

PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE ATIVIDADES PARA PROFESSORES

MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO E QUEDA LIVRE

ATIVIDADE A



EXPERIMENTO DE GALILEU DO PLANO INCLINADO EM SALA DE AULA
Excerto da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO – PPGECE/UFSCar
MAX LUIZ DE OLIVEIRA SANTOS

1. INTRODUÇÃO

A criação desta proposta de aplicação de atividade surge da necessidade de que nossos alunos percebam que a física não lida apenas com resoluções de equações, mas é uma ciência viva e investigativa, que demanda muita curiosidade e vontade de descobrir o funcionamento do universo.

É desejável ainda que nossos alunos compartilhem a ideia da física como um grande empreendimento humano na busca do saber. Que esta se trata apenas de um modelo explicativo, que evolui lenta e progressivamente, de forma não linear, que não vem de forma alguma determinar verdades absolutas sobre a natureza, mas sim dar uma luz ao seu entendimento.

Geralmente estes alunos com a prática de uma postura extremamente tradicional de ensino, não conseguem vislumbrar e compreender questões dessa magnitude, tendo geralmente uma visão mítica da ciência, achando que esta é uma verdade absoluta, inquestionável, elaborada de modo linear, racional e totalmente objetivo. Sob nossa concepção, o abandono desta visão enriqueceria sobremaneira suas formas de pensar e agir sobre o mundo.

Desta forma este material tenta utilizar abordagens de ensino mais globais, em contraponto a práticas classicamente adotadas. Optamos por utilizar então novas tecnologias como softwares computacionais, experimentos com uma prática de laboratório investigativo e elementos da história e filosofia da ciência, tudo isso com o intuito de tornar o conteúdo ensinado mais interessante e agradável aos alunos.

Esperamos que gostem e que estejam livres para criar e recriar novas situações de aprendizagem em diferentes contextos, podendo utilizar-se das metodologias propostas aqui, no desenvolvimento das competências e habilidades requeridas no ensino de ciências num contexto mais global. O produto deste trabalho se apresenta como uma ideia, uma possibilidade da aplicação de uma sequência didática que utiliza um experimento clássico associado a uma diferente abordagem metodológica. Em hipótese alguma o trabalho está fechado, e isto quer dizer que absolutamente nada impede que tais situações de aprendizagem possam ser modificadas pelos professores que delas venham utilizar-se. É possível adequá-las a realidades distintas de alunados. Os professores podem aprofundar os conteúdos estudados, dependendo do público que estão trabalhando. Desejamos excelentes aulas a todos.

2. MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO E QUEDA LIVRE – ATIVIDADE A

Tempo previsto: 02 aulas

Competências e habilidades: Utilizar linguagem científica adequada para descrever movimentos em situações cotidianas; identificar variáveis relevantes, elaborar hipóteses, estabelecer relações e interpretar observações ou resultados de um experimento; identificar regularidades, invariantes e transformações na análise experimental de fenômenos físicos; elaborar relatórios analíticos de experimentos, apresentando procedimentos, discutindo resultados e fazendo uso da linguagem física apropriada.

Estratégias: leitura de textos, levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes com sistematização em grande grupo; realização, interpretação, sistematização e relato de experimento.

Recursos : roteiro de atividade em grupo; material para atividade experimental: plano inclinado de madeira; duas bolas de bilhar de massas distintas; computador portátil com software Audacity instalado; trena ou régua.

OBJETIVOS/CONTEXTO.

A situação de aprendizagem A aborda uma breve biografia de Galileu, focada em curiosidades sobre sua vida, algumas de suas descobertas e também uma parte histórica que mostra brevemente os problemas que este teve com a igreja católica com relação a divulgação de suas ideias. O foco do texto é humanizar a figura do cientista, tornando-o um personagem mais acessível, retomando ainda o estudo sobre o movimento retilíneo uniformemente variado.

ENCAMINHANDO A AÇÃO:

1. O plano inclinado de Galileu.

Em seu livro “Discurso sobre duas novas ciências” datado de 1632, o grande físico italiano Galileu Galilei faz um estudo detalhado sobre os movimentos retilíneos uniformes (MRU) e movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).

