Movimento browniano em esporos de pólen de Hibiscus analisado por microscopia óptica.

Fernanda Mendes Ferreira (PIBIC/Fundação Araucária/UEPG), Julio Flemming Neto (Orientador), e-mail: flemming@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Física.

Ciências Exatas e Naturais – Física e Astronomia.

Palavras-chave: Partículas, Número de Avogadro, Deslocamento.

Resumo

No presente trabalho realizou-se uma análise quantitativa do movimento Browniano. Para tal utilizou-se esporos do grão de pólen da flor do gênero *Hibiscus* e micro esferas de PMMA. As partículas foram analisadas em um microscópio óptico na objetiva de mil vezes. Com o software “Image-Pro Express” – Media Cybernetics® foram capturadas cem fotos em dez segundos com intervalo de tempo de cem milissegundos entre cada foto. Em seguida analisou-se seis partículas do grão de pólen e quatro partículas de PMMA. A partir das filmagens foi possível calcular o desvio quadrático médio de cada partícula. Com os valores de deslocamento calculou-se o número de Avogadro.

Introdução

Podemos definir o movimento browniano como o movimento aleatório de partículas microscópicas imersas em um fluido. Este movimento provém dos choques das moléculas que compõem o fluido com essas partículas microscópicas[1].
A primeira observação feita do movimento browniano foi realizada pelo botânico inglês Robert Brown em 1828 [2]. Em seu trabalho Brown relata observações efetuadas com microscópio, sobre partículas contidas no pólen que apresentavam um movimento peculiar. Ele descarta a possibilidade de tal movimento ser realizado por seres vivos. Novos experimentos ainda no século XIX eliminaram causas como correntes de convecção por gradientes de temperatura, perturbações mecânicas ou capilaridade.
A partir de 1860 verificou-se que esse movimento aleatório das partículas brownianas poderia ser devido às colisões com as moléculas do fluído[2].
Finalmente em 1905 Albert Einstein em um de seus trabalhos explica de forma correta este fenômeno e demonstra a existência de átomos. Sua teoria corresponde à primeira descrição matemática do movimento browniano. As investigações de Einstein resultaram na expressão que determina o deslocamento quadrático médio da partícula, através da qual é possível estimar o número de Avogadro[3].
Em seu trabalho Einstein descreve que o coeficiente de difusão D de uma partícula esférica de raio *a*, longe de outras partículas e das paredes do recipiente e imersa em um líquido newtoniano de viscosidade dinâmica η, vale:

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta a}$$

onde kT é a energia térmica da partícula. Ele é chamado de coeficiente Stokes-Sutherland-Einstein de difusão translacional.
Baseado nas observações de Brown e na teoria de Einstein foi realizado o experimento para observação dos esporos de pólen da flor do gênero *Hibiscus* e das micro esferas de PMMA, por microscopia ótica com o intuito de analisar quantitativamente o movimento browniano.

Materiais e Métodos

A fim de realizar o experimento do movimento browniano foi utilizado o microscópio óptico Olympus BX-51, o aparelho trabalha acoplado a uma filmadora Evolution LC Color Media Cybernetics PL-A662, com software "Image-Pro Express" - Media Cybernetics®, contando com uma base de tempo simultânea à filmagem.
Em uma primeira etapa utilizou-se o pólen da flor do gênero *Hibiscus* (da família Malvaceae). O qual foi colocado em uma solução aquosa com 10% de sacarose para ocorrer à liberação de seus esporos internos, que possuem o diâmetro ideal para a visualização do movimento browniano.
Preparou-se a lâmina que foi observada ao microscópio para a realização das filmagens, o microscópio tem um tempo limite de filmagem que é de 10 segundos, foram feitas 100 imagens com intervalo de 100 milissegundos entre cada uma e a partir das imagens foram realizadas as medidas do deslocamento das partículas através do software "Image-Pro Express"- Media Cybernetics, para que em seguida fosse possível calcular o número de Avogadro.
Para calcular o número de Avogadro utilizou-se a seguinte fórmula: $Na = RT/(3\pi a\eta\langle r^2\rangle)t$. Onde Na é o número de Avogadro, R a constante dos gases ideais que vale 8,314 J K^{-1} mol^{-1}, T a temperatura que varia entre 292 a 295,5 K, a é o raio médio da partícula, η é a viscosidade dinâmica do meio 1,333x10^{-3} kg/m.s, $\langle r^2\rangle$ é deslocamento quadrático médio da partícula e t é o tempo total de filmagem que foram 10 segundos.
Em um segundo momento da pesquisa foi realizado algumas variações no experimento. Buscando uma perfeita esfericidade os grãos de pólen foram substituídos por micro esferas artificiais de plástico (Unibead Uniform Plystyrene Microspheres) que apresentam cerca de 1,5μm de diâmetro.

Resultados e Discussão

A fim de quantificar o movimento browniano foi analisado o sentido do movimento de seis partículas. Para isso agrupou-se de dois em dois os vetores do sentido de deslocamento analisando se o movimento tende ao sentido horário ou ao sentido anti-horário. A tabela 1 demonstra as porcentagens do sentido do movimento das partículas.

