

**Instituto de Física
UFRJ**



**PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE FINAL DE
CURSO**

**A HISTÓRIA DA FÍSICA E
EXPERIMENTOS COMO
FACILITADORES DO ENSINO DE
LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS.**

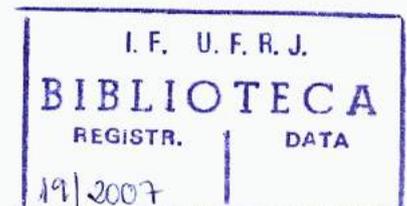
Aluno: Bruno Dutra Madeiro

Orientadoras: Wilma Machado Soares Santos e Penha

Maria Cardoso Dias

Abril / 2007

19/2007



Para meus pais, Maria e Sebastião, meu irmão, Luciano, pelo apoio e confiança.

Agradecimentos

A orientadora Professora Wilma Machado Soares Santos pelo estímulo e dedicação para a realização desse trabalho.

A orientadora Professora Penha Maria Cardoso Dias pela orientação da parte histórica desse trabalho.

Aos professores que participaram da banca examinadora.

Aos meus colegas da UFRJ.

A todos os professores e funcionários do Instituto de Física.

Aos meus amigos que de alguma maneira me apoiaram.

Resumo

Neste trabalho, propomos uma forma alternativa de apresentar conceitos sobre lançamento de um projétil ao aluno do Ensino Médio, inspirado na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nas recomendações dos PCN. Destina-se também aos alunos do curso de Licenciatura em Física.

O conteúdo do trabalho foi elaborado a partir de um levantamento de conhecimentos prévios de alunos da turma 201 e 301, 2ª série e 3ª série do Colégio Helio Alonso, unidade Méier, da rede particular, cujo objetivo principal foi investigar a relevância do tema na vida dos alunos. Experimentos e a história da física foram utilizados como organizadores prévios de acordo com as diretrizes da teoria da Aprendizagem Significativa.

A História da Física, por apresentar os problemas que levaram à formulação de um dado conceito mostra os elementos que dão significado ao conceito. Por isso, acreditamos que ela possa ser integrada ao processo de ensino-aprendizagem significativo, tendo papel fundamental na inclusão dos novos conceitos à estrutura cognitiva.

Com o objetivo de tornar mais interessante o tema em questão, foi elaborada uma simulação utilizando o software didático **MODELLUS**, que ilustra o lançamento de um projétil (bola de futebol).

Sumário

1.	Introdução	7
2.	Metodologia	8
2.1.	Mapa conceitual	10
2.2.	Levantamento de subsunçores	12
2.2.1	Questionário para diagnosticar	12
2.2.2.	Resultado do diagnostico	14
3.	Experimentos	21
3.1.	Roteiro para montagem do experimento	21
3.1.1.	Experimento I	21
3.1.2.	Experimento II	23
3.1.3.	Experimento III	25
3.2.	Questões conclusivas	26
4.	História	28
4.1.	Introdução	28
4.2.	A teoria aristotélica do movimento	28
4.3.	A teoria do Ímpeto	30
4.4.	Galileu Galilei	30
4.4.1.	A queda livre	30
4.4.2.	O princípio da inércia e a gravitação	33
4.4.3.	Movimento uniformemente acelerado	35

4.4.4.	O teorema da velocidade média e a queda dos corpos	36
5.	Teoria	38
5.1.	Força e movimento	38
5.2.	Lançamento horizontal	39
5.3.	Lançamento vertical	40
5.4.	Lançamento oblíquo	41
6.	Plano de aula	45
6.1.	Tema	45
6.2.	Pressupostos conceituais necessários	45
6.3.	Objetivos	45
6.4.	Conteúdos	45
6.5.	Antes da primeira aula	45
6.5.1.	Primeira aula	46
6.5.2.	Segunda aula	46
6.5.3.	Terceira aula	46
6.5.4.	Quarta aula	46
7.	Conclusão	47
8.	Referências bibliográficas	48

1. Introdução

Alguns livros de física para o ensino médio reduzem a Física a um monte de fórmulas, esquecendo-se dos conceitos que existem nesse tipo de movimento. Dessa maneira a física vem se tornando uma disciplina monótona.

Esse trabalho foi elaborado considerando o conhecimento prévio dos alunos, ou seja, o que os alunos já sabiam antes da abordagem do assunto de acordo com a teoria cognitiva construtivista de David Ausubel. Segundo Ausubel, para haver aprendizagem significativa é preciso fazer uma ponte entre a estrutura cognitiva do aluno e o novo conhecimento.

Foi aplicado um questionário para 53 alunos do segundo e terceiro ano do ensino médio da rede particular do colégio Helio Alonso com o objetivo de determinar conhecimentos prévios para extrair e determinar os conceitos para facilitar a estruturação de um plano de aula. A elaboração do questionário foi baseado nas recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) [1], que recomendam que o Ensino Médio deva considerar a interdisciplinaridade e o cotidiano do aluno.

Foram elaborados dois experimentos, um canhão para aprendizagem do lançamento oblíquo de projéteis e um dispositivo para compreender o lançamento horizontal. A Física envolvida no lançamento de projéteis é ilustrada pelo uso de simulação em computador, usando o programa MODELLUS. Os experimentos e a simulação foram utilizados como organizadores prévios de acordo com a teoria de Ausubel.

Utilizando uma abordagem qualitativa, através de experimentos e de um relato histórico, como organizadores prévios, este trabalho teve como objetivo ensinar para os alunos o lançamento de projéteis de acordo com esta proposta alternativa.

2. Metodologia

A metodologia utilizada foi a da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel que é professor Emérito da Universidade de Columbia, em Nova Iorque. É médico-psiquiatra de formação, mas dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional.

É possível diferenciar dois tipos gerais de aprendizagem: cognitiva e psicomotora. A aprendizagem cognitiva é a organização de informações na mente de quem aprende e essa organização é conhecida como estrutura cognitiva. A aprendizagem psicomotora está relacionada a respostas musculares através de treino e prática [2].

A teoria tem como base a idéia que um novo conhecimento torna-se significativo por meio de uma interação com algum conhecimento específico já existente na estrutura cognitiva do aluno, que Ausubel denomina conceito subsunçor. Ele vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, onde elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais [2].

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica como o armazenamento de novas informações sem nenhuma interação com conceitos específicos da estrutura cognitiva, ou seja, não há interação entre o novo conhecimento e aquele já armazenado. Nesse caso, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária. A memorização de fórmulas, leis e conceitos, em Física, pode ser um exemplo de aprendizagem mecânica.

Assim, o processo central da aprendizagem significativa é “a interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o material ou conteúdo de aprendizagem”. Para tanto, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Contrariamente a sumários, que são ordinariamente apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, os organizadores são apresentados num nível mais

alto. Segundo o próprio Ausubel, no entanto, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, afim de que o material possa ser aprendido de forma significativa [3].

A principal função dos organizadores é, então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada. Permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem [3].

Usando as palavras de Ausubel: “As razões para utilizar organizadores são principalmente: a) a importância de se ter idéias pertinentes e, por outro lado, adequadas já disponíveis na estrutura cognitiva para dar significado às idéias novas; b) as vantagens em utilizar as idéias mais gerais e inclusivas de uma disciplina como idéias de consolidação ou inclusores (destacando-se, a idoneidade e a especificidade da sua pertinência, a sua maior estabilidade inerente o seu maior poder explicativo e a sua capacidade integradora); c) o fato de que eles mesmos [os organizadores] se proponham a identificar o conteúdo pertinente que já existe na estrutura cognitiva (e relacionar-se explicitamente), bem como indicar, de uma maneira explícita, a pertinência desse conteúdo com a sua pertinência própria em relação ao novo material de aprendizagem” [3].

Segundo Ausubel, uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o novo conhecimento a ser aprendido seja ligado à estrutura cognitiva do aluno, de maneira substantiva (não – literal) e não arbitrária ao que o aluno já sabe. Um novo conhecimento com essa característica é chamado potencialmente significativo. Porém, não basta que o material seja não-arbitrário, é preciso também que o aluno tenha em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados [2].

Outra condição importante para que ocorra a aprendizagem significativa é que o aluno tenha um compromisso para relacionar com o novo conhecimento de maneira substantiva à sua estrutura cognitiva. Portanto, mesmo o material sendo potencialmente significativo, se a vontade do aluno for simplesmente a de memorizá-lo, a aprendizagem será mecânica. Da mesma maneira, mesmo o aluno

estando disposto para aprender, a aprendizagem será mecânica, se o material não for potencialmente significativo [2].

Deste modo, para que ocorra uma aprendizagem significativa, além do material potencialmente significativo e do interesse do aluno, é preciso que o novo conhecimento possa ser relacionado com a estrutura cognitiva do aluno, ou seja, com os subsunçores específicos ligados a esse novo assunto.

Para diagnosticar as idéias dos alunos foi elaborado um questionário com cinco perguntas, que serviram para analisar o que existia de subsunçores na turma. Esse questionário também foi útil para indicar o que a turma precisava saber.

2.1. Mapa conceitual

De uma maneira bem ampla, mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos. Podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou de parte dela [4]. Ou seja, o mapa conceitual nasce da estrutura conceitual de uma disciplina.

