



Coordenação de Armindo Rodrigues

## O Deus Romano que inspirou um Nobel da Física e levou à invenção de novos materiais: as nanopartículas Janus

Autora:

Helena Cristina Vasconcelos

Janus é o deus da mitologia romana que tem duas caras, que contempla, simultaneamente, o início e o fim, o passado e o futuro e por isso tem um rosto voltado para a frente e outro para trás (Fig.1a). Janus é o deus das partidas e chegadas, dos inícios e dos fins. O seu nome levou à definição do carácter da “pessoa de duas caras” (não confiável☹️) e também serviu de inspiração para designar o mês de janeiro, o primeiro do ano, que representa o futuro, ao mesmo tempo que encerra o passado. As nanopartículas de Janus (NPs), assim designadas em homenagem a este deus romano, têm duas faces opostas e de natureza distinta, representadas na Fig.1b (a verde e a azul): “Pequenos seres, com grande potencial de aplicação”. Foi desta forma que Pierre-Gilles de Gennes apresentou as NPs na cerimónia que lhe atribuiu o Prémio Nobel de Física (PNobF), em 1991, pelo seu contributo para o entendimento da Física dos Materiais com dualidades de comportamento – i.e., compreendidos entre o estado líquido e o sólido. Essa dualidade é a principal característica das NPs. Ao contrário das nanopartículas (NP) normais, que são feitas de um único material, as NPs são constituídas por duas ou mais substâncias distribuídas assimetricamente, exibindo propriedades antagónicas, como p.e. uma parte hidrofóbica (repele água) versus outra hidrofílica (absorve água) ou uma face de carga positiva versus outra de carga negativa. São, por isso, multifuncionais, pois combinam diversas propriedades, óticas, elétricas ou magnéticas etc., em diferentes áreas da mesma partícula. Devido à

minimização da energia de superfície, as NPs são preparadas em forma esférica, porém um dos grandes desafios atuais é a síntese de formas não esféricas, tais como cilindros ou discos, etc.(Fig.1b). O potencial de aplicação das NPs cresceu significativamente na última década e levou à invenção de novos materiais multifuncionais baseados nas dimensões e morfologias únicas das NPs à nanoescala. Destaca-se, p.e. as suas capacidades de auto-organização. Se as faces positivas de duas partículas estiverem frente a frente, o efeito resultante é a repulsão eletrostática; mas, havendo outras partículas nas proximidades, ao efeito de repulsão junta-se o efeito de rotação, na tentativa de levar o sistema a fazer com que as faces das NP com cargas opostas se coloquem frente a frente. Dependendo dos processos de auto-organização é possível formarem-se diferentes estruturas nos materiais (Fig.1c). A geometria das NPs e a direccionalidade das interações podem ser usadas para controlar as propriedades físicas dessas estruturas e definir estratégias para explorar outras, como p.e. a autopropulsão como uma força motriz ajustável para promover a auto-organização. O PNobF de 1991 deveu-se precisamente à descoberta de que os métodos desenvolvidos para estudar a auto-organização (ou a ordem) em sistemas simples podem ser generalizados a formas mais complexas da matéria, em particular aos cristais líquidos e aos polímeros líquidos (levando à descrição dos sistemas da chamada física da matéria condensada macia). Pierre-Gilles de Gennes visitou Lisboa em 2004

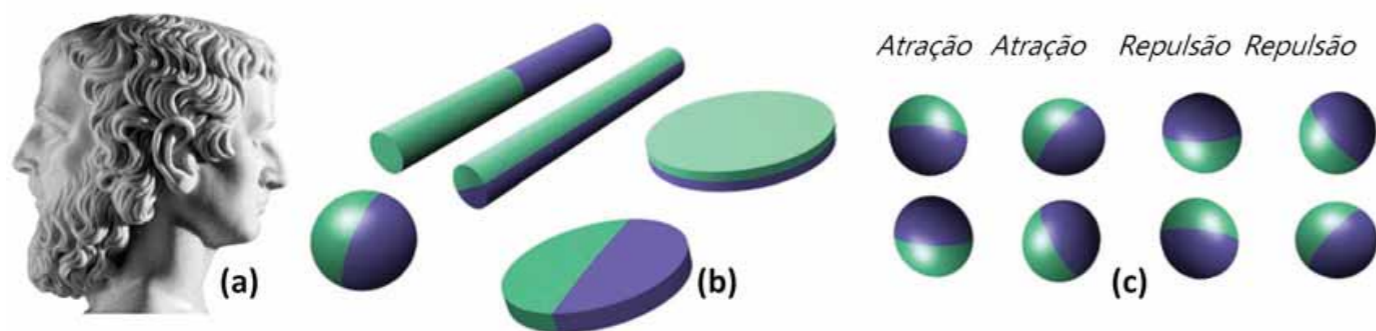


Fig.1 – (a) Deus Janus<sup>1</sup>; (b) Nanopartículas Janus de diversas morfologias<sup>2</sup>; (c) Pares de nanopartículas de Janus. O potencial de interação muda de atração para repulsão em diferentes orientações relativas.

<sup>1</sup> <https://bellesguardgaudi.com/en/blog/the-roman-god-janus-and-bellesguard/>; <sup>2</sup> Adaptado de “Janus Particle Synthesis, Self-Assembly and Applications” ed. S. Jiang, S. Granick.

