

MOVIMENTO OSCILATÓRIO



Sequência
Didática

Pêndulo Simples

Andreia T. Evaristo

Fundação Universidade

Regional de Blumenau



Evaristo, Andreia T., 2018

Movimento Oscilatório: pêndulo simples / Andreia T. Evaristo.

– 1ª Edição – Blumenau, SC: FURB, 2018.

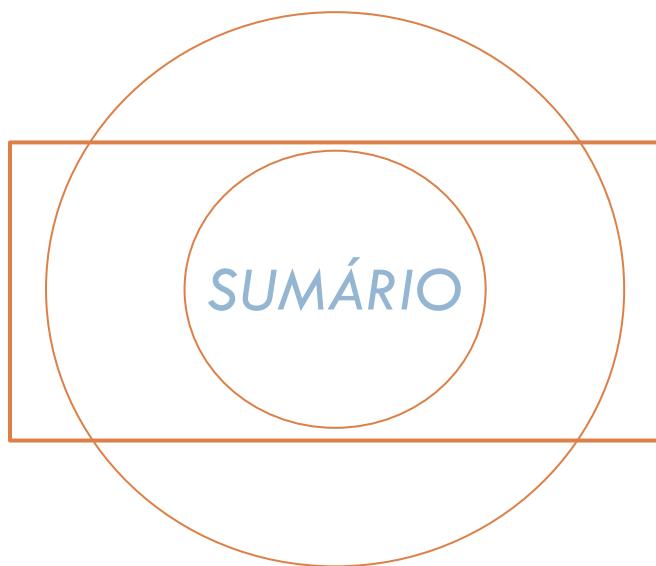
1. Ensino 2. Educação



Copyright © by PPGECIM

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Coordenação: prof. Dr. Élcio Schuhmacher
Rua Antônio da Veiga, 140 – Itoupava Seca
89030-903 – Blumenau – SC
Câmpus 1 – Sala S-205
47 3321-0637
ppgecim@furb.br



PREFÁCIO.....	03
APRESENTAÇÃO.....	04
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	05
PENSANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	08
SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	13
● Problematização Inicial.....	13
● Atividade 1.....	14
● Organizador Prévio.....	16
● Atividade 2.....	18
● Sistematização do Conhecimento.....	20
● Oscilações.....	21
○ Período e Frequência.....	21
○ Movimento Harmônico Simples – MHS.....	22
○ Posição do MHS.....	22
○ Velocidade do MHS.....	24
○ Aceleração do MHS.....	25
○ Pêndulo Simples.....	26
○ Por que pequenos ângulos?.....	30
● Aplicação do Conhecimento.....	31
● Atividade 3.....	32
● Avaliação.....	33
● Atividade 4.....	34
REFERÊNCIAS	36



“Se você acha que a Educação custa caro, tente a ignorância!” Esta famosa frase, comumente atribuída a Derek Bok, ex-reitor da Universidade Harvard, dá a ideia do que pode ser considerada a Educação: um investimento. E como todo investimento, há modos e modos de fazê-lo. Há formas distintas de se investir. E para ser feito o investimento da forma correta, é necessário conhecê-lo. Conhecer suas subjacências, seu *modus operandi*.

O presente trabalho procura oferecer uma contribuição na busca por esse conhecimento. As dinâmicas atuais nos mostram que vários aspectos do mundo que conhecíamos, com os quais crescemos, passam por profundo questionamento. Questionamos se o que servia na nossa infância serve aos nossos filhos. Imaginamos se o que serve a eles servirá a nossos netos, possivelmente em modos dos quais nem sequer nos aproximamos. Buscamos entender como investir num capital que garanta um futuro saudável para a nossa sociedade – da qual nossos filhos são os construtores diretos. Para auxiliar nesse processo de aclaração, uma ferramenta valiosa é apresentada – a Teoria da Aprendizagem Significativa, do Psicólogo americano David Paul Ausubel. Nela, os novos conhecimentos devem ser confrontados com aqueles preexistentes, para que seja facilitada sua assimilação.

Como resultado de sua aplicação prática, apresentado neste trabalho, a comprovação de que um investimento, quando feito do modo correto, com as ferramentas adequadas, só tem a contribuir com o aumento de um dos capitais fundamentais, imprescindíveis para uma vida dita “digna”, e tão relegado a segundo plano em nosso país: a Educação.

Julio Cézar Bohn Júnior



Este pequeno e-book foi organizado com o intuito de proporcionar um melhor entendimento sobre como utilizar a sequência didática, nas aulas de Física, para os cursos de Engenharia.

O e-book contém orientações de cada fase da sequência didática para uma melhor compreensão, podendo ser adaptado à realidade presente.

Esperamos que este e-book, a exemplo da pesquisa que lhe deu origem, auxilie professores e alunos na busca de uma compreensão mais sistemática das teorias físicas para o movimento oscilatório, em particular o pêndulo simples.

Finalmente, aproveitando a oportunidade para agradecer ao PPGECEM, FURB e prof. Dr. Élcio Schuhmacher, pela dedicação e pela contribuição para que este trabalho pudesse ser concretizado.

Blumenau, maio de 2018.

ANDREIA T. EVARISTO



“A aprendizagem significativa é uma teoria voltada para a explicação de como ocorre a aprendizagem de *corpus* organizados de conhecimento que caracterizam a aprendizagem cognitiva em contexto escolar.” (PONTES NETO, 2006, p. 118).

Segundo Ausubel (1980), a teoria discute a assimilação de significados e Moreira (2011) reforça que os conceitos da AS são compatíveis com outras teorias do século 20, sendo uma delas a do sociointeracionismo de Lev Vygotsky (1896-1934).

Para Moreira:

Aprendizagem Significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento específico relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2011, p. 13).

Logo, uma estratégia de ensino para fomentar novos conhecimentos, cujo fundamento é a Aprendizagem Significativa, deve se pautar sobre aquilo que deve ser ensinado, e buscar conhecer o que o sujeito já sabe sobre este assunto, que pode ser: “um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem.” (MOREIRA, 2011, p. 14). A esse conhecimento prévio do sujeito, Ausubel chamava de subsunçor.

“Subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto.” (MOREIRA, 2011, p. 14). Dessa forma o sujeito que aprende tem onde ancorar os novos conhecimentos que estão sendo adquiridos. No entanto, para que ocorra o desenvolvimento do novo conceito, é necessária a ativação dos subsunçores, para que sirvam de organizadores dos novos conhecimentos adquiridos.

Os alunos, durante o processo de ensino e aprendizagem, deparam-se com excesso de informações, e essas informações muitas vezes ficam “soltas” em sua estrutura cognitiva. No entanto, deve-se procurar interagir essas novas informações com as já existentes, com a utilização de materiais potencialmente significativos. Durante o processo de interação, os novos conhecimentos podem vir a corroborar, descartar ou substituir o conhecimento prévio, dando mais estabilidade cognitiva ao aprendiz, ao mesmo tempo que pode se tornar ideia âncora para novos conhecimentos; “progressivamente, o subsunçor vai ficando mais estável, mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens.” (MOREIRA, 2011, p. 15).

