

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA
CAIXA POSTAL 20516
01000 - SÃO PAULO - SP
BRASIL

IFUSP/P 390
B.I.F. - USP

publicações



IFUSP/P-390

05 MAI 1983

CONCEITOS INTUITIVOS E CONTEÚDOS FORMAIS DE
FÍSICA: CONSIDERAÇÕES

J.L.A. Pacca, A. Villani, Y. Hosoume

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Março/1983

CONCEITOS INTUITIVOS E CONTEÚDOS FORMAIS

DE FÍSICA: CONSIDERAÇÕES

J.L.A. Pacca, A. Villani*, Y. Hosoume

Instituto de Física da Universidade de São Paulo,
C.P. 20516, São Paulo, SP, Brasil

RESUMO

Analisando-se as respostas dadas pelos estudantes a determinados problemas de física, observa-se que por trás dos erros que eles cometem é possível transparecer um modelo de física que se tem chamado de intuitivo, distinto dos modelos formais elaborados pelos físicos.

O trabalho é desenvolvido tendo em vista dois objetivos principais: relatar um procedimento de pesquisa que trabalha com dados extraídos de material escrito oferecido pelo estudante e discutir o resultado em termos de modelos físicos intuitivos mais globais, chegando finalmente a levantar hipóteses acerca do contexto em que se colocam esses modelos.

Na tentativa de aprofundar o conhecimento de modelos que expliquem as respostas não ortodoxas a questões de física, colocam-se várias questões e novos caminhos para prosseguimento da pesquisa.

*Com auxílio parcial do CNPq.

INTRODUÇÃO

A pesquisa em ensino está voltada para o atendimento das necessidades de professores e alunos no que se refere às condições em que o ensino ocorre e à qualidade da interação entre os sujeitos que participam da situação.

Muito trabalho sistemático tem sido feito nesse campo de pesquisa procurando soluções para problemas específicos que abordam principalmente aspectos mais concretos do ensino; estes são por exemplo a metodologia utilizada pelo professor, incluindo aqui diferentes formas de interação professor-aluno, o tipo de material didático, a forma de avaliação do aluno, entre outros.

Uma quantidade menor de trabalho sistemático tem sido feita com a intenção de resolver problemas que estão menos explícitos no processo de ensino e aprendizagem. Estes problemas se constituem no desconhecimento quase que total por parte dos professores e pesquisadores do que representa a capacidade do aluno para aprender. De um lado, a posse de estruturas mentais, como definidas por Piaget e, de outro, o nível de entendimento dos conceitos a serem elaborados são fatores essenciais para permitir um aprendizado efetivo.

Nossa preocupação inicial neste trabalho é com o conhecimento de certas estruturas conceituais, no que concerne ao conteúdo de física, que estariam no conhecimento do estudante e que definiriam, para o professor, o ponto de partida para o ensino.

É consenso entre os professores de física que os alunos têm dificuldades em trabalhar com certos conceitos em determinadas situações. Observa-se, por outro lado, que essas dificuldades se traduzem em erros que mostram persistência e alta frequência de ocorrência nas respostas dos alunos.

Para o professor preocupado com a aprendizagem efetiva é importante saber o que o aluno pensa a respeito de determinado conceito e que o faz cometer tais erros. De fato, de posse dessa informação, o professor poderá organizar o conteúdo da sua disciplina, procurando reelaborar os conceitos que os alunos têm, em vez de ignorá-los tentando introduzir os modelos coerentes já organizados da disciplina em questão.

É interessante, principalmente para o pesquisador em ensino de física, o fato de que existem conceitos de física que se podem chamar intuitivos, só para separá-los dos conceitos formais estabelecidos pelos físicos, que são utilizados por uma grande parcela dos alunos para resolver problemas. Analisando-se os erros que os alunos cometem, é possível notar que há uma grande coerência quanto aos seus significados implícitos entre as várias situações em que eles ocorrem e, dando-se uma certa organização às características que são detectadas nas respostas erradas, pode-se construir o conceito, tal como estaria sendo pensado pelos alunos.

