



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

Wanderson Henrique da Silva

PRODUTO EDUCACIONAL

PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL,
HORIZONTAL E OBLÍQUO UTILIZANDO O PhET SIMULAÇÕES
COMO RECURSO TECNOLÓGICO EDUCACIONAL

Natal/RN
2023

Wanderson Henrique da Silva

PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA
(UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO
UTILIZANDO O PhET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO
EDUCACIONAL

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO UTILIZANDO O PhET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO EDUCACIONAL, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN Natal-RN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. DSc. Antônio Marques dos Santos

Natal/RN
2023

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

APRESENTAÇÃO

Este material consiste em um conjunto de instruções em forma de sugestões de atividades para a elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa(UEPS) utilizando o software de simulação interativa PhET (Physics Education Technology) como Recurso Tecnológico Educacional em sala de aula para os conteúdos de Física do ensino médio (lançamentos horizontal, vertical e oblíquo).

Deixamos claro que este produto não é um manual de software, mas um guia com orientações para a prática didática, direcionado a professores de Física e acreditamos que terá um papel coadjuvante em sala de aula. Cada pessoa é incentivada, à sua maneira, a lidar com o software e a desenvolver adaptações de acordo com suas necessidades. Também se destina a auxiliar, e não substituir, os livros didáticos aceitos pelos professores. Estudantes experientes podem facilmente mergulhar nas aulas fornecidas e aprender como o software funciona, pois não exigem conhecimentos profundos de programação ou o uso de funções matemáticas complexas.

O software é distribuído gratuitamente e pode ser executado em computadores com Windows ou em Smartphones, desde que os mesmos tenham os requisitos mínimos necessários.

Sumário

1 Introdução	7
2 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas	7
3 Movimento oblíquo	14
3.1 Por que esse movimento é simples?	15
3.2 O problema geral	16
3.3 Equações básicas do movimento.....	17
3.4 Trajetória do projétil	19
3.5 Altura máxima	19
3.6 Tempo de queda ou tempo de voo	20
3.7 Alcance do projétil	21
3.8 Caso particular do lançamento de projéteis	22
3.8.1 Para o tempo	22
3.8.2 Para a altura máxima	22
3.8.3 Alcance	22
3.9 Lançamento de projéteis com resistência do ar	23
4 O Phet interactive simulations	25
4.1 Formas variadas de utilização do Phet como ferramenta educacional.....	27
4.2 O simulador lançamento de projéteis	28
4.3 Funcionalidades do simulador lançamento de projéteis	32
4.3.1 Simplificações do modelo	34
4.3.2 Controles complexos	35
4.3.3 Percepções de uso pelos alunos	36
4.3.4 Exemplos de proposta de desafios	36

4.4	Avaliação do software	37
	Referências	38

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem significativa é o processo pelo qual novos conhecimentos são organizados na estrutura cognitiva de cada indivíduo. Essa teoria da aprendizagem começou na década de 1960 com o trabalho do psicólogo americano David Paul Ausubel e se concentrou em mostrar como os estudantes conectam conceitos em estruturas cognitivas. Segundo Ausubel (2003), para que o conteúdo tenha significado, é importante relacionar novas informações a um corpo de conhecimento existente na estrutura cognitiva do indivíduo, denominado subsunçor. As teorias de aprendizagem significativa caracterizam-se, assim, pela interação de conhecimentos existentes e novos por meio de processos específicos que irão determinar os eventos e significados associados à aprendizagem (AUSUBEL, 2003) e (MOREIRA, 2006).

Novak (2010) explora como traduzir este processo cognitivo em prática educacional concreta, descrevendo o desenvolvimento de recursos de apoio e materiais de ensino potencialmente importantes como elementos fundamentais.

2 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

A Unidade de Ensino com Potencial Significativo (UEPS) foi proposta por Marco Antônio Moreira (2011) para desenvolver métodos de ensino voltados para a aprendizagem significativa. A pesquisa da UEPS é derivada das Teorias de Aquisição e Retenção do Conhecimento e Aprendizagem Significativa de Ausubel.

A UEPS se apresenta como um recurso que promove a aprendizagem significativa ao estruturar o processo de aprendizagem em uma sequência didática com etapas de desenvolvimento. Essa sequência didática possui diretrizes lógicas e metodológicas para o desenvolvimento de práticas educativas que possam promover a aprendizagem significativa ao vincular significado ao que se aprende.

A proposta da UEPS de Moreira (2011) é composta por oito etapas sequenciais resumidas na Tabela 01.

Tabela 01: Etapas de uma UEPS

Aspectos sequenciais da UEPS	
ETAPA 01	Definir o tópico que será abordado, resgatando o conhecimento prévio e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.
ETAPA 02	Proporcionar situações em que o estudante possa externalizar o conhecimento prévio.
ETAPA 03	Introdução ao tópico de estudo, com situações que relacionem o conhecimento prévio com o novo conhecimento.
ETAPA 04	Apresentar o novo conteúdo ou conceito, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva).
ETAPA 05	Retomada dos aspectos mais gerais do conteúdo, avançando na complexidade. Promover situações de interação com o grupo de estudantes, envolvendo negociação de significados.
ETAPA 06	Abordagem do tópico de estudo em maior grau de complexidade, com diversificação de atividades.
ETAPA 07	Avaliação processual e formativa da aprendizagem.
ETAPA 08	Avaliação da UEPS, segundo evidências da aprendizagem significativa.

Fonte: adaptação de Moreira (2011)

As etapas descritas representam importantes processos de aprendizado significativo, como a modificação de subsunçores, ancoragem, diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Os três primeiros níveis da UEPS enfocam o problema da organização do conhecimento a ser aprendido. Aqui, o professor identifica elementos que já existem na estrutura cognitiva do estudante ou utiliza informações desenvolvidas por configuradores anteriores para construir pontes de ancoragem. Segundo Ausubel (2003), o fator de maior influência na aprendizagem é o que os estudantes já sabem, por isso é importante preservar o contexto anterior para que ocorra um processo de aprendizagem significativa.

Moreira (2011, p. 3) define esta etapa inicial como “fornecer as bases para a implementação do conhecimento que se pretende ensinar”, pois deve estar ligada à colocação de situações de aprendizagem menos complexas em relação ao objeto de estudo. Segundo Moreira (2011), os conceitos mais importantes da UEPS são:

Aprendizagem significativa: Aprendizagem que fornece algum significado para o estudante. Para que um novo conhecimento tenha significado, ele deve estar relacionado ao conhecimento anterior, de forma não literal e deve permitir que os estudantes formem novas relações com outros conhecimentos. A aprendizagem só tem sentido quando faz parte da vida de uma pessoa, caso contrário, é apenas uma forma de conhecimento, sem sentido e será esquecida.

Aprendizagem significativa crítica: Aprendizagem que permite a um sujeito ser tanto parte de sua cultura quanto estar fora dela. É através dessa aprendizagem que o indivíduo poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. Poderá, assim, lidar construtivamente com a mudança sem se deixar dominar por ela. É por meio dela que poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças. (Moreira, 2005).

Aprendizagem mecânica: Esta é uma forma de aprendizagem irracional. O aprendizado de máquina é geralmente associado a métodos de ensino tradicionais nos quais os estudantes aprendem com a única intenção de memorizar novos conhecimentos sem conectá-los aos conhecimentos anteriores para dar-lhes significado.

Atividade colaborativa: Um tipo de atividade que conta com a cooperação de pequenos grupos (2-4 pessoas). Você pode realizar diferentes tipos de atividades, como listas de exercícios, mapas conceituais e conduzir experimentos. Ao final da atividade o grupo apresenta os resultados aos demais estudantes.

Avaliação Formativa: Tipo de avaliação do processo formativo do estudante. A ideia é julgar não apenas com base nos acertos e erros, mas também com base no processo como um todo. Essa avaliação é realizada de forma contínua, observando todo o processo de aprendizagem, desde o primeiro até o último encontro.

Avaliação Somativa: Aqui, o objetivo é avaliar cada etapa do processo de aprendizagem do estudante. Métodos simples como exercícios, apresentações orais, textos curtos ou avaliações finais são comumente usados.

Conhecimento prévio: É a base para o novo conhecimento, um conceito que já existe na estrutura cognitiva dos estudantes sobre um assunto ou tópico. É impensável que um estudante venha para a escola sem nenhum conhecimento,

como se fosse “HD em branco”. Cabe ao professor identificar esse conhecimento existente e saber aproveitá-lo da melhor forma possível.

Diferenciação progressiva: Um novo conceito é apresentado na forma de uma situação-problema, e ao final do processo há uma explicação real desse novo conhecimento. Nesse intervalo, ocorre a diferenciação gradativa e novos conhecimentos são apresentados no início do processo, momento em que os conceitos são distintos dos conhecimentos anteriores na bagagem cognitiva do estudante.

Organizadores prévios: São conceitos que o estudante deve ter antes de o professor explicar o novo conhecimento. Por exemplo, para que se possa ensinar como resolver uma equação de segundo grau é necessário que antes o estudante saiba de alguns conceitos matemáticos importantes, tais como soma, subtração, divisão, multiplicação, radiciação, equação de primeiro grau etc. É importante mostrar ao estudante que conceitos são estes, como eles são importantes e, também, como vão fazer parte do novo conhecimento. Assim, são conceitos que devem ser apresentados aos alunos antes de chegar com o novo conhecimento.

Reconciliação integradora: É um momento de conciliar conhecimentos antigos e novos. Essas adaptações são necessárias para que possa existir a integração de novos conhecimentos com os conhecimentos que o estudante já tem. Aqui, o professor deve apontar todas as possíveis semelhanças e diferenças, a fim de fazer uma “conexão” com o conhecimento existente.

PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO UTILIZANDO O PHET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO EDUCACIONAL

Objetivo: Promover a aprendizagem de conceitos relacionados aos movimentos vertical, horizontal e oblíquo em escolas secundárias.

Sequência:

1. Situação inicial

O professor deverá sugerir uma discussão sobre o lançamento oblíquo. Seu objetivo é avaliar o conhecimento prévio do estudante sobre o assunto. Feito isso, continue sua discussão sobre lançamentos horizontais e verticais para mostrar suas diferenças e o efeito da aceleração gravitacional sobre os movimentos. O professor tem a responsabilidade direta de facilitar essa discussão e pode apresentar vídeos e exemplos relevantes. Instigue os estudantes a externarem suas impressões sobre o que é o movimento em duas dimensões e cite exemplos de algumas situações que, para eles, são caracterizadas como lançamento oblíquo. Peça para que respondam como lançar um objeto o mais longe possível. Anote os exemplos dados para posterior análise. Esta primeira abordagem requer 1 (uma) aula.

2. Situação-problema inicial

- a) Considerando os movimentos anteriores, quais são as diferenças entre eles?
- b) Qual é a lógica destes movimentos e a quem se atribui?
- c) Como você pode aplicar os movimentos acima em sua vida diária? Cite alguns exemplos.

Todas estas questões devem ser discutidas em grandes grupos, mediados pelo professor. O professor deve ouvir o grupo e despertar a curiosidade sobre o assunto sem chegar a uma resposta definitiva. Essa abordagem requer 1 (uma) aula.

