

Tela Intro

Investigue os fatores que afetam a trajetória de um projétil, como ângulo, altura, velocidade inicial e resistência do ar.

VEJA o ápice da trajetória

AJUSTE o ângulo do canhão (passos de 5°) e a altura

LANCE o projétil

EXPERIMENTE com tipos de vários projéteis

INVESTIGUE os efeitos da resistência do ar

MEÇA o tempo, o alcance e a altura do projétil ao longo do caminho

Tela Vetores

Veja as forças de arrasto e gravitacional em um diagrama de corpo livre e explore como a velocidade e a aceleração são afetadas pela resistência do ar.

ZOOM maior ou menor

OBSERVE o diagrama de corpo livre em tempo real

DEFINA a rapidez inicial

EXPLORE os efeitos do diâmetro, da massa e da resistência do ar

VEJA os vetores como totais ou componentes

Tela Arrasto

Determine os fatores que afetam a força de arrasto e observe a relação entre a força de arrasto e a velocidade.

COMPARE até 5 trajetórias

APAGUE as trajetórias

EXPLORE a relação entre coeficiente de arrasto e forma do corpo

AJUSTE a altitude

Movimento de Projétil

Tela Lab

Explore os efeitos na mudança de parâmetros do projétil e investigue a influência da aceleração da gravidade.

ARRASTE o alvo para o local de pouso do projétil

AJUSTE o ângulo do canhão em passos de 1°

REVISE as condições iniciais

AJUSTE a massa & diâmetro

EXPLORE a aceleração da gravidade

PAUSE e avance passo a passo o movimento

Projectile Motion

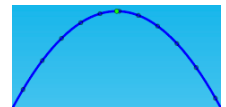
Simplificações do Modelo

- O canhão tem mira (uma cruz preta) para marcar a localização inicial do projétil dentro do canhão.
- Alterações na resistência do ar, altitude e aceleração da gravidade se aplicam imediatamente e afetarão todos os projéteis no meio do voo.
- Os vetores são desenhados a partir do centro da imagem, que pode se desviar um pouco do centro de massa. Para melhor visibilidade, os vetores não são dimensionados com o nível de zoom.

- A força de arrasto é modelada com o arrasto quadrático ($F_{\text{arrasto}} \propto v^2$), que é válido no limite de número de Reynold alto apropriado para objetos macroscópicos, como bolas de beisebol. O arrasto linear (Lei de Stoke) é válido apenas no limite de número muito baixo de Reynold (como gotículas do tamanho de micron no ar).
- O coeficiente de arrasto depende do número de Reynolds, que assumimos ser uma constante.
- O coeficiente de arrasto também depende da geometria do objeto, para que os projéteis de referência (por exemplo, beisebol, carro) não tenham um coeficiente de arrasto ajustável.
- A área da seção transversal dos projéteis é aproximada para ser um círculo, e sua área é determinada pelo diâmetro.
- Presume-se que itens que permanecem tangentes à trajetória em movimento (por exemplo, futebol, obus) tenham a aerodinâmica ou distribuição de peso apropriada que leva a esse comportamento.

Controles Complexos

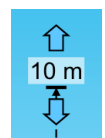
- Com a simulação pausada, até três projéteis podem ser enfileirados para serem disparados simultaneamente.
- A ferramenta de rastreamento pode medir o tempo, o alcance e a altura do projétil em qualquer ponto da trajetória. Os pontos pretos são desenhados em intervalos de 0,1s e o ponto verde representa o ápice da trajetória.
- O projétil "Personalizado" na tela Lab permite que os usuários insiram valores precisos para a massa, diâmetro, aceleração da gravidade, altitude e coeficiente de arrasto. O intervalo aceitável para esses valores será exibido na parte superior do teclado.



| | |
|---|-----------------------|
| Personalizado | 1 to 5000 kg |
| Massa | 100 kg |
| Diâmetro | 1 m |
| Gravidade | 9.81 m/s ² |
| <input checked="" type="checkbox"/> Resistência do Ar | |
| Altitude | 0 m |
| Coefficiente de Arrasto | 0.47 |

Percepções de Uso pelos alunos

- Os alunos geralmente encontram todas as opções disponíveis no simulador sem aviso prévio, como ajustar o ângulo do canhão, mover o alvo, alterar os parâmetros do projétil e ativar vetores.
- O canhão fica em um pedestal com uma altura ajustável. Para indicar essa possibilidade, o canhão na tela de Introdução começa a 10 m e possui setas na indicação da altura que desaparecerão assim que a altura do canhão for ajustada.



Sugestões de uso

Exemplos de propostas de desafios

- Escolha uma variável e crie um experimento para determinar como isso afeta a trajetória do projétil.
- Estime como a alteração das condições iniciais afetará a trajetória do projétil e explique seu raciocínio.
- Determine quais fatores afetam o alcance do projétil quando a resistência do ar é ativada, mas que não têm efeito quando a resistência do ar é desativada.

- Descreva o comportamento dos vetores que representam a velocidade e aceleração ao longo do tempo e como eles são afetados pela resistência do ar.
- Explique por que os pontos pretos no caminho do projétil estão mais próximos perto do ápice da trajetória, mas mais afastados quando próximos ao chão.
- Crie uma situação em que o projétil atinja a velocidade terminal.

Veja todas as atividades publicadas para a simulação **Movimento do Projétil** clicando [aqui](#).

Para obter mais dicas sobre o uso de simuladores PhET com seus alunos, consulte [Dicas de uso PhET](#).