Analisando o material escrito dos alunos, constituído de respostas a problemas e de explicações de fenômenos de física encontra-se certas ocorrências que chamam a atenção pela sua incorreção em relação aos conceitos formais. Estas ocorrências constituem-se de caracterizações, explícitas ou não, a respeito de propriedades e significado físico dos conceitos em jogo.

Um levantamento e posterior classificação destas ocorrências permite conhecer os conceitos da física tais como estariam sendo pensados pelos alunos ou, mais precisamente, tais que deem conta das respostas e explicações dadas pelos alunos.

Estes conceitos podem ser articulados também em esquemas mais amplos para constituírem modelos intuitivos capazes

de explicações globais dos fenômenos físicos.

A posse destes modelos, que pela sua abrangência e articulação se constituem em blocos de conhecimentos fortemente enraizados no conhecimento dos alunos, explica a persistência das respostas intuitivas mesmo que sejam ensinados os conceitos formais.

Esses modelos intuitivos se evidenciam, com algumas de suas características através dos erros cometidos, preferencialmente em certos tipos de problemas; em muitas outras situações não aparecem evidências, ou porque o aluno dispõe do conceito correto sem confundí-lo com caracterizações erradas intuitivas (fato do qual nem sempre se tem garantia) ou porque a situação-problema não exige um entendimento físico mais profundo das relações algébricas envolvidas.

Com alguma experiência em ensino e depois de algumas tentativas propondo questões para os alunos, é possível formular alguns problemas que podem funcionar como armadilhas para as idéias intuitivas que compõem os conceitos de física, tal como são entendidos pelos alunos. É o que foi feito por Viennot (Viennot, 1979) para conhecer conceitos intuitivos de força e energia.

O nosso trabalho passará a ser desenvolvido tendo em vista dois principais objetivos: relatar um procedimento de pesquisa que trabalha com dados extraídos de material escrito oferecido pelo estudante e discutir os resultados em termos de modelos mais globais, chegando finalmente a levantar hipóteses acerca do contexto em que se colocam esses modelos intuitivos.

O CONCEITO INTUITIVO DE FORÇA E OS RESULTADOS NO BRASIL

Pesquisando conceitos intuitivos de dinâmica elementar, Viennot construiu o quadro, reproduzido a seguir, que mostra a caracterização dos conceitos de força e energia, tal como estariam sendo utilizados pelos alunos em seu raciocínio espontâneo.

Noção	Abrev.	Formulação do estudante	Tipo de grandeza	Localização	Modelo utilizado pelo estudante	Confusão força - energia
Força de interação	\vec{F}_{ex}	Força exercida sobre a massa	Orientada (vetor?)	Função de ponto, localização espaço-temporal	$\vec{F}_{ex} = m\vec{Y}$ \vec{Y} : aceleração	NÃO
Capital de força	\vec{F}_C	Força da massa	Mista: escalar vetor	Ligada ao conjunto do movimento - deslocação espaço-temp.	$\vec{F}_C = \alpha(\vec{v})$	SIM
Força de inércia ligada a mud. de ref.	\vec{F}_i	Força reação de inércia da massa	Orientada (vetor?)	Reação instantânea-localização temporal	$\vec{F}_i = -m\vec{Y}_E$ \vec{Y}_E : aceleração de arrastamento	NÃO

Interessados em trabalhar nessa área de ensino, referente a entendimento e ensino de conceitos, decidimos repetir a pesquisa com alunos de 2º grau e da Universidade, aqui no Brasil, nos mesmos moldes da pesquisa feita pelo grupo francês. Nosso objetivo era inicialmente verificar se o modelo proposto por

Viennot explicaria as respostas encontradas e, paralelamente, desenvolver uma metodologia para analisar as respostas dos alunos tendo em vista extrair os dados que desejávamos.