3. Verificação

O professor deve relembrar alguns tópicos que são pré-requisitos para a compreensão do assunto, tais como o movimento uniforme (M.U), o movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria. Também devem ser feitos alguns exemplos simples sobre esses tópicos com seus estudantes para que os mesmos possam entender melhor como esses conceitos são usados. Essa abordagem requer 1 (uma) aula.

4. Organizador prévio

Deverá ser exibido um vídeo para cada questão, para que os estudantes possam refletir sobre o tema abordado. Em seguida, estimule uma discussão para verificar se os temas identificados por eles estão de acordo com os conceitos discutidos na aula anterior para resolver a situação proposta. Em seguida, inicie novas discussões sobre os temas levantados anteriormente e organize os conceitos envolvidos em cada discussão. Essa abordagem requer 1 (uma) aula.

5. Aula expositiva dialogada integradora final

O professor deve fazer a exposição do conteúdo sobre o tema proposto de uma forma geral. Realizar esta exposição final por meio de uma apresentação de slides, composta de gráficos, animações e/ou vídeos. Devemos trabalhar os conceitos de decomposição da velocidade nos eixos x e y , a diferença entre os movimentos, as funções horárias para o movimento uniforme, movimento uniformemente variado e alguns exercícios como exemplos. Concluir a aula mostrando aos estudantes a resposta para cada questão que foi proposta anteriormente. Para essa etapa serão necessárias 2 (duas) aulas.

6. Avaliação individual do estudante

As avaliações individuais são realizadas com perguntas abertas, as quais devem cobrir os conceitos da unidade. Esta atividade requer 1 (uma) aula.

7. Aula final e avaliação da UEPS em sala de aula

O professor fará a avaliação da UEPS através da análise das estratégias de ensino utilizadas e das respostas às questões colocadas nas avaliações individuais de aprendizagem e nas avaliações orais, podendo as respostas dos estudantes serem gravadas em formato áudio, mediante consentimento. Ao final será fornecida uma explicação de fechamento consolidando os tópicos abordados. Essa atividade requer 1 (uma) aula.

8. Avaliação da UEPS

Por fim, o professor realiza uma análise qualitativa com base no que acredita ser o conceito de unidade de aprendizagem mais relevante na avaliação presencial da UEPS, bem como da avaliação da UEPS feita em sala de aula pelos estudantes no último encontro.

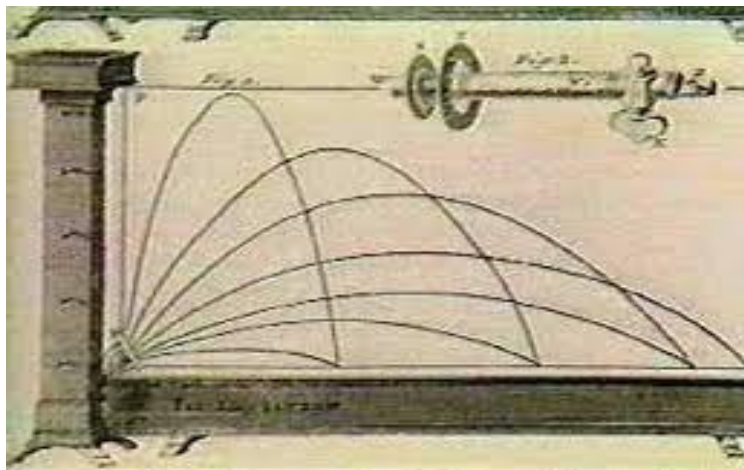
3 MOVIMENTO OBLÍQUO

Galileu fez grandes progressos na compreensão do movimento dos objetos, desde que viajassem curtas distâncias sobre a superfície da Terra. Esse movimento é chamado de movimento de projétil, movimento oblíquo ou simplesmente movimento balístico. Sob certas condições, a força gravitacional exercida pela Terra sobre estes é mais ou menos constante.

Em seu já famoso livro *Discourse on Two New Sciences*, Galileu estudou o movimento de projéteis e entendeu os pontos mais relevantes. Ele realizou um estudo abrangente desse movimento e encontrou quatro aspectos importantes para destacar em sua pesquisa:

- (I) O movimento ocorre no plano vertical;
- (II) O movimento pode ser dividido em dois movimentos independentes: movimento uniforme ao longo do plano horizontal e movimento uniformemente variado ao longo do plano vertical;
- (III) A trajetória é uma parábola ou parte de uma parábola;
- (IV) Os itens (I) e (II) se aplicam, a menos que a resistência do ar seja levada em consideração. Então, estamos lidando com estimativas.

Figura 03 – Esboço das parabólicas de Galileu.



Fonte: Física interessante.

Galileu refutou a ideia de Aristóteles e forneceu uma explicação para o movimento dos projéteis com base em fatores externos que os impulsionam em direção ao centro da Terra, e qualquer que fosse o mecanismo, seria simples.

3.1 Por que este movimento é simples?

A razão pela qual você pode pensar no movimento dos projéteis como sendo simples é por causa da gravidade. Esta força não muda muito, desde que o movimento dos objetos na superfície da Terra seja limitado a pequenas alturas. Essa situação pode ser determinada com mais precisão dizendo que a altura máxima que atingem (h) é muito menor que o raio da terra (R_T). Em outras palavras:

$$h \ll R_T \quad (3.1)$$

Nessas circunstancias a força gravitacional não varia muito e, portanto, dentro de uma boa aproximação, podemos considerar a força gravitacional como constante. Para entendermos isso, suponhamos que o projétil tenha massa m e que a massa da terra seja M_T . De acordo com a lei da gravitação de Newton a terra exercerá, para um objeto localizado a uma distância r , uma força cujo módulo é dado por:

$$F_g = \frac{GmM_T}{r^2} \quad (3.2)$$

Para um ponto a uma altura h contada a partir da superfície da terra, e nas circunstancias definidas pela expressão 3.1, podemos escrever, dentro de uma boa aproximação:

$$F_g = \frac{GmM_T}{(h+R_T)^2} = \frac{GmM_T}{(h^2+2hR_T+R_T^2)} = \frac{GmM_T}{R_T^2} - 2 \frac{h}{R_T} \frac{GmM_T}{R_T^2} \quad (3.3)$$

Assim, a força que a terra exerce nas circunstancias apontadas em 3.1 é aproximadamente constante e dada por:

$$F_g = \frac{GmM_T}{R_T^2} = mg \quad (3.4)$$

Onde g é a aceleração da gravidade, a qual é dada pela expressão:

$$\boxed{g \equiv \frac{GM_T}{R_T^2}} \quad (3.5)$$

3.2 O problema geral

Ao tratarmos do movimento de projéteis, consideraremos a superfície da terra plana. Consideremos um sistema cartesiano de tal forma que o eixo x seja paralelo ao solo e o eixo y seja ortogonal ao mesmo.

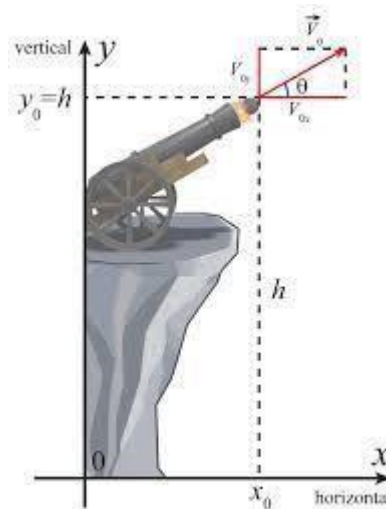
Consideremos que um projétil seja lançado de um ponto em um certo instante de tempo (uma bala de canhão, por exemplo). Seja tal instante de tempo dado por $t = t_0$ e sejam (x_0, y_0) as coordenadas cartesianas do ponto de lançamento do projétil. Vamos admitir que ele seja lançado com uma velocidade inicial tal que o vetor velocidade inicial é dado por:

$$\vec{v}_0 \equiv \mathbf{v}(t_0) = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j} \quad (3.6)$$

Suponhamos ainda que ele seja lançado de uma altura h . Esta é a altura de lançamento. Assim, o ponto de lançamento do projétil tem coordenadas cartesianas representadas por:

$$(x_0, y_0) = (x_0, h) \quad (3.7)$$

Figura 04 – Coordenada inicial do projétil.



Fonte: mídia USP.

Os dados resumidos pelas expressões 3.6 e 3.7 especificam as condições iniciais do movimento e, por meio delas, sabemos tudo sobre como o movimento se inicia.

Quase sempre especificamos as condições iniciais do movimento a partir do

módulo da velocidade inicial v_0 e do ângulo θ_0 , definido como o ângulo formado pelo vetor velocidade com a horizontal (eixo x). Este ângulo é conhecido como ângulo de tiro.

Assim, uma outra forma de especificar as condições iniciais, em relação a velocidade, é por meio das grandezas (v_0, θ_0) . As componentes do vetor velocidade inicial são relacionadas com estas últimas, por meio das relações:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 \quad (3.8)$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 \quad (3.9)$$

Veremos que é possível, por meio dos dados já fornecidos, as condições iniciais, prever a posição da partícula, bem como prever sua velocidade para qualquer instante de tempo.

Seja t_q o instante de tempo no qual ocorre a queda do projétil, o tempo de voo t_v é definido como o tempo no qual ele esteve viajando. É dado pela diferença entre os instantes de tempo de queda e do lançamento:

$$t_v = t_q - t_0 \quad (3.10)$$

Depois de decorrido um instante de tempo desde o lançamento, o projétil atinge uma altura máxima a partir da qual tem início o seu movimento de queda.

Durante o tempo de percurso ou tempo de voo, o projétil percorre uma distância horizontal conhecida como alcance (A).

3.3 Equações básicas do movimento

Levando-se em consideração que a gravidade aponta sempre para o centro da terra, desprezando a força de resistência do ar e tendo em vista a escolha do referencial, a expressão para a força agindo sobre o projétil é dada por:

$$\vec{F} = -(mg)\hat{j} \quad (3.11)$$

O movimento do projétil pode ser estudado como a composição de dois movimentos, um na direção do eixo y e outro na direção do eixo x. Como não existe aceleração na direção do eixo x, dizemos que o movimento é uniforme neste eixo e

escrevemos:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_q - t_0) \quad (3.12)$$

onde x_0 é a coordenada inicial (no tempo $t = t_0$) e v_{0x} é a componente da velocidade inicial ao longo do eixo x. A componente da velocidade no eixo x é constante e dada por:

$$v_x = v_{0x} \quad (3.13)$$

Ao longo do eixo y a aceleração é constante e dada pela aceleração da gravidade. O movimento no eixo y é, portanto, uniformemente variado e, para a orientação de eixos considerada, escrevemos para a componente da velocidade a expressão:

$$v_y = v_{0y} - g(t_q - t_0) \quad (3.14)$$

onde v_{0y} é a componente vertical da velocidade inicial.

Para definirmos a posição em um instante qualquer de tempo, basta determinarmos cada uma das variáveis x e y. Estas coordenadas, por sua vez, são dadas para um tempo, a partir do lançamento, pelas expressões:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_q - t_0) \quad (3.15)$$

$$y = h + v_{0y}(t_q - t_0) - \frac{g}{2}(t_q - t_0)^2 \quad (3.16)$$

Para as componentes da velocidade basta que façamos, a qualquer tempo, a derivada das expressões acima. Assim teremos:

$$v_x = v_{0x} \quad (3.17)$$

$$v_y = v_{0y} - g(t_q - t_0) \quad (3.18)$$

As equações anteriores são chamadas de equações básicas do movimento dos projéteis. A partir delas, podemos obter todas as informações sobre o movimento, ou seja, dadas a posição inicial (x_0, h) e a velocidade inicial, determinada a partir das componentes (v_{0x}, v_{0y}), podemos determinar a posição e a velocidade do projétil em qualquer instante depois do lançamento.

