
KIT QUANTUM (Q)

Luz e Fótons:

Laboratório para Alunos do Ensino
Fundamental

Manual do Professor



WOMEN SUPPORTING
WOMEN IN THE SCIENCES

Declaração de missão

A missão deste laboratório é ensinar alunos do ensino fundamental (idades entre 6 e 11 anos) sobre a luz por meio de experimentos relacionados à difração e ao efeito fotoelétrico, mostrando seus comportamentos de onda e de partícula.

Conteúdo

1. Introdução aos kits de laboratório WS2	4
1.1. Informações sobre o WS2	4
1.2. Usando este guia.....	4
1.3. Vocabulário-chave.....	5
1.4. Perguntas-chave	6
1.5. Objectivo	6
1.6. Conceitos científicos fundamentais abordados	6
1.7. Habilidades práticas	6
2. Contexto dos Tópicos Principais	7
2.1. A luz como onda e como partícula	7
3. Resumo dos Experimentos	9
3.1. Lista de Suprimentos	9
3.2. Informações de segurança	9
3.3. Pré-laboratório do professor.....	10
4. Experimentos.....	10
4.1. Parte I: Arco-íris em uma garrafa	10
4.1.1. Perguntas Pré-Demonstração	10
4.1.2. Materiais.....	10
4.1.3. Procedimento (trabalho em grupo ou demonstração pelo professor) .	10
4.1.4. Perguntas pós-demonstração	11
4.2. Parte II. Modelagem do Efeito Fotoelétrico.....	13
4.2.1. Questões pré-experimentais	13

4.2.2.	Materiais.....	13
4.2.3.	Procedimento (trabalho em grupos de 2 a 4)	13
4.2.4.	Resultados	14
4.2.5.	Questões pós-experimento.....	15
5.	Desafio de Design.....	16
5.1	Questões de Design	16
5.2	Esboço de Design.....	17
6.	Fontes.....	18

1. Introdução aos kits de laboratório WS2

1.1. Informações sobre o WS2

A Women Supporting Women in the Sciences (WS2), uma organização internacional que une e apoia mulheres de nível de pós-graduação e profissional e aliadas em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), recebeu um Fundo de Inovação da American Physical Society (APS) em 2020 para formar equipes internacionais para projectar e distribuir kits de laboratório de física e ciência dos materiais de baixo custo para alunos do ensino fundamental e médio, predominantemente na África Oriental. Os kits de laboratório utilizaram recursos locais e incluíram tópicos especialmente relevantes para meninas, a fim de estimular seu interesse por disciplinas STEM. De 2020 a 2023, mais de 5.100 alunos da África Oriental em mais de 40 escolas se envolveram com nossos kits de laboratório, sendo 62% meninas.

O WS2 recebeu seu segundo Fundo de Inovação APS em 2025 para apoiar outra Iniciativa de Kits de Laboratório, desta vez com foco em tópicos quânticos. Para mais informações sobre o WS2, visite nosso site em ws2global.org.

O WS2 é patrocinado pelo Fundo de Inovação APS, pelo Fórum APS sobre Educação, pelo Centro de Pesquisa em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Northwestern e pelo Departamento de Assuntos Estudantis Multiculturais da Universidade Northwestern. O WS2 é extremamente grato aos voluntários responsáveis pelo projecto de kits de laboratório por seu árduo trabalho e aos consultores externos (SciBridge e Projekt Inspire) por sua orientação. O WS2 também agradece e reconhece o PhysicsQuest (<https://www.aps.org/initiatives/physics-education/physicsquest>) e o Quantum Explorations Student Toolbox (QuEST) pelos experimentos que serviram de base para o conteúdo do kit de laboratório.

1.2. Usando este guia

Este manual deve ser utilizado pelo professor ou facilitador do kit de laboratório e possui conteúdo semelhante ao manual do aluno, mas pode conter material adicional, a saber: Conceitos Fundamentais de Ciências Abordados, Habilidades Práticas, Resumo de Experimentos, Pré-Laboratório do Professor e Solução de Problemas. Essas seções adicionais visam fornecer ao professor o conhecimento e a base essenciais para a implementação bem-sucedida deste kit de laboratório em sala de aula. Recomenda-se que os professores deste kit de laboratório leiam o guia do início ao fim para se

familiarizarem com o conteúdo antes de ensiná-lo aos alunos. Dúvidas sobre o conteúdo podem ser direcionadas a qualquer momento para ws2global.org@gmail.com, usando o assunto "Dúvidas sobre o Conteúdo do Kit de Laboratório".

