

Escola Secundária Carolina Michäalis

Formação sobre a utilização dos novos laboratórios escolares



Formadores: Victor Teodoro e outros
Formanda: Ana Paula Santos

Introdução

O presente trabalho insere-se no âmbito do novo programa de Física e Química A para o 10º ano de escolaridade na unidade 2 - Energia em movimento e refere-se à actividade prática laboratorial AL 2.2 - Bola saltitona.

A actividade consiste em deixar cair uma bola de diferentes alturas, medir a altura atingida no primeiro ressalto e traçar o gráfico $h_f = f(h_i)$. A experiência foi realizada com quatro bolas de elasticidades diferentes para simular a situação de trabalho que decorrerá num turno de quatro grupos (cada grupo usa apenas uma bola).

Nesta actividade pretende-se que os alunos interpretem esquemas e gráficos, observem, meçam, tirem conclusões, interpretem as causas das diferenças obtidas nos resultados obtidos por diferentes grupos, planeiem e repitam procedimentos experimentais de modo a perceberem e interiorizarem os conhecimentos/competências adquiridos e ainda que mobilizem conhecimento no domínio das transferências e transformações de energia.

Dada a importância da nova tecnologia e consciente que cada vez mais a Ciência e a Tecnologia são faces da mesma moeda resolvi elaborar um guião para este trabalho com recurso ao sensor de movimento CBR e à máquina gráfica TI 84 ou TI-nspire, para além do computador e do software da Texas instrumnets “grapycal analyses for Windows”.

Na altura da realização desta actividade os alunos já aprenderam a trabalhar com o sensor, o programa da calculadora e o software do computador que lhes permite recolher e interpretar os dados e resultados obtidos.

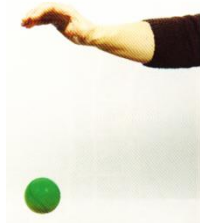
Como metodologia prévia, na semana anterior à realização do trabalho experimental é disponibilizado aos alunos o guião da actividade e pedido para o lerem e interpretarem de modo a serem capazes de o concretizarem.

No início da aula experimental, os alunos colocam as suas dúvidas e só depois de esclarecidos e conscientes dos objectivos do trabalho passam para a realização da actividade guião por mim apresentado.

O trabalho é efectuado e explorado em grupos maiores ou mais pequenos, de acordo com aquilo que for conveniente e possível

Guião para a realização da actividade experimental

Aluno



Físico-Química – A

Actividade Prática – Laboratorial

“ Bola Saltitona”

Questão – problema

“Existirá alguma relação entre a altura a que se deixa cair uma bola e a altura atingida no primeiro ressalto ?”

“De que altura mínima terá de ser largada uma bola, para que atinja a janela de rés-do-chão no seu primeiro ressalto ?”

1. Indique o nome do material e equipamento referenciado nas figuras.



2. Qual será o objectivo desta actividade?

3. Elabore um procedimento experimental que lhe permita responder à(s) questão(ões) problema.



4. Numa tabela apropriada, registre os valores recolhidos do gráfico obtido no visor da calculadora
5. Construa, em papel milimétrico e programa Excel, um gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda.
6. Trace a recta que melhor se ajusta ao conjunto de valores registados.
7. Analise o gráfico e determine o declive da recta obtida.
8. Calcule o valor do coeficiente de restituição na colisão da bola com o chão, a partir do declive da recta.

$$e = \frac{v_{af}}{v_{ap}}$$

v_{af} – Velocidade de afastamento

v_{ap} – Velocidade de aproximação

(Consultar informação adicional) *

9. Responda à questão – problema fundamentando a sua resposta.

Outras questões:

1. Indique quais as transferências e transformações de energia que ocorrem durante todo o movimento da bola.

2. Será possível considerar o sistema bola como um sistema isolado?
3. Porque motivo não há conservação de energia neste sistema? Identifique a dissipação de energia que ocorre.
4. Deduza a expressão que permite determinar o trabalho realizado pelas forças não conservativas no intervalo de tempo compreendido entre a queda e o ressalto.
5. Justifique, considerando desprezável a resistência do ar, por que razão, depois de cada ressalto, a bola não sobe até à altura de que caiu.
6. A dissipação de energia ocorrida, bem como a elasticidade do material que constitui a bola, estão relacionadas com o coeficiente de restituição (e) o qual pode ser determinado pela expressão

