

MANUAL DIDÁTICO DE USO DO E-BOOK

O MOVIMENTO SEGUNDO UM REFERENCIAL NÃO-INERCIAL

Rhodriggo Mendes Virgínio

Produto Educacional apresentado em Dissertação de Mestrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Melquisedec Lourenço da Silva, DSc

Natal, RN
Agosto/2017

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a sua fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção própria e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Sumário

1. Apresentação	5
2. A avaliação diagnóstica.....	6
3. Momento 01 (Organização dos conhecimentos prévios sobre translação)	11
3.1 Tema:.....	11
3.2 Duração:	11
3.3 Objetivo geral:.....	11
3.4 Conteúdos de aprendizagem:	11
3.4.1 Conceituais:.....	11
3.4.2 Procedimentais:	12
3.4.3 Atitudinais:	12
3.5 Sequência de atividades	12
3.6 Material proposto	13
4. Momento 02 (Organização dos conhecimentos prévios sobre Movimento circular).....	19
4.1 Tema:.....	19
4.2 Duração:	19
4.3 Objetivo geral:.....	19
4.4 Conteúdos de aprendizagem:	19
4.4.1 Conceituais:.....	19
4.4.2 Procedimentais:	19
4.4.3 Atitudinais:	20
4.5 Sequência de atividades	20
4.6 Material proposto	21
5. Momento 03 (Utilização do e-Book O Movimento segundo um Referencial Não-inercial)	24
5.1 Tema:.....	24
5.2 Duração:	24
5.3 Objetivo geral:.....	24
5.4 Conteúdos de aprendizagem:	24
5.4.1 Conceituais:.....	24
5.4.2 Procedimentais:	25
5.4.3 Atitudinais:	25
5.5 Sequência de atividades	25
5.6 Material proposto	27

Referências..... 29

1. Apresentação

Esse material consiste de um conjunto de orientações sugeridas, na forma de unidades didáticas, para se trabalhar o conteúdo do livro digital *O Movimento Segundo Um Referencial Não-Inercial*. Este livro, no formato de um e-Book é um produto educacional desenvolvido pelos autores ao longo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no polo 10 – IFRN - Campus Natal Central. O e-Book está disponível gratuitamente no endereço eletrônico do professor (VIRGINIO, 2017). A leitura e uso deste material pode ser realizada a partir de qualquer aplicativo de leitura de e-Books disponíveis para aparelhos smartphones, tablets e computadores, nos mais diversos sistemas operacionais.

O conteúdo do livro exige, do público ao qual ele será apresentado, uma mínima “bagagem” de conhecimentos prévios. Ou seja, para que haja um trabalho efetivo, é necessário o domínio dos conhecimentos que antecedem a construção do novo conhecimento. Dessa forma, esse manual sugere uma sequência, cuja decisão do ponto de partida é tomada a partir de uma avaliação diagnóstica, dividida em 3 unidades didáticas. É importante reforçar que o planejamento da unidade, a partir da qual o professor vai iniciar o trabalho, de construção de conhecimento do conteúdo tema desse trabalho e que tem como objetivo o de erradicar possíveis concepções não condizentes com o que é aceito pela comunidade científica, é definida com base no resultado obtido no diagnóstico. Ou seja, é possível que o professor inicie a atividade partindo da segunda unidade didática (a primeira não seria necessária), sendo possível começar, até mesmo, pela terceira unidade a depender do que foi diagnosticado.

A primeira e a segunda unidade didática objetivam a formação de organizadores prévios. Ou seja, esses planos de ensino visam formar os conceitos prévios necessários tornando ao indivíduo, disposto a esse processo, apto a submeter-se às atividades planejadas para a unidade seguinte. Na terceira unidade, onde efetivamente trabalham-se o conteúdo do livro digital, a ação é realizada com base na teoria da desequilibração de Piaget. De acordo com essa teoria, é necessário que o aluno seja submetido a uma situação de conflito cognitivo onde a nova ideia é confrontada com os conhecimentos já presentes. Ainda, há a necessidade de construção dos conhecimentos prévios em virtude da obrigação de conscientização do conflito, por parte do aluno, para que o método de ensino-aprendizagem obtenha sucesso.

2. A avaliação diagnóstica

A avaliação diagnóstica (disponível no anexo I deste manual) tem como objetivo geral a obtenção de dados para que seja possível determinar o ponto de partida para a sequência didática do conteúdo do livro digital (e-Book). Para cada questão, do total de dez, há um objetivo específico. Esses objetivos estão descritos na tabela a seguir.

Tabela 1 - Plano da avaliação Diagnóstica.

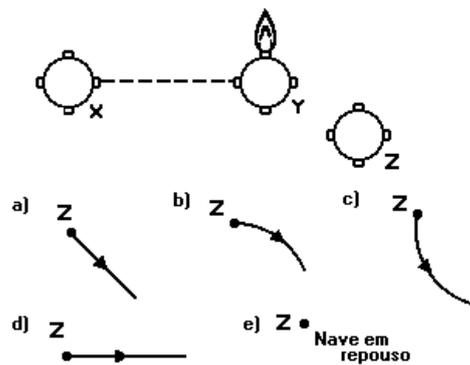
QUESTÃO	OBJETIVO
<p><u>QUESTÃO 01</u></p> <p><i>"Todo o corpo persevera no seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha recta, a não ser na medida em que é obrigado a mudar o seu estado pelas forças que lhe são impressas."</i></p> <p>O enunciado acima foi traduzido do livro Principia de Isaac Newton. Esse enunciado corresponde à (ao):</p> <p>A) Princípio Fundamental da Dinâmica; B) Lei da Inércia; C) Lei da ação e reação D) Lei da Gravitação Universal.</p>	<p>Essa questão tem o objetivo de analisar o conhecimento do aluno sobre o enunciado da Lei da Inércia.</p>
<p><u>QUESTÃO 02</u></p> <p><i>"A natureza se mostra de forma que um corpo tenta manter-se em seu estado de equilíbrio."</i></p> <p>O enunciado acima está associado à(ao):</p> <p>A) Princípio Fundamental da Dinâmica; B) Lei da Inércia; C) Lei da ação e reação D) Lei da Gravitação Universal.</p>	<p>Essa questão tem o objetivo de analisar se o aluno associa a Lei da Inércia ao conceito de equilíbrio e realmente entende a essência dessa Lei.</p>
<p><u>QUESTÃO 03</u></p> <p>De acordo com as leis do movimento, é correto afirmar que:</p> <p>A) para que um corpo permaneça em movimento é necessário a ação de uma força; B) a velocidade de um corpo pode aumentar (ou diminuir) mesmo que a força resultante sobre ele seja nula.</p>	<p>Essa questão tem o objetivo de analisar se, em suas concepções, o aluno apresenta um pensamento aristotélico em relação ao movimento ou algo diferente da concepção correta.</p>

