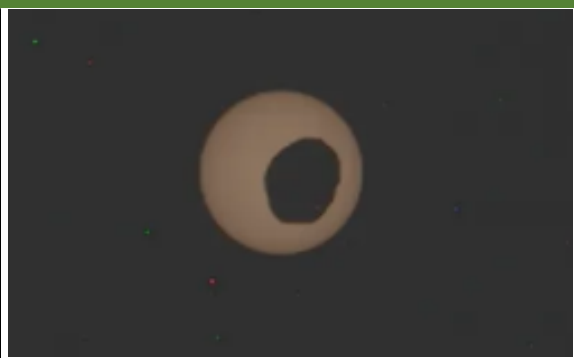
Ciência em Panorama

Edição nº 18



À esquerda: **Esse eclipse solar total foi fotografado na cidade de San Milán de los Caballeros, Espanha, no dia 12/08/26. Nosso único satélite natural, a Lua, tem uma característica muito especial: seu diâmetro dividido por sua distância à Terra é praticamente igual ao diâmetro do Sol dividido pela distância dele à Terra, o que possibilita um eclipse total. Este só pode ser visto completamente apenas em regiões específicas da Terra.**

À direita: **Esse eclipse solar parcial foi fotografado pelo rover Perseverance, da superfície do planeta Marte, no dia 19/08/26. Marte tem 2 satélites naturais: Fobos e Deimos. Fobos é o maior e o mais próximo de Marte (a órbita tem um período de apenas 7h 39 m) . Na foto, vemos Fobos passar em frente ao Sol com um diâmetro aparente em torno de 50% do solar. O rover Perseverance da Nasa está na superfície de Marte desde 30/07/20.**

Caro leitor,

Estou enviando a vocês a 18ª. edição da Newsletter "Ciência em Panorama".

Se você não pertence à comunidade USP e deseja receber a newsletter, envie uma mensagem com seu nome completo 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:

- Quais são os materiais mais escuros já fabricados pelo homem?
- O relógio ótico de Lutécio é o mais preciso do mundo!
- O gluônio foi detectado?
- A busca pelos elementos superpesados 119 e 120 da tabela periódica
- Sobre a divisibilidade por 9 ...
- A revisão por pares e a Inteligência Artificial

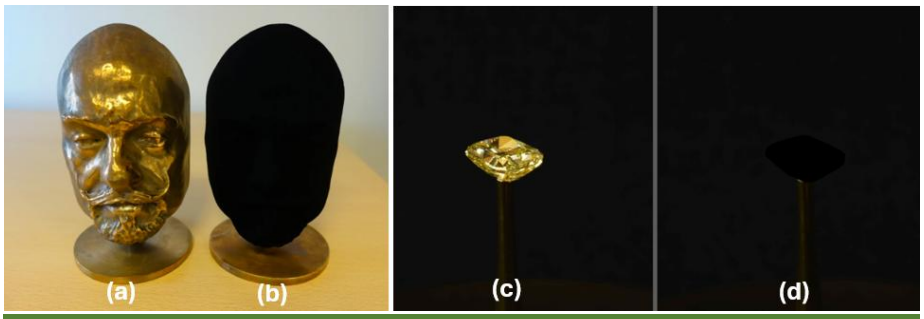
- **Quais são os materiais mais escuros já fabricados pelo homem?**

O quanto um material é mais escuro ou mais claro depende de quanta luz ele absorve ou reflete. Como a luz é uma onda eletromagnética com um espectro gigantesco (vai do comprimento de rádio aos raios gama), eu aqui vou sempre me referir à luz que pode ser captada pelos olhos humanos – a luz visível, que fica na faixa de 400 a 700 nm ($nm = 1\ nanômetro = 10^{-9}\ m$).

Um material pioneiro, muito escuro e revolucionário, foi o Vantablack. O nome é uma composição de Vanta (acrônimo para vertically aligned nanotubes array) + black. Originalmente produzido no formato de um revestimento pela empresa britânica Surrey NanoSystems, ele é hoje vendido no formato de spray para a indústria aeroespacial e automotiva. Seu índice de absorção da luz visível é enorme: 99,965 % e é, praticamente, independente do ângulo de incidência.

Entretanto, o índice de absorção de luz do Vantablack foi superado pelo do material desenvolvido por dois engenheiros (B. Wardle e K. Cui) do MIT (Massachussets Institute of Technology) que atingiu 99,995 % da luz visível. E aqui aconteceu um fato curioso.

