

Física

Aluno

Caderno de Atividades Pedagógicas de Aprendizagem Autorregulada - 04

1ª Série | 4º Bimestre

Disciplina	Curso	Bimestre	Série
Física	Ensino Médio	4º	1ª
Habilidades associadas			
1. Reconhecer as causas da variação de movimentos, associando as intensidades das forças ao tempo de duração das interações, para identificar, por exemplo, que na colisão de um automóvel, o cinto de segurança e o airbag aumentam o tempo de duração da colisão, para diminuir a força de impacto sobre o motorista.			
2. A conservação do momento linear e a identificação de forças para fazer análises, previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem os movimentos.			
3. Reconhecer a conservação do momento linear, e por meio dela as condições impostas aos movimentos.			

Apresentação

A Secretaria de Estado de Educação elaborou o presente material com o intuito de estimular o envolvimento do estudante com situações concretas e contextualizadas de pesquisa, aprendizagem colaborativa e construções coletivas entre os próprios estudantes e respectivos tutores – docentes preparados para incentivar o desenvolvimento da autonomia do alunado.

A proposta de desenvolver atividades pedagógicas de aprendizagem autorregulada é mais uma estratégia para se contribuir para a formação de cidadãos do século XXI, capazes de explorar suas competências cognitivas e não cognitivas. Assim, estimula-se a busca do conhecimento de forma autônoma, por meio dos diversos recursos bibliográficos e tecnológicos, de modo a encontrar soluções para desafios da contemporaneidade, na vida pessoal e profissional.

Estas atividades pedagógicas autorreguladas propiciam aos alunos o desenvolvimento das habilidades e competências nucleares previstas no currículo mínimo, por meio de atividades roteirizadas. Nesse contexto, o tutor será visto enquanto um mediador, um auxiliar. A aprendizagem é efetivada na medida em que cada aluno autorregula sua aprendizagem.

Destarte, as atividades pedagógicas pautadas no princípio da autorregulação objetivam, também, equipar os alunos, ajudá-los a desenvolver o seu conjunto de ferramentas mentais, ajudando-o a tomar consciência dos processos e procedimentos de aprendizagem que ele pode colocar em prática.

Ao desenvolver as suas capacidades de auto-observação e autoanálise, ele passa a ter maior domínio daquilo que faz. Desse modo, partindo do que o aluno já domina, será possível contribuir para o desenvolvimento de suas potencialidades originais e, assim, dominar plenamente todas as ferramentas da autorregulação.

Por meio desse processo de aprendizagem pautada no princípio da autorregulação, contribui-se para o desenvolvimento de habilidades e competências fundamentais para o aprender-a-aprender, o aprender-a-conhecer, o aprender-a-fazer, o aprender-a-conviver e o aprender-a-ser.

A elaboração destas atividades foi conduzida pela Diretoria de Articulação Curricular, da Superintendência Pedagógica desta SEEDUC, em conjunto com uma equipe de professores da rede estadual. Este documento encontra-se disponível em nosso site www.conexaoprofessor.rj.gov.br, a fim de que os professores de nossa rede também possam utilizá-lo como contribuição e complementação às suas aulas.

Estamos à disposição através do e-mail curriculominimo@educacao.rj.gov.br para quaisquer esclarecimentos necessários e críticas construtivas que contribuam com a elaboração deste material.

Secretaria de Estado de Educação

Caro aluno,

Neste caderno você encontrará atividades diretamente relacionadas a algumas habilidades e competências do 4º Bimestre do Currículo Mínimo de Física da 1ª Série do Ensino Médio. Estas atividades correspondem aos estudos durante o período de um mês.

A nossa proposta é que você, Aluno, desenvolva estas Atividades de forma autônoma, com o suporte pedagógico eventual de um professor, que mediará as trocas de conhecimentos, reflexões, dúvidas e questionamentos que venham a surgir no percurso. Esta é uma ótima oportunidade para você desenvolver a disciplina e independência indispensáveis ao sucesso na vida pessoal e profissional no mundo do conhecimento do século XXI.

Neste Caderno de Atividades, vamos aprender sobre um princípio muito importante da ciência, o princípio da conservação da quantidade de movimento. Este foi um dos princípios utilizados pelos cientistas para poder estudar o núcleo atômicos e as partículas que o compõem.

a Teoria da Relatividade de Albert Einstein e como esta teoria mudou as nossas concepções seculares sobre o tempo e o espaço e com isso a nossa própria concepção sobre o universo.

Este documento apresenta 3 (três) Aulas. As aulas podem ser compostas por uma **explicação base**, para que você seja capaz de compreender as principais ideias relacionadas às habilidades e competências principais do bimestre em questão, e **atividades** respectivas. Leia o texto e, em seguida, resolva as Atividades propostas. As Atividades são referentes a dois tempos de aulas. Para reforçar a aprendizagem, propõe-se, ainda, uma **pesquisa** e uma **avaliação** sobre o assunto.

Um abraço e bom trabalho!

Equipe de Elaboração

Sumário

+ Introdução.....	03
+ Aula 01: Física Clássica.....	05
+ Aula 02: Teoria da Relatividade Restrita.....	11
+ Aula 03: Dilatação do tempo e contração do espaço.....	16
+ Avaliação.....	25
+ Pesquisa:	27
+ Referências.....	28

Aula 1: Impulso e quantidade de movimento

No segundo bimestre vimos que a segunda lei de Newton expressa a mudança no estado de movimento de um corpo a partir da atuação de uma força neste mesmo corpo, vimos também que a segunda lei de Newton pode ser expressa matematicamente pela fórmula abaixo:

$$\vec{F} = m.\vec{a}$$

Por meio desta expressão podemos entender que a aceleração adquirida por um corpo é uma consequência das forças que atuam sobre ele. A massa representa uma resistência a essa mudança no estado do movimento, quanto maior for a massa menor será a aceleração aplicada ao corpo.