O trabalho de Viennot nos oferecia já algumas questões que, dadas aos alunos, estimulariam respostas intuitivas, caso existisse, no aluno, conceituação intuitiva. Não ia mais adiante, procurando investigar o que favoreceria a utilização dos conceitos intuitivos, embora salientasse já que eles compareciam, às vezes, misturados com o formalismo ortodoxo. As provas aplicadas foram as mesmas utilizadas na pesquisa do grupo francês; para a análise consideramos duas das três questões envolvendo o conceito de força. Essas questões estão no apêndice.

Trabalhamos com vários grupos de estudantes num total de 184, que estão relacionados no quadro 1.

QUADRO 1

área de conhecimento	Curso	número de alunos
Ciências Exatas	1º FÍSICA (São Paulo)	21
	2º FÍSICA (São Paulo)	24
	3º FÍSICA (São Paulo)	40
	4º FÍSICA (São Paulo)	14
	1º FÍSICA (Londrina)	12
Outras áreas	3ª Série (2º Grau) (São Paulo)	14
	1º Biologia (São Paulo)	16
	2º Psicologia (São Paulo)	16
	Curso Extensão (São Paulo)	12
	2º Arquitetura (Londrina)	15

A análise feita para obter as informações necessárias se faz no campo da análise de conteúdo em que a tarefa fundamental é encontrar categorias significantes para a construção do quadro desejado e que, ao mesmo tempo, possam conter as ocorrências observadas no material bruto.

Para analisar as respostas, elaboramos um quadro de categorias que desse conta de todas as características com que os conceitos compareciam nas respostas "erradas" dos alunos. Procuramos fazer o quadro tão extenso quanto fosse necessário para conter todas, mesmo que mostrasse discrepâncias com relação ao que aparecia no modelo já estabelecido.

Conscientes de que a subjetividade do pesquisador na interpretação dos erros poderia alterar grandemente o quadro final, adotamos um sistema de juizes para obter a uniformização e a coerência das características levantadas e suas classificações. A concordância foi da ordem de 90% conseguindo-se, então, encontrar, a partir das informações, dadas diretamente pelo material escrito do aluno e posteriormente articuladas, um quadro de caracterizações dos conceitos intuitivos de força e energia.

Verificamos que, em geral, o quadro por nós construído era compatível com o modelo de Viennot e que as características intuitivas que procurávamos compareciam em grande parte das provas. De fato, o instrumento de que se dispunha e que consistia das duas questões já vistas eram eficientes para produzir respostas intuitivas em relação aos conceitos de força e energia.

Os exemplos transcritos a seguir ilustram esse fato.

EXEMPLOS DE RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS

Respostas dadas ao 1º problema:

"Se somarmos em cada instante a força que cada sistema sentiu teremos números diferentes pois tivemos deslocamentos diferentes ou seja, amplitudes diferentes em cada molinha."

- 1- "a) a elongação é a mesma nos três casos
 b) não entendi o que é chamado de força total
 c) as energias cinéticas dependem das velocidades que são diferentes entre si
 d) as energias potenciais estão dependendo das respectivas elongações das molas que, no caso, são iguais.
 f) pois a forças são as mesmas

Observação: Este teste veio mostrar minha insegurança com relação aos conceitos de força e energia, no caso de uma mola. Agora não sei se x é a elongação momentânea ou inicial..."
 (Confusão força-energia).

- 2- "a) as forças são diferentes pois x (amplitude) nas 3 são diferentes".

(Há uma força que acompanha o objeto).

- 3- "a) Diferentes, para uma elongação maior a mola exerce uma força maior.

(Há uma força que acompanha o objeto)

- b) as acelerações são diferentes pois num mesmo ponto possuem velocidades diferentes".

(Aceleração (ou força?) proporcional à velocidade).

- 4- "a) Como as amplitudes são diferentes para os três casos, as forças também o serão:

$$F = -k A \cos(\omega t + \phi)$$

(Hã uma força que acompanha o objeto).

b) ... no caso 3, o corpo está em equilíbrio pois $v_3=0$.

(Velocidade nula corresponde a força nula).