Mapas conceituais são apresentados como instrumentos potencialmente úteis no ensino, na avaliação da aprendizagem e na análise do conteúdo curricular.

Como instrumentos didáticos, os mapas podem ser usados para mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados em uma aula. Eles explicitam relações de subordinação e superordenação que possivelmente afetarão a aprendizagem de conceitos [4].

Outra maneira de utilizar o mapa conceitual é na avaliação da aprendizagem. Não no sentido de dar uma nota ao aluno, a fim de classificá-lo de alguma maneira, mas no sentido de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno vê para um dado conjunto de conceitos.

Na análise do conteúdo curricular, os mapas conceituais podem ser uma ferramenta importante para distinção entre conteúdo curricular e conteúdo instrumental. Ou seja, entre o conteúdo que se espera que seja aprendido e aquele que servirá de veículo para a aprendizagem.

Existem várias maneiras de traçar um mapa conceitual, ou seja, há diferentes modos de representar uma hierarquia conceitual em um diagrama. Além disso, mapas conceituais traçados por diferentes pessoas em uma mesma área de conhecimento, provavelmente, refletirão pequenas diferenças de compreensão e interpretação das relações entre conceitos dessa área. Isto é, qualquer mapa conceitual deve ser visto apenas como uma das possíveis representações de uma certa estrutura conceitual.

O mapa conceitual a seguir mostra os conceitos usados para a abordagem da teoria dos projéteis voltada para o ensino médio.



2.2. Levantamento de subsunçores

Foi aplicado um questionário para 53 alunos do segundo e terceiro ano do ensino médio do colégio da rede particular Helio Alonso – Méier. Esses alunos já haviam aprendido de forma tradicional todo o conteúdo referente a lançamento de projéteis.

As cinco questões visaram ao máximo checar o que os alunos haviam realmente aprendido sobre formalização do conhecimento científico, considerando-se um bom caminho para encontrar os subsunçores e perceber a capacidade de observação de fenômenos físicos por parte dos alunos.

2.2.1. Questionário para diagnosticar

1. Você concorda que o tempo de permanência no ar de um projétil lançado horizontalmente será tanto maior quanto maior for a velocidade de arremesso? Justifique.

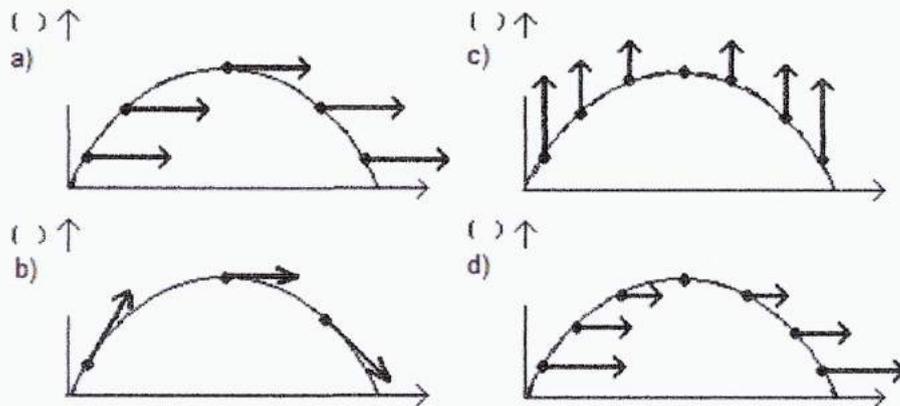
Resposta: **Não.**

No eixo horizontal temos que: $x = V_0 \cdot t$, $V_x = V_0$. Logo a velocidade de arremesso modifica o alcance do projétil.

A única força a agir é a atração da Terra (força peso), com isso temos que: $(F = P)$, ou então, $a = g$, ou seja, a aceleração do movimento é a aceleração da gravidade. Dessa maneira, no eixo vertical, temos que: $h = h_0 + v_0 \cdot t + \frac{gt^2}{2}$.

Como no eixo vertical não existe velocidade inicial v_0 e admitindo a altura inicial h_0 igual a zero, a equação se reduz a: $h = \frac{gt^2}{2}$, logo o tempo não depende da velocidade.

2. Imagine o goleiro da seleção brasileira cobrando um tiro de meta, ou seja, jogando a bola para seus companheiros no meio de campo. Com relação ao vetor velocidade da bola, marque a opção correta:



Resposta: **Letra b. A velocidade é tangente à trajetória.**

3. Considerando o enunciado anterior, quando a bola atingir a altura máxima qual será o valor da velocidade em relação ao eixo vertical e ao eixo horizontal? Justifique.

Resposta: **No eixo vertical a velocidade é nula. Caso contrário a bola iria continuar subindo.**
No eixo horizontal a velocidade permanece constante. $V = V_x$.

4. A figura representa dois canhões idênticos.



Em relação ao alcance de um projétil lançado por cada canhão, podemos afirmar que os alcances A do canhão A e B do canhão B são:

- a) $A = B$
- b) $A > B$
- c) $A < B$

Resposta: **Letra a.** De acordo com a equação (23), temos que $A = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen}2\theta}{g}$, e sendo $\text{sen } 60^\circ = \text{sen } 120^\circ$; tem-se que $A=B$.

5. Um avião precisa soltar um saco de mantimentos a um grupo de sobreviventes que está num navio. Considerando a velocidade horizontal do avião constante, podemos afirmar que o saco de mantimentos deve ser solto do avião quando:

- a) o avião estiver antes do navio.
- b) o avião estiver exatamente em cima do navio.
- c) o avião estiver depois do navio.

Resposta: **Letra a.** Por que o saco de mantimentos descreve uma trajetória parabólica.

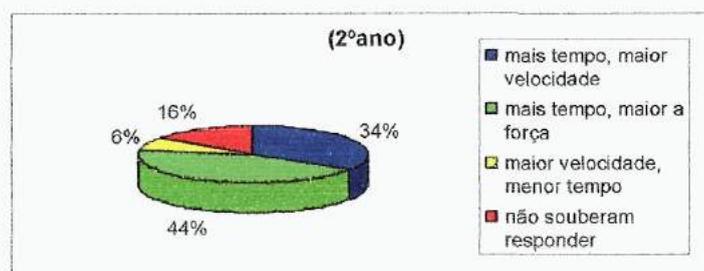
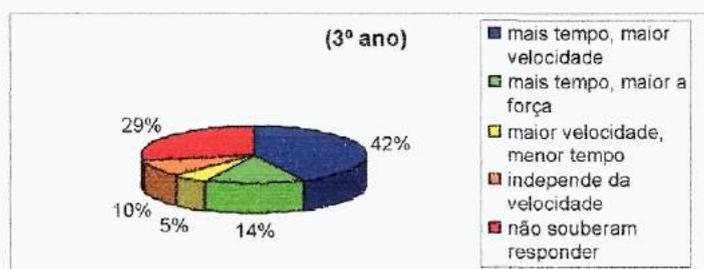
2.2.2. Resultados do diagnóstico

Os gráficos abaixo representam as respostas obtidas pelos alunos. Cada turma teve uma análise individual, por isso vamos obter em cada questão dois gráficos, um para cada turma. A análise feita depois da aula dada só foi possível com a turma de 2º ano porque os alunos do 3º ano estavam estudando para o vestibular. Os subsunçores considerados em cada resposta são indicados abaixo de cada grupo de gráfico.

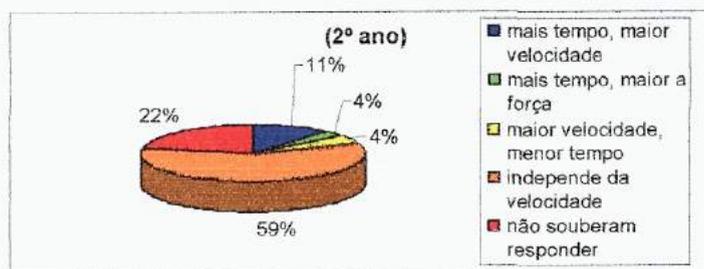
Questão 1

1. Você concorda que o tempo de permanência no ar de um projétil lançado horizontalmente será tanto maior quanto maior for a velocidade de arremesso? Justifique.