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}}$$

- 6.1. O que sucederia se fossem usadas bolas de diferentes materiais (bolas de basquetebol, de voleibol, de futebol ...)?
- 6.2. O que sucederia se fossem usados solos de características diferentes (madeira, borracha, relva), com a mesma bola?
- 6.3. Deduza a expressão $e = \sqrt{\frac{h_{ressalto}}{h_{queda}}}$ que revela que o coeficiente de restituição também se relaciona com a altura de queda (h_q) e a altura do ressalto (h_r)
- 6.4. Qual a relação entre o declive resultante do traçado gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda.

Informação adicional

- ✦ Numa colisão frontal da bola com o alvo fixo (solo), chama-se coeficiente de restituição (e) ao quociente entre os valores da velocidade de afastamento (v_{af}) e da velocidade de aproximação (v_{ap}):

$$\text{✦ } e = \frac{v_{af}}{v_{ap}}$$

- ✦ Na actividade, obtêm-se vários valores da altura de ressalto e de queda da bola. Quando se constrói o gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda, obtém-se uma relação linear. O declive (m) da recta é dado pela

expressão matemática: $m = \frac{\Delta h_{ressalto}}{\Delta h_{queda}}$

- ✦ O valor do coeficiente de restituição na colisão da bola com o solo relaciona-se com o declive da recta.
- ✦ A energia cinética de translação da bola, imediatamente após a colisão, é proporcional à altura de ressalto. E a energia cinética de translação da bola, imediatamente antes da colisão, é proporcional à altura de queda.

- ✦ As expressões que permitem calcular a energia cinética de translação no caso considerado são:

- no ressalto: $E_{c1} = \frac{1}{2}mv_{af}^2$ proporcional a $\Delta h_{ressalto}$;

- na queda: $E_{c2} = \frac{1}{2}mv_{ap}^2$ proporcional a Δh_{queda} ;

Então, dividindo membro a membro as expressões, obtém-se:

$$\frac{\frac{1}{2}mv_{af}^2}{\frac{1}{2}mv_{ap}^2} = \frac{\Delta h_{ressalto}}{\Delta h_{queda}} \Leftrightarrow \frac{v_{af}^2}{v_{ap}^2} = \frac{\Delta h_{ressalto}}{\Delta h_{queda}}$$

Como:

$$\frac{v_{af}}{v_{ap}} = e \Leftrightarrow e^2 = \frac{\Delta h_{ressalto}}{\Delta h_{queda}}$$

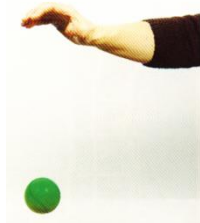
- ✦ O valor do coeficiente de restituição será igual à raiz quadrada do declive da recta traçada no gráfico.

$e = 0 \leftrightarrow$ Toda a energia foi dissipada (a bola não ressalta).

$e = 1 \leftrightarrow$ Não há dissipação de energia (a bola sobe até à altura de onde caiu).

Guião para a realização da actividade experimental

Professor



Físico-Química – A

Actividade Prática – Laboratorial

“ Bola Saltitona”

Questão – problema

1. Indique o nome do material e equipamento referenciado nas figuras.

- Calculadora gráfica Texas;
- Sensor de movimento CBR;
- Cabo de ligação CBR- calculadora;
- Suporte para fixação do sensor;
- Fita métrica;
- Computar;
- Cabos de ligação da calculadora ao computador.

2. Qual será o objectivo desta actividade?

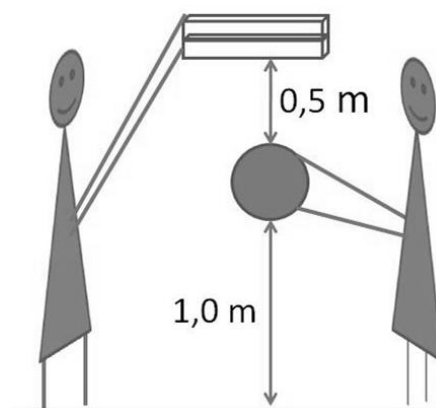
Este trabalho tem como objectivos relacionar a altura a que é deixada cair uma bola (hq) e a altura a que ela ressalta (hr). Para tal, deixa-se cair, verticalmente, uma bola que colide frontalmente com um alvo fixo (o solo) e ressalta.