Ele descreve então as relações matemáticas associadas a estes tipos de movimentos. Galileu pretende ainda entender a queda livre na superfície da Terra. Para tanto sugere que o movimento de queda livre segue a lei harmoniosa de um MRUV, pois segundo ele, é o movimento mais simples onde a cada instante de tempo o corpo ganharia o mesmo acréscimo em sua velocidade. Questionado sobre como poderia mostrar que a queda livre obedece este tipo de movimento Galileu descreve então um engenhoso equipamento experimental para testar sua proposição. Abaixo temos a descrição que consta do livro de Galileu e que ele teria utilizado:

“... Numa ripa, ou melhor, numa viga de madeira com o comprimento aproximado de doze braças, uma largura de meia braça num lado e três dedos no outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com pouco mais que um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colada uma folha de pergaminho que era polida até ficar bem lisa; fazíamos descer por ele uma bola de bronze perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer (como afirmei) a bola pela canaleta, anotando como exporei mais adiante o tempo que empregava para uma descida completa; repetindo a experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser sempre rigorosamente igual à metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer a metade, ou os dois terços, ou os três quartos, ou para concluir qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola. Observamos também que os tempos de queda para as diferentes inclinações do plano mantinham exatamente entre si aquela proporção que, como veremos mais adiante, foi encontrada e demonstrada pelo autor. No que diz respeito à medida do tempo, empregávamos um grande recipiente cheio de água, suspenso no alto, o qual, por um pequeno orifício feito no fundo, deixava cair um fino fio de água, que era recolhido num pequeno copo durante todo o tempo em que a bola descia pela canaleta ou por suas partes. As quantidades de água assim recolhidas com uma balança muito precisa, sendo as diferenças e proporções entre os pesos correspondentes às diferenças e proporções entre os tempos; e isso com tal precisão que, como afirmei, estas operações, muitas vezes repetidas, nunca diferiam de maneira significativa...”

O fato é que a partir da década de 70, começaram a existir inúmeros relatos de cientistas que se mostravam incrédulos em relação ao papel que os experimentos tiveram na física elaborada por Galileu. Segundo estes cientistas não existem provas contundentes da realização destes experimentos e muitos foram imaginados por Galileu.

Muitos de seus experimentos foram refeitos tentando comprovar a possibilidade da realização desses experimentos bem como seus resultados, porém a polêmica se faz até a atualidade. Nosso objetivo é utilizar o experimento citado por Galileu para fazer uma discussão histórica sobre a construção do conhecimento científico, abordando o M.R.U.V (Movimento retilíneo uniformemente variado) e a queda livre e analisando os modelos científicos e seus limites de validade.

O plano inclinado pode ser construído num marceneiro comum. Deverá ser solicitado que a caneleta a ser construída na viga de madeira tenha a espessura para caber completamente a bola de bilhar você irá utilizar em seu experimento. Sugiro que você leve a bola de bilhar consigo, que pode ser adquirida em lojas especializadas, para que ele tenha ideia da largura exata. Cada bola de bilhar custa cerca de R\$5,00.

O plano inclinado que utilizamos em nossa atividade possui 2,10 metros de comprimento e é apoiado numa base de sustentação. Devido ao sistema de encaixe entre o plano inclinado e a base de sustentação, a altura que este fica posicionado na vertical é totalmente regulável com o auxílio de uma presilha metálica ajustável, sendo que a sua altura inicia-se com 18 centímetros de comprimento e pode ser aumentada em mais cinquenta centímetros. O custo de construção do plano inclinado foi de R\$ 180,00.

A figura abaixo mostra o plano inclinado em diversos ângulos:





Seguem abaixo algumas referências que serão muito úteis para o aprofundamento do professor na realização da atividade, caso este assim deseje:

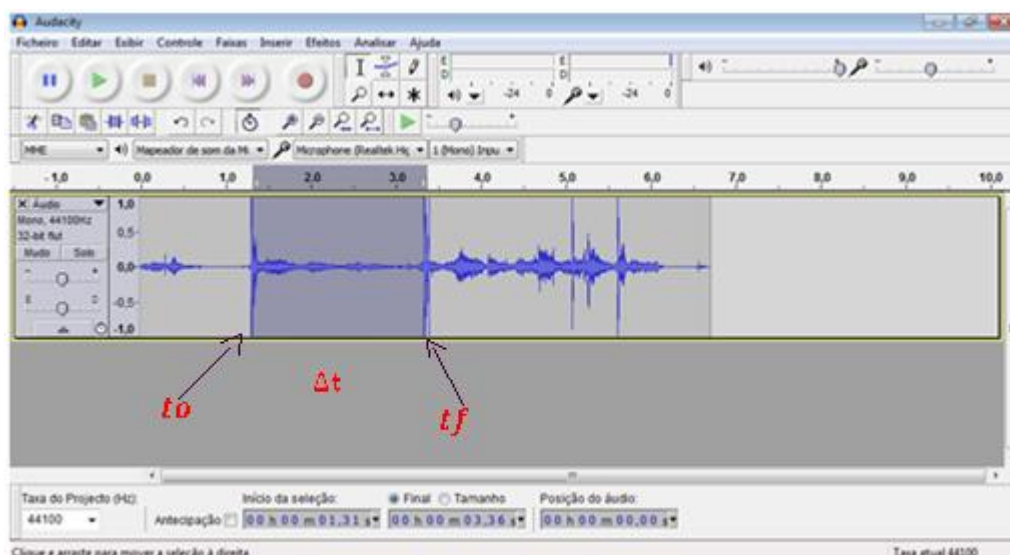
AGUIAR, C.E; PEREIRA, M.M. **O computador como cronômetro**. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2011, Manaus.

