

PROFESSOR DANILO

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ÓPTICA – TERCEIRO ANO – 29/01/2023

**FOLHA 01**

**Apostila 1.**

**ÍNDICE**

- Ótica p. 3
  - Lista: Introdução ao estudo da óptica

**INTRODUÇÃO À FÍSICA**

Vamos começar tendo uma noção geral do que é física e do que é óptica, assunto que trabalharemos no primeiro semestre deste ano.

- **FÍSICA**
  - Do grego *physis*: natureza
  - A Física trata do mundo real
    - O descrevemos usando a Matemática
  - Modo de estudo
    - Princípios
      - Assume-se como verdade sem poder ser demonstrado
    - Teoremas
      - Podem ser demonstrados
    - Leis
      - Podem ser Princípios ou Teoremas
- **Óptica**
  - Do grego *optiké*: visão
  - O termo ótica (sem “p”) está relacionado ao ouvido (exemplo: otite) mas a grafia ótica muitas vezes é empregada como sinônimo de óptica
  - Divisões
    - Óptica geométrica
      - O que estudaremos neste semestre
      - Trata a luz como raio
      - Ferramenta principal: Geometria
    - Óptica ondulatória
      - Veremos no ano que vem
      - Trata a luz como uma onda
      - Explica a difração da luz (se você apontar um laser verde para um fio de cabelo irá obter as figuras a seguir)

a) Fio de cabelo	b) Grafite 0,3 mm	c) Grafite 0,5 mm
d) Grafite 0,7 mm	e) Grafite 0,9 mm	f) Grafite 2 mm

Figura 1: Imagem de difração formada quando um feixe de luz verde tem como obstáculo os objetos descritos acima. Fonte: <http://www.scielo.br/img/revistas/rbef/v37n4//0102-4744-rbef-37-4-4311-qf04.jpg>

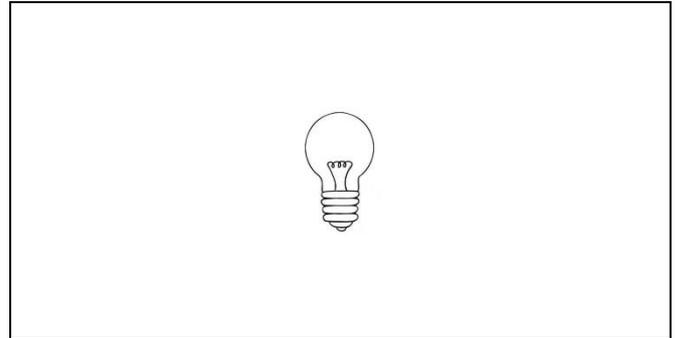
- **Óptica física**
  - Veremos no ano que vem
  - Trata a luz como partícula
  - Explica porque quando a luz com determinada cor consegue retirar elétrons de alguns metais (efeito fotoelétrico)

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA**

- Conceitos fundamentais
  - Raios de luz:

- Linhas orientadas que representam o caminho percorrido pela luz, indicando também o sentido

**Q. 1 – RAIOS DE LUZ**



Um conjunto de raios de luz são chamados de feixe de luz. Esses feixes podem ser classificados como:

- Feixe cilíndrico;
- Feixe cônico convergente e
- Feixe cônico divergente.

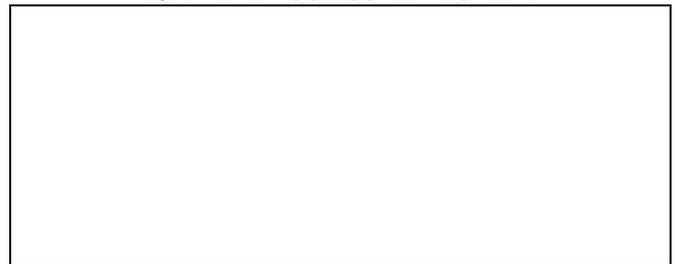
**Q. 2 – FEIXE CILÍNDRICO**



**Q. 3 – FEIXE CÔNICO CONVERGENTE**



**Q. 4 – FEIXE CÔNICO DIVERGENTE**



- Fontes de luz
  - Primárias (emitem luz como o Sol, lâmpadas, estrelas etc.)
  - Secundárias (que refletem luz como a Lua, o caderno, os planetas etc.)
- A luz pode ser
  - Simples ou Monocromática (uma só cor)
  - Composta ou Policromática (duas ou mais cores superpostas – a luz do Sol é a mistura de todas as cores visíveis)
- Velocidade da luz
  - No vácuo é  $3 \cdot 10^8$  m/s e representado pela letra *c*.
  - Uma **ano-luz** é a distância percorrida pela luz em um ano. Isto é:

