
O CONCEITO DE FORÇA NO MOVIMENTO E AS DUAS PRIMEIRAS LEIS DE NEWTON

Luiz O. Q. Peduzzi

Sônia S. Peduzzi

Departamento de Física - UFSC

Florianópolis – SC

Introdução

Desde a infância a criança desenvolve crenças e explicações sobre o mundo em que vive e que não são simples idéias isoladas; apresentam-se como partes de estruturas conceituais que proporcionam uma compreensão sensível e coerente do mundo, do seu ponto de vista (CHAMPAGNE; KLOPFER; ANDERSON, 1979; GILBERT; OSBORNE; FENSHAM, 1982). Porém, essas “estruturas intuitivas” muitas vezes estão em desacordo com as teorias científicas existentes.

Pesquisas recentemente realizadas na área de mecânica (VIENNOT, 1979; GUNSTONE; WHITE, 1981; CLEMENT, 1982; MCDERMOTT, 1984) têm demonstrado que o senso intuitivo dos alunos faz com que dêem respostas "erradas" do ponto de vista científico. Ocorre que, como o estudante já tem uma explicação deduzida de “como as coisas funcionam”, a visão da ciência freqüentemente não é aceita por ele. Este pode, inclusive, obter a solução correta de alguns problemas que exigem a aplicação direta de equações, demonstrando uma aparente compreensão acerca daquilo que lhe foi ensinado (PEDUZZI, 1984); no entanto, na maioria das vezes em que se depara com perguntas em que são necessários “cálculos” para as suas respostas, o aluno dá explicações próprias para os fenômenos, dentro do seu esquema intuitivo, deixando de lado aquilo que lhe foi ensinado.

Este trabalho teve por objetivo identificar, junto a 28 alunos de Química e Matemática de um curso introdutório de Física, possíveis idéias intuitivas que eles pudessem ter acerca do conceito de força no movimento dos corpos e comentar a influência dessas idéias no aprendizado das duas primeiras leis de Newton. Com esse propósito solicitou-se que respondessem a um teste (escrito), constituído por itens de múltipla esco-

lha, o qual envolveu algumas situações bastante comuns pelas quais deve passar qualquer estudante de mecânica. Apesar de suas limitações, esse procedimento possibilita a que o aluno, ao assinalar um dos itens sugeridos, exprima parte de seu pensamento auxiliando o professor na detecção de problemas (no caso, idéias intuitivas) que podem interferir na sua aprendizagem.

Os estudantes responderam ao teste após terem recebido em aula as primeiras noções de Dinâmica (comentário das leis de Newton e suas aplicações em problemas).

Comentário das respostas dos alunos às questões do teste

A observação diária das pessoas e suas experiências em relação ao movimento de objetos fazem com que o considerem coerente, junto as suas causas, com o mundo em que vivem, que é um mundo com atrito. Esta vivência induz as pessoas (e o estudante em particular) a estabelecerem relações intuitivas entre força e movimento. Como os conceitos de força e velocidade vão se formando desde a infância, o estudante já os tem bem arraigados quando começa a estudar Física. Viennot (1979) detectou, entre alunos franceses, belgas e ingleses do último ano do secundário e dos três primeiros da universidade, a existência de uma lei intuitiva que relaciona força e velocidade, que pode ser expressa por $F = kV$. Mais recentemente, Clement (1982), numa pesquisa realizada com graduandos de Engenharia, verificou entre eles a idéia intuitiva de que para haver o movimento de um objeto é necessário que sobre ele haja uma força continuamente aplicada na direção desse movimento. Resultados como os obtidos por Viennot e Clement contribuem para que se entenda os problemas encontrados por muitos alunos no estudo das duas primeiras leis de Newton. Para uma aprendizagem significativa destas é preciso substituir o esquema intuitivamente estruturado $V = 0$ se $F = 0$; $F = kV$, por $V = \text{constante}$ se $F = 0$; $F = ka$.