3. Elabore um procedimento experimental que lhe permita responder à(s) questão(ões) problema.

- 1 – Medir a massa da bola e registar o seu valor;
- 2 – Prender o sensor de movimento num suporte vertical posicionando-o de forma a que:
 - fique aproximadamente a 1,5 m do solo e voltado para baixo;
 - fique, pelo menos, 0,5 m acima do ponto de onde é lançada a bola.

Antes de prender o sensor deverá fazer um teste, largar a bola para ver se nos ressaltos a bola volta a cair no mesmo local. A bola deve ser deixada cair e não atirada ao chão. Verificar também se não existem obstáculos entre o sensor e a bola.

- 3 – Ligar o sensor à máquina de calcular.
- 4 – Configuração da aplicação Easydata
 - 4.1 – Carregar na tecla APPS;
 - 4.2 – Correr o programa Esaydata (a interface deverá ter detectado automaticamente o sensor do movimento);



- 4.3 – Carregar em Setup;
- 4.4 – Escolher 5: Ball Bounce (saltitar da bola);
- 4.5 – Carregar em Start (visualizará a seguinte mensagem: segure a bola a pelo menos meio metro do detector. Seleccione Next para continuar)
- 4.6 – Carregar em Next (visualizará a seguinte mensagem: Se desejado, desligue a máquina. Para iniciar, prima TRIGGER ou START/STOP. Se necessário, ligue a calculadora e escolha Next);
- 4.7 – Nesta altura pode optar por desligar o CBR da calculadora.
- 5 – Recolha de dados
- 5.1 – Primir **TRIGGER** no **CBR**;
- 5.2 – Quando a luz verde começar a piscar:
- segurar na bola com os braços estendidos;
 - colocá-la por baixo do detector, aproximadamente a 0,5 m do detector de forma a que abola, depois de largada, seja o único objecto detectado pelo sensor;
 - largar a bola e verificar que se houve um tinir enquanto a bola os dados estão a ser recolhidos.
- 5.3 – Voltar a ligar o CBR à máquina de calcular (caso o tenha desligado);
- 5.4 – Carregar em **Next**;
- 5.5 – Deverá obter um gráfico análogo ao gráfico 1. Se o traçado não for semelhante, repetir a experiencia.
- 6 – Tratamento dos dados.
- 6.1 – Transfira os dados para o computador utilizando o programa
- Efectue a ligação da máquina ao computador e no programa “grapycal analyses for Windows” obtendo os gráficos distância da bola ao solo em função do tempo e velocidade da bola em função do tempo.



- Observe, na máquina e/ou no computador os resultados obtidos.
- 6.2 – Trate os dados obtidos de modo a poder responder as solicitações que lhe são feitas.
- Se preferir pode fazer o tratamento dos dados directamente na máquina de calcular sendo que terá de passar manualmente os dados para o suporte de papel e depois
- 7 – Repetir a actividade para bolas de diferentes materiais mantendo o mesmo piso.
- 8 – Se possível repetir a experiencia mantendo a mesma bola e fazendo variar o tipo de piso.
- Nota: por falta de tempo útil neste caso só se fará para uma bola (de basquete) e um tipo de solo, mas será de todo o interesse respeitar os pontos 7 e 8.

