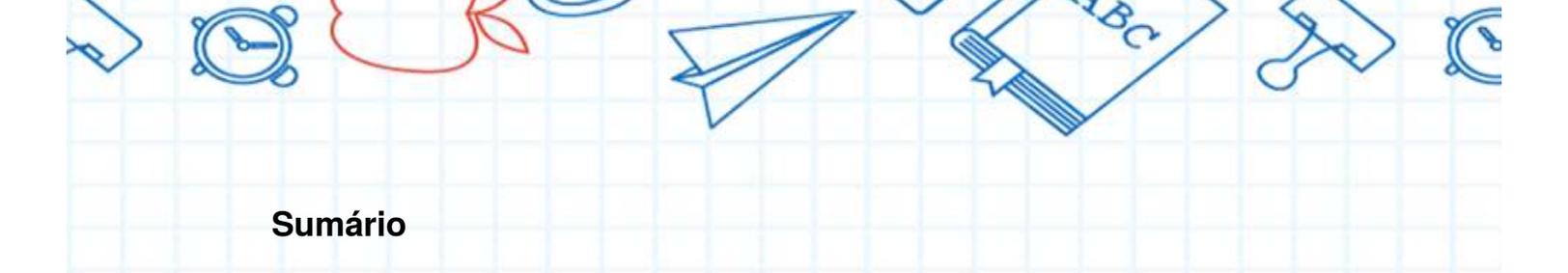


**ESTUDO DO MOVIMENTO DE PROJÉTEIS ATRAVÉS DE METODOLOGIA
ATIVA: UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA BASEADA EM SEQUÊNCIA
DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Epifânio Augusto Galan

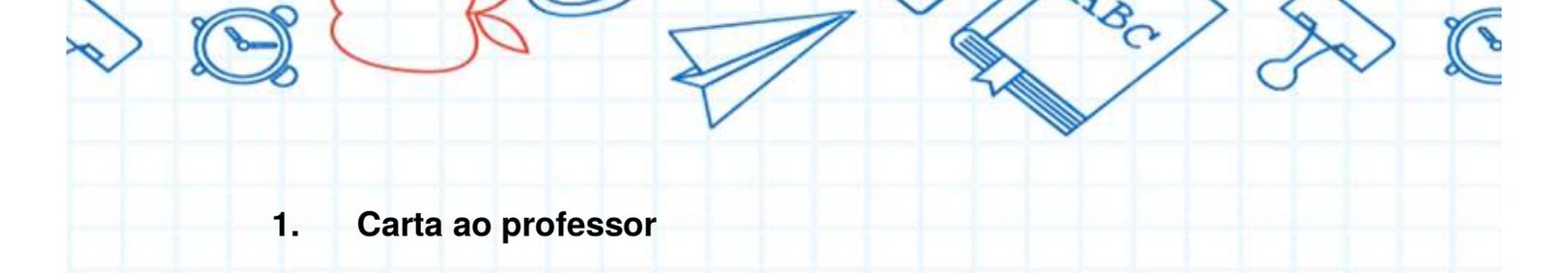
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Santo André, 2021



Sumário

1. Carta ao professor	3
2. Introdução: A elaboração da nossa SEI a partir da ideia de atividade de estudo de Davidov	4
3. A SEI em 7 momentos: aplicação em sala de aula	8
3.1 1º Momento: Queda livre (concepções prévias).	12
3.2 2º Momento: Determinando a aceleração da gravidade local	15
3.3 3º Momento: Lançamento vertical para cima	22
3.4 4º Momento: Lançamento vertical para baixo	33
3.5 5º Momento: Avaliação quantitativa	40
3.6 6º Momento: Lançamento oblíquo	49
3.7 7º Momento: Avaliação qualitativa	61
4. Referências bibliográficas	64



1. Carta ao professor

Prezado(a) professor(a),

É com enorme satisfação e orgulho que este material instrucional é apresentado.

Sua elaboração é uma exigência do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física para aquisição do grau de mestre em Ensino de Física e é fruto de um trabalho que durou três anos, mas que vem sendo moldado ao longo de toda minha carreira em diversas escolas de São Paulo. Ele é um instrumento independente da dissertação convencional e destinado ao professor de Ensino Básico com o principal objetivo de auxiliá-lo em sua prática docente cotidiana.

Esse material foi escrito pensando em você que, assim como eu, sente-se inquieto com a forma com que a cinemática é ensinada na escola e busca uma alternativa viável e eficaz.

Trata-se de uma Sequência de Ensino por Investigação sobre Movimentos de Projéteis baseada nos trabalhos das professoras Anna Maria Pessoa de Carvalho e Lucia Helena Sasseron cujos objetivos transcendem os conteúdos de viés cognitivo, emaranhando-se com o desenvolvimento de habilidades ligadas à conteúdos de viés emocional e comportamental, muito mais ligadas ao próprio método de trabalho com atividades experimentais simples, mas minuciosamente pensadas como atividades de estudo, baseadas nos trabalhos de Vasili V. Davidov.

Assim, este material deve ser visto como um viabilizador do diálogo entre professores de Física buscando o desenvolvimento das práticas aplicadas ao ensino desta disciplina. Desta forma, a parceria com colegas é de suma importância, não apenas no envio de *feedbacks* sobre a utilização do material, mas principalmente de críticas e sugestões que possam agregar ao trabalho.

Neste sentido, você, professor, é peça fundamental.

Fica aqui registrado, desde já, meus profundos agradecimentos pela sua atuação e cooperação.

O autor.



2. Introdução: A elaboração da nossa SEI a partir da ideia de atividade de estudo de Davidov

Este trabalho se inicia há muitos anos, quando começo a me interessar por metodologias ativas e buscar alternativas para aplicá-las em sala de aula.

Desse interesse, concomitante ao ingresso no programa do MNPEF da UFABC e a consequente parceria com meu orientador Ronei Miotto, inicia-se o desenvolvimento deste produto educacional, uma SEI sobre MOVIMENTOS DE PROJÉTEIS, onde cada etapa foi pensada a partir da ideia de atividades de estudo, de V.V. Davidov.

É muito importante destacar que nossa SEI está prevista para ser aplicada em turmas que já estudaram Movimento Uniforme, Movimento Uniformemente Variado e Vetores.

É ponto pacífico que o professor aplicador deste produto deve ter algum conhecimento sobre os pontos estruturantes deste trabalho: 1. ‘Quais os aspectos essenciais de uma Sequência de Ensino por Investigação (Anna Maria Pessoa de Carvalho)?’ e 2. ‘O que é uma atividade de estudo?’.

Não desejamos aqui nos alongar e tampouco tornar o trabalho do professor demasiado teórico, ao contrário, desejamos buscar uma aplicação de fácil tato, mas sem perder de vista o rigor acadêmico tão necessário para o sucesso de qualquer processo de ensino. Assim, seremos o mais breves possível na apresentação das bases teóricas que devem orbitar o trabalho do professor em sala de aula, sugerindo ao professor que desejar se aprofundar, a leitura da nossa dissertação completa.

Podemos definir **ensino por investigação**, nas palavras da própria Carvalho (2018) o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos

- pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.”



Assim, o professor deve partir do princípio da existência de um problema inicial e no planejamento (preferencialmente por parte dos estudantes) para resolvê-lo.

A partir de questões problematizadas e questionadoras busca-se nos alunos o desenvolvimento de capacidades e habilidades que os possibilitem pensar, debater e justificar. As respostas advindas destas práticas serão dadas através de conhecimentos teóricos científicos como também utilização de fórmulas matemáticas, levando em consideração o conhecimento prévio desses alunos até chegarem ao conhecimento científico.

Fugindo das aulas expositivas tradicionais, em que professores falam e os alunos simplesmente acompanham passivamente, no ensino por investigação são os estudantes que tomam o lugar de protagonistas em busca de solução de problemas. E é daí que surge a construção do conhecimento.

A busca por esse protagonismo é que deve tomar o foco do professor, ainda que em alguns momentos possa causar certa apreensão em nós professores moldados pelos métodos tradicionais de ensino. Essa busca passa, necessariamente, pela aquisição de algo extremamente importante para os estudantes: a liberdade intelectual, termo que definimos a seguir e motivo principal da nossa opção por uma SEI.

Não há ensino por investigação sem um trabalho planejado, um trabalho que preveja a experimentação, o teste, o levantamento de hipóteses e que aceite o erro como parte essencial do processo de aprendizagem.

Assim, a construção dos roteiros experimentais de cada atividade (cada etapa de uma SEI) deve ser muito bem norteada e alicerçada por ideias consistentes. Para isso, nos baseamos na ideia de **atividade de estudo** de V.V. Davidov.

Estes roteiros (que chamaremos de **roteiros – atividade de estudo**) são propostos com o objetivo de mudar de forma significativa o olhar que o aluno possui sobre determinado tópico a ser estudado. Para Davidov, o aluno estará motivado a aprender quando buscar obter conhecimentos sobre o objeto a ser estudado e esta busca será potencializada se for realizada por meio de experimentações, complementando a ideia central das SEIs.

Ainda que busquemos incessantemente fazer os alunos pensarem e, mais ainda, que trabalhem em instituições – cada vez mais raras! – que nos dão liberdade para buscar esse ideal, invariavelmente nos deparamos com uma grade curricular extensa.



O grande volume de conteúdos cobrados no ENEM e nos exames vestibulares das principais instituições de ensino superior – tais como USP, UNICAMP, UNESP dentre outras – acaba sendo um limitador do nosso trabalho, pois pautam grande parte da prática em sala de aula, demandando um tempo excessivo para resolução de exercícios e discussões pouco conceituais e muito matematizadas. Essa realidade nos coloca em situação bastante delicada, já rotineiramente somos compelidos a manter o foco nos exames vestibulares e, desta forma, encontramos extremas dificuldades em buscar um caminho que rompa com a rígida estrutura “*aula expositiva – exemplos – exercícios – correção*”.

Chegamos então a um ponto nevrálgico da aplicação da nossa SEI. O tempo que demanda o desenvolvimento de cada tópico, lamentavelmente, é um tempo de que, quase sempre, não dispomos. É aqui que entra o papel do professor como elaborador de atividades de ensino (roteiros) eficientes, tais como roteiros que nos permitam otimizar tempo ao mesmo tempo que dão liberdade de pensar aos alunos.

O papel do professor nessa abordagem será o de guiar, questionar e incentivar o aluno a pensar e chegar a uma conclusão baseada em conceitos científicos, sem dar as respostas prontas. Diante do cenário real de salas de aula com muitos alunos, mais uma vez se destaca a importância na elaboração de atividades de estudo bem planejadas, que possam ser roteiros claros o suficiente para que não sejam necessárias muitas intervenções por parte do professor.

De posse desta certeza, é vital para as pretensões do professor fazer um bom preparo das turmas, sem se apressar para apresentar as atividades e tampouco iniciá-las de fato sem a segurança de que todos estão conscientes do trabalho que se espera deles. Essa segurança será o lastro necessário para que o trabalho seja consistente na busca incessante pela **liberdade intelectual**.

A ideia de **liberdade intelectual** foi brilhantemente sintetizada por Carvalho (2018), a partir dos trabalhos de Pella (1969) e Borges (2014).

A autora tabula os 5 graus de liberdade intelectual possíveis (Graus 1 a 5) que o professor pode proporcionar para seus alunos em casa etapa de aplicação de uma SEI: apresentação do problema, levantamento de hipóteses, definição do plano de trabalho, obtenção de dados e conclusões.

Tabela 1: Graus de liberdade de professor (P), alunos (A) e classe (C) em atividades experimentais

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/C	A/P/C	A/P/C	A/P/C

Fonte: Carvalho, 2018

Assim, o **grau de liberdade 1**, representa as atividades em que os alunos meramente seguem instruções do professor a partir de um roteiro onde é o professor (P) que apresenta o problema, levanta as hipóteses e traça um plano de trabalho. Aos alunos cabe apenas a tarefa de obter os dados e “entregá-los”. Sendo assim, as conclusões já estão praticamente prontas, cabendo ao professor apenas apresentá-las ao final da atividade. Resumindo, trata-se de um roteiro com pouco espaço para alterações, improvisos ou descobertas (Carvalho, 2018).

Segue-se pelos demais graus de liberdade até que, finalmente na última coluna, temos o **grau de liberdade 5** - muito raro de ser alcançado (Carvalho, 2018)! – justamente porque prevê que os estudantes devem propor desde o problema a ser estudado até toda sua investigação. Este grau de liberdade não é almejado por este trabalho, por isso não será tratado durante a aplicação do produto.

Resumido nosso arcabouço teórico, passamos então à prática.

3. A SEI em 7 momentos: aplicação em sala de aula

Nossa SEI foi desenvolvida para ser aplicada em **7 momentos**.

Cada momento foi cuidadosamente elaborado propondo atividades experimentais de CUSTO praticamente ZERO, onde os estudantes usarão apenas material do seu próprio dia a dia para chegar aos resultados e objetivos.

Nossa abordagem é identificada com a modalidade *laboratório aberto* das SEIs, descrita como uma atividade que busca a solução de uma questão, geralmente respondida por uma experiência (Azevedo, 2006).

Em SEIs de laboratórios abertos, geralmente temos a busca da solução destas questões, dividida em seis etapas (Azevedo, 2016). Estas etapas foram sintetizadas por nós e reagrupadas em quatro, que serão as norteadoras da nossa SEI, descritas na tabela a seguir.

Tabela 2: Etapas de uma SEI baseada no modelo de laboratório aberto

1. Proposta do problema	O professor divide a classe em grupos pequenos e distribui as atividades de estudo. O problema é apresentado e inicia-se um debate coletivo sobre o mesmo.
2. Elaboração de Hipóteses e Planejamento da Investigação	Já nos pequenos grupos, os alunos definem a hipótese e traçam as estratégias (procedimentos) que darão condições de resolver o problema. Os grupos anotam os procedimentos e os discutem novamente agora de forma global. Será que estão adequados?
3. Coleta / Tratamento de dados	Os grupos, de posse de seu conjunto de procedimentos, vão a campo buscar os dados que darão suporte à resposta para o problema.
4. A contextualização do conhecimento: sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e dos conhecimentos.	Os alunos mostrarão, por meio do relato do que fizeram, as hipóteses que deram certo e como foram testadas. Nesse sentido, a conclusão da pesquisa consiste em comparar a hipótese inicial com os resultados.