Tabela 1 – Valores em porcentagem do sentido do movimento das partículas.

Partículas	Sentido Horário (%)	Sentido Anti-horário (%)
1	49,29	50,7
2	58,97	41,02
3	43,24	56,75
4	55,55	44,44
5	46,15	53,84
6	44,61	55,38
Média	**49,63**	**50,35**

Tendo *n* medidas cujos resultados estão ao acaso, espera-se uma flutuação de $\sqrt{n}$. Assim, se o sentido de movimento é ao acaso em 588 medidas que foram realizadas tem se uma flutuação de $\sqrt{588}$. Tendo em vista uma distribuição normal espera-se 50% para cada lado com uma flutuação máxima de 24,24/588 x100 = 4,1%. Sendo assim considerando uma flutuação de 45,9% de um lado e 54,1% para o outro lado.
A média das 588 medidas foi de 49,63% horário e 50,35% anti-horário estando no intervalo de flutuação, demonstrando que o movimento é aleatório.
Analisando-se seis partículas individualmente calculou-se o deslocamento quadrático médio de cada. A média dos valores de deslocamento quadrático foi de 2,59 cm. O deslocamento quadrático médio de quatro partículas em função do tempo pode ser visto na figura 1.

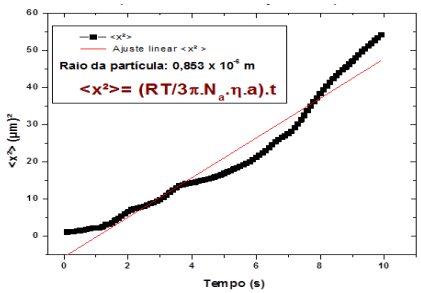


Figura 1- Média sobre um ensemble do deslocamento quadrático médio de quatro amostras em função do tempo.

Com as medidas de deslocamento quadrático médio foi possível calcular o número de Avogadro. Para o calculo do número de Avogadro utilizou-se a seguinte fórmula: $Na= RT/(3\pi a\eta\langle r^2\rangle)t$. Nosso resultado para o número de Avogadro foi de $2x10^{23}mol^{-1}$ comparado com o valor oficial que é de $(6.022140857(74)\times10^{23}\ mol^{-1})$.
Na segunda etapa da pesquisa o pólen foi substituído pelas micro esferas de PMMA imersas em água.
Analisando-se quatro partículas de PMMA chegou-se ao valor de deslocamento quadrático médio de 5,01cm. A média do deslocamento quadrático médio das quatro partículas em função do tempo pode ser visto na figura 2.

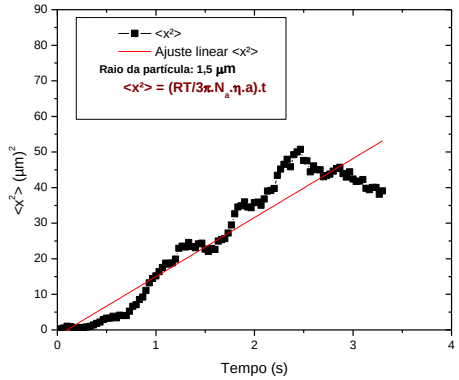


Figura 2- Média sobre um ensemble do deslocamento quadrático médio de quatro amostras em função do tempo.

O resultado para o numero de Avogadro das partículas de PMMA foi de $5x10^{19}$ mol^{-1}.

Conclusões

Observamos o MB em esporos de pólen de flores, em uma solução aquosa de sacarose. Foi possível verificar que, dentro de flutuações estatísticas, há um crescimento linear do deslocamento quadrático médio com o tempo de observação. Também foi possível avaliar o valor do número de Avogadro.
Analisando as micro esferas ao microscópio nota-se algumas correntes que acabam por arrasta-las para uma determinada direção. E as causas dessas correntes ainda não foram identificadas. Essas correntes interferem no movimento browniano e nos resultados de forma significativa.
E com os estudos da teoria foi possível entender que a teoria do movimento browniano não é importante somente para a área da Física. Havendo uma correlação desta explicando fenômenos na Biologia e em outras áreas de conhecimento.

Agradecimentos

À Fundação Araucária pelo incentivo e apoio ao desenvolvimento cientifico e tecnológico. Ao Prof. Dr. F. Serbena por disponibilizar o microscópio para a pesquisa. Ao Prof. Dr. I. Mathias pelo auxilio e ajuda para com o microscópio. Ao Prof. Dr. J. Flemming por toda orientação, ajuda e compreensão durante todo esse um ano de pesquisa.

Referências

[1] PORTAL IF-USP. São Paulo, 2011. Disponível em: < https://portal.if.usp.br/labdid/sites/portal.if.usp.br.labdid/files/Browniano-L.pdf> Acesso em 09 de Agosto de 2017.
[2] 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.
[3] SZMOSKI, R.M. **ANÁLISE DA DINÂMICA DE PARTÍCULAS BROWNIANAS INTERAGENTES A PARTIR DE REDES DE MAPAS ACOPLADOS.** 2009, 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de concentração: Física) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.