3.4 Trajetória do projétil

Determinemos agora a trajetória da partícula. Para tal, escrevemos o tempo como sendo dependente da coordenada x , como a seguir:

$$x = x_0 + v_{0x} (t - t_0) \Rightarrow t - t_0 = \frac{x - x_0}{v_{0x}} \quad (3.19)$$

substituindo a expressão acima em 3.16 encontramos a equação da trajetória:

$$y = h + v_{0y} \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right)^2 \quad (3.20)$$

Pode-se facilmente verificar que esta equação descreve uma trajetória cuja curva a ela associada é uma parábola.

3.5 Altura máxima (h_{max})

A partir de agora, admitiremos que os tempos serão contados a partir do instante do lançamento, ou seja, faremos para simplificar, $t_0 = 0$.

Como é sabido, todo projétil retorna para a superfície da terra depois de algum tempo. Assim, ele sobe até atingir uma altura máxima e retorna, ou seja, naquele ponto sua velocidade na direção vertical é nula. Dessa forma, o ponto no qual ele para no ar, olhando apenas o movimento na vertical, pode ser determinado a partir da condição de que se anula a componente vertical da velocidade no instante de tempo t_m :

$$v_y(t_m) = 0 \quad (3.21)$$

Esta equação nos permite determinar o instante de tempo (t_m) no qual o objeto atinge a altura máxima (h_{max}). Utilizando a expressão 3.18, esse instante é dado por:

$$v_y(t_m) = v_{0y} - gt \Rightarrow 0 = v_{0y} - gt_m \Rightarrow t_m = \frac{v_{0y}}{g} \quad (3.22)$$

Neste instante, as coordenadas do projétil, fazendo uso das expressões 3.15 e 3.16, são dadas pelas expressões:

$$x(t_m) = x_{h_{max}} = x_0 + v_{0x} \cdot \frac{t_m}{g} = x_0 + \frac{v_{0x}v_{0y}}{g} \quad (3.23)$$

$$y(t_m) \equiv h_{max} = h + v_{0y} \left(\frac{v_{0y}}{g} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{v_{0y}}{g} \right)^2 = h + \frac{(v_{0y})^2}{2g} \quad (3.24)$$

Estas expressões podem ser escritas ainda, em termos das condições iniciais (módulo da velocidade inicial e ângulo de tiro), como:

$$x_{h_{max}} = x_0 + \frac{(v_0)^2}{g} \sin \theta \cos \theta \quad (3.25)$$

$$h_{max} = h + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \quad (3.26)$$

A altura máxima é dada, portanto, como um acréscimo da altura lançada, cujo valor depende do módulo da velocidade inicial e da sua direção. Para atingirmos a altura máxima, mantida a mesma velocidade inicial em módulo, devemos atirar o objeto para cima (ângulo de tiro $\theta = \frac{\pi}{2}$). No entanto, nesse caso, o alcance na horizontal será nulo.

3.6 Tempo de queda ou tempo de voo

Todo projétil cai depois de decorrido um intervalo de tempo designado por tempo de voo (3.10), que é o tempo de duração da viagem do projétil. Para a escolha de referencial aqui utilizado, o tempo de voo é determinado a partir da condição:

$$y(t_v) = 0, \quad (3.27)$$

ou seja, nesse momento a coordenada y do projétil é nula, indicando que ele teria atingido o solo naquele exato instante. A condição acima nos leva a uma função do segundo grau para a determinação do tempo de voo. Esta função, fazendo $t_0 = 0$ em 3.16 é a seguinte:

$$y(t_v) = h + v_{0y}t_v - \frac{g}{2}t_v^2 \Rightarrow -\frac{g}{2}t_v^2 + v_{0y}t_v + h = 0 \quad (3.28)$$

A única solução aceitável para a equação acima, uma vez que esse tempo deve ser necessariamente positivo, é:

$$t = \frac{1}{g} [v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}] \Rightarrow$$

$$v = g(0y) = 0y$$

$$t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.29)$$

3.7 Alcance do projétil

Quando o projétil atinge o solo, suas coordenadas são dadas por:

$$x(t_v) = x_0 + v_{0x}t_v \quad (3.30)$$

$$y(t_v) = 0 \quad (3.31)$$

Assim, o valor da coordenada x no instante em que ele atinge o solo, levando-se em conta a expressão para o tempo de voo em 3.27, é dado por:

$$x(t_v) = x_0 + \frac{v_{0x}}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \Rightarrow$$

$$x(t_v) = x_0 + \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.32)$$

Denomina-se alcance do projétil (A), a diferença de coordenadas associada ao ponto de saída e seu ponto de chegada ao solo:

$$A \equiv x(t_v) - x_0 \quad (3.33)$$

Levando em consideração a equação anterior, determinamos a dependência do alcance com a altura da qual lançamos o projétil, o módulo da velocidade inicial e o ângulo de tiro. Assim, o alcance é dado por:

$$A \equiv x_0 + \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] - x_0 \Rightarrow$$

$$A \equiv \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.34)$$

Ao atingir o solo, o projétil tem velocidade tal que suas componentes são dadas por:

$$v_x(t_v) = v_0 \cos \theta \quad (3.35)$$

$$v_y(t_v) = v_{0y} - gt_v \Rightarrow v_y(t_v) = v_0 \sin \theta - v_0 \sin \theta - \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}$$

$$v_y(t_v) = -\sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh} \quad (3.36)$$

3.8 Caso particular do lançamento de projéteis

As equações obtidas até agora para as grandezas relevantes (tempo de voo, alcance e altura máxima de um projétil) são muito gerais. Para que possamos estudar casos mais simples e de interesse, vamos analisar a situação na qual o lançamento é feito a partir do solo. Nesse caso fazemos $h=0$ nas equações gerais para o tempo de voo, altura máxima e alcance.

3.8.1 Para o tempo ($h=0$)

$$t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \Rightarrow t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2g0}] \Rightarrow$$

$$\boxed{t_v = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}} \quad (3.37)$$

O tempo de voo é calculado fazendo duas vezes o valor de t_s , ou seja, o tempo usado para subir até a altura máxima é igual ao tempo necessário para descer. Então:

$$t_s = t_v / 2 \Rightarrow \boxed{t_s = \frac{v_0 \sin \theta}{g}} \quad (3.38)$$

3.8.2 Para a altura máxima ($h=0$)

Quando fazemos $h=0$ na expressão para altura máxima, encontramos:

$$h_{max} = h + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \Rightarrow h_{max} = 0 + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \Rightarrow$$

$$\boxed{h_{max} = \frac{(v_0)^2 \sin^2 \theta}{2g}} \quad (3.39)$$

3.8.3 Alcance ($h=0$)

Para um valor fixo de v_0 , o melhor é fazer uma boa escolha para o ângulo de tiro:

$$\begin{aligned} A(\theta) &= \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \Rightarrow \\ A(\theta) &= \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2g0}] \Rightarrow \\ A(\theta) &= \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2}] \Rightarrow \end{aligned}$$

$$A(\theta) = \frac{v_0^g \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + v_0 \sin \theta] \Rightarrow$$

$$A(\theta) = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} \Rightarrow$$

$$\boxed{A(\theta) = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}} \quad (3.40)$$

Podemos verificar que o valor máximo do alcance ocorrerá para o valor do ângulo para o qual a derivada do alcance, nesse valor, seja nula. Assim:

$$\boxed{\left. \frac{dA}{d\theta} \right|_{\theta=\theta_0} = \frac{v_0^2 \cos 2\theta}{g} = 0} \quad (3.41)$$

Da condição anterior, segue que o alcance máximo será obtido quando o ângulo de tiro for de 45° .

3.9 Lançamento de projéteis com resistência do ar

Consideremos agora um corpo de massa m sendo lançado com velocidade inicial v_0 formando com o plano horizontal um ângulo θ , em um local onde o módulo da aceleração da gravidade vale g . Suponhamos que o vento atue de forma sempre contrária sobre o corpo durante todo o tempo (ou seja, atue em sentido contrário ao do eixo x), com uma força f . Uma vez que a força f é horizontal, apenas o movimento na direção horizontal x será afetado pela mesma. Sendo f constante, na direção x o corpo realizará um movimento uniformemente variado. Admitindo que o corpo é lançado de uma altura $h=0$, o alcance será dado por:

$$A = v_{0x}t_v - \frac{a}{2}t_v^2 \quad (3.41)$$

Lembrando que $v_{0x} = v_0 \cos \theta$ e $a = f/m$, podemos reescrever a expressão do alcance como:

$$A = v_0 \cos \theta t_v - \frac{f}{2m}t_v^2 \quad (3.42)$$

Na vertical, o movimento do corpo também será uniformemente variado, com aceleração de módulo g . Assim, o tempo total de permanência no ar será expresso como:

$$t_v = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \quad (3.43)$$

Substituindo a expressão do tempo total ou tempo de voo na expressão do alcance (equação 3.42), obtém-se:

$$\begin{aligned}
A &= v_0 \cos \theta \left(\frac{2v_0 \sin \theta}{g} \right) - \frac{f}{2m} \left(\frac{2v_0 \sin \theta}{g} \right)^2 \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{4v_0^2 \sin^2 \theta f}{2mg^2} \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \theta f}{mg^2} \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta \sin \theta f}{mg^2 \cos \theta} \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta f}{mg^2} \operatorname{tg} \theta \Rightarrow \\
\mathbf{A} &= \frac{\mathbf{v_0^2 \cdot \sin 2\theta}}{\mathbf{g}} \left(\mathbf{1 - \frac{f}{mg} \cdot \operatorname{tg} \theta} \right) \quad (3.44)
\end{aligned}$$

Pela equação anterior podemos notar que, em relação ao caso da não existência da resistência do ar, houve uma redução no alcance e que agora ele depende também da massa do corpo e da influência do vento.

Por fim, o lançamento oblíquo, além de possuir inúmeras aplicações práticas, também fornece subsídios para o entendimento de muitos outros tópicos da física do ensino médio tais como: movimento uniforme, movimento uniformemente variado, composição de movimentos, princípio da independência de movimentos simultâneos, princípio da conservação da energia mecânica, princípio da conservação da quantidade de movimento, conceito de centro de gravidade etc.

4 O PhET INTERACTIVE SIMULATIONS

O PhET Interactive Simulation Project (Physics Teaching Technology) (PhET, 2010; WIEMAN, 2008; FILKENSTEIN, 2005) é uma iniciativa da Universidade do Colorado para fornecer pacotes de simulações para apoiar a Ciência (Física, Química, Matemática e Biologia) e auxiliar no modo como são ensinados e estudados. As simulações são ferramentas interativas que permitem aos usuários formular suas próprias perguntas para conectar fenômenos do mundo real com a Ciência básica.