PROFESSOR DANILO

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ÓPTICA – TERCEIRO ANO – 29/01/2023

**EXERCÍCIOS**



01. Determine quanto é, em quilômetros, um ano luz.  
Adote um ano como sendo equivalente à  $32 \cdot 10^6$  s.

**AS CORES VISÍVEIS**

Q. 5 – DIVIDIMOS AS CORES VISÍVEIS\* EM SETE

Quando a luz branca atinge um prisma ela é decomposta nas cores acima descritas.

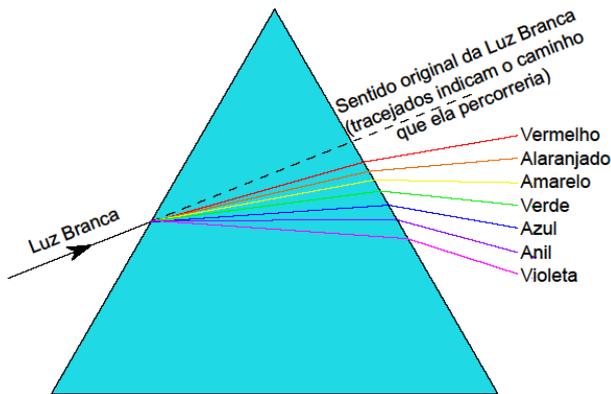


Figura 2: Decomposição da luz branca

**TIPOS DE MEIOS**

Q. 6 – TRANSLÚCIDO

Q. 7 – TRANSPARENTE

Q. 8 – OPACO

- Exemplos de meios
  - Translúcidos
    - Vidro canelado, papel de seda, etc.
  - Transparentes
    - Lâmina de água limpa, vidro liso, ar, etc.
  - Opacos
    - Cimento, lousa, madeira, etc.

**FENÔMENOS ÓPTICOS**

- REFLEXÃO: quando a luz incide em um objeto e volta para o meio de propagação original, como quando incidimos uma luz laser no espelho.
  - Reflexão regular
    - Feixe paralelo incidente em uma superfície plana e polida mantém o paralelismo

Q. 9– REFLEXÃO REGULAR

- Reflexão difusa
  - Feixe de raios paralelos incidentes em uma superfície não mantém o paralelismo

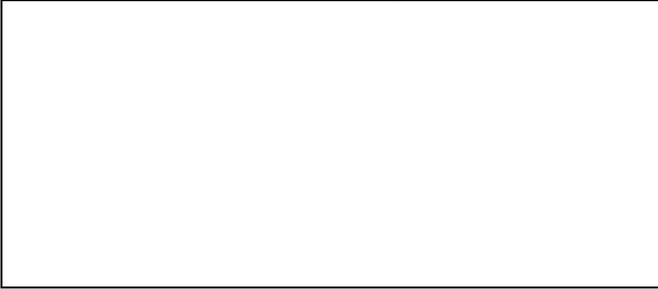
Q. 10 – REFLEXÃO DIFUSA

PROFESSOR DANILO

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ÓPTICA – TERCEIRO ANO – 29/01/2023

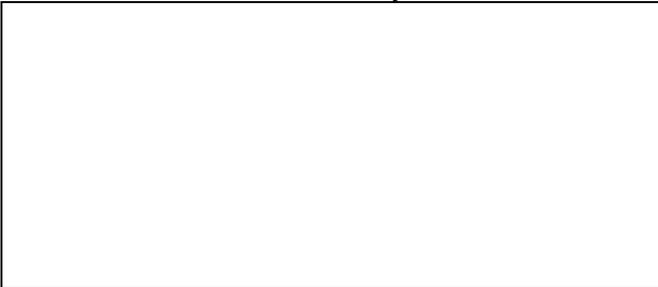
- REFRAÇÃO: quando a luz incide em um meio e o atravessa.

