TECNOLOGIA

Documentário da série Descobertas da Antiguidade

SINOPSE

Uma professora de Física discute e apresenta uma proposta de atividade sobre o documentário *Tecnologia*, que mostra as invenções modernas e complexas criadas há mais de dois mil anos, por homens como Arquimedes e Tecíbio. Muitas dessas invenções ficaram perdidas no tempo por causa dos incêndios da Grande Biblioteca de Alexandria, local que guardou grande parte do conhecimento do mundo antigo.

CONSULTOR

Professora Jaqueline Teresinha krebs - Física

❖ MATERIAL NECESSÁRIO PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE:

- Papel
- Caneta
- Lápis
- Borracha
- Chumbadas de pesca (oval) de 50,100, 150, 200, 250g
- Linha de pesca (n° 51, 2 3)
- Uma fita métrica
- Um cronômetro *
- Um prego
- Um martelo
- Uma tesoura

* Pode ser utilizado o cronômetro do aparelho celular ou do relógio de pulso.

❖ PRINCIPAIS CONCEITOS QUE SERÃO TRABALHADOS

- Osciladores harmônicos
- Período e freqüência
- Velocidade angular
- Isocronismo do pêndulo simples
- Algarismos significativos

❖ DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Principais etapas e estratégias para trabalho interdisciplinar sugerido

A sugestão é exibir o documentário na disciplina de Física. Ao término deste, o professor motiva uma discussão com os alunos, iniciando com alguns questionamentos: Qual a função do *Mecanismo de Antikythera*? Que outros instrumentos aparecem ao longo da história? Além da Física, é possível identificarmos outras disciplinas envolvidas? Quais e de que maneira?

A idéia central do vídeo é descrever os padrões de comparação empregados na **medição do tempo**. A evolução histórica dos relógios conduz o tema.

A evolução da ciência marcada com o tempo

No início da civilização, coincidentemente com o aprimoramento da agricultura o homem começou a observar os ciclos que regem a natureza, tornado possível a contagem do tempo e dando origem aos instrumentos de medição do tempo, denominados calendários. A essência de medir a passagem do tempo é comparar durações: o tempo de uma gestação, o tempo de uma colheita, o tempo de uma vida. Os ciclos naturais possuem a propriedade do fluxo constante de matéria, que por ser grandeza física proporcional ao fluxo do tempo, confere aos fenômenos um valor padrão para medidas de tempo. Dentre os instrumentos de medidas mais conhecidos da

antiguidade encontram-se o gnômon, ou relógio de Sol, para medir as frações do dia e a clepsidra, um relógio de fluxo de água usado principalmente para medir as frações da noite.

A evolução dos medidores prosseguiu com a invenção, na idade média, da ampulheta, um relógio de fluxo de areia fina pelo orifício que separa duas câmaras de um recipiente de vidro.

A partir da idade média, entre os séculos VIII e XII, foi concebido o mecanismo de medição do tempo que tinha por base a oscilação mecânica, os quais utilizam a propriedade de isocronismo dos movimentos harmônicos como padrão de medida. Quanto ao funcionamento, é possível mostrar, sem muito problema em sala de aula, que os instrumentos de medida do tempo se assemelham aos ciclos naturais. Durante o apogeu da mecânica foram inventados relógios cada vez mais precisos, confiáveis e versáteis como os relógios de pêndulo (Huygens, 1673).

Todavia, o relógio mecânico teve antepassados longínquos. É na pré-história do relógio mecânico que nós temos que procurar analogias importantes ao mecanismo de Antikythera e para uma avaliação de sua significação. O computador astronômico de Antikythera (Grécia século I AC, decoberto em 1901) é um artefato surpreendentemente “moderno” pela concepção e pela realização, é um mecanismo que ainda reflete a influência da astronomia Babilônica.

Foi a tradição de relojoaria que preservou a maior parte da habilidade do homem em mecânica de precisão científica. Durante o Renascimento os fabricantes de instrumentos científicos evoluíram dos relojoeiros. Assim, de certo modo o mecanismo de Antikythera é o progenitor venerável de toda nossa presente pletora de instrumentos científicos.

Na era moderna, com o advento da eletrônica, e a descoberta do efeito piezelétrico, apareceram e se popularizaram os relógios de quartzo. Com as pesquisas relacionadas à Física Quântica surgiu o relógio atômico, a partir do qual o padrão da grandeza de tempo deixou de se basear na astronomia, e passou a ser baseada nas oscilações dos átomos de césio.