Fonte: elaboração do autor a partir dos trabalhos de Azevedo (2006)



Na elaboração do nosso produto educacional apresentamos uma **sugestão de tempo para cada momento** que, naturalmente, pode ser adaptado de acordo com cada realidade. Essa adaptação poderá ocorrer inclusive na quantidade de etapas, desde que o professor realize o planejamento necessário.

Ao final de determinados momentos da nossa SEI, apresentamos alguns exercícios, que julgamos serem importantes para sistematizar determinados conceitos e garantir um momento que podemos definir como organizador das ideias que foram desenvolvidas ao longo da atividade.

Frisamos que o uso ou não destes exercícios fica a critério do professor, dependendo dos demais recursos que ele tem à disposição, como livro-texto, materiais de apoio da própria escola, dentre outros. Sua aplicabilidade depende da desenvoltura dos estudantes durante as atividades, podendo ser realizados ao final das aulas (quando houver tempo), como tarefas de casa, como atividade alternativa (trabalho em grupo, aulas extras, recuperação contínua, dentre outras) ou qualquer outra forma que o professor julgar pertinente.



3.1 1º Momento: Queda livre (concepções prévias)

1 aula: 45 minutos

Objetivo geral:

- avaliar as concepções prévias dos alunos sobre queda dos corpos.

Objetivos específicos:

- estudar o movimento de queda de diferentes objetos;
- avaliar a influência da resistência do ar na queda de corpos.

#FICAADICA

Esta é uma atividade introdutória ao tema que pode ser explorada / adaptada de inúmeras maneiras.

Sugerimos sua aplicação como uma transição dos temas trabalhados até este momento para os lançamentos de projéteis.

Os conceitos de resistência do ar e mesmo a transição da ideia de aceleração para aceleração da gravidade não são tão naturais para os estudantes, por isso o professor precisa ser cuidadoso neste momento inicial da SEI.

Explorar cuidadosamente a PARTE 2 da aula também é muito importante, pois, em geral, os estudantes são curiosos com essas práticas e neste momento já estarão sendo preparados para a observação que será tão importante nos demais momentos da SEI.

Mãos à obra ...

Inicie este momento com a pergunta: ***se soltarmos uma pena e uma bola de boliche de uma mesma altura, qual dos dois objetos chega mais rápido ao chão?***

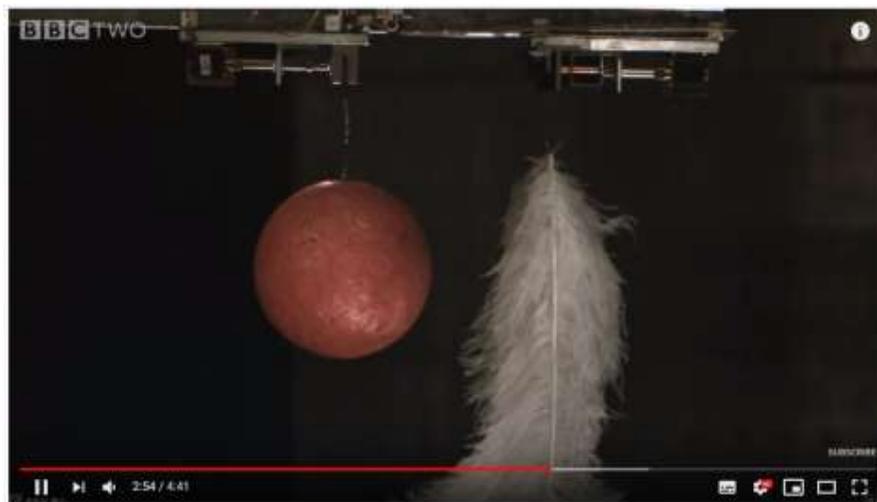
Solicite então a participação dos alunos como um todo e colha algumas respostas, que serão retomadas dentro de alguns instantes.

Parte 1: vídeo

Na sequência, apresente o vídeo *The world's biggest vacuum chamber*, da série Human Universe da BBC (<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>), onde é apresentada uma versão moderna do tradicional experimento do tubo de Newton (vale a pena buscar informações sobre este experimento), em que dois objetos de massas bem diferentes – no caso, uma pena e uma bola de concreto – são submetidos a uma experiência numa grande câmara, em dois momentos distintos.

No primeiro deles, sem nenhuma interferência, os objetos são abandonados simultaneamente chegando ao destino final (um “colchão” a poucos centímetros do chão) em tempos distintos, com a bola chegando antes.

Figura 1 – Bola de concreto e pena fixos



Fonte: BBC. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs&t=11s> >.

Acesso em junho/2020.

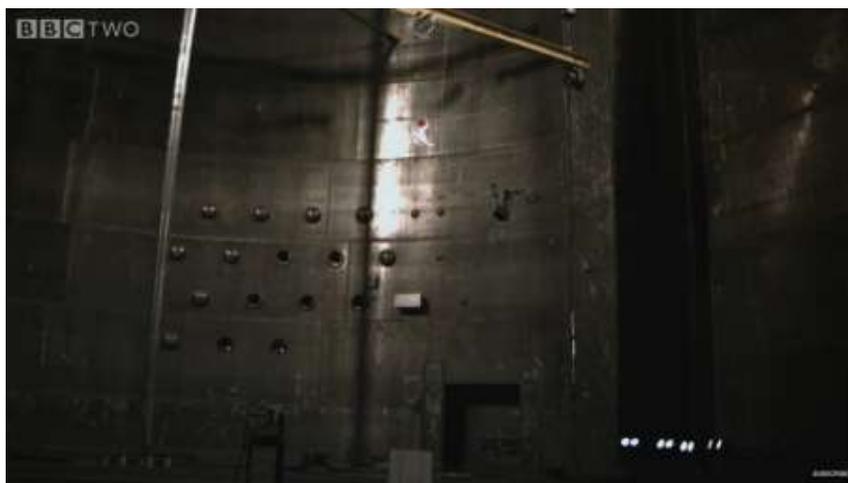
Figura 2 – Bola de concreto e pena em queda com resistência do ar



Fonte: BBC. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs&t=11s>>.
Acesso em junho/2020.

Num segundo momento, a câmara é fechada e se retira o ar de dentro dela – formando uma grande região de “vácuo”. Na sequência, novamente, a bola e a pena são abandonadas simultaneamente, chegando agora juntos ao destino final.

Figura 3 – Bola de concreto e pena em queda livre (sem resistência do ar)



Fonte: BBC. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs&t=11s>>.
Acesso em junho/2020.

Inicie uma discussão acerca do(s) motivo(s) pelo(s) qual(ais) isso ocorre.
A expectativa é que se conclua que o fator determinante é a resistência do ar.

Parte 2: Experimento

A aula segue com uma pequena proposta experimental, realizada pelo próprio professor.

Pergunte aos estudantes: ***vocês acham que é possível reproduzir este experimento aqui e agora?***

Tome duas folhas de caderno. Mantenha uma inteira e amasse a outra.

Figura 4 – Folhas de caderno inteira e amassada em queda sob ação da resistência do ar.



Fonte: ilustração do aluno Victor A. Mioni

Questione aos estudantes: o que vai acontecer?

Abandone ambas.

O que se observa?

A folha amassada chega ao solo mais rapidamente.

Agora, posicione ambas sobre um caderno e **questione aos estudantes novamente: o que vai acontecer?**



Figura 5 – Folhas de caderno inteira e amassada em queda sobre um caderno.



Fonte: ilustração do aluno Victor A. Mioni

Abandone o conjunto.

O que se observa?

Ambas chegam simultaneamente ao solo.

Discuta o motivo pelo qual ambas caem simultaneamente.

Há consenso que de fato a resistência do ar é o agente físico com maior relevância nos tempos de queda?

Caso contrário, retome o vídeo e o experimento para buscar que trecho pode não ter ficado claro e intervenha indicando caminhos que facilitem o aprendizado dos estudantes.

3.2 2º Momento: Determinando a aceleração da gravidade local

2 aulas - 1h30min

Objetivos gerais:

- familiarizar os alunos com a metodologia empregada nas atividades de estudo – roteiros (dimensão cognitiva).
- familiarizar os alunos com a necessidade de discussões em grupo visando, principalmente, uma coleta de dados mais ágil e acertada (dimensões emocional e comportamental).

Objetivos específicos:

- determinar o módulo da aceleração da gravidade local.
- desenvolver capacidade de resolução de problemas.

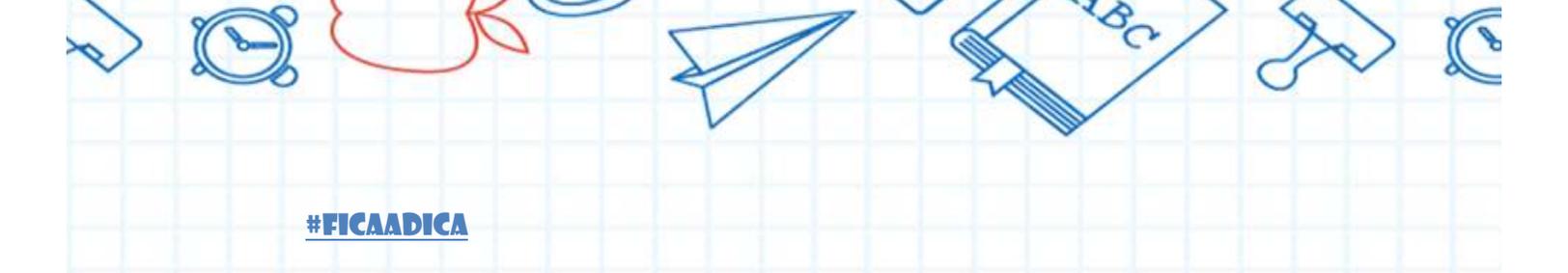
Neste momento do trabalho inicia-se de fato a investigação por experimentação a partir das atividades de estudo–roteiros.

Por ser inicial, cujo principal objetivo é a familiarização dos estudantes com os roteiros – atividade de estudo, esta atividade ainda não deve ser qualificada como de *laboratório aberto*, já que apresenta baixo grau de liberdade intelectual.

É relevante ponderarmos que, caso o professor considere que sua turma já possua intimidade com aulas de laboratório, assim como habilidade no uso dos materiais, é possível suprimir esta etapa, passando para as etapas de maior grau de liberdade.

Apesar da rigidez do roteiro, consideramos esta etapa bastante importante, já que permite aos estudantes um primeiro contato com a experimentação e com a investigação, uma vez que precisam coletar dados de forma relativamente cuidadosa para chegar aos resultados esperados.

O professor apresenta o problema para a turma: ***É possível determinarmos o módulo da aceleração da gravidade aqui na escola?***



#FICAADICA

Seu foco nesta atividade deve estar na capacidade dos alunos levantar hipóteses e preparar um plano de trabalho para a coleta dos dados. Despreocupe-se com “resultados corretos”. Evolução na forma de trabalhar, coletar dados, discutir são muito importantes que o resultado para o módulo da aceleração da gravidade local.

Para que os estudantes superem o grau 1 de liberdade intelectual, oriente cuidadosamente os grupos, tomando o devido cuidado de não indicar a forma mais eficiente para a coleta dos dados. A pressa pode ser sua grande inimiga nesta etapa!

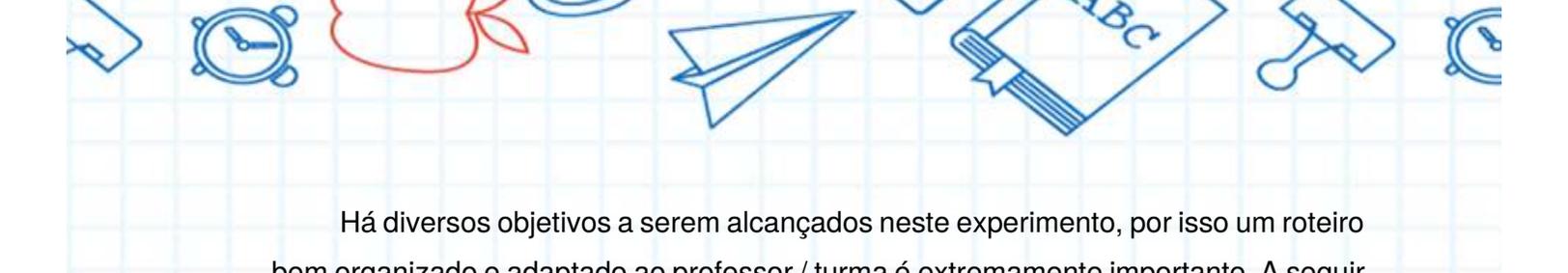
Frisamos mais uma vez que, como ocorre em todo processo de construção de conhecimento e especialmente em processos baseados em SEI, o erro faz parte do aprendizado. É extremamente importante que o professor não deixe passar as oportunidades de aproveitá-los para criar discussões envolvendo os conhecimentos estudados e o próprio processo investigativo em si. O professor deve estar disponível para lidar com eles durante a atividade.

Mãos à obra ...

Tabela 3: Quadro resumo do 2º momento da SEI

Proposta do problema	<i>É possível determinarmos o módulo da aceleração da gravidade aqui na escola?</i>
Elaboração de Hipóteses e Planejamento da Investigação	<p>O professor discute com a turma quais possíveis procedimentos para se chegar ao resultado.</p> <p>Invariavelmente os alunos chegarão aos mesmos procedimentos apresentados na atividade, então, depois disso, o professor pode levantar uma questão que gera importante discussão:</p> <p><i>Que dificuldades teremos na coleta dos dados?</i></p>
Coleta / Tratamento de dados	<p>Abandonar um objeto de uma altura definida por uma trena e coletar, com o auxílio do cronômetro, o tempo de queda deste objeto.</p> <p><u>Discussão com a turma:</u></p> <p><i>Coletaremos os dados a partir de uma única altura ou se faz necessário o uso de outras? Por que?</i></p> <p><i>Para cada altura, coletamos uma única vez o tempo? Por que?</i></p>
A contextualização do conhecimento: sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e dos conhecimentos.	<p>De posse dos dados coletados, passamos aos cálculos.</p> <p>Inicialmente, para cada altura, determinamos a média dos tempos coletados.</p> <p>Posteriormente, mostra-se aos estudantes que a queda livre (lembre-se de destacar mais uma vez a importância de desprezar a resistência do ar) é uma aplicação de conceitos já estudados previamente (especificamente o MRUV).</p> <p>Assim, a partir de $\Delta S = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ fica a critério do professor adaptar a equação às condições do problema ($H = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$) ou seguir com a mesma nomenclatura usada anteriormente.</p> <p>Nossa proposta é a adaptação da equação e uso consequente de $g = 2H/t^2$ para a determinação do módulo da aceleração da gravidade para cada altura escolhida.</p>

Fonte: elaboração do autor



Há diversos objetivos a serem alcançados neste experimento, por isso um roteiro bem organizado e adaptado ao professor / turma é extremamente importante. A seguir, apresentamos nossa sugestão, enfatizando que adaptações às próprias realidades podem e devem ser feitas a fim de maximizar a experiência própria.

