



Mecânica Impulsiva e Lei da conservação da quantidade de movimento

Impulso de uma força constante

Por definição, o *impulso* de uma força \vec{F} constante, durante um intervalo de tempo Δt , é a grandeza vetorial dada por:

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

- A direção e o sentido do vetor \vec{I} coincidem com a direção e o sentido do vetor \vec{F} .
- A unidade SI de impulso é o *newton x segundo* (N x s)

Quantidade de movimento ou Movimento linear de um corpo

Por definição, a *quantidade de movimento* de um ponto material de massa m , que num certo instante possui uma velocidade \vec{v} , é a grandeza vetorial dada por:

$$\vec{q} = m \cdot \vec{v}$$

- A orientação do vetor \vec{q} é a mesma do vetor \vec{v} .
- a quantidade de movimento de um sistema de pontos materiais é igual a soma vetorial das quantidades de movimento dos pontos materiais.

$$\vec{Q} = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + \dots + m_n \cdot \vec{v}_n$$



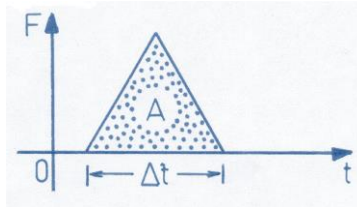
Teorema do Impulso

O impulso da resultante das forças que atuam num ponto material num certo intervalo de tempo é igual à *variação* da quantidade de movimento do ponto material do mesmo intervalo de tempo.

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$$

Gráfico F X t

No gráfico cartesiano da intensidade da força **F** em função do tempo **t**, a área **A** é numericamente igual à intensidade do impulso **I** no intervalo de tempo Δt .



Sistema isolado de forças externas: conservação da quantidade de movimento

Num sistema de pontos materiais, as *forças internas* são as forças recíprocas entre os próprios pontos do sistema; as *forças externas* são as forças sobre os pontos do sistema, que são exercidas por outros pontos não pertencentes ao sistema.

Um sistema de pontos materiais é denominado *isolado de forças externas* quando:

- não existem forças externas;
- existem forças externas, mas sua resultante é nula.

Se o sistema é isolado de forças externas, a resultante dessas forças é nula e também é nulo seu impulso, portanto:

A quantidade de movimento de um sistema de pontos materiais isolados de forças externas permanece constante.

$$\vec{Q}_{inicial} = \vec{Q}_{final}$$



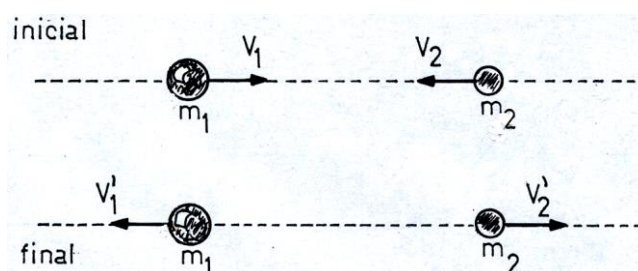
$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

Choques mecânicos

O choque é frontal, central ou direto quando os centros de massa dos corpos que vão colidir se movem sobre uma mesma reta; em caso contrário, o choque é dito oblíquo.

Qualquer choque pode ser considerado um *sistema mecanicamente isolado*, conservando-se, pois, a **quantidade de movimento**. Assim, para uma colisão unidimensional (= linha reta), entre dois corpos de massas m_1 e m_2 , pode-se sempre escrever:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$



Um choque recebe o nome de **elástico**, quando, após a colisão, os corpos **não** permanecem unidos e recebe o nome de **inelástico**, quando após a colisão, os corpos permanecem unidos, dotados da mesma velocidade.

	energia cinética	Quantidade de movimento
elástico	conserva	conserva
inelástico	não conserva	conserva

TREINANDO PARA O ENEM

01. (FURG) Um vagão de trem encontra-se em repouso sobre uma ferrovia. Um segundo vagão, animado com velocidade V , colide com o primeiro, e os dois permanecem engatados após o choque. A lei da física que você aplicaria para determinar a velocidade do conjunto após a colisão é a

- a) da Conservação das Forças de Colisão.
- b) da Conservação da Energia Mecânica.
- c) da Inércia.
- d) da Conservação da Quantidade de Movimento.
- e) da Conservação da Energia Cinética.

02. (UFRGS) Sobre uma mesa horizontal, onde os atritos são desprezíveis, duas esferas iguais (X e Y) colidem frontalmente em um choque elástico. Antes do choque, a velocidade de X é v e depois é $-v$. Quais foram, respectivamente, as velocidades de Y, antes e depois do choque?