Um professor de arte, D. Strebe (também do MIT) conseguiu um diamante amarelo no valor de 2 milhões de dólares, cedido pela West Diamonds, que foi revestido com o produto desenvolvido pelos engenheiros. O diamante foi exibido na exposição "A Redenção da Vaidade" (The Redemption of Vanity), realizada em 2019 na Bolsa de Valores de Nova Iorque. O objetivo dessa exposição era, segundo D. Strebe: *"Mostrar que a desvalorização real de um diamante de 2 milhões de dólares pode ser vista como um desafio ao mercado de arte e uma declaração sobre as artes por meio de um ascetismo estético "*.



**(a) máscara de bronze; (b) recoberta com Vantablack;
(c) diamante amarelo de 2 milhões de dólares; (d) recoberto com nanotubos de carbono.**

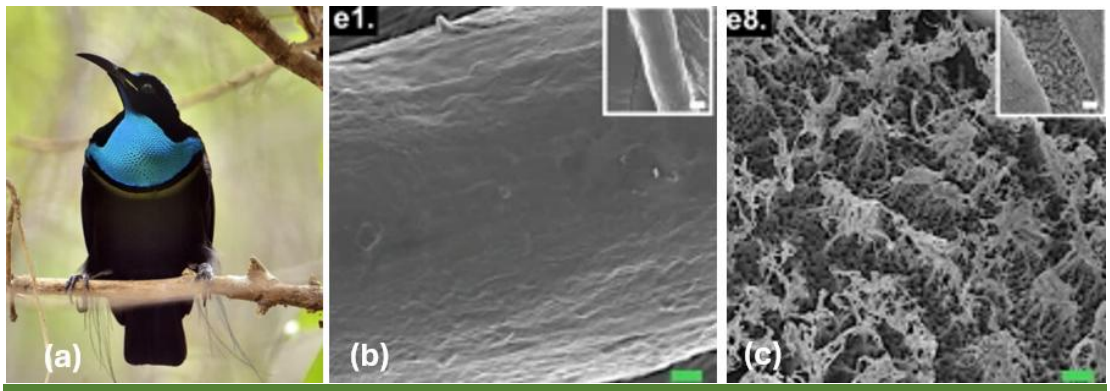
Tanto o Vantablack quanto o produto do MIT se baseiam em estruturas microscópicas de ´florestas´ de nanotubos de carbono. A luz penetra e não consegue sair. A energia luminosa é convertida em calor.

Agora, em 2026, foi publicado na revista Nature, um trabalho que obteve a cor ultra preta diretamente em tecidos de lã e não mais em tintas e revestimentos. Para isso, os pesquisadores da Universidade de Cornell (universidade que, aliás, tem o app Merlin Bird ID para identificar canto de pássaros que é muito bom, recomendo) se inspiraram nas penas super pretas da ave do paraíso (*Ptiloris magnificus*).

As penas da ave do paraíso têm microcanais e cavidades profundas que causam múltiplas reflexões internas que acabam aprisionando a luz incidente. O resultado é uma cor super preta, que os machos utilizam para atrair a fêmea durante a dança da corte.

Os cientistas confeccionaram um tecido super preto a partir da lã branca de merinos. Merinos são ovelhas que produzem uma lã muito macia. Oriundas da península ibérica, essas ovelhas estão hoje espalhadas pelo mundo todo.

Primeiramente, os pesquisadores tingiram a lã branca dos merinos com um polímero chamado polidopamina (DPA). Esse material foi escolhido porque guarda semelhança estrutural com os pigmentos de melanina desenvolvidos pela própria natureza. Em seguida, o material foi colocado numa câmara de plasma de ar que foi mantida à pressão de 0,1 Torr. O ar ionizado grava ou abre sulcos no tecido (nanofibrilas). O resultado final depende do tempo de permanência do material no interior da câmara de plasma. Análises espectrométricas revelaram que o tecido produzido (batizado de PDAMW) absorve 99,87 % da luz visível incidente.



(a) a magnífica plumagem negra da ave do paraíso; (b) a lã branca de merino antes do tratamento; (c) o novo tecido PDAMW. A barra de escala (verde) no canto inferior direito, em ambos os casos, é de 0,001 mm.

