Ciência em Panorama

Edição nº 13

O Observatório Vera Rubin (foto acima) liberou no dia 23/06/2025 as suas primeiras imagens do universo, dando início ao programa denominado Legacy Survey of Space and Time (LSST), com duração prevista de 10 anos. O Observatório fica em Cerro Pachón (Chile) a 2.650 m de altitude e custou 810 milhões de dólares. O telescópio pesa 350 tonelada e está montado sobre um filme de óleo que lhe permite mudar seu alvo em apenas 5 segundos. Seu espelho ótico principal tem 8,4 m e é o maior construído até agora. Com uma câmera digital de 3 toneladas, é capaz de fazer imagens com 3.200 megapixels e varrer todo o céu visível (do Chile) em apenas 3 dias. Deverá detectar milhares de asteróides, de supernovas, milhões de novas galáxias, além de estudar a matéria e a energia escuras. O Brasil também participará do projeto através do Centro Independente de Acesso a Dados (que opera o supercomputador Santos Dumont, em Petrópolis) e processará parte das imagens geradas pelo Rubin. O nome do observatório é uma homenagem à astrônoma norte-americana Vera Rubin que foi pioneira no estudo da matéria escura.

Caro leitor,

Estou enviando a vocês a 13ª. edição da Newsletter "Ciência em Panorama".

Se você não pertence à comunidade USP e deseja receber a newsletter, envie uma mensagem com seu nome para: onody@ifsc.usp.br

Você encontra todas as edições do Ciência em Panorama nesta página.

Artigos mais extensos de Ciência e Tecnologia você encontra aqui.

Um abraço,
Prof. R. N. Onody

Nesta edição:

- Lentes de contacto para enxergar no infravermelho
- Hexanitrogênio – a molécula mais explosiva do mundo
- Quebrando limites da catástrofe da entropia
- Recorde do relâmpago mais longo já observado – 829 km

- **Lentes de contacto para enxergar no infravermelho**

Cientistas chineses desenvolveram lentes de contacto que permitem ver objetos no comprimento do infravermelho. E mais, a qualidade dessas imagens aumenta se você estiver com as pálpebras fechadas!

O olho humano só consegue enxergar luz entre os comprimentos de 400 nm e 700 nm (nm = 1 nanômetro = 10^{-9}m). Essas lentes estendem a visão humana para luz entre 800 nm e 1.600 nm. Elas contêm nanopartículas que convertem o infravermelho para a faixa visível. Isso permite, por exemplo, ver flashes da luz Led presentes nos nossos controles remotos que, tipicamente, operam entre 850 nm e 950 nm.

Por enquanto, essas lentes precisam de fontes de luz infravermelha intensas pois, caso contrário, as imagens aparecem borradas. Os pesquisadores pretendem também adaptar essas lentes para corrigir o daltonismo.

- **Hexanitrogênio – a molécula mais explosiva do mundo**

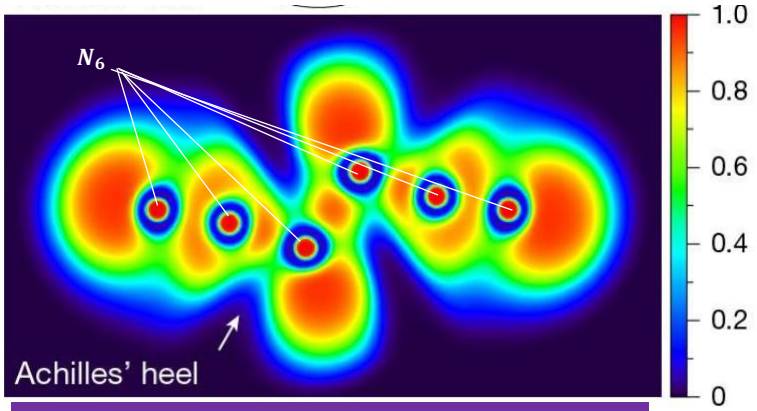
O nitrogênio (ou azoto que, em grego, significa “sem vida”) é o elemento químico 7 da tabela periódica. Em condições normais, é um gás diatômico (N_2) incolor, inodoro e insípido que se liquefaz a -196^{o}C e se solidifica a -210^{o}C. Ele corresponde a 78 % do volume do ar atmosférico, 3 % do peso do corpo humano e está presente em todos os seres vivos, pois ele é constituinte dos aminoácidos e ácidos nucleicos.

Descoberto em 1772 pelo escocês Daniel Rutherford, o nitrogênio tem grande importância industrial participando da composição do ácido nítrico, amoníaco, nitratos (fertilizantes) e até do kevlar e do super bond. Os 2 átomos de nitrogênio têm uma *ligação tripla* muito forte (em moléculas diatômicas, a energia de ligação do N_2 só é menor do que a do monóxido de carbono CO), o que torna a *molécula de nitrogênio* N_2 extremamente estável.

