

Universidade de São Paulo
Programa Interunidades em Ensino de Ciências

FILMES FINOS

Alunos: Éllen Rosim
Edson Oliveira

Óptica Física: Teoria, experimentos e aplicações.
PROFA. DRA. ANNE SCARINCI E PROF. DR. MIKIYA MURAMATSU

São Paulo
2016

EXPERIMENTOS

1) Bolhas de sabão

Realização de bolhas de sabão da forma que você conseguir, seja por meio de um brinquedo comprado pronto, por sopro em uma mistura de sabão e água, ou por meio de um aparato construído de arame em forma circular.

2) Película de sabão

Por meio de um círculo feito de arame ou o próprio círculo do brinquedo que faz bolhas, molhe na solução de sabão e água e incline-o em diferentes direções que tenha uma iluminação e observe a parte de cima do círculo.

3) Óleo e água

Pingue uma gota de óleo em uma bacia com água e filme com um microscópio de aumento até que consiga ver franjas coloridas.

INTRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO POR MEIO DO COTIDIANO

Para compreendermos o que são os filmes finos podemos iniciar a apresentação da composição de um filme fino de fácil acesso aos alunos e aos professores para o trabalho desta temática – as bolhas de sabão. O estudo das formas das bolhas e dos filmes de sabão ou detergente é uma área que tem fascinado muitos cientistas, mas a início temos uma inquietação:

O que são as bolhas de sabão e detergentes?

Os sabões são formados a partir de ácidos graxos extraídos de gorduras animais ou vegetais e saponificados pela soda cáustica (NaOH) ou pela potassa cáustica (KOH) formando o sal correspondente.

Os detergentes mais comuns são formados por moléculas de ácido sulfônico que reagindo com a soda cáustica forma o sulfonato de sódio. Estas moléculas são também chamadas de surfactantes (surface active agents) e possuem duas regiões distintas: uma parte polar chamada de cabeça e - uma parte apolar formada por hidrocarbonetos, chamada de cauda.

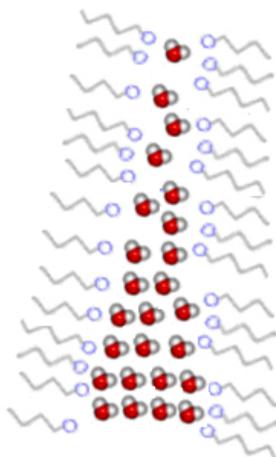


Figura 1: Esquema das moléculas nas bolhas de sabão.

Quando em meio aquoso, estas moléculas interagem tanto com a água, que é polar, como com o ar ou gorduras que são apolares. Assim se colocarmos sabão na água podemos imaginar que elas se acomodarão melhor na superfície de maneira a satisfazer as suas características da seguinte forma:

- uma parte imersa, em contato com a água e
- outra parte direcionada para o ar.

Deste modo, teremos preferencialmente a formação de uma camada superficial de moléculas colocadas em fila única até cobrir toda a superfície do recipiente

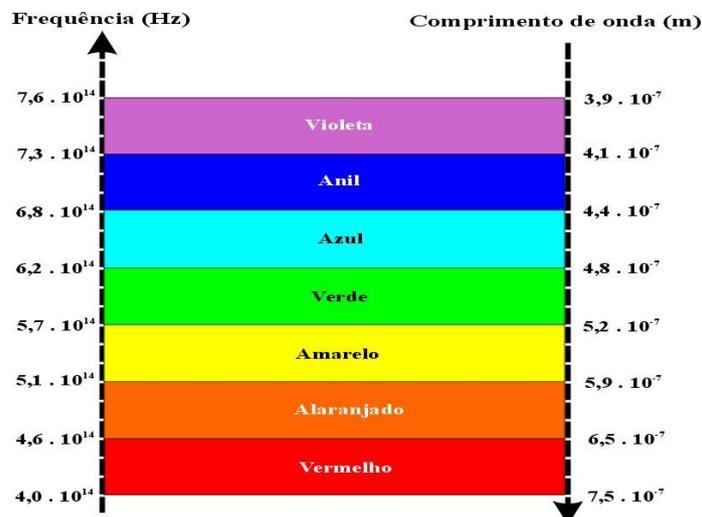
As partes apolares das moléculas estarão direcionadas para o ar e a parte polar das moléculas direcionadas para a água, formando um filme líquido, cuja espessura depende do volume de água presa no meio das duas camadas e do tamanho da molécula do surfactante.

Através de um suporte adequado é possível criar filmes de sabão ou detergentes (brinquedos que fazem bolhas de sabão ou arco de arame). Desta forma é possível demonstrar várias propriedades destes filmes como mudanças de cor, tensão superficial, estabilidade, etc. Focaremos na questão das cores, pois através das mudanças de cor pode-se medir a espessura do filme e prever quando o filme vai colapsar.