BORGES, A. Tarciso. **Novos Rumos para o laboratório escolar de ciências**. Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n.3, p.291-313, dez. 2002.

GALILEI, G: **Duas novas ciências**. São Paulo: Nova Stella, 1988.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

Na primeira referência, você irá conhecer melhor o funcionamento do software Audacity, que pode ser obtido gratuitamente no endereço eletrônico: <http://audacity.sourceforge.net>. O software Audacity tem uma fácil interface, e é bem intuitivo. Ele utiliza o microfone do computador para captar uma onda sonora e registrá-la sob a forma de pulsos. A figura abaixo mostra o layout do programa Audacity em execução:



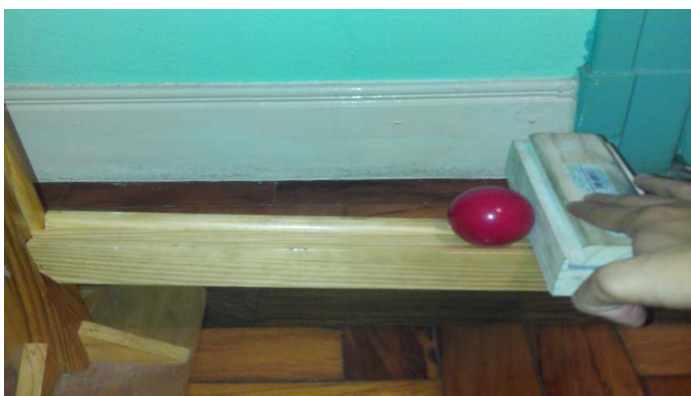
O primeiro pulso representa um primeiro ruído, e o segundo pulso um segundo ruído, ambos eram captados próprio microfone interno de um computador portátil.

Um cronômetro progressivo está presente no software e mede os instantes de tempo iniciais e finais referentes à criação de ambos os ruídos. Como vemos na figura, o tempo inicial marcado para o primeiro ruído foi de 1,31s e o tempo final 3,36s. O intervalo de tempo transcorrido entre esses acontecimentos de foi de 2,05s.

Podemos assim calcular com bastante precisão que pode ser ajustada para décimos ou centésimos de segundos o intervalo de tempo entre acontecimentos que emitam sons mesmo que estes ocorram muito próximos uns dos outros, devido à grande precisão fornecida pelo software.

Para gerar o som necessário nos instantes iniciais e finais do movimento da bola de bilhar, utilizamos o seguinte procedimento: elevamos suavemente a bola de bilhar no topo do plano inclinado, soltando-o levemente na canaleta, gerando o ruído inicial. Já para o segundo ruído, utilizamos um anteparo qualquer para deter a bola em seu movimento, desde que o choque gere um ruído que possa ser captado. Experimentalmente descobrimos que podemos utilizar um anteparo metálico, ou de madeira.

Utilizamos um apagador de lousa para deter a bola de bilhar na posição desejada. O ruído inicial foi gerado ao soltarmos levemente a bola no plano inclinado. O segundo ruído foi gerado pela colisão da bola com o apagador. O procedimento foi repetido para todas as distâncias desejadas. Podemos repetir por diversas vezes a medição do tempo para um mesmo trecho, caso assim desejemos. A figura a seguir elucida melhor o procedimento descrito acima:



Bola de bilhar sendo detida pelo apagador.

Na segunda referência, você irá conhecer sobre como as novas práticas de laboratório investigativo podem ser mais efetivas no ensino aprendizagem de física.

A terceira referência que é o próprio livro de Galileu, você poderá entrar em contato com esta grande obra científica do século XVII.

A quarta referência é um excelente livro sobre epistemologia e história da ciência para aprofundar as discussões epistemológicas acerca do tema.

Sugerimos que você faça o experimento, testando-o para evitar qualquer surpresa durante a aplicação da atividade e para se familiarizar com o processo de medição e utilização do software.