Q. 11 – REFRAÇÃO



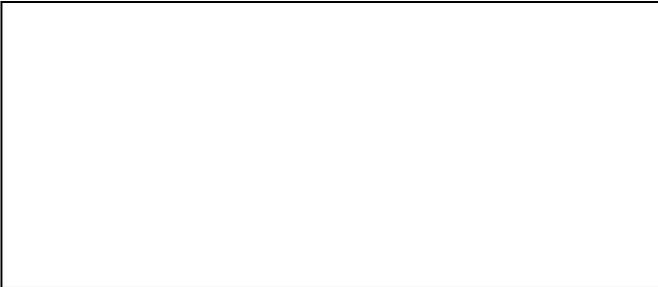
- ABSORÇÃO: quando a luz, ao incidir em um meio, não é refletida e não é refratada dizemos que o meio absorveu a luz.

Q. 12 – ABSORÇÃO



- TODOS OS TRÊS FENÔMENOS ACIMA PODEM OCORRER SIMULTANEAMENTE

Q. 13 – REFLEXÃO, ABSORÇÃO E REFRAÇÃO SÃO FENÔMENOS QUE OCORREM SIMULTANEAMENTE



**COR DE UM CORPO POR REFLEXÃO**

- Cores primárias aditivas
  - Células da visão
    - Bastonetes
      - Células mais finas e responsáveis por detectar presença e ausência de cor
      - Em ambientes mais escuros somente usamos estas células
      - Por isso enxergamos branco e preto no escuro
    - Cones
      - Três tipos
      - Responsáveis por vermos cores
      - Menos sensíveis: por isso só enxergamos cores quando há maior intensidade luminosa (mais luz)
      - Maior sensibilidade nas cores *Red* (Vermelho),

Green (Verde) e Blue (Azul)

- Por isso televisores, celulares e projetores utilizam apenas estas três cores, cujo padrão é chamado de RGB (*Red, Green, Blue*)

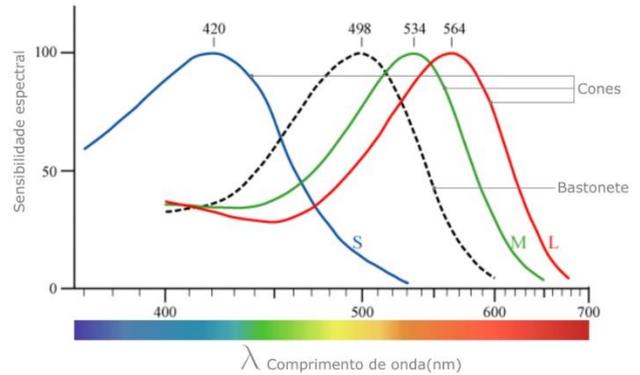


Figura 4: Gráficos de sensibilidade dos cones e bastonetes. Disponível em: <https://muralcientifico.files.wordpress.com/2017/10/000.jpg>

- Chamamos de cores primárias aditivas estas três cores (RGB) que sensibilizam os cones
- Se misturarmos todas elas obtemos o branco
  - Disco de Newton (vídeo youtube)
  - Inkscape (download e explicações pelo programa)
- Cores primárias subtrativas
  - Vamos simplificar as coisas
    - Uma superfície é verde porque ela reflete somente a cor verde, logo

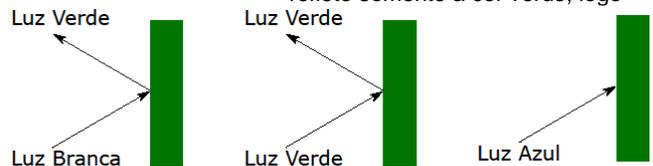


Figura 5: Pigmentos puros reflete somente uma cor e absorve todas as outras.

- O mesmo vale para as demais cores
- A vida real é mais complicada: as cores primárias das tintas são
  - Cyan (Ciano)
    - Absorve Vermelho
  - Magenta (Magenta)
    - Absorve Verde
  - Yellow (Amarelo)
    - Absorve Azul
  - black (Preto – Key)
    - Absorve Todas as três cores
  - Abreviando: CMYK
  - Note que se misturarmos:
    - CIANO e MAGENTA as cores Vermelho e Verde serão absorvidas, restando apenas o AZUL
    - MAGENTA e AMARELO as cores Verde e Azul serão absorvidas, restando apenas o VERMELHO
    - CIANO e AMARELO as cores Vermelho e Azul serão absorvidas, restando apenas o VERDE
    - Se misturarmos todas as cores, então o Vermelho, o



PROFESSOR DANILO

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ÓPTICA – TERCEIRO ANO – 29/01/2023

Verde e o Azul serão absorvidos, resultando em preto.