Do prêmio Longitiude ao GPS (Sistema de Posicionamento Global)

Na era das grandes navegações, era possível determinar latitudes partir da posição dos astros celestes. Entretanto, a posição no mesmo sentido de rotação da Terra dependia da sincronização de relógios. Galileu introduziu o uso da translação das luas de Júpiter como relógio celeste. Considerando a esfera terrestre dividida em 24 seções, cada hora equivale a 15° de inclinação do Sol.

John Harrison passou grande parte de sua vida envolvido na construção de um instrumento novo, um relógio que marcasse com precisão a hora dentro de uma embarcação em alto-mar, de modo a conhecer a posição. Venceu o fabuloso prêmio da longitude, oferecido pela Grã-Bretanha no século XVIII, um fabricante de relógios.

A posição de um receptor de GPS é uma medida indireta do tempo gasto pelo sinal eletromagnético percorrer a distância a satélites equipados com relógios atômicos. Portanto, é possível calcular a distância entre o satélite e o receptor multiplicando-se a velocidade da luz pela diferença entre o tempo da chegada do sinal no receptor e o tempo da saída no satélite.

Conclusão

A estratégia de abordar a medição do tempo mostrando que um o relógio é a soma de dois componentes, um oscilador que vibra regularmente e um contador que converte o número de repetições em segundos, é capaz de contextualizar o vídeo *Descobertas da Antiguidade* , além de despertar a curiosidade do aluno para o mistério do funcionamento do relógio mecânico de Antikythera.

A riqueza do documentário enfocando o **tema do tempo** perpassa por importantes disciplinas do saber, tais como a Astronomia, História, Literatura, Matemática e, entre tantas outras, a própria Física fornecendo elementos de convergência para se compor um programa de trabalho para o Ensino Médio, articulado e dentro de um contexto, como sugerido nos PCNEM+ (MEC/SEMTEC, 2002).

Proposta interdisciplinar

Física

Qualquer medida de tempo está associada à medida da freqüência de um fenômeno periódico. Um exemplo clássico, porém não comprovado, é o do físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) que, nos seus primeiros experimentos, usou a freqüência das batidas do seu coração para medir o período de oscilação dos seus pêndulos. A partir de Galileu, o isocronismo do pêndulo tornou-se a propriedade fundamental para a construção do relógio de pêndulo, inventado por Huygens.

Durante os últimos três séculos, o pêndulo foi o mais confiável medidor de tempo, sendo substituído apenas nas últimas décadas por oscilações atômicas ou eletrônicas. Para um relógio de pêndulo ser um medidor de tempo preciso, a amplitude do movimento deve ser mantida constante apesar de as perdas por atrito afetarem todo o sistema mecânico, Variações na amplitude, tão pequenas quanto 4° ou 5°, fazem um relógio adiantar cerca de 15 segundos por dia, o que não é tolerável mesmo em um relógio caseiro. Para manter constante a amplitude é necessário compensar com um peso ou mola, fornecendo energia automaticamente, compensando as perdas devidas ao atrito.

Uma experiência simples de sala de aula tem a capacidade de atribuir aprendizagem significativa ao isocronismo do pêndulo simples e ao conceito de algarismos significativos.

Como desenvolver a atividade com os alunos

Os pesos de chumbo já são perfurados ao meio, o que torna-os fácil de serem amarrados por uma linha de pesca. Uma vez fixado o peso de chumbo, corte a outra extremidade da linha maior que 2m, amarrando-a com um laço em um prego fixo na parede ou numa tábua, com altura acima de 2m, deixando um comprimento ***L*** entre o centro do chumbo e o ponto amarrado 2m de extensão, constituindo-se num bom pêndulo simples. Estas operações são muito simples e podem ser feitas pelos alunos, sem restrição quanto ao diâmetro de linha de pesca (identificado pelo número no carretel e os pesos utilizados).

Com o pêndulo em funcionamento pode-se pedir aos alunos que relacionem as variáveis envolvidas no fenômeno, tais como: o tempo de ida e volta, ou seja o período, o comprimento do fio, a massa das chumbadas (tendo-se uma balança por perto, podem ser aferidas), o ângulo entre o fio e a vertical, o diâmetro do prego de sustentação, a hora do dia, a temperatura da sala, etc... Com o universo de grandezas definido, pede-se que definam quais delas são relevantes para o período ***T***.