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:

- Este kit de laboratório destina-se ao uso com alunos do ensino fundamental (idades entre 5 e 11 anos), mas, dependendo da formação educacional específica dos alunos, o conteúdo pode precisar ser modificado pelo professor para torná-lo mais simples ou mais complexo. O professor também é incentivado a abordar o conteúdo no ritmo que for melhor para os alunos; alguns alunos mais jovens podem precisar de mais tempo e atenção do professor e/ou facilitador para analisar as questões e os experimentos, enquanto alunos mais velhos podem ser mais independentes e exigir menos atenção do professor e/ou facilitador. Portanto, o conteúdo abordado, a profundidade da abordagem e o ritmo ficam a critério do professor e/ou facilitador.
- conteúdo deste manual de kit de laboratório pode não se encaixar no currículo específico da escola em que está sendo ensinado. Fica a critério do(s) facilitador(es) e do(s) professor(es) introduzir novos conteúdos ou pular determinadas seções que não se aplicam às suas salas de aula.
- Em certas áreas, podem ser necessárias modificações na lista de materiais, dependendo da disponibilidade de materiais na área específica em que o laboratório está sendo ministrado. Tentamos listar algumas alternativas na lista de materiais, mas entendemos que esta lista de alternativas não é exaustiva.
- Nos experimentos, os alunos são divididos em grupos de três a quatro. Se os materiais permitirem, os alunos podem ser divididos em grupos de dois.

1.3. Vocabulário-chave

- Luz: um tipo de energia que nos ajuda a ver (o Sol é uma importante fonte de luz!)
- Fóton: uma pequena partícula de luz
- Onda: forma de energia luminosa em movimento feita de pequenas partículas (fótons)
- Refração: a curvatura das ondas de luz à medida que passam de um material para outro (como o ar na água)

- Efeito fotoelétrico: quando a energia luminosa arranca partículas carregadas de uma superfície metálica

1.4. Perguntas-chave

- O que é luz?
 - o Resposta: A luz é um tipo de energia que nos ajuda a enxergar.
- A luz é uma onda ou uma partícula?
 - o Resposta: A luz é tanto uma onda quanto uma partícula.

1.5. Objectivo

O objectivo deste manual de laboratório é apresentar a luz por meio de demonstrações e experimentos. Os alunos refletirão sobre o comportamento da luz como uma onda por meio de refração e dispersão. O manual também incentivará os alunos a refletir sobre a luz como uma partícula, utilizando o efeito fotoelétrico.

1.6. Conceitos científicos fundamentais abordados

Este kit de laboratório apresenta o tema da luz como onda e como partícula, relevante para diversas áreas, incluindo Física, Química e Biologia, para alunos do ensino fundamental e médio. Especificamente, o kit de laboratório incentiva os alunos a refletir sobre como a luz actua como onda por meio da refração e como partícula por meio da analogia do efeito fotoelétrico. Os alunos obterão as seguintes conclusões principais: (1) a luz é refratada para produzir um arco-íris; (2) fótons de cores diferentes têm energias diferentes e, ao atingirem uma superfície metálica, podem causar a ejeção de elétrons, se tiverem energia suficiente.

1.7. Habilidades práticas

- Os alunos compreenderão as propriedades da luz e como isso leva aos diferentes fenômenos observados.

- Os alunos conectarão conceitos a experiências cotidianas na escola e em casa (por exemplo, arco-íris, dispositivos que produzem e usam luz).

2. Contexto dos Tópicos Principais

2.1. A luz como onda e como partícula

A luz está ao nosso redor. Ela vem do Sol e aparece em um quarto escuro quando você acende uma lâmpada. A pergunta básica "o que é luz?" é uma pergunta que os cientistas vêm fazendo há séculos, e a resposta não é tão simples assim. A luz é um tipo de energia que nos ajuda a enxergar e é composta por ondas de luz de diferentes comprimentos. Essas ondas de luz viajam pelo espaço para chegar até nós. As ondas de luz que os humanos conseguem ver são chamadas de ondas de luz visíveis. As cores que vemos, como vermelho, laranja e verde, vêm da luz visível.

