

luz & iluminação

Ótica Aplicada
para
Fotografia Digital

Universidade do Minho – 2019-2020

Os modelos da luz

- Há três modelos habitualmente usados para explicar o comportamento da luz:
 - O modelo da **ótica física** que explica todos os fenómenos de propagação da luz (**fotografia: difração, etc.**)
 - O modelo da **ótica quântica** que explica a interação com a luz com a matéria (“pacotes” de ondas = fótons – a interação da luz com a matéria é quantificada) (**fotografia: sensores, ruído**)
 - O modelo da **ótica geométrica**, o modelo mais simples mas **o mais útil em fotografia**

Raios de luz

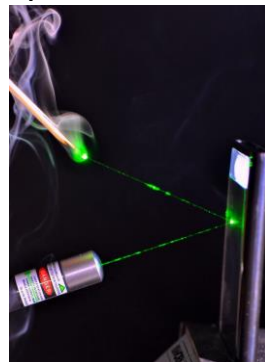
- A luz é um fenómeno ondulatório mas, para fotógrafos, é útil o modelo aproximado de raio de luz (modelo da ótica geométrica)
- A luz propaga-se em linha reta (meio homogéneo)
- Um conjunto de raios de luz formam um feixe de luz

© 2019 Vicente Fonseca

3

Ver um raio de luz

- Os raios de luz são invisíveis exceto se poeira, vapor, etc., desviar a luz deles para os nossos olhos / câmaras fotográficas



© 2019 Vicente Fonseca

4

Propriedades da luz (raio de luz)

- **Intensidade** → mais ou menos luz
- **Espectro** (comprimento de onda ou distribuição de comprimentos de onda) → **cor**
- **Polarização** (*não detetável pelos nossos olhos*). Inclui *luz não polarizada*, *polarização linear* e *polarização circular*. Esta última de interesse técnico. As duas anteriores são exploradas para obter efeitos fotográficos especiais
- **Outras...**

© 2019 Vicente Fonseca

5

O que é a cor?

- Podemos confiar nos nossos olhos?

Os cães são iguais...



<http://www.newscientist.com/article/dn27048-what-colour-is-the-dress-heres-why-we-disagree/>

© 2019 Vicente Fonseca

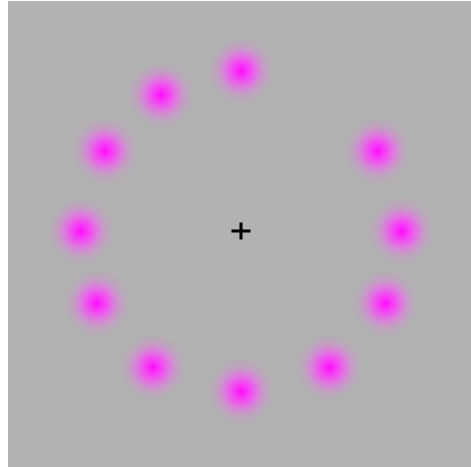
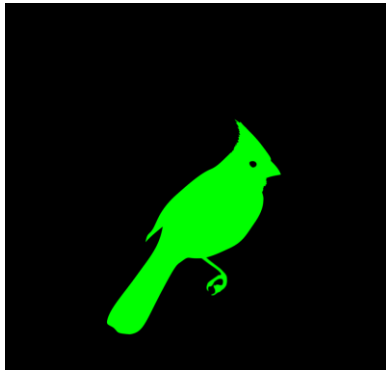
6

Persistência da cor ou pós-imagem

- Ver site:

<http://www.michaelbach.de/ot/>

- <https://www.exploratorium.edu/snacks/bird-in-cage>

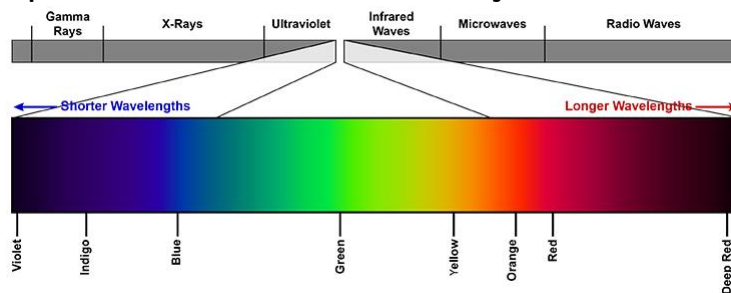


© 2019 Vicente Fonseca

7

Espectro eletromagnético

- Uma propriedade da luz varia continuamente e é caracterizada pela energia dos fótons ou comprimento de onda da radiação



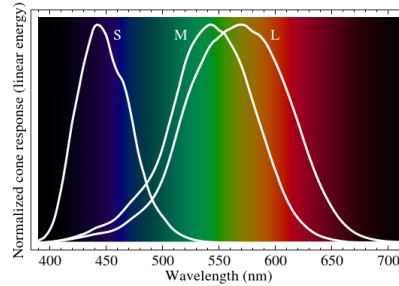
<http://www.srh.noaa.gov/srh/jetstream/clouds/color.html>

© 2019 Vicente Fonseca

8

Cor: percepção sensorial

- Três cones distintos nos nossos olhos permitem identificar os comprimentos de onda mais populares na luz que atinge os nossos olhos
- O nosso sistema visual e cérebro atribuem uma cor a essa luz
- A cor atribuída vai depender do contexto
- Mesmo para fótons de um só comprimento de onda dois ou mesmo três cones são estimulados



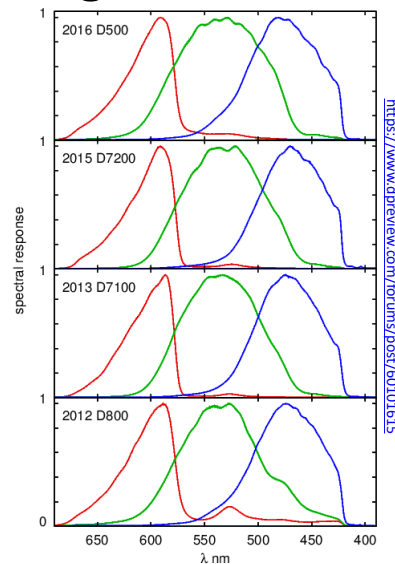
http://en.wikipedia.org/wiki/Color_vision

© 2019 Vicente Fonseca

9

Cor: sensor digital

- Filtros usados por algumas máquinas fotográficas da Nikon para gerar a cor
- Notem que o espectro está invertido face ao do slide anterior
- Notem ainda que os filtros variam de modelo para modelo de máquina fotográfica