- C) um corpo pode permanecer em movimento sem estar sob a ação de forças;
- D) um corpo somente se movimenta no sentido em que aponta a resultante das forças sobre ele.

QUESTÃO 04

(Ufmg) Uma nave espacial se movimenta numa região do espaço onde as forças gravitacionais são desprezíveis. A nave desloca-se de X para Y com velocidade constante e em linha reta. No ponto Y, um motor lateral da nave é acionado e exerce sobre ela uma força constante, perpendicular à sua trajetória inicial. Depois de um certo intervalo de tempo, ao ser atingida a posição Z, o motor é desligado.

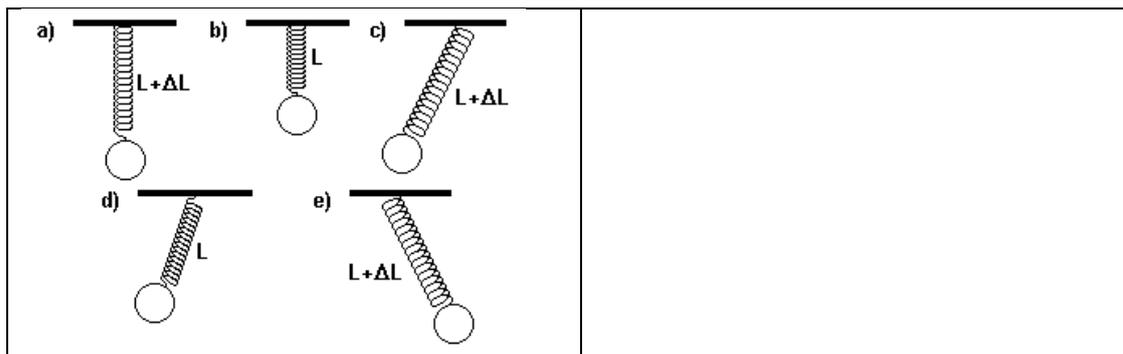
O diagrama que melhor representa a trajetória da nave, APÓS o motor ser desligado em Z, é



Essas questões têm como objetivo avaliar a compreensão do aluno com relação a aplicação da Lei da Inércia.

QUESTÃO 05

(Ufv) Um carro desloca-se para a direita com vetor velocidade constante. No seu interior existe uma esfera suspensa por uma mola. Quando não submetida a nenhuma força, esta mola tem comprimento L. Nessas condições, a melhor representação da situação descrita é:



QUESTÃO 06

(Pucrs) Vamos supor que você esteja em um supermercado, aguardando a pesagem de uma quantidade de maçãs em uma balança de molas cuja unidade de medida é o quilograma-força.

A leitura da balança corresponde:

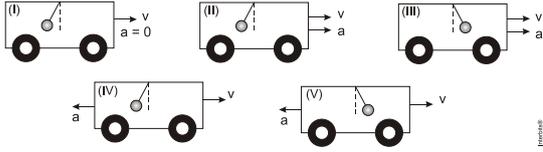
- A) ao módulo da força normal, pois essa é a força de interação entre as maçãs e a balança, cujo valor é supostamente igual ao do módulo do peso das maçãs.
- B) tanto ao valor do módulo da força peso quanto ao do módulo da força normal, pois ambas constituem um par ação-reação, segundo a terceira lei de Newton.
- C) ao módulo do peso das maçãs, pois essa é a força de interação entre as maçãs e a balança.
- D) ao módulo da força resultante sobre as maçãs.
- E) à quantidade de matéria de maçãs.

Essa questão tem como objetivo avaliar o conhecimento do aluno acerca do funcionamento de balanças. Esse conhecimento é necessário ao estudo de peso aparente.

QUESTÃO 07

(Ufpa) Belém tem sofrido com a carga de tráfego em suas vias de trânsito. Os motoristas de ônibus fazem frequentemente verdadeiros malabarismos, que impõem desconforto aos usuários devido às forças inerciais. Se fixarmos um pêndulo no teto do ônibus, podemos observar a presença de tais forças. Sem levar em conta os efeitos do ar em todas as situações hipotéticas, ilustradas abaixo, considere que o pêndulo está em repouso com relação ao ônibus e que o ônibus move-se horizontalmente.

Essa questão tem como objetivo avaliar a capacidade do aluno em determinar a aceleração do sistema a partir do comportamento de um corpo.

