

# 1 - O Conceito de Força

## Tópicos Fundamentais de Física

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

1/91

# Conceitos Físicos

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

2/91

# Conceitos Físicos

- massa, força, luz, eletricidade, etc.
- apesar de quotidianos, **não são simples**
- têm longa evolução histórica, ontológica e epistemológica
- já foram identificadas muitas concepções alternativas associadas a cada um deles

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

3/91

# Física intuitiva

- concepções alternativas (*misconceptions* = concepções errôneas)
- semelhança com concepções pré-Newtonianas:
  - Física Aristotélica
  - Física de Filipon
  - Teoria do impetus (~impulso) (Buridan)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

4/91

# CA's e sua resistência

- CA's **são úteis** na descrição do dia a dia
- dificuldade em se aceitar errado
- ⇒ dificuldade em se conseguir a mudança conceitual

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

5/91

# Mudança conceitual?

- concepções espontâneas **não 'evoluem'** para o conhecimento científico através da 'mudança conceitual' de Posner et al. (1982)
- são estáveis, resistem à mudança e coexistem com outras representações, inclusive com as do mundo científico

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

6/91

## Formação histórica dos conceitos físicos

- “Concepções científicas, embora freqüentemente resultado da intuição espontânea, tendem a ser moldadas, tanto quanto possível, em analogia com as concepções da experiência diária.”

(JAMMER, 1957)

## Formação histórica dos conceitos físicos

- “Em nosso presente sistema de instrução acadêmica, uma discussão profunda e crítica dos conceitos fundamentais e aparentemente simples é conscientemente omitida. A análise histórico-crítica das concepções básicas em ciências é, portanto, de primordial importância, não apenas para o filósofo profissional ou para o historiador das ciências”

(JAMMER, 1999, p. vii)

## Psicogênese (Piaget)

- período histórico ↔ estágio psicogenético
- 1ª fase: Aristóteles
  - pseudo-necessidades, animismo, finalismo, primado do sensorial, egocentrismo, concentração nos atributos, indiferenciação dos conceitos, contradições
- 4ª fase: Newton
  - transformações reversíveis, explicações causais, estruturação dos conceitos num sistema

## Teste Conceitual de Força

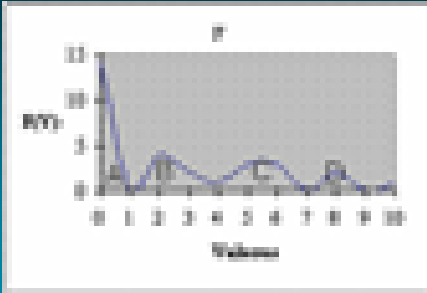
## Teste Conceitual de Força

- problemas do dia a dia
- responder sem usar fórmulas
- usar apenas o bom senso

## Pontuação

1 C	2 E	3 A	4 B	5 D	6 B
7 E	8 A	9 D	10 B	11 E	12 B
13 A	14 A	15 C	16 B	17 C	18 B
19 B	20 E	21 D	22 D	23 D	24 E
25 B	26 B	27 A	28 C	29 C	

## Resultado provável



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

13/91

## Concepções Alternativas

- movimento implica em força
- velocidade proporcional à força aplicada
- aceleração implica em aumento de força
- maior massa implica maior força
- maior força determina movimento
- última força a agir determina movimento
- compromisso de forças determina movimento

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

14/91

## Concepções alternativas

- obstáculos não exercem força
- somente agentes ativos exercem força
- agente mais ativo produz maior força
- impulso circular
- onde não há ar, não há gravidade
- gravidade aumenta com a altura

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

15/91

## Concepções alternativas

- objetos mais pesados caem mais depressa
- gravidade intrínseca a massa

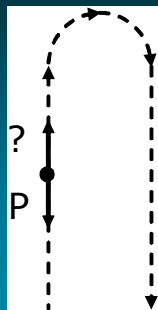
11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

16/91

## Concepções alternativas

- força durante o movimento? = impulso?
- mais pesado cai mais depressa



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

17/91

## O conceito de peso

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

18/91

## O conceito de peso

- Porque as coisas caem?
- pesquisa de Mariano Gago com adultos:
  - P: porque um pássaro voa e não cai?
  - R: “porque é naturalmente leve.” “porque Deus Nosso Senhor o fez assim, porque tem a constituição própria para voar, porque senão não era pássaro, era peixe ou outra coisa qualquer!”

