

J₂ - ILUSÃO DE ÓTICA NO ENSINO DE FÍSICA IV
BORGES, José Carlos - Instituto de Física - UFRJ, COPPE-UFRJ

Este trabalho resume tentativas de se motivar estudantes de Física IV no aprendizado da Ótica. Procuramos levar até os alunos os fenômenos de ilusão de Ótica mais comuns, quer através de figuras distribuídas em sala, quer através de projeções de "slides". Nessas tentativas, introduzimos também o ensino das cores e os problemas de sua percepção. Intercaladamente é apresentada a teoria da visão chamando-se então a atenção para o fato de considerarmos "fantástico o primeiro contato com o inexplicável". Procuramos assim abrir um pouco mais a visão dos estudantes para o mundo que os cerca, aproveitando para fundamentar intuitivamente conceitos de relatividade. Em função dos bons resultados obtidos, propomos alterações no ensino da Ótica em Física IV.

O ensino da Ótica em nossas universidades, é na sua maioria feito dentro do curso de Física IV, sendo o livro de Física dos autores Halliday-Resnick comumente adotado. A nosso ver os assuntos tratados na Ótica Geométrica, são uma repetição de assuntos que os estudantes já viram no secundário (ou cursinho) além de não levarem, pelo nível em que são tratados, a alguma aplicação realmente prática.

ALTERAÇÕES PROPOSTAS

Propomos que se mantenha nesses cursos, apenas a discussão *conceitual* dos Princípios de Huygens e Fermat, introduzindo o ensino dos tópicos.

- Teoria das cores
 - Percepção Ótica (percepções humana e não humana)
- o que achamos que pode ser feito de uma maneira bastante atrativa para o estudante, sob a forma de ilusões de Ótica

RESULTADOS

Nos vários anos em que estes tópicos foram ministra-

dos em cursos do IF/UFRJ, pudemos observar um interesse dos alunos bem maior do que em relação ao resto da ementa do curso. Isto, por si só já justificaria sua inclusão.

Pudemos observar também, que as discussões surgidas das tentativas de decifrar as ilusões provocadas pelas figuras, levaram os estudantes a se interessar por fenômenos de relatividade (variações de espaço, tempo, massa) chegando mesmo algumas turmas a levantar problemas de metafísica (como universos paralelos) e a questionar conceitos básicos da Física (energia, velocidade). Algumas vezes os estudantes chegaram a se interessar por raciocínios de lógica (científica ou não) e nestas turmas foram aplicados alguns testes de enigmas (verbais ou matemáticos) tais como:

(a) Uma pessoa diz:

- "O que estou falando é falso"

A pessoa está mentindo ou não?

Estes testes embora sejam mais de raciocínio, podem ser adaptados para situações físicas.

CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos, cremos que esta alteração, além de motivar os estudantes para aquilo que a escola lhes fornece, lhes oferece também uma ferramenta não apenas para aceitar mais facilmente os novos conceitos da Física (a intuição se torna mais *maleável* e *experiente*) como também cremos que lhes possibilita compreender um pouco melhor o mundo que nos cerca. (Esta última observação se prende ao fato de serem nossos olhos, inegavelmente o maior fornecedor de informações para nosso cérebro).

OBSERVAÇÕES

Neste trabalho não incluímos a parte de cores, por dificuldades de impressão → pelo mesmo motivo não incluímos também algumas figuras cujo efeito depende de graduações cinza (pretendemos incluí-las em um trabalho posterior).

Algumas das figuras são de nossa autoria, mas a maioria foi retirada da bibliografia fornecida.

Algumas figuras **não** possuem legenda, por serem auto explicativas, e pedimos excusas por termos introduzido outras com legenda na **língua** original do livro fonte.

