

## **VÍDEO SOBRE PINÇA ÓPTICA**

**ANDRÉ ALEXANDRE DE THOMAZ**

Instituto de Física Gleb Wataghin – Unicamp

RA 001337

**ORIENTADOR: CARLOS LENZ CÉSAR**

Departamento de Eletrônica Quântica – IFGW – Unicamp

[lenz@ifi.unicamp.br](mailto:lenz@ifi.unicamp.br)

## RESUMO

Este projeto para a disciplina Instrumentação para Ensino (F809) visa a confecção de um vídeo sobre um sistema de pinça óptica, mostrando seu princípio de funcionamento, equipamento utilizado e a captura de estruturas pela pinça.

### 1. Introdução

Lasers têm sido uma ferramenta cada vez mais utilizada na área da Biologia Celular e Medicina para medidas, diagnóstico e manipulação. Dentre essas utilizações destaca-se o trabalho pioneiro de A. Ashkin e colaboradores em 1986 que demonstraram o uso de uma técnica baseada na transferência de momentum dos fótons para capturar partículas dielétricas<sup>1</sup>. Logo a seguir eles utilizaram essa técnica para capturar e manipular partículas biológicas com tamanhos variando de décimos a centenas de micra, demonstrando, desta forma, que este sistema funciona como uma “pinça óptica” para realizar manipulações intra e extracelulares sem causar prejuízo algum ao organismo vivo<sup>2</sup>.

Desde então essa técnica tem sido usada para uma grande variedade de fins na biologia molecular e áreas afins. Basicamente, a pinça óptica tem sido utilizada em duas vertentes: 1. manipulação direta de microorganismos e 2. medidas de propriedades mecânicas de membranas. Como uma ferramenta de manipulação ela foi utilizada para inserir DNA's dentro de diferentes tipos de células, para conectar DNA ao silício na tentativa de construção de uma interface biomecânica e para fertilizações in vitro<sup>3</sup>. Como ferramenta de medida ela foi utilizada para medir propriedades mecânicas de hemácias<sup>4</sup>, para medir e comparar deslocamentos celulares e forças de miosinas cardíacas<sup>5</sup>, para caracterização de motores biológicos moleculares<sup>6</sup> e rigidez flexural de microtubos<sup>7</sup>, para medir o comprimento de uma molécula de DNA<sup>8</sup> e motilidade de espermatozoides humanos<sup>9</sup>. A pinça óptica foi utilizada também para detectar concentrações ao nível de

---

<sup>1</sup>A. Ashkin, J.M. Dziedzic, J.E. Bjorkholm, S. Chu, "Observation of a single-beam gradient force optical trap for dielectric particles"; *Optic Lett.* 11:288-290 (1986).

<sup>2</sup>A. Ashkin, J.M. Dziedzic, "Optical trapping and manipulation of viruses and bacteria"; *Science*, **235**: 1517 - 1520 (1987).

<sup>3</sup>[Anon], "Optical tweezer attaches single DNA molecular to silicon", *Laser Focus World* **34**, 9-9 (1998); C.S. Buer, K.T. Gahagan, A. Grover A et al., "Insertion of *Agrobacterium rhizogenes* into *Ginkgo biloba* using lasers as optical tweezers and scalpel", *Plant Physiol* **114**, 1613 (1997); A. Obruca, H. Strohmer, A. Blaschitz et al., "Ultrastructural observations in human oocytes and preimplantation embryos after zona opening using an erbium-yttrium-aluminium-garnet (Er : YAG) laser", *Hum Reprod* **12**, 2242 (1997)

<sup>4</sup>R.R. Huruta, M.L. BarjasCastro, S.T.O. Saad, F.F. Costa and C.L. Cesar, "A new method to study mechanical properties of red blood cells using optical tweezer", *Blood* **90**, 9-9 (1997)

<sup>5</sup>S. Sugiura, N. Kobayakawa, H. Fujita et al., "Comparison of unitary displacements and forces between 2 cardiac myosin isoforms by the optical trap technique - Molecular basis for cardiac adaptation", *Circ Res* **82**, 1029 (1998)

<sup>6</sup>N. Thomas, R.A. Thornhill, "The physics of biological molecular motors", *J Phys D Appl Phys* **31**, 253 (1998)

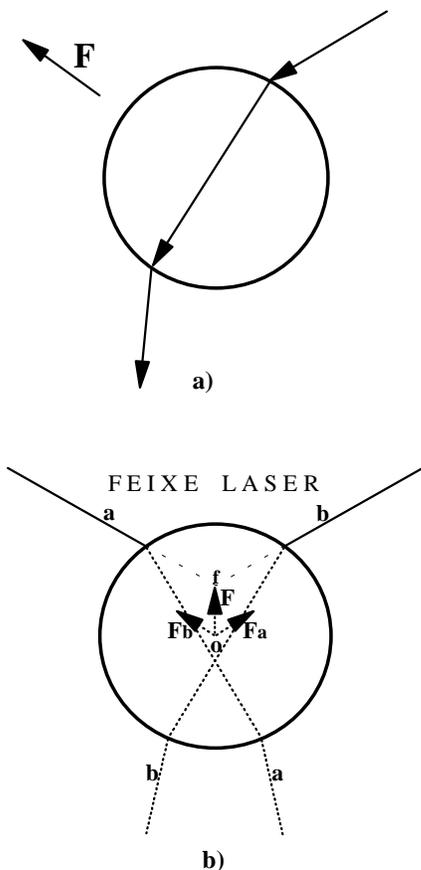
<sup>7</sup>H. Felgner, R. Frank, M. Schliwa, "Flexural rigidity of microtubules measured with the use of optical tweezers", *J Cell Sci* **109**, 509 (1996)