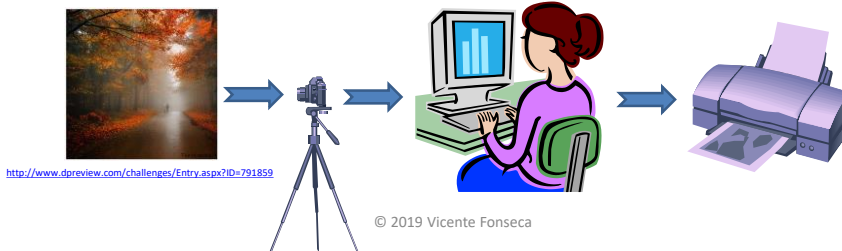


© 2019 Vicente Fonseca

10

Cor: processamento em fotografia

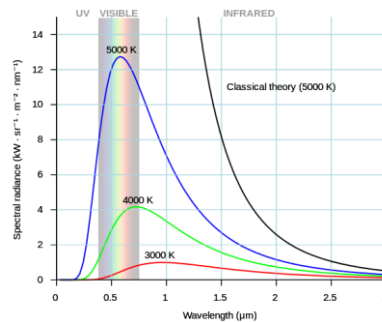
- Controlar a cor implica calibrar a máquina fotográfica e todos os dispositivos de visualização da imagem (ecrãs e impressoras)
- Frequentemente é também necessário controlar a iluminação do objeto a fotografar



11

Escala de cor: temperatura corpo negro

- Fontes térmicas de luz, como o Sol, uma lâmpada incandescente, uma vela ou uma fogueira, emitem um espectro próximo do de um corpo negro com a mesma temperatura
- É um espectro contínuo e quanto maior a temperatura do corpo negro mais “fria” ou azulada é a luz; menor temperatura do corpo negro, mais “quente” ou avermelhada é a luz
- Escala Kelvin de temperatura da cor



http://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature

http://en.wikipedia.org/wiki/Black_body

© 2019 Vicente Fonseca

12

Fontes de luz comuns

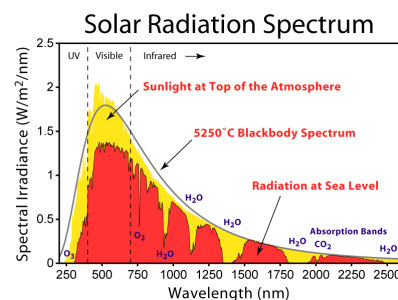
- Sol → Emissão térmica, espectro contínuo
- Tungsténio → Emissão térmica, espectro contínuo
- Fogo → Emissão térmica, espectro contínuo
- Flash → Descarga, espectro contínuo
- Lâmpadas fluorescentes → Descarga, espectro discreto
- LED → Eletroluminescência, espectro discreto...

© 2019 Vicente Fonseca

13

Espectro da luz solar na Terra

- O espectro da luz solar direta aproxima-se bastante da de um corpo negro de 5500 K
- É essencialmente contínuo na zona visível
- Ao atravessar a atmosfera o vermelho vai mais longe e o azul é mais dispersado

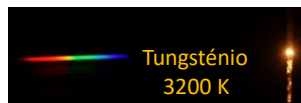
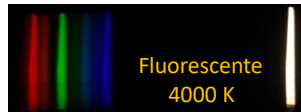
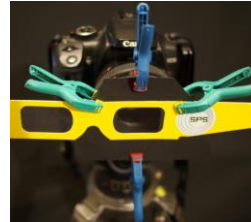
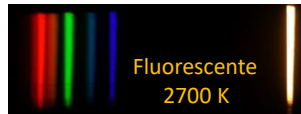

<http://bucksweb.com/>
<http://www.physicsclassroom.com/class/light/u12l2f.cfm>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>

© 2019 Vicente Fonseca

14

Espectros de lâmpadas

Os espectros foram obtidos improvisando uma rede de difração em frente à objetiva



© 2019 Vicente Fonseca

15

Preferência por espectros contínuos

- As fontes de luz com espectros contínuos como o Sol, uma lâmpada incandescente ou até um flash são normalmente mais convenientes para fotografia
- Fontes de luz com espectros descontínuos como é o caso das lâmpadas fluorescentes e de LEDs podem ser problemáticas e alterar a cor percebida dos objetos fotografados

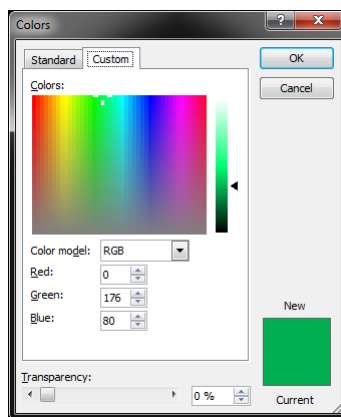
© 2019 Vicente Fonseca

16

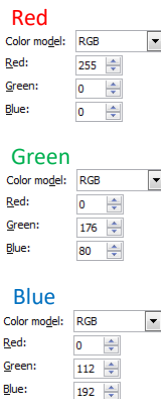
Monitor: definição das cores

- O espaço de cor RGB (Red, Green, Blue) não permite representar todas as cores que vemos
- Há várias versões, as mais habituais são a sRGB (screen RGB) usada na internet por defeito e a aRGB (Adobe RGB) usada pelos softwares da Adobe de tratamento de imagem
- Para o Office da Microsoft, o azul e o verde são representadas por duas coordenadas RGB

PowerPoint: verde padrão



PowerPoint: cores padrão



© 2019 Vicente Fonseca

17

Monitor DELL

- Fotos da esquerda: padrão de difração
 - Risca à direita: cor "primária" do Office, por ordem, azul, verde, vermelho
- Fotos da direita: macro dos pixéis
- Vermelho: quase só pixéis vermelhos
- Verde: essencialmente verde e um pouco de vermelho
- Azul: Azul, verde e um cheirinho de vermelho

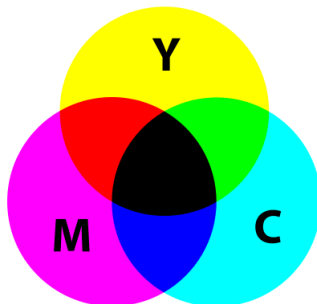
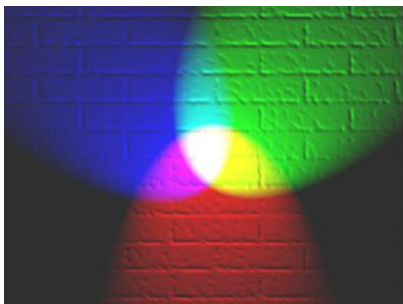