Como podemos ver as diferentes cores da luz visível do Sol? Você já viu um arco-íris? Um arco-íris surge quando a luz brilha através de gotículas de água no céu. A mudança do ar para a água e de volta para o ar faz com que a luz curve, que é chamada de refração, e essa curvatura é ligeiramente diferente para cada cor na luz solar. Isso resulta no aparecimento de uma faixa de cores, ou um arco-íris (veja a Figura 1). Você também pode ver essa faixa de cores se passar a luz através de um prisma de vidro. A luz branca visível refrata ao passar do ar para o vidro e de volta para o ar, e as diferentes cores do arco-íris são visíveis (veja a Figura 1). A refração mostra as propriedades ondulatórias da luz.

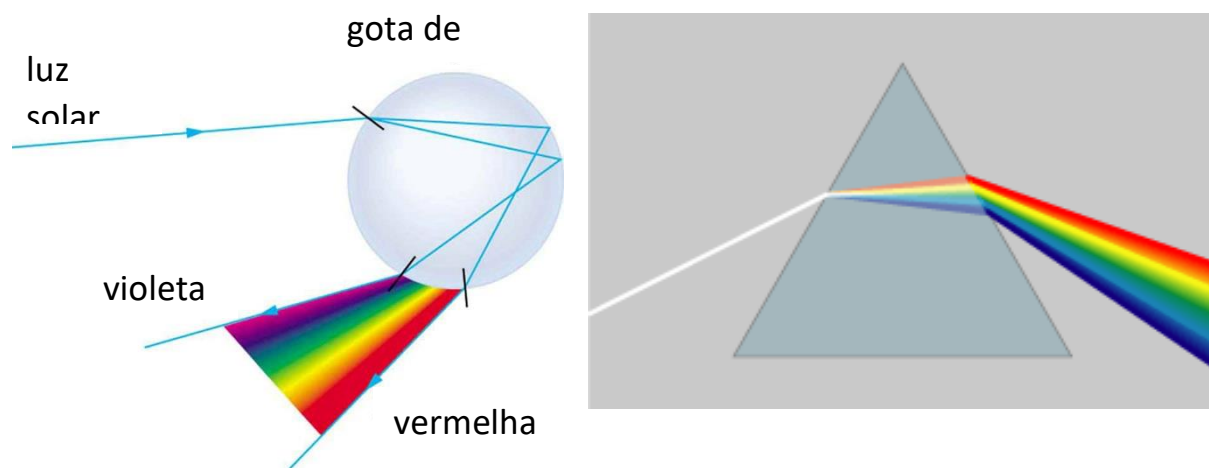


Figura 1. (Esquerda) Refração da luz através de gotículas de água para formar um arco-íris. Esta foto de autor desconhecido está licenciada sob CC BY. (Direita) Refração da luz através de um prisma de vidro para formar um arco-íris de cores. Esta foto de autor desconhecido está licenciada sob CC BY-SA

A luz também pode ser descrita como um fluxo de pequenas partículas, chamadas fótons. Isso foi proposto por Albert Einstein em 1905. Você pode ver como a luz se comporta como uma partícula no efeito fotoelétrico, que ocorre quando a luz incide sobre uma superfície metálica e arranca partículas carregadas da superfície metálica (veja a Figura 2). Essas partículas carregadas são chamadas de elétrons. Curiosamente, isso só acontece se a luz tiver energia suficiente. A cor da luz está relacionada à sua energia. A luz vermelha é a luz visível de menor energia, e a violeta é a luz visível de maior energia. A quantidade de energia necessária para que um elétron se liberte da superfície metálica no efeito fotoelétrico é chamada de função trabalho. A luz no efeito fotoelétrico é melhor descrita como fótons porque os elétrons são ejetada imediatamente da superfície metálica e somente se a luz tiver energia suficiente (independentemente do brilho).

Você pode ver agora que a luz pode ser descrita tanto como uma onda quanto como uma partícula, dependendo de como é observada e medida. Isso é conhecido como dualidade onda-partícula, o que significa que a luz pode actuar tanto como onda quanto como partícula. Além disso, as ondas de luz podem ser consideradas energia luminosa em movimento, composta por muitos fótons minúsculos.