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

19/91

## O Peso e a Gravidade

- Porque a pedra não cai quando está sobre a mesa?
- O que mantém a Lua em órbita?
- Porque o astronauta não sente peso quando em órbita da Terra?
- Qual é a sensação quando se desce a montanha russa?
- Qual é a sensação do pára-quedista enquanto não abre o pára-quedas?

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

20/91

## O conceito de peso

- pesar: avaliar, comparar, ponderar
- grave: pesado, sério
- derivadas: grávida, situação grave, pesadelo, pêsames,
- «weight» (peso, carga) «wagon» (carruagem), «Waage» (balança)
- peso: esforço para levantar um objeto do chão e carregá-lo
- tire-se-nos o apoio e não sentimos peso!

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

21/91

## O Conceito de Peso II

- *“A maioria dos físicos quando fala de peso está a referir-se à força gravitacional exercida pela Terra sobre o objeto. Entretanto, outros consideram peso como a força que é exercida pelo objeto sobre o prato da balança.”*

(IONA, Mario, The Meaning of Weight, Phys. Teach. 13(5):263-274, 05/1995, p. 265.)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

22/91

## O Peso como um Vetor

- “Muitos autores não consideram o peso como uma quantidade vetorial.
- Há dificuldade em compreender a variação do peso com a localização, quanto mais a variação da direção
- Tornaria mais claro incluir na mesma discussão a variação da magnitude e direção do peso
- Considerar a direção do prumo como a direção da ‘força gravitacional aparente’.”

(IONA, Mario, The Meaning of Weight, Phys. Teach. 13(5):263-274, 05/1995, P. 271.)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

23/91

## O Conceito de Massa

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

24/91

## O conceito de massa

- para a criança, o bolo maior é sempre o preferido
- a lição da casca vazia: quantidade  $\propto$  massa

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

25/91

## O conceito de massa

- derivado através do latim '*massa*' do grego  $\mu\alpha\zeta\alpha$ , significando pasta informe e que se relaciona com  $\mu\alpha\sigma\sigma\epsilon\iota\nu$ , amassar uma pasta
- derivadas: 'amassar', 'macerar', 'massa bruta', 'massudo', 'maciço', 'massificar', 'massacre', 'em massa', etc.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

26/91

## O conceito de matéria

- derivado do latim '*materiæ*', que designa a parte dura do tronco das árvores, como material de construção

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

27/91

## A clarificação na Mecânica Newtoniana

- Newton: "*A quantidade de matéria é a medida dela, obtida da sua densidade e volume conjuntamente. [...] É esta quantidade a que me referirei daqui para a frente com o nome de massa*" (Principia, Definition I)
- círculo vicioso?
- massa: resistência intrínseca de um corpo à mudança de movimento

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

28/91

## Crítica de Mach

- não aceitava idéia de massa como medida da quantidade de matéria
- matéria existe por si, não é empírica
- tentou definir massa mecanicamente, através da aceleração produzida num corpo padrão:  $m_1/1 = -a_2/a_1$
- em seguida, 'definiu' força:  $F = m \cdot a$

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

29/91

## Ontologias de massa

- medida da quantidade de matéria
- carga do campo gravitacional em  $p = m_g \cdot g$  ou em  $F = G m_g M/r^2$
- coeficiente de inércia em  $F = m_i \cdot a$

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

30/91

## A reunificação na Relatividade Geral

- elevador de Einstein: peso ou aceleração?
- experimentos de Eötvös:  $m_i = m_g$  à precisão de  $1:10^{10}$
- princípio de equivalência:  $m_i \equiv m_g$
- Relatividade Geral: massa  $\equiv$  curvatura do espaço

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

31/91

## O Perfil Conceitual

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

32/91

## Mudança conceitual?

- concepções espontâneas não 'evoluem' para o conhecimento científico através da 'mudança conceitual' de Posner et al. (1982)
- são estáveis, resistem à mudança e coexistem com outras representações, inclusive com as do mundo científico

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

33/91

## O Perfil Conceitual

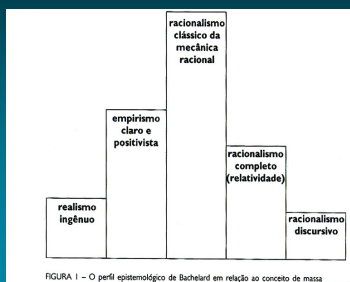
- Mortimer (1995): a partir do Perfil Epistemológico de Bachelard (1940)
- útil para compreender a coexistência simultânea dessas diferentes visões da realidade num mesmo indivíduo
- instrumento para acompanhar a evolução conceitual dos alunos em sala de aula
- a consciência por parte do estudante do seu próprio perfil conceitual é relevante para que possa utilizar as suas diferentes visões de realidade nos contextos adequados