Dentro desse contexto, procurar-se-á situar as respostas dadas pelos estudantes às questões do teste a que foram submetidos. Os números dentro dos parênteses que seguem as alternativas propostas a cada questão indicam a freqüência de respostas atribuídas a cada item.

A questão 1 refere-se à primeira lei de Newton. A forte incidência de respostas na alternativa “a” sugere a aplicação, pelos alunos, da relação $F = kV$. Parece, assim, incompatível para eles a existência de um movimento com força resultante nula, ou seja, se $V \neq 0$, então $F \neq 0$ mesmo que a aceleração seja nula.

Do mesmo modo, as respostas dadas à questão 2 mostram que o senso intuitivo predomina fortemente em relação à instrução recebida, revelando dificuldades quanto à aplicação da segunda lei de Newton. Além das forças normal e peso, corretamente identificadas (como na questão anterior), os alunos sentem a necessidade de incluir uma força na direção do movimento e no sentido deste para explicarem a subida do objeto. Em outras palavras, "alguma força" precisa estar continuamente agindo sobre o objeto para levá-lo para cima.

Já as questões 3 e 4 referem-se, respectivamente, ao lançamento horizontal e oblíquo de um projétil, em que a resistência do ar é desprezada. Pelo fato de já terem estudado, na Cinemática, o movimento de projéteis como a combinação de dois movimentos, um na horizontal com velocidade constante e outro na vertical com aceleração constante, seria de se esperar, *a priori*, que não fosse apontada pelos alunos nenhuma força, ou componente de força, na direção horizontal em que a aceleração é nula. Mas isso não é o que acontece. O esquema intuitivo é novamente acionado. Por eles e suas respostas resultam em completa discordância com a mecânica newtoniana.

Tanto na questão 3 quanto na 4 os estudantes identificam corretamente a força peso, mas novamente incluem uma força acompanhando o objeto em movimento. Esta, no entanto, manifesta-se de forma diferente nesses dois itens. No lançamento horizontal, a força num ponto qualquer da trajetória aponta horizontalmente, enquanto que no lançamento oblíquo parece estar acompanhando o projétil em seu movimento parabólico, apontando tangencialmente à trajetória. Essas duas respostas são conflitantes na medida em que a força introduzida pelos alunos na questão 4 coincide com a direção da velocidade do projétil enquanto que, na questão 3, não é isso que acontece. Os motivos que os levaram a responder dessa maneira não são aparentemente visíveis e deverão constituir-se em objeto de análise para um estudo posterior.

A questão seguinte difere das anteriores, porque nela os objetos estão em repouso. Pelo número de acertos dos alunos nesse item, conclui-se que a maioria não utiliza a 1ª lei de Newton para fundamentar as suas respostas.

O fato de, para a maior parte dos aprendizes, os objetos oscilarem até retornarem à posição inicial poderia estar a indicar uma noção intuitiva de aumento de peso com a altura, ou simplesmente um retorno à posição inicial por uma idéia intuitiva de que o "equilíbrio" implica necessariamente um corpo ao lado do outro (como os pratos de uma balança).

A freqüência das respostas à questão 6.1 indica que todos os alunos, exceto um, acreditam existir uma força para cima maior do que a força peso para justificarem a subida da esfera. Novamente, como na questão 2, força resultante de sentido contrário ao movimento de um corpo é uma idéia que contraria o senso intuitivo do estudante.

A dissipação da força que leva o objeto para cima permitiria interpretar as respostas dadas à questão 6.2, já que essa força, no ponto mais alto da trajetória, se iguala à força peso. Parece aplicável nesse caso o esquema intuitivo: se $V = 0$ então $F = 0$, mesmo que a aceleração seja diferente de zero.