A **discussão com a turma** é um momento extremamente importante da atividade! O professor deve mediar essa discussão para que alunos percebam, neste caso, a importância de coletar diversas vezes cada tempo, fazendo a média aritmética e, assim, minimizando naturalmente o “erro humano”.

O imediatismo típico desta faixa etária cria a expectativa de que os estudantes se precipitem na coleta dos dados buscando os resultados da forma mais rápida possível. Isso pode – e, por que não dizer, deve – ser positivamente explorado pelo professor, que deve fomentar as discussões sobre a relevância do erro na experimentação. É muito importante nesta atividade que os alunos tenham tempo para perceber que o erro é parte fundamental de seu desenvolvimento.

É bastante comum, nesta atividade, que os alunos cheguem em resultados para o módulo da aceleração da gravidade local muito distantes do valor esperado ($g \approx 9,8\text{m/s}^2$), então **será tarefa primordial do professor mostrar que a repetição do experimento, após a análise e mitigação dos possíveis erros, se faz necessária.** Promover um debate com os grupos sobre quais erros estão cometendo e de que forma podem melhorar a coleta dos dados é extremamente valioso.



Refleta !

Os estudantes apresentaram evolução – durante o próprio experimento, do início até a conclusão – na forma coletar os dados, de trabalhar em grupo e até mesmo de discutir resultados?

ROTEIRO QUEDA LIVRE

OBJETIVO

Determinar o módulo da aceleração da gravidade local, a partir de objeto em queda livre¹.

MATERIAIS UTILIZADOS

- Objeto (que sofra pouca resistência ao ar¹).
Exemplos: borracha, moeda, ...
- Trena.
- Cronômetro.
- Calculadora.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Conforme estudado em aula, sabemos que num MRUV a velocidade v de um objeto com velocidade inicial v_0 , depois de certo tempo t sob ação de uma aceleração a é dada por $v = v_0 + a.t$.

Vimos ainda que para objetos com aceleração constante, sua a velocidade média num certo intervalo de tempo é dada por $v_M = (v_0 + v) / 2$ e que, neste mesmo intervalo, seu deslocamento ΔS é dado por $\Delta S = v_M . t$.

Desta forma, podemos escrever

$$\Delta S = \left(\frac{v_0 + v}{2} \right) . t \Rightarrow \Delta S = \left(\frac{v_0 + v_0 + a.t}{2} \right) . t \Rightarrow \Delta S = v_0.t + \frac{1}{2} . a.t^2.$$

Agora, considerando o caso particular em que o objeto **PARTE DO REPOUSO**, ou seja, $v_0 = 0$, teremos

$$\Delta S = \frac{a.t^2}{2}$$

e, adaptando, às condições do nosso problema, em que determinado objeto é abandonado de uma altura H , teremos

$$H = \frac{g.t^2}{2}$$

¹Naturalmente será impossível desprezar a resistência do ar neste experimento, porém o termo 'queda livre' pode ser empregado sem prejuízos, pois tratam-se de corpos de dimensões experimentalmente convenientes.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Discuta com seu grupo e defina 3 (três) alturas iniciais convenientes para que se colete o tempo de queda de um objeto (que sofre pouca resistência do ar). Anote os valores na tabela I.
2. Colete com o cronômetro os tempos de queda (t_{QUEDA}) do objeto, anotando o valor na tabela I.

Observação importante!

Para cada altura, avalie com seu grupo a relevância de se coletar o tempo de queda mais que uma vez.

3. A partir dos tempos de queda e das alturas definidas e com a ajuda da calculadora, determine – mostrando os cálculos realizados a seguir! – o valor do módulo da aceleração gravidade local para cada altura escolhida.

4. Determine o valor médio de g , anotando-o na tabela.

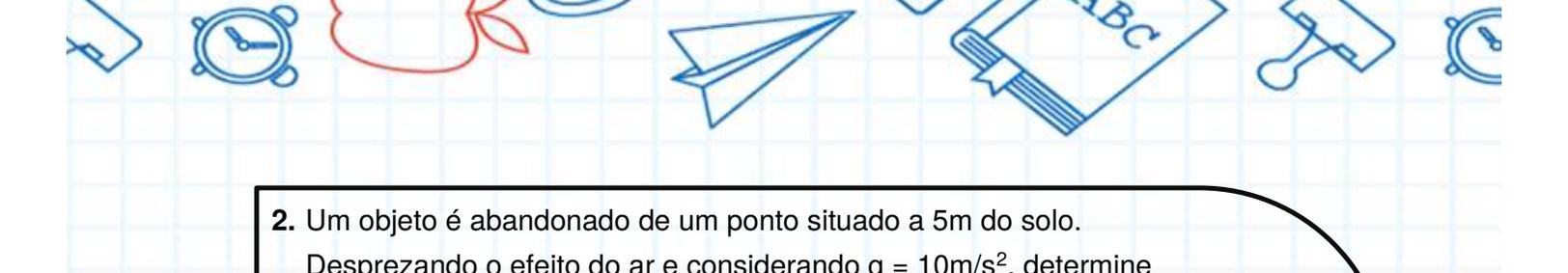
Altura 1 (H_1) = _____ m		Altura 2 (H_2) = _____ m		Altura 3 (H_3) = _____ m	
$t_{\text{MÉDIO}}$ (s)	g_1 (m/s^2)	$t_{\text{MÉDIO}}$ (s)	g_2 (m/s^2)	$t_{\text{MÉDIO}}$ (s)	g_3 (m/s^2)
g MÉDIO =					

TABELA I

EXERCÍCIOS

1. De um andar de um edifício em construção caiu uma trena, a partir do repouso, que atingiu o solo 3s depois. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, calcule

- a) a altura do andar de onde caiu a trena.
- b) a velocidade da trena ao atingir o solo.

- 
2. Um objeto é abandonado de um ponto situado a 5m do solo.
Desprezando o efeito do ar e considerando $g = 10\text{m/s}^2$, determine
- a) a velocidade com o que o objeto atinge o solo.
 - b) a velocidade média do objeto durante a queda até o solo.
3. Um objeto é abandonado de uma altura $d = 3,5\text{m}$, num local em que a aceleração da gravidade vale $g = 7\text{m/s}^2$. Determine
- a) o tempo de queda deste objeto.
 - b) a velocidade do objeto ao atingir o solo.
4. Um objeto é abandonado de uma altura $d = 6\text{m}$ e atinge o solo num tempo $t = 1\text{s}$.
Determine
- a) o módulo da aceleração da gravidade local (g).
 - b) a velocidade com que o objeto atinge o solo.
5. Um objeto é abandonado num local em que a aceleração da gravidade vale $g = 8\text{m/s}^2$ e atinge o solo num tempo $t = 3\text{s}$. Determine
- a) a altura inicial do objeto.
 - b) a velocidade com que o objeto atinge o solo.

Bom trabalho!

3º Momento: Lançamento vertical para cima

2 aulas - 1h30min

Objetivos gerais:

- aumentar a destreza na utilização das atividades de estudo–roteiros (dimensão cognitiva).
- melhorar a capacidade de discutir coletivamente alternativas para que a coleta de dados seja mais eficiente (dimensões emocional e comportamental).

Objetivos específicos:

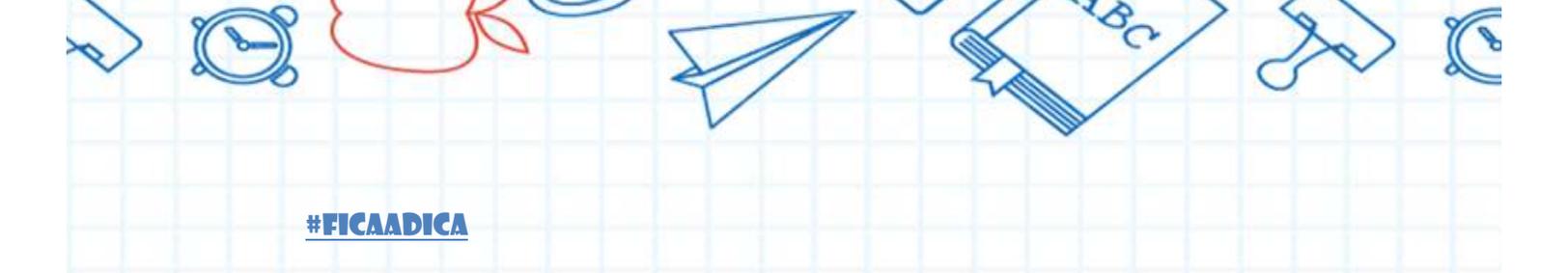
- determinar o módulo da velocidade inicial de um objeto lançado verticalmente para cima.
- desenvolver capacidade de resolução de problemas.

Nesta etapa da SEI os alunos já trabalharam com um roteiro – atividade de estudo vivenciaram algumas situações onde problemas devem ter ocorrido (sincronização entre os instantes de abandono do objeto e acionamento do cronômetro, dificuldades na coleta de tempos para alturas muito pequenas, dentre outros) e por isso os alunos serão submetidos a uma situação com grau de liberdade 3, avançando assim em sua autonomia.

Novamente o professor apresenta o problema para a turma: ***ao arremessar um objeto verticalmente para cima, diferentemente do que aconteceu no experimento anterior, o objeto possui uma velocidade inicial de módulo v_0 . É possível determinar essa velocidade?***

A atividade tem início com uma etapa a ser cumprida em casa, no que denominamos “pré-laboratório”, onde propomos como tarefa a elaboração de uma sequência de procedimentos para cumprir o objetivo específico da atividade.

Voltando para a sala de aula, os alunos iniciam os trabalhos discutindo, em grupos, os procedimentos pensados em casa, escolhendo quais pretendem usar na sua prática a seguir. Posteriormente, apresentam esses procedimentos ao professor que averigua se estão adequados. Caso não estejam, o grupo recebe o roteiro – atividade de estudo da aula e seguem normalmente para a prática.



#FICAADICA

O foco agora está na evolução que cada grupo apresentou (nas etapas realizadas em casa e na sala) na elaboração dos seus procedimentos.

O ideal seria haver tempo disponível para que todos os grupos – ou ao menos a maioria deles – discutissem e fossem corrigidos quando necessário até chegarem a um bom conjunto de procedimentos, mas, lamentavelmente, nem sempre se dispõe desse tempo, então optamos por disponibilizar ao professor um roteiro para ser repassado aos grupos que não atingiram o esperado nas discussões.

Novamente, despreocupe-se com “resultados corretos”. Continue avaliando a evolução de sua turma na forma de trabalhar, coletar dados e discuti-los.

Neste experimento é pouco provável que muitos grupos proponham a coleta da altura máxima (vido quadro resumo e roteiro – atividade de estudos). Trabalhe esta ideia com os estudantes de modo a mostrar a importância de poder verificar de alguma forma a confiabilidade dos resultados que eles estão apresentando.

Mãos à obra ...

Tabela 4: Quadro resumo do 3º momento da SEI

Proposta do problema	É possível determinar o módulo da velocidade inicial de um objeto lançado verticalmente para cima? Como?
Elaboração de Hipóteses e Planejamento da Investigação	<p>Os alunos, em seus respectivos grupos, discutem e definem os procedimentos necessários para determinar v_0.</p> <p>Se estiverem satisfatórios (o professor deve averiguar), seguem para a coleta, caso contrário, recebem um roteiro – atividade de estudos do professor antes de seguir o trabalho.</p> <p><i>Que dificuldades teremos na coleta dos dados?</i></p> <p><u>Discussão com a turma:</u></p> <p><i>Quantas vezes devemos coletar o tempo “para esta altura”?</i></p> <p><i>Há sentido agora em lançar o objeto várias vezes?</i></p> <p><i>Seria interessante que mais que um aluno medisse o ‘tempo de subida’? Por que?</i></p> <p><i>É mais confiável se lançarmos o objeto com maior ou com menor velocidade?</i></p> <p><i>Vamos coletar a altura atingida (deslocamento)? Esta altura é importante? Se sim, para quê?</i></p> <p>Nota do autor:</p> <p>À medida que os experimentos vão se aprofundando, as dúvidas quanto aos procedimentos e aos cálculos vão aumentando e o professor deve estar preparado para lidar com elas, sem incorrer no erro de acelerar qualquer processo e/ou dar respostas prontas aos alunos.</p>
Coleta / Tratamento de dados	<p>Um possível procedimento para o experimento seria:</p> <p>Lançar um objeto para cima e aferir o tempo que o objeto leva para atingir a altura máxima (tempo de subida, t_s).</p> <p>Seria interessante também estimar a altura máxima atingida.</p> <p>Pode-se usar uma trena fixada na parede e a filmagem com um aparelho celular para que este dado seja o mais próximo possível do real.</p>

**A contextualização do conhecimento:
sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e dos conhecimentos.**

De posse dos dados coletados, passamos aos cálculos.

Uma vez concluído (note que esta conclusão não é nada simples!) que tempo uma boa confiabilidade nos dados (tempo para atingir a altura máxima, altura máxima e/ou outros a critério do grupo), podemos determinar o que foi objetivado.