<sup>8</sup>K. Sakata-Sogawa, M. Kurachi, K. Sogawa K et al., "Direct measurement of DNA molecular length in solution using optical tweezers: detection of looping due to binding protein interactions", *Eur Biophys J Biophys* **27**, 55 (1998)

<sup>9</sup>K. Konig, L. Svaasand, Y.G. Liu et al., "Determination of motility forces of human spermatozoa using an 800 nm optical trap", *Cell Mol Biol* **42**, 501 (1996)

femtomolar de antígenos<sup>10</sup> e permitiu a observação da ausência de travamento do movimento de rotação reversa de flagelos motores de bactérias<sup>11</sup>.

## 2. Princípio de Funcionamento da Pinça Óptica



**Figura 1.** Transferência de momento do fóton na pinça óptica

Uma pinça óptica a laser consiste de um único feixe de laser fortemente focado. A forma mais intuitiva de entender o princípio de operação da "armadilha óptica" é examinar dois raios, um de cada lado, do feixe de laser cônico que se encontrarão no foco. Para comprimentos de ondas menores do que as partículas aprisionadas, a captura pode ser entendida a partir da óptica geométrica. Esta "armadilha óptica" acontece devido à transferência de momento (quantidade de movimento) do fóton para a partícula capturada.

Pode-se imaginar o fóton como uma partícula que ao ter sua trajetória desviada obriga o objeto que a desviou a sofrer um recuo na direção de  $F$ , como mostra a figura 1a. Os raios  $a$  e  $b$  da figura 1.b se encontrariam no foco  $f$  se não houvesse a esfera. O desvio desses raios produz os recuos na direção  $F_a$  e  $F_b$ , e a combinação dos dois leva ao recuo na direção  $F$  em (b). Note que o recuo  $F$  tende a obrigar o centro da esfera a coincidir com o foco do laser  $f$ . Desta forma um feixe de laser focalizado cria uma armadilha que mantém o centro das partículas no foco do laser.

<sup>10</sup>K. Helmerson, R. Kishore, W.D. Phillips et al., "Optical tweezers-based immunosensor detects femtomolar concentrations of antigens", *Clin Chem* **43**, 379 (1997)

<sup>11</sup>H.C. Berg, R.M. Berry, "Absence of a barrier to backwards rotation of the bacterial flagellar motor demonstrated with optical tweezers", *P Natl Acad Sci USA* **94**, 14433 (1997)

### **3. Objetivo**

Como pudermos ver a pinça óptica é uma ferramenta amplamente utilizada e a primeira vista com um funcionamento bastante simples, portanto, pretendemos mostrar nesse projeto esse seu funcionamento e aplicações. Apesar de parecer simples o sistema requer uma grande quantidade de equipamentos tornando assim impossível sua montagem em outro local que não o laboratório, portanto optamos por confeccionar esse vídeo.

A pinça óptica foi escolhida porque ocorre um fenômeno bastante interessante que é a transferência de momento do fóton do laser para a partícula capturada. A dualidade onda/partículas da luz foi sempre alvo de muitos estudos, e nesse experimento podemos observar essas duas facetas. Quando escolhemos o laser para pinçar a partícula tratamos a luz como uma onda, já que temos que escolher um comprimento de onda que não seja absorvido pelo alvo para não se causar dano a alvos biológicos, quando pinçamos efetivamente o alvo tratamos a luz como composta de várias partículas (fótons) que como numa colisão qualquer transferem momento para o alvo. Temos na pinça óptica, então, um caso bastante interessante, onde podemos explicitar esse comportamento dual da luz de maneira simples e direta. Portanto o objetivo principal do projeto é transferir esses conceitos através do vídeo, além de mostrar o equipamento necessário para tal experimento e mostrar algumas aplicações dessa técnica.

### **4. Metodologia**

Para que o vídeo seja de fácil acesso, portanto cumprindo seu objetivo de divulgar o experimento, faremos um vídeo digital, que será filmado e editado no próprio Instituto de Física. Depois de pronto o vídeo será disponibilizado na internet, a maneira mais rápida de divulgação de informações.

### **5. Resultados Esperados**

Esperamos que qualquer pessoa que assista ao vídeo possa ver exatamente como um sistema de pinça óptica funciona, aprendendo sobre o conceito ondulatório e corpuscular da luz, vendo todo o equipamento requerido para um sistema de pinça óptica e suas aplicações, principalmente na área médico-biológica.

### **6. Conclusões**

Foi estudado o princípio básico da pinça óptica e visto o material bibliográfico de utilização da mesma.

Foi possível fazer um vídeo simples e de fácil entendimento que mostra os princípios básicos de funcionamento de uma pinça óptica bem como seu equipamento.

Para realização do filme foi preciso passar por todas as etapas de criação de vídeos, desde o processo de captura de imagens, transformação de formatos vhs para digitais e vice-versa, possíveis problemas com equipamentos, manuseio de uma filmadora para adicionar partes ao vídeo ainda não filmadas, edição pós filmagem e familiarização com todo equipamento (tanto hardware quanto software) envolvido no processo.

No final o aluno teve uma visão geral de todos o problemas e facilidades inerentes a criação de um vídeo, fazendo assim ganhar experiência no processo de realização do mesmo, que é uma ferramenta muito agradável para ser utilizada no ensino.