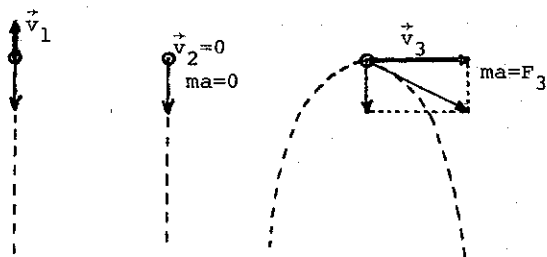
Respostas dadas ao 2º problema:

5- "Apesar de serem idênticas, isto é, a força peso igual para todas as forças (impulsos) com que o malabarista jogou cada uma não é igual e também difere, para 2, as componentes."

(Hã uma força que acompanha o objeto).

6- "Não

$$F = ma = F_1 - P$$



(força na direção da trajetória).

7- " $F = m \frac{d^2\vec{v}}{dt^2}$ como para cada uma a velocidade é diferente no instante t (módulo, direção e sentido) a força também é diferente para as 6 bolas".

(força proporcional à velocidade).

8- "Nos casos 1, 4, 6, as bolas estão sob a ação de duas forças: a força com que foram lançadas e o peso das mesmas.

Jã nos casos 2, 3, 5 as forças que atuam sobre os corpos são diferentes

2 → está em equilíbrio

3 → sofre a ação da força com que foi lançado

5 → sofre a ação do peso somente".

(Hã uma força que acompanha o objeto).

Nota-se que essas respostas apresentam características do modelo que foi construído por Viennot.

O quadro 2 mostra a incidência de algumas das principais categorias de respostas consideradas intuitivas que são explicadas pelo modelo já apresentado, para a nossa amostra.

QUADRO 2

Turmas	$F = \alpha(V)$	Força na direção da trajetória	Capital de força	Energia = $\alpha(v)$	Composição força e velocidade
3º Colegial	7	5	3	3	-
1º Biologia	10	6	7	-	-
2º Psicologia	14	8	2	3	1
1º Física	5	-	-	-	-
2º Física	3	-	2	-	-
3º Física	5	-	-	-	1
4º Física	4	-	-	-	-
Curso de Extensão	14	1	1	-	-
1º Física (Londrina)	2	-	2	1	1
2º Arquitetura (Londrina)	14	1	2	-	1

Caberia aqui, como um parêntesis nesta sequência, perguntar sobre a origem dessas respostas: elas estariam mesmo no entendimento dos alunos ou nas questões formuladas?

Do ponto de vista de uma pesquisa que procura levantar modelos intuitivos capazes de explicar os erros e as dificuldades dos alunos ao utilizarem certos conceitos, a resposta à questão não parece importante. O objetivo maior para o ensino é poder, a partir destas informações, utilizar uma estratégia que, partindo de uma conceituação intuitiva, conhecida nos mínimos detalhes, possa levar os alunos ao entendimento dos conceitos na forma como são entendidos pelos físicos.

De qualquer maneira, analisando as questões, quanto ao seu conteúdo de física, notamos que elas não apresentam erros ou falhas no enunciado mas somente alguns elementos que poderíamos chamar de "distradores" e que servem exatamente para fazer aflorar os modelos intuitivos que estão no pensamento do aluno. Além disso, como Viennot também já salientara, muito dessas maneiras intuitivas de pensar coincide com a utilizada pelas pessoas, em geral, na sua vida diária.

Apesar da amostra utilizada não ser muito grande, os resultados foram, acredita-se, suficientemente significativos para que não se tivesse dúvidas em tentar um aprofundamento e um detalhamento do modelo mediante uma análise cuidadosa das respostas, antes mesmo de aumentar a quantidade delas.

RELAÇÃO INTUITIVA DA FORÇA COM VARIÁVEIS CINEMÁTICAS

Alguns exemplos das respostas encontradas, que tratam de relacionar a força com as variáveis cinemáticas dadas no problema nos pareceram interessantes:

"... as velocidades são diferentes, isto implica em forças diferentes".