(antes)



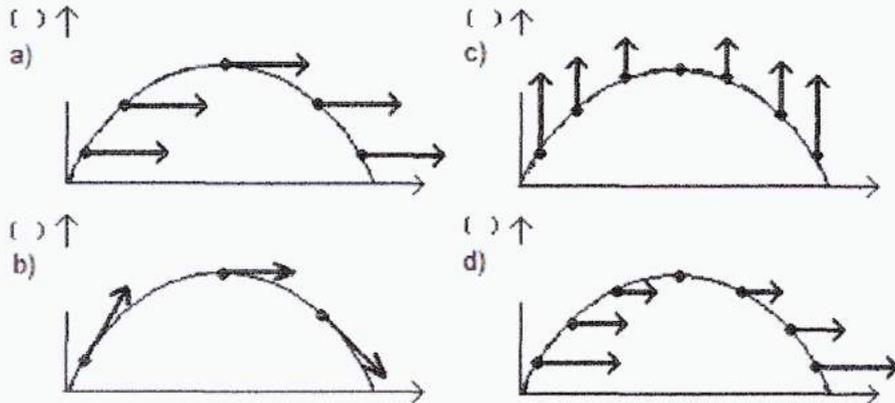
(depois)



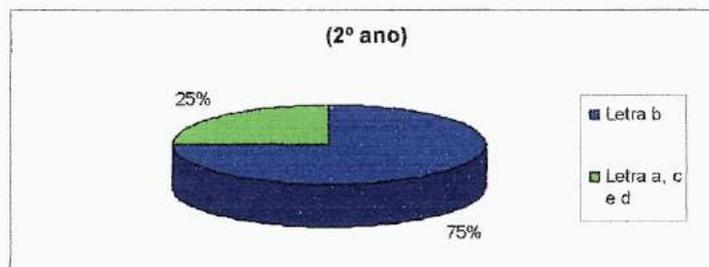
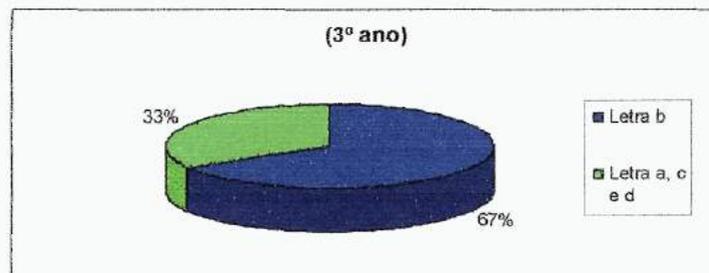
Subsunçor: não depende da velocidade

Questão 2

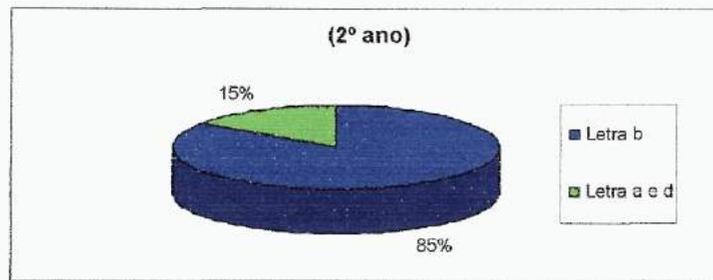
2. Imagine o goleiro da seleção brasileira cobrando um tiro de meta, ou seja, jogando a bola para seus companheiros no meio de campo. Com relação ao vetor velocidade da bola, marque a opção correta:



(antes)



(depois)

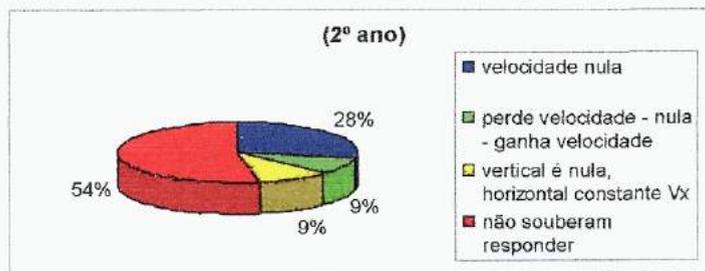
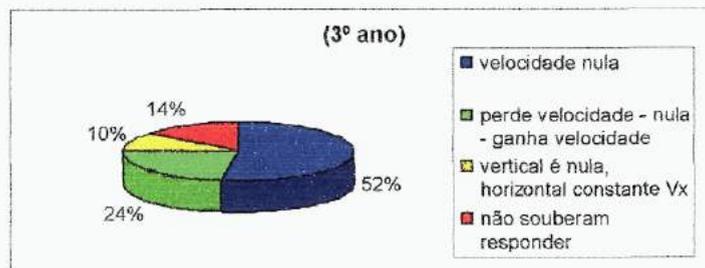


Subsunção: letra b

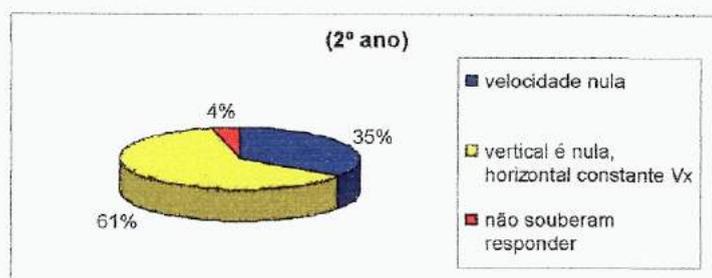
Questão 3

3. Considerando o enunciado anterior, quando a bola atingir a altura máxima qual será o valor da velocidade em relação ao eixo vertical e ao eixo horizontal? Justifique.

(antes)



(depois)



Subsunçor: vertical nula, horizontal constante V_x

Questão 4

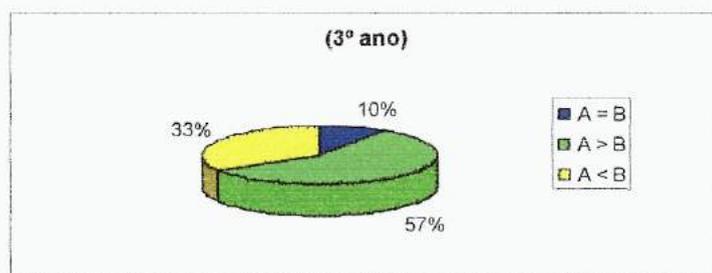
4. A figura representa dois canhões idênticos.

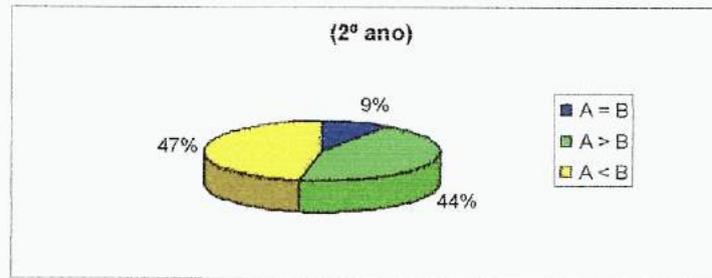


Em relação ao alcance de um projétil lançado por cada canhão, podemos afirmar que os alcances A do canhão A e B do canhão B são:

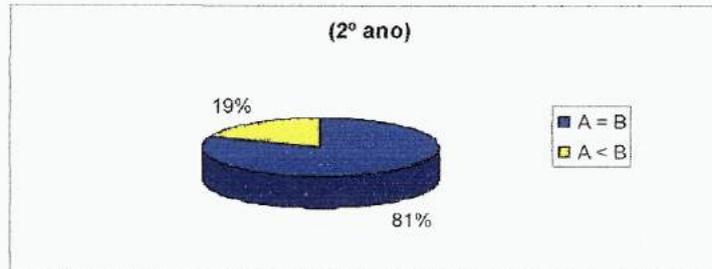
- a) $A = B$
- b) $A > B$
- c) $A < B$

(antes)





(depois)



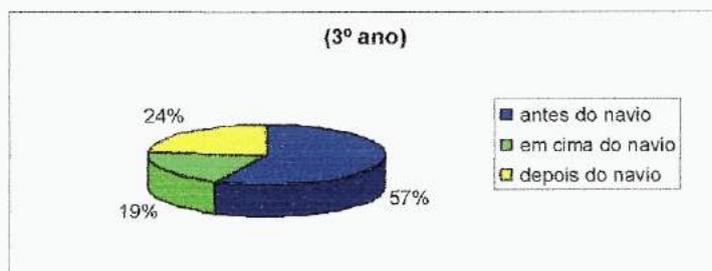
Subsunção: $A = B$

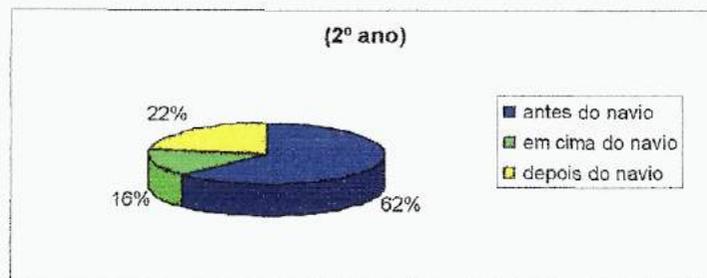
Questão 5

5. Um avião precisa soltar um saco de mantimentos a um grupo de sobreviventes que está num navio. Considerando a velocidade do avião constante, podemos afirmar que o saco de mantimentos deve ser solto do avião quando:

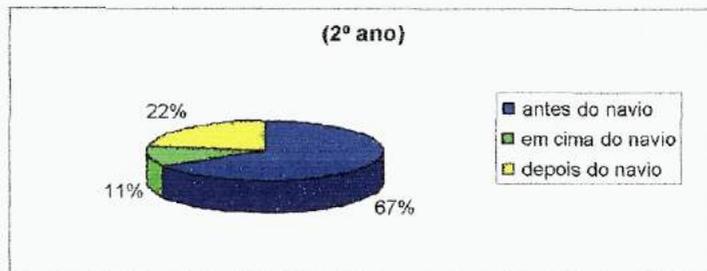
- o avião estiver antes do navio.
- o avião estiver exatamente em cima do navio.
- o avião estiver depois do navio.