Entretanto esta expressão somente é válida quando a massa é constante, para o caso onde isto não ocorre precisamos expressar a segunda lei de Newton de outra maneira, mais precisamente na forma como o próprio Isaac Newton descreveu a segunda lei:

$$\vec{F}.\Delta t = \Delta m.\vec{V}$$

Além de esta forma ser mais geral ela também é mais intuitiva, pois relaciona o tempo e a força com a mudança no estado do movimento, na maioria dos casos uma mudança na velocidade.

O produto entre a força e o intervalo de tempo define uma nova grandeza física, o impulso (I), cuja unidade é o Newton vezes segundo (N.s). Já o produto entre a massa e a velocidade define outra grandeza física, a quantidade de movimento (Q), cuja unidade é o quilograma vezes metros por segundo (kg.m/s). Podemos então, a partir da definição destas novas grandezas, enunciar o **teorema do impulso**: o impulso da força resultante aplicado a um corpo provoca uma variação na sua quantidade de movimento, sendo expressa matematicamente pela fórmula abaixo:

$$\vec{I} = \Delta \vec{Q}$$

$$\vec{I} = \vec{Q} - \vec{Q}_0$$

Exemplo

1) A figura a seguir mostra um bloco de 2,0 kg de massa deslizando sobre um plano horizontal sem atrito. Sua velocidade inicialmente é de 2,0 m/s quando passa a atuar sobre o bloco uma força horizontal F de módulo igual a 4,0 N, a força e a velocidade possuem a mesma direção e sentido.

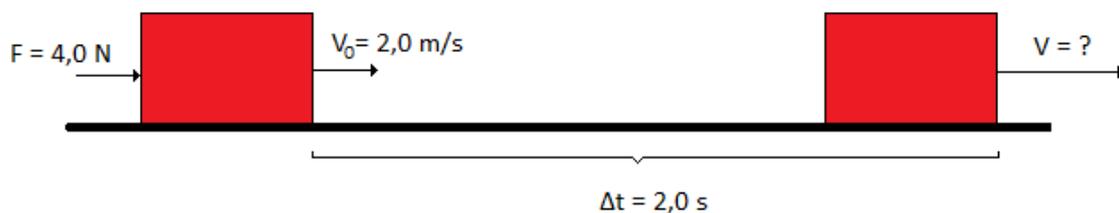


Figura 1 – Bloco deslizando sobre um plano horizontal
(acervo pessoal)

Sabendo que a força atua no bloco durante dois segundos, determine:

- O módulo do impulso da força F durante estes dois segundos.
- A variação da quantidade de movimento do bloco depois dos dois segundos.
- A quantidade de movimento de movimento do bloco antes da força ser aplicada no bloco.
- A quantidade de movimento de movimento do bloco depois que a força parou de ser aplicada no bloco.
- A velocidade do bloco depois que a força parou de ser aplicada no bloco.

Resposta:

a) O impulso é calculado pelo produto da força F e o tempo em que ela se manteve aplicado ao bloco, no caso dois segundos.

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$I = 4 \times 2$$

$$I = 8 \text{ N}\cdot\text{s}$$

b) A variação da quantidade de movimento é o próprio impulso calculado no item anterior.

$$I = \Delta Q$$
$$\Delta Q = 8 \text{ kg.m/s}$$

c) A quantidade de movimento inicial pode ser calculada pela aplicação direta da fórmula.

$$Q_0 = m.V_0$$
$$Q_0 = 2.2$$
$$Q_0 = 4 \text{ kg.m/s}$$

d) A quantidade de movimento final pode ser calculada pela expressão da própria variação da quantidade de movimento.

$$\Delta Q = Q - Q_0$$
$$8 = Q - 4$$
$$Q = 8 + 4$$
$$Q = 12 \text{ kg.m/s}$$

e) A velocidade final pode ser determinada pela fórmula da quantidade de movimento.

$$Q = m.V$$
$$12 = 2.V$$
$$V = 12/2$$
$$V = 6 \text{ kg.m/s}$$

2) (UEL-1996) Um corpo de massa 2,0kg move-se com velocidade constante de 10m/s quando recebe um impulso, em sentido oposto, de intensidade 40N.s. Após a ação do impulso o corpo passa a se mover com velocidade de:

- a) 0,5 m/s, no sentido oposto do inicial.
- b) 0,5 m/s, no mesmo sentido inicial.
- c) 5,0 m/s, no sentido oposto do inicial.
- d) 10 m/s, no mesmo sentido inicial.
- e) 10 m/s, no sentido oposto do inicial.

Resposta: A figura a seguir representa a situação descrita no enunciado, onde o corpo do enunciado está sendo representado por um bloco.



Figura 2 – Bloco deslizando sobre uma superfície horizontal. (acervo pessoal)

O bloco desliza para a direita com uma velocidade inicial de 10 m/s, quando ele sofre a ação de um impulso no sentido oposto ao movimento. O exercício pede para determinar qual a velocidade do bloco. Como o impulso é no sentido inverso do movimento, três coisas podem ocorrer com o bloco:

- 1° - Ele pode continuar se movendo no mesmo sentido, mas com uma velocidade menor;
- 2° - Ele pode parar;
- 3° - Ele passa a se mover no sentido oposto.