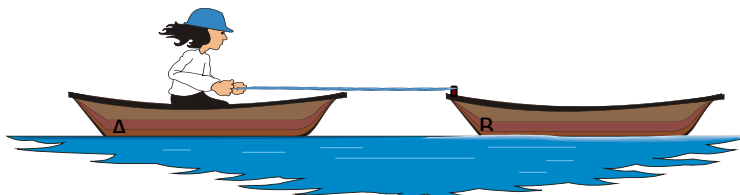
	Antes	Depois
a)	nula	v
b)	v	nula
c)	v	v
d)	$-v$	$-v$
e)	$-v$	v

03. (UFRGS) Quando duas forças de mesma direção e módulos diferentes são exercidas sobre um corpo de massa constante, esse corpo necessariamente:

- a) está iniciando seu movimento.
- b) está com o vetor quantidade de movimento linear apontando em sentido contrário ao da força resultante.
- c) está diminuindo sua velocidade.
- d) encontra-se em movimento, com a velocidade apontando no mesmo sentido da força resultante.
- e) apresenta uma variação em sua quantidade de movimento linear.

04. (UFSC) Na situação apresentada na figura abaixo desconsidere o efeito do atrito.

Estando todas as partes em repouso no início, uma pessoa puxa com sua mão uma corda que está amarrada ao outro barco. Considere que o barco vazio (**B**) tenha a metade da massa do barco mais a pessoa que formam o conjunto (**A**).



Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

01. Após o puxar da corda, o módulo da velocidade de B será o dobro do módulo da velocidade de A.

02. Após a pessoa puxar a corda, ambos os barcos se moverão com a mesma velocidade.

04. É impossível fazer qualquer afirmação sobre as velocidades das partes do sistema ao se iniciar o movimento.

08. Após o puxar da corda, as quantidades de movimento dos barcos apresentarão dependência entre si.

16. Ao se iniciar o movimento, a energia cinética de A é sempre igual à energia cinética de B.

05 (UFRGS) Sobre uma partícula, inicialmente em movimento retilíneo uniforme, é exercida, a partir de certo instante t , uma força resultante cujo módulo permanece constante e cuja direção se mantém sempre perpendicular à direção da velocidade da partícula

Nessas condições, após o instante t ,

- a) a energia cinética da partícula não varia.
- b) o vetor quantidade de movimento da partícula permanece constante.
- c) o vetor aceleração da partícula permanece constante.
- d) o trabalho realizado sobre a partícula é não nulo.
- e) o vetor impulso exercido sobre a partícula é nulo.

Instrução: As questões 6 e 7 referem-se ao enunciado abaixo

A figura que segue representa uma mola, de massa desprezível, comprimida entre dois blocos, de massas $M_1 = 1 \text{ kg}$ e $M_2 = 2 \text{ kg}$, que podem deslizar sem atrito sobre uma superfície horizontal. O sistema é mantido inicialmente em repouso.



Num determinado instante, a mola é liberada e se expande, impulsionando os blocos. Depois de terem perdido contato com a mola, suas velocidades têm módulos $v_1 = 4 \text{ m/s}$ e $v_2 = 2 \text{ m/s}$, respectivamente.

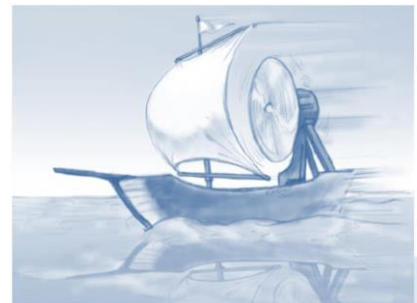
06. (UFRGS) Quanto vale, em $\text{kg}\cdot\text{m/s}$, o módulo da quantidade de movimento total dos dois blocos, depois de perderem contato com a mola?

- a) 0.
- b) 4.
- c) 5.
- d) 12.
- e) 24.

07. (UFRGS) Qual é o valor da energia potencial elástica da mola, em J, antes de ela ser liberada?

- a) 0.
- b) 4.
- c) 5.
- d) 12.
- e) 24.

08. (UFPEL) Um pescador possui um barco a vela que é utilizado para passeios turísticos. Em dias sem vento, esse pescador não conseguia realizar seus passeios. Tentando superar tal dificuldade, instalou, na popa do barco, um enorme ventilador voltado para a vela, com o objetivo de produzir vento artificialmente. Na primeira



oportunidade em que utilizou seu invento, o pescador percebeu que o barco não se movia como era por ele esperado. O invento não funcionou!