© 2019 Vicente Fonseca

18

Adicionar / subtrair cor

- Adição: somar luz de várias fontes
- Subtração: pigmento













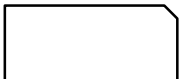


© 2019 Vicente Fonseca

19

Mistura aditiva de cor



	+		=		Ciano	
	+		=		Amarelo	
	+		=		Magenta	
	+		+		=	

© 2019 Vicente Fonseca

20

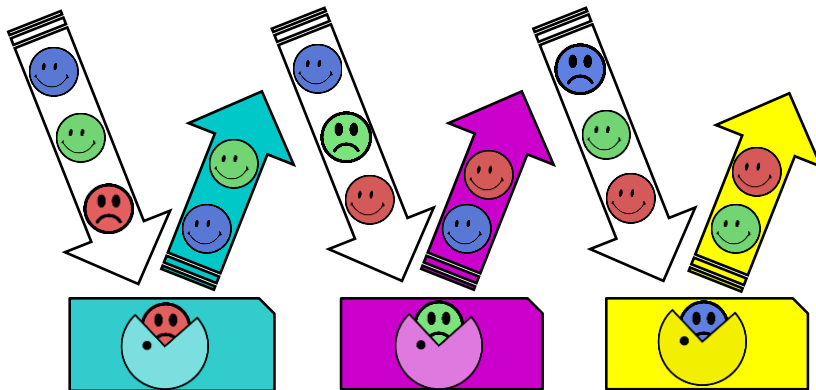
Adiciona-se cor...

- Quando se duas ou mais fontes de luz distintas:
 - Caso dos pixéis de um ecrã (computador, tablet, etc.)
 - Disco de Newton

© 2019 Vicente Fonseca

21

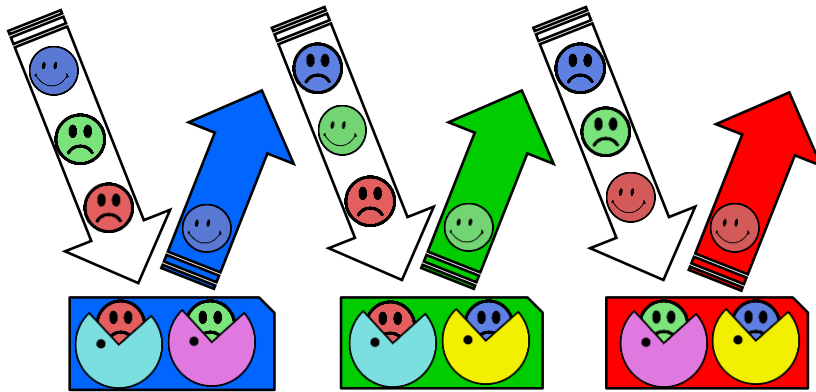
Mistura subtrativa de cor



© 2019 Vicente Fonseca

22

Mistura subtrativa de cor



© 2019 Vicente Fonseca

23

Subtrai-se cor...

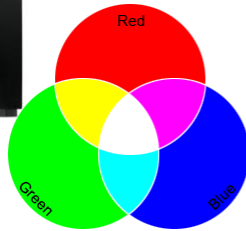
- Quando luz é parcialmente absorvida ou desviada:
 - No caso de se misturarem pigmentos numa tinta, apenas a luz que não seja absorvida por nenhum dos pigmentos será refletida / transmitida
 - Caso de se sobreporem filtros de transmissão

© 2019 Vicente Fonseca

24

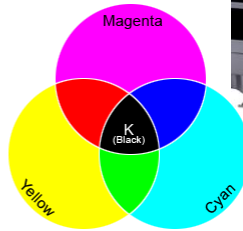
Tipos de misturas de cores

- Mistura aditiva e subtrativa:



Additive Colors

RGB color model

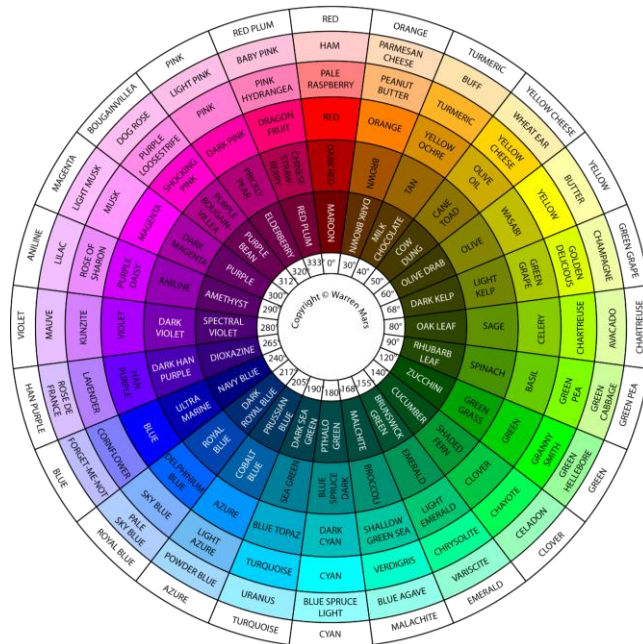


Subtractive Colors

CMYK color model

© 2019 Vicente Fonseca

25



© 2019 Vicente Fonseca

26

Iluminantes → efeito na cor

- A cor (aparente) dos objetos varia com a cor da luz que os ilumina
- Um objeto iluminado diretamente pelo sol a meio do dia aparenta determinada cor
- O mesmo objeto numa zona à sombra, iluminado principalmente pela luz do céu azul, aparentará uma tonalidade azulada
- O mesmo objeto iluminado à luz de uma vela aparentará uma tonalidade avermelhada

© 2019 Vicente Fonseca

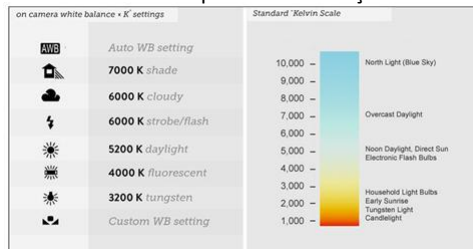
27

Balanco de branco

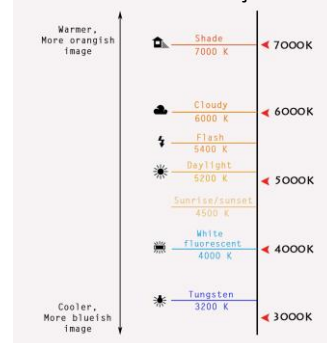
- Corrige a cor aparente dos objetos em função da cor da luz que os ilumina