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

34/91

## O Perfil Epistemológico de Massa de Bachelard



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

35/91

## Características

- as pessoas têm formas diferentes de ver e representar a realidade à sua volta
- as zonas contêm categorias de análise com poder explanatório crescente
- para além das características epistemológicas, as zonas do perfil conceitual distinguem-se também por características ontológicas,

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

36/91

## Perfis já construídos

- **Química:** reações químicas, átomo, estados físicos dos materiais, calor, espontaneidade, transformação e energia
- **Bioquímica:** energia
- **Matemática:** função, fração
- **Física:** periodicidade, radiação, massa, força, luz, energia

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

37/91

## Metodologia

- estudo da evolução histórica e epistemológica do conceito
- levantamento bibliográfico das concepções alternativas
- reinterpretação à luz da noção de perfil
- identificação das categorias do perfil
- pesquisa prática: validação do perfil

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

38/91

## Perfil conceitual de massa

- I: noção vaga, sensorial, indiferenciada de volume, pré-teórica, sem relação com referencial teórico, indistinta de peso; peso como propriedade geral da matéria, usado também como medida grosseira de quantidade de matéria, embora como quantidade não conservada;
- II: início da distinção entre peso e massa; massa como conceito realista, mais empírico que lógico, medida pela balança, medida da quantidade de matéria; identificação de massa com outras quantidades; inércia, impetus, calor, frio e secura proporcionais ao peso ou à quantidade de matéria; falsas relações entre o peso do corpo e seu tempo de queda;

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

39/91

## Perfil conceitual de massa

- III: massa distinta de peso mas proporcional a este e fonte do fluxo de força gravitacional; massa definida em termos da densidade e correlacionada à força e à aceleração; definições relacionais entre grandezas massa, peso, força e aceleração, estruturadas num "sistema nocional";
- IV: : massa relativística, não mais absoluta mas dependente da velocidade, congênere a energia;
- V: massa dualista na Mecânica Quântica Relativística, com a antimatéria;
- VI: massa como singularidade na métrica do espaço-tempo, relacionada à curvatura do espaço e definida a partir dos tensores momento-energia e de curvatura; massa inercial igual à massa gravitacional.

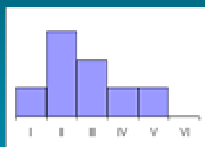
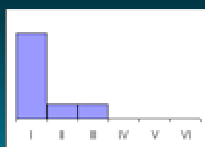
11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

40/91

## Exemplos de perfis individuais

- alunos da cadeira de Física I (engenharias e licenciaturas) da ULBRA/Canoas



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

41/91

## Peso ou Massa?

- "Vigilantes do peso"
- Pesos de balança
- Imponderabilidade
- Cargas de caminhões
- Compras a peso
- Mochilas
- Peso líquido de contentores"

(IONA, Mario, The Meaning of Weight, Phys. Teach. 13(5):263-274, 05/1995, Pp. 264-5.)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

42/91

## O conceito de força

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

43/91

## Força

- Agentes mecânicos:
  - força muscular,
  - gravidade,
  - vento,
  - fluxo das águas

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

44/91

## Tipos de força

- de ação à distancia,
- de contacto,
- de atrito (dissipativas),
- impulsivas,
- etc.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

45/91

## Força

- latim '*fortis*': bom, útil, honesto, virtuoso, valente, vigoroso, robusto, com saúde, poderoso, enérgico, rico
- sânscrito '*dher*': assegurar, fortalecer, consolidar, firme, sólido, com firmeza, agarrar, apoderar-se, tomar, prender, ter, dominar, obter, dirigir

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

46/91

## Tipos de força

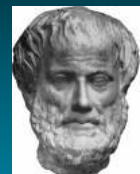
- de ação à distancia,
- de contacto,
- de atrito (dissipativas),
- impulsivas,
- etc.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