Chamando à atenção para a importância da adoção de um referencial e sabendo-se que no instante que o objeto atinge a altura máxima o módulo da sua velocidade instantânea é $v = 0$ e conhecendo $g \approx 9,8\text{m/s}^2$, determina-se o módulo de v_0 usando

$$v_0 = g \cdot t_{\text{SUBIDA}}$$

Fonte: elaboração do autor

É natural que a proposta aos grupos de definirem seus próprios procedimentos para alcançar o objetivo específico deste momento cause certa apreensão, mas, com a devida prudência, é isso que desejamos. Como ainda se trata de um trabalho embrionário, cabe ao professor o papel de orientar os grupos propondo melhorias em seus procedimentos, principalmente quanto à coleta de dados e forma de organização em tabelas, para isso, sugerimos um roteiro a seguir que, mais uma vez, pode ser adaptado, conforme as necessidades de cada professor, escola ou grupo.

Novamente, não perca a oportunidade de **discutir com a turma** cada detalhe daquilo que estão propondo. Isso é essencial na busca pela subida nos graus de liberdade intelectual desejado.

Neste roteiro, propomos a coleta de três dados. Dois tempos distintos: o tempo de subida (tempo para atingir a altura máxima) e o tempo total do lançamento (tempo até que o objeto retorne a sua posição inicial), além da estimativa da altura máxima atingida.

O trabalho em grupo para a coleta destes dados será ainda mais essencial, haja visto que, idealmente, três integrantes deverão ser responsáveis por ela: um para coletar o tempo de subida, outro para coletar o tempo total e um terceiro para estimar a altura máxima. Em situações de grupos com apenas três integrantes é possível que o mesmo aluno colete o tempo de subida e estime a altura máxima.

A intenção com a coleta de dois tempos é muito clara: aumentar a confiabilidade. Se for coletado com boa acurácia, o tempo de subida (coletado por um dos integrantes) deve corresponder à metade do tempo total (coletado por outro integrante).



Aqui temos uma questão extremamente delicada que gostaríamos de tratar com total cuidado e atenção, pois é uma opção *pouco ortodoxa* da nossa prática e não queremos deixar dúvidas a respeito de sua aplicação: **trata-se, ao nosso ver, da dificuldade de se usar média neste tipo de experimento!**

“Explicamos”: trata-se de um lançamento vertical realizado por um ser humano (destacamos que a experimentação de CUSTO quase ZERO é uma das nossas motivações), isto é, se houver a necessidade de se repetir o lançamento, não há qualquer garantia de que a velocidade inicial (nosso objetivo principal) seja a mesma. Logo, não há a possibilidade de coletarmos o tempo diversas vezes e fazermos o ‘tempo médio’ que, naturalmente, seria o caminho mais confiável para minimizarmos o erro das medições e assim termos resultados mais confiáveis.

Desta forma, com a impossibilidade de diversas coletas, a confiabilidade da coleta do *tempo de subida* é extremamente questionável. A alternativa encontrada então para minimizar essa questionabilidade foi a coleta por mais de um aluno “simultaneamente”.

Assim: dois alunos acionam seus cronômetros no instante em que o objeto é lançado para cima. O primeiro aluno para seu cronômetro no instante em que o objeto atinge a altura máxima e o segundo no instante em que o objeto retorna a altura inicial. Compara-se os tempos, desprezando-se pequenos erros (adotamos, por exemplo, um limite de 10%). Se o tempo do segundo aluno for o dobro (respeitado o erro) do tempo do primeiro, seguimos o experimento, caso contrário, repetimos.

Com este método, não corremos risco de ambos os alunos terem coletado tempos errados e “parecidos” (queremos dizer, dentro das nossas condições)? Claro que sim! Porém, com vistas aos objetivos gerais e específicos da nossa atividade, a “exatidão” no cálculo da velocidade inicial – que dependerá do valor deste tempo – é algo de relevância questionável quando comparada à aquisição de toda a prática, metodologia e a própria sistematização e utilização das equações que os alunos têm de se apropriar para determinar essa velocidade.

Não seria possível solicitar para dois alunos coletarem o tempo de subida e depois fazerem a média destes dois tempos? Sim, seria. Essa é, sem dúvida uma metodologia possível e extremamente viável que o professor tem a sua disposição para propor como alternativa aos seus grupos. No entanto, nossa prática, de diversas aplicações desta atividade, mostrou que os resultados da aplicação desta metodologia



geram resultados menos precisos, por isso desenvolvemos o método que estamos propondo e apresentando neste momento.

Posto isso e definida a coleta dos tempos, podemos nos ater à altura máxima. Há algumas maneiras de estimá-la e a sugerida por nós é a de se fixar uma trena na parede, filmar o lançamento com um aparelho celular e depois conferir a altura no vídeo. Na falta de um aparelho celular, pode-se tentar definir visualmente o ponto de altura máxima com a ajuda do referencial da parede. O integrante responsável define visualmente a posição em que o objeto atingiu e depois mede esta altura (desde o início do lançamento!) com uma trena ou qualquer outra ferramenta disponível, régua, fita métrica, etc.

Depois de coletado o tempo de subida (tempo até atingir a altura máxima), o tempo total (tempo até retornar à posição inicial) e de estimada a altura máxima atingida pelo objeto, deve-se anotar os valores na tabela do roteiro.

Não menos importante é o professor destacar a necessidade da adoção de um referencial para a execução dos cálculos e consequente adaptação das equações do MRUV para os lançamentos verticais, como foi resumido na breve introdução teórica que apresentamos. Desta forma, a determinação de v_0 (nosso objetivo específico) é matematicamente muito simples ($v_0 = g \cdot t_{\text{SUB}}$) e seria extremamente interessante que os alunos percebessem que não usaram a altura máxima estimada para nada! **Aqui então, inicia-se uma discussão sobre a confiabilidade da velocidade inicial determinada.**

Para isso, propomos o **cálculo da altura máxima**, que pode ser feito de, pelo menos, duas formas diferentes:

1. Aplicando o tempo de subida coletado e a velocidade inicial determinada experimentalmente em $H = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$.

O valor de H calculado deve ser próximo da altura máxima estimada.

2. Aplicando a velocidade inicial determinada experimentalmente em $v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot H$, lembrando que, para a altura máxima, temos $v = 0$.

Desta forma, teremos $0 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot H \Rightarrow v_0^2 = 2 \cdot g \cdot H \Rightarrow v_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$.

Novamente, o valor de H calculado deve ser próximo da altura máxima estimada.

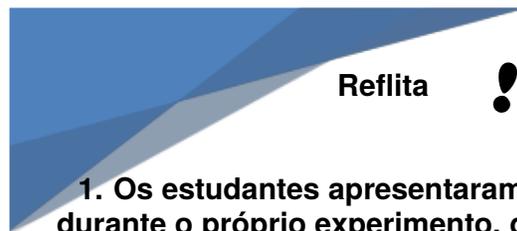


Feitos os cálculos da altura máxima atingida a partir da velocidade inicial, procedemos à devida comparação com a altura estimada (através da imagem feita por filmagem ou visualmente).

Caso os valores não tenham coincidido, quais erros podem ter sido cometidos?

Cabe ao professor conduzir os grupos à essa reflexão e, coletivamente, propor soluções.

Nossa sugestão, respeitadas as condições de tempo de cada professor é, conferidos os cálculos e não detectado nenhum erro operacional, repetir a coleta dos dados.



1. Os estudantes apresentaram evolução – durante o próprio experimento, do início até a conclusão – na forma coletar os dados, de trabalhar em grupo e até mesmo de discutir resultados?

**2. E com relação ao experimento anterior?
Há indícios de uma participação mais efetiva?**

ROTEIRO LANÇAMENTO VERTICAL PARA CIMA

OBJETIVO

Determinar o módulo da velocidade inicial de um **objeto lançado verticalmente para cima**.

PRÉ-LABORATÓRIO (em casa)

Elabore uma sequência de procedimentos capaz de determinar a velocidade inicial de um objeto lançado verticalmente para cima.

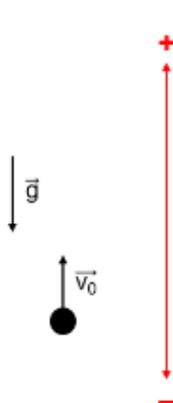
Nesta sequência leve em consideração a posição inicial do lançamento, a coleta dos dados e a organização destes dados (tabelas). A seguir, descreva como usar estes dados para a determinação da velocidade inicial.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Já sabemos que num MRUV a velocidade v de um objeto com velocidade inicial v_0 , depois de certo tempo t sob ação de uma aceleração a é dada por $v = v_0 + a.t$.

Ainda no MRUV estudamos que $\Delta S = v_0.t + \frac{1}{2} .a.t^2$ e, por último, estudamos a não menos importante, Equação de Torricelli: $v^2 = v_0^2 + 2.a.\Delta S$.

Adaptando às condições do nosso problema, em que determinado objeto é arremessado verticalmente para cima e, tomando todo o cuidado de adotar um referencial para nosso problema (no nosso caso escolhemos adotar o sentido de v_0 como positivo [$v_0 > 0$])



$$v = v_0 - g.t$$

$$H = v_0.t - \frac{1}{2} .g.t^2$$

$$v^2 = v_0^2 - 2.g.H$$

Muito importante perceber o que ocorre no instante em que o objeto atinge o ponto de altura máxima!

Neste instante, sua velocidade se anula, assim temos:

$$0 = v_0 - g.t_{SUB} \Rightarrow v_0 = g . t_{SUB}$$

PARTE 2 (classe)

MATERIAIS UTILIZADOS

- Objeto (escolhido adequadamente e que sofra pouca resistência ao ar).
- Trena.
- Cronômetro.
- Calculadora.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- 1) Discuta com seu grupo o local adequado para fixação do referencial métrico.
- 2) Fixe cuidadosamente a trena na parede com uma fita adesiva, definindo o MARCO ZERO do seu referencial.
- 3) Defina a posição inicial de lançamento.
- 4) Lance o objeto verticalmente para cima algumas vezes com os demais membros do grupo adequadamente posicionados para sintonizar o grupo e “calibrar” a velocidade inicial de lançamento.
- 5) Lance o objeto verticalmente.

Nos quartetos, cada um dos demais integrantes do grupo deve coletar

- 5.1) o tempo de subida (t_1) [*integrante 1*]
- 5.2) o tempo total do lançamento (t_T) [*integrante 2*]
- 5.3) a altura máxima alcançada pelo objeto ($H_{MÁXOBSERVADA}$) [*integrante 3*]

Em eventuais trios, cada um dos integrantes do grupo deve coletar

- 5.1) o tempo de subida (t_1) [*integrante 1*],
- 5.2) o tempo total do lançamento (t_T) [*integrante 2*]
- 5.3) a altura máxima alcançada pelo objeto ($H_{MÁXOBSERVADA}$) [*integrantes 1 e 2*].

Anote os valores de tempo na tabela I e da altura máxima na tabela II.

NP. Repita o procedimento quantas vezes julgar necessária até ter segurança de que há sincronia entre os integrantes.

- 6) Calcule o tempo de subida a partir da anotação do integrante 2 ($t_2 = t_T / 2$) e anote o valor na tabela I.
- 7) Calcule, através do tempo de subida dos dois alunos, o tempo médio de subida do grupo ($t_s = (t_1 + t_2) / 2$) e anote o valor na tabela I.

COMPONENTE 1	COMPONENTE 2		ts (t _{médio})
t ₁ (s)	t _{TOTAL} (s)	t ₂ (s)	

TABELA I

H _{MÁX} OBSERVADA (m)

TABELA II

8) Determine a velocidade inicial do lançamento e anote o valor na tabela III.

9) Determine a altura máxima atingida pelo objeto

9.1) usando $H = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ [H_{MAX1}]

(Se necessário, retome a introdução teórica)

Demonstre os cálculos e anote o valor final na tabela III.

9.2) usando a equação de Torricelli $v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot H$ [H_{MAX2}].

Demonstre os cálculos e anote o valor final na tabela III.

10) Determine o valor médio da altura máxima determinada nos itens 9.1 e 9.2 e anote o valor na tabela III.

Altura máxima [H _{MAX1}] (m)	Altura máxima [H _{MAX2}] (m)	Altura máxima média [H _{MÁX}] (m)

TABELA III

11) Compare os resultados obtidos para altura máxima H_{MÁX}OBSERVADA e H_{MÁX} (valor médio calculado no item 10). Os resultados coincidem? Justifique.

EXERCÍCIOS

1. Um corpo é arremessado verticalmente para cima. Considerando-se pequenas alturas, podemos afirmar que a partir do ponto mais alto de sua trajetória

- A) a velocidade muda de sentido, mas a aceleração não.
- B) a aceleração é nula, mas a velocidade não.
- C) a aceleração e a velocidade são nulas.
- D) a aceleração e a velocidade são diferentes de zero.
- E) a aceleração e a velocidade mudam de sentido.

2. Um objeto é lançado para cima, a partir do solo, e atinge a altura máxima H num intervalo de tempo $\Delta t = 0,4\text{s}$. Nestas condições, considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e a resistência do ar desprezível, determine

- a) a velocidade inicial v_0 do lançamento.
- b) a altura H .

3. Um objeto é lançado para cima, a partir do solo, atingindo a altura máxima de $1,25\text{m}$ num intervalo de tempo $\Delta t = 0,5\text{s}$. Nestas condições, considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e a resistência do ar desprezível, determine a velocidade inicial v_0 do lançamento.

4. Retome o exercício 3. Se o intervalo de tempo não fosse fornecido, haveria possibilidade de solução do problema, isto é, seria possível determinar a velocidade inicial de lançamento do objeto sabendo apenas a altura máxima alcançada? Justifique.

5. (UFMS) Na Lua, a aceleração da gravidade tem valor de $1,6\text{m/s}^2$, aproximadamente seis vezes menor que a aceleração da gravidade na Terra, dada por $9,8\text{m/s}^2$. Imagine que na Terra Neil Armstrong, com seus 70kg de massa, alcance, com um salto vertical, uma altura de 1 metro. Que altura, saltando verticalmente e com a mesma velocidade inicial, ele alcançará na Lua?

Bom trabalho!



3.4 4º Momento: Lançamento vertical para baixo

2 aulas - 1h30min

Objetivos gerais:

- melhorar a capacidade de discutir coletivamente alternativas para que a coleta de dados seja mais eficiente (dimensões emocional e comportamental).

Objetivos específicos:

- determinar o módulo da velocidade inicial de um objeto lançado verticalmente para baixo.
- desenvolver capacidade de resolução de problemas.