Efeito da escolha do balanço de branco

Fonte de luz e correspondente balanço de branco



Nota: os valores variam: veja o manual da máquina fotográfica

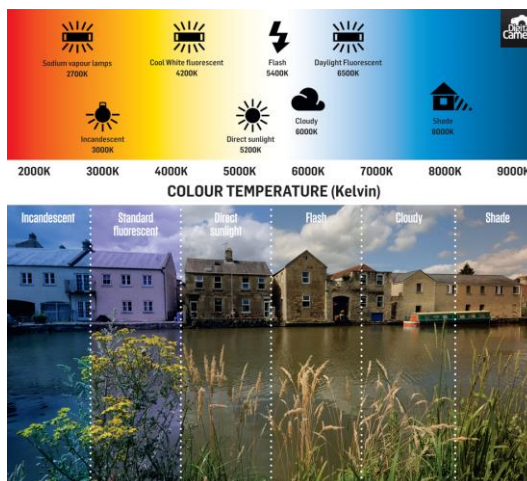


© 2019 Vicente Fonseca

28

Correção da cor

- **Foto tirada a meio do dia**
- Mostra o efeito que tem seleccionar diferentes modos de balanço de branco:
- **Incandescent**, luz amarelada, é corrigida reforçando o azul em falta
- **Shade**, luz vinda do céu azul, é corrigida reforçando o vermelho em falta
- Etc.



© 2019 Vicente Fonseca

29

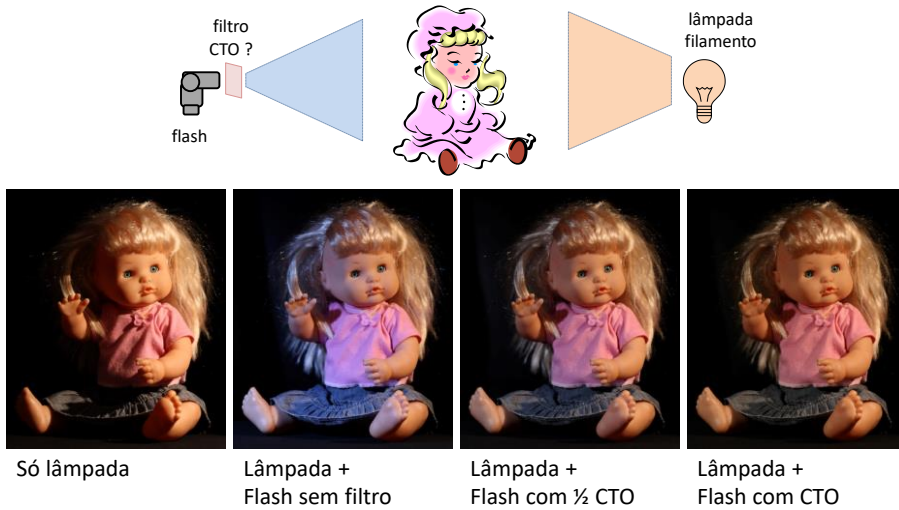
Filtros de correção de cor

- Baixar a temperatura da cor (tornar a luz mais alaranjada):
CTO (color temperature orange)
- Aumentar a temperatura da cor (tornar a luz mais azulada):
CTB (color temperature blue)
- Úteis especialmente quando se usam fontes de luz distintas (por exemplo, lâmpada incandescente e flash)

© 2019 Vicente Fonseca

30

Exemplo: corrigir a cor do flash



© 2019 Vicente Fonseca

31

Filtro CTO



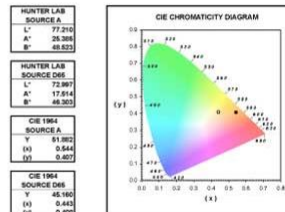
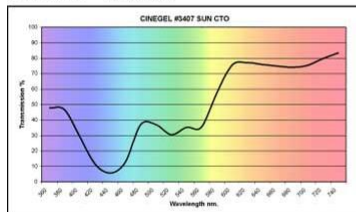
COLOR FILTER TECHNICAL DATA SHEET

SWATCHBOOK: CINEGEL
 COLOR FILTER: #3407 SUN CTO
 DESCRIPTION: Amber Correction Lighting Filter to Lower Color Temperature.
 TRANSMISSION = 47% or -1.1 stop loss
 MIREQ SHIFT = +187 (6500°K to 3200°K)
 CC EQUIVALENT = Not Applicable.

COLORIMETRIC DATA

OBSERVER: CIE 1964 10°
 SOURCE: * A' (tungsten)
 * D65 (daylight)

R: 164
 G: 82
 B: 47



MATERIAL SPECIFICATIONS:
 General Description: Deep-Dyed Polyester Film
 Substrate: PET (Polyethylene Terephthalate)
 Thickness: 2.0 mil (50µm or 50 micron)
 Manufactured in: U.S.A.

AVAILABLE SIZES:
 20 in. x 24 in. sheets (50cm x 60cm)
 21 in. x 24 in. sheets (53 x 60cm)
 24 in. x 25 ft. rolls (60cm x 7.62m)
 48 in. x 25 ft. rolls (121cm x 7.62m)
 60 in. x 20 ft. rolls (152.4cm x 6.10m)
 13.5 in. Diameter Glass (34.3cm) - Cut to order

<https://www.rosco.com/filters/cinegel.cfm>

© 2019 Vicente Fonseca

32

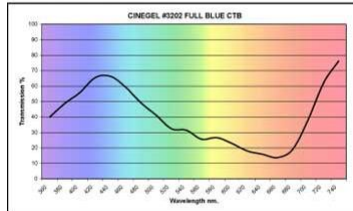
Filtro CTB



COLOR FILTER TECHNICAL DATA SHEET

SWATCHBOOK: CINEGEL
 COLOR FILTER: #3202 FULL BLUE CTB
 DESCRIPTION: Blue Correction Lighting Filter to Raise Color Temperature.
 TRANSMISSION = 36% or -1.5 stop loss
 MIREO SHIFT = -131 (3200°K to 5500°K)
 CC EQUIVALENT = Not Applicable.