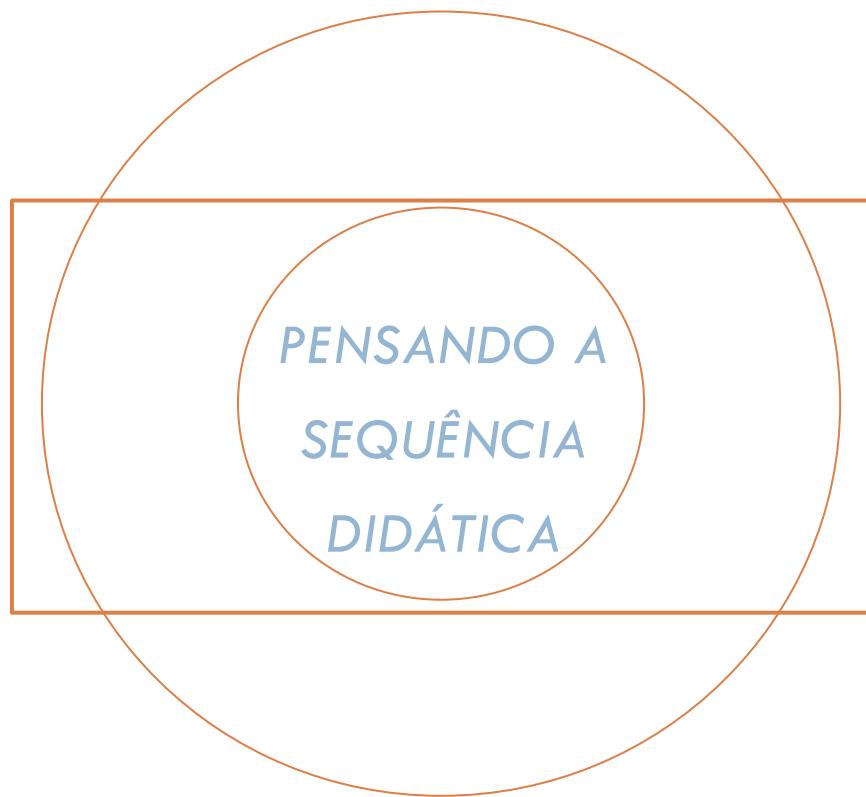
Também pode ocorrer de ser detectada a inexistência de subsunçores¹. O que fazer? Neste caso lança-se mão da aprendizagem mecânica, mas tendo a consciência de que os conteúdos ficarão “soltos”, ou ligados à estrutura cognitiva de forma fraca, mas podendo mais tarde ser revisada nos moldes da AS, pois o processo não pode parar apenas na aprendizagem mecânica.

Para Ausubel (1980), essas duas formas de conhecer não são antagônicas, mas uma complementa a outra, pois ambas fazem parte de um processo contínuo. Ausubel (2003) ainda ressalta que as tarefas de aprendizagem por memorização não são concretizadas num vácuo

¹ A ausência de subsunçores normalmente é detectada na atividade inicial (ex.: aplicação de questionários), que tem por objetivo verificar quais conhecimentos prévios os alunos possuem sobre a temática que será estudada.

cognitivo. “Podem relacionar-se com a estrutura cognitiva, mas apenas de uma forma arbitrária e literal que não resulta na aquisição de novos significados.” (AUSUBEL, 2003, p. 04).

Uma possibilidade criada pela Aprendizagem Significativa é que se torna possível abordar o mesmo conteúdo em diferentes situações, criando a possibilidade de reforço entre as conexões cognitivas e ampliando os subsunções, pois Ausubel (1980, 2003) entendia que os novos conceitos interagem com os conceitos já armazenados na estrutura neuronal do indivíduo e descreve a aquisição do conhecimento como a modificação dos conceitos nessa estrutura neuronal. Dessa forma, a Aprendizagem Significativa não é um produto acabado, aprender sobre um assunto no ensino básico não é a mesma coisa na graduação, pois o conhecimento aumenta em complexidade.



A abordagem do ensino a partir da Aprendizagem Significativa requer o desenvolvimento de estratégias pedagógicas que permitam que o aluno seja o autor principal no desenvolvimento de seu intelecto, pois:

As atividades colaborativas, presenciais ou virtuais, em pequenos grupos, têm grande potencial para facilitar a aprendizagem significativa porque viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados, e colocam o professor na posição de mediador. (MOREIRA, 2011, p. 50).

Portanto ao se pensar na elaboração de uma sequência didática é necessário encontrar estratégias pedagógicas que fornecem a dinâmica que se quer adotar nas tarefas que serão propostas. Aqui cito três possibilidades de se estabelecer uma dinâmica de atuação docente em sala de aula:

- a) Momentos Pedagógicos – José André Peres Angotti e Demétrio Delizoicov

Angotti (2015) define os momentos pedagógicos em três etapas, sendo a primeira a Problemática Inicial, etapa na qual ocorre a apresentação de situações reais aos alunos, situações que estes conheçam e consigam relacionar com os conteúdos contidos nas teorias

científicas. O segundo momento pedagógico, chamado de Organização do Conhecimento, Angotti (2015) descreve como a etapa na qual os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão da problematização inicial são sistematicamente estudados. Esses organizadores ocorrem por meio das atividades elaboradas pelo docente, podendo ser tantas quantas este acha necessário. O terceiro momento pedagógico de Angotti (2015) é chamado de Aplicação do Conhecimento. É a abordagem sistemática do conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar as situações iniciais que determinaram seu estudo, bem como outras situações que de algum modo estejam relacionadas com o novo conhecimento adquirido. As atividades devem ser desenvolvidas buscando a generalização da conceituação, capacitando o aluno a empregar os conhecimentos científicos em situações reais, e não simplesmente a encontrar uma solução matemática que relacionam grandezas.

b) Taxonomia de Bloom – Lorin Anderson e David Krathwohl

A Taxonomia de Bloom (ANDERSON, 2001) é a ideia de que aquilo que deve ensinar aos alunos pode ser arranjado numa hierarquia do menos para o mais complexo. Segundo a teoria para se ter o domínio do conhecimento é necessário possuir o domínio cognitivo (saber), domínio afetivo (relacionado com os sentimentos) e domínio psicomotor (destrezas motoras relacionadas com ação). As atividades elaboradas pelo docente dentro dessa proposta de ensino devem proporcionar aos alunos o desenvolvimento dos processos cognitivos que possibilitam a aprendizagem de acordo com os processos cognitivos: o conhecimento (recuperação de informação), compreensão (integração significativa), aplicação (utilização em situação nova), análise (segmentar em componentes), síntese (combinar num todo) e avaliação.

c) Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) – Marco Antônio Moreira

Para construir uma sequência didática utilizando as UEPS é necessário seguir os aspectos sequências proposto por Moreira (2013):

1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico.
2. Criar/Propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta.
3. Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedural) que se pretende ensinar; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo.
4. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos.
5. Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador.

6. Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade.

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino.

8. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problemas).

(Adaptado de Marco Antônio Moreira – Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas).

