

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- Modelação ou desenvolvimento de um modelo
 - Processo cognitivo de aplicação dos princípios de uma teoria para produzir um modelo de um objecto físico ou de um processo
- A estratégia de modelação coordena a aplicação de conhecimento científico e matemático ao desenvolvimento do modelo de objectos físicos ou de processos

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ A modelação no ensino da Física

- O processo de desenvolvimento do modelo é subdividido em quatro estágios, que são implementados sucessivamente
 - Descrição
 - Formulação
 - Ramificação
 - Validação
 - A implementação de cada estágio é determinada por aspectos específicos de cada tipo de modelo a ser desenvolvido

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ O estágio da descrição

- É fortemente condicionado pela teoria a ser aplicada
 - A teoria especifica o tipo de objectos que devem ser modelados
- As componentes do estágio descritivo correspondem aos tipos de variáveis descritivas do objecto
- O objecto modelado pode ser descrito por um sistema composto por mais do que um objecto descritivo

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O estágio da descrição
 - A descrição da composição do modelo deve especificar o tipo de cada componente determinada pela teoria científica
 - O resultado principal do estágio descritivo é um conjunto de nomes de variáveis descritivas para o modelo
 - Variáveis básicas
 - Variáveis derivadas

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O estágio da descrição
 - A descrição das interações inclui a descrição da estrutura do sistema especificando as conexões internas (ou interações) entre objectos componentes
 - As relações específicas das interações internas das variáveis de estado é determinada pela teoria

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O estágio da formulação (ex. mecânica)
 - As leis físicas do movimento e de interação são aplicadas para determinar equações definidas do movimento para um objecto modelo
 - São estabelecidas as equações de restrição ao movimento

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O estágio da formulação (ex. mecânica)
 - A passagem de diagramas de força para as equações do movimento não é automática
 - A relação $\vec{F} = m\vec{a}$ origina uma equação do movimento apenas quando a forma funcional de F é caracterizada através de uma ou mais leis específicas

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O estágio da formulação (ex. mecânica)
 - Há uma tendência para considerar as condições de restrição de um modo que não é explícito
 - Os compêndios e os professores, frequentemente, não explicitam que as equações de restrição do movimento surgem de assunções tácitas acerca das forças internas
 - Os estudantes devem ser alertados para este facto analisando exemplos particulares
 - Deste modo pode realçar-se que qualquer conexão física em mecânica resulta de forças de interacção

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

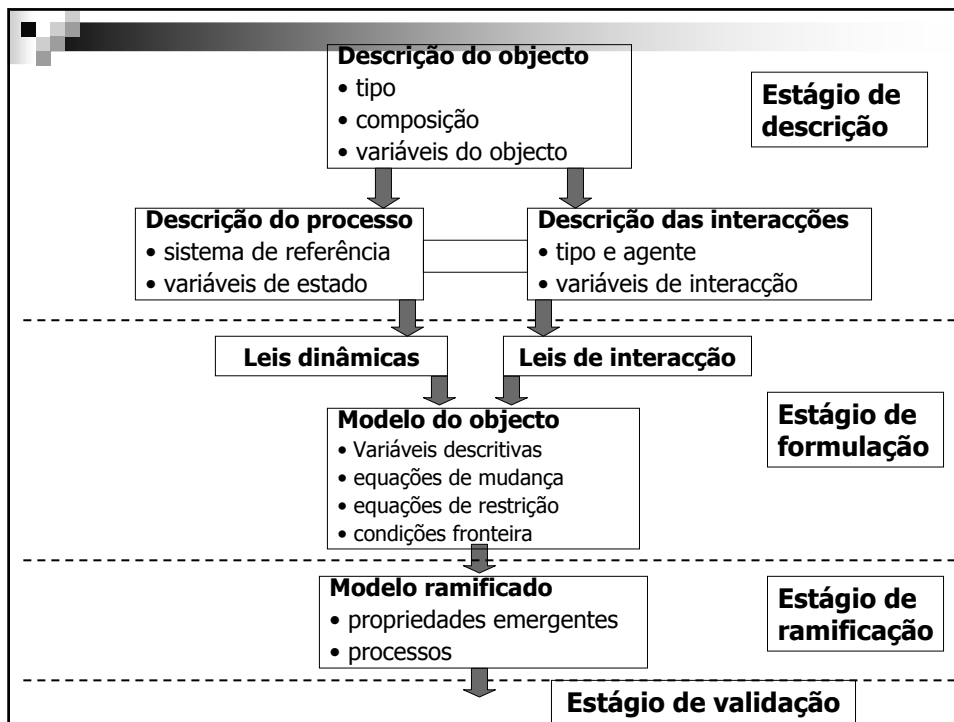
- O estágio da ramificação (ex. mecânica)
 - As propriedades específicas e as implicações do modelo são estabelecidas
 - As equações são resolvidas para determinar a evolução temporal do sistema (equações do movimento)
 - A dependência temporal das variáveis descritivas, como a energia, é determinada
 - Os resultados são apresentados analiticamente e graficamente
 - Procede-se à análise e interpretação dos resultados

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O estágio da ramificação
 - A ramificação que descreve a evolução temporal de algumas variáveis descritivas, como a energia, pode ser vista como um modelo do processo geral
 - Uma deficiência frequente dos manuais é que as ramificações não são claramente identificadas como tal e integradas num processo geral de modelação
 - As ramificações surgem como capítulos independentes
 - Este facto conduz à dificuldade que o estudante tem em reconhecer quando uma ramificação particular é útil

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O estágio da validação
 - Trata-se da validação empírica do modelo ramificado
 - No livros de texto, em geral, esta fase não vai para além da avaliação da razoabilidade dos resultados numéricos finais
 - No entanto, na investigação científica pode envolver testes experimentais elaborados
 - Por sua vez, os estudantes frequentemente falham na identificação de soluções pouco razoáveis ou erradas existentes nos compêndios e não têm ideia como a resposta pode ser verificada



Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- O uso sistemático de uma teoria de modelação no ensino pode ajudar os estudantes a adquirir uma visão unificada e coerente da ciência.
- Esta tarefa está longe de ser trivial
 - embora em grande parte ela consista de uma articulação e organização de ideias bem conhecidas.