 <p>Sendo v a velocidade do ônibus e a sua aceleração, a posição do pêndulo está ilustrada corretamente</p> <p>A) na situação (I). B) nas situações (II) e (V). C) nas situações (II) e (IV). D) nas situações (III) e (V). E) nas situações (III) e (IV).</p>	
<p>QUESTÃO 08</p> <p>(Ufrn) Inácio, um observador inercial, observa um objeto em repouso devido às ações de duas forças opostas exercidas pela vizinhança desse objeto. No mesmo instante, Ingrid e Acelino, observando o mesmo objeto, a partir de referenciais diferentes do referencial de Inácio, chegam às seguintes conclusões: para Ingrid, o objeto se move com momento linear constante, e, para Acelino, o objeto se move com aceleração constante.</p> <p>Face ao exposto, é correto afirmar que</p> <p>A) Ingrid está num referencial não inercial com velocidade constante. B) Ingrid e Acelino estão, ambos, em referenciais não inerciais. C) Acelino está num referencial não inercial com aceleração constante. D) Acelino e Ingrid estão, ambos, em referenciais inerciais.</p>	<p>Essa questão tem o objetivo de avaliar se o aluno compreende as definições de referenciais inerciais e não inerciais.</p>
<p>QUESTÃO 9</p> <p>João Philipe, ao entrar num ônibus para viajar a Martinópolis, coloca sua mala no bagageiro sobre sua poltrona. Ele nota que o ônibus está bem limpo, tendo percebido ainda que haviam passado silicone</p>	<p>Esse questão tem objetivo de avaliar se o aluno consegue descrever fenômenos a partir de referenciais não inerciais.</p>

<p>no bagageiro. Quando o ônibus parte, sua mala desliza para trás, deixando-o intrigado. Como Philipe poderia explicar o deslizamento de sua mala, sendo ele um referencial não-inercial?</p> <p>A) Pela inércia da mala. B) Pela ação da força peso sobre a mala. C) Pela ação de uma força normal sobre a mala. D) Pela ação de uma força de atrito sobre a mala. E) Pela ação de uma força fictícia sobre a mala.</p>	
<p><u>QUESTÃO 10</u></p> <p>(Cftce) Um corpo descreve um movimento circular. A respeito das forças centrípeta (F_{cp}) e centrífuga (F_{cf}), é correto afirmar que a força centrífuga (F_{cf})</p> <p>A) é menor que a F_{cp}, para que o corpo possa fazer a curva B) é, pela 3ª lei de Newton, a reação à F_{cp} C) só pode ser uma força de contato D) não existe em um referencial inercial E) é a resultante das forças que atuam sobre o corpo</p>	<p>Essa questão tem objetivo de avaliar o conhecimento do aluno a respeito da força centrífuga.</p>

Após a análise do resultado de desempenho na avaliação diagnóstica apresentada, o professor pode determinar a aplicação do produto educacional a partir do Momento 1, 2 ou 3. Estes Momentos são planos de aula com objetivos específicos de aprendizagem. O professor a escolhe a partir de qual deles deve iniciar o seu trabalho com base no nível de conhecimentos prévios dos alunos e cada Momento pode ser trabalhado independentemente dos outros.

3. Momento 01 (Organização dos conhecimentos prévios sobre translação)

Esta unidade didática é uma sugestão de sequência de atividades para ser utilizadas após ter sido verificado, na avaliação diagnóstica, conhecimento insuficiente, em relação aos seguintes tópicos:

- Movimento de translação (caso tenha se verificado que os alunos apresentam uma concepção errada das características);
- Leis de Newton (caso tenha se verificado que os alunos não compreendam a importância de seus enunciados);
- Aplicações das Leis de Newton.

3.1 Tema:

A evolução do conceito de movimento e suas causas;

3.2 Duração:

Sugere-se, para esse encontro, uma distribuição dos conteúdos em uma carga horária de 90 minutos.

3.3 Objetivo geral:

Construir organizadores prévios relativos a movimento e aplicações das Leis de Newton.

3.4 Conteúdos de aprendizagem:

3.4.1 Conceituais:

Os conceitos a serem trabalhados nessa sequência didática são: Lei da Inércia; Princípio Fundamental da Dinâmica; Lei da Ação e Reação.

3.4.2 Procedimentais:

Compreender que as concepções sobre o movimento evoluíram no decorrer dos séculos e comparar as concepções atuais sobre movimento com concepções anteriores. Além disso, conhecer a essência dos enunciados das Leis de Newton bem como ter o domínio de suas aplicações como, por exemplo, na aferição do peso feita por balanças.

3.4.3 Atitudinais:

Essa atividade visa à valorização das ideias próprias, o estímulo a ouvir e participar de discussões avaliando e argumentando sobre opiniões de um grupo visando a compreensão da conclusão obtida a respeito da construção de um conhecimento.

3.5 Sequência de atividades

Parte 01: A evolução do conceito de movimento (duração estimada: 25 min)

Para essa atividade, será trabalhada a evolução do conceito de movimento desde as ideias inseridas por Aristóteles até a concepção atual. Essa ação é realizada por meio de exposição oral dos eventos históricos com o auxílio de uma apresentação de slides.

Pretende-se, aqui, possibilitar que o aluno compreenda os motivos pelos quais cada teoria foi sendo superada ou complementada.

Parte 02: As Leis de Newton (duração estimada: 25 min)

Serão apresentadas situações onde forças atuam sobre um corpo. Os casos apresentados devem ser capazes de levar os estudantes a concluir que, nos casos em que a resultante sobre um corpo é nula, o corpo permanece em seu estado atual. Na sequência, por meio da heurística e da apresentação de slides, serão discutidos os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico associando-os ao enunciado da Lei da Inércia. Ou seja, será inserida a ideia de que um corpo tende a se manter em equilíbrio estático ou dinâmico.

Aqui o objetivo é o de permitir ao aluno a compreensão da aplicação da Lei da Inércia.

Parte 03: As Leis de Newton e o funcionamento das balanças (duração estimada: 25 min)

Nesta seção, será trabalhado o funcionamento das balanças como aplicações das leis de Newton. Serão analisadas as forças atuantes em um corpo posicionado sobre uma balança e, também, as que atuam sobre a balança. Utilizando questionamentos que levem ao conflito cognitivo, os alunos serão motivados a discutirem o que a balança mede.

Pretende-se dar aos alunos condições de compreensão a respeito da variação da indicação de uma balança. Ou seja, que as balanças medem a intensidade da força que é aplicada sobre a sua superfície mas indicam, por meio de uma “conversão”, o valor da massa que exerceria sobre ela aquele valor de força.

Parte 04: Avaliação dos conhecimentos (duração estimada: 15 min)

Baseado no resultado da avaliação diagnóstica, serão reapresentadas as questões em que os alunos apresentaram erro na resposta para que se abra uma discussão sobre a nova concepção a respeito da solução das mesmas.