Independente da estratégia pedagógica a ser adotada o importante é a elaboração de atividades, dentro do contexto da Aprendizagem Significativa que utilize os mais variados objetos de aprendizagem² (OAs), pois os OAs são recursos utilizados no processo de ensino e aprendizagem, que servem para auxiliar os estudantes na compreensão dos novos conceitos. Existem diversas opções (textos, imagens, animações, simulações) de Objetos de Aprendizagem, com a vantagem de serem reutilizáveis, adaptáveis, acessíveis e duráveis. “Os OAs podem ser criados em qualquer mídia ou

² Os objetos de aprendizagem podem ser encontrados em diversas plataformas como a Plataforma Integrada do Ministério da Educação (MEC) que reúne e disponibiliza em um único lugar os Recursos Educacionais Digitais dos principais portais d Brasil (<https://plataformaintegrada.mec.gov.br/sobre>).

formato, podendo ser simples como uma animação ou uma apresentação de *slides*, ou complexos como uma simulação.” (Aguiar e Flôres, 2014, p. 12).

Os Objetos de Aprendizagem nas suas mais diferentes formas trazem os pressupostos pedagógicos inerentes ao processo de ensino e aprendizagem, decorrentes dos diferentes níveis educacionais, e podem servir como estrutura de apoio para os estudantes explorarem e aplicarem seus conhecimentos em várias situações. Como os organizadores prévios são um recurso facilitador que funcionam como mecanismo pedagógico (AUSUBEL, 2003), esses recursos podem ser um Objeto de Aprendizagem (textos, filmes, demonstração, simuladores educacionais), podendo então contribuir com uma aprendizagem significativa.

Aguiar e Flôres, (2014) associam os Objetos de Aprendizagem com a aprendizagem significativa, pois podem servir como âncoras para as novas ideias, novos conceitos, permitindo ao aluno explorar e aplicar seus conhecimentos em várias situações, por um processo de interação ou proposição já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, que é o seu “subsunçor” (AUSUBEL, 1968).

MOVIMENTO OSCILATÓRIO

PÊNDULO SIMPLES



Problematização Inicial

A problematização inicial procura aproximar e contextualizar o conteúdo Oscilações, de tal forma que o novo conhecimento que se está querendo proporcionar de forma significativa não esteja tão distante do cotidiano dos alunos.

Para isso, a sequência é iniciada com um questionário, no qual se utiliza o brinquedo de parques de diversões conhecido como Barco Viking.

As perguntas procuram saber quais são os conhecimentos prévios dos alunos sobre o movimento oscilatório e permitem verificar se os mesmos conseguem descrever o movimento nos termos das grandezas físicas aceleração, período, frequência e amplitude.

A primeira pergunta tem o intuito de sondar o conhecimento mais geral que os alunos possam ter a respeito do conteúdo MHS e se sabem de alguma maneira descrever o movimento.

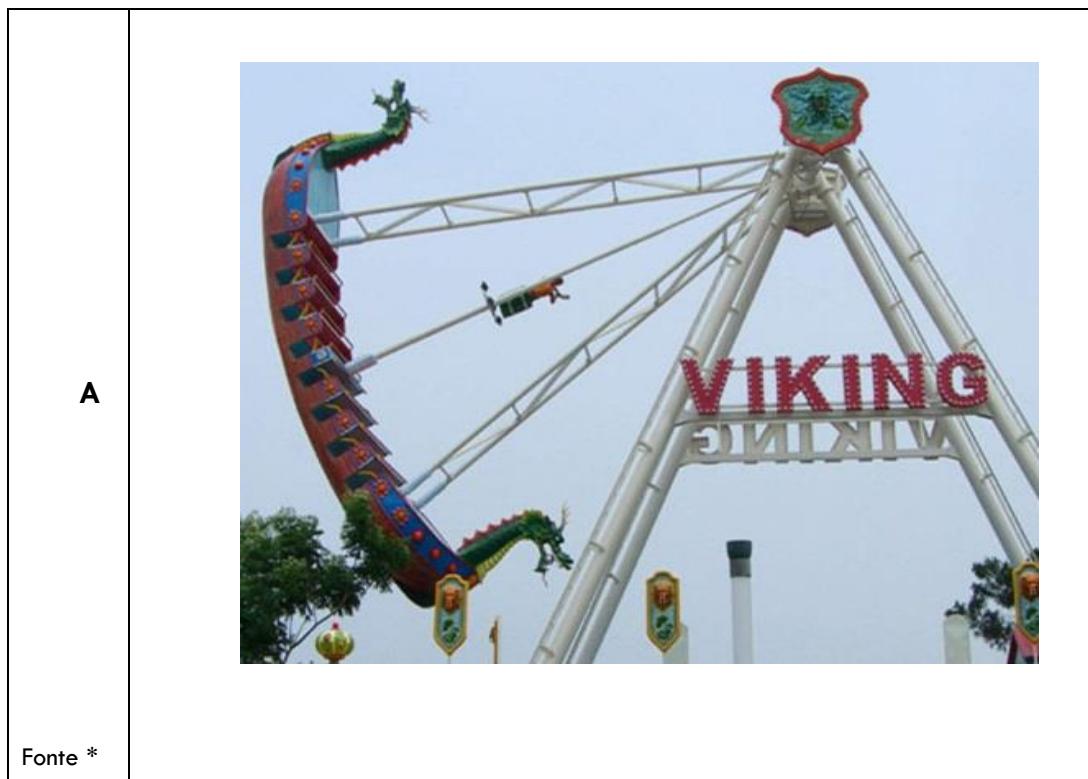
A segunda pergunta tem o objetivo de investigar os subsunções relevantes dos alunos quanto à questão das acelerações no movimento oscilatório.

A terceira pergunta do questionário procura levantar o conhecimento prévio dos alunos sobre período e frequência, termos muito utilizados em movimentos repetitivos.

A quarta e a quinta pergunta pretendem saber se os alunos conseguem perceber ou identificar que o movimento oscilatório pode ser executado por outros objetos.

Atividade 1

1) Um dos brinquedos muito populares em um parque de diversões é o famoso Barco Viking, que por conta de seu movimento característico, pode proporcionar várias sensações aos seus usuários. Qual o tipo de movimento executado pelo Barco Viking? Descreva, nos pontos A, B e C, o que ocorre.



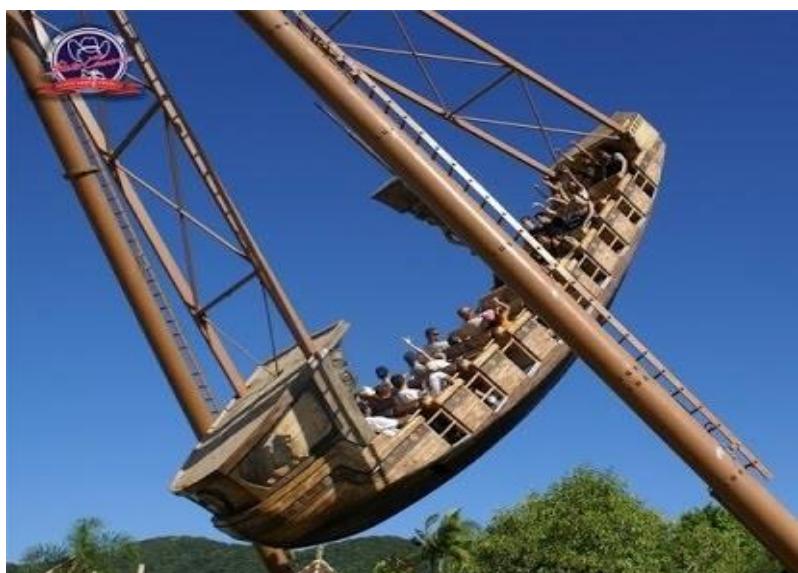
B

Fonte **



C

Fonte***



2) Duas das sensações bastante sentidas pelos usuários é a vertigem, ou o popular “frio na barriga”. O que causa essas sensações?