PhET Interactive Simulations são laboratórios virtuais que simulam experimentos científicos. Este software foi desenvolvido pela Universidade do Colorado em Boulder (Universidade do Colorado) localizada nos EUA. É uma simulação de fenômenos físicos que facilita o aprendizado e o domínio dos tópicos pelo estudante, aumentando sua compreensão sobre o conteúdo da aula que está sendo ministrada na prática (SANTOS, ALVES e MORET, 2006). Usar este software é fácil, tudo que você precisa é de um computador conectado à internet. Assim, nesse contexto, Soares (2013) comentou:

Para ajudar os estudantes a compreender conceitos, as simulações PhET animam o que é invisível aos olhos através de gráficos e controles intuitivos tais como clicar e arrastar a manipulação, controles deslizantes e botões de rádio. Com a finalidade de incentivar ainda mais a exploração quantitativa, as simulações também oferecem instrumentos como réguas, cronômetros, voltímetros etc. À medida que o usuário manipula essas ferramentas virtuais interativas as respostas são imediatamente animadas, ilustrando, assim, efetivamente as relações de causa e efeito, bem como várias representações relacionadas (movimento dos objetos, gráficos etc.) (SOARES, 2013).

O PhET está disponível na Internet e é gratuito. Os ambientes de simulação disponíveis podem ser executados diretamente pela Internet ou a partir de pacotes de instalação (disponíveis para vários sistemas operacionais) que podem ser baixados e instalados em um computador local. As experiências aqui contidas são fundamentadas teoricamente e revisadas de forma periódica. Nesse contexto, Soares (2013) observou que “todas as simulações são cuidadosamente testadas e avaliadas para garantir a eficácia do treinamento e a utilidade do software”. Ainda sobre esse assunto, Arantes, Miranda e Studart (2010) argumentam:

O grupo PhET possui uma abordagem baseada em pesquisas, na qual todas as simulações são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas. As entrevistas com estudantes são fundamentais para o entendimento de como eles interagem com as simulações e o que as torna efetivas educacionalmente. (ARANTES, MIRANDA E STUDART, 2010).

O uso de software é, portanto, de grande benefício para professores que precisam usar experimentos para justificar e melhorar sua metodologia de ensino, que estão tentando conectar significado a conceitos físicos, conectá-los com a vida cotidiana dos estudantes e dar significado às teorias no trabalho. pode ser um recurso para os estudantes observarem que tudo o que estão aprendendo é evidente em seu dia a dia.

Essa forma de ensino é conhecida como aprendizagem significativa e, nesse contexto, Moreira (2001, p. 14) defende que a aprendizagem significativa ocorre quando novos materiais, ideias e informações que representam uma estrutura lógica interagem com conceitos adequados, abrangentes, claros e inclusivos disponíveis na estrutura cognitiva, apresentando relação com o conhecimento prévio do estudantes.

4.1 Formas variadas de utilização do PhET simulations como ferramenta educacional

Arantes, Miranda e Studart (2010) acreditam que o papel principal da simulação é ser uma ferramenta de ensino eficaz, podendo reforçar um bom currículo e bons esforços do professor. O propósito de usar métodos de ensino de simulação pode ser ajudar a introduzir novos tópicos, construir conceitos ou habilidades, reforçar ideias e fornecer reflexão e revisão final. As formas como os professores usam essas ferramentas podem ser muito diversas, incluindo ensino, trabalho em grupo em sala de aula, trabalho em casa ou em laboratório, conforme evidenciado pelo próprio grupo (WIEMAN, 2010).

Em sala de aula as simulações podem servir como demonstrações. A principal contribuição neste caso é a descrição de conceitos abstratos como fótons, elétrons, linhas de campo, etc. Algumas simulações também permitem que os professores desenhem gráficos em tempo real enquanto interagem com a simulação. Os professores são incentivados a propor questões preliminares para desenvolver conceitos alternativos de conteúdo relevante. À medida que os estudantes se familiarizam com a simulação, eles podem verificar suas respostas às perguntas anteriores e tirar conclusões usando as gravações das aulas (ARANTES, MIRANDA, & STUDART, 2010). De acordo com o PhET, em situações como as descritas acima, os estudantes veem grandes benefícios na sala de aula quando adotam o desenvolvimento de hipóteses e a construção de teorias ao lado de colegas e professores.

As simulações são melhor utilizadas em sala de aula em aulas em grupo. Os estudantes são incentivados a usar a simulação em pares diretamente na sala de aula. A ideia principal, neste caso, é apresentar às duplas de estudantes um roteiro estruturado que lhes permita explorar o fenômeno, explorando todas as potencialidades da simulação e todas as relações entre as variáveis do fenômeno (ARANTES, MIRANDA, e STUDART, 2010). De acordo com o grupo PhET, o objetivo desses scripts é incentivar os estudantes a explorar comportamentos simulados, questionar ideias e desenvolver modelos mentais apropriados.

No caso das tarefas de casa, a simulação serve como uma estratégia para que os estudantes possam reaprender a matéria que estudaram de forma independente ou de acordo com um cenário sugerido pelo professor. Também

pode ser usado para introduzir um novo tópico ou aprofundar algo discutido em aula, dando aos estudantes a oportunidade de explorar simulações após o ensino presencial (ARANTES, MIRANDA, & STUDART, 2010).

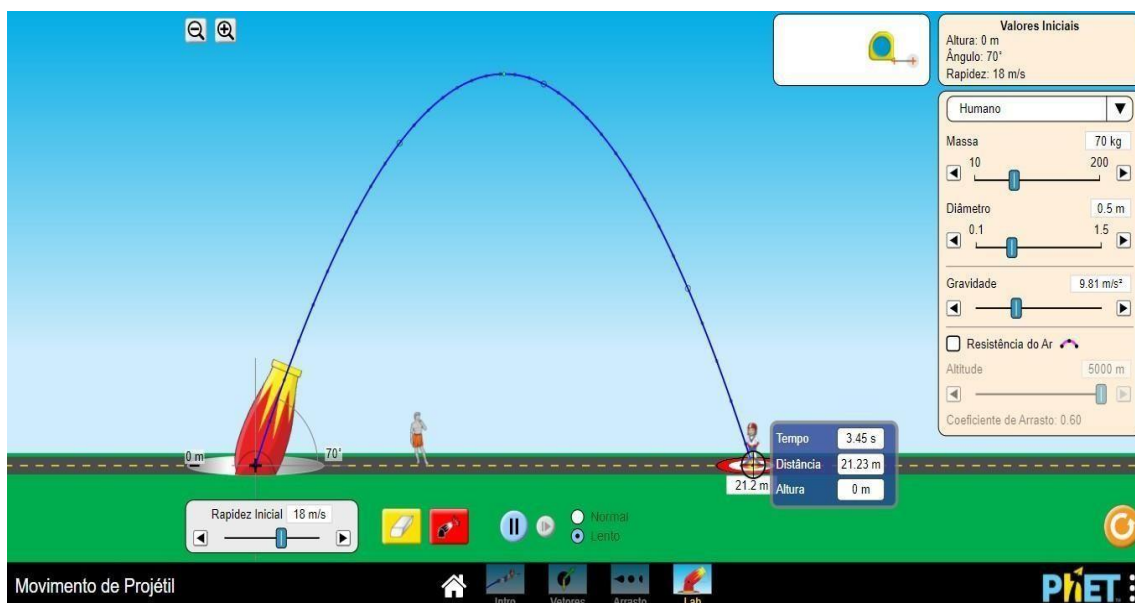
Na prática de laboratório, as simulações funcionam para reduzir as desvantagens. Isso porque a maioria das escolas brasileiras hoje não possui laboratórios suficientes para realizar atividades experimentais e sabe-se que a importância da realização de experimentos é inegável. No entanto, em simulações, muitas condições de contorno podem ser facilmente alteradas, os experimentos podem ser repetidos várias vezes e diferentes combinações de parâmetros podem ser estudadas (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010).

4.2 O simulador lançamento de projéteis

Para usar este simulador você precisa preparar alguns dados como tipo de objeto a ser lançado, ângulo, velocidade inicial (m/s), massa (kg) e diâmetro (m). A resistência do ar pode ser levada em conta para resultados mais precisos. Neste caso, o coeficiente de arrasto e a altura (m) devem ser fornecidos. Conhecendo todos os dados acima, obtemos o alcance (m), a altura (m) e o tempo (s) que o objeto leva para chegar ao seu destino.

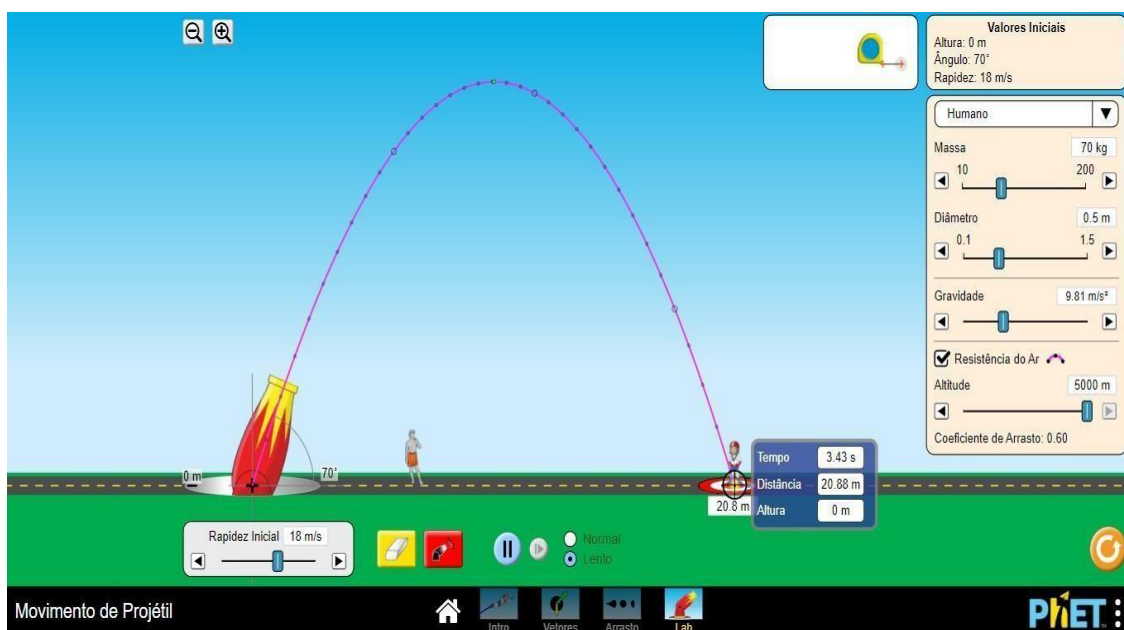
O alcance é maior se o objeto for lançado sem resistência do ar. Isso porque a altitude máxima atingida é maior, o que aumenta o tempo de voo. Quando lançado contra a resistência do ar, o objeto atingirá uma altitude menor e cairá antes de seu destino original, reduzindo o tempo de voo. Nas Figuras 1, 2 e 3, você pode ver que os valores originais não foram alterados.

Figura 1 – Lançamento de um homem bala sem a resistência do ar.