Material	Índice de absorção de luz	Ano de fabricação
PDAMW	99,87 %	2026
MIT	99,995 %	2019
Vantablack	99,965 %	2012
Penas da ave do paraíso	99,95 %	-----

- **O relógio ótico de Lutécio é o mais preciso do mundo!**

Medir o tempo sempre foi uma necessidade primária para o ser humano e é cada vez mais importante medir o tempo com *ultra precisão*. Suas aplicações vão desde a manutenção do nosso GPS até pesquisas fundamentais como testes para invariância de Lorentz e Relatividade Geral e a busca da matéria escura.

Os intervalos de tempo de um ano, um mês, um dia, uma hora, um minuto e um segundo nos são familiares. Mas, como medir 1 segundo com muita precisão? A solução veio através da física quântica.

Os níveis de energia dos elétrons que compõem um átomo são quanticamente bem determinados. Para que um elétron transicione de um nível com energia E_A para um nível com energia E_B, ele absorve um fóton com frequência ν (e energia $h\nu$, onde h é a constante de Planck), tal que $E_B - E_A = h\nu$. O valor da frequência ν é o inverso do período T da onda eletromagnética incidente e é medida em Hertz ($1\ Hz = 1\ s^{-1}$). Para medir agora 1 segundo com muita precisão, basta encontrar uma transição eletrônica bem definida e que possa ser tecnologicamente reproduzida em todas as partes do mundo.

O Césio, cujo número atômico é 55, tem 41 isótopos dentre os quais somente o Césio 133 é estável. O estado fundamental do Césio 133 tem dois níveis de estrutura hiperfina com frequência de transição de 9.192.631.770 Hz. O período de oscilação da onda eletromagnética é exatamente o inverso desse número e o comprimento de onda correspondente é de cerca de 3,25 cm (micro-ondas).

Em 1967, o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (com sede em Paris) *definiu 1 segundo* como sendo o tempo de duração de 9.192.631.770 períodos dessa radiação. Coroava assim, os esforços que cientistas vinham realizando

(desde a década de 1950) na criação do relógio atômico. E qual a precisão do relógio atômico de césio? Em 1997, o Bureau definiu que o césio precisaria estar em repouso (temperatura próxima do zero Kelvin) e livre de perturbações (como a radiação de corpo negro produzida pelo ambiente no entorno). Os melhores relógios atômicos de césio têm erro de apenas 1 segundo em 300 milhões de anos!

No começo dos anos 2000, teve início o desenvolvimento dos relógios ópticos. Eles operam radiação eletromagnética na faixa de 200 a 1000 nm (1 nm = $10^{-9}m$), isto é, vai do comprimento do ultravioleta até o infravermelho, percorrendo todo o visível (380 a 750 nm). Os relógios ópticos são *milhares de vezes mais precisos* do que o relógio de césio que, como vimos, opera no comprimento de micro-ondas.

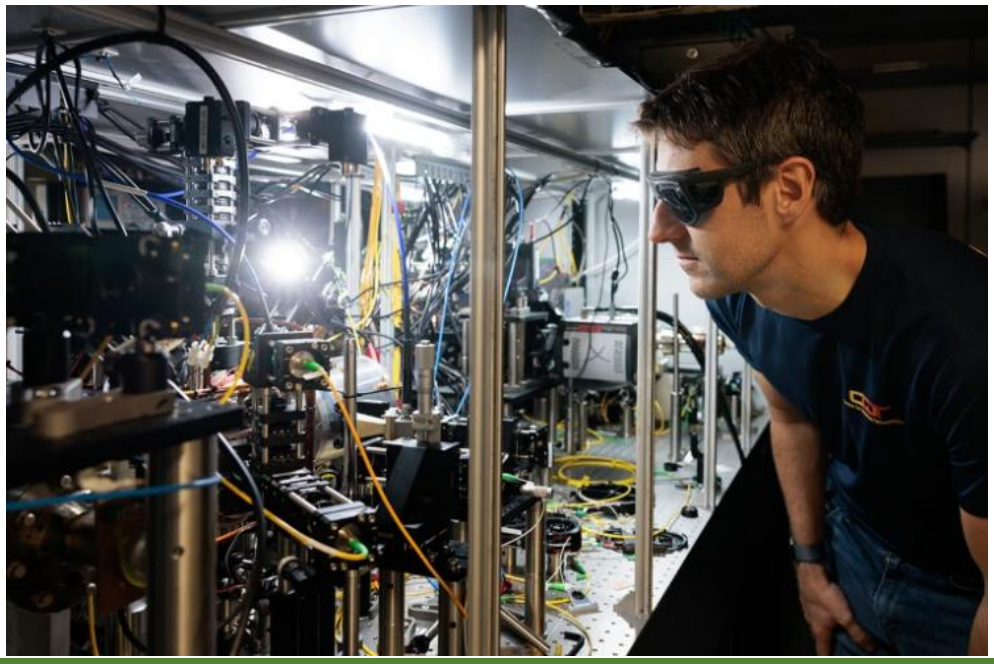
Somente neste ano de 2026, cientistas desenvolveram *dois novos relógios ópticos* que são sensacionais. Ambos funcionam *utilizando as frequências óticas* produzidas por *1 único íon*. O primeiro trabalho foi publicado por um grupo chinês no Phys. Rev. Letters, em fevereiro de 2026. Esse relógio óptico utiliza íons de cálcio-40 ($^{40}Ca^{+}$). O Cálcio tem peso atômico 20 e é o terceiro metal mais abundante na superfície da Terra (depois do ferro e do alumínio). O relógio precisa ser operado na temperatura de nitrogênio líquido (-195,8 ^{o}C) e ele era, até setembro de 2026, o relógio óptico mais preciso já construído até então.