Para sabermos o que ocorrerá com o bloco precisamos estabelecer uma orientação para os módulos dos vetores e a partir daí interpretar adequadamente os sinais algébricos, pois são estes sinais que indicam os sentidos dos vetores.

Vamos definir para este exemplo que para direita o sinal dos módulos dos vetores será positivo e que para a esquerda será negativo. Aplicando então o teorema do impulso, teremos o seguinte resultado:

$$\begin{aligned}\vec{I} &= \Delta\vec{Q} \\ -I &= \Delta Q \\ \Delta Q &= -40\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s} \\ Q - Q_0 &= -40 \\ m\cdot V - m\cdot V_0 &= -40 \\ 2\cdot V - 2\cdot 10 &= -40 \\ 2V &= -40 + 20 = -20 \\ V &= -10\text{m}/\text{s}\end{aligned}$$

O sinal negativo na velocidade indica que o sentido do vetor velocidade será para a esquerda, ou seja, no sentido oposto ao do movimento original, a resposta então é letra e.

Atividade 1



Agora aluno, vamos praticar e desenvolver seus conhecimentos.

1) (UDESC-1998) Um garoto atira pedras com um estilingue, de massa 30,0 g cada uma, imprimindo-lhes, a partir do repouso, uma velocidade de 20,0 m/s. Podemos afirmar que o impulso exercido pelo estilingue sobre cada pedra tem um valor igual a:

- a) 0,6 kg.m/s
- b) 0,3 kg.m/s
- c) 0,1 kg.m/s
- d) 6,0 kg.m/s
- e) 3,0 kg.m/s

2) (UFSE-1997) Uma bola de bilhar de massa 400 g, arremessada perpendicularmente contra uma das tabelas da mesa, com velocidade de 20 m/s, retorna com velocidade de 18 m/s. Sabendo que o impacto da bola na tabela teve a duração de 0,02 s, a intensidade média da força que a tabela exerceu na bola, em newtons, foi:

- a) 40 b) 80 c) 380 d) 400 e) 760

3) (ITA-2005) Um automóvel para quase que instantaneamente ao bater frontalmente numa árvore. A proteção oferecida pelo air-bag, comparativamente ao carro que dele não dispõe, advém do fato de que a transferência para o carro de parte do momentum do motorista se dá em condição de:

- a) menor força em maior período de tempo.

- b) menor velocidade, com mesma aceleração.
- c) menor energia, numa distância menor.
- d) menor velocidade e maior desaceleração.
- e) mesmo tempo, com força menor.

Aula 2: Impulso de força variável

Até este momento vimos e analisamos casos onde a força que atua sobre um corpo se mantém constante durante a atuação da força, entretanto, nem sempre é isto que ocorre na natureza, em muitos casos a intensidade da força muda enquanto ela atua sobre o corpo.

Se soubermos como esta força varia com o tempo, pode-se determinar o impulso que ela aplica sobre o corpo durante o intervalo de tempo, basta montarmos um gráfico da força pelo tempo ($F \times t$). O impulso da força poderá ser calculado pela área sob a curva do gráfico para um determinado intervalo de tempo. Veja o gráfico abaixo.

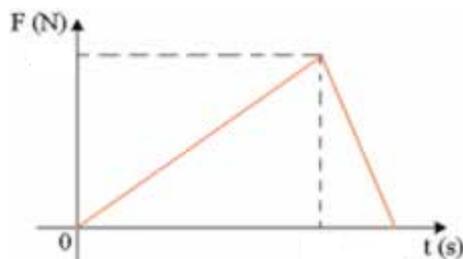
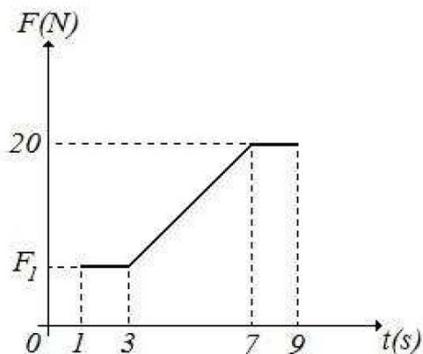


Figura 2 – Gráfico representando uma força variável com o tempo (acervo pessoal).

Ele mostra como a força varia com o tempo, para calcularmos o impulso aplicado por esta força durante sua atuação, bastaria determinar a área do triângulo representado no gráfico.

Exemplo:

1) Uma força horizontal F atua em uma partícula de massa $m = 2 \text{ kg}$, a sua intensidade varia com o tempo de acordo com gráfico abaixo:



a) Determine o módulo da força F sobre a partícula entre os instantes $t_1 = 1 \text{ s}$ e $t_2 = 3 \text{ s}$, sabendo que o impulso ao longo da direção horizontal foi de $30 \text{ N}\cdot\text{s}$ no referido intervalo de tempo.

Resposta: Podemos determinar o módulo da força a partir da fórmula do impulso, bastando determinar o intervalo de tempo em que a força atuou entre os instantes t_1 e t_2 .

$$\Delta t = t - t_0$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta t = 3 - 1$$

$$\Delta t = 2 \text{ s}$$

Uma vez calculado o intervalo de tempo, podemos calcular o módulo da força resultante:

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$30 = F \cdot 2$$

$$F = 15 \text{ N}$$

b) Admitindo-se que a força F seja a força resultante que atua sobre a partícula, determine a variação da quantidade de movimento da partícula entre os instantes $t_2 = 3 \text{ s}$ e $t_3 = 7 \text{ s}$.