- 1) *Partes de uma figura* - O objetivo deste teste de percepção **é** completar as partes que faltam para que surja uma figura familiar. Se a figura, a uma distância normal de leitura, parece enigmática, tente de novo a distâncias cada vez maiores.
- 2) *São nós ou não são nós?* - As figuras de A a F representam uma corda entrelaçada de várias formas, sendo que algumas são realmente **nós**, outras não. Imagine suas mãos puxando as duas pontas da corda e veja se consegue descobrir quais as figuras que são realmente **nós**.
- 3) *Qual círculo é maior?* - O furo interno do papelão em cima do copo, ou a base do copo? Devido ao seu formato cônico, a base **B** do copo parece ser maior do que o orifício A.
- 4) *Qual linha é maior AB ou CD?* - Como a figura de paredes convexas é maior do que a de paredes côncavas, AB parece ser maior que CD.
- 5) *Teste de astigmatismo* - O astigmatismo é em geral, causado pela deformação da **córnea**, que provoca a **distorção** da imagem, refratando a luz em maior grau num plano do que em outro - por exemplo, na vertical ou na horizontal. Feche um dos olhos e observe a figura. Caso voce tenha astigmatismo, linhas em direções diferentes, terão nitidez diferentes.
- 6) *Formato da cartola* - As distâncias AC e BD (altura da cartola) parecem ser maiores do que EF (largura da cartola). A seção vertical, copa, corta a aba da cartola, reduzindo sua largura aparente. O que ajuda mais a dar essa ilusão de altura, é o maior tamanho da copa em comparação com a aba. (Para que a copa e a aba parecessem iguais, a aba deveria ser 25% mais larga que a do desenho).
- 7) *Qual linha é maior?* - A linha **AB** parece ser maior do do que a linha **AC**, porque associamos intuitivamente à

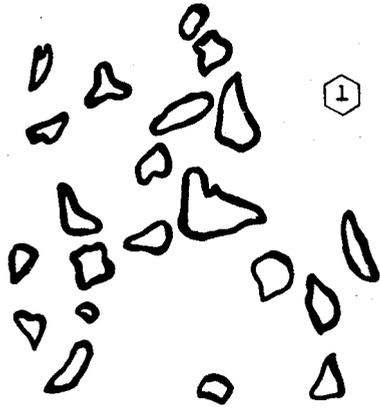
figura, uma percepção em perspectiva.

- 8) A coluna de linhas verticais A parece ser mais larga e mais baixa do que a pilha B de linhas horizontais, também devido à interpretação em perspectiva que damos às duas figuras. Além disto, somamos ao tamanho de cada figura, os espaços entre as linhas. É exatamente por esta razão que a figura 11 parece ser mais alta do que larga.
- 9) *Pato - Coelho* - Usado por Wittgenstein para demonstrar suas idéias sobre percepção. A probabilidade de vermos qualquer dos aspectos é praticamente quase igual, mas como toda figura ambígua, só é possível uma interpretação de cada vez. (Este mesmo efeito ocorre nas figuras *rosto-vaso*, *blocos de tijolos etc ...*).
- 10) *Ponto Cego* - Para ver o seu ponto cego, coloque a página a uns 20 cm. Cubra o olho esquerdo e focalize o direito no círculo com a cruz. Aproximando a página do seu rosto, haverá um momento em que o círculo negro desaparecerá (isso indica que sua imagem incidiu na pupila ótica, ponto onde o nervo Ótico corta a retina).
- 11) Vide comentário em 8.
- 12) *Agulhas Móveis* - Colocando um olho (depois de fechar o outro) no ponto de intersecção das *prolongações* destas linhas, podemos ver uma série de agulhas fincadas no papel. Se movemos a figura de um lado para outro, as agulhas parecem balançar.
- 13) *Qual homem é maior?* - Respondemos imediatamente que o homem C é maior do que B, que por sua vez é maior do que A. Entretanto, os tres são do mesmo tamanho. Esta ilusão se deve ao fato das paredes e da calçada estarem desenhadas em perspectiva projetiva, e os homens não estarem desenhados em perspectiva.
- 14) A linha CD parece maior do que AB porque AB está perto de EF que realmente é muito maior
- 15) *Triângulo Impossível* - Apesar deste triângulo poder ser desenhado, ele não pode existir e ser visto como um

único objeto. A razão é ter nosso sistema de percepção de construir um mundo a três dimensões a partir de informação incompatível quanto à terceira dimensão.