Qual a melhor maneira de medir o período? Coloque este problema aos alunos numa situação onde o comprimento do pêndulo é menor que 20cm. Discuta os erros cometidos ao se medir visualmente períodos da ordem de 1s, e o fato de que o período varia muito pouco com 10 oscilações.

Uma das soluções é medir o tempo de 10 oscilações, 3 vezes. As 3 medidas não devem discordar muito entre si, e a média dessas 3 medidas deve ser utilizada. Este tempo médio deve ser dividido por 10, que são as 10 oscilações, do resultado temos com boa precisão o valor do período de uma oscilação, mesmo se utilizando de um simples relógio de pulso. Pode ser que um aluno vá anotando os dados conforme exemplo da tabela 1 abaixo, outro contando o número de vezes em que o pêndulo vai e volta, e outro cronometrando, sugere-se que a cada medição revezem suas funções.

Determinando o conjunto de observações (ou variáveis) relevantes, resta saber de quais delas depende o período. Para fixarmos idéias vamos nos deter nas variáveis principais: comprimento do fio; massa do chumbo; diâmetro do fio e o ângulo ( ) entre a vertical e o deslocamento inicial do fio. Para conhecer quais variáveis que influenciam o fenômeno, deve se fixar 3 quaisquer variáveis a outra, apesar do período só depender do comprimento do fio geralmente os alunos acreditam que a massa da chumbada influencia o período. Às vezes é conveniente solicitar de antemão que o ângulo seja inferior a 20º o que pode ser descoberto pelos próprios alunos, pois se abaixo de 15º o período não depende do ângulo inicial, para grandes valores do ângulo isto já é verdade, basta ver o caso limite de =180º, quando o peso torna-se um objeto de queda livre simplesmente.

Em uma folha separada os alunos podem anotar os dados conforme tabela 1.

Tabela 1

L(m)	***T1(s)***	***T2(s)***	***T3(s)***	***T=(T1+T2+T3)/3 (s)***	***t(s)=T/10***	***variáveis***
						m= ?
						d= ?
						D= ?

Fazer alterações em uma variável por vez e manter as outras fixas:

- ***m*** = massa da chumbada
- ***d*** = diâmetro da linha
- ***D*** = diâmetro do prego

Caso exista tempo suficiente pode-se pedir que cada grupo varie as grandezas que fixou anteriormente. Caso isto não seja possível deve-se comparar o resultado com outros grupos que fizeram a experiência com massas diferentes, ângulos diferentes e fios diferentes, onde deve ficar claro para o aluno que este procedimento é equivalente a variar a massa, o ângulo e o diâmetro da linha por exemplo.

Discussão

Deve ficar claro para o aluno que o período de um pêndulo, que a princípio poderia depender de muitas observáveis, só depende do comprimento. Essa dependência não é qualquer, mas a razão de T^2/L é aproximadamente constante, ou seja $T^2 = k \, .L$.

Apesar de que a experiência pode ser desenvolvida para estudantes de qualquer nível a discussão dos resultados e a teoria envolvida depende do conhecimento prévio do aluno. De qualquer modo a confecção de um gráfico linear com $y = T^2$ ou $y = m \, .x$ em função de $x = L$, é de grande interesse para alunos do ensino médio.

A aceleração da gravidade ***g*** pode ser obtida através do coeficiente angular ***m***, dos gráficos com os valores de ***x*** e ***y*** acima e aplicando na equação abaixo:

$g = 4 \, ^2/m$

Com a equação abaixo do período ***T*** do pêndulo simples, podemos determinar a aceleração da gravidade ***g***.

$T = 2 \, (L / g)^{1/2}$

$g = 4 \, ^2 L / T^2$

Com esta prática podemos explicitar aos alunos algumas observações como: o período do pêndulo depende da gravidade, e que uma das principais propriedades do pêndulo é a regularidade das suas oscilações. Por este motivo, os pêndulos eram usados em relógios. Observamos também que a massa do pêndulo não influencia no resultado do período, mas o comprimento sim, por isso é que os relógios de maior precisão possuem o pêndulo de maior comprimento.