"... a aceleração num determinado instante deverá ser diferente, pois as velocidades são diferentes".

"... como a força é $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ e se as velocidades diferem as acelerações também diferem, portanto, as forças são diferentes para cada uma delas".

" $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ as acelerações são diferentes porque no mesmo Δt as massas terão percorrido espaços diferentes".

Com a preocupação de um detalhamento e aprofundamento do modelo já obtido notamos que as respostas que relacionavam força com velocidade mostravam nuances diferentes; isso se concretizava no caminho de raciocínio seguido pelo aluno até chegar a relacionar os dois conceitos. Passamos então a nos interessar pelos exemplos referentes ao conceito de força relacionado com trajetória e velocidade; dentro dessas maneiras não ortodoxas de pensar o conceito de força, coloca-se uma grande porcentagem das respostas dos alunos, como pode ser notado no quadro 2.

Por outro lado, há havia sido notado por Viennot que os alunos utilizavam a conceituação intuitiva misturada ao formalismo que a escola ensina. De fato encontramos essa situação em muitas respostas - a relação newtoniana $F = ma$ comparecia em certas fases da solução do problema para chegar ao resultado final, podendo este estar correto ou não.

O que significaria dentro do modelo intuitivo de força, a utilização de conteúdos formais?

Com que profundidade de entendimento este conteúdo estaria sendo utilizado?

Estas questões não nos pareceram simples de res-

ponder mas apontamos para elas nossa pesquisa e procuramos avançar um pouco em relação ao que já havia sido estabelecido por Viennot.

Observando-se mais cuidadosamente as respostas intuitivas que foram incluídas na categoria $F = \alpha(v)$ notamos que algumas poderiam ser destacadas desse grupo para constituírem uma outra categoria; nesta a relação entre força e velocidade seria consequência de uma relação intuitiva entre aceleração e velocidade, completada pela relação formal newtoniana.

Consideramos, então, desdobrar esta categoria em outras que dessem conta das ocorrências que tratavam a força como se fosse proporcional à velocidade, $F = \alpha(v)$, numa relação sem passos intermediários, e as que tratavam de uma conceituação errada da aceleração, na sua relação com velocidade, que era transferida para a força através da relação $F = ma$. Ao mesmo tempo, passamos também a observar diretamente a relação intuitiva entre a aceleração e a velocidade, traduzida por relações de implicação do tipo: se as velocidades são diferentes, então as acelerações também o serão. Junto com essa categoria de respostas apareceram também outras que mostravam haver, por parte do aluno, total confusão entre os conceitos de velocidade e de aceleração.

Refazendo o quadro 2, desdobramos a primeira coluna de dados em duas categorias e acrescentamos outras duas:

- . $F = \alpha(v)$ numa relação imediata
- . $V \neq \rightarrow a \neq \rightarrow F \neq$
- . $V \neq \rightarrow a \neq$
- . Mistura dos conceitos de velocidade e aceleração,

e assim obtivemos o quadro 3.

QUADRO 3

	$F = \alpha(v)$	$V \neq \rightarrow a \neq \rightarrow F \neq$	$V \neq \rightarrow a \neq$	Mistura Velocidade Aceleração
3º Colegial	5	-	1	1
1º Biologia	6	1	3	-
2º Psicologia	8	2	4	-
1º Física	4	-	1	1
2º Física	1	1	1	-
3º Física	3	-	2	-
4º Física	3	-	-	-
Curso de Extensão	10	-	3	1
1º Física (Londrina)	2	-	-	-
2º Arquitetura (Londrina)	7	3	3	-

Além de contribuir para um aprofundamento do modelo já existente e de fornecer algumas informações para o estudo das condições em que o conteúdo formal é utilizado pelos alunos, estes resultados são interessantes do ponto de vista do ensino; eles nos mostram que os erros que assinalamos nas respostas que mostram uma relação de proporcionalidade entre força e velocidade podem ser diferentes quanto às suas origens e, numa situação de ensino, devem ter um tratamento específico, quando se deseja um entendimento mais preciso do conceito.