Esse momento objetiva avaliar o nível de conhecimento para que se possa analisar a possibilidade de avançar ou não para o próximo momento.

3.6 Material proposto

Para este momento, propõe-se a utilização dos slides a seguir. Este material está disponível para download no endereço eletrônico do autor (SILVA, 2017).

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A evolução do conceito de movimento e suas causas.

Professor:
Rhodrigo Mendes
Melquisedec Lourenço

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A evolução das ideias sobre o movimento.

ARISTÓTELES

- Suas ideias sobre movimento predominaram até o fim da Idade Média.
- Teoria dos quatro elementos.
- Quintessência (o éter).
- Movimentos naturais – A lua, o Sol e os planetas realizam movimentos circulares ao redor da Terra enquanto que os elementos realizam movimentos retilíneos.
- Movimentos VIOLENTOS – um corpo só permanece em movimento se estiver sob a ação de uma força.

Figura 1: Aristóteles



Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/558278975208820487/>. Acesso em: junho de 2017.

2

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A evolução das ideias sobre o movimento.

GALILEU GALILEI

- Contestou as ideias de Aristóteles a respeito do movimento.
- Realizou análises sobre a queda dos corpos opondo-se às ideias de Aristóteles que afirmava que corpos mais pesados cairiam mais rapidamente.
- Para Galileu, se todas as forças que oferecem resistência ao movimento forem anuladas o corpo permanecerá em movimento.

Figura 2: Galileu Galilei



Disponível em: https://www.dailymotion.com/video/x201412/galileo_galilei_1_1mp. Acesso em: junho de 2017.

3

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A evolução das ideias sobre o movimento.

Galileu idealizou um experimento onde um corpo era abandonado sobre uma superfície inclinada muito lisa a partir de uma altura h .



O corpo ganhou velocidade na descida e no plano oposto atingiu praticamente a mesma altura da qual foi abandonado.

4

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A evolução das ideias sobre o movimento.

Realizou novamente o experimento porém, alterou a inclinação do segundo plano.



Ainda assim o corpo tende a voltar para a altura de onde foi abandonado.

5

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A evolução das ideias sobre o movimento.

Mais uma vez alterou a inclinação do segundo plano.



O resultado também se repete.

6

A evolução das ideias sobre o movimento.

Galileu então concluiu que se o plano oposto fosse totalmente horizontal, o corpo tenderia a permanecer em movimento infinitamente.

7

A evolução das ideias sobre o movimento.

ISAAC NEWTON

- Apresentou as Leis do movimento em sua obra *Philosophiæ naturalis principia mathematica*.
- Eliminou a diferença entre corpos terrestres e corpos celestes, assim como a diferença entre movimentos naturais e movimentos violentos.
- De acordo com Newton, para determinar o movimento de um corpo só precisamos conhecer as forças que atuam sobre ele.

Figura 3: Isaac Newton

8

Lei da Inércia

Vamos supor um corpo sobre uma superfície lisa e inicialmente em **REPOUSO**.

O que acontece se uma força horizontal passar a atuar sobre ele?

O corpo vai adquirir velocidade, ou seja, vai **ACELERAR!** O corpo realizará um MRUV.

9

Lei da Inércia

Vamos supor um corpo sobre uma superfície lisa e inicialmente em **REPOUSO**.

O que acontece se duas forças horizontais de mesma intensidade e sentidos contrários atuarem simultaneamente sobre ele?

O corpo vai permanecer em repouso!

10

Lei da Inércia

Vamos supor um corpo sobre uma superfície lisa e inicialmente em **MOVIMENTO**.

O que acontece se uma força horizontal no mesmo sentido do movimento passar a atuar sobre ele?

O corpo vai aumentar de velocidade, realizará um MRUV acelerado!

11

Lei da Inércia

Vamos supor um corpo sobre uma superfície lisa e inicialmente em **MOVIMENTO**.

O que acontece se uma força horizontal no sentido contrário ao do movimento passar a atuar sobre ele?

O corpo vai diminuir de velocidade, realizará um MRUV retardado!

12

Lei da Inércia

Vamos supor um corpo sobre uma superfície lisa e inicialmente em **MOVIMENTO**.

O que acontece se duas forças horizontais de mesma intensidade e sentidos contrários atuarem simultaneamente sobre ele?

O corpo vai permanecer com a velocidade que está, ou seja, realiza um MRU.

13

Nos casos em que a força resultante foi nula o corpo permaneceu como estava.

O corpo vai permanecer com a velocidade que está, ou seja, realiza um MRU.

14

Lei da Inércia

- Assim, conclui-se que a matéria possui uma tendência natural de permanecer como está, ou seja, de resistir à mudança de velocidade.
- A essa tendência natural foi dado o nome de **INÉRCIA**.
- A inércia de um corpo é proporcional à sua massa. Assim pode-se considerar a massa como a medida da inércia de um corpo.

15

Lei da Inércia

Enuncia-se, então, a Lei da Inércia:

“Todo corpo permanece em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja obrigado a mudá-lo por forças a ele aplicadas.”

16

Lei da Inércia

Devido à sua inércia, um corpo tende a manter-se em seu estado de EQUILÍBRIO.

Podemos classificar o equilíbrio de duas formas:

```

    EQUILÍBRIO
    /      \
  DINÂMICO ESTÁTICO
  MRU      REPOUSO
  
```

17

Lei da Inércia

Considere um homem no interior de um ônibus que está em repouso...

Figura 4: Passageiro projetado para trás em relação ao ônibus.

Se o ônibus acelera, o homem tende a permanecer em repouso em relação ao solo e por isso sente-se projetado para trás.

18

Lei da Inércia

Considere um homem no interior de um ônibus que está em movimento com velocidade constante...

Figura 5: Passageiro projetado para trás em relação ao ônibus.

Se o ônibus frear o homem tende a permanecer com velocidade constante e irá se sentir projetado para frente

19

Lei da Inércia

No caso de uma curva...