4. Numa tabela apropriada, registre os valores recolhidos do gráfico obtido no visor da calculadora.

TI-84 Plus Silver Edition			
	L1	L2	L3
1	0,000000	1,273550	0,0031854
2	0,043008	1,273830	0,0191476
3	0,086016	1,275200	-0,0271340
4	0,129024	1,271490	-0,1085370
5	0,172032	1,265860	-0,7166600
6	0,215040	1,209850	-1,3391600
7	0,258048	1,150670	-1,8994200
8	0,301056	1,046470	-2,7390000
9	0,344064	0,915076	-3,0997000
10	0,387072	0,779840	-10,6384000
11	0,430080	0,000000	-9,0086000
12	0,473088	0,004950	0,1564820
13	0,516096	0,013460	0,1404380
14	0,559104	0,017030	0,0239490
15	0,602112	0,015520	7,6343000
16	0,645120	0,673710	9,0534000
17	0,688128	0,794256	2,5411000
18	0,731136	0,892285	2,0781900
19	0,774144	0,973014	1,6967000
20	0,817152	1,038230	1,2944800
21	0,860160	1,084360	0,8571400
22	0,903168	1,111960	0,4469200
23	0,946176	1,122800	0,0414920
24	0,989182	1,115530	-0,3719000
25			