**02.** Suponha que a bandeira do Brasil esteja em uma sala completamente escura. Apenas uma luz amarela monocromática está disponível.

a) Se nenhuma luz estiver acesa, com qual(quais) cor(es) a bandeira do Brasil seria vista?

b) Se apenas a luz amarela estiver acesa, com qual(quais) cor(es) a bandeira do Brasil seria vista?

**PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA**

Na verdade, não são princípios, pois podem ser demonstrados. São três “princípios”:

**Primeiro princípio: princípio da propagação retilínea da luz**

Em meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta.

**Segundo princípio: princípio da reversibilidade dos raios de luz**

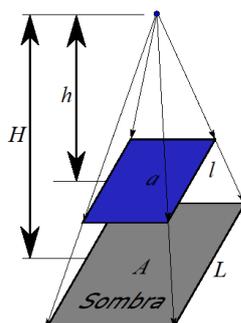
Se a luz percorre um caminho ao ir de um ponto A para um ponto B, então ao ir do ponto B para o A ela fará o mesmo caminho.

**Terceiro princípio: princípio da independência dos raios luminosos**

Quando raios de luz se cruzam, eles se interferem mutuamente apenas na região onde se cruzam, mas cada um segue seu caminho como se os demais não existissem.

**APLICAÇÕES DO PRINCÍPIO DA PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ**

**SOMBRA:**  
Fonte pontual



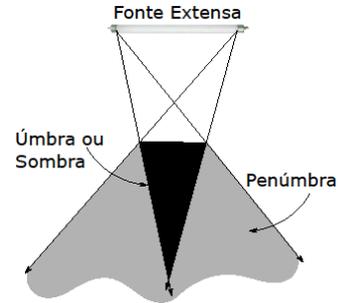
Semelhança de triângulos:

$$\frac{l}{L} = \frac{h}{H} = k$$

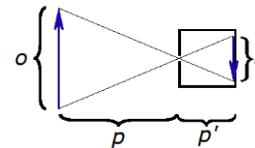
Há uma relação também para as áreas:

$$\frac{a}{A} = k^2$$

**PENÚMBRA**



**CÂMARA ESCURA**

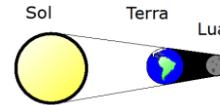


Novamente semelhança de triângulo

$$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p}$$

**A LUA**

- ECLIPSES
  - LUNAR



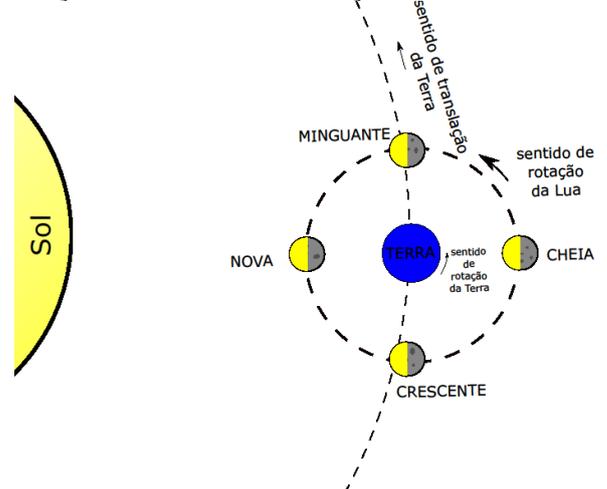
- SOLAR



• FASES DA LUA

- O sentido de rotação da Terra em torno do próprio eixo, da Lua em torno do próprio eixo, de translação da Terra em torno do Sol e o de translação da Lua em torno da Terra são os mesmos
- Usando a “regra da mão direita” você pode determinar este sentido de rotação apontando seu dedo para o norte geográfico