47/91

## A Física Aristotélica (384-322 a.C.)



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

48/91

## A Física Aristotélica

- Movimentos naturais:
    - um “imponderável” tende para o céu
    - um “grave” tende para o seu “lugar natural”, a terra
  - Movimentos forçados: um “motor externo” retira o corpo do seu “lugar natural”
- ↑ Fogo
  - ↑ Ar
  - ↓ Água
  - ↓ Terra

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

49/91

## A Física Aristotélica

- movimento (efeito)  $\Rightarrow$  causa (força)
- os seres animados e os corpos celestes teriam um “motor próprio”
- Aristóteles **deduziu** que os corpos mais pesados caem mais depressa
- p/ movimento oblíquo: **autoperistasis**

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

50/91

## A Física Aristotélica

- Movimento impossível no vazio: falta de referencial
- No vazio, os corpos cairiam à mesma velocidade  $\Rightarrow$  **não há vazio** (!)
- movimento (efeito)  $\Rightarrow$  causa (força)
- Lei da Dinâmica:  $F \propto R \cdot V$

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

51/91

## Queda dos corpos

- “um corpo duas vezes mais pesado cairá da mesma altura na metade do tempo”
- “se dois corpos forem amarrados, a velocidade de queda do combinado será a soma das velocidades de cada um separadamente”

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

52/91

## A Física Aristotélica

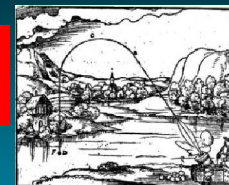
- Dominou o pensamento científico até o século !

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

53/91

## Física Medieval



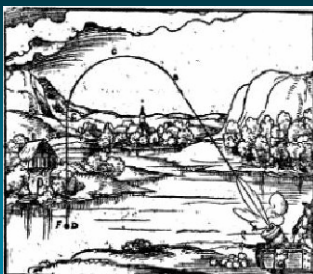
11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

54/91

## Teoria do *impetus*

- impressão de um poder de auto-movimento
- a) *impetus*
- b)  $impetus \times gravidade$
- c) gravidade



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

55/91

## O início da distinção na Idade Média

- Filipon, Buridan: *impetus* (virtude impressa pelo motor)
- quanto maior o peso, mais aptidão para o impetus
- Galileu: movimento horizontal (não-Aristotélico)  $\Rightarrow$  indiferente
- o mais pesado cai junto com o mais leve

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

56/91

## A Física Newtoniana (1643-1727)



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

57/91

## Força e o Sistema Newtoniano

- “O conceito central da Mecânica Newtoniana é força.”

(HESTENES, David; WELLS, Malcolm; SWACKHAMER, Gregg, Force Concept Inventory, The Physics Teacher 30(3):141-158, 03/1992, p. 142.)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

58/91

## Força como interação

- “Uma força é uma extremidade de uma interação; a interação acontece entre dois corpos, atuando com a mesma intensidade em direções opostas.”

(HELLINGMAN, Cornelis, Newton's Third Law Revisited, Phys. Educ. 27(2):112-115, 03/1992, p. 115.)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

59/91

## Leis de Newton

- 1ª Lei: se não há força resultante a velocidade mantém-se constante (mov. retilíneo)
- 3ª Lei: as forças entre dois corpos em interação são iguais e opostas
- 2ª Lei: uma força atua sobre um corpo variando sua quantidade de movimento

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

60/91

## A clarificação na Mecânica Newtoniana

- Leis de Newton:
  - $v = cte.$  (inércia)
  - $F = m \cdot a$  (resultado da força)
  - $F_{12} = F_{21}$  (ação-e-reação)
- Lei da Gravitação:  $F = G \cdot m \cdot M / r^2$
- sistema nocional: força, massa, aceleração

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

61/91

## A clarificação na Mecânica Newtoniana

- queda livre: diferenças das massas compensam as dos pesos
- $F = P$   
 $\Rightarrow ma = mg$   
 $\Rightarrow \cancel{m}a = \cancel{m}g$   
 $\Rightarrow a = g$  (independentemente da massa)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

62/91

## Corolários da 3ª Lei de Newton

- um corpo isolado não pode sofrer força
- um corpo isolado não pode realizar força
- em todos os momentos, a força que um corpo A exerce sobre o corpo B tem magnitude exatamente igual à da força que B exerce sobre A
- ambas as forças acontecem simultaneamente
- a força que A exerce sobre B está no sentido exatamente oposto ao da força que B exerce sobre A