(antes)





(depois)



Subsunção: estiver antes do navio

Podemos ver pelas respostas que não existe uma superioridade de acerto da turma do terceiro ano em relação ao segundo ano. No entanto na turma do 2º ano os alunos apresentaram uma melhora conceitual significativa.

Questão	Antes	Depois
1ª	0%	59%
2ª	75%	85%
3ª	9%	61%
4ª	9%	81%
5ª	62%	67%

3. Experimentos

Alguns modelos experimentais foram elaborados para criar uma motivação entre os alunos e organizar e facilitar a aprendizagem.

3.1. Roteiro para a montagem do experimento

3.1.1. Experimento I

- Objetivo: mostrar que o vetor velocidade num lançamento oblíquo é sempre tangente a trajetória. Verificar o movimento parabólico em um lançamento horizontal.
- Conteúdos básicos: decomposição de vetores, movimento uniforme, movimento uniformemente variado e queda dos corpos.
- Material utilizado:
 - computador
 - programa MODELLUS
- Descrição:

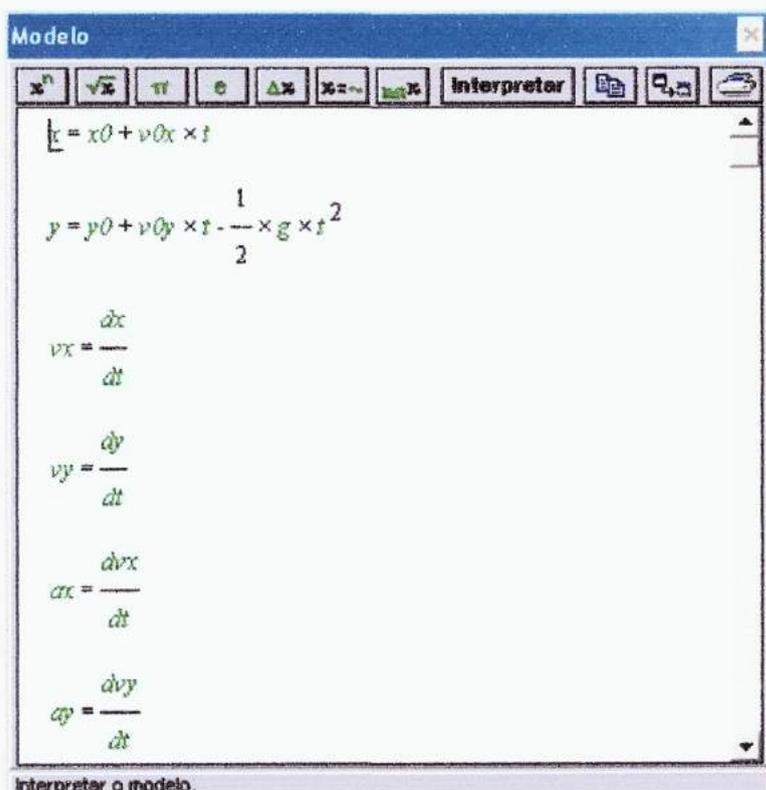


Figura 1 – Modelo teórico utilizado no programa

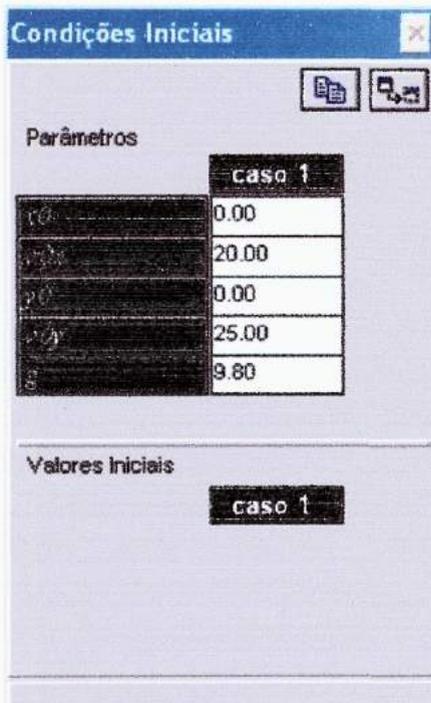


Figura 2 – Condições iniciais

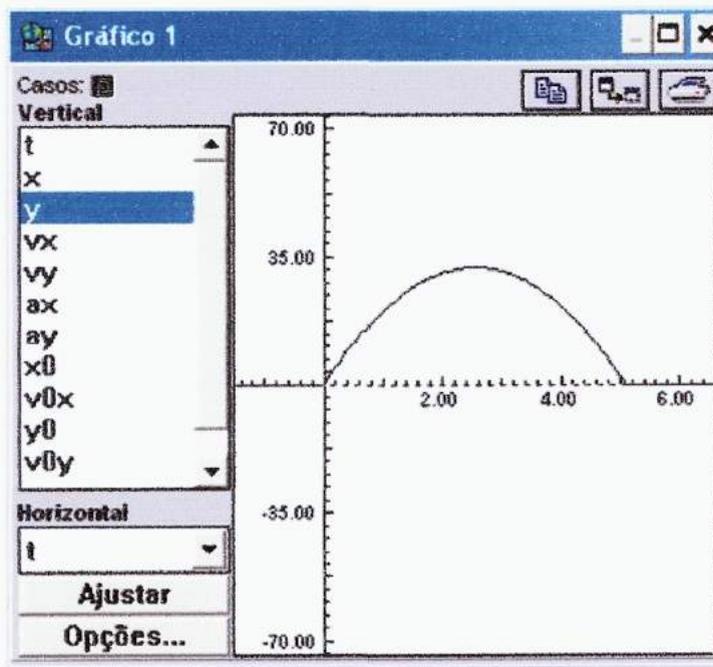


Figura 3 – Gráfico y x t

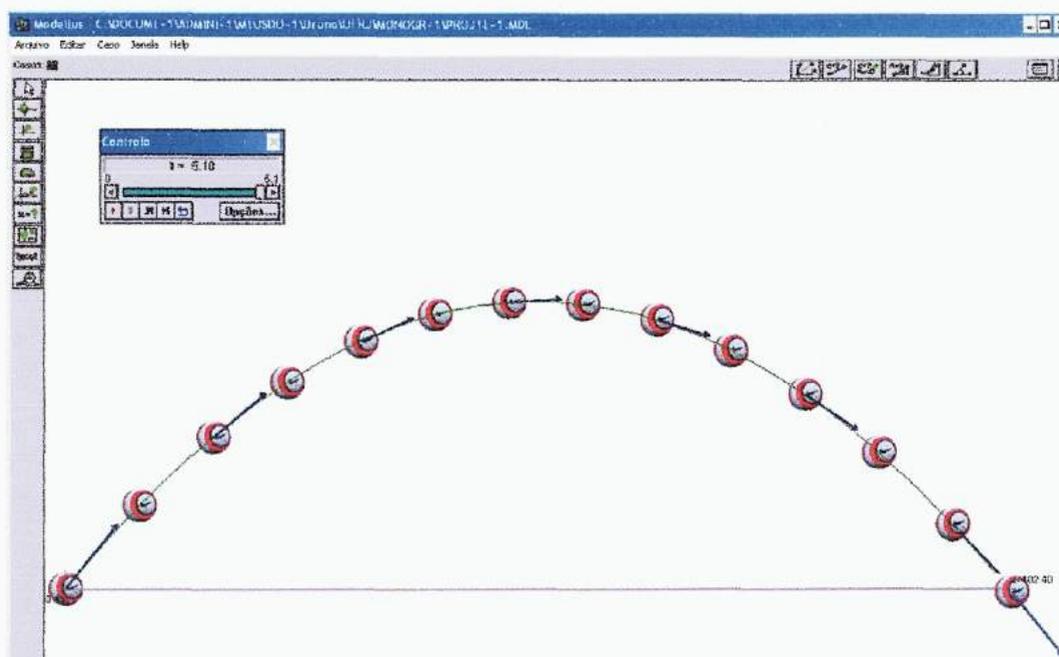


Figura 4 – Animação

- Procedimento experimental.

O primeiro passo no programa Modellus é definir o modelo teórico. Na figura 1 temos um conjunto de equações para visualizar o lançamento de um projétil. O próximo objetivo é definir as condições iniciais, tais como: posição inicial do projétil nos eixos x e y , velocidade inicial e a aceleração da gravidade (figura 2).

Dessa maneira, podemos visualizar um gráfico (figura 3) e até mesmo criar uma animação para ilustrar o lançamento de um projétil (figura 4).

3.1.2. Experimento II – Estilingue

Este experimento auxilia na construção dos conceitos abordados na questão 1.

Objetivos: mostrar que no lançamento horizontal, partindo de uma mesma altura, o tempo de permanência no ar de um projétil não depende da velocidade inicial e nem da massa.

- Conteúdos básicos: movimento uniforme, movimento uniformemente variado, queda dos corpos e segunda lei de Newton.