Figura 6: Passageiros no interior de um ônibus realizando uma curva.

20

Lei da Inércia

Figura 7: Tinha do Garfield.

21

Princípio Fundamental da Dinâmica

Vamos considerar um caso em que uma força resultante diferente de zero atua sobre um corpo:

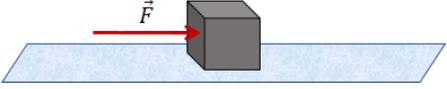
O que ocorre com a velocidade do corpo?

Se a força é constante, o corpo varia de velocidade a uma taxa também constante. Ou seja, o corpo realiza um MRUV.

22

Princípio Fundamental da Dinâmica

Se tornarmos a intensidade da força maior, o corpo sofrerá uma variação de velocidade em uma taxa ainda maior.

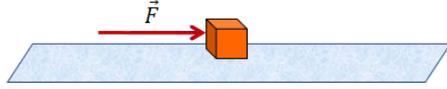


Se a força é constante, o corpo varia de velocidade a uma taxa também constante. Ou seja, o corpo realiza um MRUV.

23

Princípio Fundamental da Dinâmica

Observa-se também uma variação na aceleração adquirida quando se varia a massa do corpo a ser submetido a ação da força:



Neste caso o corpo varia de velocidade mais rapidamente.

24

Princípio Fundamental da Dinâmica

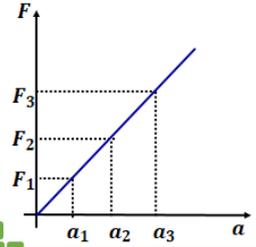
Assim, pode-se concluir que:

Um corpo submetido a uma força resultante diferente de zero adquire uma aceleração inversamente proporcional à sua massa.

25

Princípio Fundamental da Dinâmica

Analisando-se graficamente, tem-se que:



$$\frac{F}{a} = \text{constante}$$

$$F = \text{cte} \cdot a$$

$$F = m \cdot a$$

26

Princípio Fundamental da Dinâmica

Dessa forma, enuncia-se que:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

Note que:

- O vetor \vec{a} aponta na mesma direção do vetor \vec{F}_R ;
- Se \vec{a} aponta na mesma direção e sentido do vetor velocidade, o movimento é acelerado. Caso o contrário o movimento é retardado.

27

Princípio Fundamental da Dinâmica

Dessa forma, enuncia-se que:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

- No sistema internacional a força é dada em Newton (N).

$$1N = 1kg \cdot m/s^2$$

28

Lei da ação e reação

Para toda ação há sempre uma reação oposta e igual. As ações mútuas de dois corpos entre si são sempre iguais e dirigidas para partes contrárias.

29

Lei da ação e reação

Para caminharmos, por exemplo, empurramos o solo para trás e o mesmo nos empurra para frente.

Figura 8. Ação e reação entre pé e chão em uma caminhada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

30


 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

Lei da ação e reação

Figura 9: Ação e reação entre uma nadadora e a água.



Fonte: Elaborada pelo autor.

31


 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

Lei da ação e reação

Figura 10: Ação e reação no lançamento de um foguete.



Fonte: Elaborada pelo autor.

32


 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

Lei da ação e reação

- A ação e a reação atuam em corpos distintos e, portanto, não podemos dizer que elas se cancelam.
- A ação e a reação apresentam mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários. Mas, as acelerações adquiridas pelos corpos dependem das suas massas.

33


 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

Figura 11: Ação e reação no movimento de uma carroagem.

Se a carroça puxa o burro com a mesma intensidade e sentido contrário ao da força que o burro exerce nela, como eles podem se mover?



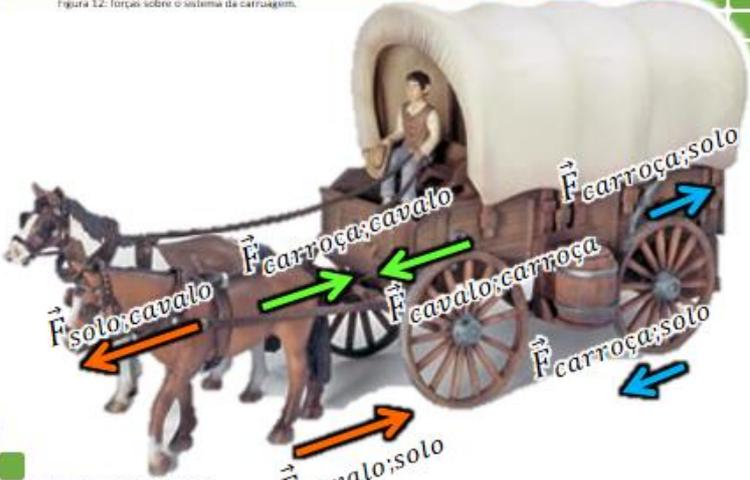
Fonte: Elaborada pelo autor.

Imagem da carroça disponível em: https://imagens-na-ua-imagens-amarcom.com/imagens/1/817dmEHQ5S_5L1500.jpg

34


 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

Figura 12: forças sobre o sistema da carroagem.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Imagem da carroça disponível em: https://imagens-na-ua-imagens-amarcom.com/imagens/1/817dmEHQ5S_5L1500.jpg

35

Figura 1: Imagem dos slides utilizados durante o Momento 01.

4. Momento 02 (Organização dos conhecimentos prévios sobre Movimento circular)

Este plano de atividades é uma sugestão de sequência didática para após, ter sido verificado um conhecimento insuficiente, em relação aos conceitos envolvidos no estudo do movimento circular e a atuação da força centrípeta.

4.1 Tema:

Movimento circular e as consequências de uma força resultante centrípeta sobre um corpo.

4.2 Duração:

Sugere-se, para esse encontro, uma distribuição dos conteúdos em uma carga horária de 90 minutos.

4.3 Objetivo geral:

Construir organizadores prévios relativos as características do Movimento circular e a aplicação das Leis de Newton para corpos em trajetórias circulares.