História

A história da evolução dos diversos tipos de relógios reflete a cultura e a arte dos diversos povos, assim como a evolução da ciência a serviço das necessidades do homem. Portanto, o professor de História pode sugerir uma pesquisa bibliográfica que responda à seguinte questão:

Por que a criação de um "tempo padrão", igual para o mundo inteiro, foi necessário para o sucesso da sociedade e industrialização da comunidade mundial? Atualmente quais as atividades humanas que requerem precisão na medida do tempo?

Para complementar, é possível solicitar aos alunos que tragam de casa relógios antigos, do avô ou bisavô, por exemplo, organizar uma *Mostra* situando-os na cronologia do tempo.

Matemática

Através dos dados tabela, obtidos em Física no experimento do pêndulo, o professor de Matemática pode solicita a construção dos gráficos pela expressão:

$y = T^2$ ou $y = m \cdot x$ em função de $x = L$.

Geografia

O sistema de posicionamento global (GPS, na sigla em inglês) está cada vez mais presente em nosso dia-a-dia. É um belo exemplo de transferência do conhecimento científico para a produção tecnológica, e a rapidez com que novos produtos são desenvolvidos e colocados no mercado segue a lógica do processo de inovação tecnológica contemporâneo.

Se a escola possui um aparelho de GPS, o professor pode realizar um estudo sobre Sistema de Coordenadas deste aparelho, bem como realizar atividades de campo. Geralmente as escolas que tem curso Técnico Agrícola, possuem um, assim é possível determinar certa área de terra, ou confeccionar os mapas para aplicação localizada dos insumos na lavoura. Estes mapas indicam qual insumo, quantidade, e posição exata para aplicação. A grande vantagem é que ao invés de calcular, por uma média, o quanto a área a ser cultivada necessita de sementes, calcário, adubo, herbicida e inseticida, o agricultor vai poder aplicar apenas a quantidade necessária para cada diferente zona do terreno.

Biologia

O relógio biológico é um mecanismo do corpo que regula o horário de todos os eventos corpóreos de forma que se consiga prever quando algo irá ocorrer. Através do relógio biológico o organismo harmoniza a variação da temperatura, da pressão arterial, da secreção dos hormônios, do sono, da freqüência cardíaca e de outros acontecimentos do organismo.

O professor de biologia pode explicar para os aluno como funciona o mecanismo de controle do relógio biológico, e como ele é afetado pelo *Horário de Verão*.

❖ RESUMO DA ATIVIDADE

Uma passadinha rápida em todo o processo

A. Exibir o vídeo.

B. Levantamento e discussão de questões acerca da Física presente no documentário: *Descobertas da Antiguidade I*.

C. Relação com outras áreas do conhecimento.

D. Realização de um experimento utilizando um pêndulo simples.

E. Proposta de um projeto interdisciplinar, com história, matemática, geografia e biologia.

❖ COMO AVALIAR ESSE TRABALHO?

Hora de avaliar a atividade

Ao final desse trabalho, espera-se que o aluno compreenda a importância da medida do tempo para o progresso e a organização da sociedade. Também, que a ciência é feita de fatos, muitas vezes dinâmicos que podem comprovar ou por em dúvidas algumas teorias.

Sendo assim, entendendo a avaliação como o produto de um processo, o professor de Física poderá avaliar exigindo de cada grupo **uma ficha registro de atividades**, na qual os alunos anotarão os dados, procedimentos e demais informações relevantes à realização do experimento. As anotações devem ser feitas durante a realização das atividades para garantir a objetividade e a fidelidade.

Nas demais disciplinas, os professores poderão avaliar a coerência dos textos redigidos e o empenho do aluno no desfecho do trabalho.

❖ EM QUAL ANO OU ANOS DO ENSINO MÉDIO SERIA MELHOR APLICAR ESSE TRABALHO?

Hora de avaliar a aplicabilidade da atividade

2° ano do ensino médio, é a seriem que se explica o Movimento Harmônico Simples (MHS).

SUGESTÕES DE LEITURAS

1.1. Livros e periódicos:

HALLIDAY, David et al. *Fundamentos de física*. v.2, 6.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003.

MÁXIMO, Antônio e ALVARENGA, Beatriz. *Física.* São Paulo: Scipione, 2004. 415p.

MEC/SEMTEC, PCN Ensino Médio+, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília, 2002.