● Material utilizado:

- Calha de alumínio (dimensões: 17 cm x 2 cm x 1 cm)
- Madeira (dimensões: 18 cm x 5.5cm x 3 cm)
- Mola
- Barra de ferro (dimensão: 9.5cm x 1 cm)
- Borracha
- Parafusos
- Bilha de aço ou bola de gude

● Descrição:



Figura 5 – Dispositivo para realizar o lançamento horizontal.

● Construção do equipamento.

- Abra uma concavidade no canto superior no lado maior da madeira (dimensões: 9 cm x 1cm x 1cm).
- Fixe a barra de ferro acima da concavidade. Ela terá como função travar a calha de alumínio.
- Fixe o centro da calha na madeira de maneira que a barra de ferro consiga travá-la. Antes faça em cada extremidade da calha um furo (diâmetro: 0.5cm) para a bilha de aço ficar “presa”.
- No lado oposto da barra de ferro prenda uma extremidade da mola na calha e a outra no fim da madeira.

Faça os ajustes que forem precisos e divirta-se!

Faça diversos lançamentos variando a massa dos projéteis (bilha de aço) e observe o que acontece. Podemos dizer que a massa altera o tempo de queda?

3.1.3. Experimento III – Canhão.

Este experimento ajuda na construção dos conceitos abordados na questão 4.

- **Objetivos:** mostrar que num lançamento oblíquo ângulos diferentes podem ter o mesmo alcance. Verificar quando o alcance é máximo.
- **Conteúdos básicos:** movimento uniforme, movimento uniformemente variado, queda dos corpos e segunda lei de Newton.

● **Material utilizado:**

- Madeira
- Peça de PVC
- Mola
- Braçadeira
- Pregos
- Barra de ferro

● **Descrição:**



Figura 6 – Canhão construído para estudar o lançamento oblíquo.

● Construção do equipamento.

- Pegue a madeira e faça:

• O fundo do canhão (dimensões: 28 cm x 10 cm)

• A lateral (dimensões: 11 cm x 8 cm)

• Rodas (diâmetro: 9 cm)

- Abra duas fendas do tamanho da deformação da mola no PVC.

- Monte o canhão fixando a braçadeira na lateral. Tampe o fundo do PVC para fixar a mola.

Você pode usar sua criatividade fazendo outros modelos de canhões.

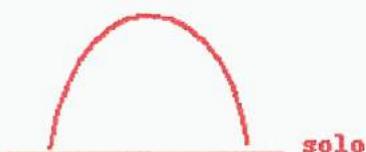
Faça alguns ajustes e divirta-se ainda mais!

Monte uma tabela relacionando o ângulo de lançamento com o alcance do projétil. Dica: defina os ângulos, tais como: 30° , 45° , 60° , 75° e 90° . O que podemos observar nos alcances encontrados?

3.2. Questões conclusivas

1. Um menino, andando de “skate” com velocidade de módulo $v = 2.0$ m/s numa pista horizontal lança para cima uma bolinha de gude com velocidade de módulo $v = 3.5$ m/s e a apanha de volta. Esboce a trajetória descrita pela bolinha em relação à terra.

Resposta:



2. O canhão “Big Bertha” que foi construído pelos alemães. Consistia em um enorme tubo de aço, com 34 m de comprimento e mais de 1 m de diâmetro. O conjunto pesava 750 toneladas e suas balas, de 120 kg, tinham 1 m de comprimento e 21 cm de diâmetro. A carga de pólvora era de 150 kg, lançando o projétil com uma velocidade inicial de 2000 m/s. O projétil gastava 3,5 minutos para alcançar Paris, dos quais 2 minutos eram passados na estratosfera. Para que o alcance desse canhão seja máximo, qual deve ser o ângulo de lançamento? Despreze o atrito.

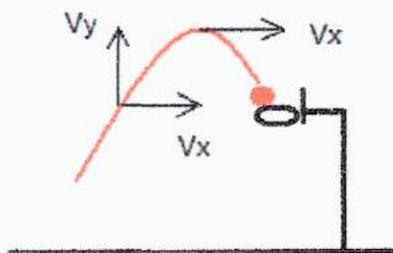
Resposta: **Como vimos no experimento III, para que o alcance seja máximo o ângulo deve ser de 45 graus.**

3. Dois garotos lançam cada um uma bilha de aço de uma mesma altura do topo de um pequeno prédio. Ambas as bilhas têm velocidades iniciais horizontais, com módulos V^1 e V^2 tais que $V^2 = 2V^1$. Determine a relação entre os tempos t^1 e t^2 que cada bilha leva para atingir o solo;

Resposta: **Como sabemos que o tempo de queda não depende da velocidade horizontal, concluímos que os tempos são iguais.**

4. Um jogador de basquete arremessa uma bola em direção a cesta. Esboce as componentes da velocidade da bola no ponto mais alto. E entre o ponto mais alto e o solo.

Resposta: **No ponto mais alto só teremos velocidade no eixo x, caso contrário à bola iria continuar subindo. Antes de alcançar o ponto mais alto teremos velocidade nos dois eixos.**



4. História

4.1. Introdução

A bola chutada pelo goleiro no tiro de meta, a pedra arremessada pelo garoto com o estilingue, a bala atirada por um canhão; todos esses objetos descrevem um mesmo tipo de movimento: o movimento dos projéteis.

O movimento dos projéteis teve para a física grande importância histórica e conceitual. A “queda” foi discutida durante a antiguidade e a Idade Média e a crítica foi importante para o nascimento da Física.

4.2. A teoria aristotélica do movimento

Na ciência física medieval imaginava-se existir uma diferença entre os objetos terrestres e os objetos celestes. Acreditava-se que a matéria terrestre era composta por uma mistura de quatro elementos—Terra, Água, Ar e Fogo. Esses eram ou pesados ou leves, de acordo com a sua “natureza”. Cada elemento possuía um **lugar natural** na região sublunar; esses lugares naturais eram esferas concêntricas, centradas no Centro do Universo. A Terra havia caído, há muito, para o Centro do Universo. No lugar mais alto, estaria a esfera do Fogo; abaixo, a esfera do Ar, depois da Água e, na posição mais baixa, a Terra. Imaginava-se, também, que cada elemento deveria procurar o seu próprio lugar, ou seja, se o Fogo fosse colocado para abaixo de sua posição natural, tenderia a subir através do Ar; da mesma forma o Ar tenderia a subir através da Água. Assim, a cada uma das naturezas, compreendia um “Movimento natural”. Os elementos pesados moviam-se em linha reta para baixo, ou seja, para o Centro do Universo ([5, p.39], [6]).

Os pensadores grego-romanos acreditavam, ainda, que as estrelas, os planetas e os outros corpos celestes eram diferentes dos objetos terrestres. Imaginava-se que os corpos celestes eram formados por um quinto elemento, a quinta-essência¹. O movimento natural de objetos compostos deste elemento não era nem a queda nem a ascensão, mas sim uma revolução circular em torno do centro do universo. Embora em movimento, os corpos celestes estariam sempre

¹ De quinta essentia, ou seja, quinta essência. Em grego antigo, o termo utilizado era aether (ou éter).

nos seus lugares naturais. Logo, eles seriam diferentes dos objetos terrestres [5, p.40], [6].

Esta teoria foi aceita, também, pelo filósofo grego Aristóteles, no século IV A.C.

Como uma pedra chega ao chão mais depressa que uma folha, o peso determinava a velocidade de queda. Esse pensamento concordava com a idéia de que a causa da queda era a ida natural para o Centro do Universo. Quanto maior fosse o conteúdo “terra”, maior seria a vontade para alcançar o lugar natural, desenvolvendo, então, uma maior velocidade de queda. Outro fator determinante da velocidade era a resistência do meio, ou seja, objetos caem mais devagar através da água do que do ar. Com isso, concluiu que a velocidade de queda seria obtida pelo quociente do peso pela resistência do meio. Juntas, essas conseqüências poderiam ser escritas, em notação moderna, $v \propto \frac{W}{R}$ [7].

Aristóteles discutiu o movimento violento, esse é o movimento não natural. Esse movimento acontece, quando o objeto é provocado por uma “força”² e a velocidade desse movimento deveria crescer à medida que a “força” aumentasse.

Segundo a teoria, “tudo que se move é movido”, ou seja, puxado ou empurrado. Para que um movimento se mantivesse, era preciso “algo” em contato com o corpo, que o empurrasse ou puxasse. Era preciso identificar esse “algo”. No caso do movimento violento – projétil, por exemplo – Aristóteles atribuiu ao meio – o ar – a capacidade de empurrar o corpo. No caso de uma pedra lançada, o movimento inicial seria proveniente de quem a atirou; esse movimento seria transmitido à camada de ar subjacente, que, então, empurraria a pedra e transmitiria movimento à camada seguinte e, assim, sucessivamente. O “poder” vai-se enfraquecendo, prevalecendo o movimento natural.

Essas idéias foram criticadas durante a Idade Média Latina. Filopono (século VI D.C.) propôs que a relação entre velocidade e meio fosse algo como $v \propto W - R$. A idéia de “tudo que se move é movido” vai prevalecer até muito mais tarde. Porém, a identificação daquele “algo” é debatida [7].

² “Força” é um “poder” e não “força” no sentido moderno.