Coordenação de Armindo Rodrigues

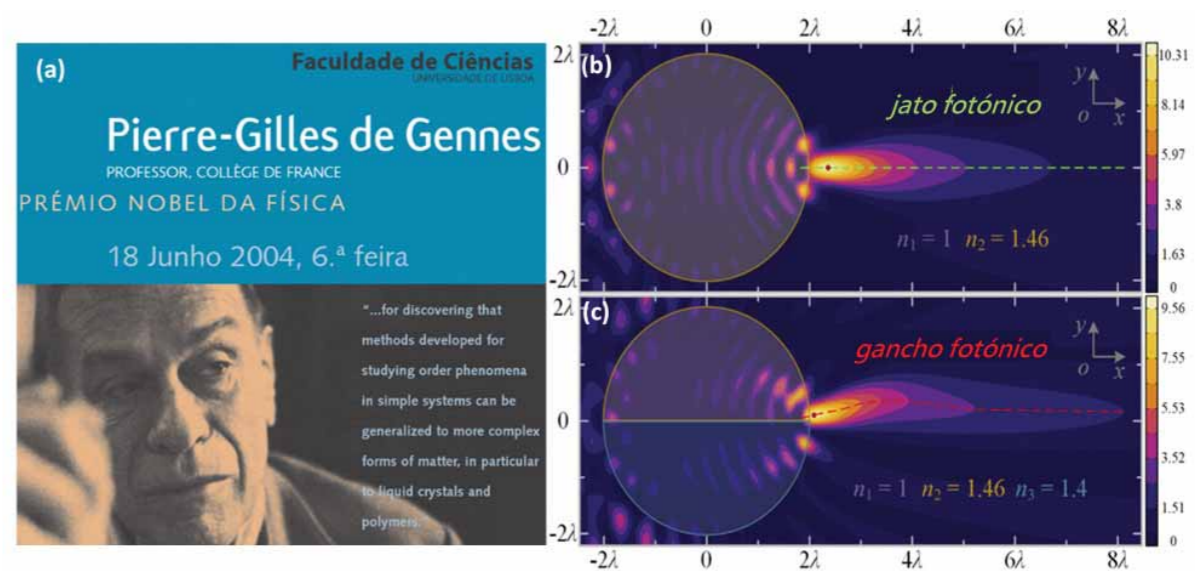


Fig.2 – (a) Cartaz alusivo à presença de Pierre-Gilles de Gennes em Lisboa (2004)<sup>3</sup>; (b) Jato Fotónico<sup>4</sup> e (c) Gancho Fotónico<sup>4</sup>, formados, respetivamente, por iluminação de uma partícula dielétrica e por uma partícula Janus.

<sup>3</sup> <http://cftc.cii.fc.ul.pt/divulga/deGennes.htm>; <sup>4</sup> Adaptado de Gu, G. et al., Photonic hooks from Janus microcylinders, Opt. Express 2019, 27, 37771-37780.

(Fig.2a), três anos antes de falecer, em 2007. Os seus trabalhos inspiraram diversos estudos relacionados com aplicações das NPs. Em particular, no campo da fotónica, foi recentemente demonstrado que as propriedades únicas das NPs podem fazer curvar um feixe de luz, trazendo um novo conhecimento à geração de feixes curvos de luz, designados por “ganchos fotónicos”. Ao fazer incidir uma onda de luz plana sobre uma partícula “normal”, esta funciona como uma lente, focalizando o feixe numa região estreita e alongada de alta intensidade, localizada no seu lado não iluminado (jato fotónico) (Fig. 2b). Embora se saiba que os raios de luz se deslocam em linha reta, diversos estudos demonstraram que é possível fazer curvar o jato fotónico se direcio-

narmos uma onda de luz plana para uma NPs, obtendo-se um “gancho fotónico” (Fig.2c). Isto prova a existência de um novo tipo de feixe de luz curvo, além do feixe curvo Airy, que explica, p.e., o arco-íris. Os graus de curvatura e os comprimentos dos ganchos fotónicos podem ser modulados variando os índices de refração ( $n_1, n_2, \dots$ ) do sistema. Estes feixes curvos poderão ser usados para manipular objetos à nanoescala, melhorando o desempenho das pinças óticas. Estes instrumentos usam um feixe de laser altamente focado, que gera forças que podem ser usadas para segurar e mover objetos microscópicos de maneira semelhante às pinças, mas acionados a luz. As pinças óticas têm sido bem-sucedidas no estudo de uma variedade de sistemas biológicos.



### Ótica e Fotónica: Transmissão de dados, manipulação à nanoescala e muito mais... tudo acionado por luz

Helena Cristina Vasconcelos faz parte do Conselho Editorial do *American Journal of Optics and Photonics*, cujo objetivo é divulgar a investigação que se faz em Física, particularmente aquela relacionada com a ótica e a fotónica, onde a luz (fotão) é usada para desempenhar funções, que, tradicionalmente,

eram do domínio da eletrónica, tais como as telecomunicações. Aborda questões da física quântica, com ênfase nos aspetos da dualidade onda-partícula, e descreve as propriedades dos materiais (p.e. estrutura de bandas, índice de refração, etc) que controlam a sua interação com a luz.