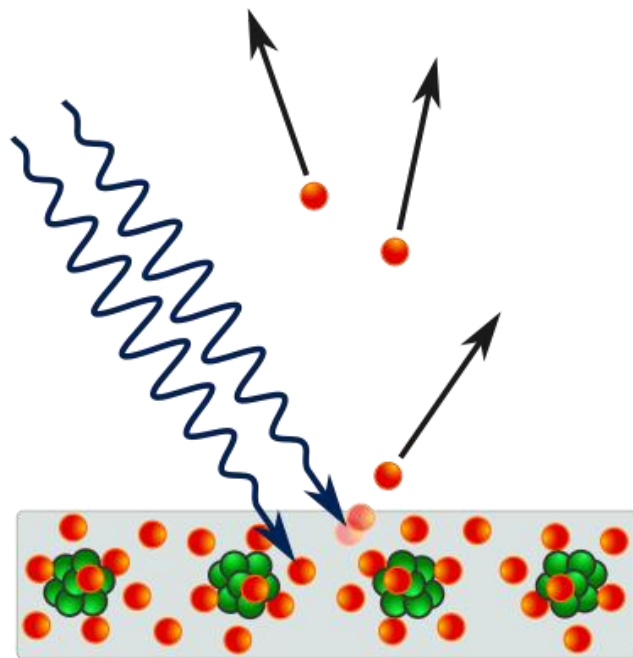


Figura 2. No efeito fotoelétrico, fótons (pacotes de luz mostrados em azul) atingem uma superfície metálica e causam a emissão de elétrons (círculos mostrados em vermelho). Esta imagem, de autor desconhecido, está licenciada sob CC BY-SA.

3. Resumo dos Experimentos

Este kit de laboratório consiste em uma demonstração, um experimento e um desafio de design para compreender o conceito de luz e fótons. Esta investigação começará fornecendo informações básicas sobre a luz como onda e partícula, antes de demonstrar os fenômenos que surgem com base nessas descrições. Os objectivos dos experimentos e do desafio de design são os seguintes:

Parte I: Demonstrar a refração da luz para criar um arco-íris usando água e luz solar.

Parte II: Observar como fótons de diferentes energias podem ejetar elétrons no efeito fotoeléctrico por meio de uma analogia com bolinhas de gude e uma rampa.

Desafio de Design: Projectar um dispositivo que use a luz para realizar algo útil.

3.1. Lista de Suprimentos

- Borrifador
- Água
- Régua ou fita métrica
- Cartolina (papel grosso)
- Canudos (ou cavilhas ou palitos de madeira)
- Marcadores coloridos (ou lápis de cor ou giz de cera)
- Bolinhas de gude
- Fita adesiva
- Tesoura

3.2. Informações de segurança

Antes de os alunos iniciarem o laboratório, levem em consideração as seguintes questões de segurança:

- Os alunos nunca devem olhar directamente para o Sol. Isso pode causar danos permanentes aos olhos. Se você estiver usando o Sol como fonte de luz, peça aos alunos que olhem para um ponto ensolarado no chão ou no horizonte, longe da direção do Sol.

3.3. Pré-laboratório do professor

Os professores podem organizar os materiais para os experimentos com antecedência. Para cada aluno ou grupo de 2 a 4 alunos, os materiais necessários são: 1 pedaço de papel cartão (mais grosso), 2 cavilhas ou canudos de madeira, 2 bolinhas de gude e uma caneta ou lápis. Deve haver borrifadores, marcadores coloridos, tesouras e fita adesiva que a turma possa partilhar.

4. Experimentos

Nota para professores:

Incentive a discussão aberta e as perguntas da turma ao apresentar os experimentos.

4.1. Parte I: Arco-íris em uma garrafa

4.1.1. Perguntas Pré-Demonstração

1. A luz tem cor?
 - a. *Resposta:* Sim, a luz tem cor. Todas as cores do arco-íris estão contidas na luz visível.

2. Quando você viu as cores da luz?
 - a. *Resposta:* As respostas variam e os professores devem incentivar a criatividade dos alunos. Os alunos podem responder: arco-íris, usar um prisma de vidro sob a luz do sol, ponteiros laser, lâmpadas, etc.

4.1.2. Materiais

- Borrifador
- Água

4.1.3. Procedimento (trabalho em grupo ou demonstração pelo professor)

1. Encha um borrifador com água.
2. Encontre um local ao ar livre com luz solar directa.
3. Borrife água algumas vezes sob a luz do sol e observe a água borrifada.