Na questão 6.3 as respostas se dividem em três alternativas. Cerca de 1/3 dos alunos identificam corretamente a força sobre a esfera. No entanto, apenas um acertou as três questões. Assim, pode-se levantar a hipótese de que as respostas corretas a esse item tiveram seu fundamento em idéias intuitivas e não na 2ª lei de Newton. Isto pode ter ocorrido porque a força peso na descida tem o mesmo sentido que o movimento da esfera e uma força na direção e sentido de movimento de um objeto está de acordo com os esquemas intuitivos de muitos alunos. Nas outras duas alternativas escolhidas pelos estudantes aparece uma outra força além da peso. Cerca de 1/3 colocam -na para cima quando assinalam a opção “b” e outro terço para baixo escolhendo a opção “c”, mas em ambos os casos o sentido da força resultante coincide com o do movimento da esfera.

Conclusões

A freqüência de respostas iguais e em desacordo com a mecânica newtoniana dadas pelos alunos que participaram deste estudo às questões do teste de múltipla escolha é bastante significativa. As soluções assinaladas revelam um forte pensamento intuitivo comum que compartilham em relação ao movimento dos corpos e as suas relações com as forças sobre os mesmos. Algumas respostas são aparentemente contraditórias, como as das questões 3 e 4, enquanto outras, como a da oscilação do sistema na questão 5, chegam a surpreender. As situações mais polêmicas (e por si só interessantes), bem como algumas hipóteses explicativas que foram levantadas em relação a algumas questões, serão tratadas com o detalhamento necessário em estudos posteriores.

Outro ponto a ser ressaltado é o de que a instrução inicial que os alunos receberam em Dinâmica não foi suficiente para alterar as

suas idéias intuitivas acerca do assunto tratado. A forte resistência à mudança conceitual relaciona-se diretamente às crenças intuitivas dos alunos (GILBERT; OSBORNE; FENSHAM, 1982; SOLIS VILLA, 1984). Fica difícil para o estudante aceitar trocar (quando isso se torna necessário) um esquema intuitivo que levou muito tempo para ser edificado, e que lhe parece coerente e suficiente para explicar os fenômenos, por outro, que, além de conflitar com aquilo que já sabe, geralmente lhe é apresentado de uma forma que não leva em conta qualquer possível interação da nova informação com as idéias intuitivas acerca do assunto tratado.

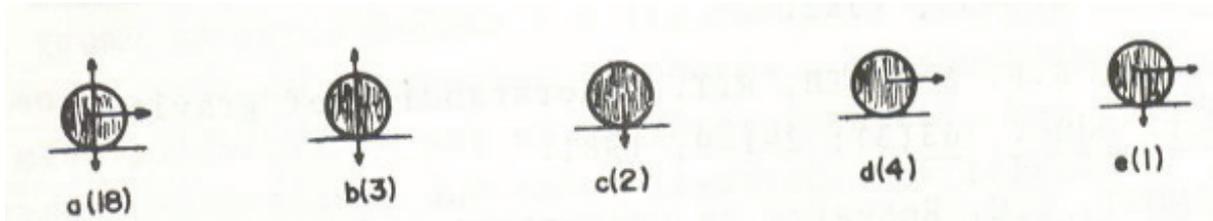
Para que a aprendizagem se torne significativa sobre um assunto em que já existem idéias intuitivas formadas, torna-se necessário fornecer exemplos, situações teóricas e experimentais que os alunos não consigam explicar de modo satisfatório com as suas leis naturais, de forma a provocar neles uma forte insatisfação. Formas como essa de lidar com o problema são sugeridas em vários estudos como maneiras possíveis de fazer o aluno se questionar a respeito de suas idéias intuitivas e aceitar novos conceitos e leis.