2. Aplicando a atividade

Após terem estudado sobre movimentos uniforme e uniformemente variados, os alunos agora entrarão em contato com o fenômeno da queda livre vertical, através do célebre experimento do plano inclinado de Galileu Galilei. Antes de iniciar a aula propriamente dita o professor poderá fazer perguntas aos alunos questionando-os sobre a vida e obra de Galileu Galilei, investigando os possíveis conhecimentos prévios dos mesmos sobre o cientista.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM A

A situação de aprendizagem A consta do fim desta proposta de aplicação. Para aplicá-la, o professor dividirá os alunos em grupos de 4 à 5 pessoas e distribuirá o roteiro de estudo contendo a situação de aprendizagem A.

Poderá ser pedido que algum aluno leia o texto contido na situação de aprendizagem que trata de uma pequena biografia de Galileu. O professor conduzirá a aula, discutindo uma a uma cada questão contida na situação de aprendizagem.

É interessante que o professor leia, ou peça para que alguém o faça, em voz alta a primeira questão da situação de aprendizagem, e depois peça para que os alunos a respondam.

Após certo tempo, deve-se ouvir as respostas dadas por cada um dos grupos, e então o professor poderá fazer comentários sobre as mesmas explorando a biografia de Galileu e os problemas que este teve com a igreja, bem como aspectos de sua personalidade e citando suas obras e criações. É importante que os alunos percebam o contexto em qual o cientista estava inserido e como era difícil para a época a aceitação de suas ideias.

O professor poderá ler em voz alta a segunda questão, pedindo que os alunos a respondam. Após certo tempo, o professor ouve a resposta de cada grupo complementando suas respostas acerca dos modelos heliocêntrico e geocêntrico. O professor pode discutir com

os alunos a profunda mudança na visão de mundo que ocorreu com a substituição da visão geocêntrica para a visão heliocêntrica, inclusive as implicações religiosas de tais mudanças para a sociedade da época. Podendo então prosseguir ouvindo a explicação que os alunos encontraram para justificar o fato da Terra se mover em translação e não percebermos este movimento.

Caso ninguém possua uma resposta correta, o professor poderá explicar dando exemplos do cotidiano dos alunos, como o exemplo do elevador de um prédio que se move em velocidade praticamente constante e não percebemos seu movimento, justificando assim o fato de não percebermos o movimento de translação da Terra.

Em seguida poderá ler a terceira questão e apresentar aos alunos o plano inclinado galileano. O professor irá fazer uma bola rolar no plano para que os alunos entendam seu funcionamento. Explicar aos alunos que Galileu gostaria de estudar sobre a queda livre dos corpos, porém acabou por utilizar um plano inclinado em seu lugar para tal estudo.

É muito provável que os alunos não consigam responder esta questão, então caberá ao professor explicar o motivo de Galileu ter utilizado o plano inclinado. Deve ficar claro para os alunos que o motivo da escolha do plano inclinado foi devido ao fato do tempo de queda dos corpos ser muito pequeno em queda livre, e que no plano inclinado o tempo de queda seria maior. É desejável que fique claro ainda para eles que Galileu acreditava que o tipo de movimento não sofria alteração (esta era uma hipótese dele).

O professor poderá pedir aos estudantes que leiam a quarta questão da situação de aprendizagem, deixando claro que as bolas de bilhar possuem massas diferentes. Caso exista uma balança é possível aferir a massa de cada esfera antes de fazer o experimento.

O professor poderá aguardar as respostas de cada grupo. Questionando assim qual destes grupos acreditam que as bolas chegarão juntas, e quais grupos acreditam que chegarão em tempos diferentes, sendo que cada um deles deverá explicar o seu raciocínio.

Na quinta questão eles efetivamente medirão o tempo de queda das bolas de bilhar, usando o software Audacity. Supomos aqui, que os alunos já o conheçam, caso contrário, caberá ao professor explicar o funcionamento do software.

Após todos os grupos realizarem as medidas, será pedido que respondam a questão e que cheguem a alguma conclusão sobre o tempo de queda dos objetos na superfície da Terra. O professor poderá frisar que todos os objetos caem ao mesmo tempo quando soltos da mesma altura, e que se isso não ocorrer é devido a algum tipo de resistência. O professor poderá comentar ainda como Aristóteles explicava a queda dos corpos e como Galileu conseguiu vislumbrar uma nova explicação para a mesma. Convém relatar o experimento

feito por David Scott na Lua que comprova este fato experimentalmente, finalizando assim a explicação.