3) Se diminuíssemos a velocidade do Barco Viking mantendo a mesma altura, o que ocorreria com as sensações descritas anteriormente? Explique, pensando no movimento, o motivo dessas mudanças.

4) Compare o movimento executado pelo Barco Viking com algum outro objeto e explique as etapas.

5) Quais são as diferenças que existem entre o movimento do barco e o movimento observado nas ondas do mar? Explique.

Organizador Prévio

Para facilitar o processo de aprendizagem e para que esta seja significativa, Ausubel (1980, 2003) recomenda a utilização de organizadores prévios.

Esses organizadores são materiais que contém as informações introdutórios do novo conteúdo a ser compreendido e que servirão como ponte entre aquilo que o aluno já sabe e o conteúdo a ser trabalhado. “Os organizadores prévios não são uma visão geral, um sumário ou um resumo, podem ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação.” (MOREIRA, 2011, p. 30).

Os organizadores prévios devem estabelecer conexões explícitas entre o conteúdo a ser ensinado e os subsunções dos alunos, de forma que organizem os subsunções existentes para facilitar a AS.

Os organizadores podem ser do tipo expositivo ou comparativo. Na ausência de subsunções o organizador expositivo poderá orientar sobre o conjunto de informações como forma de iniciar o conteúdo a ser trabalhado. O organizador comparativo é mais recomendado quando o aluno conhece um conjunto de informações sobre o conteúdo, pois este exercitará a estrutura cognitiva no aluno. Moreira (2011) ressalta que os organizadores prévios não são simples comparações introdutórias, pois devem:

“1 – Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;

2 – Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as informações importantes;

3 – Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos.” (MOREIRA, 2011, p. 106).

Logo, o objetivo é a aproximação do conteúdo a ser compreendido com os conhecimentos prévios dos alunos, mas para que a Aprendizagem Significativa ocorra, Ausubel (1980, 2003) cita que é necessária uma predisposição do aprendiz.

As condições para que ocorra a Aprendizagem Significativa são duas: “1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.” (MOREIRA, 2011, p. 24).

A primeira condição depende da situação de aprendizagem e requer que o material escolhido tenha um significado lógico, e que o aprendiz consiga relacioná-lo à estrutura cognitiva apropriada. “O material pode ser potencialmente significativo e não significativo, pois os significados estão nas pessoas, não nos materiais.” (MOREIRA, 2011, p. 25). Portanto, o significado ao material será dado pelo aprendiz e nem sempre este significado será o aceito no contexto da matéria de ensino.

A segunda condição, Moreira (2011) destaca que talvez seja a mais difícil de ser satisfeita, já que o novo conteúdo deve ser relacionado de maneira não-arbitrária e não-literal com os conhecimentos prévios do aprendiz. E para que isso ocorra, o aprendiz deve se predispor a relacionar, seja diferenciando ou integrando, os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva prévia, “modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos.” (MOREIRA, 2011, p. 25). E esse ponto depende mais de novas posturas do que novas metodologias.

Assim, cabe ao aluno escolher se deseja aprender significativamente ou mecanicamente, pois segundo Pontes Neto:

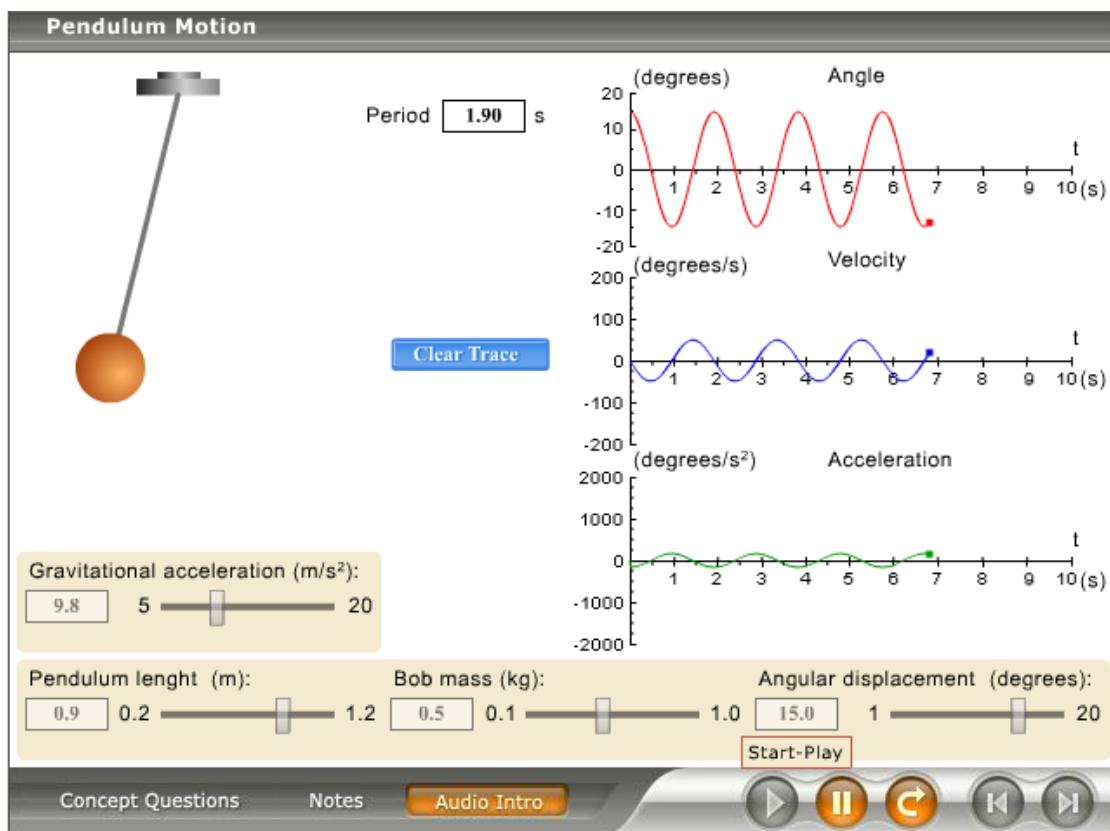
[...] mesmo que o material de aprendizagem possa se relacionar a ideias da estrutura cognitiva do aluno (subsunções), substantiva e não arbitrariamente, não haverá aprendizagem significativa, se houver o propósito de memorizar *ipsis litteris* e arbitrariamente as partes componentes desse material, em vez de se procurar aprendê-lo significativamente. (PONTES NETO, 2006, p. 118).

Referente a avaliação da aprendizagem do aluno dentro do contexto da AS, esta não possui uma regra específica a ser seguida. Depende mais da postura que o professor adotará diante da nova metodologia adotada. Ausubel (1980, 2003), neste ponto, é bastante radical. Para ele, é necessário propor ao aprendiz uma nova situação, completamente desconhecida, fazendo com que este necessite transformar o máximo possível o conhecimento adquirido. Já Moreira (2011), defende que situações novas devem ser propostas progressivamente, pois se o aluno que não é acostumado a enfrentar situações novas, o momento da avaliação parece ser o mais inadequado para que isso ocorra. “A Aprendizagem Significativa é progressiva, grande parte do processo ocorre na zona cinza, na região do 'mais ou menos', na qual o erro é normal.” (MOREIRA, 2011, p. 52).