A bolha de sabão é um filme fino de líquido circundado por gás (ar) por todos os lados. No caso de bolhas de sabão, este filme tem propriedades elásticas, ele pode ser esticado ou comprimido. Neste caso teremos duas camadas de moléculas formando o filme esférico com uma camada de água no seu interior.

Quando a bolha é formada, uma certa quantidade de água fica presa no interior do filme dando estabilidade à mesma. Se observarmos uma bolha num dia ensolarado ou mediante uma luz adequada veremos que haverá mudanças de cor em sua superfície. Esta variação de cores ocorre devido à reflexão da luz em sua superfície, conforme a espessura do filme, o índice de refração do filme fino e também o comprimento de onda da luz incidente. Podemos ter desde o branco, onde todos os comprimentos de ondas (cores) são refletidos, até pequenos pontos escuros onde não há reflexão alguma.

Usando este princípio é possível portanto medir a espessura do filme formado, conhecendo o comprimento de onda da luz incidente. É interessante ressaltar que a luz visível é composta de diferentes comprimentos de onda.



No caso deste fenômeno a frequência é desprezível pois a fonte de luz envolvida é a mesma. O que muda é a velocidade de da luz na troca de um meio para outro (refração) e o comprimento de onda, conhecendo a relação $v = \lambda \cdot f$

TEORIA ENVOLVIDA NO FENÔMENO – Anéis de Newton

A teoria da interferência ótica é baseada, essencialmente, no princípio de superposição de campos eletromagnéticos. Segundo este, o campo elétrico (E), produzido em um ponto do espaço devido a várias fontes é igual à soma de todos os campos das diferentes fontes.

Consideremos, inicialmente, ondas monocromáticas e coerentes. Nesse caso, temos que a intensidade, em um ponto qualquer, é proporcional ao quadrado da amplitude do campo elétrico. A superposição de duas ondas planas monocromáticas resulta em uma amplitude dada por:

O termo proporcional a $\cos(\phi)$ é chamado termo de interferência. Além disso, esta equação pode gerar as variações de intensidade, conhecidas como franjas de interferência, quando dois feixes coerentes são combinados. Entretanto, quando as fontes são incoerentes, o termo $\phi_1 - \phi_2$ varia aleatoriamente, não gerando interferência. Se, ainda, os campos tiverem polarização ortogonal, não ocorrerá o fenômeno de interferência.

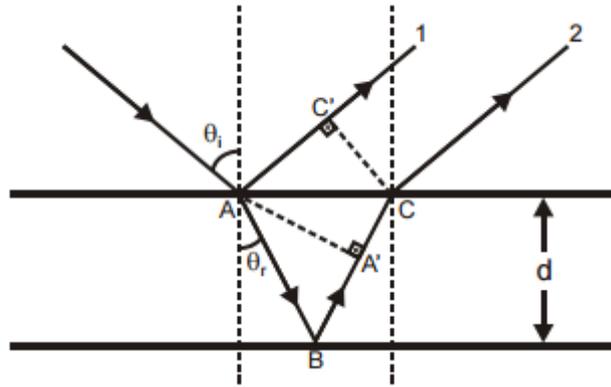


Figura 2: Representação dos caminhos percorridos pelo raio de luz na passagem de filmes finos. (Retirada em 06 de Setembro de 2016

https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/94805/mod_resource/content/1/Apostila7Provisoria-part2.pdf)

As ondas 1 e 2 percorrem caminhos diferentes gerando, desta forma, uma diferença de fase entre elas, o que acarretará o surgimento do fenômeno de interferência. Esta diferença de fase é dada por:

$$\Delta\varphi = K\Delta l - \pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l - \pi$$

onde K é o vetor de onda e Δl é a diferença de caminho ótico. O fator π surge devido ao fato de que uma das ondas é defasada desse valor quando reflete na superfície. Além disso, a diferença de caminho ótico entre as ondas 1 e 2 é dada por:

$$\Delta l = n(\overline{AB} - \overline{BC}) - n'\overline{AC'} = 2n\overline{AB} - n'\overline{AC'}$$

Usando trigonometria e a lei de Snell, podemos mostrar que:

$$\Delta l = 2nd \cos(\theta_r)$$

Para o caso de incidência normal pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\Delta l = 2nd$$

Assim, podemos obter máximos (interferência construtiva) e mínimos (interferência destrutiva) de intensidade fazendo, respectivamente:

$$\Delta\varphi = 2m\pi \Rightarrow \Delta l = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\Delta\varphi = (2m + 1)\pi \Rightarrow \Delta l = m\lambda$$

onde m é um número inteiro maior que zero.

Os anéis de Newton são obtidos devido à interferência das ondas refletidas pela superfície de uma lente convexa e uma placa de vidro plana. Entre estas superfícies há uma fina camada de ar que gera a diferença de caminho ótico (Figura 2) e, conseqüentemente, a interferência.