Lendo em voz alta a questão seis, o professor poderá dizer que Galileu mediu o tempo de esferas que rolavam no plano inclinado, porém irá salientar que não existiam computadores na época, tão pouco cronômetros digitais. Os alunos serão questionados a pensar em como seria possível fazer a medição de tempos pequenos na época de Galileu. Após ouvir as respostas dadas pelos alunos, o professor irá sugerir que eles prestem atenção no desenho de seus roteiros, tentando-os fazer perceber como Galileu fez a medição do tempo. Caso os alunos por si mesmos não consigam descobrir, o professor poderá explicar o procedimento adotado pelo grande físico: utilizando um recipiente com um fio fino de água em queda que caia e era recolhido. Quanto maior a quantidade de água, maior era o tempo, e explicar que Galileu pesava as massas de água para ter um valor quantitativo do valor do tempo.

Em relação à questão sete, os alunos poderão relembrar o que aprenderam sobre movimento uniformemente variado e escrever em seus roteiros. Caso se faça necessário, o professor poderá retomar brevemente o estudo do movimento retilíneo uniformemente variado, ressaltando a variação constante da velocidade e em consequência disto, a relação quadrática que existe entre o deslocamento do objeto e o tempo gasto para percorrer este deslocamento.

Situação de aprendizagem A

O experimento do plano inclinado de Galileu para a queda livre.

Nome: _____ **nº** _____ **Série:** ____

Nome: _____ **nº** _____ **Série:** ____

Nome: _____ **nº** _____ **Série:** ____

Nome: _____ **nº** _____ **Série:** ____

Nome: _____ **nº** _____ **Série:** ____



Um desenho de George Gamow (1902-1968) que representa Galileu experimentando sobre o plano inclinado.

Caro estudante, certamente você já ouviu falar sobre Galileu Galilei, não é verdade? Pois é, todos que passaram pela escola já ouviram falar dele algum dia na vida. Vamos conhecê-lo um pouco melhor?

Este ilustre personagem nasceu na cidade de Pisa na Itália no ano de 1564. Aos doze anos foi para o mosteiro de Vallombrosa, onde estudou os clássicos latinos e aprendeu grego. Seu pai Vincenzo, querendo que ele fosse mercador, o retirou da escola, mas quando completou dezessete anos o enviou para a universidade local para estudar medicina. O pai de Galileu não queria que este se tornasse músico ou matemático, visto que eram profissões mal remuneradas.

Por falta de dinheiro Galileu deixou a faculdade no segundo ano, sem obter o grau de doutor, mas continuou com suas investigações e estudos matemáticos. Galileu tinha personalidade presunçosa, era vaidoso e sarcástico. Fez diversos inimigos, e se envolveu em inúmeras disputas no decorrer de sua vida. Tornou-se professor de matemática em 1592 na república de Veneza. Dava aulas particulares, devido ao baixo salário como professor. Foi inventor e criou entre outras coisas, uma máquina para elevar água, uma bússola geométrica e um termômetro de ar. Chegava a dar palestras para locais com capacidade de mais de mil pessoas. Confessou em 1597 que havia se rendido ao modelo heliocêntrico (O Sol no centro do universo, e não a Terra) de Nicolau Copérnico. Entre 1600 e 1610 pesquisou sobre a queda dos corpos, movimento de pêndulos e projéteis. Possuiu uma amante, com quem teve duas filhas que vieram a se tornar freiras.

Embora não tenha inventado o telescópio como se pensa, aperfeiçoou os modelos de sua época. Através dos telescópios, observou irregularidades na superfície lunar, as fases do planeta Vênus, manchas solares e os anéis de Saturno. Galileu enfrentou alguns problemas não tão graves com a igreja católica, em relação a sua defesa pelo sistema de Copérnico, devido grande em parte aos seus contatos com o alto clero da igreja católica. Galileu era arrogante, irônico e por vezes ridicularizava as pessoas que acreditavam no sistema aristotélico de explicação do mundo. Muitas de suas explicações sobre alguns dos fenômenos, vistos sob a óptica de hoje apresentavam

erros, porém o que não o desabona na tentativa de criar um modelo explicativo para estes.

Em 1616 ele recebeu um aviso da proibição de divulgar as ideias copernicanas. Com a insistência de Galileu a Inquisição em 1633, acabou o condenando a prisão domiciliar e obrigado a fazer uma abjuração pública, negando o sistema de Copérnico, que teria sido defendido em seu livro “Diálogo sobre dois máximos sistemas de mundo.”.

