INTERAÇÃO DE DIFERENTES MEIOS COM MICROESFERAS DE PMMA REALIZANDO MOVIMENTO BROWNIANO

Andrelise Santana Lavino (PIBIC/PROVIC), Julio Flemming Neto (Orientador), e-mail: flemming@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Física.

Área: Física. Subárea do conhecimento: Física Estatística e Termodinâmica.

Palavras-chave: Número de Avogadro, óptica, quiralidade.

Resumo

Descoberto pelo botânico R. Brown em 1827 e explicado por A. Einstein em 1905, o movimento browniano (MB) define-se como movimento aleatório de partículas microscópicas que, quando suspensas em um fluído, realizam um “zigue-zague” ao se colidirem com as moléculas deste fluído[1]. Sua compreensão, além de ser uma das primeiras provas de que a matéria é constituída por átomos e moléculas, continua importante na fronteira da Física e da Biologia[1]. Esse trabalho teve como principal objetivo analisar o Movimento Browniano realizado por microesferas de PMMA®, calcular o deslocamento quadrático médio das partículas e o número de Avogadro usando o “software” Tracker. Com uma filmadora a 30 quadros por segundo, acoplada a um microscópio de aumento de mil vezes, estudamos o movimento browniano nas microesferas com diâmetro de 1,5μm, imersas em água. Analisando 2.400 movimentos, o software Tracker mediu o deslocamento quadrático médio de 8 esferas em função do tempo. Obtivemos a esperada dependência linear entre eles e o valor de $(1,97\pm0,03) \times 10^{23}$ mol^{-1} para o número de Avogadro (com acurácia de 67% abaixo do valor oficial).

Introdução

O movimento browniano foi descrito pela primeira vez pelo botânico Robert Brown em 1828 ao estudar partículas de pólen suspensas em água[2]. Vistas em um microscópio, Brown notou que as partículas realizavam um movimento randômico e inicialmente acreditou que este movimento era devido a mecanismos biológicos relacionados ao pólen[2], porém, essa hipótese foi descartada quando o botânico observou o movimento em partículas de pó[4]. Também foram descartadas as possibilidades de o movimento ser causado por influências externas como correntes de convecção por gradientes de temperatura, bolhas de ar, forças eletrostáticas e perturbações mecânicas.

Outros experimentos foram feitos e notou-se que a trajetória dessas partículas não apresentava tangente e que esse movimento nunca cessava[3].

Somente em 1905, Albert Einstein explicou em seu artigo que o Movimento Browniano era causado por choques mecânicos entre as partículas e as moléculas do líquido. Um pouco mais tarde, em 1908, Jean Perrin realizou medidas experimentais através de ultramicroscopia e obteve o valor de $6,8 \times 10^{23}$ para o número de Avogadro[2]. Ambos os trabalhos foram importantes para a comprovação de que a matéria é constituída por átomos e moléculas.

Baseado nas observações de Brown e na teoria de Einstein foi realizado o experimento para observação de microesferas de PMMA®, por microscopia ótica com o intuito de analisar quantitativamente o movimento browniano.