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

63/91

## Formação histórica do conceito de força

- "Tomado originalmente em analogia com o poder humano de vontade, influência espiritual ou esforço muscular, o conceito de força foi projetado nos objetos inanimados como um poder residindo em coisas físicas. [...] O conceito de força tornou-se instrumental para a definição de 'massa', que por sua vez deu origem à definição de 'momento'. Subseqüentemente, a Mecânica Clássica redefiniu o conceito de força como a taxa de variação temporal da mudança do momento, excluindo portanto todos os vestígios animísticos das definições anteriores. Finalmente, 'força' tornou-se uma noção puramente relacional, quase pronta para ser eliminada de toda a construção conceitual."*

(JAMMER, 1957)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

64/91

## Perfil conceitual de força

- I: noção de força originada da percepção de nosso esforço físico, muscular; indistinta de energia, esforço, trabalho, potência, poder e movimento; antropomórfica, animista.
- II: força dual (opostos em conflito), reguladora, de origem divina, inerente à matéria, atuando por contato;

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

65/91

## Perfil conceitual de força

- III: força como 'simpatia' (atração dos semelhantes), corpórea, inerente ao objeto, de natureza ou origem divina, agindo à distância. Resistência ao movimento do objeto como força (vis resistiva).
- IV: força de ordem imaterial, passível de formalização matemática. Força como seqüência de impulsos instantâneos, externos, que se somam. Força centrífuga, real, como reguladora do movimento circular dos corpos.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

66/91

## Perfil conceitual de força

- V: força como conceito apriorístico na Mecânica Clássica. Força como propriedade de resistência inerente à matéria (inércia) ou como força impressa por ação externa, esta vetorial, componível segundo a regra do paralelogramo, agente causal da aceleração, agindo em pares ação e reação, possivelmente à distância mas através de espíritos etéreos, formando um 'campo de forças'.
- VI: forças como trocas de partículas virtuais (píon, fóton, W/Z e gráviton), na Teoria Quântica de Campos.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

67/91

## Perfil conceitual de força

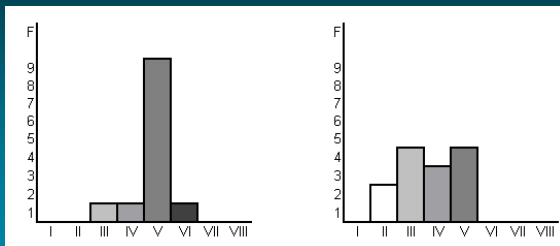
- VII: força na Relatividade Restrita análoga à força newtoniana, relacionando-se, porém com a massa relativística, dependente da velocidade, e não a massa inercial, de repouso. No entanto, a aceleração não é, em geral, codirecional à força e a ação à distância não é instantânea, mas propaga-se limitada pela velocidade da luz.
- VIII: Força associada ao desvio do corpo de seu percurso natural (geodésica) no espaço-tempo, na Relatividade Geral.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

68/91

## Exemplos de perfis individuais



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

69/91

## Resumo

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

70/91

## Forças mais comuns

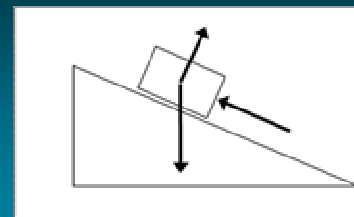
- Peso
- Normal
- Tensão
- Atrito
- Elétrica
- Magnética
- Gravitacional
- Eletromagnética
- Forte (núcleo)
- Fraca (decaimento  $\beta$ )
- 5ª (???)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

71/91

## Plano inclinado



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

72/91

## Resumo

- Leis de Newton:
  - $v = \text{cte.}$  (inércia)
  - $F = m \cdot a$  (resultado da força)
  - $F_{12} = F_{21}$  (ação-e-reação)
- Unidades:
  - massa: kg (quilograma)
  - Força: N (Newton) ( $=\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ )

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

73/91

## Problemas de aplicação

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

74/91

## Problema

- Uma criança empurra o carrinho de bebê de seu irmão com uma força constante de 20 N. O carrinho estava inicialmente parado e tem uma massa (incluindo o bebê) de 10 kg. Qual a aceleração do carrinho?

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

75/91

## Problema

- Uma locomotiva puxa um trem com cinco vagões com uma massa de 30 000 kg, cada. Durante a partida, a locomotiva puxa o primeiro vagão com uma força de 45 000 N.
  - Qual a aceleração do trem?
  - Qual a intensidade da força com que o primeiro vagão puxa o segundo?