Notou-se também que, separadas estas categorias,

o segundo problema (dos malabaristas) contribuía intensamente para a primeira categoria ($F = \alpha(v)$), enquanto que o primeiro problema (das molas) fornecia, preferencialmente, dados para as outras. Com isto, já se tinha também alguma informação sobre as condições (tipo ou conteúdo das questões) que favorecem a discussão do conceito físico, em cada uma de suas características.

Os resultados obtidos não são definitivos, no entanto apontam para dois novos problemas.

O primeiro problema a ser considerado refere-se à escolha entre conceituação intuitiva e formalismo que é feita pelo aluno diante de um problema de física e coloca a questão:

O que leva o aluno a apelar para o formalismo, muitas vezes sem significado físico, ou para os conceitos intuitivos de que ele dispõe?

O segundo problema refere-se à articulação entre as várias noções intuitivas e as relações formais para a obtenção de caminhos preferenciais de respostas.

Ambos os problemas, ao serem abordados, impõem que se elabore novas questões - instrumento, com as quais se obtenha as informações desejadas e esse é o caminho que seguiremos para um trabalho futuro; por enquanto a intenção é meramente discutir os problemas que a pesquisa vai sugerindo no seu decorrer e levantar hipóteses a serem testadas.

UMA TENTATIVA DE EXPLICAR A UTILIZAÇÃO DE CONCEITOS INTUITIVOS E DE CONTEÚDOS FORMAIS

Parece a primeira vista, que a idéia inicial do aluno seria a de utilizar os conceitos de que dispõe e que para ele têm significado físico mas, quando o seu conhecimento fica

limitado, por dispor de conceitos incompletos ou imprecisos, ele procura "fórmulas" para resolver os problemas. Considere-se, aqui, que ao serem submetidos a esse teste, os alunos estão fora de uma situação de avaliação e muitas vezes o conteúdo em questão não faz parte do seu currículo atual. Sendo assim, pode-se supor que os alunos estão mais livres para dar respostas intuitivas e que contenham um significado físico, sem sentir nisso um risco de uma avaliação com conseqüências indesejáveis.

Procurando esclarecer melhor os resultados encontrados e verificar a hipótese agora levantada analisamos separadamente as respostas relativas à força, em cada um dos problemas, especialmente o das molas e o dos malabaristas. A quantidade e a natureza das informações dadas no problema poderiam ser fatores importantes nessa questão. A apresentação de cada um desses problemas difere quanto à representação dos elementos reais neles envolvidos; a maior ou menor "realidade" aparente na formulação do problema poderia favorecer a utilização de formalismos ou de idéias intuitivas.

Além disso, outro fator parece ser determinante de respostas intuitivas ou formais: o curso a que pertencem os alunos.

O quadro 4, constituído pelos alunos de São Paulo, fornece o número porcentual de respostas sim e não à 1ª pergunta do problema das molas e do problema dos malabaristas, o que significa considerar que as forças são iguais ou diferentes.

O primeiro fato a ser notado e que, de certa forma, já era esperado é a maior porcentagem de respostas corretas entre o grupo dos alunos de física. Consideramos que neste grupo o domínio do conhecimento formal é maior e por isso os alunos não se deixam envolver facilmente por elementos "distradores" que possam existir nas questões.

QUADRO 4

CURSOS		Molas				Malabaristas		
		Força da Mola		Força Total		Sim	Não	Algumas Sim
		Sim	Não	Sim	Não			
Outras Áreas	3ª série (2º Grau)	50	50	57	36	7	43	36
	1ª Biologia	44	50	38	62	24	38	38
	2ª Psicologia	31	63	25	69	19	56	19
	Extensão	50	50	34	66	34	33	33
Ciências Exatas	1ª Física	66	34	66	29	86	0	14
	2ª Física	66	34	54	42	84	8	4
	3ª Física	65	30	78	22	93	7	0
	4ª Física	71	29	71	21	100	0	0

Entretanto, mesmo para esses alunos classificados no Quadro 4 em ciências exatas, há maior tendência a dar respostas intuitivas no primeiro problema (o da mola) e respostas formais corretas no segundo (o dos malabaristas). Poderíamos justificar este fato considerando que os problemas de lançamentos são clássicos e muito difundidos nos cursos de física.