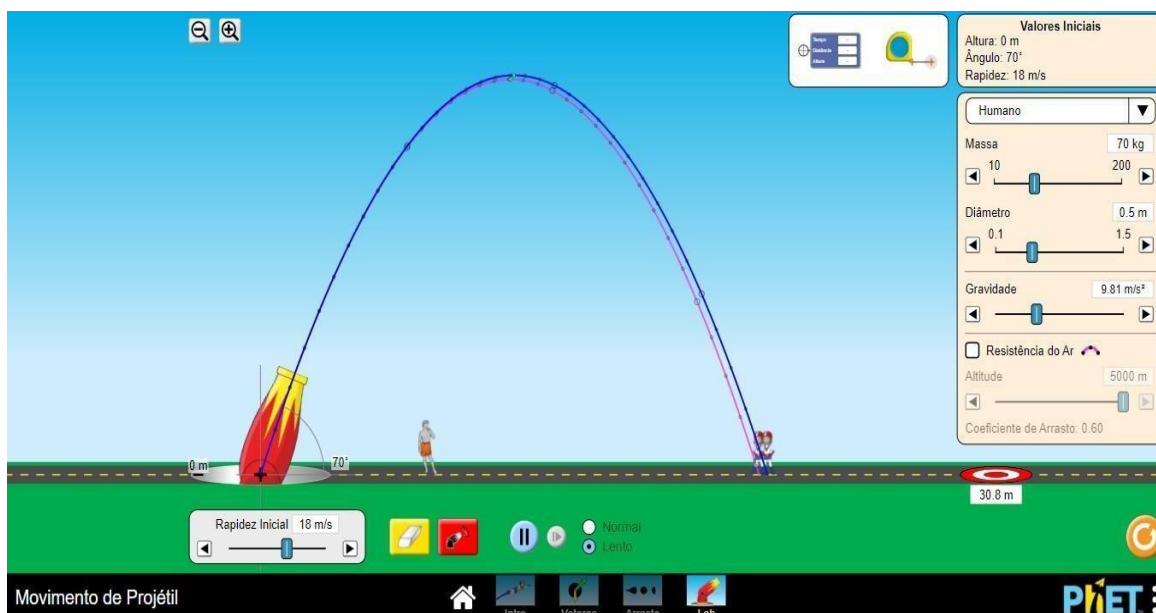
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Figura 2 – Lançamento de um homem bala com a resistência do ar.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

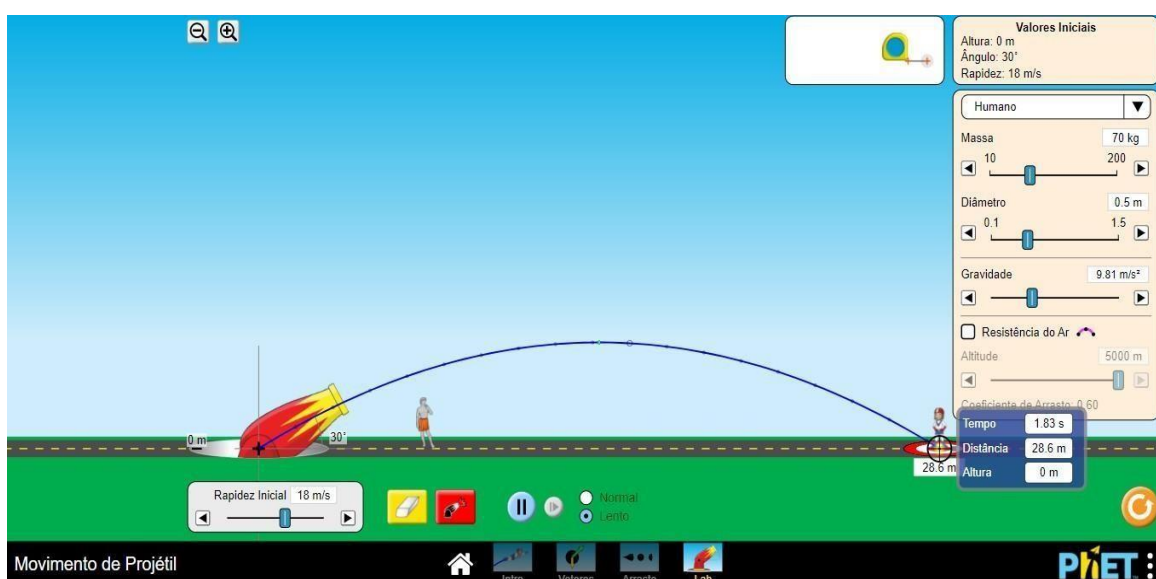
Figura 3 – Comparação do lançamento de um homem bala com e sem a resistência do ar.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

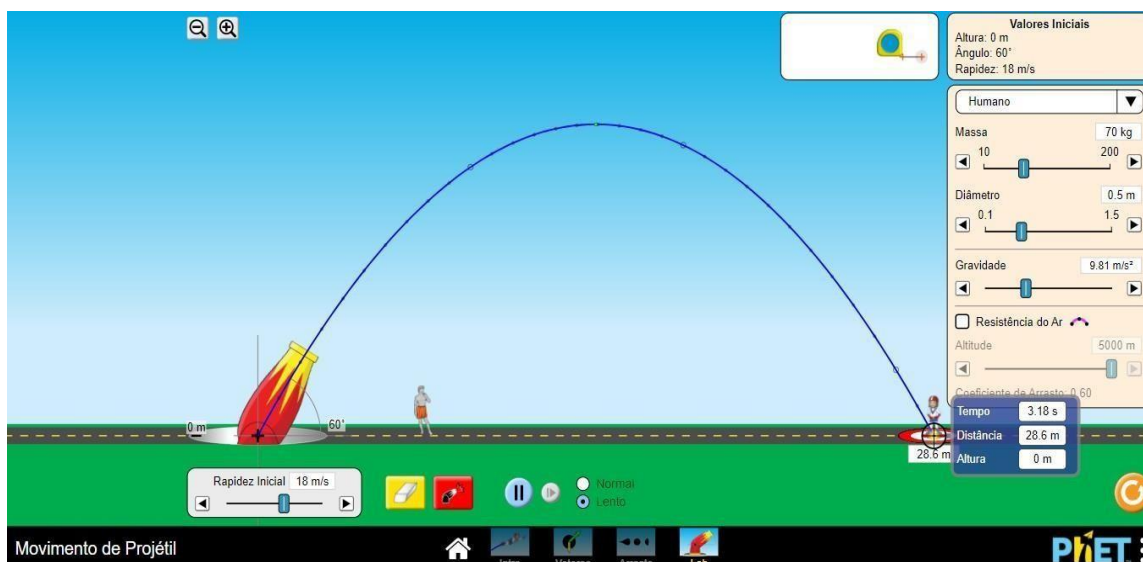
Em outras situações, como mostrado nas Figuras 4, 5 e 6, a velocidade inicial é definida, a opção "resistência do ar" não é selecionada e a trajetória do objeto é simulada com uma inclinação de 30 graus e 60 graus.

Figura 4 - Lançamento de uma bala de canhão sem a resistência do ar, com inclinação de 30 graus.



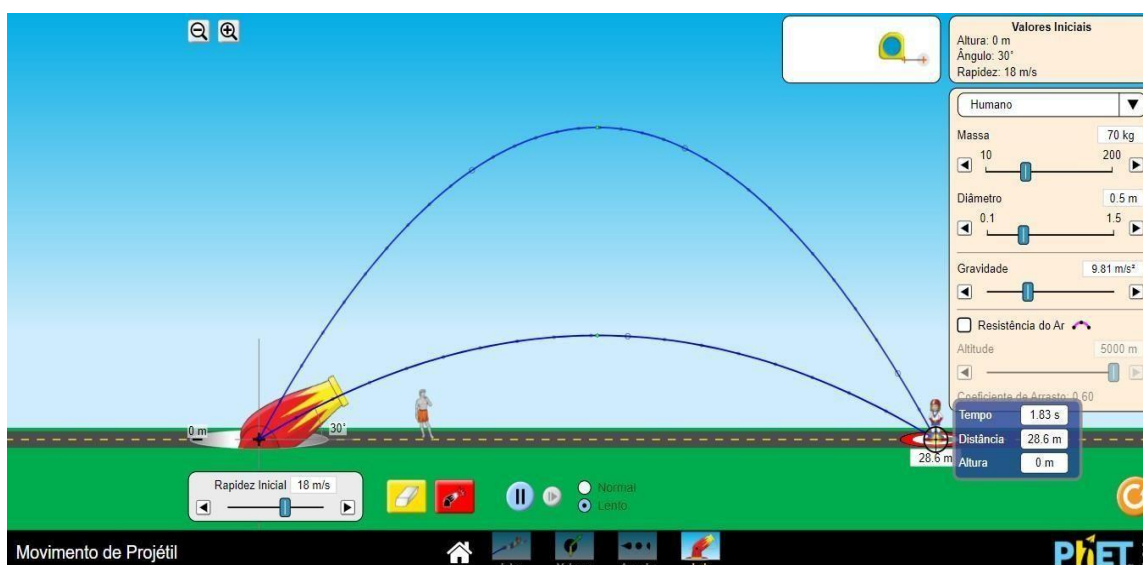
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Figura 5 - Lançamento de uma bala de canhão sem a resistência do ar, com inclinação de 60 graus.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Figura 6 – Comparação das trajetórias de uma bala de canhão lançada sem a resistência do ar e com inclinações de 30 e 60 graus.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Ao se mover, você pode observar que o corpo segue um caminho (trajetória) diferente, apesar de atingir a mesma distância. Isso ocorre quando os ângulos de lançamento são complementares ($\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$) e os coeficientes de velocidade

inicial são iguais. Essa trajetória é uma curva resultante de uma combinação dos movimentos como o retilíneo uniforme (eixo x) e o uniformemente variado (eixo y), de acordo com a velocidade inicial mínima para atravessar uma distância horizontal (x) em conformidade com o ângulo de tiro estabelecido. Esta curva é chamada de parábola ou curva parabólica. O alcance horizontal será máximo quando $\text{SEN}2\theta$ for o maior possível, ou seja, igual a 1, que corresponde exatamente a $2\theta = 90^\circ$ ou $\theta = 45^\circ$.

4.3 Funcionalidades do simulador lançamento de projéteis

O objetivo deste tópico é apresentá-lo aos recursos e ferramentas do programa de simulação interativa PhET e mostrar como manipular alguns dos principais recursos que você usará posteriormente. Esta imagem e texto são de uma simulação interativa PhET. As figuras e textos a seguir são do próprio PhET Interactive Simulations.



Figura 7 – Tela introdução.

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

Figura 8 – Tela vetores.

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

Figura 9 – Tela arrasto.