Referências Bibliográficas

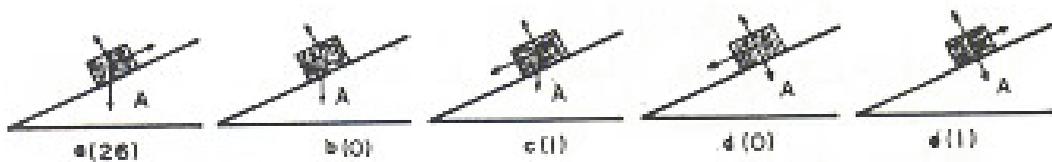
1. CHAMPAGNE, A. B.; KLOPFER, L. E.; ANDERSON, J. H. Factors influencing the learning of classical mechanics. **Am. J. Phys.**, v. 48, n. 12, p. 1074-1079, 1980.
2. CLEMENT, J. Student's preconceptions in introductory mechanics. **Am. J. Phys.**, v. 50, n. 1, p. 66-71, 1982.
3. GILBERT, J. K.; OSBORNE, R. J.; FENSHAM, P. J. Children's science and its consequences for teaching. **Sci. Educ.**, v. 66, n. 4, p. 623-33, 1982.
4. GUNSTONE, R. F.; WHITE, R. T. Understanding of gravity. **Sci. Educ.**, v. 65, n. 3, p. 291-9, 1981.
5. McDERMOTT, L. C. Research on conceptual understanding in mechanics. **Phys. Today**, v. 37, n. 7, p. 24-32, 1984.
6. PEDUZZI, L. O. Q. O movimento de projéteis e a solução mecânica de problemas. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 36, 1984, São Paulo. **Atas...**
7. SEBASTIA, J. M. Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, p. 83-9, 1984.
8. SOLIS VILLA, R. Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, p. 83-9, 1984.

9. VENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **Eur. J. Sci. Educ.**, v. 1 n. 2, p. 205-21, 1979.

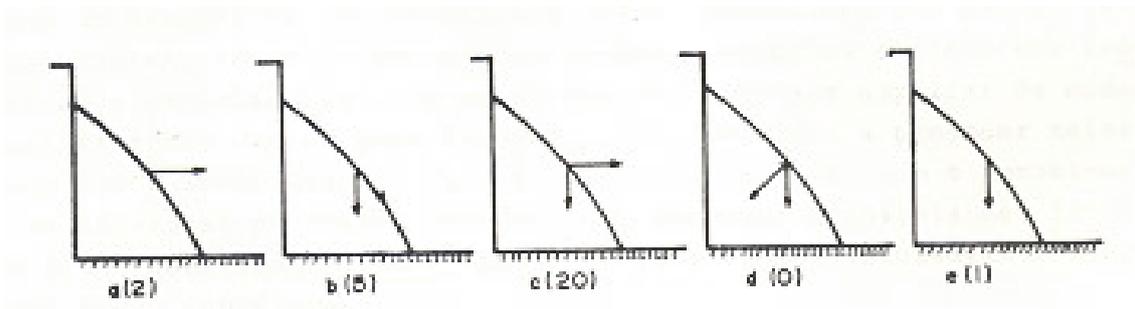
1. Um jogador de *snooker* dá uma tacada numa bolinha com o objetivo de colocá-la numa caçapa. Marque qual das alternativas abaixo mostra a(s) força(s) que age(m) sobre a bolinha um pouco antes de chegar ao seu alvo. Despreze o atrito.