Em trabalho publicado na revista *Nature*, pesquisadores da Universidade Nacional de Singapura construíram um relógio óptico composto por 1 único íon de Lutécio ($^{176}Lu^{+}$) e, ele funciona *à temperatura ambiente*. O Lutécio é um metal terra-rara com número atômico 71 e é um pouco mais abundante do que a prata na superfície da Terra. O radioisótopo Lu-176 tem meia-vida de 38 bilhões de anos.

A equipe de Singapura vem trabalhando nesse relógio há cerca de dez anos. Eles iluminam continuamente 1 íon de $^{176}Lu^{+}$ com um laser de 848 nm (infravermelho), excitando elétrons a determinados níveis de energia. As oscilações do laser são então utilizadas como tiques para contar o tempo.

Segundo os pesquisadores de Singapura um relógio óptico ideal tem que apresentar três propriedades essenciais: altas frequências e estados excitados com vida longa; insensibilidade a perturbações externas (para garantir alta precisão) e ser um equipamento operacional em todo o mundo (utilizando lasers comercialmente acessíveis).

Até 2030, o Bureau Internacional de Pesos e Medidas pretende escolher um relógio óptico super preciso e então *redefinir o significado de 1 segundo* (a última vez aconteceu em 1967). Eu acredito que o relógio óptico de Lutécio, que descrevemos aqui, é um forte candidato.



Pesquisadores da Universidade Nacional de Singapura (UNS) desenvolveram o relógio mais preciso do mundo – o relógio óptico de Lutécio. Ele opera à temperatura ambiente e erra apenas 1 segundo em 260 bilhões de anos! Ele é quatro vezes mais preciso que o recordista anterior – o relógio óptico de Cálcio.

- **O gluônio foi detectado?**

Tudo indica que sim. Ele foi detectado no Colisor de Elétrons e Pósitrons, em Pequim (BEPCII, Beijing Electron Positron Collider) e os resultados foram apresentados na 43ª Conferência Internacional em Física de Altas Energias (realizada em Natal, em 2026) e está, por enquanto, no arXiv. Mas, o que é um gluônio (glueball)?

Os gluônios são bósons previstos há mais de 50 anos pela Cromodinâmica Quântica. A cromodinâmica quântica é a teoria das interações fortes. Para hádrons, ela identifica que as *partículas realmente elementares* são os quarks (férmions com spin ½) e os glúons (bósons com spin 1). Os prótons e nêutrons são *partículas compostas* por três quarks enquanto os mésons são formados por

um quark e um antiquark. Há 6 tipos (sabores) de quarks que, além de terem frações da carga elétrica, têm também 3 cores (cargas da interação forte). Os quarks se mantêm unidos graças aos glúons. Há 8 tipos de glúons cada um formado por uma cor e uma anti-cor.

Ao contrário dos fótons que, por não terem carga elétrica, não interagem entre si, os glúons têm carga (cor e anti-cor) e podem interagir. A Cromodinâmica Quântica prevê a possibilidade de formar novas partículas (estados ligados) unindo 2 ou mais glúons, formando assim os *gluônios*!