- 16) *Ilusão de Ponzo* - A figura nos parece os trilhos e os dormentes de uma estrada de ferro. Desta forma, como vemos o mundo em perspectiva, achamos que as linhas horizontais (dormentes) são de tamanhos diferentes - na realidade elas são do mesmo tamanho.
- 17) *Cubo de Necker* - A linha traçada através do canto F do cubo, parece ser ligeiramente curva. Parecerá também, no mesmo sentido, quando visualizamos o cubo invertido em profundidade (ABCD seria a face em primeiro plano). Portanto a curvatura *aparente* não depende da profundidade aparente. Em alguns instantes, temos também a impressão que são duas linhas pertencentes às faces EFGH e FBCG (independente da profundidade associada). O pequeno círculo, da mesma forma, pode nos parecer tanto pertencendo à face EFGH, como à ABCD, como também podemos interpretá-lo como interno ou externo ao cubo.
- 18) Quem está mais próximo do leitor, as linhas \overline{AB} e \overline{CD} ou a linha \overline{FG} ? Normalmente associamos a esta figura, a imagem de um livro, que poderá estar aberto para nós (\overline{FG} estará mais longe) ou aberto contra nós (\overline{FG} estará mais perto).
- 19) *Ilusão de muller-Lyer* - A linha \overline{CD} parece maior do que AB devido à posição divergente das setas nas suas extremidades. Poderíamos interpretar esta ilusão, se associarmos a \overline{AB} , a quina de duas paredes em uma esquina, e a \overline{CD} a quina de duas paredes de uma sala visualizada do seu interior. Assim, linhas com pontas divergentes (CD) estariam mais longe do que linhas com pontas convergentes, e nosso cérebro a elas *associaria* um tamanho maior quando as imagens chegassem aos nossos olhos com um mesmo tamanho.
- 20) As linhas x e y oblíquas às duas retas paralelas R e S parecem *não* se encontrar em A (ponto onde a oblíqua x encontra a paralela R) embora se encontrem.

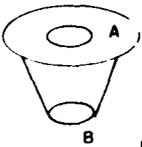
- 21) O comprimento das linhas horizontais na pilha A, parece ser maior do que o comprimento das linhas em B, e assim por diante. Isto acontece porque a distância entre os lados verticais de A. vai diminuindo de A para E. Como as linhas horizontais estão entre estes lados *verticais*, achamos que elas também **vão** diminuindo.
- 22) As distâncias *internas* entre A e B ou A e C, parecem maiores do que a distância *externa* B e C. (Isto acontece porque as distâncias externa e interna entre A e B são respectivamente maiores do que as entre B e C).
- 23) *Letras? Não, são sombras* - Todavia vemos os objetivos que produziram tais sombras. Olhemos com atenção: **não** existem letras em relevo para produzir as sombras, embora **nós vejamos** essas letras. (Talvez isto explique porque algumas pessoas vêem **fantasmas, discos voadores** etc).



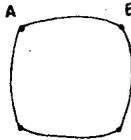
1



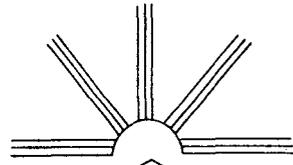
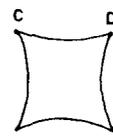
2