O livro de Galileu só foi retirado do Index de livros proibidos da igreja católica em 1835. Apenas em 1992, o papa João Paulo II admitiu que Galileu sofreu injustiças na mão da igreja e decidiu pela sua absolvição. Galileu no fim de sua vida, perdeu a visão e morreu 1642.

Você está prestes a seguir os passos de Galileu e refazer, um dos experimentos mais famosos e mais polêmicos da história da física. O experimento do plano inclinado descrito por Galileu Galilei em seu livro “ Duas Novas ciências”. Ele teria sido realizado no século XVII, para verificar os apontamentos de Galileu sobre a gravidade terrestre.

Fonte: PIREs, Antonio S.T. Evolução das ideias da Física. São Paulo. Livraria da Física, 2008

Questões de reflexão.

1. O que mais interessante você achou da pequena biografia de Galileu que terminou de ler?

[illegible]

2. O que você entende por modelo geocêntrico e heliocêntrico? Como podemos admitir que a Terra está em movimento de translação, você percebe este movimento?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper has a slight shadow on its right side, suggesting it's resting on a surface.

3. Analizando o propósito do experimento de Galileu

Galileu em seus estudos sobre a gravidade, quis estudar a queda livre vertical, porém acabou por utilizar um plano inclinado em seu lugar. Em sua opinião, qual a motivação de Galileu em fazer isso?

[illegible]

4. Algumas ideias de Galileu. Rolando no plano inclinado. O mais pesado cai mais rápido? Em sua opinião, caso você faça deslizar do topo do plano inclinado duas esferas de “pesos” distintos, qual chegará primeiro ao final? Por quê?

5. Faça o teste e meça o tempo da maneira que achar mais conveniente da queda das duas bolas de bilhar de “pesos” distintos. Qual chega mais rápido ao final da rampa?

6. Se Galileu quisesse medir o tempo de queda da esfera rolando o plano inclinado, como ele poderia ter feito isso, sendo que não havia relógios digitais como atualmente?

7. Relembre o que é um MRUV, quais são suas características?

[illegible]

PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE ATIVIDADES PARA PROFESSORES.

MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO E QUEDA LIVRE. ATIVIDADE B.



MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO E QUEDA LIVRE – ATIVIDADE 2

Tempo previsto: 02 ou 03 aulas

Competências e habilidades: Utilizar linguagem científica adequada para descrever movimentos em situações cotidianas; identificar variáveis relevantes, elaborar hipóteses, estabelecer relações e interpretar observações ou resultados de um experimento; identificar regularidades, invariantes e transformações na análise experimental de fenômenos físicos; elaborar relatórios analíticos de experimentos, apresentando procedimentos, discutindo resultados e fazendo uso da linguagem física apropriada.

Estratégias: leitura de textos, levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes com sistematização em grande grupo; realização, interpretação, sistematização e relato de experimento.

Recursos : roteiro de atividade em grupo; material para atividade experimental: plano inclinado de madeira; duas bolas de bilhar de massas distintas; computador portátil com software Audacity instalado; trena ou régua.

OBJETIVOS/CONTEXTO.

A situação de aprendizagem B aborda a descrição do experimento galileano do plano inclinado. Nela Galileu relata como teria feito para demonstrar que o movimento no plano inclinado era do tipo uniformemente variado, e por consequência a queda livre também seria.

Os alunos terão a oportunidade de refazer os passos de Galileu utilizando equipamentos mais modernos, podendo comparar e contemplar as diferentes formas de se fazer ciência no passado e na atualidade, podendo chegar a conclusão sobre qual tipo de movimento é realizado no plano inclinado.

Nesta atividade os alunos terão a oportunidade de formular hipóteses, fazer medições e seguir um raciocínio científico na investigação de um fenômeno físico.

ENCAMINHANDO A AÇÃO

O professor poderá pedir, por exemplo, que um ou mais alunos leia(m) em voz alta o texto da situação de aprendizagem, que consta do final desta proposta de aplicação. Nesta

situação de aprendizagem temos a descrição do livro de Galileu a cerca de seu experimento do plano inclinado. Após efetuada a leitura, os alunos poderão responder a questão 1 que trata sobre os objetivos de Galileu ao realizar o experimento do plano inclinado. O professor irá então ouvindo as respostas dadas pelos estudantes e assim ir direcionando a discussão sutilmente caso não apareçam as respostas esperadas. É importante ficar claro para os alunos que o motivo de Galileu ter utilizado o plano inclinado foi devido ao fato que neste, o tempo de “queda” da bola era menor que em queda livre vertical. Os alunos deverão perceber ainda que para Galileu o movimento no plano inclinado era do mesmo tipo que na queda livre, a única diferença era o fato da inclinação da rampa resultar num maior tempo de queda.

