

ESTRUTURA INTERNA DE TESTES DE CONHECIMENTO EM FÍSICA: UM EXEMPLO EM MECÂNICA*

LANG DA SILVEIRA, F.¹, MOREIRA, M.A.² y AXT, R.²

¹ Instituto de Física de UFRGS e Instituto de Física da PUCRS.

² Instituto de Física da UFRGS. Caixa Postal 15051. Campus do Vale. 91500 Porto Alegre, RS.

* Com auxílio parcial do CNPq e da FINEP.

SUMMARY

Research findings are presented concerning the internal structure analysis of a multiple choice test constructed to detect whether or not the student has the Newtonian conception of the interrelationship between force and motion. These findings show that the test has two different but related factors: one subset of items checks students' ability to identify forces in certain physical situations according to the Newtonian view while another subset checks whether or not they relate the resultant force with acceleration. In addition, the analysis also shows that the two subsets have slightly different predicting power concerning student performance in mechanics. This kind of analysis might be very relevant for teacher's work regarding learning evaluation.

INTRODUÇÃO

A pesquisa em ensino de Física —particularmente os estudos sobre concepções alternativas conduzidos nos anos oitenta— mostrou de maneira inequívoca que o conhecimento prévio do aluno tem grande influência na aprendizagem de novos conhecimentos. Provavelmente, como já afirmou Ausubel (1968) há mais de 20 anos, aquilo que o aluno já sabe é o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem subsequente.

As investigações nessa área têm também mostrado que o conhecimento prévio dos alunos tem significados que frequentemente estão em desacordo com os significados aceitos cientificamente. O abandono dos significados alternativos em favor da aquisição de significados científicos, processo conhecido como mudança conceitual, não é algo trivial. Diversas são as estratégias instrucionais que buscam facilitar a mudança conceitual e muitos estudos têm sido feitos com esse objetivo, sem que se tenha chegado a resultados conclusivos.

Contudo, independente da estratégia de mudança conceitual que se queira implementar ou do tipo de influência do conhecimento prévio que se pretenda investigar, é preciso detectar qual é o conhecimento prévio que o aluno traz para a sala de aula. A entrevista clínica parece

ser a melhor técnica para investigar o verdadeiro conhecimento prévio do aprendiz. Muitos dos estudos sobre detecção de concepções alternativas têm usado a entrevista clínica. Essa técnica, no entanto, não é apropriada para a sala de aula pois requer muita experiência para utilizá-la e muito tempo para aplicá-la visto que cada aluno deve ser entrevistado individualmente.

O professor, então, por um lado precisa ter informações fidedignas sobre as concepções alternativas de seus alunos; por outro, não pode fazer uso da melhor técnica para detectar tais concepções. A solução natural para esse problema parece ser a construção e validação de testes para detectar concepções alternativas, a partir de indicadores obtidos em pesquisas com entrevistas clínicas.

Precisamente nesse sentido temos trabalhado: já construímos e validamos um teste para detectar se o aluno tem ou não a concepção newtoniana sobre força e movimento (Silveira, Moreira e Axt 1986), outro para detectar concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples (Silveira, Moreira e Axt 1989) e um terceiro para averiguar esse tipo de concepções na área de calor, temperatura e energia interna (Silveira, Axt e

Moreira 1990). Previamente já havíamos observado a utilidade de testes objetivos na detecção de concepções ao analisar respostas de dezenas de milhares de candidatos ao ingresso à universidade em provas realizadas entre 1974 e 1983 (Axt 1986).

No caso do teste para verificar se o aluno tem ou não a concepção newtoniana, elaboramos recentemente uma versão ampliada e fizemos novos estudos. Neste trabalho apresentaremos esta nova versão do teste e daremos algumas evidências de validade. Além disso, mostraremos que o teste detecta dois fatores diferentes, embora relacionados, da concepção sobre força e movimento. Ao longo do trabalho deverá ficar claro por que é importante analisar-se a estrutura interna de um teste.

O TESTE

A versão anterior era constituída por 15 itens e a atual por 19 itens (vide Apêndice). Outra diferença importante entre as duas versões está na forma de quantificação das respostas conforme exporemos adiante.