Você deve estar se perguntando como uma colisão de elétrons e pósitrons pode criar o gluônio, afinal, elétrons e pósitrons são léptons, não interagem fortemente e são pontuais (sem estrutura, até onde sabemos). Mas, a colisão em altíssima energia do par elétron-pósitron libera fótons que, por sua vez, podem criar um par de quark-antiquark. Quarks e antiquarks, por terem cor, criam glúons. Esses glúons interagem podendo formar estados ligados – o gluônio! É o que se busca no Colisor de Elétrons e Pósitrons de Pequim.

No experimento, a colisão elétron-pósitron forma um par quark-antiquark com sabor charme, formando um estado ligado (mas, instável), o méson chamado charmônio: $e^+ e^- \rightarrow c\,\bar{c}$. O estado com mais baixa energia do charmônio é denominado J/ψ. Ele decai radioativamente liberando um fóton e um jato hadrônico. É nesse jato (que tem vários componentes e ressonâncias) que os pesquisadores encontraram uma abundante presença do $X(2370)$ contendo o provável gluônio.

$$J/\psi \rightarrow \gamma + X(2370)$$

Para qualquer hádron (incluindo os gluônios), a Cromodinâmica Quântica classifica os estados com 3 números quânticos J^{PC}: onde J é o momento angular total, P a paridade e C é a conjugação de carga. Uma análise posterior dos dados revelou que se tratava de um *gluônio pseudo escalar* 0^{-+} (ou seja, com $J = 0; P = -1; C = +1$).

Mas, qual *gluônio pseudo escalar* 0^{-+}, aquele composto por 2 glúons ou por 3 glúons? Para resolver isso, eles recorreram aos cálculos teóricos da Cromodinâmica Quântica na rede. No trabalho de 1999, o gluônio 0^{-+}com 2 glúons tem massa estimada de $2{,}6\ a\ 2{,}7\ \frac{Gev}{c^2}$. Já, no trabalho de 1984, o gluônio

0^{-+}com 3 glúons tem massa estimada de $2{,}3\ a\ 2{,}5\frac{Gev}{c^2}$. Apesar de ele ter 3 glúons ele é *mais leve* do que aquele formado por 2 glúons, pois a maior parte da massa de um gluônio vem da sua energia de ligação (que é negativa). Como o trabalho de 2026 determinou uma massa aproximada de $2{,}37\ \frac{Gev}{c^2}$, o gluônio encontrado deve ser aquele com *3 glúons*! Esse é o mais leve dos *gluônios pseudo escalares*. Não é, porém, o mais leve dos gluônios. Antes dele, temos o gluônio escalar 0^{++}, com massa entre $1{,}5\ a\ 1{,}7\frac{Gev}{c^2}$, seguido pelo gluônio tensorial 2^{++}, com massa $2{,}2\ a\ 2{,}4\frac{Gev}{c^2}$.

O Colisor de Elétrons e Pósitrons de Pequim reúne mais de 700 pesquisadores de 15 países. Em 2011, eles descobriram a partícula X(2370), oriunda do decaimento radioativo do méson J/ψ (que foi identificado em 1974). Segundo os pesquisadores, a X(2370) é composta por 80% de gluônios e 20% de quark-antiquark. Em 2024, eles determinaram os números quânticos da X(2370). E agora, em 2026, depois de observarem mais de 10 bilhões de decaimentos do méson J/ψ, eles acreditam ter encontrado o gluônio pseudo escalar mais leve de todos, o 0^{-+}, com massa estimada de $2,37\ \frac{Gev}{c^2}$.

- **A busca pelos elementos superpesados 119 e 120 da tabela periódica**

O Oganessônio é o elemento químico com maior número atômico $(Z = 118)$ descoberto até agora. É uma homenagem ao físico nuclear Yuri Oganessian, pela sua contribuição decisiva na descoberta de vários superpesados. Foi sintetizado em 2002 pelo JINR (Joint Institute for Nuclear Research) que fica em Dubna, Rússia. O JINR é o mais importante laboratório do mundo na pesquisa de elementos superpesados.

Outros laboratórios que também contribuem na busca pelos superpesados são: o LLNL (Lawrence Livermore National Laboratory) California, EUA; o RIKEN

(Riken Nichina Center) Saitama, Japão e o GSI (GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research) Darmstadt, Alemanha.

Na tabela a seguir estão os 6 últimos elementos químicos mais pesados descobertos com a data, o local (laboratório) de sintetização, o isótopo mais estável e sua meia vida.