A razão para o não funcionamento desse invento é que

- a) a força de ação atua na vela e a de reação, no ventilador.
- b) a força de ação atua no ventilador e a de reação, na água.
- c) ele viola o princípio da conservação da massa.
- d) as forças que estão aplicadas no barco formam um sistema cuja resultante é nula.
- e) ele não produziu vento com velocidade suficiente para movimentar o barco.

09. Uma partícula de massa m e velocidade v colide com outra de massa $3m$ inicialmente em repouso. Após a colisão elas permanecem juntas, movendo-se com velocidade V . Então:

- a) $V = 0$ b) $V = v$ c) $2V = v$ d) $3V = v$ e) $4V = v$

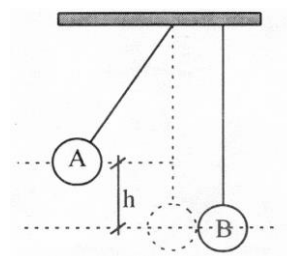
10. Uma bola preta, de massa m e velocidade v , movendo-se sobre uma superfície muito lisa, sofre um choque frontal, perfeitamente elástico, com uma bola vermelha, idêntica, parada. Após a colisão, qual a velocidade da bola preta?

- a) v b) $v/2$ c) 0 d) $-v/2$ e) $-v$

11. Um corpo M , que tem velocidade v e massa m , colide com outro, N , que tem velocidade $-v$ e massa $2m$. Logo após a colisão frontal e idealmente inelástica, M terá velocidade:

- a) $-3v/4$
- b) $-v/2$
- c) $-2v/5$
- d) $-v/3$
- e) $-v/5$

12. (UFSM) As esferas **A** e **B**, mostradas na figura abaixo, tem a mesma massa. A esfera **A** é solta, a partir do repouso, de altura de $h=0,05\text{m}$ e colide elasticamente com a esfera **B**. Considerando a aceleração da gravidade ($g = 10\text{m/s}^2$), a velocidade de **B**, logo após a colisão é, em m/s, de:



- a) 1,0
- b) 10,0
- c) 100,0
- d) 2,0
- e) 3,0

13. (UFSM) Considerando a questão anterior, pode-se afirmar que a altura atingida pela esfera **B**, em metros, é de:

- a) 0,10
- b) 0,05
- c) 0,02
- d) 0,01
- e) 0,00

14. A condição necessária e suficiente para que um corpo tenha quantidade de movimento nula é que:

- a) a soma de todas as forças que atuam sobre o corpo seja nula.
- b) a trajetória do corpo seja retilínea.
- c) a velocidade do corpo seja constante e diferente de zero.
- d) o corpo esteja em repouso.
- e) o corpo esteja em queda livre.

15. O impulso que um corpo recebe de uma força contínua e constante é proporcional à variação:

- a) da energia cinética do corpo.
- b) de temperatura do corpo.
- c) da energia potencial.
- d) da quantidade de movimento.
- e) do espaço percorrido.

16. A quantidade de movimento linear de um objeto de massa m se conserva:

- a) quando o objeto não interage com o resto do universo, isto é, ele está isolado.
- b) quando sua velocidade é constante em módulo.
- c) quando sua velocidade tem sentido constante.
- d) quando sua massa varia.
- e) quando a única força que age sobre o corpo é seu próprio peso.

17. A quantidade de movimento total de um sistema de corpos permanecerá constante somente se

- a) os corpos estiverem sujeitos apenas às forças internas.
- b) as forças internas ao sistema forem conservativas.
- c) o sistema for constituído de um só corpo.
- d) a força resultante sobre cada corpo for nula.
- e) as forças que atuam sobre os corpos forem conservativas.

18. Uma espingarda recua quando dispara um tiro, devido à conservação da:

- a) velocidade
- b) energia
- c) massa
- d) potência
- e) quantidade de movimento.

19. Usa-se, para caça, balas de um determinado peso. Dispõe-se de dois rifles diferentes, que podem atirar essas balas. Por uma questão de conforto pessoal, no momento de atirar, deve-se escolher:

- a) o rifle mais leve.
- b) o rifle mais pesado.
- c) o rifle de cano mais curto.
- d) o rifle de cano mais longo.
- e) é indiferente qual rifle usar.

20. A propulsão de foguetes baseia-se:

- a) na conservação da quantidade de movimento.
- b) na reação de corpos do ambiente.
- c) na conservação da energia.
- d) na atração gravitacional.
- e) na interação eletrostática.