Após finalizada a discussão do plano inclinado, novamente poderá ser pedido que um dos alunos leia a segunda questão da situação de aprendizagem. Nesta questão eles deverão achar uma relação entre as unidades braça e metro. O professor ao ouvir as respostas dadas por cada grupo irá por fim explicar sobre a questão da escala no experimento, e que embora o plano inclinado utilizado por Galileu tenha maior comprimento, o experimento não fica invalidado, devido à manutenção das mesmas proporções. O professor poderá frisar ainda o motivo do plano inclinado de Galileu ter um tamanho tão grande: para facilitar a medição do tempo, visto que seu relógio de água não era muito preciso comparado ao software Audacity, que estão utilizando.

Dando prosseguimento a atividade, algum aluno deverá ler a questão 4. O professor poderá propor que os alunos criem um procedimento experimental para comprovar que o movimento da bola no plano inclinado é do tipo uniformemente variado. Eles irão então elaborar por escrito um procedimento ou esquema para realizar no plano inclinado. Caso os alunos não consigam elaborar um procedimento, o professor poderá, por exemplo, ir de mesa em mesa ajudando-os a elaborá-lo. Caberá aos alunos escolher em quantas partes dividirão o plano inclinado, e como efetuarão para deter a bolinha e medir o tempo de seu trajeto.

Para resolver a quinta questão o professor deverá disponibilizar réguas, o computador com o software Audacity instalado e as bolas de bilhar. Os alunos irão então efetuar as medidas no plano inclinado. O professor pode organizar a atividade de tal modo que cada grupo efetue as medidas separadamente, para evitar confusão de muitas pessoas querendo utilizar o equipamento de uma única vez.

O professor perceberá a maneira como eles se organizam, quem mede o tempo, quem abandona a bola de bilhar, quem detém seu movimento e quem anota os dados obtidos.

O professor poderá intervir dizendo que os alunos devem prestar atenção sobre qual parte da bola estarão considerando o movimento e tomar as medidas à partir desta posição, já que as dimensões da bola não podem ser desprezadas neste caso.

O professor poderá circular durante a atividade, acompanhando a tomada de dados e auxiliando os grupos nas mesmas, evitando dar respostas prontas, mas sim fazendo questionamentos em relação aos procedimentos tomados pelos alunos. Uma dúvida pertinente que o professor poderá lançar é de qual a quantidade de vezes que uma mesma medida deverá ser realizada para uma melhor tomada de dados.

Os estudantes já estando de posse dos dados referentes ao deslocamento e tempo de trajeto da bola de bilhar devem ser questionados se percebem a existência de erros/incertezas no experimento com relação as medidas que possuem. Supomos que o professor já tenha realizado algum tipo de discussão sobre incertezas e medidas físicas, caso não tenha feito, este será o momento de fazê-lo. Deverá ficar claro para os alunos que tanto as medidas de distância e tempo envolvem incertezas, e que é impossível realizar uma medida com total precisão, e sempre que fornecermos uma medida devemos fornecer também sua respectiva incerteza. É interessante citar as limitações que Galileu tinha a disposição, comparar os métodos de medição de tempo que ele utilizou e o que os alunos estão utilizando agora, e como a tecnologia acaba por ajudar a ciência a realizar experimentos cada vez mais precisos.

Para finalizar o experimento no plano inclinado, os alunos já de posse dos dados irão concluir se o movimento pode ser considerado uniformemente variado ou não. Eles poderão relembrar a relação quadrática que existe entre o deslocamento e o intervalo de tempo para este movimento. Muito que provavelmente os alunos chegarão numa relação quadrática aproximada entre o deslocamento e o tempo gasto. O professor deverá questionar sobre as incertezas do experimento e as aproximações do modelo para justificar tais discrepâncias. O professor pode abordar aqui as visões epistemológicas a cerca do experimento galileano, colocando os posicionamentos de Alexandre Koyré e Stillmann Drake.

É interessante ainda que os estudantes sejam levados a uma sala de informática para que utilizando uma planilha eletrônica possam tentar melhor visualizar a relação quadrática entre deslocamento e tempo através da construção de gráficos. O professor pode citar a elaboração de modelos utilizando gráficos e as aproximações envolvidas em tais modelos.

Por fim os alunos deverão finalizar a atividade concluindo a cerca do tipo de movimento no plano inclinado, e entregando o roteiro da situação de aprendizagem ao professor.

