

$$(a_P + a_S) \frac{t_e^2}{2} + (V_{0P} - V_{0S}) t_e - d = 0 \quad . \quad (4)$$

Resolvendo para t_e ,

$$t_e = \frac{-(V_{0P} - V_{0S}) \pm \sqrt{(V_{0P} - V_{0S})^2 + 2(a_P + a_S)d}}{a_P + a_S} \quad . \quad (5)$$

Matematicamente, as duas soluções para a eq.(5) são, portanto,

$$t_1 = \frac{-(V_{0P} - V_{0S}) + \sqrt{(V_{0P} - V_{0S})^2 + 2(a_P + a_S)d}}{a_P + a_S} \quad (6)$$

e

$$t_2 = \frac{-(V_{0P} - V_{0S}) - \sqrt{(V_{0P} - V_{0S})^2 + 2(a_P + a_S)d}}{a_P + a_S} \quad , \quad (7)$$

O tempo de encontro entre os veículos é a raiz positiva de t_e , isto é, t_1 (como se observa, $\sqrt{(V_{0P} - V_{0S})^2 + 2(a_P + a_S)d} > (V_{0P} - V_{0S}) \Rightarrow t_1 > 0$).

A segunda raiz de t_e , t_2 , corresponde à intersecção entre as duas curvas da fig.6 para tempos negativos, o que não tem significado físico. Deste modo, não há possibilidade de ocorrer um outro encontro entre os veículos.

As velocidades dos carros, quando estão lado a lado, são obtidas a partir das equações

$$V_P = V_{0P} + a_P t_1 \quad (8)$$

e

$$V_S = V_{0S} - a_S t_1 \quad . \quad (9)$$

A Fig.6 mostra um possível gráfico $x \times t$ para a hipótese 1.

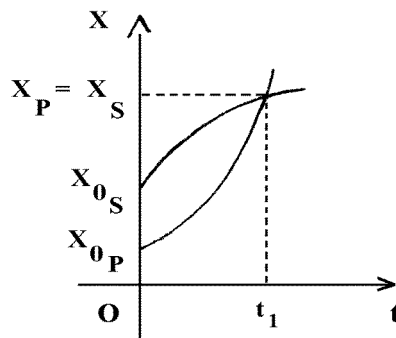


Fig.6

Hipótese 2: Os dois veículos estão parados lado a lado em um semáforo quando, a partir do sinal verde, a polícia resolve perseguir o automóvel suspeito. Ambos movimentam-se na mesma direção e no mesmo sentido com MRUA, sendo $a_S \succ a_P$ até atingirem as velocidades V_P e V_S ($V_P \succ V_S$), permanecendo, então, em MRU.

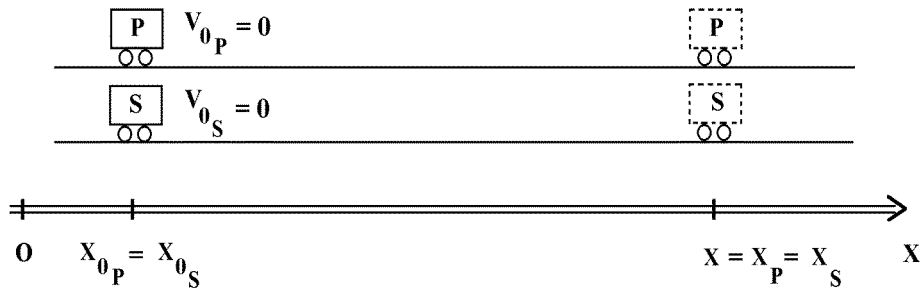


Fig.7

O carro suspeito leva um tempo t_S para atingir a velocidade V_S ,

$$V_S = V_{0S} + a_S t_S \quad , \quad (10)$$

$$t_S = \frac{V_S}{a_S} \quad , \quad (11)$$

e o de polícia um tempo t_P para alcançar a velocidade V_P ,

$$V_P = V_{0P} + a_P t_P \quad , \quad (12)$$

$$t_P = \frac{V_P}{a_P} \quad . \quad (13)$$

Como $V_P \succ V_S$ e $a_S \succ a_P$, tem-se

$$t_P \succ t_S \quad . \quad (14)$$

A Fig.8 mostra um possível gráfico $V \times t$ para a hipótese 2.