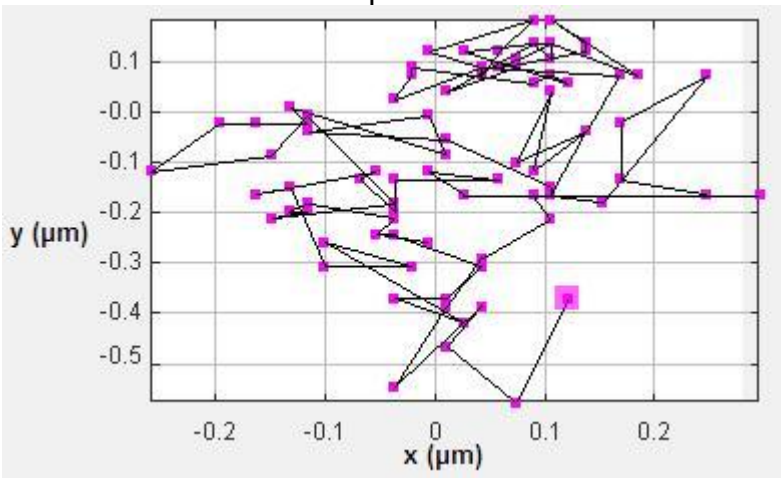


Figura 1 - Deslocamento de uma partícula em 2,9 segundos

Materiais e Métodos

Para observação do Movimento Browniano, utilizou-se microesferas de PMMA com diâmetro de (1,50±0,05) µm em lâminas de microscópio, onde se gotejou água destilada a (22,6±0,5)^{0}C e cobriu-se com lamínulas. Estas evitam a formação de meniscos no fluido, que fariam as esferas irem por gravidade para as bordas, prejudicando a flutuação.
Utilizou-se um filme de 11s (com 30 quadros/s) onde 8 esferas foram selecionadas, permitindo que o "software" Tracker meça (8x11x30-8=) 2.632 deslocamentos. Estas 8 esferas não sofriam choques entre si ou com outras esferas e não saíam do plano de focalização do microscópio Olympus BX-51. Este, com ocular WHN10xFN22 e objetiva UIS2 PlanNPlan Achromat 100xFN22, tem um aumento de 1.000x, um campo de visão de 0,22mm e uma profundidade de foco de 0,69µm; o último dado mostra que as 8 esferas realizam um movimento 2D (bidimensional). A presença clara de movimentos espúrios no último segundo de filmagem resultou no descarte deste, acarretando na subtração de (8x1x30-8=) 232 deslocamentos, deixando (2.632-232=) 2.400 deslocamentos úteis. Estes movimentos espúrios são caracterizados por deslocamentos coletivos das esferas, que são arrastadas em uma única direção, provavelmente causados por correntes de ar, trepidações, etc.

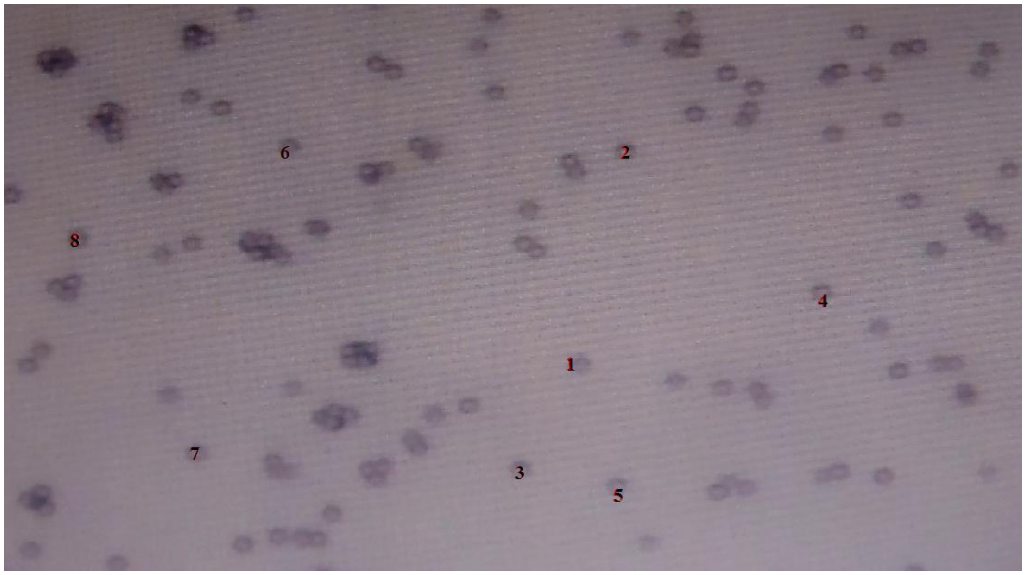


Figura 2 - Partículas escolhidas para a análise.

Considerando o deslocamento quadrático médio em duas dimensões, calculou-se o Numero de Avogadro através da fórmula: $\langle x^2 \rangle = 2RT/(3\pi N_a \mu a)t$, com R=constante dos gases, T=temperatura, N_a= número de Avogadro, μ=viscosidade dinâmica e a=diâmetro das esferas.

Resultados e Discussão

A figura 3 mostra os dados do deslocamento quadrático médio (sobre 8 esferas) em um dado instante em função do tempo, conjuntamente com a "melhor reta" correspondente.

Gráfico da média do deslocamento quadrático de oito partículas.