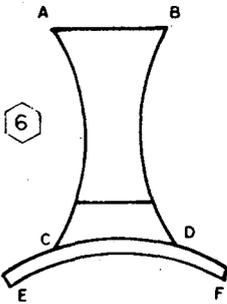
3



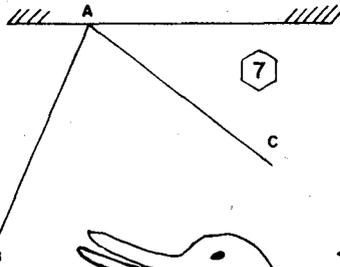
4



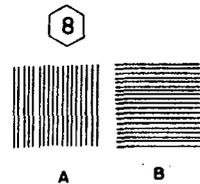
5



6



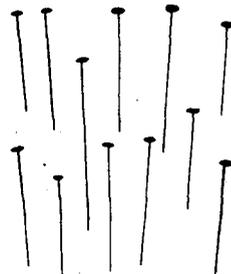
7



8

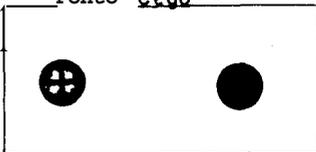


9

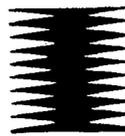


12

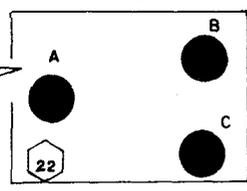
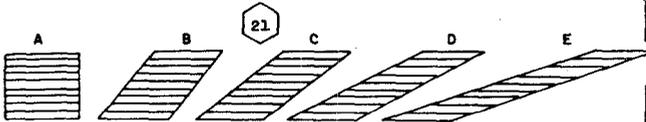
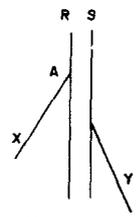
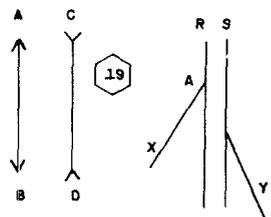
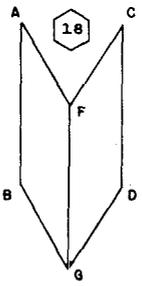
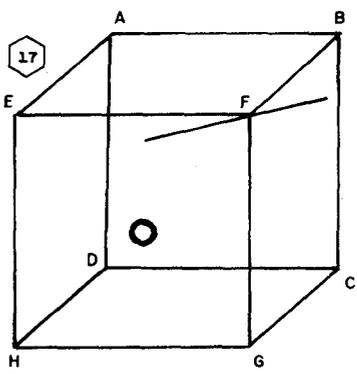
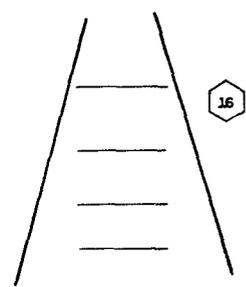
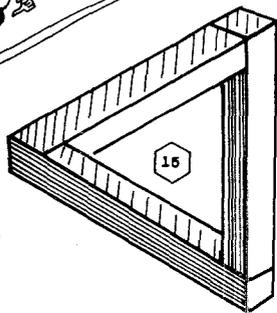
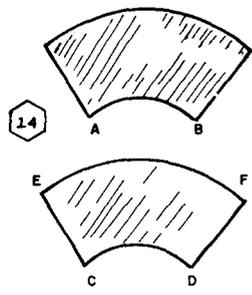
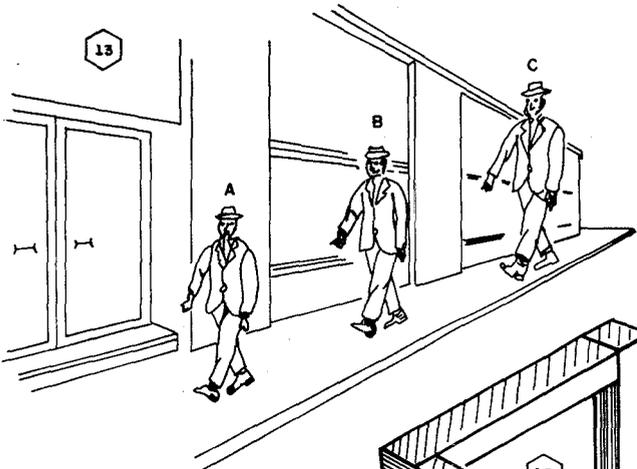
Ponto Cego



10



11



23
SOMERF