4.3. A teoria do ímpeto

Na Idade Média, houve propostas diferentes para o movimento violento. O ar não seria mais o responsável pelo movimento contra a natureza, mas sim a capacidade que o corpo possui para armazenar e conservar a força inicial daquilo que o impulsiona.

Jean Buridan, um dos formuladores da Teoria do Ímpeto comenta [7]:

Enquanto o propulsor move o projétil, imprime nele certa impulsão capaz de movê-lo na direção desejável. É essa impulsão que movimentava a pedra depois que o atirador cessou de movê-la. Porém, tanto pela resistência do ar como pela gravidade, que inclina a pedra a mover-se em sentido diferente do que foi lançada, essa impulsão de enfraquece continuamente, sendo finalmente vencida e destruída. A gravidade então sobrepõe-se a ela, movendo a partir daí a pedra em direção ao seu lugar natural.

Segundo a Teoria do Ímpeto, haveria um primeiro momento no qual o impulso inicial venceria a tendência natural de que o corpo se deslocaria na direção do arremesso; quando o ímpeto começasse a se esgotar, a tendência natural pra baixo dominaria.

4.4. Galileu Galilei

4.4.1. A queda livre

Em seu livro *Discursos e Demonstrações Matemáticas Relativas a Duas Novas Ciências Pertencentes à Mecânica e ao Movimento* (1638), Galileu discutiu a queda livre e utiliza o diálogo entre três oradores: *Simplicio*, o competente representante do ponto de vista aristotélico; *Salviatti*, o apresentador das novas idéias de Galileu, *Sagredo*, o personagem intelectualmente não comprometido, de boa vontade e espírito aberto, ansioso por aprender. Ouçamos os três oradores de Galileu a discutirem o problema de queda livre [apud, 5]:

Salviatti: Tenho sérias dúvidas que Aristóteles tenha alguma vez verificado experimentalmente se é verdade que duas pedras, deixadas cair de uma mesma altura de, digamos, 100 cúbitos, e uma delas pesando 10 vezes mais que a outra, adquirissem velocidades tão diferentes que, quando a mais pesada tocasse o solo, a mais leve não tivesse se não caído de 10 cúbitos. (1 cúbito mede cerca de 50 cm).

Simplicio: As suas palavras indicariam que ele teria tentado a experiência, pois ele diz: "Nós vemos a mais pesada"; ora a palavra vemos mostra que ele realmente fez a experiência.

Sagredo: Mas, Símplicio, eu fiz a experiência posso garantir que uma bala de canhão, pesando uma ou duas centenas de libras ou mesmo mais, não tocará o chão com mais do que uma mão-travessa de avanço de uma bala de mosquete, pesando apenas meia libra, desde que ambas tenham sido largadas de uma altura de 200 cúbitos. (uma libra equivale a 453,6 gramas).

Salviatti: Mas, mesmo sem qualquer outra experiência, é possível provar claramente, por meio de um argumento curto e concludente, que um corpo mais pesado que outro não se move mais rapidamente que este, desde que ambos sejam do mesmo material e, em resumo, tais como mencionados por Aristóteles. Mas diz-me, Símplicio, se admites que cada corpo em queda adquire um valor definitivo de velocidade, fixado pela natureza, uma velocidade que não pode ser aumentada ou diminuída exceto pelo uso de uma violência ou de uma resistência?

Simplicio: Não poderá existir qualquer dúvida de que um corpo, movendo-se num meio simples, tem uma velocidade fixa determinada pela natureza, que não pode ser aumentada senão pela adição de ímpeto ou diminuída senão por alguma resistência que o trave.

Salviatti: Se tomarmos então dois corpos de velocidades diferentes é evidente que, ao uni-los, o mais rápido será parcialmente retardado pelo mais lento e que o mais lento será de alguma maneira apressado pelo outro. Não concordas comigo?

Simplicio: Sem dúvida.

Salviatti: Mas se isto for verdade e se uma pedra bem grande se move com uma velocidade de, digamos, oito, enquanto que uma outra mais pequena se move com uma velocidade de quatro, então quando as duas estiverem unidas o sistema mover-se-á a uma velocidade menor que oito; mas as duas pedras juntas formam uma pedra maior que a que se movia antes com a velocidade de oito. Consequentemente, o corpo mais pesado move-se mais devagar que o mais leve, um efeito que é contrário àquilo que supões. Vês assim como, a partir da tua suposição de que o corpo

mais pesado se move mais rapidamente que o mais leve, posso concluir que o corpo mais pesado se move mais lentamente.

Simplicio: Não sei que dizer... Isso está, na verdade, para lá da minha compreensão.

Simplicio: O teu argumento é realmente admirável; mas mesmo assim não me parece fácil de acreditar que um pequeno grão de chumbo caia tão velozmente como uma bala de canhão.

Salviati: Por que não dizer o mesmo de um grão de areia e de uma mó? Mas, Simplicio, acredito que não seguirás o exemplo de muitos outros que desviam a discussão da sua principal finalidade, atirando-se a qualquer afirmação minha que se afaste da verdade apenas pela espessura de um cabelo e escondendo atrás desse cabelo o erro de um outro, tão grosso como o cabo de um navio. Aristóteles afirma que uma pedra de ferro de uma centenas de libras de peso largada da altura de 100 cúbitos atinge o chão antes que uma outra esfera de uma libra de peso tenha caído um simples cúbito. Eu afirmo que elas chegam ao chão ao mesmo tempo. Ao fazeres a experiência, verificas que a esfera mais pesada ganha sobre a outra apenas um avanço igual à espessura de dois dedos... Não irás agora esconder por detrás desses dois dedos os 99 cúbitos de Aristóteles, nem mencionarás o meu pequeno erro, passando em silêncio sobre o seu erro enorme.

Nesse diálogo Galileu chama atenção que diferentes corpos caindo de uma mesma altura não atingem o chão exatamente no mesmo instante. Porém, a grande questão é que os instantes são aproximadamente os mesmos. Essa idéia era contrária a física medieval, e para derrubar a teoria aristotélica, Galileu utilizou além do seu estilo literário, seu talento matemático e sua habilidade experimental.

4.4.2. O princípio da inércia e a gravitação

Galileu utiliza mais uma vez o diálogo para explicar o Princípio da Inércia. O diálogo é o seguinte [apud, 6]:

Salviati: Agora me diga: Suponha que você tenha uma superfície plana, lisa, feita de um material como o aço. Ela não está paralela com o solo e, em cima dela, você coloca uma bola perfeitamente esférica e feita de um material pesado, como o bronze. O que você acredita que irá acontecer, quando a bola for solta? Você não acredita, como eu, que ela permanecerá parada?

Simplicio: A superfície está inclinada?

Salviati: Sim, isso foi assumido.

Simplicio: Não acredito que ela permanecerá parada; pelo contrário, tenho certeza de que ela irá espontaneamente rolar para baixo.

Salviati: Durante quanto tempo você acha que a bola permanecerá rolando e com qual velocidade? Lembre-se que eu disse que era uma bola perfeitamente esférica e uma superfície altamente polida, de modo a remover todos os impedimentos acidentais e externos. Da mesma forma, eu quero que você despreze, também, qualquer impedimento do ar, causado por sua resistência à separação, e todos os outros obstáculos acidentais, se existir algum.

Simplicio: Eu o compreendi perfeitamente e lhe respondo que a bola continuaria a mover indefinidamente, tão longe quanto a inclinação da superfície se estendesse e com um movimento continuamente acelerado. Pois tal é a natureza dos corpos pesados; e, quanto maior a rampa, maior seria sua velocidade.

Salviati: E se alguém quisesse que a bola se movesse para cima, nessa mesma superfície, você acha que a bola poderia ir?

Simplicio: Não espontaneamente; não. Mas arrastada ou atirada forçadamente, ela iria.

Salviati: E se a bola fosse arremessada com um ímpeto forçadamente impresso nela, qual seria seu movimento e quão rápido?

Simplicio: O movimento iria constantemente diminuir e seria retardado, sendo contrário à natureza, e teria uma duração maior ou menor, de acordo com um maior ou menor impulso e menor ou maior aclave.

Salviati: Muito bem; até aqui você me explicou o movimento sobre dois planos diferentes. Em um

declive, o corpo pesado desce espontaneamente e continua acelerando e mantê-lo em repouso requer força. No aclave, uma força é necessária para arremessá-lo e até para mantê-lo parado e o movimento impresso diminui continuamente até ser inteiramente aniquilado. Você diz, também, que uma diferença nos dois casos se origina no maior ou menor inclinação do plano, de forma que, em um declive, uma velocidade maior se segue de uma maior inclinação, enquanto que, ao contrário, em um aclave, um dado corpo em movimento, arremessado com uma força dada, move-se mais longe, de acordo com uma menor inclinação.

Agora, diga-me o que aconteceria, se o mesmo corpo em movimento fosse colocado numa superfície sem aclave ou declive.

Simplicio: Não havendo declive, não haveria tendência natural ao movimento; não havendo aclave, não haveria resistência a ser movido. Assim, haveria uma indiferença quanto à propensão e à resistência ao movimento. Parece-me que a bola deveria permanecer naturalmente estável.

Salviati: Acho que isso é o que aconteceria, se a bola fosse colocada firmemente. Mais o que aconteceria, se fosse dado à esfera um impulso, em qualquer direção?