Tela Lab

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

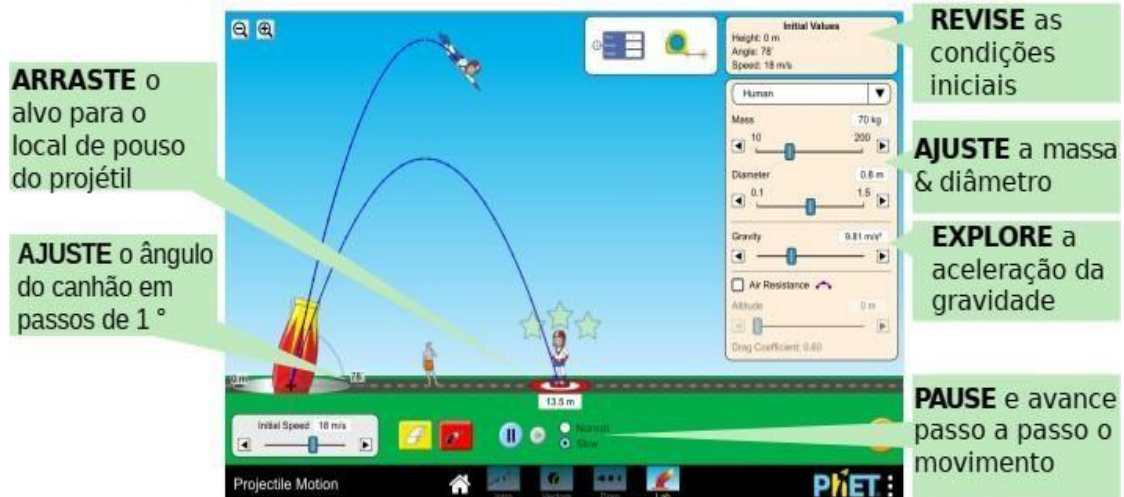


Figura 10 – Tela laboratório.

4.3.1 Simplificações do modelo

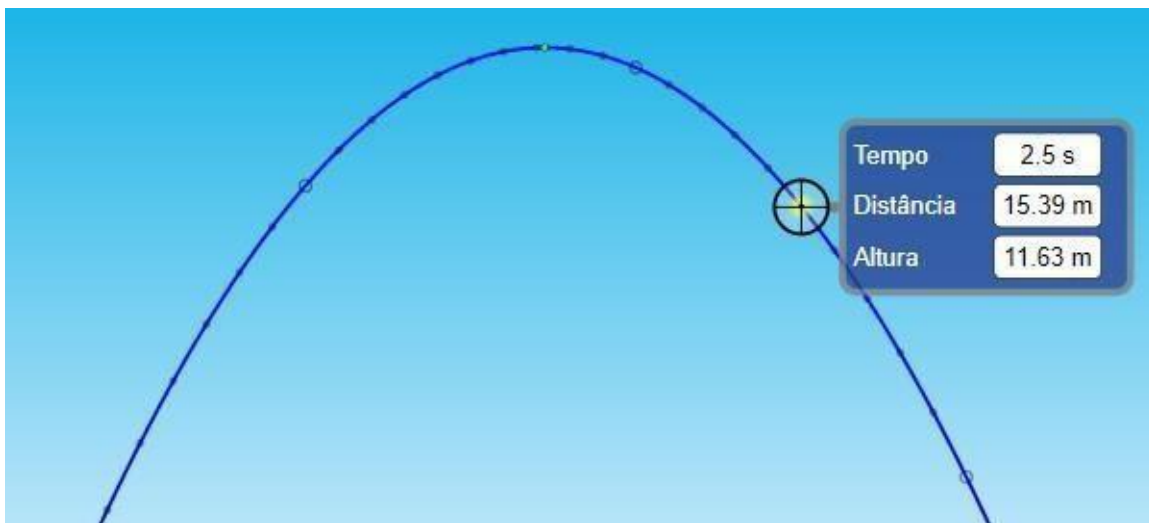
- O canhão tem mira (uma cruz preta) para marcar a localização inicial do projétil dentro do mesmo;
- Alterações na resistência do ar, altitude e aceleração da gravidade se aplicam imediatamente e afetarão todos os projéteis no meio do voo;
- Os vetores são desenhados a partir do centro da imagem, que 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 ($F \propto V^2$), que é válido no limite do número de Reynolds alto, apropriado para objetos macroscópicos como bolas de beisebol;
- O arrasto linear (Lei de Stokes) é válido apenas no limite do número de Reynolds muito baixo (como gotículas do tamanho de um 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, bola de 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, bola de futebol, obus) tenham a aerodinâmica ou distribuição de peso apropriada que leva a esse comportamento.

4.3.2 Controles complexos

Quando a simulação é pausada, até 3 balas podem ser disparadas simultaneamente. O dispositivo de rastreamento pode medir o tempo, a distância e a altura do projétil em qualquer ponto de sua trajetória. Pontos pretos são plotados em intervalos de 0,1 segundo e pontos verdes são picos de trajetória.

Figura 11 – Ferramenta de rastreamento com pontos pretos e verdes.



Os marcadores "personalizados" na tela do laboratório permitem que o usuário insira valores precisos para massa, diâmetro, aceleração gravitacional, altura e coeficiente de arrasto. A faixa aceitável para esse valor é exibida na parte superior do teclado.

Figura 12 – Ferramenta de personalização do corpo.

The interface is divided into two main sections. The top section, titled 'Valores Iniciais' (Initial Values), displays three parameters: 'Altura: 0 m' (Height), 'Ângulo: 70°' (Angle), and 'Rapidez: 18 m/s' (Speed). To the left of this section are two icons: a target with a crosshair and a yellow circular object with a red arrow. The bottom section, titled 'Personalizado' (Customized), features a dropdown menu set to 'Personalizado'. Below this, there are six rows of parameters, each with a text input field, a value, and a yellow edit icon (a pencil inside a square). The parameters are: 'Massa' (100 kg), 'Diâmetro' (1 m), 'Gravidade' (9.81 m/s²), 'Resistência do Ar' (checked with a purple arrow icon), 'Altitude' (5000 m), and 'Coeficiente de Arrasto' (0.98).

Valores Iniciais		
Altura:	0 m	
Ângulo:	70°	
Rapidez:	18 m/s	

Personalizado		
Massa	100 kg	[Edit]
Diâmetro	1 m	[Edit]
Gravidade	9.81 m/s ²	[Edit]
☒ Resistência do Ar		[Icon]
Altitude	5000 m	[Edit]
Coeficiente de Arrasto	0.98	[Edit]

4.3.3 Percepções de uso pelos estudantes

Os estudantes 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.

4.3.4 Exemplos de propostas de desafios

- Escolha uma variável e crie um experimento para determinar como ela afeta a trajetória do projétil;
- Avalie como as condições iniciais variáveis afetam a trajetória do projétil e explique o raciocínio;
- Identificar fatores que afetam a distância do projétil quando a resistência do ar está ativada e não afetam a distância do projétil quando a resistência do ar está desativada;
- Descrever o comportamento dos vetores velocidade e aceleração ao longo do tempo e o efeito da resistência do ar;

- Explique por que os pontos pretos no caminho da bala estão mais próximos uns dos outros no topo da trajetória e mais distantes perto do solo;
- Crie uma situação em que o projétil atinja a velocidade terminal.

4.4 Avaliação do software

Recursos educacionais: Este software é compatível com conteúdo de Física simulada. Ele atende ao seu propósito educacional porque fornece um aspecto motivador e oferece uma oportunidade de explorar o conteúdo de maneira mais interessante e consistente.

Facilidade de uso: O simulador é um software fácil de entender e aprender, e tem bom desempenho, portanto não há problemas de usabilidade.

Características da Interface: Interface agradável com fácil localização e cores amigáveis.

Customização: O software fornece todos os recursos necessários para entender o conceito de lançamento de um projétil.

Documentação: Sem documentação.

Portabilidade: Por ser um software baseado na web, tudo o que você precisa para executá-lo é um bom navegador. O simulador foi testado em 5 navegadores: Opera, Google Chrome, Internet Explorer, Mozilla Firefox e Safari. Funciona bem no Google Chrome e no Internet Explorer.

Navegadores: Você precisa instalar o Adobe Flash Player para usar este simulador no Opera, Mozilla Firefox e Safari.

Retorno do investimento: Freeware.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa-PT, Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning.** New York: Grune and Stratton, 1963.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas. **Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, 2013. Disponível em: http://www.cid.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1490483223.pdf

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9–29, 2010. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944>

NOVAK, J. D. Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. **Journal of e-Learning and Knowledge Society**, v. 6, n. 3, p.21-30, 2010. Disponível em: http://www.proiac.uff.br/sites/default/files/documentos/novak_j.d.pdf

BRAGA, A. S.; Killner, G. I.; ARAUJO, F. G. **O uso de simuladores computacionais como recurso didático nas aulas de física: antes ou depois?** In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos. Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/programa/trabalhos.asp?sesId=87#>

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Nº 9.394/96.** Brasília, DF, 20 dez. 1996. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br>

MORAN, José Manuel. **Ensino e Aprendizagem Inovadores com tecnologias.** In: Informática na Educação: Teoria & Prática. Porto Alegre, vol. 3, n.1 (set. 2000) UFRGS. Programa de Pós-graduação em Informática na Educação, pág. 137-144. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/6474>

Chaves EOC. O Uso de Computadores em Escolas: Fundamentos e Críticas [internet]. São Paulo: Scipione; 1988. Disponível em http://www.ich.pucminas.br/pged/db/wq/wq1/local/ec_scipione.htm

SCHNEIDER, Wanderson Pereira. **Uma Sequência Didática Para Cinemática Escalar, Usando Experimento E Simulação Computacional.** 2017.91 f.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

SCHWEDER, Sabine. **Uso de simuladores em atividades de laboratório de Física Moderna: Análise de sua contribuição para o ensino e aprendizagem na modalidade de Educação à Distância**. 2015. 138 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2015.

APÊNDICE B

AULA EXPOSITIVA



SUMÁRIO

- Objetivos;
- Situação inicial;
- Situação – problema inicial;
- Verificação;
- Introdução aos lançamentos;
- Parâmetros nos lançamentos;
- Equações básicas do movimento;
- Lançamentos horizontal e vertical;
- Referências.

OBJETIVOS

Promover a aprendizagem de conceitos relacionados aos movimentos vertical, horizontal e oblíquo em escolas secundárias.

SITUAÇÃO INICIAL

O lançamento oblíquo é um tipo de movimento em duas dimensões em que um objeto é lançado com um ângulo em relação à horizontal. Ele combina um movimento horizontal constante com um movimento vertical influenciado pela gravidade.

Esse tipo de lançamento é comumente observado em várias situações do dia a dia, como arremessos em esportes, projéteis em balística e até mesmo nos movimentos de alguns animais.

SITUAÇÃO INICIAL

Agora, gostaria de ouvir suas impressões sobre o que é o movimento em duas dimensões.

Como você descreveria esse tipo de movimento?

Quais características você acredita que o distinguem do movimento em uma dimensão?

SITUAÇÃO INICIAL

Vamos continuar nossa discussão abordando os lançamentos horizontais e verticais.

Nos lançamentos horizontais, a velocidade inicial do objeto é totalmente horizontal, o que significa que não há componente vertical envolvida no movimento inicial. Como consequência, o objeto percorre uma trajetória completamente horizontal, deslocando-se a uma velocidade constante ao longo do tempo, sob a influência mínima da aceleração gravitacional.

SITUAÇÃO INICIAL

Vamos continuar nossa discussão abordando os lançamentos horizontais e verticais.

Por outro lado, nos lançamentos verticais, a velocidade inicial do objeto é totalmente vertical, apontando para cima ou para baixo. Nesses casos, a aceleração gravitacional afeta diretamente o movimento vertical do objeto.

SITUAÇÃO INICIAL

Vamos continuar nossa discussão abordando os lançamentos horizontais e verticais.

Por outro lado, nos lançamentos verticais, a velocidade inicial do objeto é totalmente vertical, apontando para cima ou para baixo. Nesses casos, a aceleração gravitacional afeta diretamente o movimento vertical do objeto.