Alguns dos itens foram retirados da literatura sobre o assunto, e.g., Watts e Zylbersztajn (1981) e Sebastião (1984); outros foram criados especificamente para os testes. Os itens possuem ou cinco ou três alternativas: uma dessas alternativas identifica a concepção newtoniana e as demais referem-se a outras concepções. Sempre há entre as outras alternativas pelo menos uma que é coerente com a seguinte concepção:

«Para haver movimento deve haver força; força e velocidade possuem a mesma orientação; força e velocidade crescem conjuntamente.»

A resposta de um indivíduo a cada item do teste é quantificada dicotomicamente: escore 1 se a escolha recair na alternativa newtoniana; escore zero se a escolha recair em qualquer outra alternativa. Na primeira versão do teste estes escores eram somados em um único escore total cujo valor máximo era 15; um escore total elevado (próximo de 15) identificava a concepção newtoniana; um escore total baixo (próximo de zero) identificava uma concepção não-newtoniana.

Na atual versão são obtidos dois escores totais pois conforme mostraremos adiante o teste detecta dois fatores diferentes, apesar de vinculados, da concepção que envolve a interrelação entre força e movimento. Um dos escores totais é obtido pela soma dos escores nos itens 1 a 6 e 15 a 19; esse conjunto de 11 itens é denominado subtteste I. O escore total no subtteste I é uma medida do fator I, que detecta se o aluno identifica as forças envolvidas em determinadas situações de acordo com a concepção newtoniana ou alguma outra concepção. Um escore elevado (próximo de 11) identifica a concepção newtoniana; um escore baixo (próximo de zero) identifica uma concepção não-newtoniana.

O outro escore total é obtido pela soma dos escores nos 8 itens restantes, ou seja, os itens 7 a 14. Esse conjunto

de itens é denominado subtteste II. O escore total no subtteste II é uma medida do fator II que detecta se o aluno relaciona ou não a força resultante com a aceleração. Um escore elevado (próximo de 8) identifica a concepção newtoniana; um escore baixo (próximo de zero) identifica uma concepção não-newtoniana.

Nessas quantificações não se tem o objetivo de identificar qual é a concepção alternativa. Apenas deseja-se saber se o indivíduo possui ou não a concepção newtoniana.

Versão integral do teste é apresentada no final do trabalho (apêndice).

A ESTRUTURA INTERNA DO TESTE

A fim de investigar empiricamente a estrutura interna do teste o mesmo foi aplicado a 257 indivíduos (alunos universitários de engenharia cursando Física 1 - Mecânica na Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Aproximadamente a metade desta amostra foi colhida no início da disciplina e a outra metade após o estudo das leis de Newton.

A tabela I apresenta a distribuição de freqüências das alternativas escolhidas em cada item do teste, bem como

Tabela I
Distribuição de freqüências nas alternativas de cada item

Subteste	Item	Alternativas					Omissões	P
		A	B	C	D	E		
I	1	4	8	151*	92	2	0	0,59
	2	1	63	1	157*	35	0	0,61
	3	204*	9	38	1	5	0	0,79
	4	2	77	178*	-	-	0	0,69
	5	87	2	15	33	120*	0	0,47
	6	28	108*	52	44	17	1	0,42
	15	69	159*	27	-	-	2	0,62
	16	78	33	99*	19	27	1	0,39
	17	68	24	36	125*	2	2	0,49
	18	137*	28	4	76	10	2	0,53
	19	1	37	15	66	136*	2	0,53
II	7	154*	102	1	-	-	0	0,60
	8	156	61*	40	-	-	0	0,24
	9	51	64	140*	-	-	2	0,54
	10	0	139*	118	-	-	0	0,54
	11	60*	166	30	-	-	1	0,23
	12	68	48	141*	-	-	0	0,55
	13	133*	65	59	-	-	0	0,52
	14	21	109*	126	-	-	1	0,42

P - proporção de acertos
* - freqüência da alternativa correta

a proporção das respostas newtonianas em cada item. Nota-se que ao longo de todo o teste as respostas não-newtonianas concentram-se preferencialmente na alternativa coerente com a concepção descrita na secção anterior.

A análise do conteúdo dos itens do teste revela facilmente a existência dos dois fatores previamente apresentados. Empiricamente é possível através de uma análise fatorial corroborar ou não a hipótese da existência dos dois fatores que emergiram da análise de conteúdo. A análise fatorial permite também estabelecer a intensidade do relacionamento entre os dois fatores através de um coeficiente de correlação.