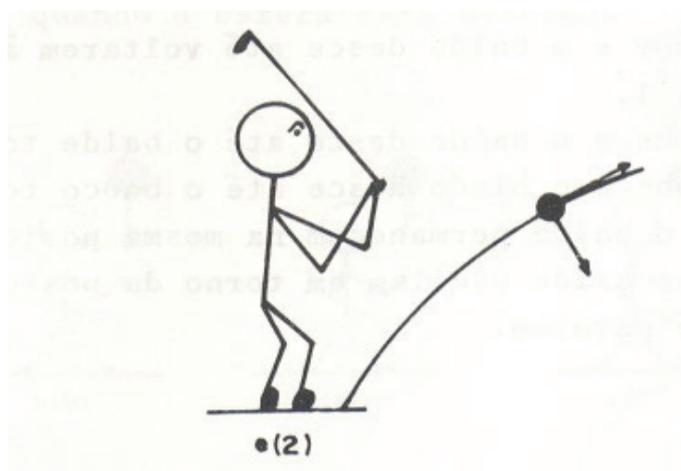
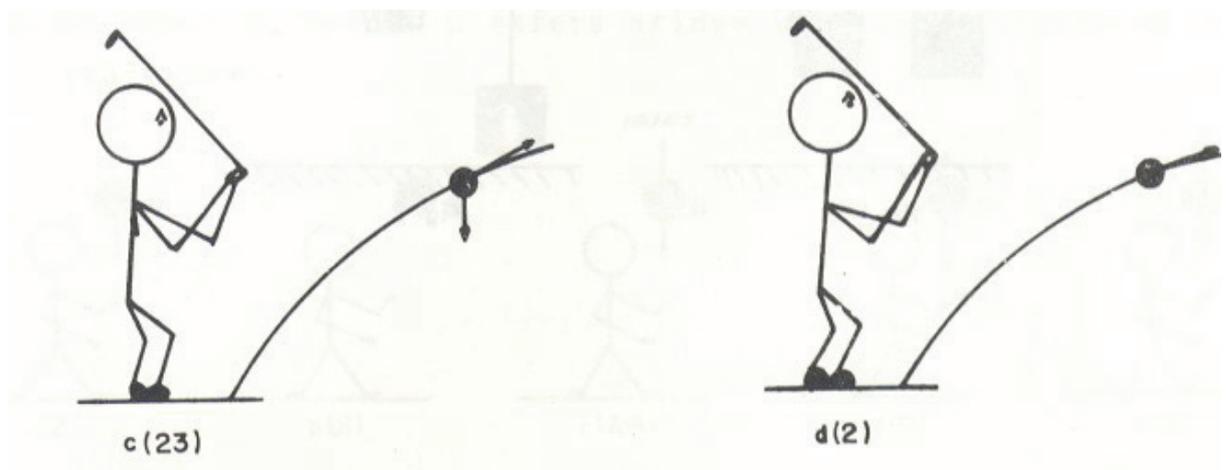
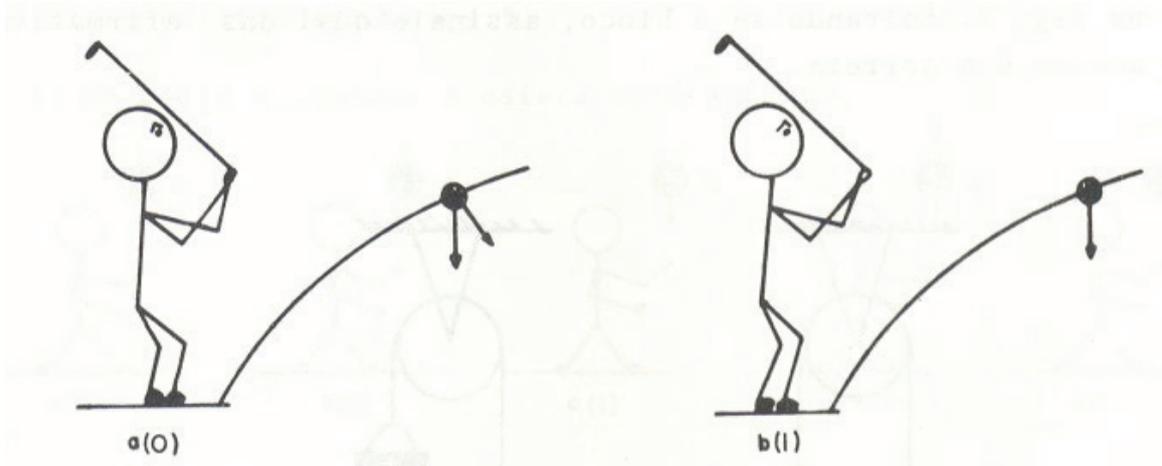
2. Um bloco é jogado de baixo para cima ao longo de um plano inclinado liso. Marque a opção que melhor representa a(s) força(s) que age(m) sobre ele, ao passar pelo ponto A, ainda subindo. Despreze o atrito.