Após dois experimentos e muita discussão, consideramos que os alunos estão preparados para alcançar patamares ainda maiores rumo a sua autonomia de estudos, por isso pensamos **esta etapa da SEI como um divisor de águas**, uma etapa que os tirará definitivamente da zona de conforto e que também tende a causar certa insegurança no próprio professor que precisará de grande concentração para controlar a ansiedade de ver os alunos, eventualmente, em apuros no seu trabalho. Aqui já nos aproximamos de atingir o grau 4 de liberdade intelectual, o mais difícil de ser atingido.

O problema agora é: **como determinar o módulo da velocidade inicial de um objeto lançado verticalmente para baixo?**

Similarmente ao que ocorrera no 3º momento da SEI, os alunos têm uma tarefa para cumprir em casa: pensar – e idealmente escrever – um conjunto de procedimentos para determinar a velocidade inicial de um objeto lançado para baixo (objetivo – dimensão cognitiva – desta atividade).

Já em sala de aula, os alunos se reúnem em grupos e discutem os procedimentos previamente pensados, definindo, coletivamente, quais usarão para alcançar o objetivo específico da atividade.

#FICAADICA

Nesta etapa da SEI, deve estar claro que se almeja atingir o grau de liberdade 4. É cada vez mais evidente a necessidade de colocar em prática habilidades ligadas às dimensões emocional e comportamental. Observe com atenção a comunicação efetiva e a adaptabilidade dos diversos componentes dos grupos para persuadirem os demais sobre a confiabilidade de seus procedimentos, bem como para aceitarem as demais ideias como alternativas e/ou complementares às suas.

O professor, então, que já apresentou o problema e discutiu um pouco com a turma possíveis procedimentos – trazidos por eles, claro! – deve deixar o protagonismo com os estudantes e atuar apenas como um organizador de ideias. Não há mais um conjunto de procedimentos a serem entregues aos estudantes, embora o professor deva possuí-lo como seu norteador (“gabarito”).

Mãos à obra ...

Tabela 5: Quadro resumo do 4º momento da SEI

Proposta do problema	Como determinar o módulo da velocidade inicial de um objeto lançado verticalmente para baixo?
Elaboração de Hipóteses e Planejamento da Investigação	<p>Os alunos, em seus respectivos grupos, discutem e definem os procedimentos necessários para determinar v_0.</p> <p>Mais um passo foi dado e as dúvidas vão se sofisticando, motivo pelo qual o professor deve se preparar cada vez mais para lidar com situações inusitadas, sempre focado não incorrer no erro de acelerar qualquer processo e/ou dar respostas prontas aos alunos.</p> <p><i>Que dificuldades teremos na coleta dos dados?</i></p> <p><u>Discussão com a turma:</u></p> <p><i>Quantas vezes devemos coletar o tempo “para esta altura”?</i></p> <p><i>Podemos usar qualquer altura para lançar o objeto?</i></p>

	<p><i>A altura inicial do lançamento será usada de alguma forma nos cálculos?</i></p> <p><i>Esta altura deve ter alguma condição inicial mais adequada? É mais conveniente que seja “pequena” ou “grande”? É mais confiável se lançarmos o objeto com maior ou com menor velocidade?</i></p> <p><i>Há sentido lançar o objeto várias vezes?</i></p> <p><i>Seria interessante que mais que um aluno medisse o ‘tempo de queda’? Por que?</i></p>
<p>Coleta / Tratamento de dados</p>	<p>Um possível procedimento para o experimento seria: lançar um objeto para baixo de uma altura previamente definida e aferir o tempo que o objeto leva para atingir a posição definida como origem.</p> <p>Novamente temos a impossibilidade da repetição do lançamento para o acúmulo de dados de tempo para facção de posterior média. No entanto agora, temos um novo elemento, principalmente nos grupos de quatro integrantes. Como não temos a necessidade de destacar um integrante para a coleta da altura (esta é definida e pode ser feita anteriormente), podemos coletar simultaneamente três tempos de queda. Assim, o valor médio entre os três tempos coletados é melhor opção neste caso.</p>
<p>A contextualização do conhecimento: sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e dos conhecimentos.</p>	<p>De posse dos dados coletados, passamos aos cálculos.</p> <p>Embora pareça não fazer muita diferença para a grande parte dos problemas, sugerimos novamente destacar a importância da adoção de um referencial, principalmente porque nestes casos (lançamento para baixo) é comum a adoção do sentido positivo para baixo.</p> <p>Interessante o professor não perder a oportunidade de trazer essa discussão à tona.</p> <p>Concluída a discussão, passamos ao cálculo que será executado a partir da função horária da posição de um MRUV: $H = v_0 \cdot t_{\text{QUEDA}} + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{\text{QUEDA}}^2$.</p>

Fonte: elaboração do autor

Esperamos aqui que os grupos tenham feito algumas conclusões importantes, sendo nosso papel verificá-las fazendo as correções necessárias:

- 
- seria interessante termos a maior altura possível para o lançamento, já que tempos de queda maiores podem minimizar a presença do tempo de reação humano no tempo total.
 - arremessar o objeto com pouca velocidade, aumentando o tempo total de queda, deve aumentar a confiabilidade da coleta.
 - quanto mais alunos coletarem o tempo de queda do objeto melhor será a confiabilidade deste dado.

Uma dificuldade comumente relatada neste momento da SEI é encontrar local adequado para o lançamento (quanto maior a altura inicial, mais simples coletar os tempos de queda).

Busque, se necessário, alternativas dentro da sua realidade (janelas, arquibancada de quadra esportiva, dentre outros e proponha soluções para os casos em que não dispuser de local apropriado (local com altura elevada para todos os grupos coletarem seus dados). Uma possibilidade é usar a própria sala de aula, antes fomentando a discussão – ainda mais relevante agora! – de se fazer o lançamento com pouca velocidade.

Chamamos à atenção que, embora nosso foco neste ponto esteja voltado à autonomia dos estudantes, no roteiro apresentado como “gabarito” ao professor, mantemos a mesma linha dos outros momentos e indicamos alguns exercícios que, ainda mais que anteriormente, depende da realidade de cada escola / grupo / professor para serem aplicados.

Com a finalização deste experimento, cumprimos os casos básicos do capítulo lançamentos verticais e, assim, acreditamos que os alunos estão aptos a seguir para uma avaliação quantitativa, isto é, uma avaliação com problemas clássicos cobrados nos principais vestibulares do país, bem como no ENEM, que será o 5º momento da nossa SEI.

Destacamos que essa avaliação fez parte do nosso trabalho original como uma fonte de coletas de dados para uma análise qualitativa do nosso produto, sendo opcional ao professor, de acordo com seus objetivos. Por outro lado, consideramos interessante sua aplicação e, se possível, alguma comparação com resultados anteriores obtidos com aplicação de metodologia tradicional.

Seria de grande valor para nós que pudéssemos ter acesso a esses dados a título de validação da nossa SEI.

ROTEIRO LANÇAMENTO VERTICAL PARA BAIXO [versão do aluno]

OBJETIVO

Determinar o módulo da velocidade inicial num lançamento vertical para baixo.

MATERIAIS UTILIZADOS

- Objeto (escolhido adequadamente e que sofra pouca resistência ao ar).
- Trena.
- Cronômetros.
- Calculadora.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Elabore uma sequência de procedimentos capaz de determinar a velocidade inicial do lançamento vertical para baixo de um objeto.

Nesta sequência discuta a posição inicial do lançamento, a coleta dos dados e a organização destes dados (tabelas). A seguir, descreva como usar estes dados para a determinação da velocidade inicial.

Chame o professor assim que esta sequência estiver definida e passe-a a limpo a seguir.

Mãos à obra!

Lance um objeto, verticalmente para baixo, conforme os procedimentos definidos pelo grupo e, na sequência, determine o módulo desta velocidade. Mostre detalhadamente todos os cálculos usados para alcançar o objetivo!

Bom trabalho!

ROTEIRO LANÇAMENTO VERTICAL PARA BAIXO [versão do professor]

OBJETIVO

Determinar o módulo da velocidade inicial num lançamento vertical para baixo.

MATERIAIS UTILIZADOS

- Objeto (escolhido adequadamente e que sofra pouca resistência ao ar).
- Trena.
- Cronômetros.
- Calculadora.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- 1) Discuta com seu grupo o local adequado para fixação do referencial métrico.
- 2) Meça a altura do lançamento (posição inicial) e anote o valor na TABELA I.
- 3) Lance o objeto verticalmente para baixo.

Cada um dos demais integrantes do grupo deve coletar o tempo de queda do objeto.

NP₁. Repita o procedimento caso perceba que houve alguma falha ou interferência externa que ter interferido na coleta do tempo.

NP₂. Observe que os **quartetos** terão três tempos coletados (t_1 , t_2 e t_3) e os **trios** “apenas” dois (t_1 e t_2).

Anote os tempos na TABELA I.

- 4) Calcule o tempo médio de queda (t_{QUEDA}).

Altura (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s) [se houver]	t_{QUEDA} (s)

TABELA I

- 5) Determine a velocidade inicial do lançamento.
- 6) Determine a velocidade final do lançamento.

EXERCÍCIOS

1. Um corpo é arremessado verticalmente para baixo. Podemos afirmar que durante sua trajetória até atingir o ponto mais baixo

- A) a velocidade é constante, mas a aceleração não.
- B) a direção da velocidade é sempre a mesma da aceleração.
- C) a aceleração é nula.
- D) velocidade pode mudar de sentido.
- E) a aceleração é sempre maior que a velocidade.

2. Um objeto é lançado verticalmente, para baixo, de uma altura inicial de 6m, atingindo o solo no intervalo de tempo de 1s. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e a resistência do ar desprezível, determine

- a) a velocidade inicial objeto.
- b) a velocidade com que o objeto chegou ao solo.

3. Um objeto é lançado verticalmente, para baixo, com velocidade inicial de 2m/s, atingindo o solo em 0,5s. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e a resistência do ar desprezível, determine

- a) a altura inicial do lançamento.
- b) a velocidade com que o objeto chegou ao solo.

4. Um objeto é lançado verticalmente para baixo com a velocidade inicial de 1m/s de uma altura 4m. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e a resistência do ar desprezível, determine

- b) a velocidade desse objeto ao tocar o solo?
- c) o tempo que esse objeto leva para atingir o solo?

Bom trabalho!



5º Momento: Avaliação quantitativa

2 aulas (1 aula para aplicação e 1 aula para discussão dos problemas com a turma) - 1h30min

Objetivo:

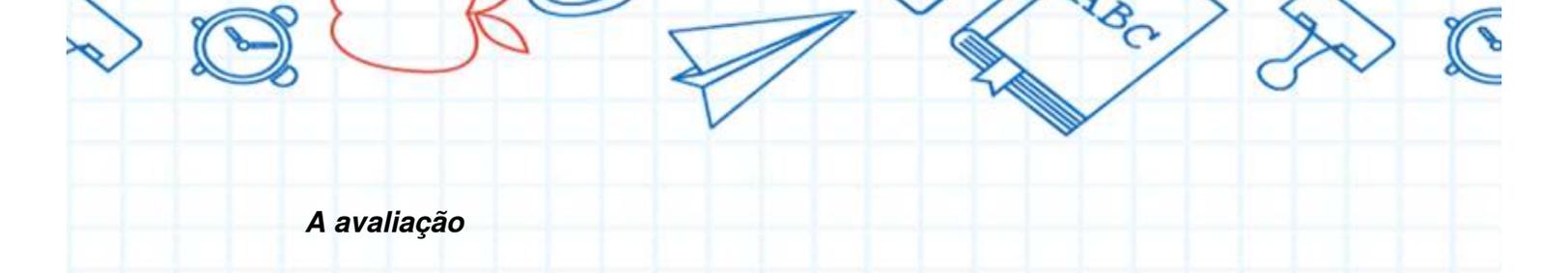
- verificar, quantitativamente, a sistematização dos conceitos envolvendo queda livre e lançamentos verticais para cima e para baixo.

Iniciamos o 5º momento da nossa SEI com uma breve reflexão do que já produzimos até o presente momento.

Recordemos que antes ainda de iniciar a SEI consideramos que o professor tenha apresentado aos estudantes os tópicos de Movimento Uniforme, Movimento Uniformemente Variado e Vetores.

Do início desta SEI até este momento, nossos objetivos orbitaram dois aspectos principais: a retomada e solidificação dos conceitos de MU e MUV e o desenvolvimento de habilidades dos estudantes voltados às aulas experimentais, esperando deles um engajamento devido à forma não tradicional de estudar os lançamentos verticais.

Estamos prestes a chegar no momento mais importante da SEI – o lançamento oblíquo – momento onde verificaremos qualitativamente a assimilação dos conceitos pelos estudantes. Antes disso, propomos uma avaliação quantitativa para que o professor tenha a oportunidade de redefinir os rumos da SEI, caso seja necessário. Explicamos melhor: na situação em que os alunos tenham mau desempenho nesta avaliação é possível retomar algum conceito antes de seguir para os momentos finais da SEI, onde ainda, na possibilidade de disponibilizar de tempo, reaplicar alguma das etapas anteriores.



A avaliação

Na avaliação buscamos contemplar os três subtemas trabalhados até aqui: queda livre, lançamento vertical para cima e lançamento vertical baixo, tanto com problemas conceituais (teóricos) como com problemas matematizados, todos de múltipla escolha.

Propusemos uma avaliação com 10 questões objetivas para uma aula de 45 minutos, sendo que algumas foram utilizadas em vestibulares.

1. (UF-MT) Galileu, na Torre de Pisa, fez cair vários corpos pequenos, com o objetivo de estudar as leis do movimento dos corpos em queda. A respeito dessa experiência, julgue os itens, desprezando o efeito do ar.

- I. A Aceleração do movimento era a mesma para todos os corpos.
- II. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal no mesmo instante que o mais leve.
- III. Se dois corpos eram soltos juntos, o mais pesado chegava ao solo horizontal com velocidade maior que o mais leve.

São corretos

- A) todos.
- B) apenas I.
- C) apenas II.
- D) apenas I e II.
- E) apenas I e III.