Simplicio: Deve ser concluído que ela se moveria naquela direção.

Salviati: Mas com que tipo de movimento? Um continuamente acelerado, como declive, ou um continuamente retardado, como no aclave?

Simplicio: Não havendo aclave ou declive, não posso ver uma causa para desaceleração ou aceleração.

Salviati: Exatamente. Mais, se não existe causa para a retardação da bola, deve haver ainda menos para que venha ao repouso; assim, até onde você supõe que a bola se moveria?

Simplicio: Tão longe quanto à extensão da superfície continuasse sem se levantar ou abaixar.

Salviati: Então, se tal espaço fosse ilimitado, o movimento nele seria, da mesma forma, ilimitado?

Simplicio: Assim parece-me.

Até aqui Galileu faz com que a opinião comum concorde com a existência de um movimento (que chamamos de) inercial.

Salviati: Agora, diga-me, o que você considera ser a causa da bola se mover espontaneamente, quando em declive, e somente forçadamente, quando em aclave?

Simplicio: Que a tendência dos corpos pesados é de mover para o centro da Terra e de se mover para cima, a partir de sua circunferência, somente; ora, a superfície em declive é a que se aproxima do centro, em quanto que aquela em aclave se afasta para longe.

Para Galileu a “gravidade” está relacionada com uma maior ou menor proximidade com o centro da Terra.

Salviati: Então para que uma superfície não esteja nem em aclave e nem em declive, todas as suas partes devem ser igualmente distantes do centro. Existe tal superfície no mundo?

Simplicio: Muitas delas; tal seria a superfície de nosso globo terrestre, se ele fosse liso e não ondulado e montanhoso, como é.

4.4.3. Movimento uniformemente acelerado

Galileu propõe uma hipótese: se um corpo em queda livre tem uma aceleração constante, uma bola perfeitamente esférica rolando ao longo de um plano inclinado perfeitamente liso também terá uma aceleração constante, embora menor. Eis a verificação experimental desse fato, em *As Duas Novas Ciências* [apud, 8]:

Tomou-se uma tábua de madeira, com cerca de 12 cúbitos de comprimento, meio cúbito de largura e três dedos de espessura; na sua face cortou-se um canal com pouco mais de um dedo de altura; feito o entalhe tão retilíneo quanto é possível, liso e polido, e tendo-se revestido o mesmo com pergaminho, também tão suave e polido quanto possível, fez-se rolar ao longo dele uma esfera pesada de bronze, perfeitamente redonda e de superfície suave. Colocando o conjunto numa posição inclinada, elevando-se uma das extremidades cerca de um ou dois cúbitos em relação à outra, fizemos rolar a bola, como dizia, ao longo do canal, anotando, da maneira que vamos descrever, o tempo necessário para a descida. A experiência foi então repetida várias vezes, de modo a medir o tempo com uma precisão tal que a diferença

entre os valores correspondentes a duas experiências nunca excedesse um décimo do batimento do pulso. Tendo realizado esta operação e tendo-nos assegurado da sua fiabilidade, fizemos rolar a esfera apenas um quarto do comprimento do canal; e tendo medido o tempo de descida, verificamos que era exatamente metade do primeiro. A experiência foi então repetida para outras distâncias, comparando o tempo de descida total com o de metade da descida, ou com o de dois terços, ou com o de três quartos ou, na verdade, com o de qualquer outra fração; em tais experiências, repetidas uma centena de vezes, verificamos sempre que os espaços percorridos estavam em relação uns com os outros tais como os quadrados dos tempos, e isto foi verdade para todas as inclinações do canal ao longo do qual fizemos rolar a esfera.

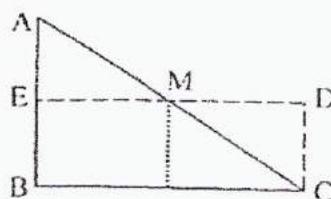
Galileu verificou que fixando um ângulo com a horizontal de um plano inclinado, o quociente da distância percorrida pelo quadrado do tempo correspondente era sempre o mesmo.

De uma maneira geral, para cada ângulo do plano inclinado, o valor de d/t^2 era constante.

Por fim, Galileu propôs um caso particular de o ângulo ser de 90° , como um objeto em queda. Finalmente concluiu que o movimento de queda livre era um movimento uniformemente acelerado.

4.4.4. O teorema da velocidade média e a queda dos corpos

O teorema diz que a distância percorrida em um movimento uniformemente acelerado é igual à distância que seria percorrida no movimento uniforme feito com velocidade média [6].



Na figura acima, a área do triângulo AEM é igual à área do triângulo MDC, de modo que o triângulo ABC e o retângulo BCDE têm a mesma área.

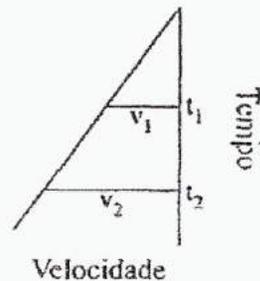
Com esse teorema, Galileu provou que se um corpo se move com movimento uniformemente acelerado, as distâncias, s_1 e s_2 , percorridas, respectivamente, em tempos t_1 e t_2 obedecem à seguinte relação [6]:

$$\frac{s_1}{s_2} = \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^2;$$

em notação moderna: $s = \frac{1}{2}gt^2$. Ele também demonstrou o corolário

$$\frac{s_1}{s_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2;$$

em notação moderna: $v^2 = 2gs$.



A figura acima é uma demonstração da Lei da Queda dos corpos. Pelo teorema da velocidade média: $\frac{s_1}{s_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right) \times \left(\frac{t_1}{t_2} \right)$; por definição de movimento

uniformemente acelerado: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{t_1}{t_2}$; logo: $\frac{s_1}{s_2} = \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^2$. Segue-se um corolário:

$$\frac{s_1}{s_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2.$$

5. Teoria

5.1. Força e movimento

Pela lei da inércia, na ausência de forças, um corpo em movimento permanece em movimento. Dessa maneira não precisamos de força para manter a velocidade de um corpo, mas sim para mudá-la. Na ausência de forças, um corpo em repouso permanece em repouso e um corpo em movimento permanece em movimento retilíneo uniforme. Quando uma força resultante atua continuamente sobre um corpo, a aceleração produzida é constante, ou seja, o movimento é uniformemente acelerado.

Força nula → repouso ou velocidade constante

Força constante → variação constante de velocidade

Com a segunda lei, Newton estabelece a relação entre a força resultante que atua num corpo e a aceleração que ele adquire.

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Uma força resultante constante atuando sobre um corpo produz uma aceleração também constante, ou seja, temos um movimento uniformemente acelerado.

No lançamento de um projétil, a única força a agir é a atração da Terra (força peso), com isso temos que:

$$F = P \quad (2)$$

Como $P = m \cdot g$, temos

$$m \cdot a = m \cdot g \quad (3)$$

$$a = g \quad (4)$$

Logo, na vertical, temos um movimento uniformemente acelerado onde a aceleração é a própria aceleração da gravidade.

5.2. Lançamento horizontal

Consideramos um corpo lançado horizontalmente com velocidade horizontal V_0 [9].

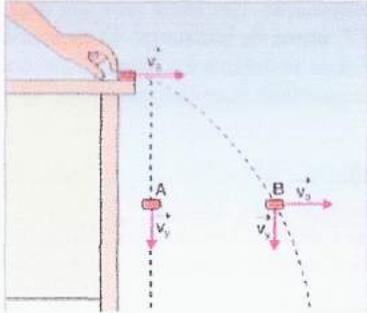


Figura 1 – Lançamento horizontal de um projétil

Nesse caso, o corpo descreve uma trajetória parabólica, resultante da composição de dois movimentos [9]:

- um movimento retilíneo uniforme na direção horizontal.
- outro movimento retilíneo uniformemente variado na direção vertical com aceleração da gravidade devido a ação da força peso.

Nesse lançamento, valem as equações abaixo:

- no eixo horizontal:

$$x = V_0 \cdot t \quad (5)$$

$$V_x = V_0 \quad (6)$$

- no eixo vertical:

$$y = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (7)$$

$$V_y = g \cdot t \quad (8)$$

Como a velocidade inicial no eixo vertical é nula, admitimos que o movimento seja de queda livre, e pela equação (7), observamos que o tempo de queda não depende da velocidade inicial V_0 .

$$t_q = \sqrt{\frac{2y}{g}} \quad (9)$$

Isolando o tempo na equação (5), temos:

$$t = \frac{x}{V_0} \quad (10)$$

Substituindo a equação (10) na equação (7), encontramos a equação da parábola, ou seja,

$$y = \left(\frac{g}{2V_0^2} \right) x^2. \quad (11)$$

5.3. Lançamento vertical

Um corpo lançado verticalmente para cima realiza, durante a subida, um movimento retilíneo uniformemente retardado, pois o módulo da sua velocidade diminui no decorrer do tempo.



Figura 2 – Lançamento vertical de um projétil

Nesse lançamento, valem as equações abaixo, do movimento uniformemente acelerado [9]:

$$y = V_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (12)$$

$$V_y = V_0 - g \cdot t \quad (13)$$

5.4. Lançamento oblíquo

Consideremos um corpo (uma bola) lançado obliquamente, com velocidade inicial V_0 e formando um ângulo α com o eixo x [9].