4.4 Conteúdos de aprendizagem:

4.4.1 Conceituais:

Os conceitos a serem trabalhados nessa sequência didática são: Força resultante tangencial, força resultante centrípeta, aceleração tangencial e aceleração centrípeta.

4.4.2 Procedimentais:

Compreender a diferença entre as consequências das ações de forças resultantes tangenciais e centrípeta sobre um corpo; conhecer e analisar os casos mais comuns da ação da força resultante centrípeta.

4.4.3 Atitudinais:

Essa atividade visa à valorização das ideias próprias, o estímulo a ouvir e participar de discussões avaliando e argumentando sobre opiniões de um grupo visando a compreensão da conclusão obtida a respeito da construção do conhecimento sobre as consequências da ação de uma força resultante tangencial ou centrípeta.

4.5 Sequência de atividades

Parte 01: A Força Resultante no M.C. (duração estimada: 20 min)

Essa parte da presente unidade didática dedica-se a trabalhar o conceito de força resultante no movimento circular e suas componentes. Aqui trabalha-se também a ideia de que a componente da força resultante tangencial é responsável pela variação apenas do módulo do vetor velocidade. Enquanto que a componente da força resultante centrípeta produz a variação é da direção do vetor velocidade. Ou seja, se a força resultante tenha ação tangencial e centrípeta simultaneamente o vetor velocidade varia todas as suas características.

Esse momento da unidade didática objetiva garantir que o aluno compreenda os efeitos de uma força resultante centrípeta e que possa defini-la matematicamente.

Parte 02: Casos particulares da ação da força centrípeta (duração estimada: 40 min)

Essa parte do encontro destina-se a trabalhar os seguintes casos de aplicação da força centrípeta:

- ✓ Força de tração como força centrípeta; (utilizando-se o exemplo de uma pedra que gira presa a um barbante)
- ✓ Força centrípeta em uma pista em depressão e em uma lombada (utilizando o exemplo de um automóvel trafegando em pistas com esses formatos)

- ✓ Força centrípeta em uma curva; (analisando a máxima velocidade que um móvel deve apresentar ao realizar uma curva)
- ✓ Força centrípeta em um “looping”.
- ✓ Força centrípeta em um “rotor”.

Ainda aqui, sugere-se fazer uma abordagem também matemática utilizando a equação da força centrípeta para analisar casos como o da velocidade mínima para realizar um looping e o da velocidade máxima em uma curva.

Aqui a pretensão é munir o aluno de conceitos sobre a ação da força centrípeta e habilitá-lo a esquematizar e calcular o valor dessa força.

Parte 03: Avaliação dos conhecimentos (duração estimada: 30 min)

Baseado no resultado da avaliação diagnóstica, serão reapresentadas as questões em que os alunos apresentaram erro para que se inicie uma discussão sobre a nova concepção a respeito da solução das mesmas pelos alunos. Além disso, serão dados alguns exemplos para que os alunos possam praticar a resolução de problemas matematicamente e, a partir dos cálculos, obter conclusões sobre fenômenos.

Aqui pretendemos avaliar o nível de conhecimento e, a partir disso, decidir por avançar para o próximo momento.

4.6 Material proposto

Para este momento, propõe-se a utilização dos slides a seguir. Este material está disponível para download no endereço eletrônico do autor (SILVA, 2017) .

The image shows two presentation slides. The left slide is the title slide, featuring the SBF logo and the text: "Movimento circular e as consequências de uma força resultante centrípeta sobre um corpo." and "Professor: Rhodriggo Mendes, Melquisedec Lourenço". The right slide is the introduction slide, titled "Introdução", and contains the text: "Dado um corpo em movimento retilíneo:", "Se aplicarmos sobre ele uma força resultante na MESMA DIREÇÃO e SENTIDO em que ele se movimenta, o módulo de sua velocidade aumenta.", and a diagram of a car with velocity vector \vec{v} and force vector \vec{F} pointing in the same direction.

Introdução

Dado um corpo em movimento retilíneo:

Figura 2: Carro sob a ação de uma força tangencial de sentido contrário ao da velocidade.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Se a força resultante apresentar a MESMA DIREÇÃO porém SENTIDO contrário ao do movimento do corpo, o módulo de sua velocidade DIMINUI.

3

Introdução

Dado um corpo em movimento retilíneo:

Figura 3: Carro sob a ação de uma força centrípeta.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Se a força é perpendicular o corpo varia a direção de sua velocidade realizando um movimento circular.

4

Introdução

Temos, então, que:

Força resultante tangencial (\vec{F}_{ct}) – responsável pela **variação do módulo da velocidade** de um corpo. Atua paralelamente em relação à velocidade do corpo. O corpo apresenta uma **aceleração tangencial (aceleração escalar)**.

Força resultante centrípeta (\vec{F}_{cp}) – responsável pela **variação da direção** da velocidade de um corpo. Atua perpendicularmente em relação à velocidade do corpo. O corpo apresenta **aceleração centrípeta**.

5

Introdução

Assim:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_t + \vec{F}_{cp}$$

e

$$F_R^2 = F_t^2 + F_{cp}^2$$

Pois a resultante tangencial e a resultante centrípeta são perpendiculares entre si.

6

Introdução

De forma geral:

A força centrípeta é a resultante das forças que atuam sobre um corpo em uma direção perpendicular à sua velocidade. Ou seja, é a resultante na direção radial.

Aplicando-se a 2ª Lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow F_{cp} = m \cdot a_{cp} \Rightarrow F_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Tem-se ainda:

$$F_{cp} = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

7

Casos Particulares

8

Uma pedra presa a um barbante e girando em um plano horizontal:

Figura 5: Menino girando pedra presa a um barbante.

Fonte: Elaborada pelo autor.

9

Uma pedra presa a um barbante e girando em um plano horizontal:

Figura 6: Força e velocidade no caso de uma pedra que gira presa a um barbante.

Neste caso, a força de tração faz o papel de força centrípeta.