COLORIMETRIC DATA
 OBSERVER: CIE 1964 10° R: 162
 SOURCE: * 'A' (tungsten) G: 206
 * 'D65' (daylight) B: 34

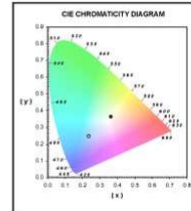


HUNTER LAB
 SOURCE A
 L* 60.176
 A* -11.786
 B* -37.786

HUNTER LAB
 SOURCE D65
 L* 92.388
 A* 0.713
 B* -33.713

CIE 1964
 SOURCE A
 Y 97.221
 (x) 0.382
 (y) 0.382

CIE 1964
 SOURCE D65
 Y 95.717
 (x) 0.398
 (y) 0.347



nm	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740
Trans %	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78

MATERIAL SPECIFICATIONS:
 General Description: Deep-Dyed Polyester Film
 Substrate: PET (Polyethylene Terephthalate)
 Thickness: 2.0 mil (.002" or 50 micron)
 Manufactured in: U.S.A.

AVAILABLE SIZES:
 20 in. x 24 in. sheets (50cm x 60cm)
 21 in. x 24 in. sheets (53 x 60cm)
 24 in. x 25 ft. rolls (60cm x 7.62m)
 48 in. x 25 ft. rolls (121cm x 7.62m)
 60 in. x 20 ft. rolls (152.4cm x 6.10m)
 13.5 in. Diameter Glass (34.3cm) - Cut to order

<https://www.rosco.com/filters/cinegel.cfm>

© 2019 Vicente Fonseca

33

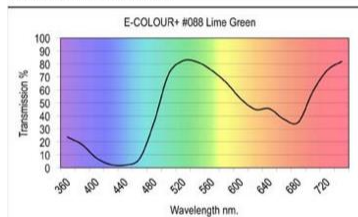
Filtro verde claro



COLOR FILTER TECHNICAL DATA SHEET

SWATCHBOOK: E-COLOUR+
 COLOR FILTER: #088 Lime Green
 DESCRIPTION: Color Effects Lighting Filter.
 TRANSMISSION = Y 64% or stop loss
 MIREO SHIFT = Not Applicable.
 CC EQUIVALENT = Not Applicable.

COLORIMETRIC DATA
 OBSERVER: CIE 1964 10° R: 194
 SOURCE: * 'A' (tungsten) G: 221
 * 'D65' (daylight) B: 85

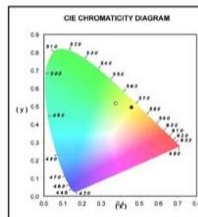


HUNTER LAB
 SOURCE A
 L* 64.206
 A* -0.350
 B* 61.853

HUNTER LAB
 SOURCE D65
 L* 92.388
 A* 0.713
 B* -33.713

CIE 1964 10°
 SOURCE A
 Y 97.221
 (x) 0.382
 (y) 0.382

CIE 1964 10°
 SOURCE D65
 Y 95.717
 (x) 0.398
 (y) 0.347



nm	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740
Trans %	24	18	12	6	3	2	7	35	77	82	81	75	68	58	45	37	35	30	25	22

MATERIAL SPECIFICATIONS:
 General Description: Dye-Coated Polyester Film
 Substrate: PET (Polyethylene Terephthalate)
 Thickness: 3.0 mil (.003" or 75 micron)
 Manufactured in: U.K.

AVAILABLE SIZES:
 20 in. x 24 in. sheets (50cm x 60cm)
 21 in. x 24 in. sheets (53 x 60cm)
 24 in. x 25 ft. rolls (60cm x 7.62m)
 48 in. x 25 ft. rolls (121cm x 7.62m)
 60 in. x 20 ft. rolls (152.4cm x 6.10m)
 13.5 in. Diameter Glass (34.3cm) - Cut to order
 Consult Rosco

<https://www.rosco.com/filters/ecolour.cfm>

© 2019 Vicente Fonseca

34

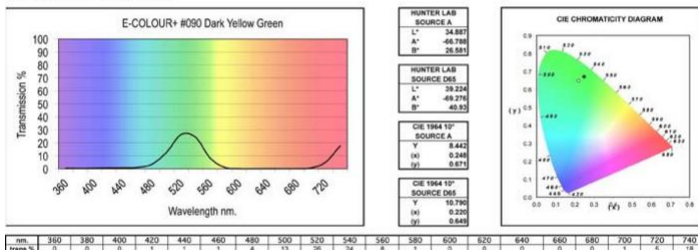
Filtro verde escuro



COLOR FILTER TECHNICAL DATA SHEET

SWATCHBOOK: E-COLOUR+
 COLOR FILTER: #090 Dark Yellow Green
 DESCRIPTION: Color Effects Lighting Filter.
 TRANSMISSION = Y 8% or stop loss
 MIRE SHIFT = Not Applicable.
 CC EQUIVALENT = Not Applicable.

COLORIMETRIC DATA
 OBSERVER: * CIE 1964 10° R: 0
 SOURCE: * 'A' (tungsten) G: 101
 * 'D65' (daylight) B: 64



MATERIAL SPECIFICATIONS:
 General Description: Dye-Coated Polyester Film
 Substrate: PET (Polyethylene Terephthalate)
 Thickness: 3.0 mil (0.003" or 75 micron)
 Manufactured in: U.K.

AVAILABLE SIZES:
 20 in. x 24 in. sheets (50cm x 60cm)
 21 in. x 24 in. sheets (53 x 60cm)
 24 in. x 25 ft. rolls (60cm x 7.62m)
 48 in. x 25 ft. rolls (121cm x 7.62m)
 60 in. x 20 ft. rolls (152.4cm x 6.10m)
 13.5 in. Diameter Glass (34.3cm) - Cut to order
 Consult Rosco

© 2019 Vicente Fonseca

35

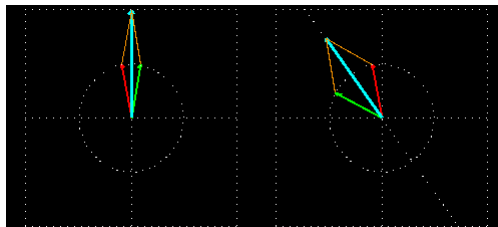
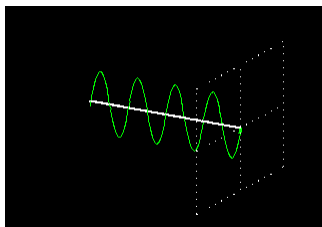
Polarização

- A polarização é uma propriedade da luz que nós não vemos com os olhos
- Contudo, vários fenómenos naturais alteram a polarização da luz e é possível alterar a imagem captada com fins técnicos ou artísticos variando a forma como se controla a polarização
- A polarização também tem uma série de consequências técnicas que devem ser controladas