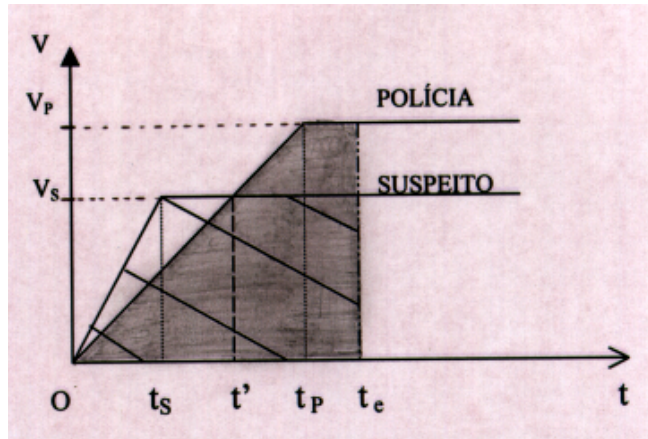


Fig.8

Como não ocorre inversão de sentido nos movimentos dos dois móveis, as áreas sob as curvas representativas dos dois movimentos são iguais às distâncias percorridas pelos mesmos. Portanto, o encontro entre eles ocorre para um tempo t_e no qual estas áreas são iguais.

A solução para este problema é gráfica, pois não existe uma única equação que descreva o movimento de cada carro desde $t = 0$ até o instante do encontro de ambos. Para o carro suspeito, por exemplo, de $t = 0$ até t_s tem-se MRUA e para $t > t_s$, MRU.

Determina-se o tempo de encontro igualando-se as áreas achada e listada na Fig.8. Assim,

$$\left[\frac{(t_e - t_s) + t_e}{2} \right] V_S = \left[\frac{(t_e - t_p) + t_e}{2} \right] V_P \quad (15)$$

$$t_e = \frac{t_p V_P - t_s V_S}{2(V_P - V_S)}, \quad (16)$$

onde t_p e t_s são obtidos pelas equações (11) e (13).

Observe que o tempo t' (no qual há a intersecção das duas curvas) não é o instante de encontro dos veículos. Em t' , o carro suspeito ainda está à frente do de polícia. Neste instante, eles possuem velocidades (V_S) iguais.

Exemplo 6: Determine o peso aparente de um homem sobre uma balança graduada em newtons dentro de um elevador.

Solução:

As forças que atuam sobre o homem são:

\vec{F}_{BH} : força exercida pela balança sobre o homem;

$\vec{P} = m\vec{g}$: força exercida pela Terra sobre o homem.

Hipótese 1: O elevador sobe com velocidade constante (Fig.9).

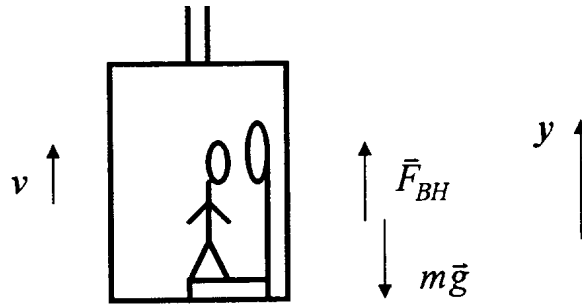


Fig.9

Aplicando-se a segunda lei de Newton ao homem, obtém-se

$$\sum F_y = 0 \quad ,$$

$$F_{BH} - mg = 0 \quad ,$$

$$F_{BH} = mg \quad . \quad (1)$$

De acordo com a terceira lei de Newton, a força exercida pela balança sobre o homem, \vec{F}_{BH} , é igual, em módulo, à força exercida pelo homem sobre a balança, \vec{F}_{HB} , isto é,

$$F_{BH} = F_{HB} \quad . \quad (2)$$

Da igualdade de (1) e (2), segue que

$$F_{HB} = mg \quad . \quad (3)$$

A força exercida pelo homem sobre a balança, F_{HB} , é que vai movimentar os ponteiros da balança, indicando, portanto, a leitura de seu peso aparente P' , ou seja,

$$F_{HB} = P' \quad . \quad (4)$$

De (3) e (4), resulta

$$P' = mg \quad . \quad (5)$$

Neste caso, o peso aparente do homem é igual ao seu peso mg .