Em segundo lugar nota-se que, para o grupo chamado de outras áreas (constituído principalmente por alunos de biologia e psicologia), há uma inversão entre os dois problemas, quanto à maior tendência para respostas intuitivas: o problema dos malabaristas é o que produz a maior porcentagem de res-

postas intuitivas. Uma hipótese para justificar esse resultado estaria na consideração da forma de apresentação do problema: o aspecto da realidade reproduzida no problema favoreceria o raciocínio intuitivo. Isto nos sugere um caminho de pesquisa que aponta para a elaboração de questões que propiciem o aparecimento de estruturas conceituais intuitivas.

No problema dos malabaristas, é dada a velocidade na representação do movimento real (a trajetória é indicada), em cada caso, e o problema pergunta sobre a força. Então, relacionar uma grandeza com a outra seria a operação mais imediata a ser feita sem necessidade de explicitar a aceleração que tornava possível cada uma daquelas trajetórias. Para o aluno, o modelo aristotélico, $F = \alpha(v)$, seria capaz de explicar coerentemente cada uma das situações.

No problema das molas há, em cada caso, informações sobre a velocidade e sobre a força (sugerida pela indicação das elongações iguais e das amplitudes diferentes). Neste problema não aparece, de modo claro, a representação gráfica da trajetória e então, as respostas teriam que ser dadas a partir dos dados de velocidade e de força, mais explícitos no problema; note-se, aqui, que a representação gráfica da posição em função do tempo não corresponde à trajetória real.

Em terceiro lugar, lembrando dos tipos de respostas encontradas, notamos que, apesar das respostas intuitivas ocorrerem com porcentagens diferentes para os dois grupos de alunos, elas não diferem quanto ao conteúdo intuitivo, o que nos leva a reafirmar a existência de uma conceituação intuitiva de física, mais difundida entre os alunos de ciências não exatas. Isto nos sugere trabalhar com alunos deste tipo para ter uma quantidade maior de informações sobre os conceitos intuitivos.

Prosseguindo nestas considerações, voltamos a análise do conteúdo das respostas intuitivas e a tentativa de explicar a inserção de relações formais nos raciocínios intuitivos.

No problema das molas, a porcentagem de respostas certas é maior do que no dos malabaristas e aqui os alunos utilizam a relação $F = m \cdot a$ intermediária entre v e F para chegar ao resultado - forças diferentes. Parece que a contradição entre a idéia intuitiva $F = a(v)$ e a informação de que as forças são iguais obriga os alunos a apelarem para uma relação que estabeleça uma ponte entre o dado concreto do problema e a idéia intuitiva.

CONCLUSÕES

Dentro da área de pesquisa em ensino de física, procuramos estudar, com este trabalho, um aspecto do processo de ensino e aprendizagem que se mostra pouco explícito mas que constitui, a nosso ver, um fator determinante das possibilidades de ensino efetivo.

De fato, tratamos de conhecer um pouco do que estaria contido no modo de pensar dos alunos em relação a conteúdos específicos o que possibilitará organizar programas com ponto de partida e enfoque adequados.

Além disso, por ser esta área de pesquisa ainda pobre em metodologias adequadas tentamos traçar o caminho que percorremos ao tentar resolver um problema objetivamente colocado, mostrando os vários desdobramentos com que nos defrontamos e que nos obrigam a uma constante tomada de decisões.