2. (UFPR 2010 – modificada) Cecília e Rita querem descobrir a altura de um mirante em relação ao nível do mar. Para isso, lembram-se de suas aulas de física básica e resolvem soltar uma moeda do alto do mirante e cronometrar o tempo de queda até a água do mar. Cecília solta a moeda e Rita lá embaixo cronometra 6s. Considerando-se desprezível o efeito da resistência do ar e $g = 10\text{m/s}^2$, é correto afirmar que a altura desse mirante será de aproximadamente

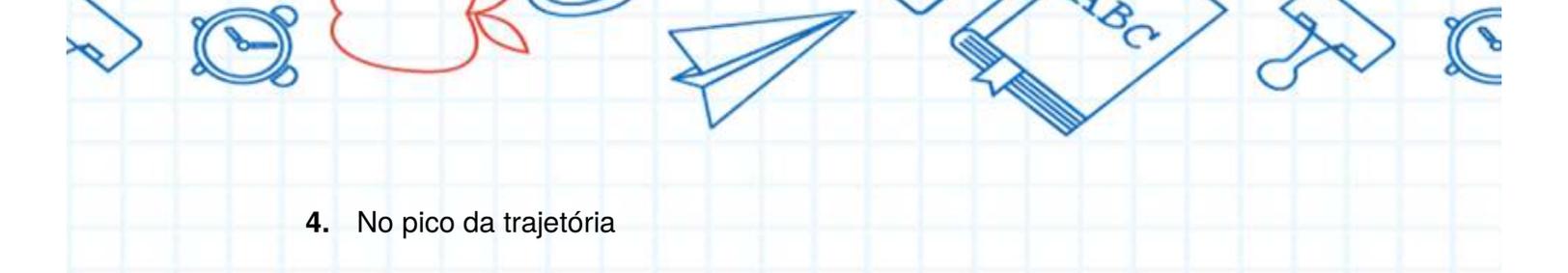
- A) 60m.
- B) 180m.
- C) 720m.
- D) 30m.
- E) 80m.

3. Se, em certo planeta, uma esfera cai livremente, a partir do repouso, de uma altura de 18m e leva 3,0s para percorrer esta distância, quanto vale, nas circunstâncias consideradas, o módulo da aceleração da gravidade local?

- A) 10m/s^2 .
- B) 1m/s^2 .
- C) 4m/s^2 .
- D) 81m/s^2 .
- E) 2m/s^2 .

Texto para as questões de 4 e 5.

Num local onde a aceleração da gravidade permanece constante e de módulo igual a g e onde a resistência do ar pode ser considerada desprezível, realizou-se a seguinte experiência: uma pequena bola foi arremessada verticalmente para cima com velocidade escalar v_0 , a partir do solo.



4. No pico da trajetória

- A) a velocidade escalar e a aceleração escalar são nulas.
- B) nem a velocidade escalar nem a aceleração da gravidade são nulas.
- C) apenas a aceleração é nula.
- D) o espaço e a aceleração são nulos.
- E) a velocidade escalar é nula e aceleração escalar vale g ou $-g$, dependendo do referencial adotado.

5. Durante a subida da bola

- A) o movimento é retardado, com velocidade escalar e aceleração escalar de sinais opostos.
- B) a velocidade escalar e a aceleração escalar permanecem positivas.
- C) a velocidade escalar é negativa e o movimento é retardado.
- D) a velocidade escalar e a aceleração escalar são negativas e o movimento é retardado.
- E) o movimento é acelerado, pois a velocidade escalar é positiva.

6. (UESC - BA) Um projétil é lançado do solo verticalmente para cima, com velocidade de módulo 40m/s , no local onde o módulo da aceleração da gravidade é de 10m/s^2 . Desprezando-se a resistência do ar, quais afirmações são verdadeiras?

- I. O projétil atinge a altura máxima de $80,0\text{m}$ em $4,0\text{s}$.
- II. O tempo gasto pelo projétil para atingir a altura máxima é igual a $8,0\text{s}$.
- III. O projétil permanece no ar durante $8,0\text{s}$.
- IV. A altura máxima atingida pelo projétil é de $160,0\text{m}$.

- A) Somente I e III.
- B) Somente II e IV.
- C) Somente I e IV.
- D) Somente II e III.
- E) Somente II.



7. Um astronauta, numa estação espacial, lança um objeto verticalmente para cima com uma velocidade inicial de $2,0\text{m/s}$ e depois de $4,0\text{s}$ ele retorna a sua mão. Nestas condições e considerando desprezível a resistência do ar no local, a altura máxima atingida pelo objeto foi de

- A) 88m.
- B) 24m.
- C) 4m.
- D) 2m.
- E) 1m.

8. (VUNESP) Na festa grega, enquanto todos gritavam “Ôpaaa...” um convidado, seguindo a tradição, arremessa um prato verticalmente para baixo, em direção ao chão, a fim de espatifá-lo. Quando o prato lhe sai da mão, ele já se encontra a 105cm do chão e sua velocidade é de 2m/s . Sendo a aceleração da gravidade 10m/s^2 e desprezando-se a resistência do ar, a velocidade que terá o prato, no instante imediatamente anterior ao de tocar o chão, é, em m/s ,

- A) 3.
- B) 4.
- C) 5.
- D) 6.
- E) 7.

9. Um objeto é lançado verticalmente para baixo de uma altura de 7m num local onde o módulo da aceleração da gravidade vale 10m/s^2 e a resistência do ar é desprezível. Sabendo-se que objeto gastou 1s para atingir o solo, pode-se afirmar que a velocidade inicial do objeto foi de

- A) 12m/s .
- B) 2m/s .
- C) 7m/s .
- D) 10m/s .
- E) 5m/s .

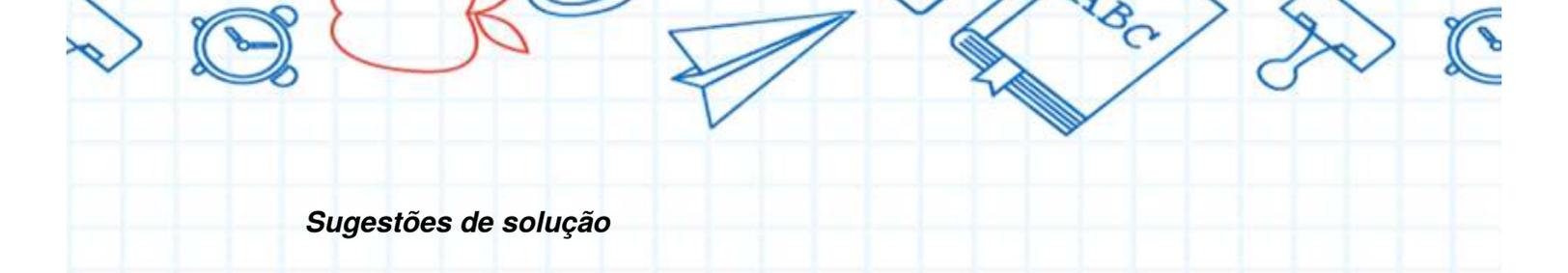


10. Um objeto é lançado verticalmente para baixo com velocidade inicial de 1 m/s atingindo o solo 0,5s depois. Considerando o módulo da aceleração da gravidade local $g = 10\text{m/s}^2$ e a resistência do ar é desprezível, podemos afirmar que o objeto foi lançado de uma altura de

- A) 13m.
- B) 2m.
- C) 5m.
- D) 6m.
- E) 1,75m.

GABARITO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	B	C	E	A	A	D	C	B	E



Sugestões de solução

QUESTÃO 1

- I. Correta, a aceleração da gravidade.
- II. Correta, uma vez que o enunciado deixa claro que a resistência do ar deve ser desprezada.
- III. Errada, pois como ambos partem do repouso ($v_0 = 0$) e possuem a mesma aceleração (aceleração da gravidade), num mesmo intervalo de tempo (tempo de queda), necessariamente, adquirirão a mesma velocidade final.

QUESTÃO 2

$$H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow H = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 6^2 \Rightarrow H = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 36 \Rightarrow H = \frac{1}{2} \cdot 360 \Rightarrow \mathbf{H = 180m.}$$

QUESTÃO 3

$$H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow 18 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot 3^2 \Rightarrow 18 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot 9 \Rightarrow 18 / 9 = \frac{1}{2} \cdot g \Rightarrow \mathbf{g = 4m/s^2.}$$

QUESTÃO 4

O pico da trajetória é definido justamente pelo instante em que o objeto atinge a altura máxima, isto é, está momentaneamente com velocidade $v = 0$, porém mantém a mesma aceleração (aceleração da gravidade, vertical e para baixo) que poderá ser definida como g , no caso de o referencial estar definido como crescente “de cima para baixo”, ou $-g$, no caso de o referencial estar definido como crescente “de baixo para cima”.

QUESTÃO 5

Durante a subida a bola está submetida a uma velocidade vertical e para cima e a uma aceleração (aceleração da gravidade) vertical e baixo. Sendo assim, seu movimento é retardado com velocidade escalar e aceleração escalar de sinais opostos.

QUESTÃO 6

- $v = v_0 - g.t$

Na altura máxima: $v = 0 \Rightarrow t = v_0/g \Rightarrow t = 40/10 \Rightarrow t = 4s$, o que descarta a afirmativa II e confirma a III.

- $H_{MÁX} = v_0.t - \frac{1}{2}.g.t^2$

$H_{MÁX} = 40.4 - \frac{1}{2}.10.4^2 \Rightarrow H_{MÁX} = 160 - 80 \Rightarrow H_{MÁX} = 80m$, o que confirma a afirmativa I e descarta a IV.

Assim, concluímos que são verdadeiras as afirmativas I e III.

$$H_{MÁX} = v_M.t$$

$$H_{MÁX} = [(40 + 0) / 2] . 4 \Rightarrow H_{MÁX} = 80m.$$

QUESTÃO 7

Sugestão 1. $v_M = \Delta S/\Delta t \Rightarrow (2 + 0)/2 = \Delta S/2 \Rightarrow \Delta S = 2m$

Sugestão 2. $v = v_0 - g.t$

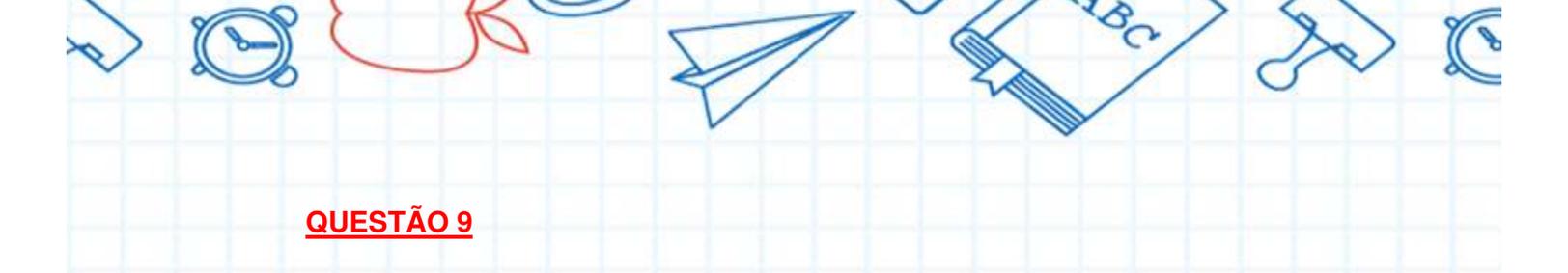
Na altura máxima: $v = 0 \Rightarrow t = v_0/g \Rightarrow 2 = 2/g \Rightarrow g = 1m/s^2$.

$$H_{MÁX} = v_0.t - \frac{1}{2}.g.t^2$$

$$H_{MÁX} = 2.2 - \frac{1}{2}.1.2^2 \Rightarrow H_{MÁX} = 2m.$$

QUESTÃO 8

$$v^2 = v_0^2 + 2.g.\Delta S \Rightarrow v^2 = 2^2 + 2.10.1,05 \Rightarrow v^2 = 4 + 21 \Rightarrow v = 5m/s.$$



QUESTÃO 9

$$H = v_0.t + \frac{1}{2}.g.t^2 \Rightarrow 7 = v_0.1 + \frac{1}{2}.10.1^2 \Rightarrow 7 = v_0.1 + 5 \Rightarrow 7 - 5 = v_0 \Rightarrow \mathbf{v_0 = 2m/s.}$$

QUESTÃO 10

$$H = v_0.t + \frac{1}{2}.g.t^2 \Rightarrow H = 1.0,5 + \frac{1}{2}.10.0,5^2 \Rightarrow H = 0,5 + 1,25 \Rightarrow \mathbf{H = 1,75m.}$$



3.6 6º Momento: Lançamento oblíquo

2 aulas (1 aula para aplicação e 1 aula para discussão dos problemas com a turma) - 1h30min

Objetivos gerais:

- aprofundar a capacidade de discutir coletivamente alternativas para que a coleta e tratamento de dados sejam mais eficientes (dimensões emocional e comportamental).
- organizar-se coletivamente para coletar adequadamente dados e material para produzir um vídeo (no formato videoaula) para ser apresentado para turmas que não realizaram a SEI (dimensões emocional e comportamental).

Objetivos específicos:

- compreender o movimento oblíquo como uma associação de um movimento horizontal uniforme e um movimento vertical uniformemente variado.
- determinar o módulo da velocidade inicial (v_0) e o ângulo de lançamento (com a horizontal) (dimensão cognitiva).

Chegamos ao último momento experimental da nossa SEI.

Com a expectativa que os 5 momentos iniciais da nossa proposta formaram sólida base teórica e desenvolveram habilidades de investigação e de trabalho em grupo, chegamos à uma etapa em que, definitivamente, buscamos o grau 4 de liberdade intelectual.

Agora, a liberdade intelectual extrapola a criatividade dos estudantes em elaborar suas hipóteses para testar experimentalmente algo e chega ao ponto de exigir deles a percepção que este novo movimento (lançamento oblíquo) é uma associação dos movimentos estudados até então: o movimento uniforme e os lançamentos verticais.



O que é, afinal, um movimento oblíquo?

Como determinar a velocidade inicial e o ângulo (formado com a horizontal) num lançamento oblíquo?

Mais uma vez a atividade começa como tarefa. Desta vez, duas tarefas: realizar uma pesquisa sobre movimentos oblíquos e elaborar um conjunto de procedimentos para determinar a velocidade inicial e o ângulo (formado com a horizontal) de um lançamento oblíquo.