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- Quatro dimensões de um modelo científico:
 - Domínio
 - Composição
 - Estrutura
 - Organização

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- Domínio de um modelo
 - Consiste de sistemas físicos e fenómenos que podem ser descritos e/ou explicados, em alguns aspectos, num certo grau, usando um modelo.
- Composição de um modelo
 - Consiste objectos conceptuais e agentes, e respectivas propriedades ou descritores

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- Estrutura do modelo
 - Consiste de relações entre os descritores de diferentes entidades.
 - Dependendo do tipo de estrutura incluída no modelo, este pode ser **descritivo e/ou explicativo**.
 - Na mecânica newtoniana
 - Os modelos cinemáticos são descritivos.
 - Os modelos dinâmicos são explicativos.

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

- Organização do modelo
 - Refere-se à sua relação com outros modelos numa dada teoria científica.
 - Toda teoria fornece esquemas de classificação apropriados para agrupar vários modelos em famílias de modelos
 - Os mais fundamentais são as famílias dos modelos básicos.
- Um modelo básico é caracterizado por:
 - Uma **composição simples** (frequentemente consistindo de um objecto)
 - Uma **estrutura simples** (frequentemente limitada a descrever e/ou explicar um fenómeno elementar).

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ Modelo da partícula pontual

- O modelo da partícula pontual refere-se a objectos físicos cuja estrutura interna pode ser ignorada quando se encontram em translação sem rotação ou precessão, num sistema de referência específico.
- O conteúdo de cada modelo básico da

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ O modelo da partícula uniformemente acelerada

1. Domínio do modelo

- Todos os sistemas físicos que estão em translação com aceleração constante num sistema de referência inercial.
 - Cada sistema está interagindo com um ou vários agentes físicos que exercem sobre ele uma força resultante constante

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ O modelo da partícula uniformemente acelerada

2. Composição do modelo

- a) **Conteúdo:** Uma partícula representando um sistema considerado, e figurada por um ponto geométrico num sistema de coordenadas representando um sistema de referência.
- b) **Vizinhança:** Dois tipos de agentes podem ser distinguidos na mecânica newtoniana.
 - Os que actuam à distância (interacções a longa distância)
 - Os que actuam em contacto
- c) **Descritores do objecto:** Referem-se às propriedades intrínsecas e estados do sistema de partículas.
 - Apenas uma **propriedade intrínseca** é considerada no modelo da partícula pontual: a massa do objecto
 - As **propriedades de estado** são propriedades cinemáticas do objecto.
 - Posição; deslocamento; velocidade; aceleração; energia cinética; etc.
- d) **Descritores de interacção:** Incluem o conceito de força (representadas em diagramas vectoriais)
 - A força resultante é calculada usando o princípio da superposição (4ª Lei de Newton ou lei da composição)

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ O modelo da partícula uniformemente acelerada

3. Estrutura do modelo

- a) **Estrutura geométrica:** se algo no modelo, está restrito à posição relativa a partículas ou agentes de acção à distância
- b) **Estrutura interactiva:** Expressa pelas leis de interacção apropriadas, como a lei de interacção gravitacional newtoniana
- c) **Descrição do comportamento:** A translação da partícula é descrita pelas leis do movimento (leis de estado), envolvendo conceitos cinemáticos.
 - Equações do movimento
 - Estas equações também podem ser descritas por gráficos apropriados, diagramas relacionais e/ou mapas de movimento
- d) **Explicação do comportamento:** As variações das propriedades de estado da partícula podem ser explicadas pelas leis causais como a segunda lei de Newton, o teorema do trabalho-energia ou a conservação da energia.

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ O modelo da partícula uniformemente acelerada

4. Organização

- a) A teoria newtoniana relaciona o modelo da partícula uniformemente acelerada:
 - A outros modelos da família de modelos de partículas pontuais
 - A modelos do corpo rígido e outras famílias de modelos (ex: modelos de fluidos)
- b) As regras são estabelecidas na teoria de modo a definir como combinar este modelo com outros modelos básicos para estudar sistemas físicos progressivamente mais complexos.
 - Este modelo pode ser combinado com o modelo da partícula em movimento circular uniforme para descrever, explicar e/ou prever o comportamento de um objecto num movimento de translação circular uniformemente acelerado.
 - O objecto também pode efectuar rotações em torno de um eixo específico (como o caso da Terra)
 - O modelo emergente assim construído pode ser depois combinado com um modelo apropriado do corpo rígido.

Desenvolvimento de um modelo de ensino da Física

■ A comensurabilidade conceptual e a Instrução

- Baseado numa análise dos graus de comensurabilidade com os conceitos científicos o estudante pode evidenciar três situações distintas.
 1. Alguns conceitos iniciais podem ser comensuráveis com os conceitos científicos desejados
 2. Outros podem ser incomensuráveis em vários aspectos, não apenas com os conceitos científicos, mas revelarem uma inconsistência com outros conceitos da base de conhecimentos do aluno
 3. Alguns dos conceitos científicos desejados podem não ter correspondência na base cognitiva do estudante
 - São *novel* conceitos para o estudante no sentido estrito da palavra.