Finalmente, novos problemas são originados, ao la

do de algumas respostas para o problema inicial. Aqui ficam algumas interrogações que envolvem a conceituação intuitiva de que tratamos nos seguintes aspectos:

- a relação entre a estrutura da conceituação intuitiva e a área de conhecimento do sujeito;
- a elaboração mais refinada dessa conceituação e sua relação com o tipo de questão que favorece sua explicitação;
- a coordenação aparente entre a conceituação intuitiva e os conteúdos formais de uma disciplina, que é a que nos preocupa mais no momento.

AGRADECIMENTOS

Ao trabalho de Washington L.P. Carvalho e Lizete O. Carvalho, que colaboraram com a análise e tomada de dados.

REFERÊNCIAS

- 1) Viennot, L. - Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire, 1979, Hermann, Paris.
- 2) Viennot, L. - Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. European Journal of Science Education, 1979, vol. 1, nº 2, 205-221.

APÊNDICE

Faculdade ou Colégio _____

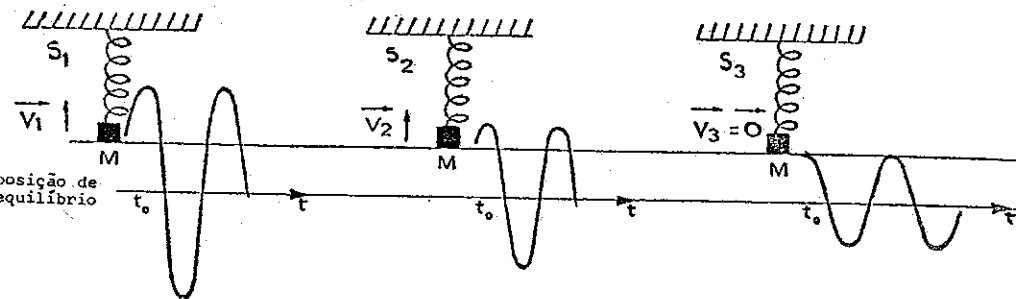
Curso _____ Série _____

Idade _____ Diurno _____

Noturno _____

19 problema

Três molas verticais idênticas S_1 , S_2 e S_3 exercem, cada uma sobre uma massa M fixa nas suas extremidades, uma força de restauração $F = -kx$, onde k é uma constante e x a elongação da mola. M e k são idênticas para as três molas.



As três molas estão fixas no teto e oscilam sem amortecimento em torno de sua posição de equilíbrio, com amplitudes diferentes. No instante t_0 em que a extremidade de S_3 atinge sua altitude máxima (com uma velocidade v_3 nula), as extremidades de S_1 e S_2 estão a mesma altitude mas com velocidades v_1 e v_2 ($\neq 0$).

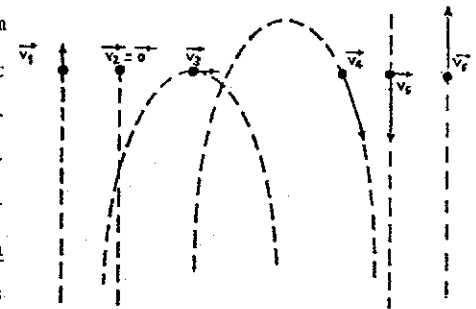
As seguintes coisas, relacionadas abaixo, são as mesmas? são diferentes?

	são as mesmas?	diferentes?
a) Força exercida pela mola		
b) Força total que age sobre M		
c) Energia Cinética de M		
d) Energia Potencial de M		
e) Energia total de M		
f) Aceleração de M		

Por que? (Responda para cada uma separadamente).

29 problema

Um malabarista brinca com 6 bolas idênticas. No instante t as 6 bolas estão no ar à mesma altitude, sobre as trajetórias indicadas em pontilhado na figura. Sobre estas, estão também representadas as velocidades das seis bolas neste instante.



1) As forças que agem sobre estas bolas neste instante são

as mesmas para as 6?	diferentes para cada uma das 6?	as mesmas para algumas (quais?)	diferentes para outras (quais)

Justifique sua resposta (desprezando a resistência do ar).

2) Mesma questão para a energia potencial das seis bolas.