

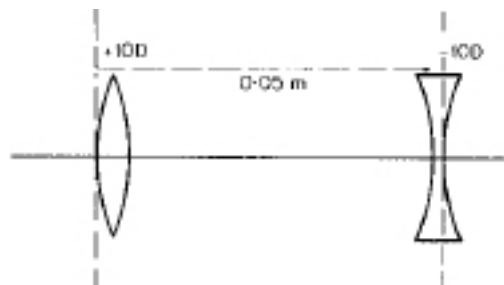
**Justifique as suas respostas.**

1. Tem 2 lentes delgadas (potências $+10\text{ D}$ e -10 D) em ar, separadas por 5 cm . Tem um objeto a 50 cm da 1a. lente.

a) Faça um esquema onde mostre a localização dos planos principais do sistema formado pelas 2 lentes. (2 V)

b) Onde se forma a imagem do objeto? É real ou virtual? (1.5 V)

c) Faça um esquema de traçado de raios que mostre a formação da imagem (a maneira mais inteligente/económica de o fazer é usar os planos principais). (1 V)

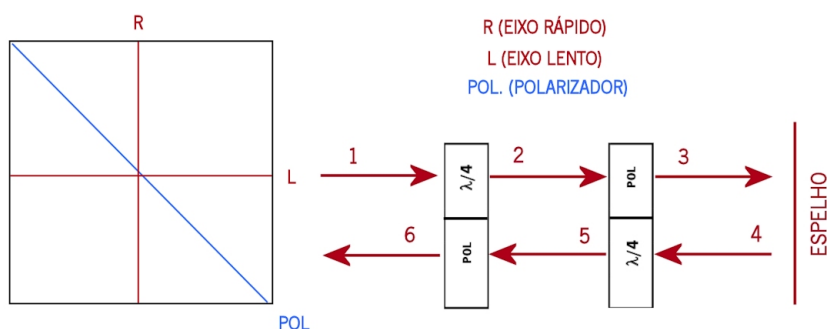


2. Luz não polarizada incide num conjunto de 3 polarizadores lineares ideais (sem absorção nem perdas). Os polarizadores têm os eixos de transmissão na vertical (1o.), a 45° com a vertical (2o.) e na horizontal (3o.). Qual a fracção da irradiância do feixe incidente que resta após o 3o. polarizador? (1.5 V)

3. Motivação: óculos RealD passivos, para cinema 3D. Cada lente é formada por um polarizador linear (dentro) e uma lamina de quarto de onda (fora).

Tem 2 polarizadores lineares e 2 lâminas de $1/4$ de onda. Tem 1 espelho (dielétrico). Tem curiosidade. Luz não polarizada de uma lâmpada fluorescente passa através de 1 lâmina, 1 polarizador, vai ao espelho, e regressa passando por 1 lâmina e 1 polarizador (esquema; repare que na volta não passa pelos mesmos elementos). Todos os polarizadores e todas as lâminas de $1/4$ de onda têm a orientação indicada.

Diga se a luz passa e qual a polarização em 1 a 6. (2 V)



4. Interferência de 2 fontes, na geometria de Young (2 fendas em ar, separadas de $100\mu\text{m}$). Radiação monocromática de 532nm . Onda plana incidente. Coerência completa.

Coloca sobre uma das fendas um filme fino de espessura $1/4$ do comprimento de onda (no meio; $n = 1.67$; filme ideal, sem absorção). A incidência é normal.

a) Esboçe o padrão de interferência de Young no alvo, antes de colocar o filme fino sobre uma das fendas. (1 V)

b) Por causa da interferência no filme fino, a irradiância na fenda tapada é diferente com filme do que sem filme. Qual a transmitância através do filme fino ? (2 V)

c) Esboçe o padrão de interferência de Young no alvo, depois de colocar o filme fino sobre uma das fendas. Preste especial atenção **às diferenças** em relação à situação inicial, sem filme. (1 V)

5. Google Glass, versão de Jun. 2012. O *polarizing beam splitter* (PBS) reflete a luz da realidade aumentada para os olhos. É necessário que no *cubo* seja aumentada a reflexão pois a reflexão vidro-ar para incidência normal, se nada for feito contra, tem um valor típico de 5%.

O livro adotado (Klein & Furtak, 2.Ed.) tem um exemplo canônico, para um espelho dielétrico: sobre um substrato (que pode ser vidro) são depositados vários filmes finos alternadamente de índices de refração alto (High; $\text{ZnS } n_H = 2.32$) e baixo (Low; $\text{MgF}_2 n_L = 1.38$), de espessura $1/4$ do comprimento de onda. No espelho dielétrico a luz vai de ar para vidro. A estrutura é então $\text{ar}-(\text{High-Low})_N\text{-Vidro}$, com N o número de unidades que se repetem.

Mas no Google Glass, a luz vai de vidro para ar.

Você vai comparar as 2 situações: $\text{ar} \rightarrow \text{vidro}$ (espelho; lado esquerdo, cima) e $\text{vidro} \rightarrow \text{ar}$ (Glass; esquerdo, meio). Vai começar por depositar filmes e ver o efeito. A incidência é sempre normal. O vidro (substrato no espelho ou *cubo* no Glass) tem índice de refração 1.562. O comprimento de onda de *design* é 550nm (máximo de sensibilidade do olho).