Atividade 2

Utilizando o simulador educacional - Pendulum Motion®, disponível no site:

<http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/halliday/0471758019/simulations/sim09/sim09.html>, realize as tarefas solicitadas.



Tarefa 1: Fixe a aceleração da gravidade em $9,8 \text{ m/s}^2$, escolha um comprimento para o fio, escolha uma massa para a bola. Comece a observar o movimento variando o ângulo de inclinação do menor para o maior grau. Faça uma tabela para anotar os valores escolhidos e para anotar as alterações que ocorrem ao variar o ângulo.

Tarefa 2: Fixe a aceleração da gravidade em $9,8 \text{ m/s}^2$, escolha um comprimento para o fio, escolha um ângulo de inclinação. Comece a observar o movimento variando a massa da bola do menor para o maior valor de massa. Faça uma tabela para anotar os valores escolhidos e para anotar as alterações que ocorrem ao variar a massa.

Tarefa 3: Fixe a aceleração da gravidade em $9,8 \text{ m/s}^2$, escolha uma massa para a bola, escolha um ângulo de inclinação. Comece a observar o movimento variando o comprimento do fio do menor para o maior. Faça uma tabela para anotar os valores escolhidos e para anotar as alterações que ocorrem ao variar o comprimento do fio.

Tarefa 4: Escolha um comprimento para o fio, uma massa para a bola e um ângulo de inclinação. Comece a observar o movimento variando a aceleração da gravidade do menor para o maior gravitacional. Faça uma tabela para anotar os valores escolhidos e para anotar as alterações que ocorrem ao variar a aceleração da gravidade.

Analizando os dados obtidos, responda as questões abaixo para cada uma das tarefas realizadas.

Questão 1: O que altera no movimento com as mudanças das grandezas físicas?

Questão 2: Observando os gráficos e tabelas, em quais não ocorrem alterações das informações dadas pelos gráficos?

Questão 3: Com bases nas informações acima o que você pode afirmar a respeito do período em cada tarefa realizada?

Sistematização do Conhecimento

A apresentação do conteúdo na sua estrutura formal poderá ser realizada antes da atividade laboratorial, para que os alunos possam formalizar o conhecimento, devido ao fato de que alguns alunos podem não apresentar, durante a realização do pré-teste, os conhecimentos prévios necessários para a continuação da aprendizagem de forma significativa. Logo, para ajudá-los a integrar os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva, ocorre a apresentação do conteúdo, tal qual é apresentado nos livros didáticos.

A aula permite ainda apresentar o tema MHS de modo a mobilizar as concepções prévias deles e organizar os subsunções pertinente ao conteúdo, fazendo com que os alunos diferenciem o conhecimento científico de outros conhecimentos cotidianos existentes na sua estrutura cognitiva.

A aula também permite relacionar as grandezas físicas (posição; velocidade; aceleração; período e frequência) com o movimento do Barco Viking, sendo possível comparar a estrutura do brinquedo com um pêndulo simples.

Oscilações

“Oscilação é uma variação, uma flutuação, uma mudança, é um movimento alternado em sentidos opostos, é o movimento ora para um lado, ora para outro”.

“Na área da Física, oscilação é quando o movimento de um corpo descreve uma trajetória e a partir de certo momento começa a repeti-la. Esse movimento de oscilação é chamado de movimento periódico. Essas oscilações podem ser observadas em pêndulos de relógio, em pontes e em grandes prédios”.

<https://www.significados.com.br/oscilacao/>

Período e Frequência

Para compreendermos o movimento oscilatório usamos duas propriedades relacionadas entre si: Período e Frequência.

Período: é o tempo necessário para que ocorra uma oscilação completa.

$$T = \frac{\Delta t}{N}$$

No SI sua unidade é o segundo (s), que significa o número de segundos necessários para uma oscilação se completar.

Frequência: é o número de oscilações que ocorre em determinado intervalo de tempo.

$$f = \frac{N}{\Delta t}$$

No SI sua unidade é o hertz (Hz), que significa o número de oscilações que ocorrem em 1 segundo.

O período e a frequência estão relacionados por intermédio do valor de N.

Isolando N nas duas equações obtemos:

$$f \cdot \Delta t = \frac{\Delta t}{T}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Ou

$$T = \frac{1}{f}$$

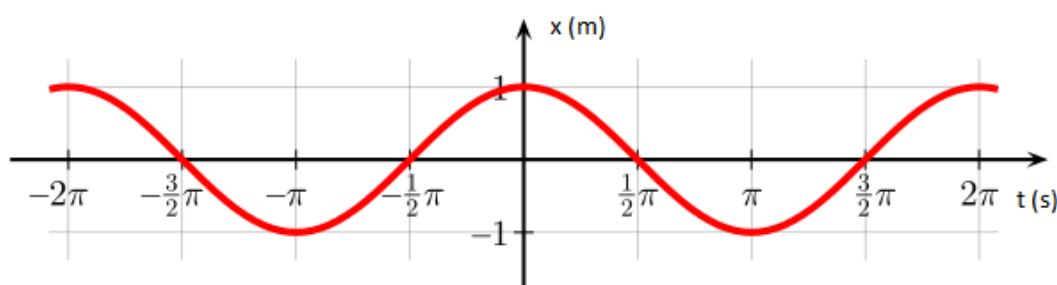
Movimento Harmônico Simples - MHS

Quando ocorre uma oscilação que se repete com intervalos regulares, dizemos que é um movimento periódico ou movimento harmônico.

Posição do MHS

Para um movimento descrito acima, o deslocamento x da partícula a partir da origem é dado em função do tempo por:

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$$



Fonte: <https://upload.wikimedia.org>

Na qual x_m , ω e ϕ são constantes.

$x(t)$	deslocamento no tempo
x_m	Amplitude
ω	frequência angular = velocidade angular
t	Tempo
ϕ	constante de fase ou angulo de fase
$(\omega t + \phi)$	fase

x_m : é uma grandeza positiva e depende de como o movimento foi iniciado. O índice m indica o valor máximo, porque a amplitude representa o deslocamento máximo da partícula em ambos os sentidos. A função cosseno varia entre os limites ± 1 ; assim o deslocamento $x(t)$ varia entre os limites $\pm x_m$.

O valor de ϕ depende do deslocamento e da velocidade da partícula em $t = 0$.