**ESPAÇO PARA SUAS OBSERVAÇÕES:**

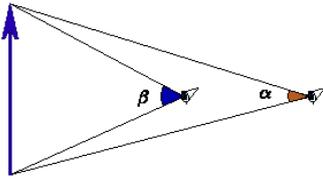


PROFESSOR DANILO

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ÓPTICA – TERCEIRO ANO – 29/01/2023

**ÂNGULO VISUAL**

Ângulo formado entre os raios que saem das extremidades do objeto e atingem o observador



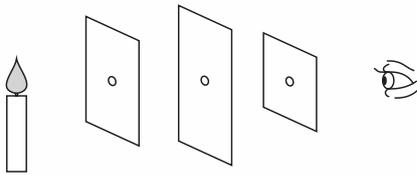
**EXERCÍCIOS**

**03.** (G1 - cftrj 2019) Durante o ano de 2018, ocorreram 5 eclipses: 3 eclipses solares e 2 eclipses lunares. No Brasil, só nos foi possível observar o eclipse lunar total que ocorreu em 27 de julho. O eclipse lunar ocorre porque a Terra se alinha com o Sol e com Lua. O Sol emite seus raios para a Terra que, devido a suas dimensões, cria uma sombra na Lua. Este efeito será mais visível quanto melhor for a visibilidade da Lua e, por isso, em alguns casos, o eclipse lunar deixa a Lua com uma coloração próxima ao vermelho.

Podemos afirmar que a fase em que se encontrava a Lua para o fenômeno do eclipse lunar total, observado no Brasil, era a:

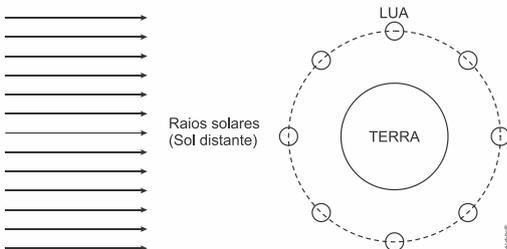
- a) Nova.
- b) Crescente.
- c) Cheia.
- d) Minguante.

**04.** (Eear 2019) Considere um observador frente a três anteparos, em um meio homogêneo e transparente, cada um com um orifício em seu respectivo centro, conforme mostra a figura que se segue. Através desses orifícios, o observador consegue enxergar a chama de uma vela devido a um princípio da Óptica Geométrica denominado \_\_\_\_\_.



- a) Princípio da independência dos raios de luz.
- b) Princípio da reversibilidade dos raios de luz.
- c) Princípio da propagação retilínea da luz.
- d) Princípio da reflexão dos raios de luz.

**05.** (Enem PPL 2019) A figura mostra, de forma esquemática, uma representação comum em diversos livros e textos sobre eclipses. Apenas analisando essa figura, um estudante pode concluir que os eclipses podem ocorrer duas vezes a cada volta completa da Lua em torno da Terra. Apesar de a figura levar a essa percepção, algumas informações adicionais são necessárias para se concluir que nem o eclipse solar, nem o lunar ocorrem com tal periodicidade.



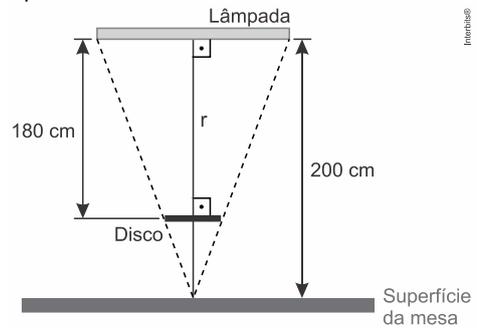
A periodicidade dos eclipses ser diferente da possível percepção do estudante ocorre em razão de

- a) eclipses noturnos serem imperceptíveis da Terra.
- b) planos das órbitas da Terra e da Lua serem diferentes.
- c) distância entre a Terra e a Lua variar ao longo da órbita.
- d) eclipses serem visíveis apenas em parte da superfície da Terra.
- e) o Sol ser uma fonte de luz extensa comparado ao tamanho da Lua.