Resposta: Como a força F é a força resultante, podemos determinar a variação da quantidade de movimento pelo teorema do impulso, bastando para isso calcular o

próprio impulso durante o intervalo de tempo considerado. Como a força é variável, deve-se determinar o valor do impulso pela área acizentada do gráfico abaixo.

A área destacada corresponde a um trapézio cuja base maior vale 20, a base menor vale 15 e a altura vale 4. Portanto sua área vale:

$$A = (B+b).h/2 = (20+15).4/2 = 70$$

Desta forma o impulso durante este intervalo de tempo é 70 N.s, logo a variação da quantidade de movimento pode ser calculada pela expressão abaixo:

$$I = \Delta Q$$

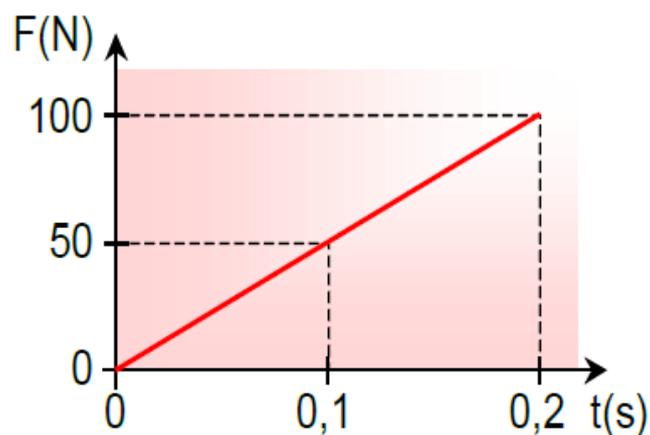
$$\Delta Q = 70 \text{ kg.m/s}$$

Atividade 2



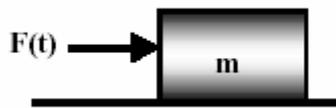
Agora aluno, vamos praticar e desenvolver seus conhecimentos.

1) (UFPE-2002) A força resultante que atua sobre um bloco de 2,5 kg, inicialmente em repouso, aumenta uniformemente de zero até 100 N em 0,2 s, conforme a figura abaixo. A velocidade final do bloco, em m/s, é:

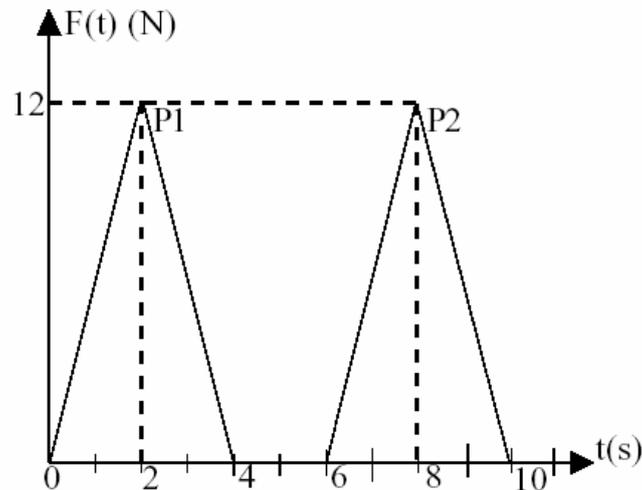


- a) 2,0
- b) 4,0
- c) 6,0
- d) 8,0
- e) 10

2) (Uniuibe-2001) Um corpo de massa $m = 20 \text{ g}$ está inicialmente em repouso em um plano horizontal e sem atrito.



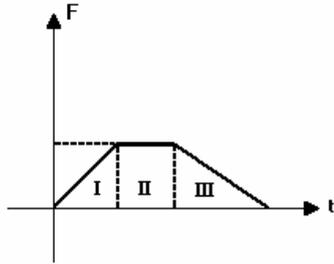
Em um dado instante $t = 0 \text{ s}$, este corpo sofre uma “pancada horizontal” (P1) e, no instante $t = 6 \text{ s}$, sofre uma segunda “pancada horizontal” (P2). A força aplicada sobre o corpo em função do tempo, $F(t)$, devido às “pancadas”, está representada no gráfico abaixo:



As velocidades do corpo, logo após a primeira “pancada”, pouco antes da segunda “pancada” e logo após a segunda “pancada”, serão:

- a) 1200 m/s; 1800 m/s; 2400 m/s
- b) 2400 m/s; 3600 m/s; 4800 m/s
- c) 1200 m/s; 1200 m/s; 2400 m/s
- d) 2400 m/s; 2400 m/s; 4800 m/s

3) (UEL-1994 - adaptado) Um corpo, inicialmente em repouso, é submetido a uma força resultante F , cujo valor algébrico varia com o tempo de acordo com o gráfico a seguir:



Considerando os intervalos de tempo I, II e III, a velocidade do corpo AUMENTA:

- a) apenas no intervalo I.
- b) apenas no intervalo II.
- c) apenas no intervalo III.
- d) apenas nos intervalos I e II.
- e) nos intervalos I, II e III.

Aula 3: Conservação da quantidade de movimento

O que ocorre com a quantidade de movimento se a força resultante for nula? Podemos responder a pergunta pelo próprio teorema do impulso e embora a resposta a esta pergunta seja simples, ela revela um dos princípios mais importantes da ciência, o princípio da conservação da quantidade de movimento.

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{Q}$$

$$0 = \vec{Q} - \vec{Q}_0$$

$$\vec{Q} = \vec{Q}_0$$

Sendo nula a força resultante, conseqüentemente nulo também será o impulso, assim não há variação na quantidade de movimento caso não haja forças resultantes atuando sobre a partícula.