L1 – tempo expresso em segundos

L2 – distância expressa em metros

L3 – velocidade expressa em metros por segundo

Tabela 1- Registo de resultados experimentais

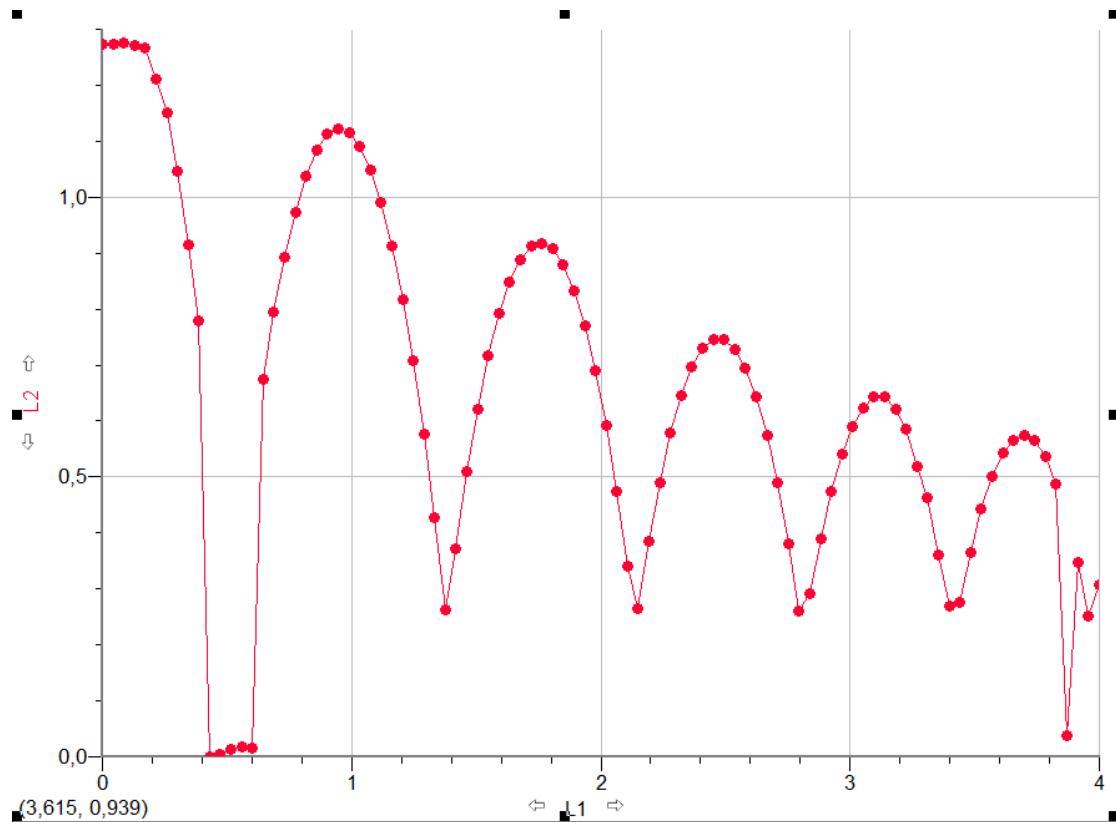


Gráfico 1 - Distância da bola ao solo em função do tempo

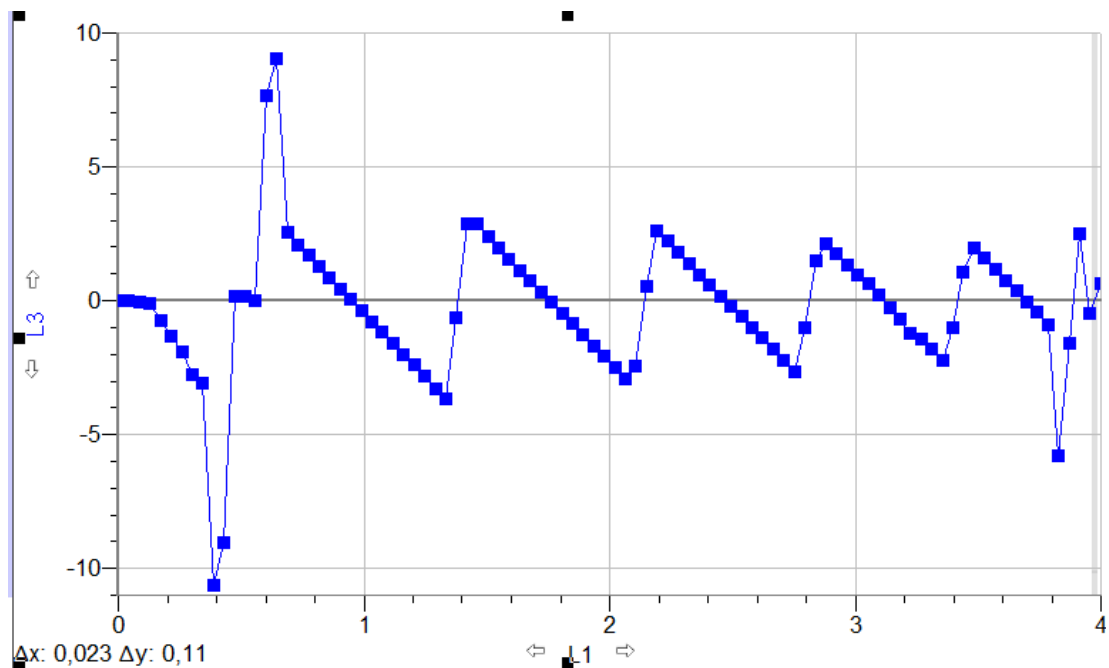


Gráfico 2 - Velocidade da bola em função do tempo

5. Construa, em papel milimétrico e programa Excel, um gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda.

Altura de queda/m	Altura do ressalto/m
0,946	0,917
0,917	0,752
0,752	0,646
0,646	0,754

Tabela 2 –Alturas de queda e correspondentes alturas máximas atingidas

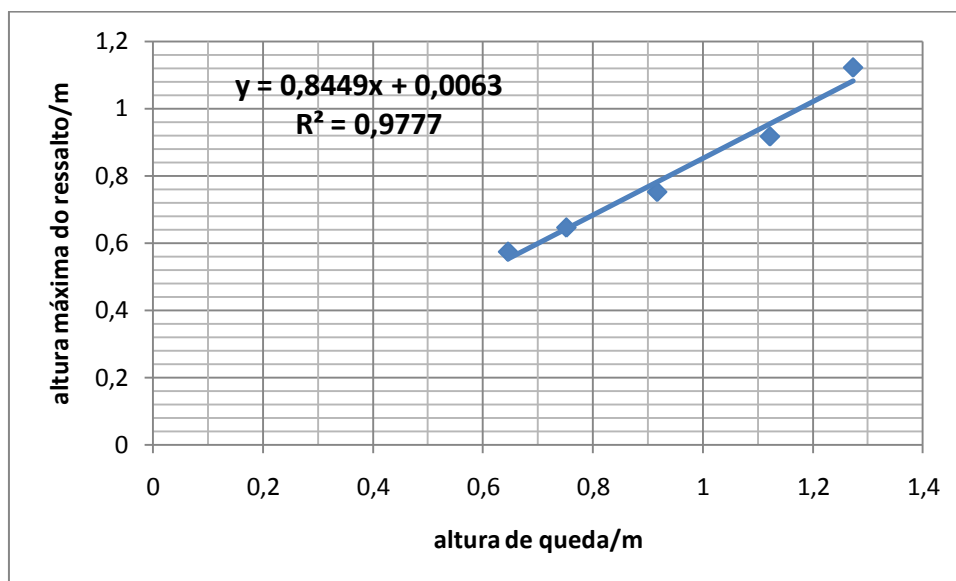


Gráfico 3 – Altura máxima atingida pela bola após cada ressalto em função da altura de queda correspondente