O objeto lançado para cima é desacelerado até atingir sua altura máxima e, em seguida, acelerado em direção ao solo. Já o objeto lançado para baixo é acelerado durante todo o tempo, devido à influência da gravidade, aumentando sua velocidade vertical à medida que cai.

SITUAÇÃO INICIAL

Agora, vamos abordar o lançamento oblíquo. Nesse tipo de lançamento, o objeto é lançado em um ângulo em relação à horizontal, combinando um movimento horizontal constante com um movimento vertical influenciado pela gravidade.

O efeito da aceleração gravitacional faz com que o objeto siga uma trajetória parabólica. A distância percorrida pelo objeto, tanto na direção horizontal quanto na vertical, é afetada pelo ângulo de lançamento, pela velocidade inicial e pela aceleração gravitacional.

SITUAÇÃO INICIAL

Peço a vocês que pensem em algumas situações em que um lançamento oblíquo ocorre.

Quais exemplos vocês podem citar?

E como vocês acham que seria possível lançar um objeto o mais longe possível, considerando um lançamento oblíquo?

SITUAÇÃO INICIAL

Essa discussão inicial nos permitiu entender melhor o que é o lançamento oblíquo e suas características.

Nas próximas etapas, exploraremos com mais detalhes as fórmulas e os cálculos envolvidos nesse tipo de movimento, além de realizar experimentos práticos e analisar exemplos reais de lançamentos oblíquos.

SITUAÇÃO – PROBLEMA INICIAL

Vamos utilizar o que já foi exposto para aumentar nossa percepção quanto aos movimentos vertical, horizontal e oblíquo. Assim, pensem um pouco sobre as seguintes questões:

1. Considerando os movimentos anteriores, quais são as diferenças entre eles?
2. Qual é a lógica destes movimentos e a quem se atribui?
3. Como você pode aplicar os movimentos acima em sua vida diária? Cite alguns exemplos.

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

1. Movimento Uniforme (M.U): O movimento uniforme ocorre quando um objeto se desloca em uma trajetória com velocidade constante ao longo do tempo. Nesse tipo de movimento, a velocidade é escalar (apenas um valor numérico) e não há aceleração.

Exemplo: Um carro percorrendo uma estrada em linha reta a uma velocidade constante de 60 km/h.

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 7: **Movimento**

Seção 2: **Movimento retilíneo uniforme**

Prof. Anderson Coser Gaudio

Depto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

2. Movimento Uniformemente Variado (M.U.V): O movimento uniformemente variado ocorre quando um objeto se desloca em uma trajetória com aceleração constante. Nesse caso, a velocidade varia uniformemente ao longo do tempo. A aceleração pode ser positiva (aceleração) ou negativa (desaceleração).

Exemplo: Um objeto caindo livremente sob a ação da gravidade, no qual a aceleração é constante e igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 6: **Aceleração**

Seção 2: **Um exemplo de aceleração**

Prof. Anderson Coser Gaudio

Depto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 6: **Aceleração**

Seção 5: **Aceleração da gravidade**

Prof. Anderson Coser Gaudio

Depto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

3. Grandezas Vetoriais e Escalares: As grandezas vetoriais possuem magnitude (valor numérico) e direção. Alguns exemplos são: velocidade, deslocamento e força. Por outro lado, as grandezas escalares possuem apenas magnitude, sem uma direção específica. Exemplos de grandezas escalares são: tempo, massa e temperatura.

Exemplo: Velocidade é uma grandeza vetorial, pois envolve tanto a magnitude (valor numérico) quanto a direção (por exemplo, 30 km/h para o leste).

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 3: Fundamentos Matemáticos
Seção 2: Grandezas Escalares e Vetoriais

Prof. Anderson Coser Gaudio
Deppto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

4. Decomposição Vetorial: A decomposição vetorial é o processo de dividir um vetor em suas componentes ao longo de diferentes eixos. Isso nos permite tratar o movimento em duas dimensões separadamente (horizontal e vertical).

Exemplo: Ao lançar um objeto em um ângulo, podemos decompor o vetor de velocidade inicial em suas componentes horizontal e vertical.

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

5. Trigonometria: A trigonometria é uma ferramenta matemática essencial para a análise de movimentos em duas dimensões. Ela estuda as relações entre ângulos e os lados de triângulos.

Exemplo: Ao decompor um vetor em suas componentes horizontal e vertical, podemos usar as relações trigonométricas para determinar os valores dessas componentes.

VERIFICAÇÃO

Agora, vamos aplicar esses conceitos em alguns exemplos simples para que vocês possam compreender melhor como eles são utilizados na prática. Vamos trabalhar juntos nesses exemplos para fortalecer a compreensão dos tópicos mencionados.

VERIFICAÇÃO

1. Uma pessoa está dirigindo seu carro em uma estrada reta e plana, mantendo uma velocidade constante de 80 km/h. Com base nos conhecimentos sobre Movimento Uniforme, responda às seguintes questões:

- O que significa dizer que o movimento é uniforme?
- Quais são as características desse tipo de movimento?
- Se o carro percorrer uma distância de 200 km a uma velocidade constante de 80 km/h, qual será o tempo total de viagem?
- Durante o percurso, a velocidade do carro pode variar? Justifique sua resposta.

VERIFICAÇÃO

Nota:

É importante destacar que, no mundo real, podem ocorrer pequenas variações na velocidade de um objeto em um movimento uniforme devido a fatores como atrito e irregularidades na superfície, mas, em um contexto idealizado, consideramos a velocidade constante.

VERIFICAÇÃO

2. Um objeto é lançado verticalmente para cima a partir do solo, em um local onde a aceleração da gravidade é de $9,8 \text{ m/s}^2$. Com base nos conhecimentos sobre Movimento Uniformemente Variado, responda às seguintes questões:

- O que caracteriza o movimento uniformemente variado?
- Quais são as principais características desse tipo de movimento?
- Considerando que o objeto atinge uma altura máxima e depois retorna ao solo, qual é o valor da velocidade do objeto ao atingir a altura máxima?
- Explique a relação entre a aceleração da gravidade e o movimento do objeto durante a subida e a descida.

VERIFICAÇÃO

Nota:

É importante ressaltar que, em um contexto idealizado, consideramos que a resistência do ar é desprezível. Em situações reais, outros fatores podem influenciar o movimento, mas para esse exercício, consideraremos apenas a aceleração da gravidade constante.

VERIFICAÇÃO

3. Explique a diferença entre grandezas vetoriais e grandezas escalares, dando exemplos de cada uma delas e explicando como elas são representadas.

VERIFICAÇÃO

4. Explique o conceito de decomposição de vetores e como ela pode ser realizada. Utilize um exemplo prático para ilustrar o processo de decomposição.

VERIFICAÇÃO

Nota:

A decomposição de vetores é essencial para entender o comportamento de vetores em diferentes direções, facilitando a análise de sistemas complexos. Ela nos permite separar as influências de um vetor em cada uma das direções, fornecendo uma visão mais clara e precisa dos fenômenos envolvidos.

INTRODUÇÃO AOS LANÇAMENTOS

LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

O lançamento de projéteis refere-se ao ato de impulsionar um objeto no ar usando uma força inicial, com o objetivo de projetá-lo em uma trajetória específica. Esses objetos, conhecidos como projéteis, podem incluir uma variedade de itens, como balas, foguetes, mísseis, pedras ou até mesmo objetos lançados manualmente, como bolas ou dardos.

O lançamento de projéteis é um conceito importante em várias áreas, como física, engenharia e balística. Ele envolve princípios fundamentais, como a aplicação de uma força inicial ou impulso no objeto e o estudo das leis do movimento, como a lei da inércia de Newton e a lei da conservação do momento.

É um comportamento físico definido por condições iniciais, as quais são dadas por:

- Módulo da velocidade inicial v_0 ;
- Ângulo inicial θ_0 ou ângulo de tiro.

INTRODUÇÃO AOS LANÇAMENTOS

COMPORTAMENTO FÍSICO

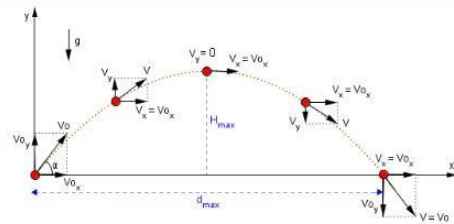
Se manifesta como trajetória parabólica. Essa trajetória é determinada por vários fatores, incluindo a velocidade inicial do lançamento, o ângulo de lançamento, a resistência do ar e a presença de outras forças externas, como a gravidade. Esses fatores podem afetar a altura atingida pelo projétil, a distância percorrida e sua precisão.

Caso seja desenhado no sistema de coordenadas cartesianas ortogonais, teremos:

- No eixo X o movimento será Retilíneo e Uniforme (M.R.U);
- No eixo Y o movimento será Retilíneo Uniformemente Variado (M.R.U.V). Aqui, o movimento sofre influência da aceleração da gravidade.

Este comportamento físico é modelado por equações matemáticas, as quais envolvem constantes como a gravidade e variáveis como o tempo.

INTRODUÇÃO AOS LANÇAMENTOS



PARÂMETROS NOS LANÇAMENTOS

1. FORÇA

Levando-se em consideração que a gravidade aponta sempre para o interior da terra, desprezando a força de resistência do ar e tendo em vista a escolha do referencial, a expressão para a força agindo sobre o projétil é dada por:

$$\vec{F} = -(mg)\vec{j}$$

PARÂMETROS NOS LANÇAMENTOS

2. TEMPO NO MOVIMENTO

Após o lançamento do projétil ocorrem dois acontecimentos importantes:

- O primeiro acontecimento importante, e que vale a pena destacar, é que depois de decorrido um instante de tempo desde o lançamento, o projétil atinge uma altura máxima a partir da qual tem início o seu movimento de queda;
- O segundo (que ocorre sempre) é a queda do mesmo. Seja t_q o instante de tempo no qual ocorre a queda do projétil, o tempo de voo (t_v) é definido como o tempo no qual ele esteve viajando. É dado pela diferença entre os instantes de tempo de queda e do lançamento:

$$t_v = t_q - t_0$$

Durante o tempo de percurso ou tempo de voo, o projétil percorre uma distância horizontal conhecida como alcance (A).

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

1. VELOCIDADES v_x e v_y DO PROJÉTEL

O movimento do projétil pode ser estudado como a composição de dois movimentos, um na direção do eixo x e outro na direção do eixo y. Como não existe aceleração na direção do eixo x, dizemos que o movimento é uniforme neste eixo e escrevemos:

$$x = x_0 + v_{0x}t_v$$

onde x_0 é a coordenada inicial (no tempo $t = t_0$) e v_{0x} é a componente da velocidade inicial ao longo do eixo x. A componente da velocidade no eixo x é constante e dada por:

$$v_x = v_{0x}$$

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

1. VELOCIDADES v_x e v_y DO PROJÉTEL

Ao longo do eixo y, a aceleração é constante e dada pela aceleração da gravidade. O movimento no eixo y é, portanto, uniformemente variado e, para a orientação de eixos considerada, escrevemos para a componente da velocidade a expressão:

$$v_y = v_{0y} - gt_v$$

onde v_{0y} é a componente vertical da velocidade inicial.

