

# Em sintonia com a luz

Físicos usam laser para sincronizar osciladores microscópicos que funcionam como os pêndulos dos relógios

Ao pendurar em uma mesma prancha de madeira dois relógios de pêndulo, um ao lado do outro, o famoso cientista holandês Christiaan Huygens observou em 1665 que os relógios tendiam rapidamente a tiquetaquear em uníssono, mesmo se seus pêndulos estivessem inicialmente balançando fora de sincronia. A experiência impressiona até hoje (faça uma busca por *synchronization* no site do Youtube para assistir a várias demonstrações curiosas do fenômeno), embora não haja mais mistério algum sobre como acontece a sincronização espontânea dos relógios. Atualmente os físicos conseguem calcular muito bem como os relógios interagem por meio de vibrações mecânicas trocadas através da prancha, que acaba forçando ambos a oscilarem da mesma maneira.

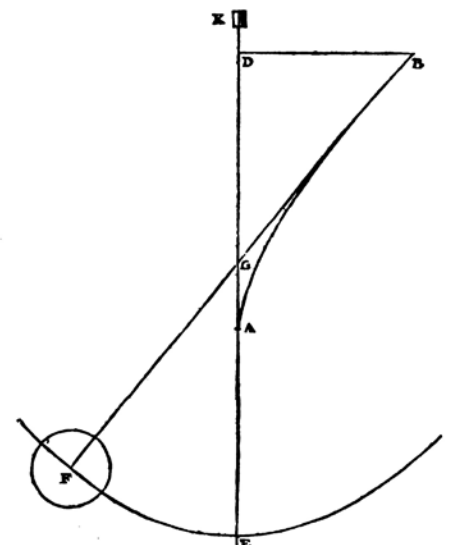
Quase 350 anos depois, a experiência de Huygens acaba de ser refeita no mundo microscópico, usando-se, no lugar dos pêndulos, dois osciladores esculpidos em um microchip de silício. Cada oscilador tem 40 milésimos de milímetro de diâmetro ou 40 mil nanômetros. São tão pequenos e flexíveis que vibram balançados pela tênue força da luz de um feixe laser com uma potência mil vezes menor que a de um ponteiro de laser comum. Mais espantoso ainda, a própria luz trocada entre os osciladores faz o papel da prancha de madeira, sincronizando suas vibrações.

A façanha é trabalho de uma equipe de pesquisadores da Universidade Cornell, nos Estados Unidos, liderada pela física norte-americana Michal Lipson, que contou com a participação do brasileiro Gustavo Wiederhecker, que desde 2011 é professor do Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Outros grupos já haviam construído micro-osciladores sincronizados por pequenas conexões mecânicas. “Fomos os primeiros a mostrar que é possível induzir sincronismo usando apenas luz”, diz Wiederhecker. “Tínhamos uma ideia de que poderia ser feito, mas não era óbvio que fosse possível.”

Mais que uma curiosidade, a demonstração apresentada no artigo de capa da revista *Physical Review Letters* de 5 de dezembro passado sugere que os chamados micro-osciladores optomecânicos podem se tornar a base de uma nova tecnologia portátil de marcação de tempo de alta precisão, necessária para que computadores, celulares e sistemas de navegação funcionem corretamente.

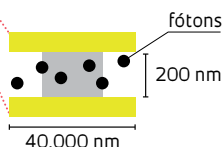
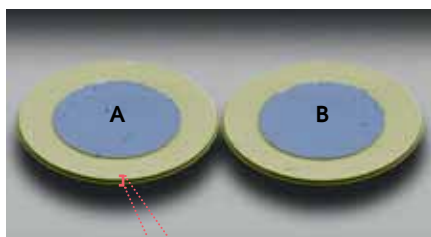
Em geral esses dispositivos portáteis usam como relógios internos a vibração regular de pequenos cristais de quartzo, acionados e sincronizados por sinais elétricos. Sua precisão é boa, mas a indústria microeletrônica está sempre em busca de alternativas, pois os cristais precisam ser fabricados à parte dos microchips de silício para depois serem soldados neles, aumentando o custo de

Desenho extraído do livro *Horologium oscillatorum*, de 1673, em que Christiaan Huygens descreve o movimento pendular, também observado nas bordas dos osciladores microscópicos

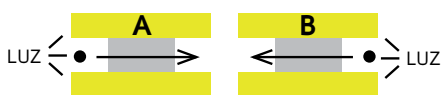


# Interações a laser

Leves e flexíveis, discos microscópicos de silício vibram com a força exercida pela luz