6. Trace e recta que melhor se ajusta ao conjunto de valores registados.

Ver questão anterior.

7. Analise o gráfico e determine o declive da recta obtida.

O declive da recta obtida é de 0,8449

8. Calcule o valor do coeficiente de restituição na colisão da bola com o chão, a partir do declive da recta.

Neste caso o valor do coeficiente de restituição na colisão da bola com o chão é de $\sqrt{0,8449}$

9. Responda à questão – problema fundamentando a sua resposta.

Em todos os ensaios a altura do primeiro ressalto é inferior à altura inicial devido à dissipação de energia durante o batimento com o solo.

A altura mínima de que se deve deixar cair o bola para que atinja a janela do rés-do-chão obtêm-se por extrapolação do gráfico 3, dependendo do tipo de bola e de solo. Neste caso se a janela se encontrar a 1m do solo a bola deve ser deixada cair de uma altura de pelo menos 1,2 m caso contrario não atinge a referida janela.

Outras questões:

1. Indique quais as transformações de energia que ocorrem durante todo o movimento da bola.

Durante o movimento da bola, ocorrem transformações de energia. Assim, considerando o solo como nível de referência:

- Quando a bola se aproxima do solo, a energia potencial gravítica diminui, transformando-se em energia cinética de translação;
- Quando a bola se afasta do solo, a energia cinética de translação diminui e transforma-se em energia potencial gravítica.

2. Será possível considerar o sistema bola como um sistema isolado?

Se considerarmos o sistema (bola) como um sistema isolado, onde não existem transferências de energia ou de massa com o exterior, a energia mecânica mantém-se constante. Significa isto que a energia mecânica inicial do sistema é igual à energia mecânica final do sistema.

$$\Delta E_m = 0 \rightarrow E_{mi} = E_{mf}$$

Considerando então o sistema isolado, a altura de onde é abandonada a bola (altura de queda, (h_q)) seria igual à altura atingida pela bola após o ressalto (altura do ressalto, (h_r)):

$$h_q = h_r$$

Como tal não se verifica, em condições reais, o sistema (bola) não é isolado, ocorrendo trocas de energia com o exterior, no embate da bola com o chão e por efeito da resistência do ar.

3. Porque motivo não há conservação de energia neste sistema? Identifique a dissipação de energia que ocorre.

Tal como já foi referido na alínea anterior o sistema (bola) não é isolado, ocorrendo trocas de energia com o exterior, no embate da bola com o chão e por efeito da resistência do ar.

Estas trocas de energia resultam na dissipação de parte da energia mecânica do sistema. Logo, a energia mecânica do sistema não se conserva.

$$\Delta E_m \neq 0$$

Verificando-se então que a altura de ressalto (h_r) é sempre menor do que a altura a partir da qual a bola foi abandonada.

4. Deduza a expressão que permite determinar o trabalho realizado pelas forças não conservativas no intervalo de tempo compreendido entre a queda e o ressalto.

Considerando que a bola no instante em que é largada, t_q , da altura, h_q , possui a energia mecânica, mgh_q e que no instante t_r , atinge a altura, h_r , e possui a energia mecânica mgh_r , então no intervalo de tempo $\Delta t = t_r - t_q$ a energia mecânica da bola experimentou a seguinte variação de energia mecânica:

$$\Delta E_m = mgh_r - mgh_q$$

A partir da variação da energia mecânica, é possível determinar o trabalho realizado pelas forças não conservativas no mesmo intervalo

$$W(\vec{F}_{\text{nãoconservativas}}) = \Delta E_{\text{mecânica}}$$

5. Justifique, considerando desprezável a resistência do ar, por que razão, depois de cada ressalto, a bola não sobe até à altura de que caiu.