Elemento Químico	Número Atômico (Z)	Ano de Sintetização	Local (Laboratório)	Isótopo mais estável	Meia-Vida
Nihônio	113	2003	RIKEN	Nh-286	20 segundos
Fleróvio	114	1998	JINR	Fl-289	2,6 segundos
Moscóvio	115	2003	JINR	Mc-290	0,65 segundos
Livermório	116	2000	JINR+LLNL	Lv-293	0,060 segundos
Tenessino	117	2009	JINR	Ts-294	0,051 segundos
Oganessônio	118	2002	JINR+LLNL	Og-294	0,00089 segundos

Todos esses elementos químicos foram sintetizados através da fusão de núcleos pesados, utilizando poderosos aceleradores nucleares. Por exemplo, o Oganessônio foi sintetizado arremessando íons de Cálcio-48 (^{48}Ca) contra átomos de Califórnio-249 (^{249}Cf). Esta reação produz o isótopo Oganessônio-294 e a liberação de 3 nêutrons.

$$^{249}Cf + {}^{48}Ca \rightarrow {}^{294}Og + 3n$$

O Oganessônio-294 foi identificado através da sua cadeia de decaimentos alfa. Para uma revisão dos métodos experimentais utilizados, veja essa referência de 2025.

Pela posição do Oganessônio na tabela periódica (grupo 18), ele deveria ser um gás nobre, mas, não é. Pesquisadores acreditam que com 118 prótons, os elétrons mais internos se movem com velocidades quase relativísticas, o que altera as energias dos orbitais e aumenta as forças de Van der Waals. Especula-se que o Oganessônio seria um sólido à temperatura ambiente.

Se sintetizado, elemento químico 119 aumentaria uma linha na tabela periódica. Ele seria o primeiro elemento do grupo 8 e o *metal alcalino mais pesado*. Sua secção de choque estimada é muito pequena, cerca de 10^{-12} barns.

A unidade de área barn (celeiro, em inglês) surgiu em 1942 durante o projeto Manhattan (1 barn = $10^{-28}\ m^2$).

Se observarmos a tabela acima veremos que os elementos superpesados com número atômico Z *ímpar* foram todos sintetizados *depois* do elemento seguinte (*e par*) Z+1. Se essa tendência se mantiver, o elemento 120 talvez venha a ser sintetizado antes que o 119. Abaixo as tentativas e experimentos que estão sendo realizados para sintetizar os elementos químicos 119 e 120.

Elemento Químico 119	
Laboratório	**Método**
RIKEN	Vanádio–51 + Cúrio-248
JINR	Titânio-50 + Berquélio-249
Elemento Químico 120	
JINR	Titânio-50 + Califórnio-249
GSI	Cromo-54 + Cúrio-248

De qualquer forma sabemos que a detecção desses elementos envolve muitos cientistas (dezenas a centenas) e que o número de átomos criados será muito, muito pequeno. Tem até uma brincadeira feita por Sir Martyn Poliakoff que, em 2024, perguntou: *"Quantas pessoas são necessárias para criar 2 átomos?"*. A resposta é 54 e está contida neste vídeo. Naquele ano, o LLNL sintetizou o elemento 116 (Livermório) a partir do Titânio-50. Ao final do experimento (publicado no Physical Review Letters), somente 2 átomos de Livermório haviam sido criados e, no artigo que foi publicado, participaram da descoberta exatamente 54 cientistas.

É importante lembrar que modelos teóricos de física nuclear preveem a existência de uma *ilha de estabilidade*, isto é, a existência de elementos superpesados com meias-vidas longas (horas, dias, talvez anos). Em comum, esses modelos têm um número mágico associado: um elemento químico cujo núcleo contém 184 nêutrons! Entre os possíveis átomos estáveis estão o tão buscado elemento 120 (isótopo 304) e o 126 (isótopo 310).

- **Sobre a divisibilidade por 9 ...**

"*Se um número inteiro com m dígitos é divisível por 9, então, qualquer número inteiro formado pelo rearranjo desses m dígitos também é divisível por 9 ".*

Para ilustrar o enunciado acima, considere $N = 1.646.428.275 \rightarrow (N \div 9) = 182.936.475$. N tem 10 dígitos dos quais 7 são diferentes e 3 deles têm dupla aparição. Há, neste caso, um total de $\frac{10!}{2^3} = 453.600$ permutações distinguíveis. Qualquer *permutação* entre eles gera um novo número inteiro que também é divisível por 9. Alguns exemplos de permutações do número $1.646.428.275$:

$$6.644.221.578 \rightarrow (\div 9) = 738.246.842$$
$$8.766.544.221 \rightarrow (\div 9) = 974.060.469$$
$$5.487.626.124 \rightarrow (\div 9) = 609.736.236$$