9.2. Páginas da Rede (internet)

http://www.ceticismoaberto.com/ciencia/antikythera.htm - Artigo escrito por Derek J. de Solla Price, publicado na edição de junho de 1959 da Scientific American, *intitulado* "*Um Antigo Computador Grego"*.

http://www.dm.ufscar.br/~salvador/homepage/pro_ciencias_2002/materialdistribuido/Matematica/a_arte_medir_o_tempo-e_a_matematica.pdf - projeto que explora os tipos de relógios mais conhecidos como exemplos de aplicação da Matemática na *Arte de Medir o Tempo*, procurando estabelecer uma interdisciplinaridade entre as diversas áreas das Ciências como Matemática, Física, Astronomia e Geografia.

http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2001/pendulo/PenduloSimples_HTML.htmapresentar uma breve história sobre a contagem do tempo e sobre o revolucionário Pêndulo Simples, com aplicações físicas e um exemplo prático de como utilizá-lo para medir com precisão a aceleração da gravidade.

http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0484-4.pdf - destaca a física na medição do tempo e a evolução histórica dos relógios.

http://cienciahoje.uol.com.br/115696 - destaca que a medição precisa do tempo é essencial para o funcionamento do GPS e relaciona o relógio atômico com a teoria quântica.

http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/anais/artigos/eng_elet_automacao/36%20GPS%20SISTEMA%20DE%20POSIONAMENTO%20GLOBAL.pdf - Este trabalho demonstra as funcionalidades do Sistema de Posicionamento Global (GPS)

http://www.gpsglobal.com.br/Artigos/ITA12a.html - artigo sobre o sistema GPS que analisa a sua funcionalidade segundo as leis de Kepler.

http://pcdsh01.on.br/histrelog1.htm - apresenta a evolução cronológica dos relógios.

9.3 Quais as principais palavras-chave para busca de mais material na internet?

Medição do tempo
História dos relógios
Antikythera
Pêndulo Simples
Isocronismo
MHS

SUGESTÕES DE LEITURAS

1.1. Livros e periódicos:

HALLIDAY, David et al. *Fundamentos de física*. v.2, 6.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003.

MÁXIMO, Antônio e ALVARENGA, Beatriz. *Física.* São Paulo: Scipione, 2004. 415p.

MEC/SEMTEC, PCN Ensino Médio+, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília, 2002.

9.2. Páginas da Rede (internet)

http://www.ceticismoaberto.com/ciencia/antikythera.htm - Artigo escrito por Derek J. de Solla Price, publicado na edição de junho de 1959 da Scientific American, *intitulado* "*Um Antigo Computador Grego"*.

http://www.dm.ufscar.br/~salvador/homepage/pro_ciencias_2002/materialdistribuido/Matematica/a_arte_medir_o_tempo-e_a_matematica.pdf - projeto que explora os tipos de relógios mais conhecidos como exemplos de aplicação da Matemática na *Arte de Medir o Tempo*, procurando estabelecer uma interdisciplinaridade entre as diversas áreas das Ciências como Matemática, Física, Astronomia e Geografia.

http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2001/pendulo/PenduloSimples_HTML.htmapresentar uma breve história sobre a contagem do tempo e sobre o revolucionário Pêndulo Simples, com aplicações físicas e um exemplo prático de como utilizá-lo para medir com precisão a aceleração da gravidade.

http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0484-4.pdf - destaca a física na medição do tempo e a evolução histórica dos relógios.

http://cienciahoje.uol.com.br/115696 - destaca que a medição precisa do tempo é essencial para o funcionamento do GPS e relaciona o relógio atômico com a teoria quântica.

http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/anais/artigos/eng_elet_automacao/36%20GPS%20SISTEMA%20DE%20POSIONAMENTO%20GLOBAL.pdf - Este trabalho demonstra as funcionalidades do Sistema de Posicionamento Global (GPS)

http://www.gpsglobal.com.br/Artigos/ITA12a.html - artigo sobre o sistema GPS que analisa a sua funcionalidade segundo as leis de Kepler.

http://pcdsh01.on.br/histrelog1.htm - apresenta a evolução cronológica dos relógios.

9.3 Quais as principais palavras-chave para busca de mais material na internet?

Medição do tempo
História dos relógios
Antikythera
Pêndulo Simples
Isocronismo
MHS