**06.** (Uece 2019) A energia solar fotovoltaica é uma das fontes de energia em franca ascensão no Brasil. Dentre os diversos componentes de um sistema solar fotovoltaico, destaca-se o painel solar. De modo simplificado, esse componente é constituído por uma camada de vidro para proteção mecânica, seguida de uma camada formada por células solares e uma última camada, na parte inferior, também para proteção e isolamento. Sendo o vidro um material semitransparente, um raio solar que chega ao painel é

- a) parcialmente refletido e totalmente refratado pelo vidro.
- b) parcialmente refletido e parcialmente refratado pelo vidro.
- c) totalmente refratado pelo vidro.
- d) totalmente refletido pelo vidro.

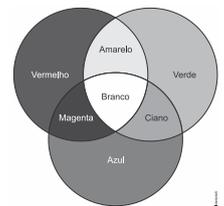
**07.** (Famerp 2019 – MODIFICADA) A figura mostra uma lâmpada retilínea, de comprimento 90 cm, fixa horizontalmente no teto de uma sala, 200 cm acima da superfície plana e horizontal de uma mesa. Um disco circular opaco foi colocado horizontalmente entre a lâmpada e a mesa, a 180 cm da lâmpada, sendo esta a maior distância para que ele não projete sombra sobre a mesa. A reta  $r$ , mostrada na figura, é vertical e passa pelo ponto médio da lâmpada e pelo centro do disco.



fora de escala

Calcule o diâmetro do disco, em centímetros.

**08.** (Enem 2019) Os olhos humanos normalmente têm três tipos de cones responsáveis pela percepção das cores: um tipo para tons vermelhos, um para tons azuis e outro para tons verdes. As diversas cores que enxergamos são o resultado da percepção das cores básicas, como indica a figura.



A protanopia é um tipo de daltonismo em que há diminuição ou ausência de receptores da cor vermelha. Considere um teste com dois voluntários: uma pessoa com visão normal e outra com caso severo de protanopia. Nesse teste, eles devem escrever a cor dos cartões que lhes são mostrados. São utilizadas as cores indicadas na figura.

Para qual cartão os dois voluntários identificarão a mesma cor?

- a) Vermelho.
- b) Magenta.
- c) Amarelo.
- d) Branco.
- e) Azul.

**09.** (Enem 2019) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz se espalha por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos se atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala atravessa o ar; pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

PROFESSOR DANILO

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ÓPTICA – TERCEIRO ANO – 29/01/2023

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.  
b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.  
c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.  
d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.  
e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

**Física para poetas**

O ensino da física sempre foi um grande desafio. Nos últimos anos, muitos esforços foram feitos com o objetivo de ensiná-la desde as séries iniciais do ensino fundamental, no contexto do ensino de ciências. Porém, como disciplina regular, a física aparece no ensino médio, quando se torna “um terror” para muitos estudantes.

<sup>1</sup>Várias pesquisas vêm tentando identificar quais são as principais dificuldades do ensino de física e das ciências em geral. Em particular, a queixa que sempre se detecta é que <sup>2</sup>os estudantes não conseguem compreender a linguagem matemática na qual, muitas vezes, os conceitos físicos são expressos. Outro ponto importante é que as questões que envolvem a física são apresentadas fora de uma contextualização do cotidiano das pessoas, o que dificulta seu aprendizado. Por fim, existe uma enorme carência de professores formados em física para ministrar as aulas da disciplina.

As pessoas que vão para o ensino superior e que não são da área de ciências exatas praticamente nunca mais têm contato com a física, da mesma maneira que os estudantes de física, engenharia e química poucas vezes voltam a ter contato com a literatura, a história e a sociologia. É triste notar que <sup>3</sup>a especialização na formação dos indivíduos costuma deixá-los distantes de partes importantes da nossa cultura, da qual as ciências físicas e as humanidades fazem parte.

Mas vamos pensar em soluções. Há alguns anos, <sup>4</sup>ofereço um curso chamado “Física para poetas”. A ideia não é original – ao contrário, é muito utilizada em diversos países e aqui mesmo no Brasil. Seu objetivo é apresentar a física sem o uso da linguagem matemática e tentar mostrá-la próxima ao cotidiano das pessoas. Procuro destacar a beleza dessa ciência, associando-a, por exemplo, à poesia e à música.