Enunciando desta forma o princípio parece não trazer nenhuma novidade, para compreendermos todo o seu potencial precisamos entender o que é um sistema isolado na ciência e diferenciar o que são forças internas e forças externas.

Sistema isolado

Na ciência, considera-se um sistema isolado um ambiente que não troca nem energia nem matéria com o ambiente, sendo delimitado por uma fronteira completamente restritiva à troca de matéria, à variação de volume e ao calor.

Na prática não existe nenhum sistema conhecido que satisfaça com absoluta precisão estas condições, mas conseguem-se muito boas aproximações para alguns ambientes ao longo intervalos de tempo suficientemente grandes. Bons exemplos de sistemas isolados são uma garrafa térmica e uma caixa de isopor.

Para pequenos intervalos de tempo, na ordem dos minutos, estes exemplos podem ser considerados sistemas isolados. Ambos constituem um ambiente com fronteiras muito bem definidas e que não trocam nem matéria nem energia com o

meio ao seu redor. Podemos assim afirmar que os corpos no interior da garrafa térmica ou do isopor estão isolados do meio externo.

Não é necessária a existência de um artefato ou utensílio para que se estabeleça um sistema isolado, em muitos casos os fenômenos que se desejam estudar ocorrem em intervalos de tempo muito curtos e pode-se tranquilamente considerar o ambiente onde estes fenômenos ocorrem como sistemas isolados. Os choques entre as bolas de bilhar são um bom exemplo.

Vamos limitar o ambiente à própria mesa onde ocorre o jogo. Este ambiente não é um sistema isolado, a própria tacada representa uma transferência de energia do ambiente externo para o sistema, mas digamos que nosso interesse esteja apenas em estudar as colisões que ocorrem entre as bolas de bilhar, ignorando quaisquer outros fenômenos existentes no jogo.

Neste caso, durante o pequeno intervalo de tempo que antecede a colisão ao momento posterior a ela, podemos considerar este ambiente como um ambiente isolado. Durante a colisão não ocorre nem transferência de energia nem de matéria, assim podemos considerar, durante este pequeno intervalo de tempo, a mesa de bilhar como um sistema isolado.

Na maioria dos casos, as constituintes do sistema representam o próprio sistema. A massa do sistema é a soma das massas das constituintes do sistema, o volume dos sistemas é a soma do volume das constituintes do sistema e por aí vai. Continuemos no caso das bolas de bilhar:

A quantidade de movimento do sistema (Q_S) é a soma das quantidades de movimento das bolas A e B, assim como a variação da quantidade de movimento do sistema (ΔQ_S) é a soma da variação da quantidade de movimento das bolas A e B:

$$\vec{Q}_S = \vec{Q}_A + \vec{Q}_B$$
$$\Delta \vec{Q}_S = \Delta \vec{Q}_A + \Delta \vec{Q}_B$$

Forças internas e forças externas e a conservação da quantidade de movimento

Vamos continuar no nosso exemplo da mesa de bilhar e analisar os fenômenos decorrentes de uma colisão. Vamos imaginar que na mesa de bilhar só existem duas bolas, que chamaremos de bola A e bola B. Como representa a figura a seguir:

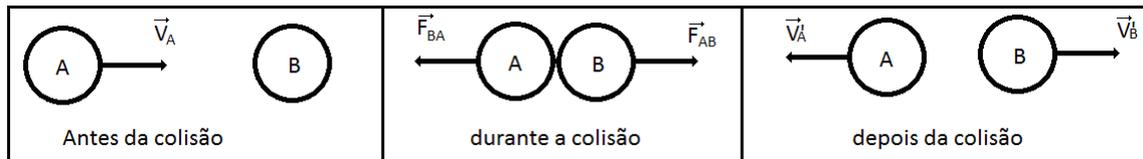


Figura 3 – Colisão entre duas bolas de bilhar (acervo pessoal)

As duas bolas são exatamente iguais, possuindo, portanto, a mesma massa. Antes da colisão a bola B estava em repouso e a bola movia-se no plano horizontal com uma velocidade inicial V_A . Ocorre a colisão e depois dela a bola B passa a se mover com velocidade final V'_B e a bola A passa a se mover com velocidade final V'_A .

Podemos perceber claramente que o estado de movimento das duas bolas mudou depois da colisão. A bola A inverteu o seu sentido enquanto que a bola B passa a se movimentar. Podemos também afirmar com segurança que as quantidades de movimento individuais de cada uma das bolas mudaram depois da colisão. Até aqui, nenhuma novidade, mas vamos analisar com um pouco mais de atenção a própria colisão em si.

Durante o choque aparecem duas forças decorrentes da colisão, F_{AB} e F_{BA} ¹. Estas duas forças compõem um par de ação e reação, logo a intensidade das forças é igual, assim como o intervalo de tempo na qual as forças atuam sobre as bolas de bilhar. Sendo iguais a intensidade das forças e os intervalos de tempo em que as forças atuam sobre as bolas, podemos concluir que intensidade e a direção dos impulsos também são iguais, possuindo apenas sentidos opostos, ou seja:

$$\vec{I}_{AB} = -\vec{I}_{BA}$$

¹ Podemos definir F_{AB} como a força que a bola A exerce na bola B e F_{BA} como a força que a bola B exerce na bola A.