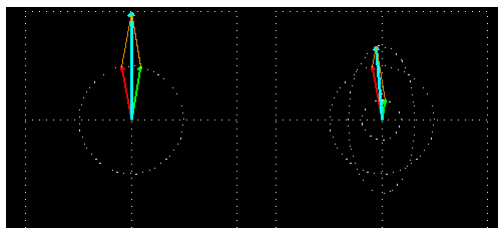
© 2019 Vicente Fonseca

36

Polarização linear, elítica e circular



- As figuras à direita relacionam polarização linear (em cima) com polarização elítica (em baixo)

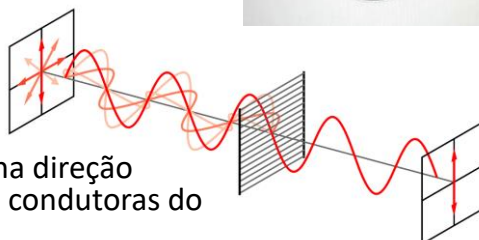


© 2019 Vicente Fonseca

37

Polarizador linear

- É um dispositivo que permite alterar o estado de polarização da luz que o atravessa. Isso é conseguido eliminando a vibração do campo elétrico numa direção
- A figura à direita mostra luz não polarizada a atravessar um polarizador
- Apenas a luz vibrando na direção perpendicular às linhas condutoras do polarizador o atravessa



© 2019 Vicente Fonseca

38

Polarização do céu

- A polarização do céu azul pode ser controlada com um polarizador
- É importante que apenas uma região pequena do céu seja capturada, caso contrário o céu não fica com um padrão uniforme



© 2019 Vicente Fonseca

39

Combinação de polarizadores

- A combinação de polarizadores lineares permite controlar / eliminar a luz transmitida
- Esse efeito permite criar filtros neutros variáveis e também controlar a luz refletida em fotografia de produto

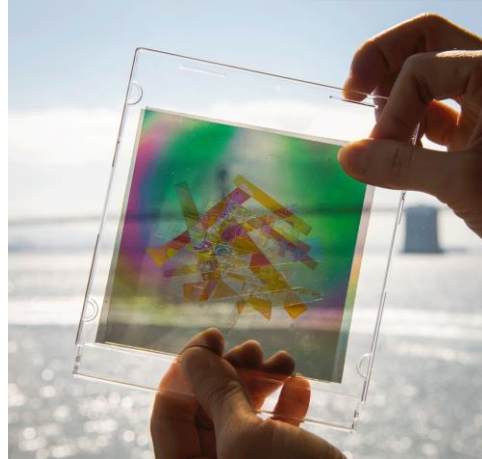


© 2019 Vicente Fonseca

40

Plástico sobre tensão

- Este é um exemplo em que, colocando plástico entre dois polarizadores se obtém cores interessantes
- Nem todos os plásticos funcionam igualmente bem



© 2019 Vicente Fonseca

41

Luz refletida especularmente

A luz refletida especularmente (em superfícies de vidro, água, verniz, camada oleosa, etc.), é habitualmente polarizada, pelo menos parcialmente. Eliminá-la permite ver o fundo do lago, ter cores mais vivas na vegetação, etc.

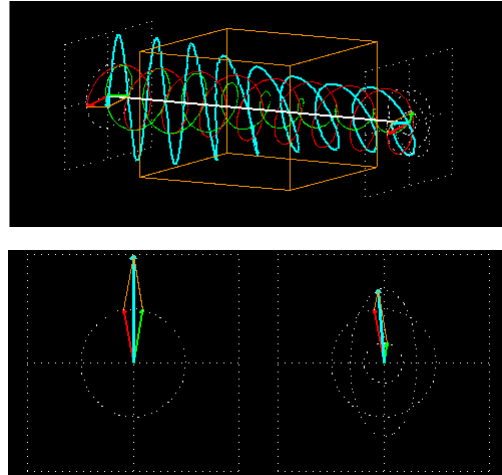


© 2019 Vicente Fonseca

42

Interação com objetos

- É possível transformar luz polarizada linearmente em luz polarizada elítica ou circularmente
- A polarização circular não tem tanto interesse para o fotógrafo, mas é usada tecnicamente em filtros polarizadores para lentes, em óculos 3D, etc.

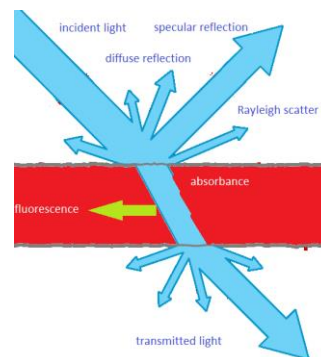


© 2019 Vicente Fonseca

43

Interação da luz com objetos

- A luz que atinge um objeto pode:
- Voltar para trás
→ luz refletida
- Ser absorvida
→ luz absorvida
- Ser transmitida
→ luz transmitida

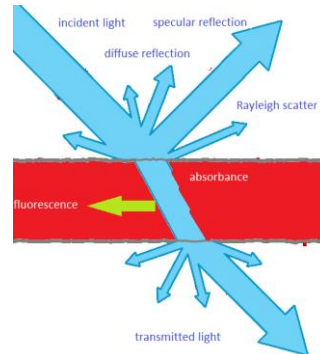


© 2019 Vicente Fonseca

44

Interação com objetos

- A luz **refletida** / **transmitida** pode:
- Seguir um ângulo especial
 → **reflexão especular**
 → **transmissão especular**
- Ir em todas as direções
 → **reflexão difusa**
 → **transmissão difusa**
- Alterar a intensidade
- Alterar o espectro (cor)
- Alterar a polarização

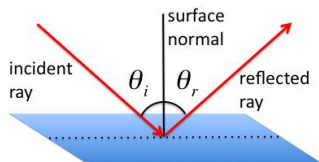


© 2019 Vicente Fonseca

45

Reflexão especular (espelhos)

- O raio incidente é refletido numa direção precisa


<http://www.dpreview.com/challenges/Entry.aspx?Id=922305>

© 2019 Vicente Fonseca

46

Reflexão especular (espelhos)

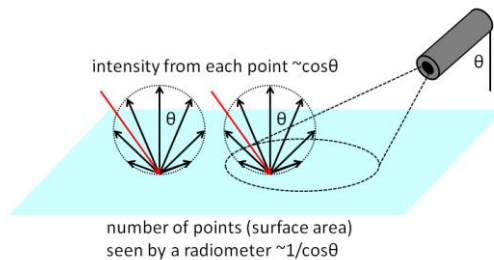
- O espelho toma a cor do objeto que reflete
- As superfícies espelhadas devem ser iluminadas não fazendo incidir luz direta nelas mas iluminando as superfícies que elas refletirem