A realização de uma análise fatorial com essa finalidade é possível através do método dos grupos múltiplos de Thurstone (Nunnally 1967, Wherry 1984). A tabela II apresenta as cargas fatoriais de cada item nos dois fatores e o coeficiente de correlação entre eles (a carga fatorial é o coeficiente de correlação entre o escore no item e o fator).

Tabela II
Análise fatorial do teste.

Subteste	Item	Cargas fatoriais	
		Fator I	Fator II
I	1	0,84	0,41
	2	0,79	0,47
	3	0,62	0,36
	4	0,44	0,32
	5	0,80	0,42
	6	0,78	0,45
	15	0,75	0,48
	16	0,68	0,41
	17	0,89	0,48
II	7	0,29	0,63
	8	0,37	0,69
	9	0,48	0,73
	10	0,45	0,70
	11	0,39	0,72
	12	0,48	0,79
	13	0,40	0,76
	14	0,30	0,54

Coeficiente de correlação entre os fatores: 0,56

Os resultados da tabela II corroboram a existência dos dois fatores pois todos os itens possuem uma carga fatorial maior no fator hipotetizado. Em todos os itens a diferença entre as cargas fatoriais é estatisticamente significativa em nível inferior a 1%, exceto no item 4. Neste, a diferença é estatisticamente significativa em nível inferior a 5%. O coeficiente de correlação entre os dois fatores é estatisticamente significativo em nível inferior a 1% e mostra uma relação moderada entre eles.

A tabela III apresenta algumas características dos escores totais em cada um dos dois subtestes e em todo o teste. Os coeficientes de fidedignidade estimados através de α (Gronbach 1951) e β (Silveira 1985) demonstram que os escores totais são confiáveis.

Tabela III
Características do escore total em cada subteste e em todo o teste.

	Média	Desvio padrão	Coeficiente de fidedignidade	
			α	β
Subteste I	6,12	4,06	0,93	0,94
Subteste II	3,65	2,67	0,85	0,87
Teste (I + II)	9,77	5,99	0,93	0,94

A tabela IV apresenta as frequências dos escores totais extremos nos dois subtestes (qui-quadrado igual a 34,13; estatisticamente significativo em nível inferior a 0,1%). É interessante notar que os indivíduos com escores baixos no subteste I também têm escores baixos no subteste II. Entretanto os indivíduos com escores altos no subteste I podem apresentar ou não escores altos no subteste II. Esse resultado demonstra empiricamente que a identificação correta das forças (subteste I) é uma condição necessária mas não suficiente para a aplicação da segunda lei de Newton (subteste II); também mostra que a interpretação do teste através de dois escores totais é mais conveniente do que através de um único.

Tabela IV
Frequências dos escores totais extremos nos subtestes.

		Subteste II	
		Escore 0 e 1	Escore 7 e 8
Subteste I	Escore 0 e 1	21	0
	Escore 10 e 11	7	35

RELAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO EM FÍSICA I - MECÂNICA E O RESULTADO NO TESTE

Três turmas de Física I dos cursos de engenharia de UFRGS participaram de um estudo sobre a relação entre o resultado no teste e o desempenho (média final) nesta disciplina. O teste foi aplicado após o estudo das leis de Newton em uma turma de 44 alunos em 1988, em uma turma de 27 alunos em 1990 e em uma turma de 43 alunos em 1991. A tabela V apresenta os coeficientes de fidedignidade (α e β) de cada um dos escores totais nos subtestes e em todo o teste, bem como da média final na disciplina (é importante garantir a qualidade de todas as

Tabela V

Relação do teste com o desempenho em Física I - Mecânica
 F - Média final na disciplina I - Escore total no subteste I II - Escore total no subteste II I+II - Escore total no teste

Disciplina	Coeficiente de Fidedignidade				Coeficiente de Correlação		
	F	I	II	I + II	I,F	II,F	I + II,F
Física I 1988	$\alpha = 0,92$ $\beta = 0,94$	$\alpha = 0,72$ $\beta = 0,73$	$\alpha = 0,85$ $\beta = 0,87$	$\alpha = 0,78$ $\beta = 0,79$	0,22+	0,41**	0,45**
Física I 1990	$\alpha = 0,92$ $\beta = 0,94$	$\alpha = 0,92$ $\beta = 0,93$	$\alpha = 0,86$ $\beta = 0,87$	$\alpha = 0,92$ $\beta = 0,93$	0,34*	0,39**	0,42**
Física I 1991	$\alpha = 0,96$ $\beta = 0,97$	$\alpha = 0,85$ $\beta = 0,87$	$\alpha = 0,84$ $\beta = 0,86$	$\alpha = 0,88$ $\beta = 0,90$	0,51**	0,58**	0,67**

+ Estatisticament significativo em nível menor do que 10%.