Mas o impulso que A exerce em B é igual à variação da quantidade de movimento de B (ΔQ_B), da mesma forma que o impulso que B aplica em A é igual à variação da quantidade de movimento de A (ΔQ_A). Logo:

$$\Delta \vec{Q}_B = -\Delta \vec{Q}_A$$
$$\Delta \vec{Q}_B + \Delta \vec{Q}_A = 0$$

Este resultado indica que a soma vetorial das variações das quantidades de movimento das duas bolas de bilhar se anulam. Mas nós vimos anteriormente que a soma das variações das quantidades de movimento das bolas de bilhar era a variação da quantidade de movimento do próprio sistema, então:

$$\Delta \vec{Q}_S = \Delta \vec{Q}_A + \Delta \vec{Q}_B = 0$$
$$\vec{Q}_S - \vec{Q}_{0S} = 0$$
$$\vec{Q}_S = \vec{Q}_{0S}$$

Dito isto podemos concluir que durante uma colisão a quantidade de movimento do sistema se conserva. Entretanto, pelo que vimos no início desta aula, para que isto ocorra é preciso que a força resultante que atue sobre o sistema seja nula, mas vimos que durante as colisões aparecem forças resultantes sobre as bolas de bilhar A e B. Como explicar esta aparente contradição? Para responder a esta pergunta é que diferenciamos as forças internas das forças externas.

As forças internas, como o próprio nome diz, são forças que atuam somente no interior do sistema, desta forma os pares de ação e reação das forças estão no interior do sistema. Quando isto ocorre estas forças são ditas internas. E, como foi apresentado, forças internas não alteram a quantidade de movimento do sistema.

Já as forças externas podem atuar no interior do sistema, mas a reação a estas forças não estará no interior do sistema. O taco do jogo de bilhar é um exemplo. Quando o jogador dá uma tacada, o taco aplica uma força à bola e a reação a esta força atua no taco, embora a ação atue no interior do sistema a reação está no ambiente externo, assim a força produzida pela tacada é uma força externa.

Compreendido a diferença entre forças internas e forças externas e como elas atuam na quantidade de movimento de um sistema, pode-se aplicar estes princípios a um grande conjunto de fenômenos associados ao movimento.

Explosões, colisões, disparos de projéteis, lançamentos de carga, foguetes. Todos estes casos envolvem dois ou mais corpos em movimento e estudar os seus movimentos somente pela aplicação das leis de Newton é complicado. Em muitas das situações envolvendo estes casos não se tem conhecimento da intensidade das forças envolvidas e nem da duração de suas atuações, o que dificultaria o estudo destes movimentos. Ao se admitir, entretanto, que os corpos envolvidos nestes fenômenos estão em um sistema isolado, as forças envolvidas no fenômeno podem ser consideradas como forças internas, sendo válido o princípio da conservação da quantidade de movimento. Vejamos alguns exemplos para ilustrar.

Exemplos:

1) Uma peça de artilharia de massa 2 toneladas dispara uma bala de 8 kg. A velocidade do projétil no instante em que abandona a peça é 250 m/s. Calcule a velocidade do recuo da peça, desprezando a ação de forças externas:

Respostas: Ao se desprezar as forças externas, ocorrerá a conservação da quantidade de movimento do sistema, e neste caso as integrantes do sistema são o projétil e o canhão. Aplicando o teorema do impulso a situação, temos o seguinte:

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q}$$

$$0 = \Delta Q$$

$$Q - Q_0 = 0$$

$$Q = Q_0$$

As quantidades de movimento citadas acima se referem à quantidade de movimento do sistema e estas são a soma das quantidades de movimento dos seus integrantes, logo:

$$Q = Q_0$$

$$Q_P + Q_C = Q_{0P} + Q_{0C}$$

Como o projétil e o canhão estão inicialmente em repouso, sua quantidade de movimento inicial são nulas, logo:

$$Q_P + Q_C = Q_{0P} + Q_{0C}$$

$$Q_P + Q_C = 0 + 0$$

$$Q_C = -Q_P$$

$$m_c \cdot V_c = -m_P \cdot V_P$$

Substituindo os valores, temos:

$$m_c \cdot V_c = -m_P \cdot Q_P$$

$$2000 \cdot V_c = -8.250$$

$$V_c = -\frac{2000}{2000} = -1m/s$$

2) (UFPR-1995) Um foguete demonstrativo, inicialmente em repouso, é constituído por um corpo cilíndrico e propelido por um combustível à base de pólvora. Durante a combustão é ejetada horizontalmente uma massa total de 4,0 g com velocidade média de módulo 30m/s em relação ao solo. A combustão dura 4,0s, ao final da qual a massa do foguete vale 50 g. Considere que o foguete apresenta um movimento retilíneo horizontal e despreze as perdas por atrito e resistência do ar.

a) Determine a velocidade do foguete ao final da combustão.

b) Determine a força média horizontal que atua sobre o foguete durante a combustão.