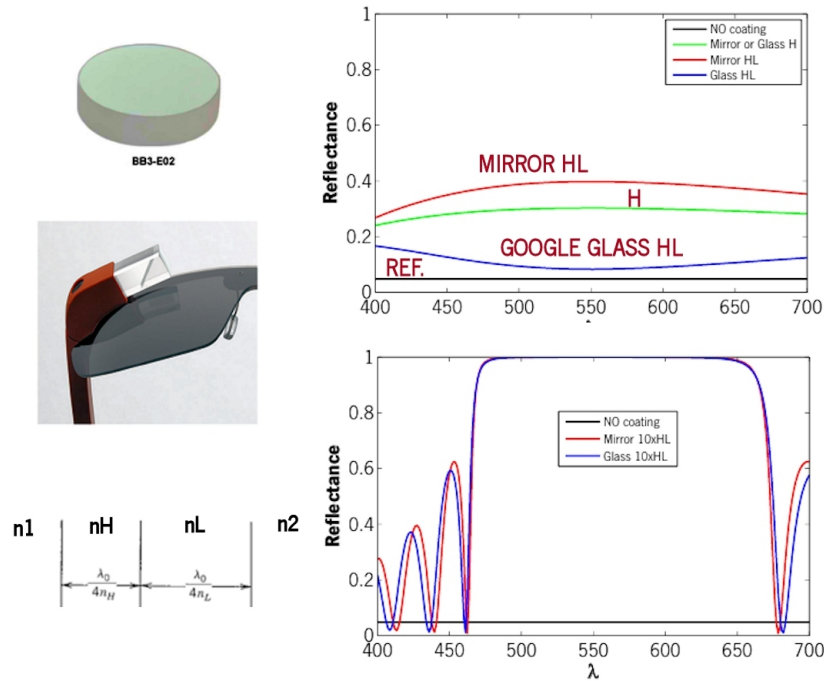
a) Se não houver filme fino a refletância ar-vidro (espelho) ou vidro-ar (Glass) é próxima de 5% (gráfico de cima; preto; referência). Com um filme H as refletâncias continuam a ser iguais (verde). Mas quando adiciona L o espelho e o Glass deixam de ser equivalentes. Em relação a H , o espelho HL tem maior refletância (vermelho) mas o Glass HL tem menor refletância (azul). Ao adicionar mais uma camada a refletância aumenta para o espelho, mas diminui no Glass (não é isto que quer; afinal de contas necessita aumentar a refletância).

Se continuar a aumentar o número N de camadas a refletância aumenta. Para 10 unidades HL , a refletância aproxima-se de 100% e é praticamente igual para o espelho e para o Glass (gráfico de baixo).

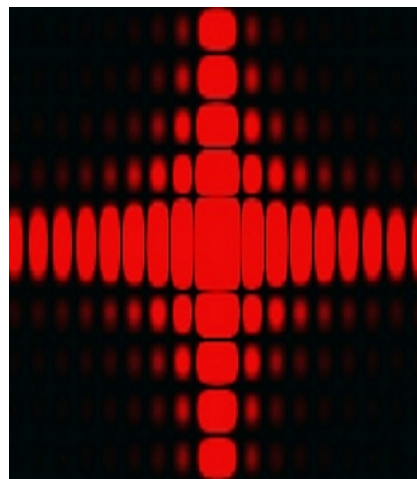
Que raio se está a passar ? Explique: (1) por que a refletância aumenta no espelho mas diminui no Glass, quando vai de H para HL , e (2) porque, para muitas unidades repetidas, deixa de ser relevante que o último meio seja vidro (espelho) ou ar (Glass). (2 V)

b) Os gráficos das refletâncias em função de λ foram obtidos usando uma formulação matricial. Escreva os vetores que descrevem a radiação e as correspondentes matrizes, para incidência normal (de forma simbólica; não quero números). Há 2 tipos de matrizes. Qual o significado de cada ? (1 V)

c) Há duas causas para as mudanças nos gráficos em função de λ : a fase e a amplitude. Numa 1a. aproximação razoável considera-se que a alteração de fase é muito mais importante que a alteração de amplitude. Os gráficos foram obtidos nesta aproximação. Nesta aproximação, as 2 matrizes da alínea anterior dependem ou não de λ ? (1 V)



6. Observa o padrão de difração de Fraunhofer de uma fenda retangular de $100 \times 50 \mu\text{m}$ (figura em baixo). A maior dimensão da fenda está na vertical ou na horizontal ? (1.5 V)



7. Considere difração de Fresnel, por um plano horizontal, da radiação de uma fonte pontual.

a) Assinale na espiral de Cornu a localização do 1o. máximo e do 1o. mínimo. (1 V)

b) Use a espiral de Cornu para estimar razão de amplitudes e de irradiâncias entre o 1o. máximo e do 1o. mínimo. (1.5 V)