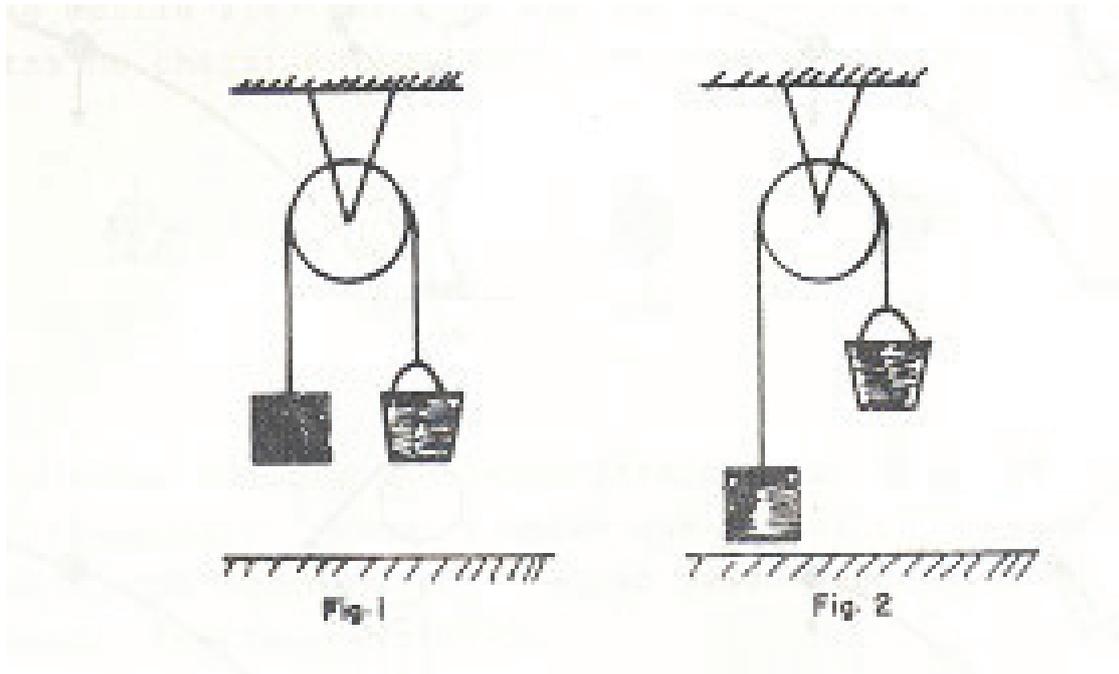
3. Uma pedra é lançada horizontalmente da janela de um edifício. Desprezando a resistência do ar, indique a figura que representa a(s) força(s) que age(m) sobre a pedra.



4. Assinale qual dos quadros abaixo representa a(s) força(s) que age(m) sobre a bolinha arremessada pelo golfista. Despreze a resistência do ar.



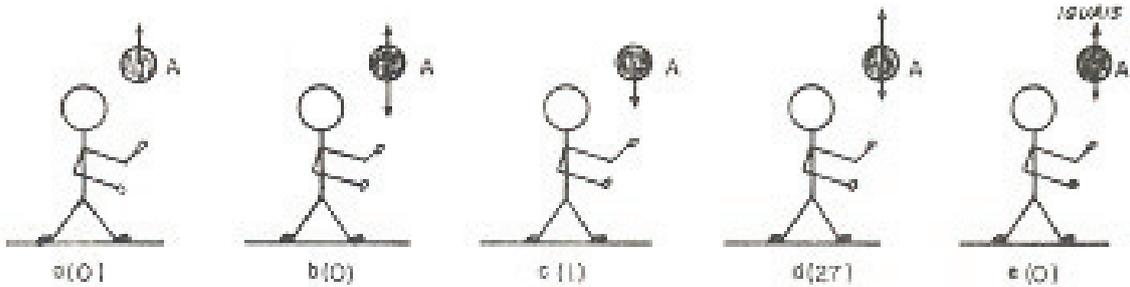
5. Um bloco de madeira e um balde com areia pendem livremente de uma polia estando ambos a uma mesma altura do solo (*fig. 1*). O bloco é então puxado para baixo e mantido na posição mostrada na *fig. 2*. Soltando-se o bloco, assinale qual das afirmativas abaixo é a correta.