* Estatisticamente significativo em nível menor do que 5%.

** Estatisticamente significativo em nível menor do que 1%.

medidas envolvidas em estudos correlacionais conforme Nunnally (1967) e Lord (1968). Também são apresentados os coeficientes de correlação dos três escores totais com a média final.

A tabela V demonstra empiricamente que o teste tem valor preditivo em relação ao desempenho na disciplina (média final x escore no teste). Além disso, os resultados apontam no sentido de que o escore total no subteste II tem valor preditivo um pouco maior do que o do subteste I.

Adicionalmente foi realizado um estudo com 156 alunos da mesma disciplina com o objetivo de investigar a

relação que os escores totais I e II tiveram com a sucesso (aprovação ou reprovação) nesta disciplina. Para tanto utilizou-se uma análise discriminante (Nunnally 1967 e Wherry 1984) tendo como variáveis independentes os dois escores totais e como variável dependente o sucesso na disciplina. A análise mostrou que ambos os escores totais predizem o sucesso na disciplina (nível de significância estatística inferior a 1%). A partir da equação discriminante e do erro padrão da estimativa do sucesso na disciplina foi construída a tabela VI que estima a probabilidade de aprovação a partir dos dois escores totais. Para exemplificar suponhamos que um aluno tenha escore total 9 no subteste I e 6 no subteste II; a probabilidade de aprovação desse aluno é então 0,61.

Tabela VI

Estimativa da probabilidade de aprovação na disciplina de Física I da UFRGS a partir dos escores totais nas duas partes do teste.

Escore total I \ Escore total II	Escore total II									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17	0,21	0,26	0,31	0,36	
1	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20	0,25	0,29	0,34	0,40	
2	0,10	0,12	0,15	0,19	0,23	0,28	0,33	0,38	0,44	
3	0,11	0,14	0,18	0,22	0,26	0,31	0,37	0,42	0,48	
4	0,14	0,17	0,21	0,25	0,30	0,35	0,41	0,46	0,52	
5	0,16	0,19	0,24	0,28	0,34	0,39	0,44	0,50	0,56	
6	0,18	0,23	0,27	0,32	0,37	0,43	0,49	0,54	0,60	
7	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41	0,47	0,53	0,58	0,64	
8	0,25	0,29	0,34	0,40	0,46	0,51	0,57	0,63	0,68	
9	0,28	0,33	0,38	0,44	0,50	0,55	0,61	0,66	0,71	
10	0,32	0,37	0,42	0,48	0,54	0,59	0,65	0,70	0,72	
11	0,35	0,41	0,46	0,52	0,58	0,63	0,68	0,74	0,78	

Inspecionando a tabela VI nota-se inicialmente que o escore total no subtteste II prediz um pouco melhor o sucesso na disciplina do que o do subtteste I. A importância da concepção sobre a interrelação entre força e movimento para a aprovação na disciplina é evidenciada se compararmos a probabilidade máxima (0,78) com a mínima (0,07); ou seja, a tabela VI corrobora que escores totais elevados em ambos os subttestes constituem-se em uma condição quase-necessária para a aprovação, bem como escores baixos constituem-se em uma condição quase-suficiente para a reprovação.

CONCLUSÃO

Todos os resultados aqui apresentados constituem-se em um argumento de validade de construto (Lord e Novick 1968) para o teste, demonstrando empiricamente que é possível avaliar se um aluno possui ou não a concepção sobre força e movimento com um teste de escolha múltipla.