A demonstração do teorema sobre divisibilidade por 9, utiliza apenas a representação do número inteiro N na base decimal e a aritmética modular. Dizemos que dois números inteiros a, b são congruentes módulo n (n inteiro positivo), se existir k inteiro ($k \geqslant 0$) tal que $a - b = kn$. Se a *e* b são congruentes, utilizamos a notação $a \equiv b$. Exemplos:

$$12\ (mod\ 4) \equiv \cdots 16 \equiv 12 \equiv 8 \equiv 4 \equiv 0 \equiv -4 \equiv \cdots$$
$$15\ (mod\ 4) \equiv \cdots 19 \equiv 15 \equiv 11 \equiv 7 \equiv 3 \equiv -1 \equiv \cdots$$
$$12\ (mod\ 7) \equiv \cdots 26 \equiv 19 \equiv 12 \equiv 5 \equiv -2 \equiv -9 \equiv \cdots$$

E agora, o fato fundamental na demonstração: *todas as potências de 10* $(mod\ 9)$ *são congruentes a 1* !

$$..10^3 \equiv 10^2 \equiv 10 \equiv 1\ (mod\ 9)$$

Portanto, quando expressamos um número inteiro N , com m dígitos $(a_1, a_2, \ldots a_m)$, na base 10, $N = a_m 10^{m-1} + a_{m-1} 10^{m-2} + \cdots + a_2 10^1 + a_1$, vemos que ele é igual $(mod\ 9)$ à soma de todos os seus dígitos

$$N \equiv N\ (mod\ 9) = a_m + a_{m-1} + \cdots + a_2 + a_1$$

Logo, um número inteiro N é divisível por 9 *se e somente se* a soma de todos os seus dígitos também for divisível por 9. Como permutações entre os termos de uma soma deixa a soma invariante, o enunciado que demos logo no início está demonstrado.

Calma, Calvin, basta somar os 30 dígitos. O resultado é 72 e, portanto, o enorme número é divisível por 9.

Uma última observação. Na aritmética modular, outro número que tem *todas as potências de 10 congruentes a 1* é o 3.

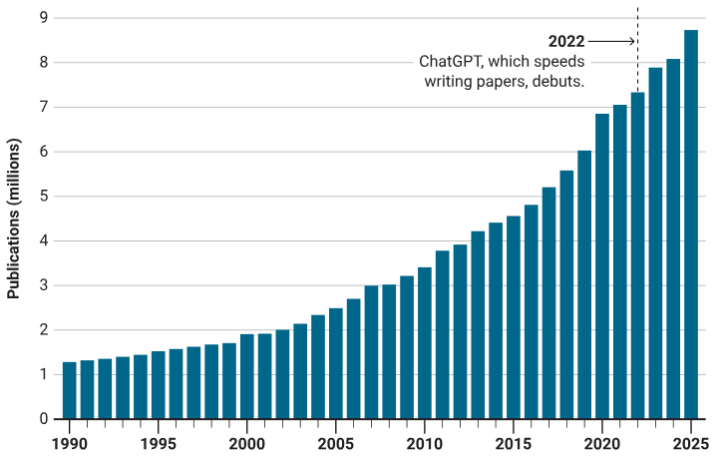
$$..10^3 \equiv 10^2 \equiv 10 \equiv 1\ (mod\ 3)$$

Portanto, um número inteiro N qualquer é divisível por 3 *se e somente se* a soma de todos os seus dígitos for divisível por 3 e, qualquer rearranjo desses dígitos, forma um número inteiro que também é divisível por 3. Somente o 3 e o 9 têm essa propriedade.

- **A revisão por pares e a Inteligência Artificial**

No mundo acadêmico a revisão por pares de artigos científicos enviados para publicação é muito importante. Sabemos que a revisão por pares tem falhas humanas conhecidas como: preferências pessoais, erros de julgamento, não detectar problemas metodológicos ou estatísticos, foco excessivo na forma e não no conteúdo resultando em pareceres pouco úteis ou mal formulados. Artigos científicos com erros mais graves levam a uma posterior retratação (pesquisa FAPESP). Em geral, os editores solicitam 2 pareceres de revisores independentes recorrendo a um terceiro revisor caso os pareceres sejam conflitantes.