Assim:

$$\vec{T} = \vec{F}_{cp}$$

$$T = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Fonte: Elaborada pelo autor.

10

Estrada em lombada:

Figura 7: Automóvel sobre pista em lombada.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Note que N e P estão na direção radial, então:

$$\vec{F}_{cp} = \vec{P} + \vec{N}$$

$$F_{cp} = P - N$$

Esse resultado demonstra que $N < P$, os passageiros sentem-se mais leves. E ainda:

$$N = m\left(g - \frac{v^2}{R}\right)$$

11

Estrada em depressão:

Figura 8: Automóvel sobre pista em depressão.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Neste caso:

$$\vec{F}_{cp} = \vec{N} + \vec{P}$$

$$F_{cp} = N - P$$

Esse resultado demonstra que $N > P$, os passageiros sentem-se mais pesados. E ainda:

$$N = m\left(g + \frac{v^2}{R}\right)$$

12

Qual deve ser a velocidade mínima no ponto mais alto de um looping para realiza-lo?

Fonte: Elaborada pelo autor.

Considerando a IMINÊNCIA de queda:

$$\vec{F}_{cp} = \vec{P} + \vec{N}$$

$$F_{cp} = P + 0$$

$$m \frac{v^2}{R} = m \cdot g$$

$$v_{min} = \sqrt{gR}$$

El qual é a máxima velocidade com que se pode realizar uma curva?

A força de atrito exerce o papel de força centrípeta, assim:

Fonte: Elaborada pelo autor.

$$F_{cp} = F_{at}$$

$$m \frac{v^2}{R} = \mu \cdot N$$

$$m \frac{v^2}{R} = \mu \cdot m \cdot g$$

$$v_{m\acute{a}x} = \sqrt{\mu \cdot g \cdot R}$$

Disponível em: <https://ultrapassagem.files.wordpress.com/2010/09/tracado-da-curva-late-apex.jpg>. Acesso em junho do 2017.

ROTOR:

Fonte: Elaborada pelo autor.

A força normal exerce o papel de força centrípeta, assim:

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

$$N = \frac{F_{at}}{\mu}$$

$$N = \frac{m \cdot g}{\mu}$$

$$F_{cp} = N$$

$$m \frac{v^2}{R} = \frac{m \cdot g}{\mu}$$

$$v^2 = \frac{g \cdot R}{\mu}$$

$$v_{min} = \sqrt{\frac{g \cdot R}{\mu}}$$

Figura 2: Imagem dos slides utilizados durante o Momento 02.

5. Momento 03 (Utilização do e-Book O Movimento segundo um Referencial Não-inercial)

Este plano didático é uma sugestão da sequência de atividades para o uso do produto educacional “O Movimento segundo um referencial Não-inercial” que deverá ser realizado após os Momentos anteriores ou imediatamente após a avaliação diagnóstica, caso o resultado desta aponte essa possibilidade.

Para este momento 3, as atividades serão realizadas expondo os vídeos constantes no e-Book nos instantes devidamente planejados, adequados, na mesma sequência em que eles se encontram no livro digital e com os mesmos questionamentos.

5.1 Tema:

Os Referenciais não-inerciais e as Forças fictícias.

5.2 Duração:

Sugere-se, para esse encontro, uma distribuição dos conteúdos em uma carga horária de 90 minutos.

5.3 Objetivo geral:

Construir o conhecimento a respeito dos limites das Leis de Newton e identificar um referencial não-inercial. Definir a força fictícia.

5.4 Conteúdos de aprendizagem:

5.4.1 Conceituais:

Os conceitos trabalhados nessa sequência didática são: referenciais inerciais, referenciais não-inerciais e força inerciais (forças fictícias)

5.4.2 Procedimentais:

Compreender os limites das leis de Newton permitindo a descrição correta de fenômenos onde elas não são aplicáveis.

5.4.3 Atitudinais:

Essa atividade visa à valorização das ideias próprias sobre os limites das Leis de Newton, o estímulo a ouvir e participar de discussões avaliando e argumentando sobre opiniões de um grupo visando a compreensão da conclusão obtida a respeito da construção do conhecimento a respeito da interpretação de fenômenos analisados a partir dos diversos tipos de referenciais.

5.5 Sequência de atividades

Parte 01: Apresentação da plataforma móvel e estudo dos referenciais (duração estimada: 15 min)

- ✓ Início com a exibição de imagens e do vídeo 01
- ✓ Será estimulada uma discussão entre os alunos por meio do questionamento: “O que é um referencial? “ Pretendemos aqui que essa discussão culmine em uma definição que represente a ideia construída
- ✓ Questionamento sobre a possibilidade de um mesmo fenômeno ser descrito diferentemente por dois referenciais distintos e a discussão dessa possibilidade, porém sem a identificação de uma resposta correta.
- ✓ Exibição dos vídeos 02, 03 e 04. Ao fim, a retomada do questionamento sobre a possibilidade de distintas descrições de um mesmo fenômeno feito por referenciais diferentes e nova discussão baseada no conteúdo dos vídeos apresentados identificando a resposta correta para essa problemática.

Pretende-se, nessa parte da atividade, garantir a compreensão que para se descrever um fenômeno é necessário indicar o referencial adotado.

Parte 02: Os conflitos às Leis de Newton (duração estimada: 20 min)

- ✓ Discussão sobre as Leis de Newton (retomar e reforçar a essência dessas Leis).
- ✓ Exibição do vídeo 05;
- ✓ Discussão sobre as hipóteses para explicação do fenômeno apresentado no vídeo.
- ✓ Apresentação do vídeo 06;
- ✓ Discussão sobre as hipóteses de explicação do fenômeno apresentado no vídeo;
- ✓ Discussão sobre qual das hipóteses lançadas pelos alunos pode ser considerada verdadeira.

Essa parte da atividade dedica-se a submeter o aluno a um conflito cognitivo e conscientizá-lo desse conflito. Além disso, é objetivo, mostrar que apesar das hipóteses serem válidas, não há como garantir que ocorreram de fato.

