

FORÇAS DEPENDENTES DE VELOCIDADE

I. Resistência do ar e a segunda lei de Newton

Suponha que você leve uma bola de borracha pequena para o alto de um edifício muito alto e a deixe cair a partir do repouso em $t = 0$. A partir de um instante posterior $t = t_0$, a bola passa a se mover com *velocidade constante*. (A velocidade constante alcançada pela bola ao cair é chamada *velocidade terminal*.)

- A. No espaço abaixo desenhe diagramas de corpo livre separados para a bola (i) em $t = 0$, e (ii) logo após ela ter alcançado a velocidade terminal. Rotule as forças com clareza.

O que se pode dizer a respeito da aceleração da bola (i) em $t = 0$? (ii) em $t = t_0$? Discuta seus módulos, direção e sentido. Explique como você pode usar seus diagramas de corpo livre para apoiar suas respostas.

- B. No espaço à direita, esboce um gráfico qualitativamente correto de velocidade em função do tempo (v vs. t) para a bola. Em seu gráfico identifique com clareza o instante $t = t_0$ no eixo horizontal.



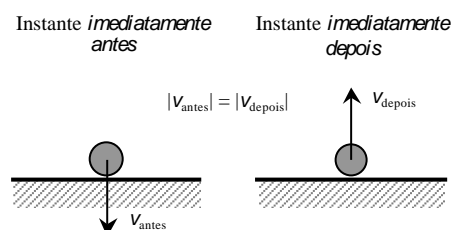
Usando o mesmo par de eixos acima, represente *como seria* o gráfico v vs. t correto se *não houvesse* resistência do ar. Assegure-se que seu gráfico seja consistente com seu primeiro gráfico de v vs. t .

Descreva em palavras como você assegurou que os dois gráficos v vs. t sejam consistentes entre si.

✓ **CONFIRA** seus resultados com o instrutor!

Forças dependentes de velocidade

- C. Imagine agora que você deixe a bola cair a partir da altura de seu ombro. Suponha que o módulo da velocidade para cima que a bola tem *imediatamente depois* de perder contato com o solo seja exatamente igual ao módulo de sua velocidade para baixo *imediatamente antes* de entrar em contato com o solo.



(Suponha que a bola nunca alcance a velocidade terminal, mas continue levando em conta a resistência do ar.)

1. Considere a seguinte conversa entre dois estudantes:

Estudante 1: "A aceleração é obtida a partir da velocidade, que tem o mesmo módulo nos dois instantes. Isto significa que a bola tem a mesma aceleração nos dois instantes."

Estudante 2: "Certo. De fato, a bola tem a mesma velocidade nos dois instantes, logo a força de resistência do ar também é a mesma, e portanto o mesmo se pode dizer da força resultante, que será a mesma nos dois instantes."

No espaço abaixo, diga se você *concorda com* ou *discorda de* cada um dos estudantes. Justifique sua afirmação.

2. Desenhe diagramas de corpo livre separados para a bola (i) imediatamente antes dela entrar em contato com o solo, e (ii) imediatamente depois de perder contato com o solo. Atribua um rótulo claro a cada uma das forças nestes diagramas.

Baseie-se em seus resultados para determinar em que instante a aceleração da bola tem *maior* módulo: (i) imediatamente antes de chegar ao solo, ou (ii) imediatamente depois de perder contato com o solo, ou ainda (iii) ela tem mesmo módulo nos dois instantes. Explique seu raciocínio.

3. Releia as duas afirmações feitas pelos estudantes na parte 1. Você concorda ou discorda de cada uma delas?

Se você discorda de alguma das afirmações dos estudantes, identifique o erro específico no raciocínio usado pelo estudante. Discuta seu raciocínio com seus parceiros.

✓ **CONFIRA** seus resultados com o instrutor!

Forças dependentes de velocidade

Para o resto dos exercícios desta atividade vamos considerar o movimento de objetos esféricos que caem verticalmente no ar (ou algum outro fluido viscoso). Neste caso, a força de resistência do ar será tratada como sendo (i) proporcional ao módulo da velocidade do objeto (bv), ou (ii) proporcional ao quadrado da velocidade (cv^2), ou ainda (iii) uma combinação dos dois termos anteriores (linear e quadrática).

II. Cálculo da velocidade terminal

Ao responder as questões que se seguem, use o sentido vertical para baixo como o sentido positivo na direção y .

(Em outras palavras $+\hat{y}$ aponta para baixo.)

A. Suponha que uma bola pequena se mova para baixo, com componente y da velocidade v_y

Partindo da 2ª lei de Newton, escreva uma equação que inclua a aceleração dv_y/dt da bola e todos os termos de força relevantes (mg , bv_y , e cv_y^2). Em particular, decida com cuidado que sinal (se “+” ou “-”) deve afetar cada um dos termos individuais. Discuta seu raciocínio com seus parceiros.

B. Como sua equação da parte A seria diferente se a bola estivesse se movendo para cima? Explique. (*Dica*: Qual o sinal de v_y neste caso, e como sua equação deve ser alterada por causa disso?)

✓ **CONFIRA** seus resultados com o instrutor!

Forças dependentes de velocidade

- C. Supondo que a força de resistência do ar exercida dependa de forma puramente *linear* com a velocidade ($b \neq 0, c = 0$), use a equação apropriada para exprimir a velocidade terminal v_t do objeto em termos de b, m , e g .

Confira se sua expressão para v_t tem a dimensão correta. Isto é, determine quais são as unidades apropriadas para b e confirme que sua expressão para v_t resulta ter a unidade apropriada para uma velocidade.