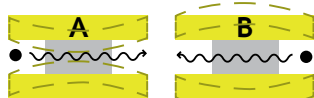


## 1 REPOUSO



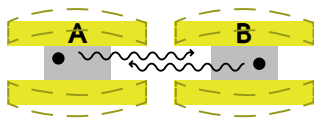
Um feixe contínuo de laser incide nos discos de modo que a luz com um comprimento de onda específico penetre no espaço entre eles

## 2 OSCILAÇÃO



A luz pressiona as paredes dos discos, força o espaço a aumentar e escapa. Assim, os discos vibram e emitem pulsos luminosos

## 3 SINCRONIA



A luz emitida pelo par de discos da esquerda entra no espaço do par de discos da direita, e vice-versa, sincronizando suas vibrações

produção. Já os micro-osciladores desenvolvidos pela equipe de Lipson, feitos de nitreto de silício, poderiam ser manufacturados junto com o restante da estrutura interna dos microchips, sem custo adicional. “Qualquer fábrica no mundo seria capaz de executar o projeto”, afirma Wiederhecker.

A pesquisa começou em 2008, quando, interessado em investigar como a luz poderia ser usada para movimentar partes de um mecanismo microscópico em um *chip* de silício, ele iniciou seu pós-doutoramento em Cornell, sob a supervisão de Lipson. Já em 2009, o físico brasileiro assinava como primeiro autor um artigo na revista *Nature*, mostrando, pela primeira vez, que era possível fabricar uma microestrutura que vibrasse regularmente ao ser acionada pela força da luz de um comprimento de onda específico. Em 2011 a equipe registrou a patente de um filtro baseado nesse dispositivo, capaz de selecionar sinais luminosos de telecomunicação enviados por fibra óptica de vários comprimentos de onda.

### PULSARES UNÍSSONOS

No trabalho mais recente, os pesquisadores produziram osciladores duplos. Cada um deles é formado por um par de discos sobrepostos, separados por 0,2 milionésimo de milímetro ou 200 nanômetros (*ver o infográfico acima*). Os discos vibram quando um feixe laser de intensidade constante envia continuamente uma luz com o comprimento de onda adequado para entrar no espaço entre os discos. Quando isso acontece, as partículas de luz viajam ao redor da borda dos discos e exercem pressão contra suas paredes, fazendo-as se afastarem. Com a expansão do espaço entre os discos, a luz escapa e as bordas dos discos voltam à posição original. Então, mais luz vinda do laser entra no espaço e o ciclo recomeça. O resultado é um par de discos oscilando com uma frequência constante que emite uma luz que pulsa na mesma frequência. Os físicos descobriram que, colocados lado a lado, dois desses osciladores

poderiam, em certas condições, interagir por meio desses pulsos de luz. Com a frequência de vibração correta, a luz piscante emitida por um oscilador pode acabar entrando no espaço entre os discos do oscilador vizinho. “Esse piscar da luz força o par de discos da direita a vibrar na frequência do par de discos da esquerda, e vice-versa”, explica Wiederhecker. “Eventualmente eles entram num acordo e vibram em sincronia, numa mesma frequência intermediária.”

Wiederhecker construiu a primeira versão do par de micro-osciladores em 2010. Em seguida, o físico Mian Zhang, do grupo de Lipson, desenvolveu uma técnica para ligar e desligar a interação entre os osciladores, também por feixe laser.

Para Paulo Nussenzveig, especialista em óptica quântica da Universidade de São Paulo, a vantagem da sincronização pela luz é que ela permitiria a interação entre uma rede de micro-osciladores tão distantes uns dos outros quanto se queira, por meio de fibras ópticas. “Aprecio bastante a qualidade e a criatividade desse trabalho”, diz.

Com um projeto Jovem Pesquisador da FAPESP recentemente aprovado, Wiederhecker espera que seu laboratório na Unicamp tenha condições de, até o próximo ano, realizar esses e outros experimentos com dispositivos optomecânicos. Ele e o físico Thiago Alegre, seu colega na Unicamp, estão interessados principalmente em investigar o que acontece quando os osciladores são resfriados a temperaturas próximas do zero absoluto (-273,15 graus Celsius) e as leis bizarras da mecânica quântica controlam sua dinâmica. “O que significa sincronizar objetos no mundo quântico?”, pergunta Wiederhecker. “É algo que estamos começando a explorar.” ■ Igor Zolnerkevic

### Artigo científico

ZHANG, M. *et al.* Synchronization of micromechanical oscillators using light. **Physical Review Letters**, v. 109, p. 233.906-10. 5 dez. 2012.