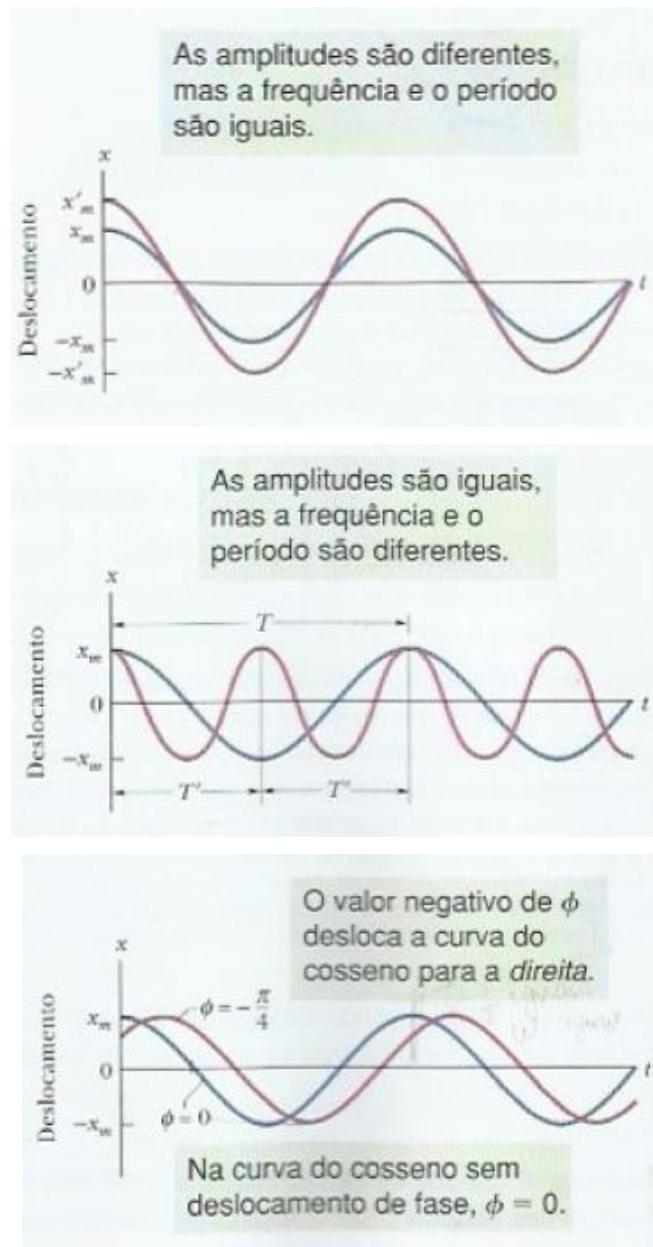
Para interpretar a constante ω usamos o período: $\cos \omega t = \cos(\omega t + \omega T)$

Por outro lado, sabemos da Trigonometria, que a função cosseno é uma função periódica: $\cos \omega t = \cos(\omega t + 2\pi)$ de modo que devemos ter: $\omega T = 2\pi$.

Assim a frequência angular é: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$.

No SI a unidade para a frequência angular é radianos por segundo (rad/s).

A figura a seguir compara $x(t)$ para dois movimentos harmônicos simples que se distinguem ou em amplitude, em período (desta forma em frequência e em frequência angular) ou em fase inicial.

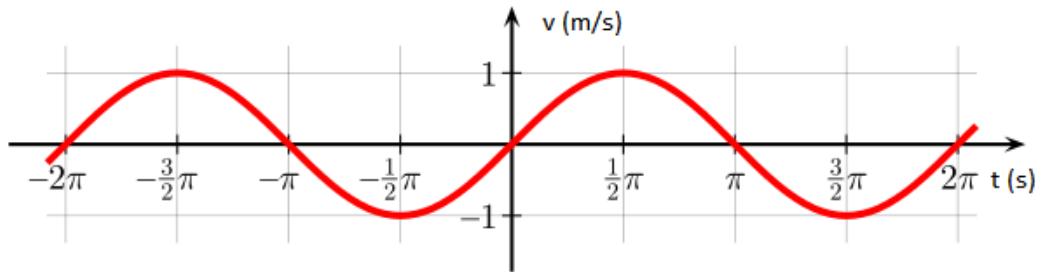


Fonte: Halliday 9^a edição, Volume 2.

Velocidade do MHS

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d}{dt} [x_m \cos(\omega t + \phi)]$$

$$v(t) = -\omega x_m \operatorname{sen}(\omega t + \phi)$$



Fonte: <https://upload.wikimedia.org>

ωx_m : é chamado de amplitude da velocidade e varia entre $\pm \omega x_m$.

Aceleração do MHS

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d}{dt} [-\omega x_m \sin(\omega t + \phi)]$$

$$a(t) = -\omega^2 x_m \cos(\omega t + \phi)$$

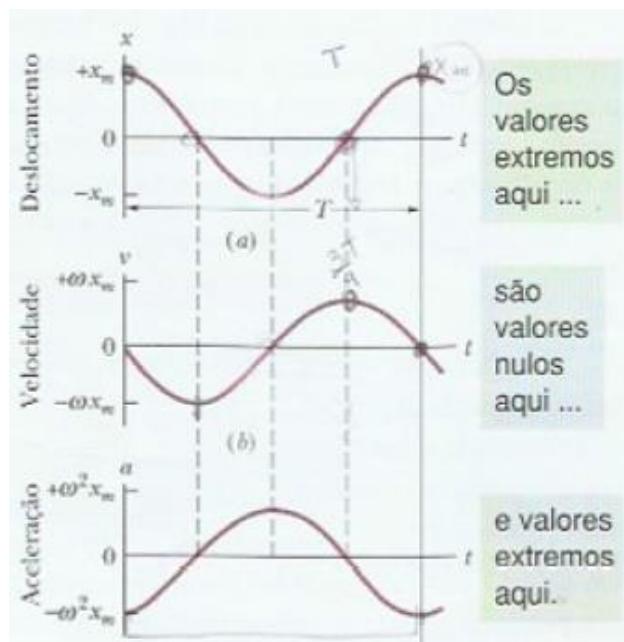
$\omega^2 x_m$: é chamado de amplitude da aceleração e varia entre $\pm \omega^2 x_m$.

Combinando a equação do deslocamento com a da aceleração obtemos:

$$a(t) = -\omega^2 x(t)$$

Que é uma característica do MHS.

No MHS, a aceleração é proporcional ao deslocamento, mas com sinal oposto a este, e as duas grandezas estão relacionadas pelo quadrado da frequência angular.



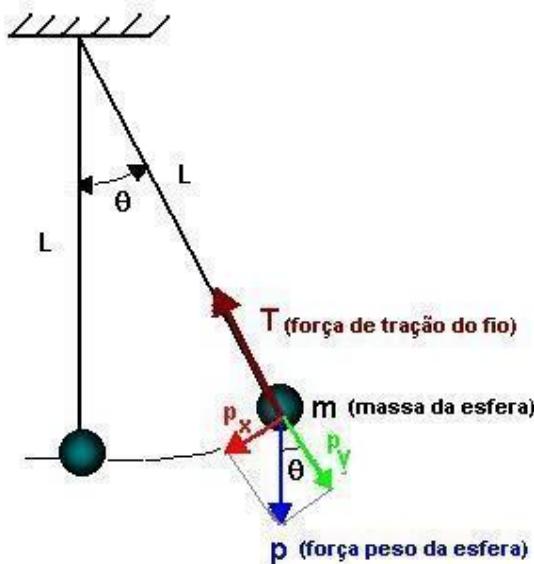
Fonte: Halliday 9^a edição, Volume 2.

Pêndulo Simples

No pêndulo simples a força restauradora está associada à gravidade.

O Pêndulo Simples consiste em uma partícula de massa m suspensa em um fio inextensível e sem massa, de comprimento L . A massa é livre para oscilar em um plano. O elemento de inércia nesse pêndulo é a massa da partícula e o elemento de restauração está na atração gravitacional entre a partícula e a Terra.