Hipótese 2: O elevador sobe com aceleração constante (Fig.10) .

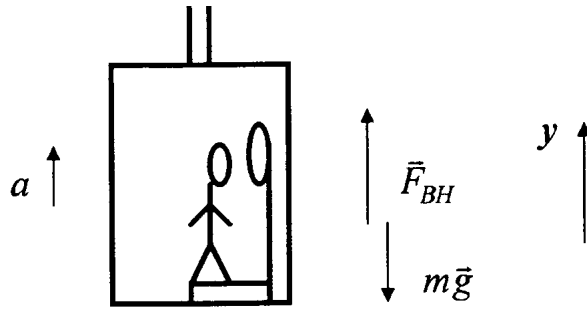


Fig.10

Aplicando-se a segunda lei de Newton para esta situação, obtém-se

$$\sum F_y = ma \quad ,$$

$$F_{BH} - mg = ma \quad ,$$

$$F_{BH} = m(g + a) \quad . \quad (6)$$

Como

$$F_{BH} = F_{HB} \quad (7)$$

e

$$F_{HB} = P' \quad (8)$$

resulta, de (7) e (8) em (6), que

$$P' = m(g + a) \quad . \quad (9)$$

Hipótese 3: O elevador desce com aceleração constante (Fig.11) .

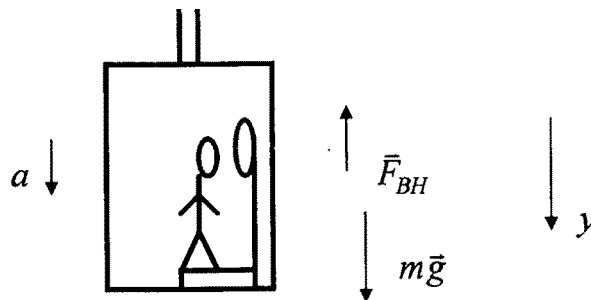


Fig.11

Aplicando-se a segunda lei de Newton, obtém-se

$$\sum F_y = ma \quad ,$$

$$mg - F_{BH} = ma ,$$

$$F_{BH} = m(g - a) . \quad (10)$$

De acordo com a terceira lei de Newton, e identificando F_{HB} com P' , resulta

$$F_{BH} = F_{HB} = P' . \quad (11)$$

De (11) em (10),

$$P' = m(g - a) . \quad (12)$$

Em caso de ruptura dos cabos de sustentação do elevador,

$$a = g$$

e

$$P' = 0$$

ou seja, não há força de contato exercida entre a pessoa e a balança.

V - Conclusões

Segundo Ausubel, “a solução criativa de problemas é, em geral, a única maneira válida de testar se os estudantes realmente compreendem significativamente as idéias que são capazes de verbalizar”. Contudo, ele mesmo alerta para os cuidados que se deve tomar para não se cair em uma armadilha. “A solução de problema é um método válido e prático de medir a compreensão significativa de idéias. Entretanto, isto não equivale dizer que o aluno que é incapaz de solucionar um conjunto representativo de problemas não compreenda, necessariamente, mas tenha apenas memorizado mecanicamente os princípios ilustrados por estes problemas. A solução de problema bem sucedida requer muitas outras capacidades e qualidades - assim como poder de raciocínio, flexibilidade, improvisação, sensibilidade ao problema e astúcia tática - para compreender os princípios subjacentes. Conseqüentemente, o fracasso em solucionar os problemas em questão pode refletir mais precisamente deficiências nestes últimos fatores do que falta de compreensão real”. (Ausubel et all, 1980)

De qualquer modo, a importância e complexidade do tema não impede o desenvolvimento de ações no sentido de minimizar, ou mesmo inibir, certas atitudes improdutivas do aluno em relação à resolução de problemas, como a de solucioná-los mecanicamente.

Investindo, por exemplo, na resolução literal de problemas de enunciados fechados e abertos, o professor, pouco a pouco, vai capacitando o estudante a desenvolver novos e importantes hábitos em relação à resolução de problemas.