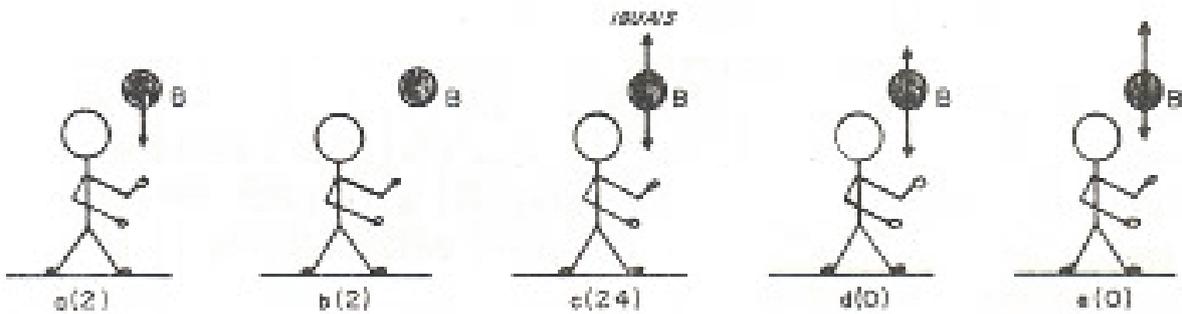
- a) (2) O bloco sobe e o balde desce até voltarem à posição descrita na *fig. 1*.
b) (3) O bloco sobe e o balde desce até o balde tocar o solo.
c) (2) O balde sobe e o bloco desce até o bloco tocar o solo.
d) (7) O bloco e o balde permanecem na mesma posição.
e) (13) O bloco e o balde oscilam em torno da posição mostrada na *fig. 1* até pararem.

6. Um menino lança verticalmente para cima uma pequena esfera. Desprezando a resistência do ar, assinale a alternativa que representa a(s) força(s) que age(m) sobre a esfera em cada uma das seguintes situações¹.

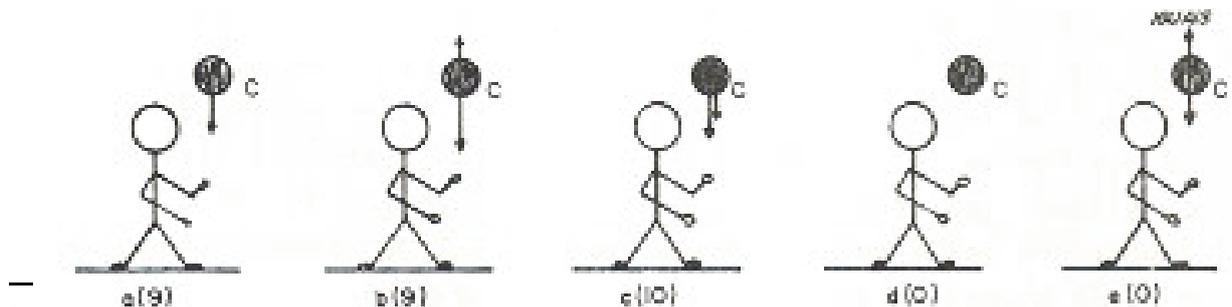
6.1. No ponto A, quando a esfera está subindo.



6.2. No ponto B, quando a esfera atinge o ponto mais alto de sua trajetória.



6.3. No ponto C, quando a esfera está descendo.



¹ Extraído da referência 7.