As forças que atuam sobre a massa do pêndulo são as forças \vec{T} exercidas pelo fio e a força gravitacional \vec{F}_g , onde o fio faz um ângulo θ com a vertical. Decomponos \vec{F}_g em uma componente radial $F_g \cdot \cos\theta$ e uma componente $F_g \cdot \sin\theta$, que é a tangente da trajetória descrita pela massa.



Fonte: <http://www.ebah.com.br>

A componente tangencial produz um torque restaurador em torno do ponto de pivô do pêndulo, pois ela sempre atua em sentido oposto ao deslocamento da massa de modo a trazê-lo de volta à sua posição central. Esta localização é chamada de posição de equilíbrio ($\theta = 0$), pois o pêndulo ficará em repouso nela se não estiver oscilando.

Como:

$$\tau = F_x d$$

$$\tau = -F_g \cdot \sin\theta \cdot L$$

$$\tau = -L \cdot F_g \cdot \sin\theta$$

Onde o sinal negativo indica que o torque atua para reduzir θ , e L é o braço de alavanca da componente da força $F_g \cdot \sin\theta$ em torno do ponto de pivô.

A segunda lei de Newton para rotação nos dá:

$$\tau = I \cdot \alpha(t)$$

Onde α é a aceleração angular em torno desse ponto.

Também sabemos que a força gravitacional é:

$$F_g = m \cdot g$$

Ao juntarmos tudo, obtemos:

$$I \cdot \alpha(t) = -L \cdot m \cdot g \cdot \sin\theta$$

O momento de inércia I do pêndulo em torno do pivô é dado por:

$$I = m \cdot L^2$$

Ao substituirmos na equação, temos:

$$m \cdot L^2 \cdot \alpha(t) = -L \cdot m \cdot g \cdot \sin\theta$$

$$L \cdot \alpha(t) = -g \cdot \sin\theta$$

$$\alpha(t) = -\frac{g}{L} \cdot \sin\theta$$

Se supusermos que o ângulo θ é pequeno, de modo que $\sin\theta \approx \theta$ (em radianos), obtemos:

$$\alpha(t) = -\frac{g}{L} \theta(t)$$

Esta equação é característica do MHS, pois diz que a aceleração angular $\alpha(t)$ do pêndulo é proporcional ao deslocamento angular θ , mas com sinal oposto. O movimento de um pêndulo simples oscilando apenas com pequenos ângulos é aproximadamente um MHS.

Por analogia temos:

$$a(t) = -\omega^2 x(t)$$

então:

$$\alpha(t) = -\omega^2 \theta(t)$$

$$\frac{\alpha(t)}{\theta(t)} = -\omega^2$$

Comparando as equações acima com:

$$\alpha(t) = -\frac{g}{L} \theta(t)$$

$$\frac{\alpha(t)}{\theta(t)} = -\frac{g}{L}$$

$$-\frac{g}{L} = -\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Como:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Teremos:

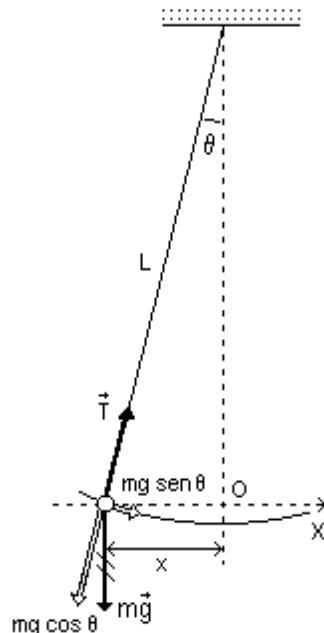
$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Pêndulo simples; pequenas amplitudes.

Por que pequenos ângulos? *

Escrever $\text{sen}\theta \approx \theta$ significa tomar, implicitamente, $\text{sen}\theta \approx \frac{x}{L}$. Esse resultado é verdadeiro para θ pequeno e em radianos. Para entender o porquê dos radianos deve-se considerar que, por definição, o ângulo entre dois segmentos de reta é dado em radianos pelo seguinte procedimento: com centro no ponto de cruzamento dos segmentos de reta, traça-se um arco de circunferência entre esses segmentos com raio R qualquer. Então, medindo-se o comprimento S do arco, o ângulo procurado é definido por $\theta = \frac{S}{R}$. Assim, voltando ao pêndulo simples, para ângulos pequenos, o arco de circunferência que representa a trajetória da partícula se confunde com o segmento de reta de comprimento x .



Fonte: ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/63-ondas-e-som?download=234:ondas

E podemos escrever, pela definição de ângulo em radianos, $\theta \approx \frac{x}{L}$. Assim, $\sin \theta \approx \theta \approx \frac{x}{L}$, que é a expressão usada.

Por outro lado, escrevendo $\theta \approx \frac{x}{L}$ estamos aproximando o arco de circunferência que constitui a trajetória da partícula por um segmento de reta. Este procedimento é tão mais exato quanto menor for a amplitude do movimento da partícula. Em termos matemáticos, aproximar o arco pelo segmento de reta significa tomar o seno do ângulo entre o fio e a vertical como o próprio ângulo (em radianos).

* Texto adaptado de: ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/63-ondas-e-som?download=234:ondas

Aplicação do Conhecimento

A atividade laboratorial ocorre para oportunizar aos alunos a aplicação do novo conhecimento. Tem como objetivos a análise e reflexão, diferenciação, seleção, comparação, verificação das grandezas físicas do MHS e a determinação da aceleração da gravidade.

A atividade laboratorial também permite avaliar se há contribuições do uso do simulador educacional para uma melhor compreensão dos conceitos físicos durante os procedimentos experimentais.

Os alunos devem receber as orientações para a manipulação do equipamento e a coleta de dados. No entanto, cabe aos alunos analisar, comparar, aferir e mensurar as variáveis manipuláveis, bem como expor sobre os novos conhecimentos de forma significativa.

O experimento deve utilizar as mesmas orientações do simulador educacional, de modo que permita a verificação do desenvolvimento da aprendizagem dos alunos e como estes têm sua estrutura cognitiva modificada.

Atividade 3

Tarefa 1: Escolha um comprimento para o fio, escolha uma massa para a bola. Comece a observar o movimento variando o ângulo de inclinação do menor para o maior grau. Faça uma tabela para anotar os valores escolhidos e os períodos para os diferentes ângulos. Obtenha os ângulos utilizando o teorema de Pitágoras.

Tarefa 2: Escolha um comprimento para o fio, escolha um ângulo de inclinação (pequeno ângulo). Comece a observar o movimento variando a massa da bola do menor para o maior. Faça uma tabela para anotar os valores escolhidos e os períodos para as diferentes massas.

Tarefa 3: Escolha uma massa para a bola, escolha um ângulo de inclinação (pequeno ângulo). Comece a observar o movimento variando o comprimento do fio do menor para o maior. Faça uma tabela para anotar os valores escolhidos e os períodos para os diferentes comprimentos.

Analisando os dados obtidos, responda as questões abaixo para cada uma das tarefas realizadas.

Questão 1: O que altera no movimento com as mudanças das grandezas físicas?