Em uma primeira etapa de aplicação desta nova metodologia, deve-se procurar, preferencialmente, colocar o aluno frente a situações-problema onde ele não tenha outra alternativa senão a da resolução literal. Longe de causar traumas, este processo agiliza a mudança de postura em relação à tradicional substituição imediata dos dados do problema nas equações da teoria, comum em estudantes que cursam disciplinas de física.

Uma pesquisa recente (Peduzzi, 1998), desenvolvida entre alunos universitários de primeira fase do curso de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, na disciplina Física Geral I, mostrou ter sido surpreendente a facilidade com que se conseguiu que estes alunos priorizassem, desde o início da disciplina, o desenvolvimento literal de problemas. Não houve também qualquer objeção quanto à utilização de problemas de enunciados abertos. Ao contrário, os estudantes não apenas não se mostraram aversos à emissão de hipóteses, à elaboração de estratégias de solução, etc., como também demonstraram interesse em solucionar problemas que exigiam o seu envolvimento em tarefas desta natureza.

A análise de casos particulares de uma dada situação ou mesmo pequenas transformações nas condições iniciais de um problema mostram ao aluno que ‘parar e pensar’ após a resolução de um problema parece, inegavelmente, ser uma atitude muito mais eficaz e instrutiva do que, de imediato, ‘passar para o próximo de uma extensa lista de questões’.

O ‘exercício de fixação’ é, com certeza, conveniente e mesmo necessário para muitos estudantes. Mas o envolvimento consciente em tarefas desta natureza, com objetivos claros e bem definidos, em nada se parece ao da resolução mecânica em série.

Naturalmente, a adesão do aluno a esta ou outras metodologias (Costa e Moreira, 1997b) tem como pré-requisito a aceitação, pelo professor, de que é possível conceber a resolução de problemas dentro de novos enfoques, mais eficientes e produtivos do que o atual, com seus problemas bem conhecidos.

Do ponto de vista do aluno propriamente dito, a mudança (tão necessária, com freqüência) ocorre quando ele percebe a importância da resolução significativa de um problema para o seu aprendizado.

VI - Referências Bibliográficas

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. & HANESIAN, H. (1980) Psicologia Educacional (Tradução de Educational Psychology, 1968). Rio de Janeiro, Interamericana.

- COSTA, S.S.C. & MOREIRA, M.A. (1997a) Resolução de problemas IV: estratégias para resolução de problemas. Investigações em Ensino de Ciências, 2 (3).
- COSTA, S.S.C. & MOREIRA, M.A. (1997b) Resolução de problemas II: proposta de metodologias didáticas. Investigações em Ensino de Ciências, 2 (1).
- COSTA, S.S.C. & MOREIRA, M.A. (1996) Resolução de problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. Investigações em Ensino de Ciências, 1 (2).
- ECHEVERRÍA, M.P.P. & POZO, J.I. (1994) Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender. In: POZO, J.I. (Coord.) La solución de problemas. Madrid, Santillana, 1994. p.17.
- GASPAR, A. (1994) A teoria de Vygotsky e o ensino de física. Trabalho apresentado no IV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis, maio.
- GIL-PEREZ, D., MARTINEZ-TORREGROSA, J., RAMIREZ, L., DUMAS-CARRÉ, A., GOFARD, M. & CARVALHO, A.M.P. (1992) Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 9 (1): 7-19.
- GIL-PEREZ, D. & MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1987) La resolución de problemas de Física una didáctica alternativa. Madrid/Barcelona, Ediciones Vicens-Vives.
- KUHN, T.S. (1987) A estrutura das revoluções científicas. São Paulo, Editora Perspectiva, pp.232-233.
- PEDUZZI, L.O.Q. (1998) As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica. Tese de doutorado. UFSC, Florianópolis.
- PEDUZZI, L.O.Q. (1997) Sobre a resolução de problemas no ensino da física Caderno Catarinense de Ensino de Física 14(3): 229-253.
- REIF, F., LARKIN, J.H. & BRACKETT, G.C. (1976) Teaching general learning and problem-solving skills. American Journal of Physics., 44(3): 212-217.

ROSA, P.R.S., MOREIRA, M.A. & BUCHWEITZ, B. (1992) Alunos bons solucionadores de problemas de Física: caracterização a partir de um questionário para análise de entrevistas. Revista Brasileira de Ensino de Física, 14(2): 94-100.