4.1.4. Perguntas pós-demonstração

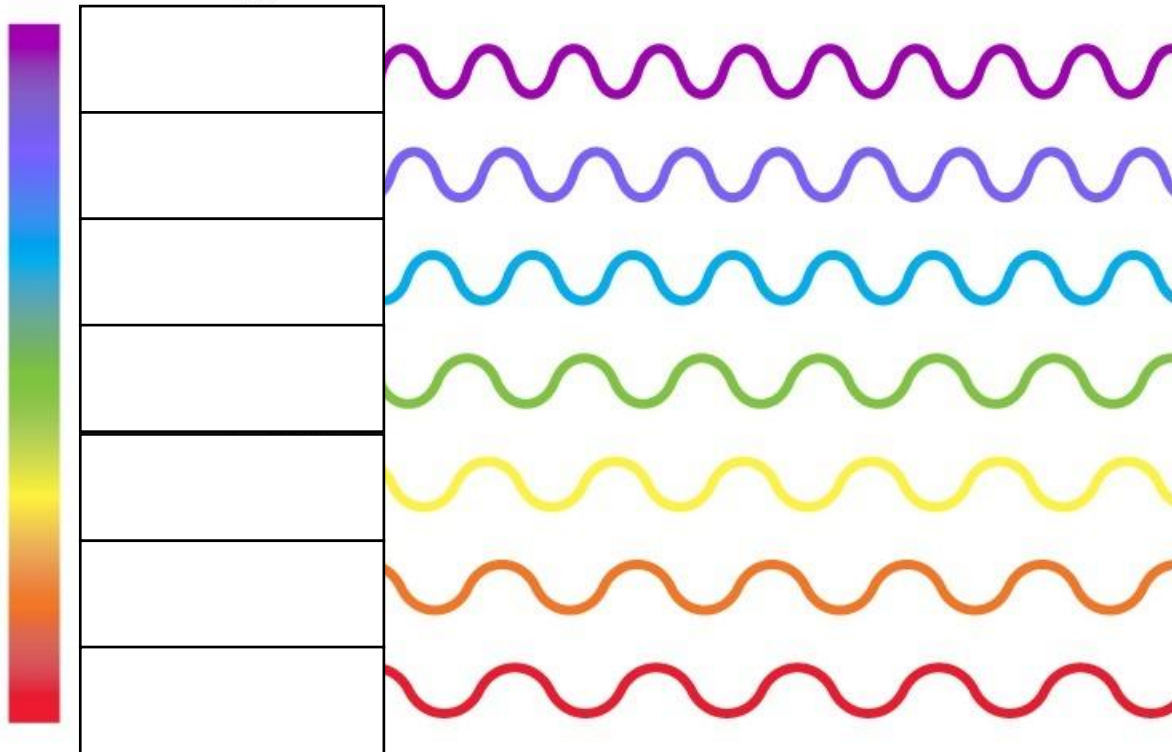
1. Quando a água é pulverizada sob o Sol, o que você vê? Descreva isso usando a palavra refração ou refrata.
 - a. Resposta: *Um arco-íris surge quando a luz brilha através das gotículas de água. Isso acontece porque a luz se curva, ou refrata, na transição do ar para a água e de volta para o ar. A curvatura, ou refração, é ligeiramente diferente para cada cor da luz, então vemos uma faixa de cores.*

2. Se você vê cores, quantas cores você vê?
 - a. Resposta: *Vemos muitas cores, incluindo vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta.*

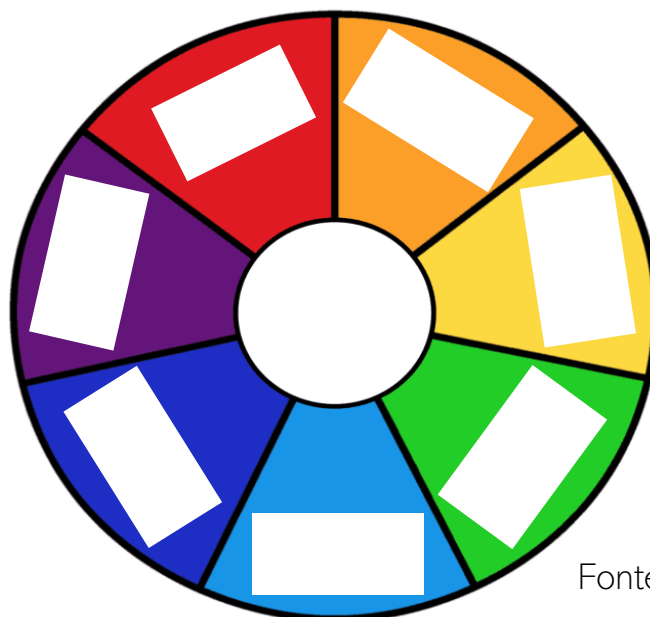
3. Quais são outros exemplos de quando você vê um arco-íris de luz?
 - a. Resposta: *Podemos ver um arco-íris ao passar a luz através de um prisma ou recipiente de vidro. Às vezes, vemos um arco-íris ao observar uma fina camada de óleo na água sob a luz do sol.*