Alguns dos temas que trabalho em “Física para poetas” são inspirados nos artigos que público. Por exemplo, <sup>5</sup>“A busca pela compreensão cósmica” é uma das aulas, na qual apresento a evolução dos modelos que temos do universo. Começando pelas visões místicas e mitológicas e chegando até as modernas teorias cosmológicas, falo sobre a busca por responder a questões sobre a origem do universo e, conseqüentemente, a nossa origem, para compreendermos o nosso lugar no mundo e na história.

Na aula “Memórias de um carbono”, faço uma narrativa de um átomo de carbono contando sua história, em primeira pessoa, desde seu nascimento, em uma distante estrela que morreu há bilhões de anos, até o momento em que sai pelo nariz de uma pessoa respirando. Temas como astronomia, biologia, evolução e química surgem ao longo dessa aula, bem como as músicas “Átimo de pó” e “Estrela”, de Gilberto Gil, além da poesia “Psicologia de um vencido”, de Augusto dos Anjos.

Em “O tempo em nossas vidas”, apresento esse fascinante conceito que, na verdade, vai muito além da física: está presente em áreas como a filosofia, a biologia e a psicologia. Algumas músicas de Chico Buarque e Caetano Veloso, além de poesias de Vinicius de Moraes e Carlos Drummond de Andrade, ajudaram nessa abordagem. Não faltou também “Tempo Rei”, de Gil.

A arte é uma forma importante do conhecimento humano. Se músicas e poesias inspiram as mentes e os corações, podemos mostrar que a ciência, em particular a física, também é algo inspirador e belo, capaz de criar certa poesia e encantar não somente aos físicos, mas a todos os poetas da natureza.

ADILSON DE OLIVEIRA

Adaptado de cienciahoje.org.br, 08/08/2016.

10. (Uerj 2019) Considera-se a morte de uma estrela o momento em que ela deixa de emitir luz, o que não é percebido de imediato na Terra. A distância das estrelas em relação ao planeta Terra é medida em anos-luz, que corresponde ao deslocamento que a luz percorre no vácuo durante o período de um ano.

Admita que a luz de uma estrela que se encontra a 7.500 anos-luz da Terra se apague. O tempo para que a morte dessa estrela seja visível na Terra equivale à seguinte ordem de grandeza, em meses:

- a)  $10^3$                       b)  $10^4$                       c)  $10^5$                       d)  $10^6$

11. (G1 - ifba 2018) Um objeto luminoso e linear é colocado a 20 cm do orifício de uma câmara escura, obtendo-se em sua parede do fundo, uma figura projetada de 8 cm de comprimento.

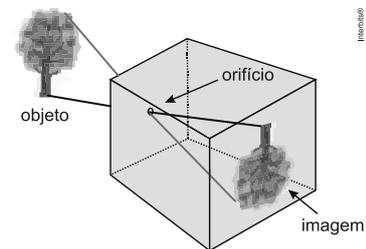
O objeto é, então, afastado, sendo colocado a 80 cm do orifício da câmara. O comprimento da nova figura projetada na parede do fundo da câmara é:

- a) 32 cm                      b) 16 cm                      c) 2 cm                      d) 4 cm                      e) 10 cm

12. (Uerj 2016) A altura da imagem de um objeto, posicionado a uma distância  $P_1$  do orifício de uma câmara escura, corresponde a 5% da altura desse objeto. A altura da imagem desse mesmo objeto, posicionado a uma distância  $P_2$  do orifício da câmara escura, corresponde a 50% de sua altura.

Calcule  $P_2$  em função de  $P_1$ .

13. (Uftm 2012) Uma câmara escura de orifício reproduz uma imagem de 10 cm de altura de uma árvore observada. Se reduzirmos em 15 m a distância horizontal da câmara à árvore, essa imagem passa a ter altura de 15 cm.



- a) Qual é a distância horizontal inicial da árvore à câmara?  
b) Ao se diminuir o comprimento da câmara, porém mantendo seu orifício à mesma distância da árvore, o que ocorre com a imagem formada? Justifique.

**RESPOSTAS**

03. C                      04. C                      05. B                      06. B  
07.  $D = 9 \text{ cm}$                       08. E                      09. C                      10. C  
11. C                      12.  $p_2 = 0,1 \cdot p_1$   
13. a)  $D = 45 \text{ m}$ .

b) A imagem irá diminuir. Observe a justificativa:  $h = \frac{H \cdot d}{D}$ .