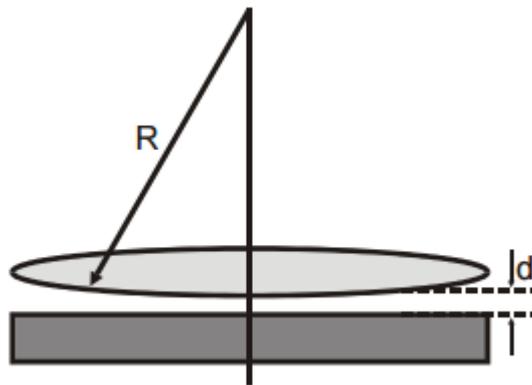


Figura 3: Desenho ilustrativo da placa plana e lente biconvexa utilizadas para montagem que promove a formação dos anéis de Newton com luz monocromática. (Retirada em 06 de Setembro de 2016

https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/94805/mod_resource/content/1/Apostila7Provisoria-part2.pdf)

Como a espessura (d) da camada de ar varia, é possível observar anéis de diferentes raios. O diâmetro dos anéis claros pode ser escrito como:

$$D_m = 2 \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right) R \lambda}$$

onde consideramos $d \ll R$ e $n = 1$.

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

- 1) Prática 7: Interferência I: Anéis de Newton. Laboratório de Ensino de Física. Instituto de Física de São Carlos. Disponível em:
https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/94805/mod_resource/content/1/Apostila7Provisoria-part2.pdf

A seguinte referência traz a teoria a respeito dos anéis de Newton e inclui ao final uma prática de laboratório a ser executada colocando questões para serem resolvidas com ela. A prática não apresenta resultados contendo apenas o roteiro experimental, porém contém teoria formal a respeito dos Anéis de Newton que são parte para a compreensão dos filmes finos.

- 2) Badarau, V. Interferência em películas delgadas. Física na veia.
http://www.rumoaota.com/site/attachments/294_Interfer%C3%Aancia%20em%20Pel%C3%ADculas%20Delgadas.pdf

Neste trabalho pode-se consultar exercícios envolvendo filmes finos e suas respectivas explicações. É um resumo da teoria bem colocado para os exercícios que o professor propõe neste documento. Ele aborda a questão de bolhas de sabão e os anéis de Newton iniciando com uma explicação geral sobre interferência em ondas mecânicas. Por ser um resumo, algumas partes das deduções são encurtadas, mas com um pouco de esforço é possível compreender a lógica feita pelo autor.

3) Interferencia de filme fino – parte 1. Canal: Khan Academy em Português.

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=5L6h6jMAasw&feature=share>

4) Interferencia de filme fino – parte 2. Canal: Khan Academy em Português.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tL4ZpHvPEDw>

Estes vídeos se comprometem em apresentar de forma clara a teoria envolvida enfatizando o passo a passo necessário para compreensão do fenômeno.

5) Temas interdisciplinares. Bolhas de sabão e detergentes.

http://www.uff.br/espacouffciencias/experimentoteca_temas_interdisciplinares_3.htm

Neste link acessamos a experimentoteca da UFF a qual disponibilizou-nos um texto de uma página o qual aborda a formação da bolha, apresentando seus integrantes.

6) Apresentação da Profa. Beth usada na disciplina Óptica para Licenciatura em Matemática (2016).

https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/1249093/mod_resource/content/0/interferencia%20da%20luz%20.pdf

Tomamos como base esta apresentação feita pelo professor Ewout Ter Haar da disciplina de Óptica para a Licenciatura em Matemática no primeiro semestre de 2016. Nestes slides se encontram uma sequência de conteúdos sobre interferência que é o conceito central envolvidos nos fenômenos de filmes finos.

- 7) McNamee, B. D.; Gunter, M. E. Mineralogy and Optical Mineralogy: **Lab Manual**. Disponível em <http://www.minsocam.org/msa/openaccess_publications/McNamee_Gunter_Lab_Manual.pdf>. Acesso em 11 de setembro de 2016.

Em busca por referências que relacionassem o padrão de cores dos anéis de Newton com alguma aplicação tecnológica ou científica, nos deparamos com um manual de laboratório de mineralogia e mineralogia óptica publicado *on-line* por pesquisadores americanos das universidades da Carolina do Norte e de Idaho. Na página 28 encontramos um gráfico que apresenta o padrão de cores gerado por interferência da luz branca, padrão esse verificado por nós ao realizarmos os experimentos da bolha de sabão e dispersão de óleo em água. Esse gráfico relaciona a espessura de um material com a retardação de ondas luminosas ao se propagarem por um objeto de pequenas dimensões que apresente dois índices de refração, birrefringência e como resultado destaca o padrão de cores dividido em 4 ordens de cores.