4. Extensão: As cores da luz que você identificou no seu arco-íris estão todas na luz visível do Sol. Essas sete cores às vezes são lembradas pelas letras ROY G BIV, e essas cores são frequentemente colocadas em linhas ou em um círculo, às vezes chamado de círculo cromático. Agora que você conhece as sete cores do arco-íris, tente identificá-las no círculo cromático e na linha cromática abaixo (nos retângulos brancos).

Lembra que a luz viaja em ondas? O comprimento de onda da luz visível é específico para cada cor. Viu como a onda vermelha parece mais alongada do que a roxa? A cor vermelha é um tipo de luz que tem uma onda mais longa que a roxa. Se você combinar todas as cores dessa linha de cores, obterá a luz branca. A luz solar contém todas as cores do arco-íris!



© The University of Waikato Te Whare Wānanga o Waikato | www.sciencelearn.org.nz



Fonte: Pinterest

4.2. Parte II. Modelagem do Efeito Fotoelétrico

4.2.1. Questões pré-experimentais

1. Lembre-se do efeito fotoelétrico da Seção 2. Como você define a função trabalho de um metal?
 - a. *Resposta: A função trabalho é a quantidade de energia necessária para que um elétron se liberte de uma superfície metálica.*

4.2.2. Materiais

- Papel cartão
- Canudos (ou cavilhas ou palitos de madeira)
- Marcadores coloridos (ou lápis de cor ou giz de cera)
- Bolinhas de gude
- Tesoura
- Fita adesiva

4.2.3. Procedimento (trabalho em grupos de 2 a 4)

1. Crie uma rampa que será usada para modelar o efeito fotoelétrico (veja a Figura 3). (Isso pode ter sido feito com antecedência pelo seu professor.)
 - a. Desenhe as duas linhas do meio com um lápis e corte os dois "V" a 6 cm da extremidade.
 - b. Desenhe linhas a 10 cm dos cortes em "V", começando com a linha vermelha (R) e continuando a cada 3 cm até obter R, O, Y, G, B, I, V.
 - c. Dobre o papel nas linhas do meio e dobre a extremidade para cima nos cortes em "V", colando as laterais próximas aos "V". Isso deve produzir uma rampa.
 - d. Use os canudos ou cavilhas e a fita adesiva para criar pernas que sustentarão a rampa.
2. Coloque a bolinha de gude 1 na base da rampa.
3. Segure a bolinha de gude 2 na linha vermelha (R) da rampa e solte-a de modo que ela colida com a bolinha de gude 1.