Parte 03: A superação do conflito cognitivo (duração estimada: 25 min)

- ✓ Exibição do vídeo 07;
- ✓ Exposição de como foram feitos os vídeos 05 e 06 para eliminar as hipóteses sugeridas pelos alunos. (Os vídeos foram feitos sobre a plataforma móvel, portanto o motivo dos fenômenos ocorridos é a aceleração do sistema).
- ✓ Exibição do vídeo 08.
- ✓ Discussão sobre os conceitos de referenciais inerciais e não-inerciais.

Nessa parte, objetivamos esclarecer, a partir das discussões com os alunos, a descrição dos fenômenos a partir de referenciais não inerciais de forma que essa descrição permita concluir que o referencial adotado se encontra acelerado.

Parte 04: Aplicações dos conhecimentos. (duração estimada: 25 min)

- ✓ Discussão sobre o princípio de funcionamento de balanças; (retomar e reforçar a essência esse conhecimento).
- ✓ Apresentação dos vídeos 09, 10 e 11.
- ✓ Discussão sobre os vídeos avaliando a compreensão e a capacidade de descrever o fenômeno apresentado. Será esclarecido que o vídeo foi feito no interior de um elevador.

Essa parte tem como objetivo o de aplicar os conhecimentos adquiridos nas partes anteriores garantindo a acomodação e reequilibração cognitiva a respeito dos conteúdos.

Parte 05: Reforço da superação dos conflitos cognitivos (duração estimada: 25 min)

- ✓ Discussão sobre o funcionamento da função centrífuga de uma máquina de lavar.
- ✓ Exibição dos vídeos 12 e 13.
- ✓ Discussão sobre o conteúdo dos vídeos direcionada a verificar se os alunos trazem a “bagagem” dos conhecimentos adquiridos nas outras partes para compreender a explicação dos fenômenos apresentados.
- ✓ Apresentação do vídeo 14.
- ✓ Discussão sobre o conteúdo do vídeo.

Nessa etapa, o objetivo é o de dar maior liberdade aos alunos para compreender os fenômenos apresentados e garantir que eles descrevem tais fenômenos utilizando os conceitos construídos ao longo de toda a atividade.

5.6 Material proposto

Para este momento, propõe-se a utilização dos slides a seguir. Este material está disponível para download no endereço eletrônico do autor (SILVA, 2017)

The image shows two presentation slides. The left slide is the title slide for a presentation titled "Referenciais não inerciais e as forças fictícias" by Professor Rhodrigo Mendes Melquisedec Lourenço. It features logos for the Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia (IFRN) and the Sociedade Brasileira de Física (SBF). The right slide is titled "1- Referenciais." and contains two bullet points: "O que é um referencial?" and "Um fenômeno pode ser descrito de formas diferentes por dois referenciais distintos?". Below the text are four QR codes labeled 01, 02, 03, and 04, with the word "Videos" centered below them. The slide number "2" is in the bottom right corner.




2- As Leis do Movimento.

- De acordo com as Leis de Newton, como um pêndulo pendurado deve se comportar?
- E um corpo abandonado de uma certa altura?


05


06

Videos

3




3- Forças inerciais.


07


08

Videos

- A forças inerciais estão presentes em todos os referenciais?
- Qual a definição de o referencial não inercial?
- É possível determinar a aceleração de um sistema a partir da força inercial? E a velocidade?

4




4- Peso aparente.

- O que a balanças medem? O que elas indicam (exibem no mostrador)?


10


11

Videos

- Como uma balança poderia indicar um peso maior do que o que um corpo possui? E menor?


Video 09

5




5- Força centrífuga.

- Uma máquina de lavar, se usada na função centrifugar, deixa a roupa quase seca. Como é possível?


Video 12


Video 13

- A força centrífuga está presente em qualquer referencial?

6




6- Força coriollis.

- Apenas veja o vídeo!


Video 14

7

Figura 3: Imagem dos slides utilizados durante o Momento 03.

Referências

BALOLA, Raquel. Princípios matemáticos da filosofia natural: a lei da inércia. 2011. Tese de Doutorado.

BARCELOS NETO, João. Mecânicas newtoniana, lagrangiana e hamiltoniana. 2. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

BARROS, Alexandre Nascimento. **Proposta de unidade didática para o ensino de eletrodinâmica com abordagem em instalações elétricas residenciais/** Alexandre Nascimento Barros – 2015.

CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. Física Clássica – Mecânica. 1ª Ed. São Paulo. Editora: Atual, 2012.

DA CUNHA CAMPOS, Maria Cristina; NIGRO, Rogerio Goncalves. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação.** FTD, 1999.

MONTEIRO, Mídia Medeiros. Inércia e Natureza da Ciência no Ensino de Física: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

NUÑEZ, Isauro Beltrán; RAMALHO, Betania Leite. Fundamentos do ensinoaprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio. **Porto Alegre: Sulina**, 300 p., 2004.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste SF. CONSTRUINDO UMA UNIDADE DIDÁTICA CONCEITUAL SOBRE MECÂNICA QUÂNTICA: UM ESTUDO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA1 Constructing a conceptual Quantum Mechanics teaching unit: a study in the preparation of Physics teachers. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.

PSSC, Guia do Professor de Física– Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV, EDART, SP, traduzido e adaptado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências e pelo Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo (CECISP).

SOUSA, Roney et al. Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com uso de vídeos. 2015.

VIRGINIO, Rhodriggo Mendes; SILVA, Melquisedec Lourenço da. O Movimento segundo um referencial não-inercial. IFRN. 2017. Disponível em:<<http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/referencial-nao-inercial/o-movimento-segundo-um-referencial-nao-inercial/view>>. Acesso em: 07 agosto. 2017.

SILVA, Melquisedec Lourenço da; VIRGINIO, Rhodriggo Mendes. O Movimento segundo um referencial não-inercial. IFRN. 2017. Disponível em:<<http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/referencial-nao-inercial/>>. Acesso em: 07 agosto. 2017.