Esses resultados também mostram que ao se trabalhar somente com o escore total de um teste desse tipo pode-se estar ignorando importantes informações adicionais. O teste pode conter mais de um fator, ou seja, pode estar medindo capacidades ou conhecimentos dos alunos que podem estar relacionados, mas são distintos. No caso em pauta, o mesmo teste mede 1) se o aluno identifica as forças envolvidas em determinadas situações e 2) se ele relaciona a força resultante com a aceleração. Pode

ocorrer que um estudante identifique as forças corretamente mas continue relacionando a resultante com a velocidade e não com a aceleração. O estudante pode até obter um escore razoável no teste e, ainda assim, ter uma concepção alternativa que poderá lhe dificultar a aprendizagem subsequente.

Provavelmente, esse tipo de ocorrência é comum nos procedimentos de avaliação da aprendizagem, mas passa despercebido dos professores que, geralmente, trabalham apenas, com os escores totais dos testes que aplicam. Na área de eletricidade, por exemplo, os alunos podem se sair relativamente bem nos itens de um teste que envolvam cálculo da intensidade da corrente elétrica e errarem os itens que envolvam a natureza da corrente elétrica. Assim, é possível que alunos sejam aprovados em uma unidade sobre circuitos elétricos e continuem pensando que a corrente elétrica é um fluido que vai sendo consumido cada vez que encontra uma resistência elétrica. Analogamente, na área de calor, é comum encontrar-se alunos que sabem fazer muito bem cálculos calorimétricos, mas continuam com uma concepção sobre calor muito próxima da do calórico.

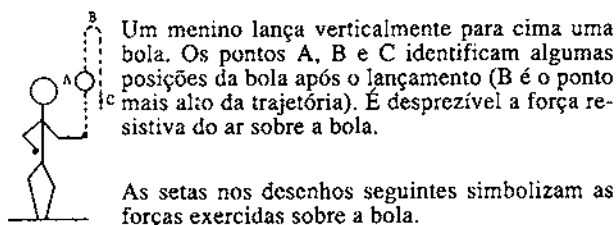
Naturalmente, não se pode esperar que o professor faça, para cada teste que aplica, uma análise fatorial como a que apresentamos neste trabalho. Muitas vezes, no entanto, uma análise de conteúdo é suficiente para sugerir a existência de distintos fatores em um único teste. Esperamos que este trabalho transmita aos professores e pesquisadores em ensino a mensagem de que ao usarem testes de conhecimento como instrumentos de medida pode não ser conveniente apoiar as conclusões apenas no escore total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D.P., 1968. *Educational Psychology: A Cognitive View*. (Holt, Rinehart, and Winston, Inc.: New York), p. 685.
- AXT, R., 1986. Conceitos intuitivos em questões objetivas aplicadas no concurso vestibular unificado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, *Ciência e Cultura*, 38, pp. 444-452.
- CRONBACH, L.J., 1951. Coefficient alpha and the internal structure of test. *Psychometrika*, 16, pp. 297-334.
- LORD, F.M. e NOVICK, M.R., 1968. *Statistical theories of mental test scores*. (Addison-Wesley: London), p. 568.
- NUNNALLY, J.C., 1967. *Psychometric theory*. (McGraw-Hill: New York), p. 640.
- SEBASTIÁ, J.M., 1984. Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes, *Enseñanza de las Ciencias*, 2, pp. 161-169.
- SILVEIRA, F.L., 1985. Coeficiente beta: estimativa do coeficiente de fidedignidade de uma variável composta, *Educação e Seleção*, 11, pp. 105-108.
- SILVEIRA, F.L., AXT, R. e MOREIRA, M.A., 1991. *Um teste sobre calor, temperatura e energia interna*. Trabalho apresentado na II Conferencia Interamericana sobre Educación en Física, Caracas, Venezuela, pp. 14-20/7.
- SILVEIRA, F.L., AXT, R. e MOREIRA, M.A., 1986. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento, *Ciência e Cultura*, 38, pp. 2047-2055.
- SILVEIRA, F.L., AXT, R. e MOREIRA, M.A., 1989. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples, *Ciência e Cultura*, 41, pp. 1129-1133.
- WATTS, D.M. e ZYLBERSZTAJN, A., 1981. A survey of some children's ideas about force, *Physics Education*, 16, pp. 360-365.
- WHERRY, R.J., 1984. *Contributions to correlational analysis*. (Academic Press: London), p. 463.