© 2019 Vicente Fonseca

47

Difusor perfeito

- Um difusor perfeito é chamado lambertiano
- A superfície deve aparentar o mesmo brilho vista de qualquer ângulo



Cosine Law: $E_\theta = E \cdot \cos(\theta)$

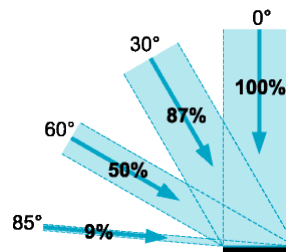


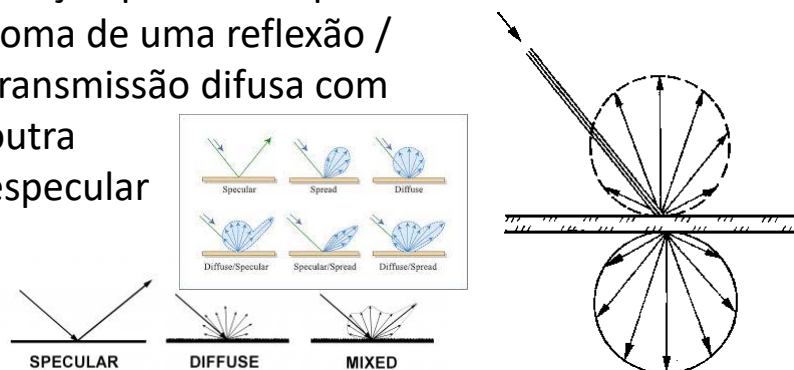
Fig. 6.3 Lambert's cosine law.

© 2019 Vicente Fonseca

48

Reflexão / transmissão → casos típicos

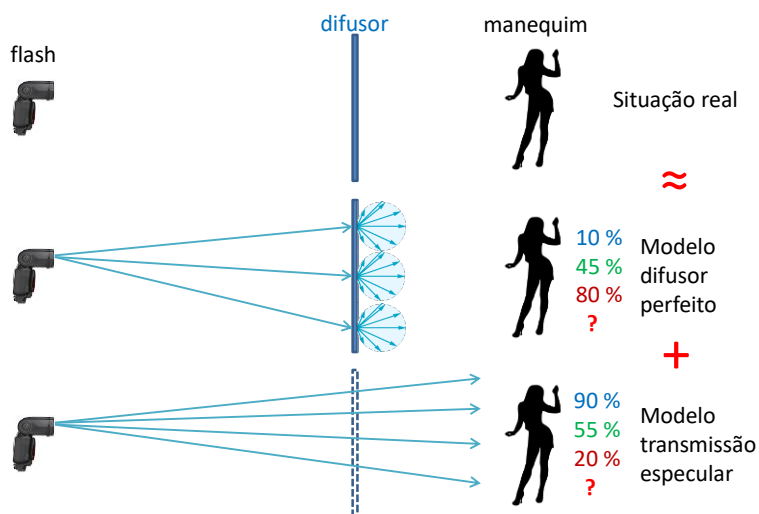
- Quanto à variação da intensidade com a direção podemos aproximar a realidade à soma de uma reflexão / transmissão difusa com outra especular



© 2019 Vicente Fonseca

49

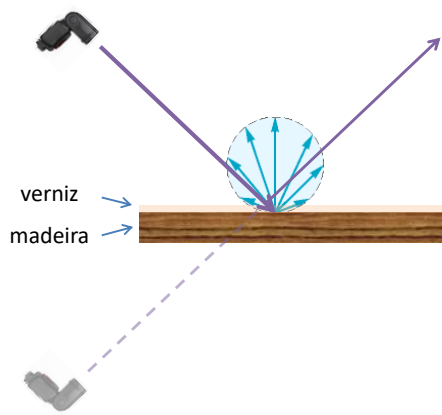
Exemplo: difusor simples



© 2019 Vicente Fonseca

50

Reflexão numa superfície envernizada



A luz incidente é refletida de forma especular no cimo da camada de verniz e de forma difusa na madeira

Neste caso particular a reflexão especular é (parcialmente) polarizada linearmente e pode ser eliminada com um polarizador

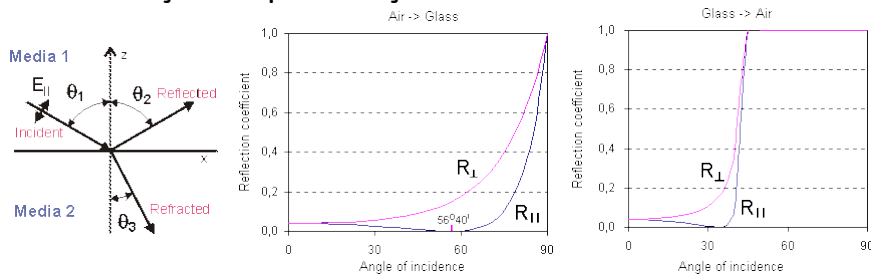
O uso do polarizador torna as cores mais vivas. Porquê (questão para o teste) ?

© 2019 Vicente Fonseca

51

Reflexão especular: dielétricos

- Dielétricos: vidro, água, verniz, acrílico, etc.
- Luz refletida (e transmitida...) depende de:
 - Ângulo de incidência
 - Direção de polarização da luz

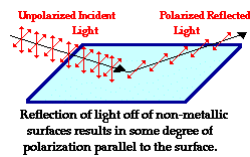


© 2019 Vicente Fonseca

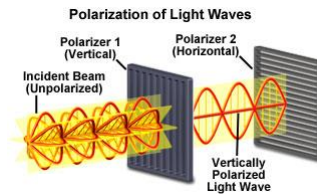
52

Polarização e polarizadores lineares

- O campo elétrico oscila na perpendicular à direção de propagação do raio de luz
- Se oscilar numa só direção a luz diz-se linearmente polarizada
- Se oscilar em direções arbitrárias diz-se não polarizada
- Qualquer luz refletida segundo o ângulo de Brewster é linearmente polarizada