Resposta: a) Neste exercício vamos considerar o foguete e o gás como integrantes de um sistema isolado, assim a força envolvida é considerada como uma força interna. Aplicando então a conservação do movimento ao caso, temos:

$$Q_F + Q_G = Q_{0F} + Q_{0G}$$

$$Q_F + Q_G = 0$$

$$Q_F = -Q_G$$

$$m_F \cdot V_F = -m_G \cdot V_G$$

Substituindo os valores, temos:

$$m_F \cdot V_F = -m_G \cdot V_G$$

$$0,05 \cdot V_F = -0,004 \cdot 30$$

$$V_F = -\frac{0,12}{0,05} = -2,4 \text{ m/s}$$

b) Para calcular a força média que atua sobre o foguete podemos aplicar o teorema de impulso diretamente ao foguete:

$$\vec{I} = \Delta \vec{Q}$$

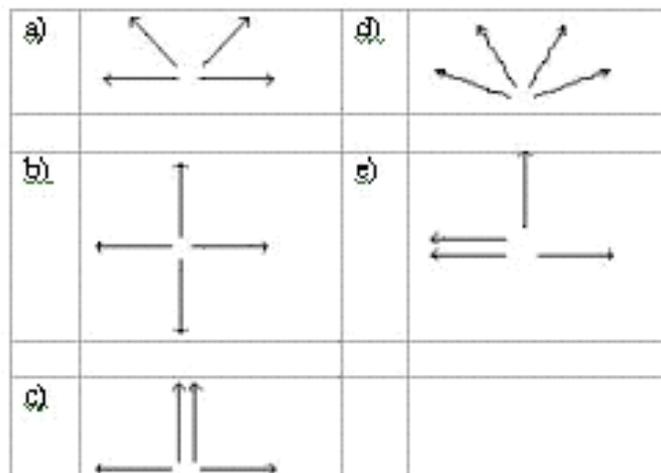
$$F \cdot \Delta t = m_F \cdot V_F$$

$$F \cdot 4 = 50 \cdot 2,4$$

$$F = 120 / 4$$

$$F = 30 \text{ N}$$

3) (UFV) Uma granada em repouso explode em estilhaços. Dentre as figuras abaixo, a que melhor representa o movimento dos estilhaços, imediatamente após a explosão, é:



Resposta: O exemplo aborda o princípio da conservação da quantidade de movimento a partir da análise vetorial dos estilhaços envolvidos. Para este caso, e em situações semelhantes, o vetor da quantidade de movimento final do sistema precisa ser igual ao vetor da quantidade de movimento inicial do sistema.

O enunciado afirma que a granada estava em repouso, logo o vetor da quantidade de movimento inicial do sistema é nulo. A alternativa correta será aquela que a soma vetorial das quantidades de movimento dos quatro estilhaços seja igual à zero, o que ocorre na letra b.

Atividade 3



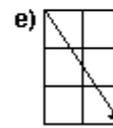
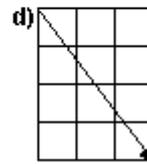
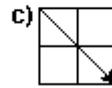
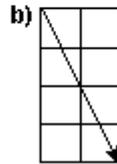
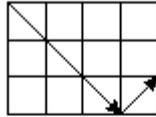
Agora aluno, vamos praticar e desenvolver seus conhecimentos.

1) Quando uma pessoa dispara uma arma vemos que ela sofre um pequeno recuo. A explicação para tal fenômeno é dada:

- a) pela conservação da energia.
- b) pela conservação da massa.
- c) pela conservação da quantidade de movimento do sistema.
- d) pelo teorema do impulso.
- e) pelo teorema da energia cinética.

2) (Unifesp 2009) No quadriculado da figura estão representados, em sequência, os vetores quantidade de movimento da partícula A antes e depois de ela colidir elasticamente com a partícula B, que se encontrava em repouso.

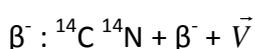
Sabe-se que a soma das energias cinéticas das partículas A e B manteve-se constante, antes e depois do choque, e que nenhuma interação ocorreu com outros corpos. O vetor quantidade de movimento da partícula B após o choque está melhor representado por:



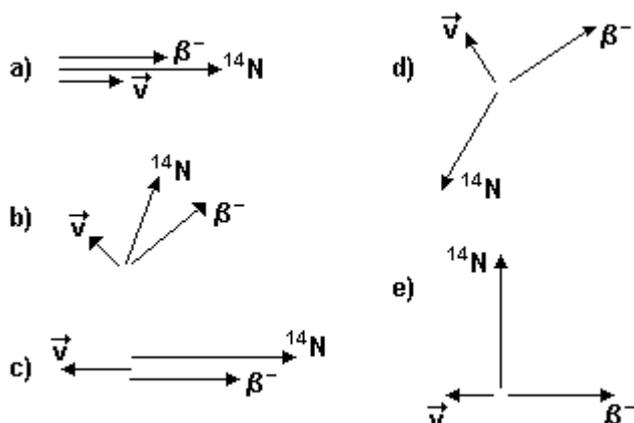
3) (UFSJ) Um jogador de bilhar dá uma tocada numa bola, imprimindo nela uma velocidade de 10 m/s . A bola atinge outra que estava parada e, **após o choque, ambas movem-se juntas** com a mesma velocidade. Considerando que cada bola tenha a massa de $0,4 \text{ kg}$, com que velocidade vão se movimentar após o choque?

Avaliação

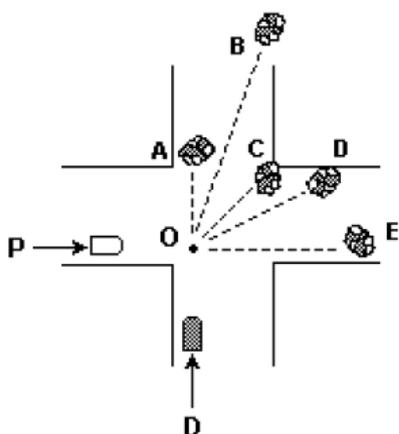
1) (Fuvest 2003) Núcleos atômicos instáveis, existentes na natureza e denominados isótopos radioativos, emitem radiação espontaneamente. Tal é o caso do Carbono-14 (^{14}C), um emissor de partículas beta (β^-). Neste processo, o núcleo de ^{14}C deixa de existir e se transforma em um núcleo de Nitrogênio-14 (^{14}N), com a emissão de um antineutrino $\bar{\nu}$ e uma partícula β^- .