4. Registe suas observações.
5. Repita os passos 3 e 4 com as outras linhas coloridas.

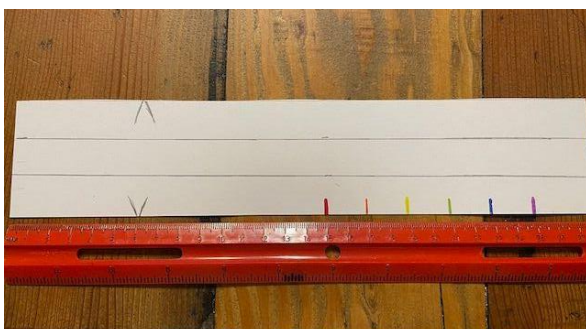
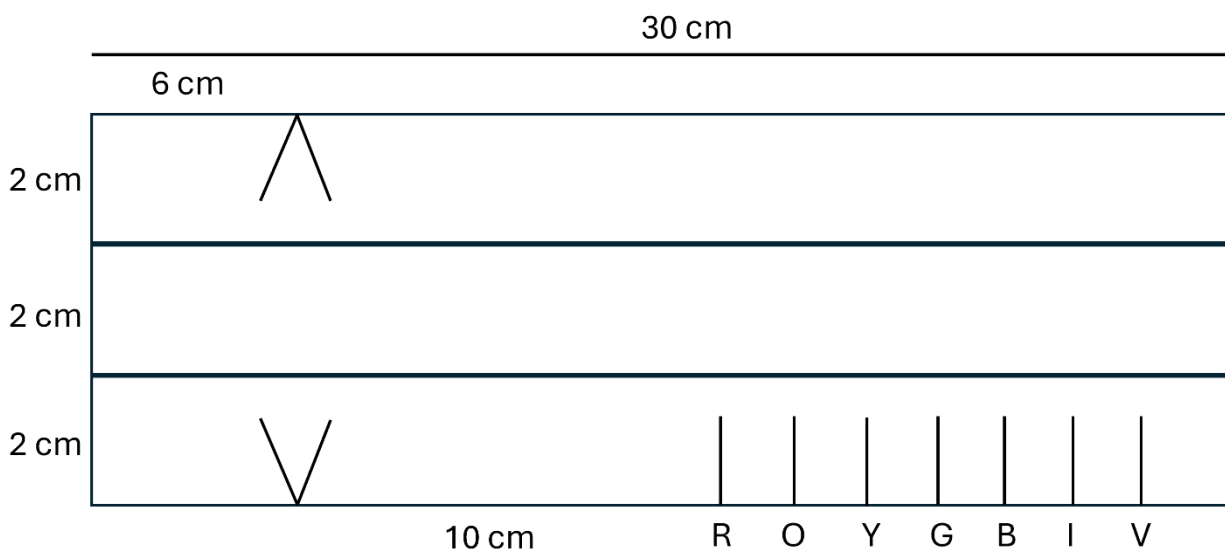


Figura 3. (Acima) Dimensões da rampa a ser construída. Observe que este desenho não está em escala e não deve ser impresso e utilizado directamente. (Abaixo à esquerda) Construção da rampa antes do corte e da aplicação da fita. (Abaixo à direita) Construção completa da rampa.

4.2.4. Resultados

Cor	Observações	A bolinha 1 foi lançada da rampa? (S/N)
Vermelha/o		
Laranja		

Amarela/o		
Verde		
Azul		
Indigo		
Violeta		

4.2.5. Questões pós-experimento

1. Em que linha a bolinha 1 é lançada da rampa?
 - a. Resposta: Isso pode variar um pouco dependendo da construção da rampa.

2. O que acontece com a bolinha 1 quando você solta a bolinha 2 em "cores" mais acima na rampa? Como a altura na rampa se relaciona com a energia da cor?
 - a. Resposta: A bolinha 1 continua a ser lançada da rampa, mas com mais energia, à medida que a "cor" da bolinha 1 muda conforme ela avança na rampa. As cores mais acima na rampa têm mais energia em comparação com as cores mais abaixo.

3. Com base no seu conhecimento do efeito fotoelétrico:
 - a. O que a bolinha 1 representa?
 - i. Resposta fóton incidente (luz)

 - b. O que a bolinha 2 representa?
 - i. Resposta: elétron em metal

 - c. O que representa mover a bolinha 2 pela rampa?
 - i. Resposta: luz brilhante com energia superior

5. Desafio de Design

O Desafio: Projectar uma ferramenta ou máquina que utilize luz!

Vimos em experimentos anteriores que a luz pode ser descrita como uma onda e como uma partícula, e sabemos, por experiência própria, que existem diversas fontes de luz (o Sol, lâmpadas, lasers, etc.). Agora é hora de pensar em uma maneira de usar a luz em uma ferramenta ou máquina para fazer algo útil ou interessante.

