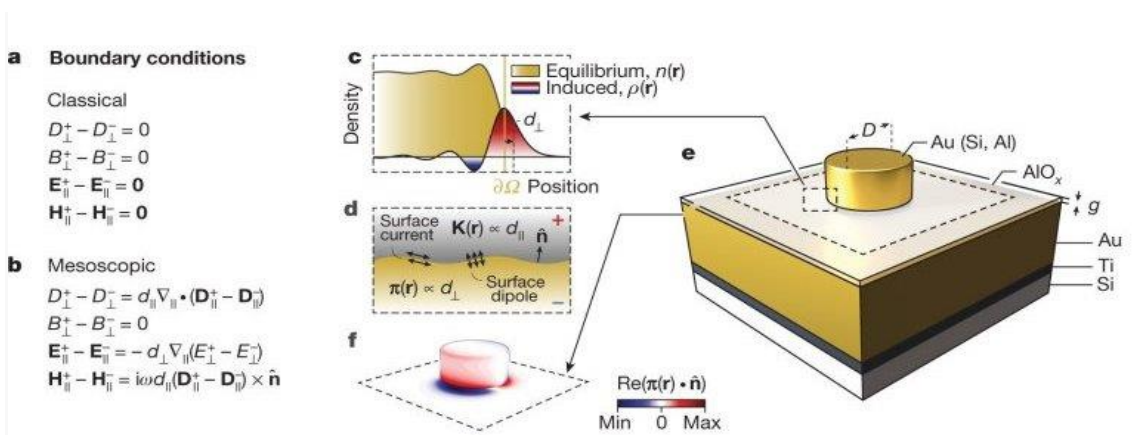
Por exemplo, um tratamento convencional do eletromagnetismo clássico não consegue explicar a mera existência de efeitos como a não-localidade (o fato de que os campos ópticos afetam a polarização não apenas em seu ponto específico no espaço, mas em todo um volume vizinho), o vazamento (a evidência que, quando a mecânica quântica é levada em consideração, os elétrons não estão completamente contidos nos sólidos) e o amortecimento Landau ativado por superfície. Por que essa poderosa estrutura teórica - a física clássica - se esfacela em nanoescala (abaixo de 10 a 20 nanômetros, do tamanho de algumas dezenas de átomos de silício)?

O problema é que as escalas eletrônicas de comprimento estão no centro dos fenômenos não clássicos, e estes não fazem parte do modelo clássico.

Agora, o caminho para entender e modelar fenômenos eletromagnéticos em nanoescala está finalmente aberto. Yi Yang e seus colegas do MIT, nos EUA, apresentaram um modelo que estende a validade do eletromagnetismo macroscópico ao regime nano, estabelecendo uma ponte sobre a lacuna de escala. Do lado teórico, seu quadro teórico generaliza as condições de fronteira nas interfaces incorporando as escalas eletrônicas de comprimento na forma dos chamados parâmetros-d de Feibelman (d_{\parallel} e d_{\perp}).

Os parâmetros-d desempenham um papel análogo ao da permissividade ϵ , mas para interfaces. Em termos de modelagem numérica, tudo que você

precisa fazer é emparelhar cada interface de dois materiais com os parâmetros-d de Feibelman associados e resolver as equações de Maxwell com as novas condições de fronteira.



O novo modelo estabelece uma conexão entre o eletromagnetismo, a ciência dos materiais e a física da matéria condensada.

[Imagem: Yi Yang et al. - 10.1038/s41586-019-1803-1]

Aplicações práticas

No lado experimental, os autores investigaram nanorressonadores acoplados a filmes finos, uma arquitetura multiescala por excelência. A configuração experimental foi escolhida devido à sua natureza não-clássica. "Quando construímos nosso experimento, tivemos a sorte de encontrar a geometria correta que nos permitiu observar as pronunciadas características não clássicas, que eram realmente inesperadas e entusiasmaram a todos. Essas características eventualmente nos permitiram medir os parâmetros-d, que são difíceis de computar para alguns dos materiais plasmônicos importantes, como o ouro (como no nosso caso)," comentou Yi Yang.

O novo modelo e os experimentos são crucialmente importantes tanto para a ciência fundamental quanto para diversas aplicações. Ele estabelece uma conexão até agora inexplorada entre o eletromagnetismo, a ciência dos materiais e a física da matéria condensada - uma conexão que pode levar a novas descobertas teóricas e experimentais em todos os campos relacionados, incluindo química e biologia.

Em termos de aplicações, este trabalho aponta para a possibilidade de projetar a resposta óptica além do regime clássico - um exemplo seria explorar como extrair mais energia de emissores de radiação eletromagnético (todo o espectro) usando antenas.

"Esperamos que este trabalho tenha um impacto substancial. A estrutura que apresentamos abre um novo capítulo para a [nanoplasmônica](#) de ponta - o estudo de fenômenos ópticos nas vizinhanças em nanoescala de superfícies metálicas - e as [nanofotônicas](#) - o comportamento da luz na escala nanométrica - e para controlar a interação de objetos em escala nanométrica com a luz," disse o professor Marin Soljacic.

Bibliografia:

Artigo: *A General Theoretical and Experimental Framework for Nanoscale Electromagnetism*

Autores: Yi Yang, Di Zhu, Wei Yan, Akshay Agarwal, Mengjie Zheng, John D. Joannopoulos, Philippe Lalanne, Thomas Christensen, Karl K. Berggren, Marin Soljacic

Revista: Nature

Vol.: 576, 248

DOI: 10.1038/s41586-019-1803-1

Link: <https://github.com/yiy-mit/nanoEM>