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

2. POSIÇÃO DO PROJÉTIL

Para definirmos a posição (x,y) em um instante qualquer de tempo, basta determinarmos cada uma das variáveis x e y. Estas coordenadas, por sua vez, são dadas para um tempo, a partir do lançamento, pelas expressões:

$$x = x_0 + v_{0x}t_v$$

$$y = y_0 + v_{0y}t_v - \frac{g}{2}(t_v)^2$$

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

3. TRAJETÓRIA DO PROJÉTIL

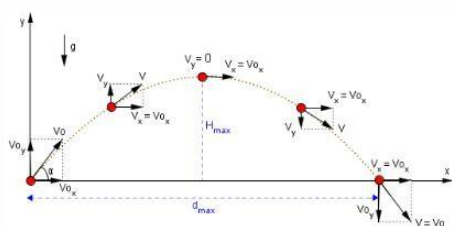
Determinemos agora a trajetória da partícula. Para tal, escrevemos o tempo como sendo dependente da coordenada x, como a seguir:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_v) \Rightarrow t_v = \frac{x}{v_{0x}}$$

substituindo a expressão acima na do eixo y encontramos a equação da trajetória:

$$y = y_0 + v_{0y}\left(\frac{x}{v_{0x}}\right) - \frac{g}{2}\left(\frac{x}{v_{0x}}\right)^2$$

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO



EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

1. Um índio dispara uma flecha obliquamente. Sendo a resistência do ar desprezível, a flecha descreve uma parábola num referencial fixo ao solo. Considerando o movimento da flecha depois que ela abandona o arco, afirma-se:

- A flecha tem aceleração mínima, em módulo, no ponto mais alto da trajetória.
- A flecha tem aceleração sempre na mesma direção e no mesmo sentido.
- A flecha atinge a velocidade máxima, em módulo, no ponto mais alto da trajetória.

Está (ão) correta (s):

- apenas I
- apenas I e II
- apenas II
- apenas III
- I, II e III

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

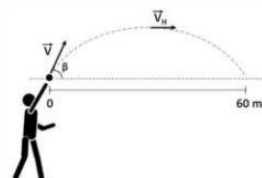
2. Marque a alternativa incorreta a respeito do lançamento oblíquo.

- O ângulo que fornecerá o maior alcance horizontal possível é o de 45°;
- Ao chegar na altura máxima a componente vertical da velocidade do móvel é nula;
- A componente horizontal da velocidade mantém-se inalterada, uma vez que no eixo x o movimento é classificado como retilíneo e uniforme;
- A componente vertical da velocidade diminui desde o solo até se tornar nula na altura máxima, o que classifica o movimento como sendo acelerado;
- A componente horizontal da velocidade pode ser determinada pelo produto da velocidade do objeto com o cosseno do ângulo com o qual o corpo abandona o solo.

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

2. Em um jogo de futebol, o goleiro, para aproveitar um contra-ataque, arremessa a bola no sentido do campo adversário. Ela percorre, então, uma trajetória parabólica, conforme representado na figura, em 4 segundos.



EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

Desprezando a resistência do ar e com base nas informações apresentadas, podemos concluir que os módulos da velocidade V_0 , de lançamento, e da velocidade V_H , na altura máxima, são, em metros por segundos, iguais a, respectivamente,

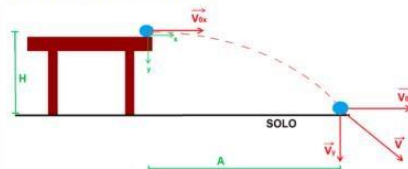
Dados: $\sin\beta = 0,8$; $\cos\beta = 0,6$.

- a) 15 e 25
- b) 15 e 50
- c) 25 e 15
- d) 25 e 25
- e) 25 e 50

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

1. LANÇAMENTO HORIZONTAL

Imagine o movimento de uma bola desde o momento em que é lançada de uma mesa até cair no chão. No momento em que ela abandona a mesa, executa uma trajetória curvilínea até tocar o solo. Esse tipo de movimento é denominado lançamento horizontal e ocorre quando o objeto, inicialmente com uma velocidade na horizontal, é lançado a determinada altura.

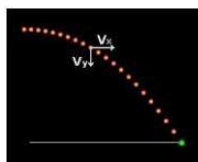


Na figura acima, vemos que, ao abandonar a mesa, a bola inicia um movimento de queda livre por causa da ação da força da gravidade.

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

1. LANÇAMENTO HORIZONTAL

Assim, podemos concluir que um objeto lançado horizontalmente possui duas velocidades: uma orientada na horizontal e outra na vertical, conforme é representado na figura a seguir.

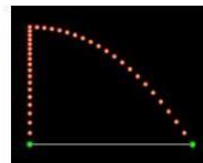


A velocidade na horizontal é constante durante todo o movimento, pelo fato de o objeto executar um movimento retilíneo uniforme. Na vertical, à medida que o objeto cai, sua velocidade torna-se cada vez maior por causa da aceleração da gravidade. Por isso, no eixo y, o movimento é retilíneo e uniformemente variado.

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

1. LANÇAMENTO HORIZONTAL

Se, no exato instante em que a bola abandona a mesa com uma determinada velocidade horizontal, um outro objeto for abandonado verticalmente, de modo que execute um movimento de queda livre, os dois corpos tocarão o solo ao mesmo tempo, como podemos verificar na imagem a seguir.

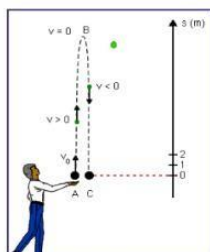


Isso acontece porque os dois objetos são lançados na mesma altura e executam um mesmo movimento na vertical, portanto, possuem o mesmo tempo de queda.

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

2. LANÇAMENTO VERTICAL

O lançamento vertical é um tipo de movimento no qual um objeto é projetado verticalmente para cima e retorna ao solo sob a influência da gravidade. É caracterizado pelo lançamento de um objeto com uma velocidade inicial verticalmente para cima e sua subsequente trajetória descendente.



LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

2. LANÇAMENTO VERTICAL

É importante observar que no lançamento vertical não há influência do movimento horizontal, ou seja, a trajetória do objeto ocorre exclusivamente ao longo do eixo vertical e, para este lançamento, são válidas todas as equações do Movimento Uniformemente Variado (MUV).

Além disso, no lançamento vertical, não são considerados outros fatores, como resistência do ar ou efeitos da rotação da Terra, que podem afetar a trajetória em situações reais.

REFERÊNCIAS

1. YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física I: Mecânica. São Paulo: Pearson, 2010. Movimento de projéteis.
2. Júnior, Joab Silas da Silva. "Lançamento oblíquo"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/lançamento-obliquo.htm>.
3. Métodos Computacionais no Ensino da Física. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/Modellus/Modellusl_tabela.htm.
4. ROCHA, A. R.; CAMPOS, G. H. B. Avaliação da Qualidade de Software Educacional. *Em Aberto*, Brasília, ano 12, n. 57, jan/mar 1993.

Obrigado!

APÊNDICE C

REVISÃO SOBRE LANÇAMENTOS

1. Imagine que você e seus amigos estão participando de uma competição de lançamento oblíquo na escola. O objetivo é lançar um objeto o mais longe possível. Vocês têm à disposição bolas de tênis, uma rampa inclinada e um cronômetro para medir o tempo de voo. As medidas do local de lançamento e a aceleração gravitacional são conhecidas. Vocês precisam planejar o lançamento para maximizar a distância percorrida pelo objeto. Utilize os conhecimentos sobre lançamento oblíquo e responda as questões seguintes:

a) Qual ângulo de lançamento vocês devem escolher para maximizar a distância percorrida pelo objeto? Justifique sua resposta.

b) O que aconteceria se vocês aumentassem a velocidade inicial do objeto? Isso teria algum impacto na distância percorrida? Explique.

c) Além do ângulo de lançamento, velocidade inicial e aceleração gravitacional, que outros fatores vocês acreditam que possam afetar a distância percorrida pelo objeto no lançamento oblíquo? Dê pelo menos dois exemplos e explique como eles poderiam influenciar o resultado.

2. Você e seus amigos estão competindo em um desafio de lançamento horizontal de dardos. O objetivo é lançar o dardo o mais longe possível em um campo aberto. Vocês têm à disposição uma catapulta e dardos de tamanho padrão. Considere as seguintes informações:

- Distância horizontal entre o ponto de lançamento e o alvo: 50 metros.

- Aceleração gravitacional: $9,8 \text{ m/s}^2$.

Questões:

a) Explique o que é um lançamento horizontal e como ele difere de um lançamento vertical.

b) Considerando que o dardo é lançado horizontalmente com uma velocidade inicial de 20 m/s , qual é o tempo de voo do dardo até atingir o solo? Apresente os cálculos e explique sua resposta.

3. Você está participando de um experimento de lançamento vertical de uma pequena bola. O objetivo é analisar o movimento da bola durante sua subida e descida. Considere as seguintes informações:

- Altura máxima atingida pela bola: 10 metros.
- Aceleração gravitacional: $9,8 \text{ m/s}^2$.

Questões:

a) Explique o que é um lançamento vertical e como ele difere de um lançamento horizontal.

b) Se o tempo total de voo da bola, desde o lançamento até atingir o solo novamente, é de 2 segundos, qual é a velocidade com que a bola atinge o solo? Apresente os cálculos e explique sua resposta.

APÊNDICE D

Avaliação da UEPS

Questão 1:

Explique o que é um lançamento oblíquo e quais são as principais características desse tipo de movimento. Dê um exemplo de situação prática em que ocorra um lançamento oblíquo.

Questão 2:

Considere uma pedra sendo lançada horizontalmente do alto de um edifício de 180 m de altura, em um local onde o módulo da aceleração da gravidade é igual a 10 m/s^2 e tendo um alcance horizontal igual a 10 m. Nessas condições, conclui-se que a velocidade com que a pedra foi lançada, em m/s, é igual a:

Questão 3:

Explique o que é um lançamento horizontal e quais são as características desse tipo de movimento em relação à trajetória e velocidade do objeto lançado.

Questão 4:

Descreva uma situação prática em que ocorra um lançamento horizontal. Explique como a velocidade inicial e a aceleração gravitacional influenciam o movimento do objeto.

Questão 5:

Explique o que é um lançamento vertical e quais são as principais características desse tipo de movimento em relação à trajetória e velocidade do objeto lançado.

Questão 6:

Descreva como a aceleração gravitacional afeta o movimento em um lançamento vertical. Qual é o valor da aceleração gravitacional?

Questão 7:

Compare os lançamentos oblíquo, horizontal e vertical em relação à trajetória, velocidade inicial e influência da aceleração gravitacional. Dê um exemplo de aplicação prática para cada tipo de lançamento.

Questão 8:

Cite duas situações práticas do cotidiano em que os conhecimentos sobre lançamentos oblíquo, horizontal ou vertical sejam importantes. Explique como esses conhecimentos são aplicados nessas situações.

Questão 9:

Explique o que significa dizer que um movimento ocorre em duas dimensões. Quais são as principais características desse tipo de movimento?

Questão 10:

Explique a importância do estudo dos lançamentos oblíquo, horizontal e vertical na física e como esses conceitos podem ser aplicados em diferentes áreas do conhecimento.