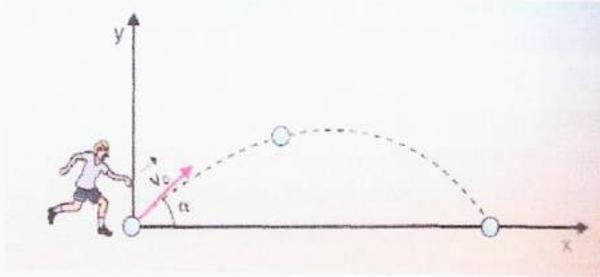


Figura 3 – Lançamento oblíquo

Podemos dividir o lançamento oblíquo em dois movimentos: um na direção horizontal x e outro na direção vertical y [9].

- na direção horizontal o corpo realiza um movimento retilíneo e uniforme com velocidade igual a V_{0x} .

- na direção vertical o corpo realiza um movimento retilíneo uniformemente variado com velocidade inicial igual a V_{0y} e aceleração igual à aceleração g da gravidade.

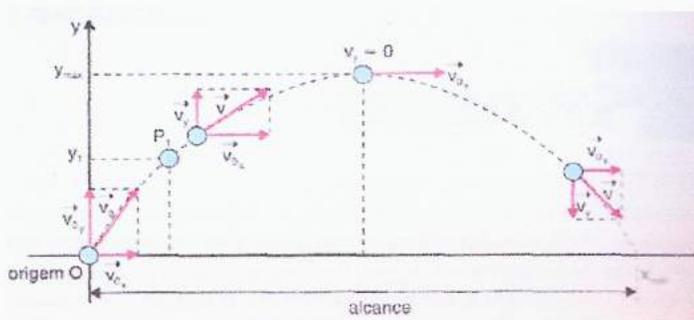


Figura 4 – Lançamento oblíquo. Composição de vetores

Observações:

- 1) O módulo da velocidade vertical V_y diminui durante a subida e aumenta na descida.
- 2) No ponto de altura máxima o módulo da velocidade no movimento vertical é zero.
- 3) A distância horizontal entre o ponto de lançamento e o ponto de queda do corpo é denominada alcance.

Nesse lançamento, valem as equações abaixo:

• no eixo horizontal:

$$x = V_{0x} \cdot t \quad (14)$$

$$V_x = V_{0x} \quad (15)$$

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos\alpha \quad (16)$$

• no eixo vertical:

$$y = V_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (17)$$

$$V_y = V_{0y} - g \cdot t \quad (18)$$

$$V_{0y} = V_0 \cdot \text{sen}\alpha \quad (19)$$

Pela equação (15) percebemos que a velocidade horizontal é sempre constante. Ao contrário da velocidade na vertical (18), que varia com o tempo, chegando a ser nula quando a altura é máxima.

A distância entre o ponto que a bola retorna ao chão e o ponto de lançamento (que chamamos de alcance) nada mais é do que a distância percorrida no tempo total (t_{TOTAL}) com velocidade constante V_{0x} :

$$x = V_{0x} \cdot t_{TOTAL} \quad (\text{equação 14})$$

A altura máxima é atingida no instante em que a componente vertical da velocidade é nula. Assim, fazendo $V_y = 0$ na equação (18)

$$0 = V_{0y} - g t_{MÁX}$$

e, então:

6. Plano de aula

6.1. Tema

A aula está inserida dentro do tema lançamento dos projéteis.

6.2. Pressupostos conceituais necessários

Supõe-se que o aluno já traz conceitos bem fundamentados de cinemática escalar e vetorial, tais como: movimento uniforme, movimento uniformemente variado e queda dos corpos. Além dos conceitos sobre dinâmica, como força e movimento (as leis de Newton).

6.3. Objetivos

Ao final da aula, o aluno deverá estar apto a:

- Identificar, entre várias outras formas propostas, a forma geométrica da trajetória de um projétil no vácuo dado as condições iniciais do movimento.
- Resolver problemas relativos ao movimento dos projéteis por composição vetorial de um movimento retilíneo uniforme e de um movimento de queda a partir do repouso.

6.4. Conteúdos

Os conteúdos do programa abordados na aula são:

- movimento uniforme no eixo horizontal
- movimento uniformemente variado no eixo vertical
- queda livre
- composição de vetores velocidade
- Leis de Newton

6.5. Antes da primeira aula

Na aula anterior, nos últimos minutos, o questionário de conhecimentos prévios deve ser aplicado para ser feito um levantamento dos subsunçores dos alunos.

6.5.1. Primeira aula

O primeiro tempo tem como objetivo nivelar a turma, ou seja, utilizando os experimentos citados acima tentar formar subsunções para que possa existir uma aprendizagem significativa. No segundo tempo as questões conclusivas devem ser discutidas.

6.5.2. Segunda aula

A segunda aula deve ser iniciada com o desenvolvimento histórico e em seguida com a teoria. Chamar atenção para os exercícios referentes ao conteúdo abordado, a serem discutidos ao início da próxima aula.

6.5.3. Terceira aula

Na terceira aula as dúvidas dos exercícios devem ser tiradas, não havendo ou sobrando tempo podemos voltar com os experimentos. Dessa vez, comprovando o modelo teórico.

6.5.4. Quarta aula

Na última aula é o momento para as dúvidas finais, tanto dos exercícios, quanto dos experimentos e das questões conclusivas. Um desafio para os alunos pode ser passado como um meio de avaliação. E antes da aula terminar um novo questionário deve ser aplicado para a abordagem de um novo conhecimento.

Observação: cada aula acima é composta por dois tempos de 50 minutos cada.

7. Conclusão

Sendo um instrumento de motivação, esse trabalho tem como objetivo principal tentar melhorar o ensino de física, transmitindo o conteúdo de maneira significativa.

Dessa forma, como foi dito na introdução, um relato histórico e alguns experimentos, foram usados para organizar e construir conceitos na estrutura cognitiva do aluno.

Os experimentos utilizados nesse trabalho foram preparados com intuito de passar para os alunos os conceitos não encontrados nas respostas do questionário aplicado. Visamos também experimentos de baixo custo, devido a falta de recursos de muitas instituições e até mesmo dos alunos, principalmente da rede municipal e estadual.

Como foi aplicado o mesmo questionário antes e depois da aula planejada, com os mesmos alunos, percebemos fazendo uma análise dos gráficos obtidos das respostas dos questionários, que houve uma melhora significativa nas respostas dos alunos.

Outro objetivo desse trabalho foi dar uma visão geral da teoria de aprendizagem de David Ausubel e suas implicações para o ensino. Por isso, na tentativa de resumir a teoria, podem ter ocorrido omissões. Tendo o leitor um interesse maior sobre essa teoria, aconselhamos uma leitura de outras bibliografias.

Os resultados encontrados nos experimentos foram coerentes com a teoria descrita nesse trabalho.

Espero que este trabalho possa ajudar nossos alunos do ensino médio, tanto da rede particular quanto da rede pública, e também dar uma nova visão para nossos educadores, ou seja, uma outra maneira de abordar um novo conhecimento.

8. Referências bibliográficas

- [1] PCN – EM - Parâmetro Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, MEC, 1999.
- [2] MOREIRA, M.A. Teorias de aprendizagem. A Teoria da Aprendizagem de Ausubel, Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.
- [3] DIAS, P.M.C., SANTOS, W.M.S., MAGALHÃES, M.F. “Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física”, Revista Brasileira de Ensino de Física, **24**, 489 (2002).
- [4] MOREIRA, M.A. Mapas Conceituais no Ensino da Física. Trabalho utilizado em um “workshop” sobre mapas conceituais oferecidos no Segundo Congresso Internacional sobre investigação em didática das Ciências e das Matemáticas, Valência, Espanha, (1987).
- [5] Projeto Física. Tradução do Texto Harvard Project Physics (1975). Fundação Caluoste Gubelkian (1980).
- [6] DIAS, P.M.C., SANTOS, W.M.S., MARQUES, M.T. “A Gravitação Universal”, Revista Brasileira de Ensino de Física, **26**, 257 (2004).
- [7] Franklin, A., American Journal of Physics, **44**, 529 (1976).
- [8] COHEN, I.B. O Nascimento de uma Nova Física.
- [9] BONJORNO, J.R., RAMOS, C.M. Temas de Física, Editora FTD, 1997.
- [10] MÁXIMO, A., ALVARENGA, B. Curso de Física, Editora Scipione, 2000.



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Licenciatura em Física
Instituto de Física
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Projeto de
Instrumentação de Ensino

**A história da física e
experimentos como facilitadores
do ensino de lançamento de
projéteis**

Aluno: Bruno Dutra Madeiro
Orientadoras: Wilma Machado Soares Santos e
Penha Maria Cardoso Dias

Instituto de Física
DATA: 12 de abril de 2007
Horario: 14:30 h, Local: LADIF

Banca

Wilma M. S. Santos (Presidente)
Carlos Renato de Carvalho
Penha Maria Cardoso Dias
Marcos B. Gaspar (suplente)