Quando um átomo de nitrogênio está ligado ao oxigênio (grupo nitro) essa ligação é, em geral, bastante fraca, podendo ser rompida com facilidade. A quebra da ligação do grupo nitro libera os átomos de nitrogênio que se recombinam numa reação exotérmica explosiva produzindo grandes quantidades de gás em rápida expansão. É o que acontece, por exemplo, nos explosivos TNT (trinitrotolueno) e Nitroglicerina (componente da dinamite descoberta por Alfred Nobel) inventados em meados do século XIX.

Alótropos são substâncias compostas por *um mesmo elemento químico*, mas, com diferentes formas estruturais ou fórmulas químicas. Exemplos: Carbono – diamante, grafite, grafeno e fulereno; Oxigênio – dioxigênio O_2, ozônio O_3. Até hoje, o único alótropo conhecido do nitrogênio era a molécula N_2, mas, em trabalho recente publicado na revista Nature, químicos orgânicos da Universidade de Giessen (Alemanha) sintetizaram o alótropo *Hexanitrogênio* N_6.

Em temperatura ambiente eles fizeram passar gás de Cloro em baixa pressão pelo sólido Azida de Prata (AgN_3). A reação química produz Cloreto de Prata e o Hexanitrogênio.



Mapa de localização eletrônica do alótropo metaestável N_6 (Hexanitrogênio) e o seu ponto fraco – o calcanhar de Aquiles. À temperatura ambiente a meia-vida do Hexanitrogênio é de 35,7 milissegundos e na temperatura de nitrogênio líquido (-196°C) a meia-vida é de 132 anos. O Hexanitrogênio de decompõe em 3 moléculas de N_2 : $N_6 \rightarrow 3N_2$.

Até a obtenção do Hexanitrogênio, a substância com maior poder explosivo (*excluídos os artefatos nucleares*) era o octogênio (HMX). Veja tabela abaixo.

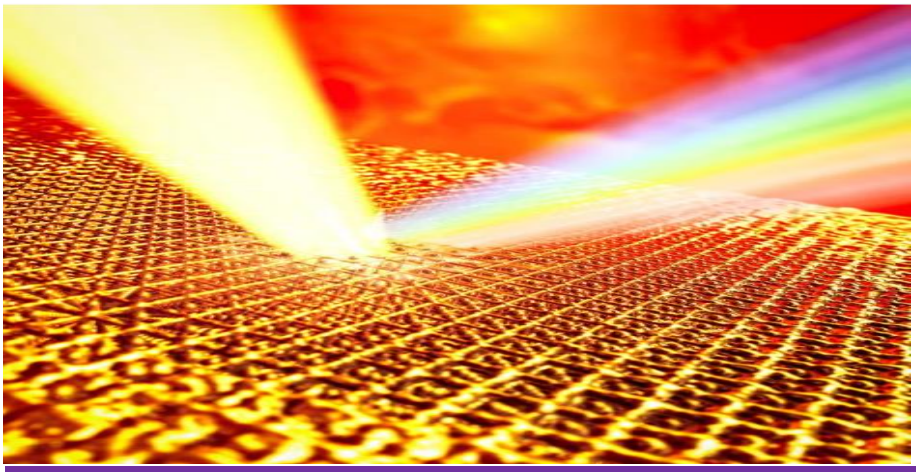
Explosivo	Fórmula	Energia por kg ($10^6\ Joules/kg$)	Fator equivalente TNT	Ano da descoberta
TNT	$C_7H_5N_3O_6$	4,18	1,00	1863
RDX	$C_3H_6N_6O_6$	5,65	1,35	1898
HMX	$C_4H_8N_8O_8$	6,50	1,60	1930
Hexanitrogênio	N_6	9,2	2,2	2025
O explosivo plástico C-6 é composto por 85% - 90% de RDX e o restante é de plástico e material ligante para tornar moldável o explosivo				

- **Quebrando os limites da catástrofe da entropia**

Quando aquecemos um corpo aumentamos sua entropia. No caso de um corpo sólido, quando ele atinge a *temperatura de fusão* T_f, tem que se fornecer calor para que haja a transição de fase para o estado líquido. Até que todo o sólido esteja liquefeito a adição de calor não aumenta a temperatura (processo isotérmico $T=T_f$). A presença de defeitos, impurezas e interfaces *auxiliam essa transição* para o estado líquido. Na ausência deles, o sólido pode ser conduzido a um *estado superaquecido.* Este é um estado *metaestável* em que o sólido permanece sólido em temperaturas maiores do que a temperatura de fusão.

Sólidos extremamente puros e filmes em nanoescala têm menos sítios de nucleação para se liquefazer e são ideais para se criar *estados superaquecidos*. Foi o que Thomas G. White *et al* conseguiram em julho/2025, utilizando um filme de ouro.

Com apenas 50 nanômetros de espessura (1 nanômetro = 1 nm = 10^{-9} m), o filme de ouro foi aquecido por irradiação de luz Laser com comprimento de 400 nanômetros e pulsos ultrarrápidos de 45 femtossegundos (1 femtossegundo = 10^{-15} segundo).