Já em sala de aula os alunos se reúnem em grupos e discutem os procedimentos previamente pensados, definindo, coletivamente, quais serão usados para alcançar o objetivo da atividade.

#FICAADICA

Neste momento do trabalho é muito importante que o professor tenha segurança de que os estudantes possuem conhecimentos básicos sobre vetores, que é pré-requisito para esta etapa. Indague-os sobre isso e, caso haja dúvida sobre o domínio dos conceitos relacionados a este tópico, faça uma revisão, retomando as ideias principais, com destaque à decomposição de vetores.

No último momento da SEI em sala de aula as habilidades ligadas às dimensões emocional e comportamental desenvolvidas nas etapas anteriores devem estar evidenciadas. Não se espera nada além disso.

É importante que os estudantes já saibam que, depois de realizada esta proposta experimental, eles deverão produzir um material (no formato videoaula) – que será o 7º, e último, momento da SEI. Deixe isso claro para que eles possam se organizar desde a coleta dos dados.

Novamente, não há um conjunto de procedimentos a serem entregues aos estudantes, embora o professor deva possuí-lo como seu norteador (“gabarito”).

Mãos à obra ...

Tabela 6: Quadro resumo do 6º momento da SEI

Proposta do problema	O que é, especificamente, um lançamento oblíquo? Como determinar a velocidade inicial e o ângulo (formado com a horizontal) num lançamento oblíquo?
Elaboração de Hipóteses e Planejamento da Investigação	<p>Os alunos, em seus respectivos grupos, expõem os procedimentos que elaboraram previamente e, coletivamente, definem quais usarão para, inicialmente, fazer o lançamento e, na sequência, determinar o módulo de v_0, bem como do ângulo (formado com a horizontal) de lançamento.</p> <p>As dúvidas chegam ao ápice neste momento, principalmente porque agora é esperado dos estudantes que consigam perceber este “novo” movimento (lançamento oblíquo) como uma associação de um movimento uniforme (componente horizontal) e um movimento uniformemente variado (lançamento vertical para cima) recentemente estudados. Mais um passo foi dado e o professor deve estar preparado para lidar com situações complexas, tanto do ponto de vista do domínio do conteúdo como da prática em si, sempre focado em não incorrer no erro de acelerar qualquer processo e/ou dar respostas prontas aos alunos.</p> <p><i>Que dificuldades teremos na coleta dos dados?</i></p> <p><u>Discussão com a turma:</u></p> <p><i>Quais dados é possível coletar?</i></p> <p><i>Como usar/tratar cada um deles?</i></p> <p><i>Que dificuldades teremos na coleta dos dados?</i></p> <p><i>Podemos usar qualquer altura inicial para lançar o objeto?</i></p> <p><i>Os pontos verticais de saída e chegada do objeto podem ser diferentes? É conveniente que sejam diferentes?</i></p> <p><i>Que equações vamos usar para determinar v_0 e o ângulo do lançamento?</i></p>
Coleta / Tratamento de dados	Um possível procedimento para o experimento seria:



Um dos componentes do grupo lança obliquamente um objeto para outro componente enquanto os demais componentes, adequadamente posicionados, coletam o tempo de subida, o tempo total e a altura máxima atingida pelo objeto.

Nesta possibilidade precisamos nos atentar para uma série de detalhes que serão fundamentais para o sucesso do experimento.

O alcance do objeto está definido desde o início do lançamento, já que o objeto deve percorrer a trajetória oblíqua entre dois pontos “fixos” (alunos), no entanto é fundamental (em se tratando de uma primeira experimentação dentro deste tema) que os alunos garantam que as posições verticais inicial e final do lançamento sejam as mesmas – isto é, a distância inicial do objeto ao referencial horizontal fixo (chão) deve ser igual à distância do objeto a este mesmo referencial na sua chegada. Desta forma podemos garantir a igualdade entre os tempos de subida e descida do objeto, que será bastante importante para a confiabilidade do experimento.

A coleta dos tempos de subida e total é muito importante e difícil de ser realizada.

Novamente, como já havia acontecido no lançamento vertical para cima, não é possível coletar os tempos diversas vezes para se fazer uma média (já que cada lançamento pode ser feito com velocidade inicial diferente!), então a forma que encontramos para aumentar a confiabilidade destes tempos é realizar a coleta simultânea por dois estudantes.

Similarmente ao que propusemos no lançamento verticalmente para cima, propomos que um dos estudantes colete o tempo de subida outro o tempo total. Esse procedimento deve ser repetido até que o tempo total seja aproximadamente igual ao dobro do tempo de subida (caso haja dúvida sobre esse procedimento, retome o 3º momento da SEI onde o detalhamos). Nos quartetos o último estudante coleta a altura máxima atingida, enquanto nos trios um dos dois estudantes responsáveis por coletar os tempos deve acumular essa tarefa. Como há a proposta de produzir um vídeo ao final, é interessante incentivar os alunos a fazer a filmagem desde o início e aproveitá-la para a coleta e/ou averiguação dos dados.

	Aqui teremos algo muito importante: que grupos serão capazes de perceber que precisarão decompor (“dividir”) o movimento em dois: vertical e horizontal?
A contextualização do conhecimento: sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e dos conhecimentos	<p>Aos grupos que responderam positivamente à questão anterior, o caminho para a determinação de v_0 está bem definido: determinar a componente vertical inicial e a componente horizontal da velocidade e, por últimos, fazer a resultante de ambas, aplicando teorema de Pitágoras.</p> <p>Já aos grupos que não perceberem isso não restará outra opção ao professor que não seja orientá-los neste sentido.</p> <p>O ângulo do lançamento (ângulo α formado com a horizontal) será determinado a partir das relações trigonométricas num triângulo retângulo.</p>

Fonte: elaboração do autor

O desenvolvimento satisfatório desta etapa da SEI passa por uma questão extremamente importante: os grupos perceberam/estudaram que o lançamento oblíquo pode ser tratado como a composição de um movimento horizontal uniforme e um lançamento vertical para cima (movimento uniformemente variado)?

Para os grupos que conseguiram chegar a esta conclusão, o caminho para o desenvolvimento dos cálculos e o conseqüente alcance do principal objetivo (da dimensão cognitiva) é bem definido. Aos demais, restarão as orientações do professor.

Independente disso, não há mais nada a esperar neste ponto de aplicação da nossa SEI que não seja o grau 4 de liberdade intelectual na execução da atividade. Para tanto, o professor deve estar muito seguro de conhecer a maior quantidade possível de alternativas para se alcançar os objetivos dessa atividade. Assim, apresentamos um roteiro (“gabarito”) como norteador dessas alternativas.

ROTEIRO LANÇAMENTO OBLÍQUO [versão do aluno]

OBJETIVOS

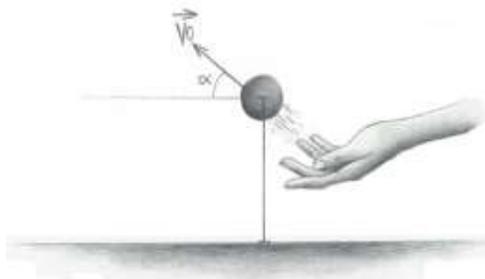
Determinar o módulo da velocidade inicial (v_0) e o ângulo de lançamento (α) de um movimento oblíquo.

Produzir videoaula experimental com o detalhamento dos procedimentos, execução, resultados e conclusão.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Elabore uma sequência de procedimentos capaz de determinar a velocidade inicial do lançamento oblíquo, bem como o ângulo deste lançamento (ângulo α formado com a horizontal).

Figura 6 – Lançamento do objeto com velocidade \vec{v}_0 sob ângulo α



Fonte: ilustração do aluno Victor A. Mioni

Nesta sequência discuta a importância da posição inicial do lançamento, a coleta dos dados e a organização destes dados (tabela(s)). A seguir, descreva como usar estes dados para a determinação da velocidade inicial e do ângulo do lançamento.

Chame o professor assim que esta sequência estiver definida e passe-a a limpo a seguir.

Mãos à obra!

Lance um objeto obliquamente, conforme os procedimentos definidos pelo grupo e, na sequência, determine o módulo desta velocidade e o ângulo do lançamento com a horizontal. Mostre detalhadamente todos os cálculos usados para alcançar os objetivos.

Bom trabalho!

ROTEIRO LANÇAMENTO OBLÍQUO [versão do professor]

OBJETIVOS

Determinar o módulo da velocidade inicial (v_0) e o ângulo de lançamento (α) de um movimento oblíquo.

Produzir videoaula experimental com o detalhamento dos procedimentos, execução, resultados e conclusão.

MATERIAIS UTILIZADOS

- Objeto (escolhido adequadamente que sofra pouca resistência ao ar).
- Trena.
- Smartphone (câmara filmadora, cronômetro e calculadora).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

I. Coleta de dados

1) Discuta com seu grupo o local adequado para a execução do lançamento oblíquo, analisando as possíveis posições da câmera e dos componentes do grupo responsáveis por fazerem cada medição.

2) Defina a posição inicial de lançamento.

NP1. Muita atenção neste ponto!

As posições verticais inicial e final (altura de onde o objeto parte e chega, respectivamente) devem ser iguais!

3) Lance o objeto obliquamente algumas vezes com os demais membros do grupo adequadamente posicionados para sintonizar o grupo e “calibrar” a velocidade inicial de lançamento.

Não hesite em chamar o professor em caso de dúvida.

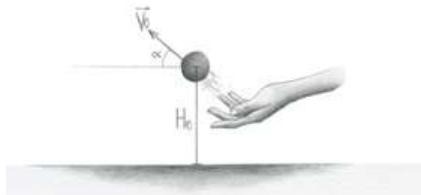
NP2. Aproveite esta etapa para decidir a posição ideal de filmagem do lançamento.

O lançamento completo deve estar na sua videoaula-experimento.

4) Lance o objeto.

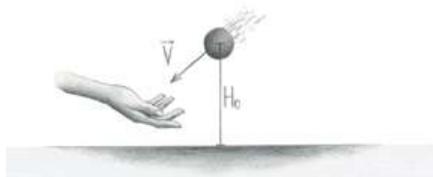
Integrante **1** arremessa o objeto até o alcance definido inicialmente (pode ser um ponto qualquer definido numa parede, uma mesa, etc).

Figura 7 – Lançamento do objeto com velocidade \vec{v}_0 sob ângulo α



Fonte: ilustração do aluno Victor A. Mioni

Figura 8 – Recepção do objeto



Fonte: ilustração do aluno Victor A. Mioni

Os demais integrantes do grupo anotam

- o tempo de subida ($t_{\text{SUB } 1}$) [integrante **2**]
- o tempo total do lançamento (t_T) [integrante **3**]
- a altura máxima alcançada pelo objeto [integrante **4**].

NP₃. Atenção às nomenclaturas.

NP₄. Em eventuais trios, um dos integrantes deve acumular a coleta da altura com um dos tempos. Sugerimos o integrante que coleta o tempo de subida.

Anote os valores na TABELA I.

5) Calcule o tempo de subida a partir da anotação do integrante **3** ($t_{\text{SUB } 2} = t_T / 2$). Anote o valor na TABELA I.

NP₅. Os tempos $t_{\text{SUB } 1}$ e $t_{\text{SUB } 2}$ devem ser aproximadamente coincidentes, caso contrário devem ser recoletados.

6) Calcule, através do tempo de subida dos dois alunos, o tempo médio de subida do grupo [$t_{\text{SUB MÉDIO}} = (t_{\text{SUB } 1} + t_{\text{SUB } 2}) / 2$]. Anote o valor na TABELA I.

INTEGRANTE 2	INTEGRANTE 3		t _{SUB MÉDIO} (s)	H _{MÁX}
t _{SUB 1} (s)	t _T (s)	t _{SUB 2} (s)		

TABELA I

II. Cálculos a partir dos dados obtidos

7) Determine a velocidade inicial vertical (v_{0y}) do lançamento.

Há formas de testar a confiabilidade deste resultado? Retomando as mesmas ideias já usadas no experimento sobre *lançamento vertical para cima*, temos as seguintes possibilidades para verificar o resultado de v_0 obtido usando a altura máxima atingida (estimada) como referência.

- $\Delta S = v_M \cdot \Delta t$

$$H_{MÁX} = (v_{0y} + v_y)/2 \cdot t_{SUB} \Rightarrow H_{MÁX} = v_{0y} \cdot t_{SUB} \Rightarrow \mathbf{v_{0y} = 2 \cdot H_{MÁX} / t_{SUB}}$$

- $\Delta S = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$$H_{MÁX} = v_{0y} \cdot t_{SUB} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{SUB}^2 \Rightarrow \mathbf{v_{0y} = H_{MÁX} / t_{SUB} + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{SUB}}$$

- $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta S$

$$0^2 = v_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot H_{MÁX} \Rightarrow \mathbf{v_{0y} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{MÁX}}}$$

Aplique-as e verifique se o valor de v_{0y} calculado inicialmente coincide com eles. Se coincide, siga normalmente com o roteiro, se não coincide, discuta possíveis erros com seu grupo e chame o professor para ajudá-los.

8) Determine a velocidade horizontal (v_{0x}) do lançamento.

9) Determine a velocidade inicial (v_0) do lançamento.

10) Determine o ângulo (em relação à horizontal) de lançamento do objeto.

III. Produção da videoaula experiment

1. A videoaula-experimento deve conter necessariamente

- breve introdução explicando o que (e como) foi feito o experimento. Quais são os objetivos do trabalho?
- filmagem do lançamento completo do grupo.
- desenvolvimento completo do roteiro incluindo
- cálculo da velocidade inicial vertical, com o respectivo “teste de confiabilidade” apresentado.
- cálculo da velocidade horizontal com o detalhamento do método usado.
- cálculo da velocidade inicial.
- cálculo do ângulo do lançamento.

2. Serão usados como critérios de avaliação

- qualidade da filmagem;
- fidelidade aos procedimentos;
(*O grupo seguiu os passos do procedimento e apresentou-os todos no vídeo?*)
- roteiro;
(*O grupo propôs uma forma clara de abordar o conteúdo?*)
- clareza da apresentação;
(*A abordagem proposta pelo grupo explora os conceitos de física e os recursos de forma a tornar a videoaula-experimento fluida e objetiva?*)
- “fator surpresa”.
(*A apresentação do grupo surpreende positivamente por algum motivo?*)

Um ótimo trabalho pra vocês!