Em cada ressalto, parte da energia mecânica (ou da energia cinética) da bola é dissipada na colisão com o solo. Havendo conservação da energia mecânica enquanto a bola se desloca no ar, a bola não sobe até à altura de que caiu, uma vez que inicia a subida com uma energia mecânica (ou com uma energia cinética) inferior à que tinha imediatamente antes da colisão com o solo.

6. A dissipação de energia ocorrida, bem como a elasticidade do material que constitui a bola, pode ser estimada quando se relaciona com o coeficiente de restituição (e) o qual pode ser determinado pela expressão

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}}$$

6.1. O que sucederia se fossem usadas bolas de diferentes materiais (bolas de basquetebol, de voleibol, de futebol ...)?

Se fossem usadas bolas diferentes o coeficiente de restituição seria diferente.

O coeficiente de restituição, por exemplo, para uma bola de futebol seria menor do que para uma bola de basquetebol (no basquetebol é importante que a bola ressalte, contrariamente ao que sucede no futebol)

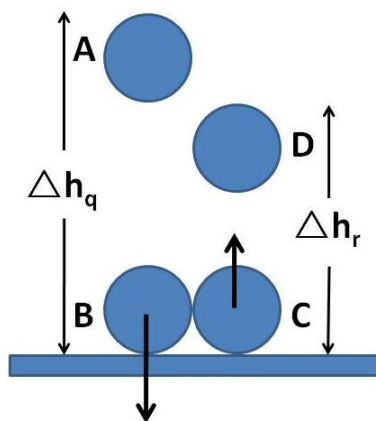
6.2. O que sucederia se fossem usados solos de características diferentes (madeira, borracha, relva), com a mesma bola?

A escolha do piso tendo em conta o desporto a realizar, também é muito importante, já que a altura atingida no ressalto depende do tipo de bola mas também do piso.

6.3. Deduza a expressão $e = \sqrt{\frac{\Delta h_{ressalto}}{\Delta h_{queda}}}$ que revela que o coeficiente de restituição também se relaciona com a altura de queda (h_q) e a altura do ressalto (h_r).

Tendo em conta as expressões que traduzem a conservação da energia mecânica correspondente:

- Descida da bola até antes do ressalto;
- Subida da bola após o ressalto.



- A – Altura de lançamento
- B – Ponto imediatamente antes de tocar no solo;
- C – Ponto imediatamente depois de tocar no solo;
- D – Altura do ressalto

Considerando apenas a dissipação de energia resultante do impacto da bola com o solo, verificam-se as seguintes condições

$$E_{mA} = E_{mB}$$

$$E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB}$$

$$0 + mg\Delta h_q = 0 + \frac{1}{2}mv_{ap}^2$$

$$g\Delta h_q = \frac{1}{2}v_{ap}^2 \quad (1)$$

$$E_{mC} = E_{mD}$$

$$E_{cC} + E_{pC} = E_{cD} + E_{pD}$$

$$\frac{1}{2}mv_{af}^2 + 0 = 0 + mg\Delta h_r$$

$$\frac{1}{2}v_{af}^2 = g\Delta h_r \quad (2)$$

Dividindo membro a membro as expressões (1) e (2) obtém-se

$$\frac{g\Delta h_q}{g\Delta h_r} = \frac{\frac{1}{2}v_{ap}^2}{\frac{1}{2}v_{af}^2} \leftrightarrow \frac{\Delta h_q}{\Delta h_r} = \frac{v_{ap}^2}{v_{af}^2} \leftrightarrow \frac{v_{ap}}{v_{af}} = \sqrt{\frac{\Delta h_q}{\Delta h_r}} \leftrightarrow e = \sqrt{\frac{\Delta h_q}{\Delta h_r}}$$

6.4. Qual a relação entre o declive (m) resultante do traçado gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda.

Sabendo que $m = \frac{\Delta h_q}{\Delta h_r}$ e tendo em conta o resultado obtido em 6.3 pode concluir-se que $e = \sqrt{m}$