APÊNDICE

As questoes 1, 2 e 3 referem-se ao enunciado seguinte:



1) No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



2) No ponto B, quando a bola atinge o ponto mais alto da trajetória, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



3) No ponto C, quando a bola está descendo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

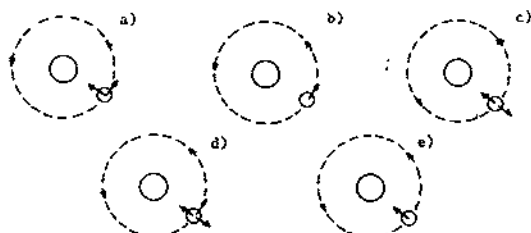


4) A figura se refere a um corpo que foi abandonado em repouso sobre uma rampa (é desprezível a força resistiva do ar sobre o corpo e é constante a força de atrito com a rampa). Ele passa a deslizar com velocidade cada vez maior conforme mostra a figura. Assim sendo, pode-se afirmar que a força exercida rampa abaixo:

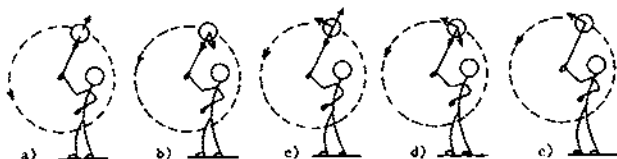


- a) é igual a força de atrito.
- b) é maior do que a força e atrito e está crescendo.
- c) é constante mas maior do que a força de atrito.

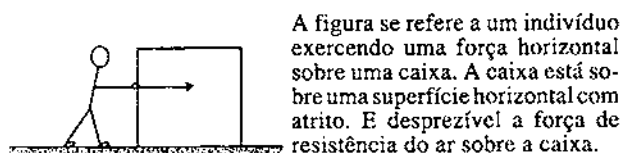
5) As figuras se referem a um satélite descrevendo movimento circular uniforme em torno da Terra. As setas simbolizam as forças exercidas sobre o satélite. Qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre o satélite?



6) As figuras se referem a um menino que faz girar, em um plano vertical, uma pedra presa ao extremo de um fio. Em qual das figuras a(s) força(s) sobre a pedra estão melhor representadas pelas setas?



As questões 7, 8 e 9 referem-se ao enunciado seguinte:



7) Inicialmente o indivíduo realiza uma força *um pouco* maior do que a força de atrito. Portanto a caixa se movimentará:

- a) com velocidade que aumenta.
- b) com velocidade pequena e constante.
- c) com velocidade grande e constante.

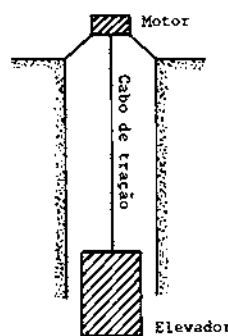
8) A caixa está sendo empurrada por uma força *bastante* maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força mas ela continua sendo *um pouco* maior do que a força de atrito. Portanto a velocidade da caixa:

- a) diminui.
- b) aumenta.
- c) permanece a mesma.

9) A caixa está sendo empurrada por uma força *maior* do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força até que ela se *iguale* à de atrito. Portanto a caixa:

- a) continuará se movimentando mas acabará parando.
- b) parará em seguida.
- c) continuará se movimentando com velocidade constante.

As questoes 10 a 14 referem-se ao enunciado abaixo:



A figura se refere a um elevador e o seu sistema de tração (motor e cabo). Através do cabo o motor pode exercer uma força sobre o elevador (são desprezíveis as forças de atrito e de resistência do ar sobre o elevador).

10) O elevador está inicialmente parado e então o motor exerce sobre o elevador uma força *um pouco* maior do que o peso do elevador. Assim sendo, pode-se afirmar que o elevador subirá:

- a) com velocidade grande e constante.
- b) com velocidade que aumenta.
- c) com velocidade pequena e constante.

11) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força *bastante* maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui mas permanece ainda *um pouco* maior do que o peso do elevador. Portanto a velocidade do elevador:

- a) aumenta.
- b) diminui.
- d) não se altera.

12) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força *maior* do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui e se *igual* ao peso do elevador. Portanto o elevador:

- a) parará em seguida.
- b) continuará subindo durante algum tempo mas acabará parando.
- c) continuará subindo com velocidade constante.