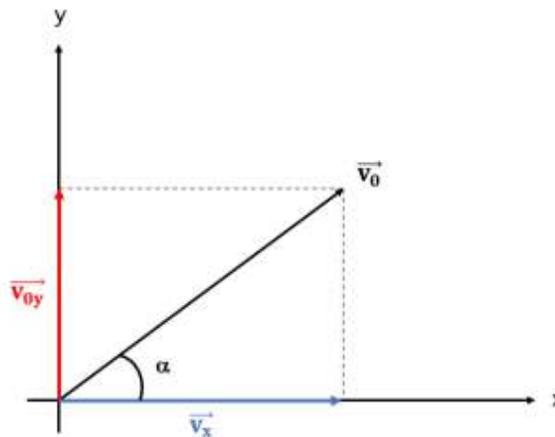
Comentários

Nesta etapa da SEI, as dificuldades quanto ao entendimento da SEI e a consequente elaboração de procedimentos experimentais já são mínimas, porém nos deparamos com a novidade da necessidade da decomposição do movimento oblíquo.

O professor não pode perder a oportunidade de revisar vetores caso perceba qualquer dificuldade, já que é um excelente momento para mostrar uma aplicação prática de um assunto que se mostra extremamente abstrato aos estudantes.

Sugerimos então iniciar mostrando a figura a seguir a discutir a utilização de relações trigonométricas num triângulo retângulo para mostrar como se relacionam v_0 , v_x , v_{0y} e α .

Figura 9 – Vetor \vec{v}_0 e suas componentes horizontal (\vec{v}_{0x}) e vertical (\vec{v}_{0y})



Fonte: acervo do autor.

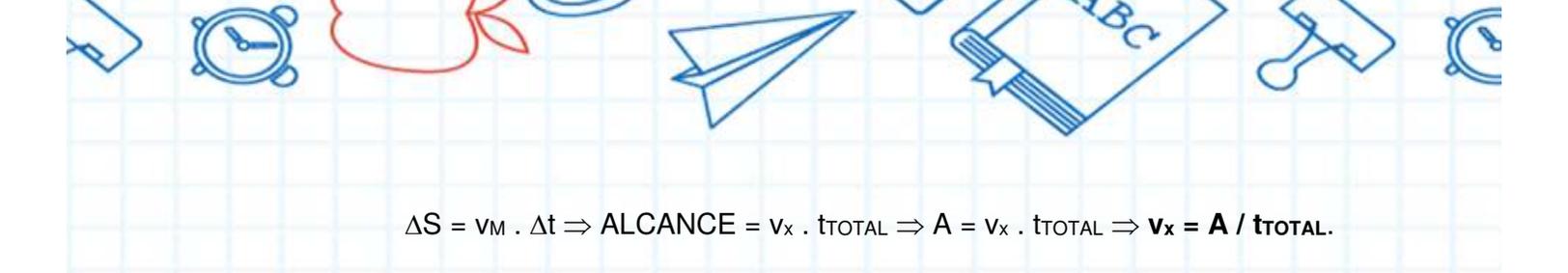
$$\text{sen}\alpha = v_{0y} / v_0$$

$$\text{cos}\alpha = v_x / v_0$$

$$\text{tg}\alpha = v_{0y} / v_x$$

Iniciamos então com a determinação das componentes horizontal (v_x) e vertical inicial (v_{0y}) da velocidade v_0 (velocidade inicial de lançamento).

Sabendo que a componente horizontal é constante (desconsiderando eventuais forças dissipativas),


$$\Delta S = v_M \cdot \Delta t \Rightarrow \text{ALCANCE} = v_x \cdot t_{\text{TOTAL}} \Rightarrow A = v_x \cdot t_{\text{TOTAL}} \Rightarrow \mathbf{v_x = A / t_{\text{TOTAL}}}.$$

Já a componente vertical sofre a influência da aceleração da gravidade local, por isso é uniformemente variável. Seguindo os mesmos procedimentos do experimento sobre lançamento vertical para cima, temos

$$v = v_0 + at \Rightarrow 0 = v_{0y} - g \cdot t_{\text{SUB}} \Rightarrow \mathbf{v_{0y} = g \cdot t_{\text{SUB}}}.$$

Agora, sabendo que as componentes v_x e v_{0y} são perpendiculares entre si, podemos determinar v_0 .

$$v_0^2 = v_x^2 + v_{0y}^2 \Rightarrow \mathbf{v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2}}$$

Para a determinação do ângulo α do lançamento poderemos usar as relações trigonométricas $\text{sen}\alpha$ ou $\text{cos}\alpha$. Assim,

$$\text{sen}\alpha = v_{0y} / v_0 \Rightarrow \alpha = \mathbf{\text{arcsen}(v_{0y} / v_0)}$$

$$\text{cos}\alpha = v_x / v_0 \Rightarrow \alpha = \mathbf{\text{arccos}(v_x / v_0)}$$

Novamente, como já ocorrera no experimento sobre lançamento vertical, os alunos perceberão que não usaram a estimativa da altura máxima até então. O professor pode então relembrar a discussão feita naquele momento e questionar a confiabilidade do cálculo da velocidade inicial determinada, usando as possibilidades destacadas no item 7 do roteiro indicado como referência ao professor.

Ao final, se houver tempo, pode-se fazer uma excelente discussão em torno da confiabilidade dos dados e de como, qualitativamente falando, aumentamos a precisão do experimento ao usarmos uma filmadora para coletar alguns dados.

Finalizado este momento, nosso trabalho experimental chega ao fim, restando agora apenas a avaliação qualitativa, que será realizada por meio da avaliação dos vídeos produzidos pelos alunos em torno deste experimento.



3.7 7º Momento: Avaliação qualitativa (Roteiro – atividade de estudo + vídeo)

3 aulas (1 aula para sistematização dos conteúdos [dúvidas, comentários, ...] e orientações finais quanto à produção do vídeo, 1 aula para assistir aos vídeos e 1 aula para os comentários e considerações finais)

Objetivos gerais:

- desenvolver capacidade de comunicação (dimensões emocional e comportamental).
- organizar-se coletivamente para criar uma apresentação em forma de videoaula para ser apresentado para turmas que não realizaram a SEI (dimensões emocional e comportamental).

Objetivos específicos:

- dominar tecnologias necessárias para a produção de videoaula (editor de vídeo).
- compreender o movimento oblíquo.

Neste momento, que finaliza a SEI, **o foco do professor é verificar se ainda há alguma dúvida por parte dos estudantes.**

Este momento será dividido em três partes:

i) na primeira delas, os alunos terão um tempo para organizar uma discussão entre os grupos para poder socializar com toda a classe, elencando o que puderam aprender com a SEI.

Nas palavras de Carvalho (2013),

“Nesta etapa o papel do professor é muito importante. A aula, neste momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professor, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado”.



É interessante que o professor proponha alguns tópicos que não podem ficar de fora da discussão:

- a. Os experimentos ajudam a entender os conceitos? Mais precisamente falando, fez alguma diferença para a compreensão das equações vê-las aplicadas em situações reais?
- b. Quais aspectos do trabalho neste formato você considera positivos e quais considera negativos em relação às aulas expositivas?
- c. O trabalho em grupo ajudou de alguma forma no alcance dos objetivos de dimensão cognitiva?
- d. Você se sente preparado, do ponto de vista de domínio dos conceitos e de trabalho em grupo, para produzir um vídeo explicativo sobre o tema, que contenha necessariamente, trechos do próprio experimento?

#FICAADICA - 1

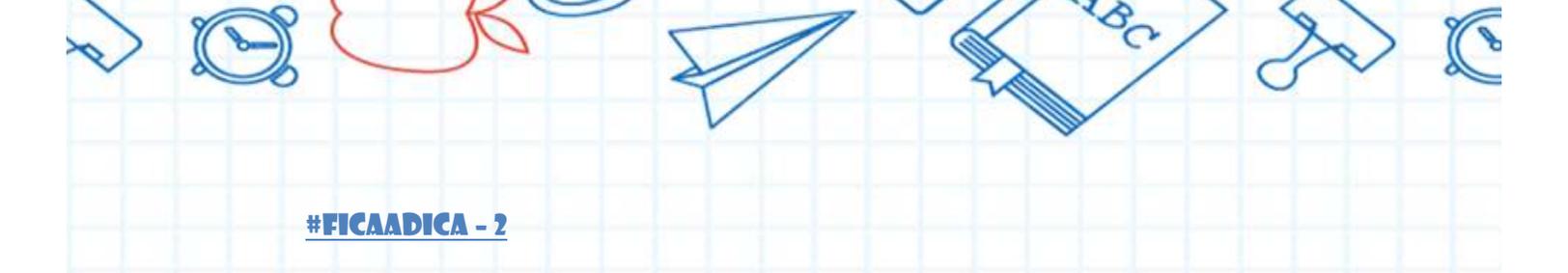
Levante os pontos principais discutidos nos grupos e faça um fechamento, com olhar atento à possíveis erros conceituais que restaram.

Aqui a mediação do professor é indispensável, pois ao conduzir essas interações buscando à construção dos conceitos também será responsável pelo uso adequado da linguagem (CARVALHO, 2013).

ii) Na segunda parte, que deverá ocorrer algum tempo depois (o professor precisa avaliar com a turma quanto tempo é necessário para a produção do vídeo), assistiremos aos vídeos.

Importante destacar se os vídeos seguirão um modelo prévio ou não.

Há aspectos que o professor deseja que todos os grupos abordem ou pode-se deixar a condução livre?



#FICAADICA - 2

Sugerimos estabelecer algumas “regras”, a saber:

- o lançamento deve estar no vídeo (a filmagem, propriamente dita, do objeto sendo lançado deve aparecer).
- deve-se deixar claro como todos os dados foram coletados.
- todos os cálculos devem estar justificados.

iii) A última etapa é uma discussão sobre os vídeos, levantando os pontos positivos e negativos de cada um.

Esta etapa é a última oportunidade de verificar a existência ainda de algum erro conceitual e corrigi-lo. O professor deve estar muito atento a isso e fazer as correções necessárias já que, a partir deste ponto, o assunto só reaparecerá para os alunos através de revisões e/ou exercícios trabalhados de acordo com o planejamento de cada professor.



4. Referências bibliográficas

ALMEIDA, N.C.A. e MALHEIRO, J.M.S, 2019. A experimentação investigativa como possibilidade didática no ensino de matemática: o problema das formas em um clube de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências* V.14, 2019.

ALMEIDA, A. e SASSERON, L.H. As ideias balizadoras necessárias ao professor ao planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo. IX Congresso internacional sobre investigación em didáctica de las ciencias, Girona. 2013.

ARAÚJO, M.S.T de e ABIB, M.L.V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física* vol. 25 nº 2. São Paulo, 2003.

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In CARVALHO, A.M.P. de (Org). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. p19-33.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21(Especial), 9–30, 2014.

BRASIL. LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educacional. Lei 9394/96 BRASIL. Edital PNLD 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

CARVALHO, A.M.P. Uma Metodologia para Estudar os Processos de Ensino e Aprendizagem em Sala de Aula. In F. M. T. Santos & I. M. Greca (Orgs.). *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias*. (2a ed.). Ijuí, RS: Unijuí, 2011.

CARVALHO, A.M.P. de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In Carvalho, A.M.P. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A.M.P. de. Um ensino fundamentado da estrutura da construção do conhecimento científico. *Schème (Revista eletrônica de psicologia e epistemologia genéticas)*. 2017.



CARVALHO, A.M.P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2018.

CARVALHO JR., G.D. de. As concepções de ensino de Física e a construção da cidadania. Caderno catarinenses de ensino de Física, v. 19, n. 1: p. 53-66. 2002.

CASTELLAR, S. M. V.; GERALDI A.M., SCARPA, D.L. Metodologias ativas: ensino por investigação – 1. ed. – São Paulo. FTD, 2016.

DAVIDOV, V.V. O que é atividade de estudo. Revista Escola inicial, 1999.

DE CARVALHO, F.R.; A Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino de Lançamento Oblíquo. Dissertação de mestrado UFSCar; 2017)

FALKEMBACH, E.M. da Fonseca. Diário de campo: um instrumento de reflexão. In: contexto e Educação, nº 7, Juí: Injuí, 1987.

FEDRICKS, J.A.; BLUMENFELD, P.C. e PARIS, A.H. School engagement: potential of the concept, state of the evidence. Review of educational research, 74, 1, 59-109. 2014.

HODSON, D. Hacia um enfoque más critico del trabajo de laboratório. Enseñanza de las Ciencias, v.12, nº 3, 1994

MOREIRA, M.A. Uma análise crítica do ensino de Física. Estudos Avançados vol.32 no.94. São Paulo, 2018.

MOTTA, A.E.M., MEDEIROS, M.D.F. e MOTOKANE, M.T. Práticas e movimentos epistêmicos na análise dos resultados de uma atividade prática experimental investigativa. Alexandria: R. Educ. Ci. Tec., Florianópolis. 2018.

PARANHOS, M.C.R.; PARANHOS, M.L.R.; SOUZA FILHO, L.C.; DOS SANTOS J.R. Metodologias ativas no ensino de Física. Revista UNILUS Ensino e Pesquisa. Santos. 2017.

PELLA, M. O. (1969). The Laboratory and Science Teaching. In H. O. Andersen. Reading in Science Education for the Secondary School. London: MacMillan.

SASSERON, L. H.; CARVAHO, A. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. Ciência e Educação, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.



SASSERON, L. H. (2013). Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In A. M. P. de Carvalho (Org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo, SP: Cengage Learning.

SASSERON, L.H. e DE SOUZA, T.N. O engajamento dos estudantes em aula de Física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise. Investigações em ensino de ciências. São Paulo, 2019.

SASSERON, L.H. O ensino por investigação: pressupostos e práticas. USP/UNIVESP.

SOLINO, A.P. e SASSERON, L.H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. Investigações em Ensino de Ciências, Vol. 23, 2018.

THOMAZ, M.F. A experimentação e a formação de professores de Ciências: uma reflexão. Caderno catarinenses de ensino de Física, v.17, n.3: p.360-369, 2000.