Por outro lado, a pressão acadêmica por produtividade fez aumentar de maneira substancial o números de trabalhos científicos publicados. Entre 2015-2025 o *número de publicações dobrou* (veja gráfico). A revisão por pares teve que acompanhar esse crescimento.



Crescimento explosivo do número de publicações. A partir de 2022, editores e revisores passaram a recorrer ao uso da Inteligência Artificial.
Crédito: V. Penney/ Science

Hoje, editores lutam para ampliar a base de revisores. Segundo o relatório: 2026, Future of Peer Review, em 2025, para obter uma única revisão completa, os editores tiveram que enviar 4,5 convites, o dobro do que em 2018!

Em 2022, surgiu a Inteligência Artificial (IA). Baseada em Modelos de Linguagem de Grande Escala (para um texto bem didático, veja aqui), a IA penetrou a nossa vida de maneira avassaladora - ela está presente no nosso dia a dia: nos celulares, computadores, redes sociais, bancos, na medicina, no comércio e na indústria. E, claro, a IA também passou a ser usada por editores e revisores.

Num pesquisa global envolvendo 1645 revisores (das mais diferentes áreas científicas) feito pela Frontiers em 2025, cerca de 53% deles utilizaram ferramentas de IA para dar o parecer. Isso representa um aumento de 29% em relação ao ano anterior.

Devido ao enorme ganho de tempo e outras importantes habilidades que as IAs têm, tanto editores quantos revisores passaram a utilizar IAs. Solicitei então, para a IA Copilot (Microsoft), que apresentasse um fluxo ideal de revisão por pares com *indicação dos nomes das ferramentas de IA* utilizadas e voltadas para especificamente para o *ecossistema da Física*. Eis os resultados:

1) Submissão do manuscrito

Assim que o autor envia o artigo, o sistema editorial aciona automaticamente:

Verificações técnicas iniciais (IA)

- iThenticate → plágio e autoplágio
- Proofig → duplicação/manipulação de figuras experimentais
- Penelope.ai → estrutura, metadados, seções obrigatórias
- SciScore (quando aplicável) → rigor metodológico em física experimental
- Ferramentas internas da APS/AIP → checagem de formato, PACS, referências

Verificações específicas para física

- Detecção de inconsistências numéricas (IA interna): valores impossíveis, unidades inconsistentes, discrepâncias entre texto e tabelas. Exemplos de IA interna: ScholarOne AI Assist (Clarivate), Elsevier Reviewer Recommender, Springer Nature AI Checks, ACS Paragon Plus AI Screening e RSC Manuscript Screening AI
- Verificação de equações (IA simbólica): checagem de erros algébricos simples, consistência dimensional, detecção de equações duplicadas ou mal formatadas. Exemplos de IA simbólica: SymPy, Wolfram Language / Mathematica, Maple e Maxima.

Resultado: o editor recebe um relatório técnico completo antes de tocar no manuscrito.

2) Triagem editorial assistida por IA

O editor usa IA para:

Resumo automático

- ScholarOne AI Assist gera um resumo técnico do manuscrito, destacando: área da física, métodos usados, principais resultados e possíveis problemas detectados.

Verificação de escopo

- Ferramentas de IA da APS, AIP, IOP e SciPost verificam: se o artigo realmente pertence ao escopo da revista, se o nível de novidade é compatível e se o estilo está adequado.

Decisão inicial

- Com base nos relatórios, o editor decide: desk reject (rejeição imediata) ou envio para revisão.

3) Seleção de revisores com IA

- A IA identifica revisores com base em: histórico de publicações em arXiv e periódicos APS/AIP/IOP, expertise específica (ex.: QCD, óptica quântica, física da matéria condensada), ausência de conflitos de interesse, redes de coautoria.
- O editor escolhe revisores humanos.

4) Revisão por pares (humanos auxiliados por IA)

O revisor humano usa IA para:

- Organizar notas, resumir seções longas, verificar cálculos simples, checar consistência dimensional, identificar trechos confusos, melhorar clareza textual do parecer.

O revisor humano não pode:

- Subir o manuscrito em IA pública (confidencialidade), gerar parecer completo com IA e delegar a sugestão de aceitação/rejeição à IA.

5) Decisão editorial

O editor recebe:

- Pareceres humanos, relatórios técnicos de IA, análise de escopo.

Com isso, decide:

- Aceitar, rejeitar ou solicitar revisão.