Os vetores quantidade de movimento das partículas, em uma mesma escala, resultantes do decaimento beta de um núcleo de ^{14}C , em repouso, poderiam ser melhor representados, no plano do papel, pela figura: (médio)



2) (FUVEST/2007-adaptada) Perto de uma esquina, um pipoqueiro, P, e um "dogueiro", D, empurram distraidamente seus carrinhos, com a mesma velocidade (em módulo), sendo que o carrinho do "dogueiro" (cachorro-quente) tem o triplo da massa do carrinho do pipoqueiro. Na esquina, eles colidem (em O) e os carrinhos se engancham.



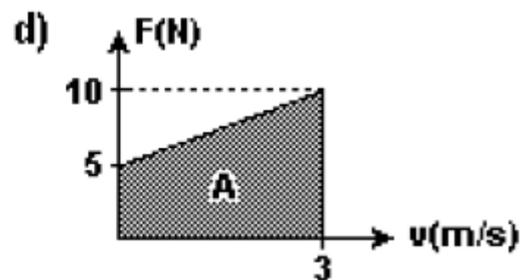
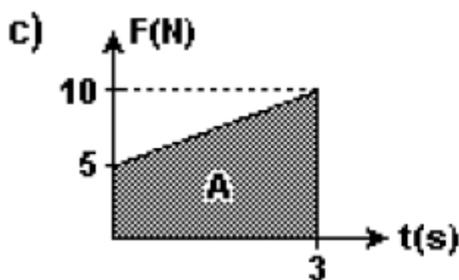
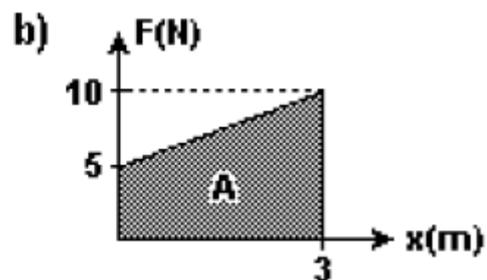
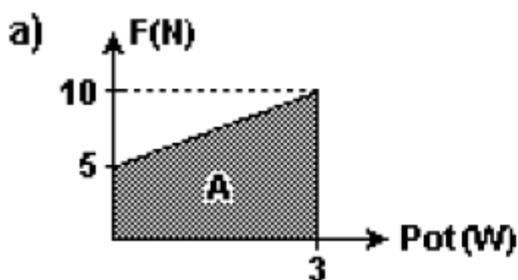
Uma trajetória possível dos dois carrinhos, após a colisão, é compatível com a indicada por (médio)

- a) A
- b) B
- c) C
- d) D

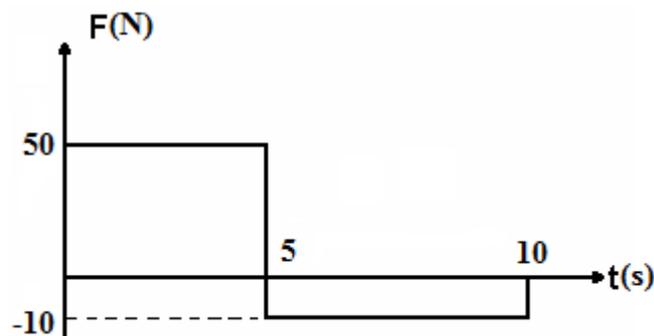
3) Um tijolo de massa m igual a 1Kg é abandonado do repouso, em queda livre. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Após 2 segundos de queda, podemos afirmar que sua Quantidade de Movimento Q : (fácil)

- a) vale 20Kg.m/s , é horizontal e para a direita.
- b) vale 2Kg.m/s , é vertical e para cima.
- c) vale 10Kg.m/s , é horizontal e para a esquerda.
- d) vale 20Kg.m/s , é vertical e para baixo.

4) (UFLA/2003) Os gráficos apresentados a seguir mostram uma área A hachurada sob uma curva. A área A indicada é numericamente igual ao impulso de uma força no gráfico. (fácil)



5) A figura adiante mostra o gráfico da força resultante, agindo num corpo de 50 kg de massa, inicialmente em repouso. Determine a velocidade da partícula depois de 10 segundos. (difícil)



Pesquisa

O estabelecimento do princípio da conservação da quantidade de movimento na física foi extremamente importante para a ciência, pois chamou a atenção dos cientistas para o fato de em alguns fenômenos, observadas certas condições, algumas das grandezas envolvidas nestes fenômenos sempre se conservavam.

Faça uma pesquisa e cite pelo menos dois princípios de conservação de alguma grandeza científica, apresentando exemplos de fenômenos onde as grandezas citadas se conservam. Não vale citar o princípio da conservação da quantidade de movimento.

Referências

[1] P.G. Hewitt, Física Conceitual (Bookman, Porto Alegre, 2002), 9° ed.

Equipe de Elaboração

COORDENADORES DO PROJETO

Diretoria de Articulação Curricular

Adriana Tavares Maurício Lessa

Coordenação de Áreas do Conhecimento

Bianca Neuberger Leda
Raquel Costa da Silva Nascimento
Fabiano Farias de Souza
Peterson Soares da Silva
Marília Silva

PROFESSORES ELABORADORES

Rafael de Oliveira Pessoa de Araujo
Ricardo de Oliveira Freitas
Saionara Moreira Alves das Chagas