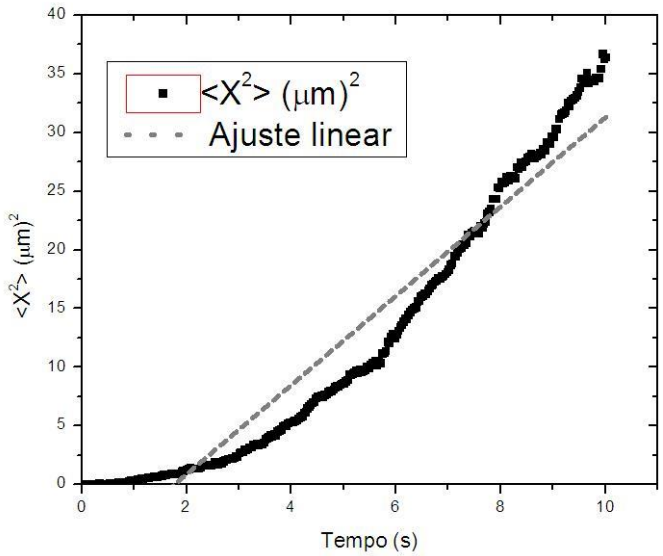


Figura 3 - Deslocamento quadrático médio de oito partículas em função do tempo.

Do coeficiente angular do ajuste linear obtivemos o número de Avogadro. = (1,97±0,03) x 10^{23} mol^{-1}, correspondendo a 7% de precisão e uma acurácia de -67% em relação ao valor oficial (6,022140857(74) x 10^{23} mol^{-1}).

O valor obtido para o número de Avogadro está abaixo do oficial. Uma possível explicação para este erro sistemático pode ser um aumento artificial da viscosidade do fluido. Se imaginarmos que as esferas estejam na superfície da água (ou muito próxima dela) a lamínula de vidro superior pode dificultar o MB. A equação acima mostra que este aumento artificial da viscosidade diminuí artificialmente N_A.

Trocou-se a água por Limoneno R (rectrus) e S (sinistrus) (>96%) e sua mistura racêmica. Buscava-se uma assimetria no MB devido aos choques das esferas com moléculas quirais. Apesar da similitute dos parâmetros relevantes entre a água e o limoneno, estranhamente não se observou o MB no último caso. Os índices de refração do PMMA e do Limoneno são parecidos, o que dificulta (mas não impossibilita) a visualização das microesferas.

Conclusões

Observamos o movimento browniano em microesferas de PMMA®, em suspensão em água destilada. Verificamos que o deslocamento quadrático médio aumenta linearmente com o tempo de observação. Também foi possível calcular e avaliar o número de Avogadro. Não foi possível ver movimento browniano nas microesferas imersas em liquido quiral. Apesar de as esferas ficarem quase invisíveis devido à similitude dos índices de refração, ainda assim foi possível verificar que elas permaneciam (inexplicavelmente) imóveis. Foram feitas várias tentativas, com limoneno R, limoneno S e mistura racêmica.

Agradecimentos

A Fernanda. Mendes Ferreira e Luiz Arthur Feola, pelo auxílio nas medidas; Ao Prof. Dr. F. Serbena por disponibilizar o microscópio para a pesquisa; Aos laboratoristas do Sexatas/UEPG.

Referências

[1] E. FREY AND K. KROY, “Brownian Motion: a Paradigm of Soft Matter and Biological Physics”, Annalen der Physik, vol.14, 20 (2005)
[2] PEREZ, S.; CASTRO, B. F. M.; MAIA, N. C.; NASCIMENTO, C. S. O estudo do Movimento Browniano com material de baixo custo. **Revista brasileira de ensino de física**, São Paulo, v.40, n.1, e1503. 2018.
[3] SILVA, J.M.; LIMA, J.A.S. Quatro abordagens para o movimento browniano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.29, n.1, p. 25-35, 2007
[4] FRANÇA, H. M.; GOMES, G. G. Einstein e a dança dos grãos de pólen. **Revista USP**, São Paulo, n.66, p.44-53, jun./ago. 2005.
[5] FIGUEIRA, J. S. Movimento Browniano: uma proposta do uso das novas tecnologias no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.33, n.4, p. 4403, 2011.