<http://www.physicsclassroom.com/class/light/u12l1e.cfm>

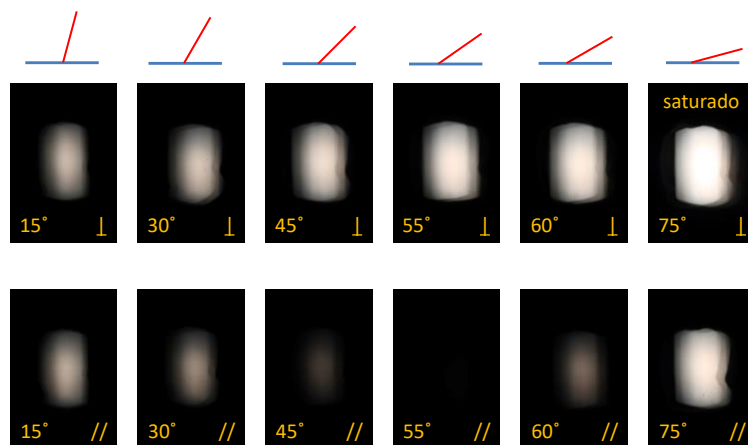


<http://www.olympusmicro.com/primer/java/polarizedlight/3dpolarized/>

© 2019 Vicente Fonseca

53

Reflexão em acrílico ($n=1.49$, $\theta_B=56^\circ$)



© 2019 Vicente Fonseca

54

Exemplo do uso de um polarizador

- Nas fotos abaixo vê-se o uso de um polarizador para eliminar reflexos (e tornar as cores mais vivas)



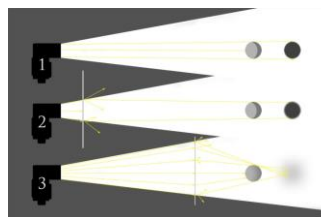
<http://www.flickr.com/photos/physicsclassroom/galleries/72157625101670351/>

© 2019 Vicente Fonseca

55

Direccionalidade dos raios de luz e definição das sombras

- A transição luz-sombra pode ser abrupta ou suave
- A explicação pode ser dada por traçado de raios de luz
- Crítico: o tamanho angular da fonte de luz



<http://www.lightandmatter.org/wp-content/uploads/2010/11/hardlight1.jpg>



© 2019 Vicente Fonseca

56

Difusores por reflexão

- Refletir a luz (flash, sol) no teto, nas paredes, no chão... ou em superfícies especialmente concebidas para o efeito 😊



© 2019 Vicente Fonseca

57

Controlar a direccionalidade da luz

- Permite controlar a transição luz-sombra (brusca ou suave)
- Permite controlar as faces iluminadas e escuras do objeto a fotografar (quer alterando a posição das fontes de luz, por exemplo o flash, quer movendo e reorientando o objeto ou manequim, por exemplo, quando não podemos mover a fonte de luz como é o caso do sol)

© 2019 Vicente Fonseca

58

Controlo da reflexão especular e difusa

- Muitas superfícies comportam uma mistura de reflexão especular e difusa
- Podemos alterar o aspeto de uma superfície alterando a direção da luz incidente e/ou usando polarizadores
 - Exemplo: superfície preta (→ sem reflexão difusa) brilhante (→ com reflexão especular) com relevo



© 2019 Vicente Fonseca

59

Superfícies brancas

- Superfície branca → reflexão difusa presente
- Reflexão especular pode existir ou não
- Se tiver relevo, iluminação em contraluz realça o relevo
- Iluminação frontal resulta em foto sem contraste



Esferovite iluminada do lado da câmara



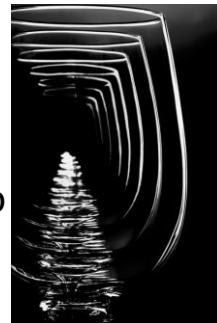
Esferovite iluminada em contraluz

© 2019 Vicente Fonseca

60

Material transparente: vidro

- Como fotografar um material que não se vê?
- A cor que se verá será a do fundo
- Nas superfícies dá-se a reflexão especular
- Jogando com estes factos pode-se “desenhar” os contornos do objeto transparente



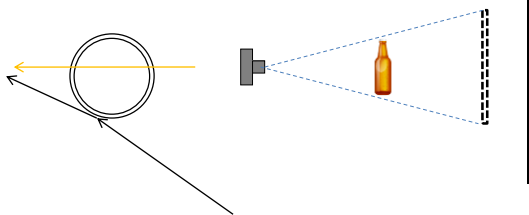
<http://www.dpreview.com/challenges/Entry.aspx?ID=783705>

© 2019 Vicente Fonseca

61

Contornos a preto sob fundo branco

- O objeto é colocado em frente a um fundo branco rodeado de fundo preto
- Pelos bordos chega luz refletida do fundo preto (não chega luz!)

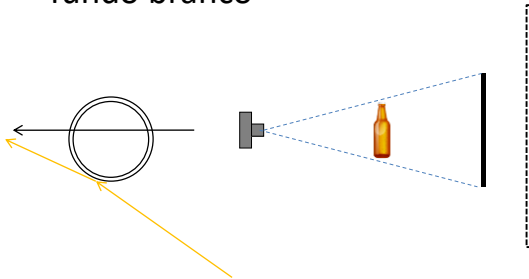


© 2019 Vicente Fonseca

62

Contornos a branco sob fundo preto

- O objeto é colocado em frente a um fundo preto rodeado de fundo branco
- Pelos bordos chega luz refletida do fundo branco



© 2019 Vicente Fonseca

63

Reflexão especular: espelhos

- Qual é a cor de um espelho?
- A superfície do espelho aparenta ter a cor do objeto refletido
- Diversas partes do espelho podem aparentar diferentes cores por corresponderem a diferentes objetos refletidos
- As figuras mostram um cone espelhado num quarto preto
 - A escala foi marcada a preto mate e não é visível
 - Colocando a mão já é visível a escala
 - A mão teria de ser maior para tornar toda a escala visível
- Tornar uma superfície espelhada uniforme implica usar superfícies uniformes que apareçam refletidas
- Polarização irrelevante



© 2019 Vicente Fonseca

64

“Specular highlights”

- Causado por luz direcional em superfícies especulares
- Reduz-se usando luz difusa, maquilhagem...

Luz direcional em diferentes tipos de superfícies
(simulação computacional)

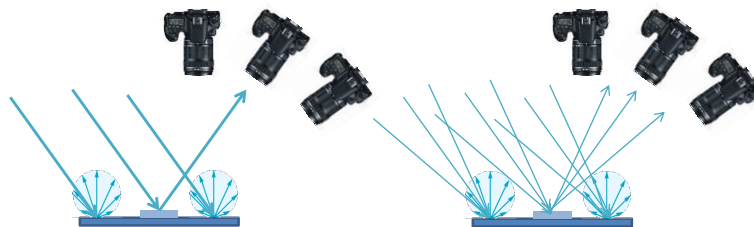


© 2019 Vicente Fonseca

65

“Specular highlights”

- O que é que cria os “specular highlights”?
- Eles aparecem sempre com luz direcional?
- Eles nunca aparecem com luz difusa?
- Dependem de onde é tirada a foto?



© 2019 Vicente Fonseca

66