5.1 Questões de Design

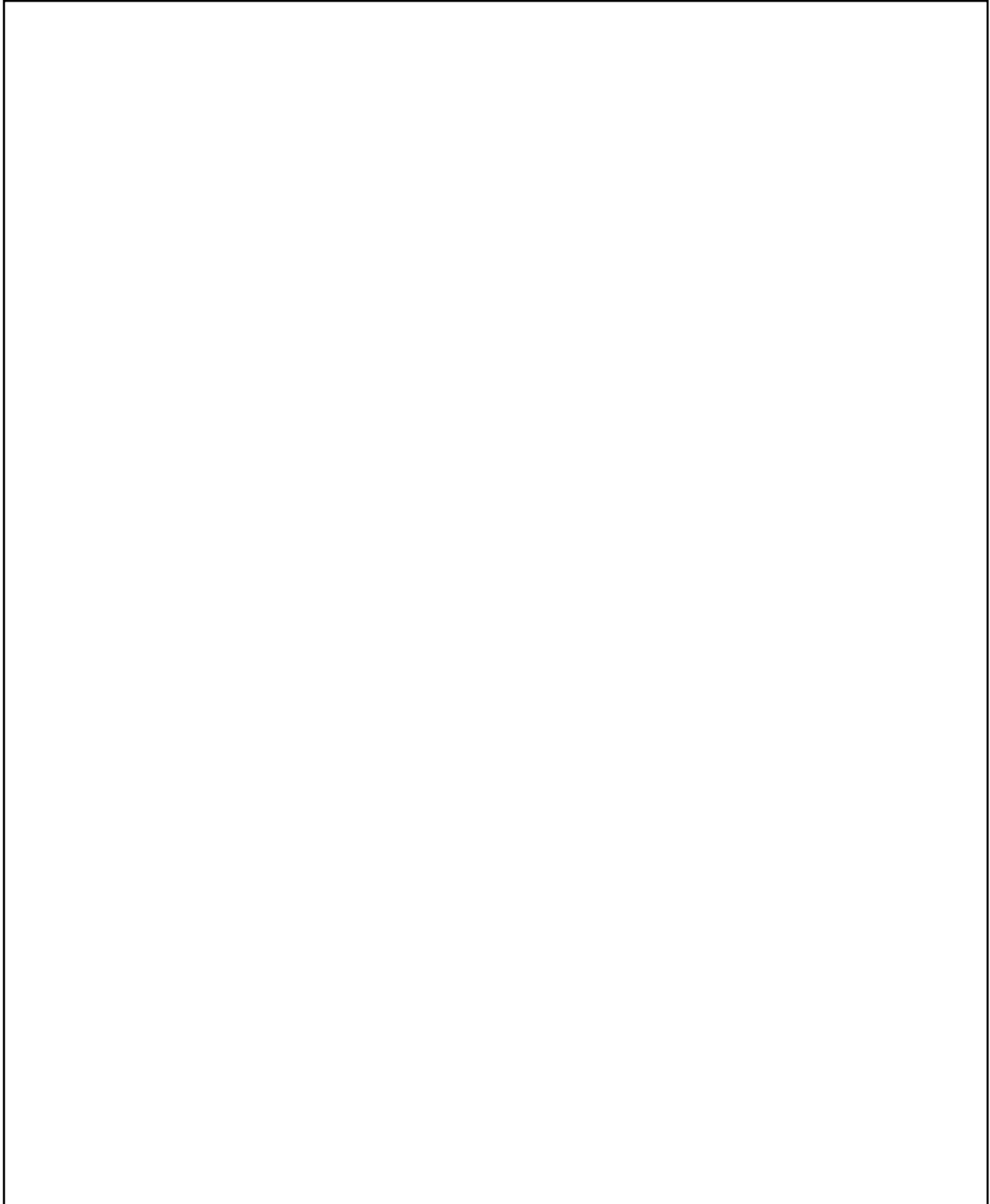
1. Quais são as diferentes fontes de luz que você poderia usar na sua ferramenta?
2. Como o que você aprendeu sobre luz neste kit pode ser útil na sua ferramenta? Considere a refração e o efeito fotoelétrico.

Possíveis respostas às perguntas (incentive a discussão em sala de aula):

Existem muitas fontes de luz, incluindo o Sol, lanternas, lasers e diodos emissores de luz. A luz pode ser usada para muitas coisas na vida, como aquecer uma superfície, liberar elétrons (que podem ser usados como electricidade) e esticar ou dobrar materiais. O objectivo é estimular a criatividade dos alunos e incentivar a partilha de ideias.

5.2 Esboço de Design

Esboce o design da sua ferramenta abaixo, descrevendo as maneiras como a luz será usada.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for a design sketch. The box is oriented vertically and occupies most of the page's width and height.

6. Fontes

<http://phy.sites.mtu.edu/RETlessonplans/the-photoelectric-effect/>

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric>

Zitzewitz, P. W.; Davids, M. (1999). *Glencoe physics: principles and problems*. Glencoe/McGraw Hill.