Questão 2: Calcule o período utilizando a equação física e compare com o período obtido por meio do experimento realizado. Comente sobre as possíveis causas das diferenças e verifique o erro percentual.

$$|E(\%)| = \left| \frac{T_{Exp} - T_{Cal}}{T_{Cal}} \right| \times 100$$

Questão 3: Com os dados coletados, encontre a aceleração da gravidade em cada tarefa e verifique o erro percentual, sabendo que a aceleração da gravidade local é $9,8 \text{ m/s}^2$.

$$|E(\%)| = \left| \frac{g_{Exp} - g}{g} \right| \times 100$$

Questão 4: Escreva as equações do movimento (posição, velocidade e aceleração) a que o experimento obedece. As constantes devem estar citadas nas equações.

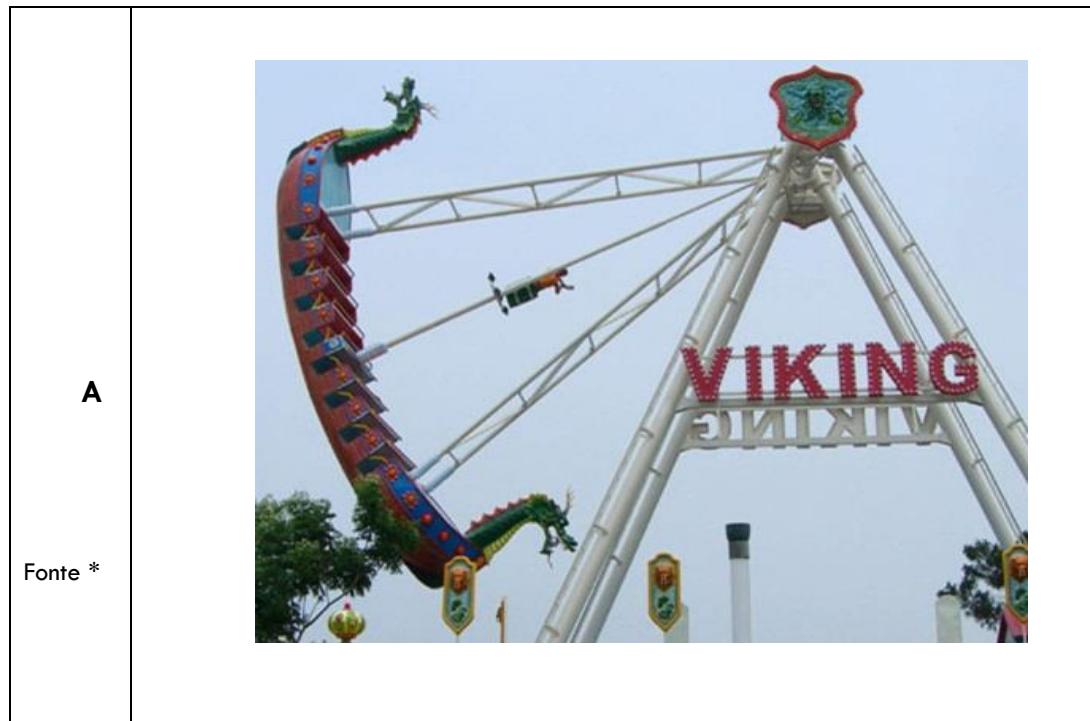
Avaliação

Para poder avaliar se há ou não a AS, ou seja, se de fato ocorre a construção do conhecimento, é necessário realizar o pós-teste. Desta forma é possível comparar se a sequência didática elaborada contribuiu para a formação dos conceitos científicos do aluno de forma significativa.

A escolha de aplicar somente a primeira pergunta se justifica por ser uma questão aberta, que envolve todos os conceitos trabalhados, e por permitir verificar se há ou não a assimilação de conceitos relevantes, ou seja, se há a construção do conhecimento.

Atividade 4

6) Questão: Retornando para as questões com o Barco Viking, quais são as relações físicas discutidas em aula que ocorrem no movimento de oscilação do barco? Qual o tipo de movimento executado pelo Barco Viking? Descreva, nos pontos A, B e C, o que ocorre. Explicar onde se observam essas relações.



B

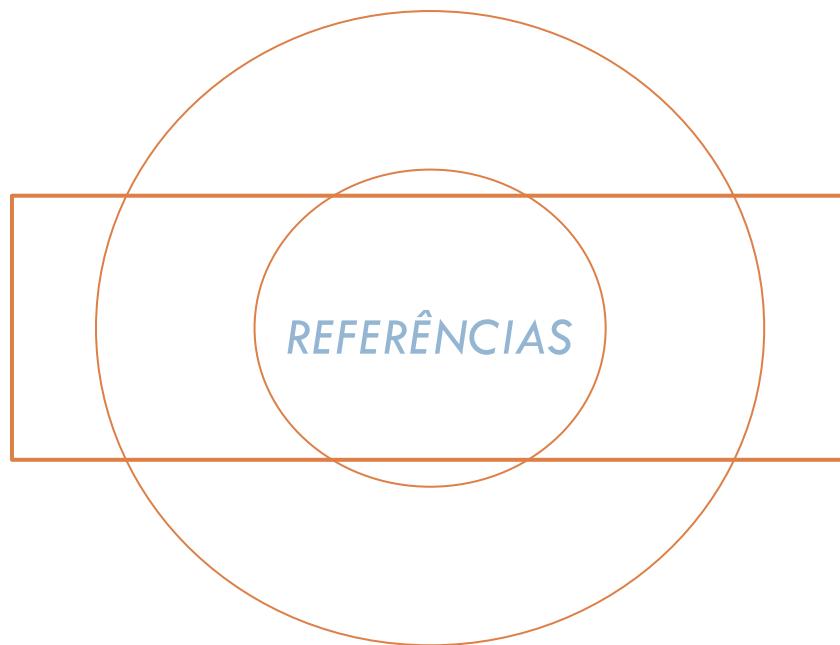
Fonte **



C

Fonte***





AGUIAR, Eliane Vigneron Barreto; FLÔRES, Maria Lucia Pozzatti. Objetos de Aprendizagem: conceitos básicos. In: TAROUCO, Liane M. R. et al (Org). **Objetos de aprendizagem: teoria e prática**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. Cap. 1.

ANDERSON, L. W. et. al. **A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. Nova York: Addison Wesley Longman, 2001. 336 p.

ANGOTTI, José André Peres. Livro Digital: **Metodologia e Prática de Ensino de Física**. Florianópolis SC: LANTEC Virtual Books, 2015. Disponível em: <<http://ppgect.ufsc.br/outras-publicacoes/>> Acesso em: 21 mai. 2017.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa, Plátano, 2003. Edições Técnicas. Tradução do original *The acquisition and retention of knowledge*, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Tradução de Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.P. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. **Aprendizagem significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. Ed.: Livraria da Física: São Paulo 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas. **Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008, p. 23-30.

MOREIRA, Marco Antônio. **O Que É Afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

PONTES NETO, José Augusto da S. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. Série-Estudos. **Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**, Campo Grande – MS, n. 21, p. 117-130, jan./jun. 2006.

Endereço Eletrônico do Simulador Pendulum Motion®:
<<http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/halliday/0471758019/simulations/sim09/sim09.html>> Acesso: 14/07/2017

Capa: <<https://pixabay.com>>

* <https://sc01.alicdn.com/kf/HTB15R3fHVXXXXbraXXXq6xFXXXN/China-suppliers-kid-s-outdoor-pirate-ship.jpg>

** http://www.fotolog.com/betocarreroworld/31930558/#profile_start

*** <https://i.ytimg.com/vi/KOGrW3trQHo/hqdefault.jpg>