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

76/91

## Problema

- Uma força de 9,0 N atua horizontalmente sobre o primeiro de um conjunto de três blocos com massas  $m_1=2,0$  kg,  $m_2=3,0$  kg e  $m_3=4$  kg encostados entre si e repousando sobre uma superfície sem atrito. Qual a aceleração do conjunto? Quais as forças atuando sobre cada bloco?

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

77/91

## Problema

- Uma pessoa com massa igual a 80 kg está sobre uma balança de banheiro num elevador. Qual serão as leituras da balança quando o elevador:
  - está parado
  - está movendo-se com velocidade constante de 2,5 m/s
  - está movendo-se para cima com uma aceleração de  $2,5 \text{ m/s}^2$ ?
  - está movendo-se para baixo com uma aceleração de  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

78/91

## Conclusões

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

79/91

## Implicações pedagógicas

- reconstrução da ciência a partir de níveis pré-lógicos
- aceleração da criança por comparação com a História da Ciência
- necessária atenção à pré-lógica infantil
- importância do construtivismo e da História da Ciência no ensino

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

80/91

## Laboratório

- experimentos paradoxais
- conflito cognitivo entre o que se vê e o que se “sabe”
- NÃO FUNCIONOU!

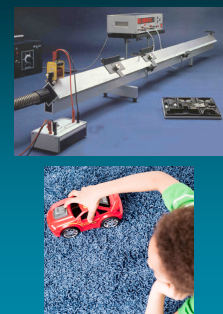
11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

81/91

## Laboratório

- equipamento muito distante da realidade
- dicotomia:
  - Física do laboratório (teoria: não funciona)
  - Física do mundo real (prática: não explica)



11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

82/91

## Conclusões

- A noção de força e a evolução do homem
- Formas sinônimas (esforço, trabalho, energia)
- Fortalecimento das idéias prévias dos estudantes
- Análise histórica

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

83/91

## Evolução Conceitual

- Moreira & Greca (2003)

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

84/91

## Conclusões

- Perfil conceitual: instrumento para aceder representações dos alunos sobre conceitos em ciências – estratégias de ensino para que os alunos evoluam para uma noção conceitual científica.
- Importância da tomada de consciência pelo estudante de seu perfil conceitual e o domínio do significado de conceitos em ciências, por profissionais da área.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

85/91

## Bibliografia

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

86/91

## Bibliografia

- SANTOS, Renato P. dos. Uma Experiência de Ensino da Psicogênese do Pensamento Físico para Futuros Professores do Ensino Fundamental. *Acta Scientiae*, vol. 5, n. 2, 2003.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

87/91

## Bibliografia

- SANTOS, Renato P. dos ; DOMÉNECH, A. Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Massa. Atas do IX EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas (MG), 2004. São Paulo : SBF, 2004.
- RADÉ, Tane & SANTOS, Renato P. dos. Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Força. Atas do Simpósio Sul-Brasileiro de Ensino de Ciências, Canoas (RS), 2004. Canoas : Ulbra, 2004.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

88/91

## Bibliografia

- GOTTSCHALL, Carlos Antonio Mascia. Do mito ao pensamento científico: A busca da realidade, de Tales a Einstein. São Paulo : Atheneu, 2004.
- PIAGET, Jean; GARCIA, Rolando. Psychogenèse et Histoire des Sciences, Paris: Flammarion, 1983 (ed. portug. Psicogênese e História das Ciências, Lisboa: Dom Quixote, 1987).

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

89/91

## Bibliografia

- PIAGET, Jean; INHELDER, Bärbel. *Le Développement des Quantités Physiques chez l'Enfant*, Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, 1941 (trad. port.: *O Desenvolvimento das Quantidades Físicas na Criança: Conservação e Atomismo*, Rio de Janeiro: Zahar, 1975).
- PIAGET, JEAN et al.. *La Formation de La Notion de Force*, Études d'Épistémologie Génétique XXIX. Paris: PUF. 1973.

11-jun-2011

© www.fisica-interessante.com

90/91

## Bibliografia

- JAMMER, Max. Concepts of Mass in Classical and Modern Physics. Mineola, NY: Dover Publications Inc., 1997 (orig. ed. 1961).
- JAMMER, Max. Concepts of Force: A Study in the Foundations of Dynamics. Mineola, NY: Dover Publications Inc., 1999 (orig. ed. 1957).