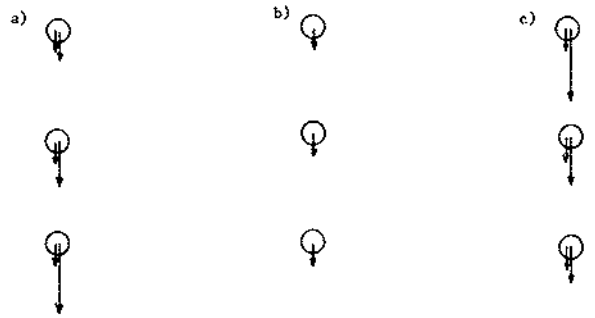
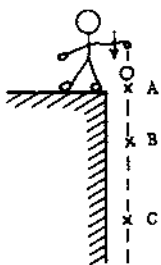
13) O elevador está descendo e o motor exerce sobre ele uma força *menor* do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce aumenta e se *igual* ao peso do elevador. Portanto o elevador:

- a) continuará descendo com velocidade constante.
- b) parará em seguida.
- c) continuará descendo durante algum tempo mas acabará parando.

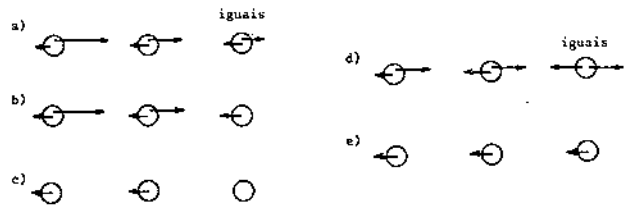
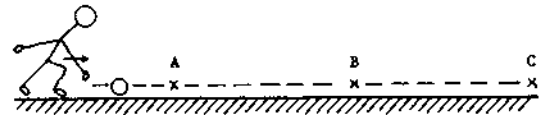
14) O elevador está descendo e o motor exerce sobre ele uma força *menor* do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce aumenta e se torna *bastante maior* do que o peso do elevador. Portanto o elevador:

- a) imediatamente sobe.
- b) continua a descer durante algum tempo com velocidade que diminui.
- c) imediatamente pára e em seguida sobe com grande velocidade.

15) A figura se refere a um indivíduo que, do topo de uma torre, arremessa para baixo uma bola. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola após o arremesso. É desprezível a força de resistência do ar sobre a bola lá. As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas seguintes que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

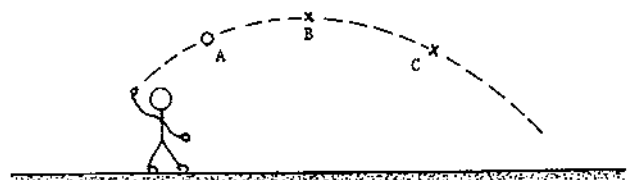


16) A figura se refere a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola *após* o lançamento; no ponto C a bola está finalmente parada. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças *horizontais* sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



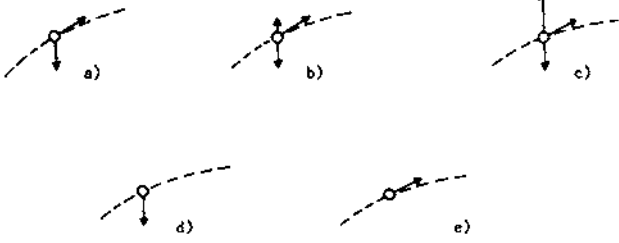
As questões 17, 18 e 19 referem-se ao enunciado abaixo:

Um menino lança uma pequena pedra que descreve uma trajetória como a representada na figura (a força de resistência do ar sobre a pedra é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.

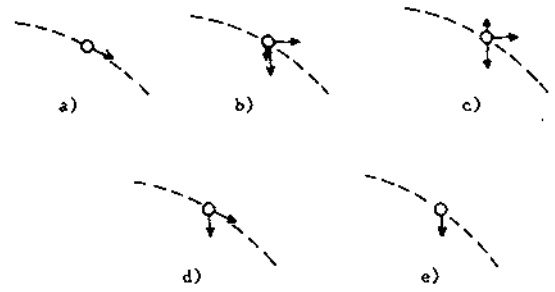


As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a pedra.

17) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



19) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



18) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?