O ouro se funde à temperatura de 1.300 K. No experimento, ele atingiu a temperatura de $19.000\ K \pm 4.000\ K$ (3,3 vezes a temperatura da superfície solar, a fotosfera) mantendo sua estrutura cristalina por mais de 2 picossegundos (1 picossegundo = 10^{-12} segundo), tempo mais que suficiente para que a fusão já tivesse ocorrido.

Para medir a temperatura do filme de ouro, os cientistas inovaram usando uma técnica de espalhamento inelástico de raios-x. Para isso, eles utilizaram a maior máquina de raios-x existente, o Linac Coherent Light Source, que acelera elétrons a 99% da velocidade da luz contra um campo magnético ondulado produzindo um trilhão de fótons de raios-x com 0,165 nm de comprimento.

Num *trabalho teórico* pioneiro de 1988, Fecht e Johnson previram a chamada *catástrofe da entropia* que aconteceria caso o material superaquecido *ultrapassasse* 3 vezes sua temperatura de fusão ($3T_f$). A segunda lei da Termodinâmica seria violada pois, com a mesma entalpia, a entropia do estado sólido seria *maior* do que a entropia do estado líquido!

Como o filme de ouro superaquecido atingiu uma temperatura de 14 T_f teria ocorrido a catástrofe da entropia? A 2ª. lei foi violada? Felizmente, a resposta é não. O limite da catástrofe da entropia foi apenas empurrado para cima! Na figura 4 dos autores Thomas G. White *et al*, eles calcularam a entropia do ouro superaquecido e mostraram que ela era *sempre menor* do que a do ouro no estado líquido. Isso só foi possível porque, graças ao processo de aquecimento super-rápido, não houve expansão volumétrica da rede cristalina do ouro.

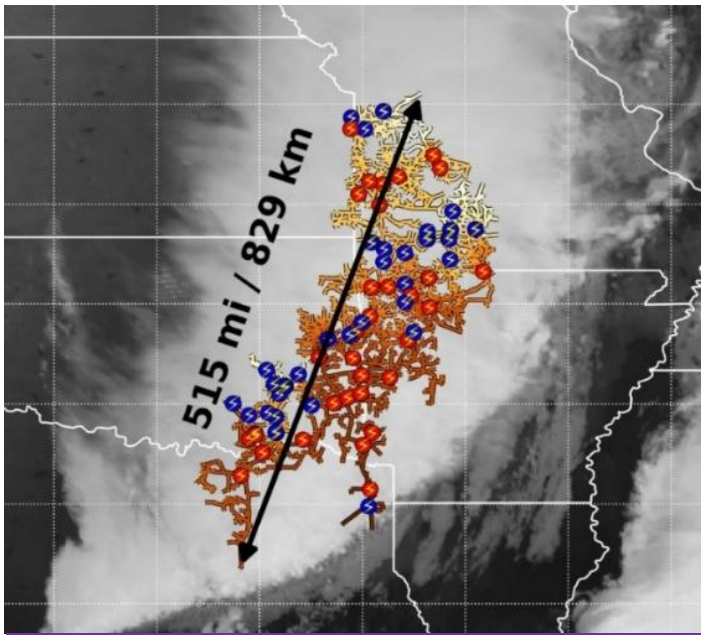
- **Recorde do relâmpago mais longo já observado – 829 km**

A WMO (World Metereological Organization) é uma instituição que coleta dados climáticos globais. Entre outras tarefas, a WMO mantém um arquivo muito importante – o World Weather and Climate Extremes Archive, que registra eventos extremos do clima mundial.

Neste ano de 2025, o cientista atmosférico Michael Peterson do Centro de Pesquisa para Tempestades Severas (do Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Georgia) *reanalisando dados de satélites* de uma super tempestade ocorrida em 22 de outubro de 2017, concluiu que o relâmpago percorreu inacreditáveis $829\ km\ \pm 8\ km$, indo do leste do Texas até a cidade de Kansas City (852 km é a distância em linha reta de São Paulo a Porto Alegre). Segundo Peterson, o raio produziu 116 raios subsidiários e durou 7 segundos.

Esses relâmpagos super longos são conhecidos em meteorologia como megaflashes e são de ocorrência abundante entre o estado de Oklahoma e o estado do Arkansas (EUA) e entre o Uruguai, Argentina e Brasil.

O recorde de duração de um megaflash é de 17,1 segundos e é de uma tempestade que ocorreu entre o Uruguai e a Argentina no dia 18 de junho de 2020.



Mapa composto via satélite mostrando o trajeto do megaflash de 2017. Os círculos correspondem aos pontos de descarga de 116 raios nuvem-terra e suas respectivas polaridades: azuis - negativos , vermelhos – positivos. Crédito: Peterson *et al.*

Foto ganhadora da competição ´Calendário 2025´ da World Metereological Organization.
Fotógrafo: *Edward Mitchell*