Situação de Aprendizagem B.

O experimento do plano inclinado de Galileu para a queda livre.

Nome: _____ nº _____ Série: _____

Nome: _____ nº _____ Série: _____

Nome: _____ nº _____ Série: _____

O experimento do plano inclinado de Galileu para a queda livre.



Um desenho de George Gamow (1902-1968) que representa Galileu experimentando sobre o plano inclinado.

Em seu livro “Discurso sobre duas novas ciências” datado de 1632, o grande físico italiano Galileu Galilei faz um estudo detalhado sobre os movimentos retilíneos uniformes (MRU) e movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).

Ele descreve então as equações matemáticas associadas a estes tipos de movimentos. Galileu pretende ainda entender a queda livre na superfície da Terra. Para tanto sugere que o movimento de queda livre segue a lei harmoniosa de um MRUV, pois segundo ele, é o movimento mais simples onde a cada instante de tempo o corpo ganharia o mesmo acréscimo em sua velocidade. Questionado sobre como poderia mostrar que a queda livre obedece este tipo de movimento Galileu descreve então um engenhoso equipamento experimental para testar sua proposição. Abaixo temos a descrição que consta do livro de Galileu e que ele teria utilizado:

“... Numa ripa, ou melhor, numa viga de madeira com o comprimento aproximado de doze braças, uma largura de meia braça num lado e três dedos no outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com pouco mais que um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colada uma folha de pergaminho que era polida até ficar bem lisa; fazíamos descer por ele uma bola de bronze perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer (como afirmei) a bola pela canaleta, anotando como exporei mais adiante o tempo que empregava para uma descida completa; repetindo a

experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser sempre rigorosamente igual à metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer a metade, ou os dois terços, ou os três quartos, ou para concluir qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola. Observamos também que os tempos de queda para as diferentes inclinações do plano mantinham exatamente entre si aquela proporção que, como veremos mais adiante, foi encontrada e demonstrada pelo autor. No que diz respeito à medida do tempo, empregávamos um grande recipiente cheio de água, suspenso no alto, o qual, por um pequeno orifício feito no fundo, deixava cair um fino fio de água, que era recolhido num pequeno copo durante todo o tempo em que a bola descia pela canaleta ou por suas partes. As quantidades de água assim recolhidas com uma balança muito precisa, sendo as diferenças e proporções entre os pesos correspondentes às diferenças e proporções entre os tempos; e isso com tal precisão que, como afirmei, estas operações, muitas vezes repetidas, nunca diferiam de maneira significativa...”

O fato é que a partir da década de 70, começaram a existir inúmeros relatos de cientistas que se mostravam incrédulos em relação ao papel que os experimentos tiveram na física elaborada por Galileu. Segundo estes cientistas, não existem provas contundentes da realização destes experimentos e muitos foram apenas imaginados pelo grande físico.

Muitos de seus experimentos foram refeitos tentando comprovar a possibilidade da realização de experimentos bem como seus resultados, porém é a polêmica se faz até a atualidade. Nosso objetivo é refazer o experimento citado por Galileu e chegar a alguma conclusão à respeito deste.

Questões de reflexão.

1. Em sua opinião, qual era o objetivo de Galileu ao fazer o experimento do plano inclinado?

2. Pesquise a relação que existe entre a unidade braça e o metro. O plano inclinado que você possui é igual ao de Galileu? Se não for isto poderia afetar os resultados?

3. Você irá seguir os passos de Galileu e irá refazer este experimento. Seu objetivo é testar a hipótese que o movimento na descida do plano inclinado é uniformemente variado. Como fazer as medições? Que grandezas vocês irão medir?

4. Você agora deverá elaborar um procedimento, semelhante ao de Galileu para conseguir através de um plano inclinado tentar provar que a queda livre é um movimento uniformemente variado. Explique abaixo em detalhes o procedimento que irá adotar.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

5. Faça as medições que achar necessárias para a averiguação de sua hipótese. Alguns instrumentos de medida estarão disponíveis com seu professor, caso vocês solicitem. Anote todas suas medidas e as observações que acharem pertinentes.

This image shows a full page of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for handwriting practice or general writing. There are no margins, text, or other markings on the page.

6. Existem erros relativos aos processos de medição que você propôs? Explique todos os erros que você percebeu durante as medições. Que aproximações necessitou realizar? Galileu lidou com os mesmos problemas que você? Justifique.

7. Quais conclusões você pode obter à respeito do experimento do plano inclinado. Este realmente pode ser descrito como um movimento uniformemente variado? Galileu teria tido condições de ter mostrado isso?