21. (UFSM) Dois corpos sofrem um choque perfeitamente elástico. Considerando o sistema isolado,

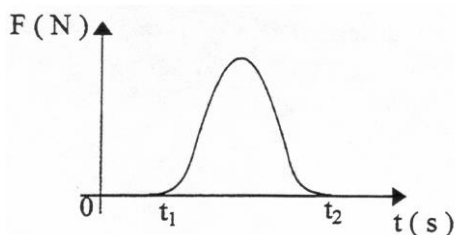
- a) a) a quantidade de movimento, antes do choque, é maior que a quantidade de movimento após o choque.
- b) a energia cinética, antes do choque, é maior que a energia cinética após o choque.
- c) a quantidade de movimento, antes do choque, é menor que a quantidade de movimento, após o choque.
- d) a energia cinética, antes do choque, é menor que a energia cinética após o choque.
- e) a quantidade de movimento, antes do choque, é igual à quantidade de movimento após o choque

22. (UFSM) - As forças internas de um sistema de partículas _____ variações na quantidade de movimento de cada partícula, _____ variações na quantidade de movimento total.

Assinale a alternativa que completa, corretamente, os espaços.

- a) podem causar, mas NÃO causam
- b) podem causar, que resultam em
- c) NÃO podem causar, mas causam
- d) NÃO podem causar, portanto NÃO causam
- e) sempre causam, podendo causar

23. (UFSM) O gráfico representa a força F em função do tempo t aplicada sobre um corpo.



A área sob a curva representa

- a) o trabalho que a força realiza.
- b) a aceleração adquirida pelo corpo.
- c) a potência da força.
- d) a velocidade média do corpo.
- e) o impulso sobre o corpo.

24. (UFSM) Considere um corpo de massa m sobre o qual atua uma força \vec{F} constante durante um intervalo de tempo Δt . O impulso adquirido pelo corpo pode ser expresso como o

- a) o produto da força \vec{F} pelo intervalo de tempo Δt .
- b) quociente da força \vec{F} pelo intervalo de tempo Δt .
- c) produto da massa do corpo pela sua aceleração, no intervalo de tempo Δt .
- d) quociente entre a aceleração produzida pela força \vec{F} e o intervalo de tempo Δt .
- e) produto da massa do corpo pela sua velocidade média.

25 (UFSM) - Uma partícula com uma velocidade de módulo 4m/s se choca com uma partícula parada. Supondo que todo movimento ocorra sobre uma mesma reta e que as partículas, cada qual com massa de 2kg , movam-se juntas após o choque, o módulo de sua velocidade comum (em m/s) é

- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4 e) 5.

26. (UFSM) Um corpo de massa 2kg varia sua velocidade de 10m/s para 30m/s , sob a ação de uma força constante. O impulso da força sobre o corpo é, em Ns ,

- a) 20 b) 30 c) 40 d) 60 e) 80

27. (UFSM) Uma bola de borracha colide perpendicularmente com uma superfície rígida e fixa, em colisão perfeitamente elástica. No início da colisão, a quantidade de movimento da bola é \vec{Q} . A quantidade de movimento da bola, logo após a colisão, é

- a) $\frac{1}{2} \vec{Q}$ b) $-\vec{Q}$ c) $+\vec{Q}$ d) $-2\vec{Q}$ e) $+2\vec{Q}$

28. (UFSM) Assinale falsa (F) ou verdadeira (V) em cada uma das afirmativas.

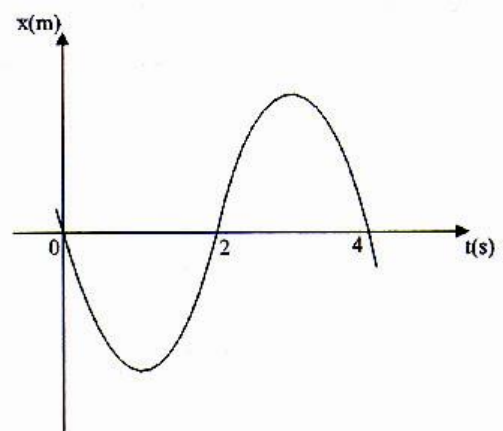
- () O impulso é uma grandeza instantânea.
() A direção e o sentido do impulso são o mesmos da força aplicada sobre o corpo.
() A força que produz o impulso é causada pela interação dos corpos que colidem.
() O impulso mede a quantidade de movimento do corpo.

A sequência correta é

- a) V - V - F - F. b) F - V - V - F.
c) V - F - V - V. d) F - F - F - V.
e) F - V - V - V.

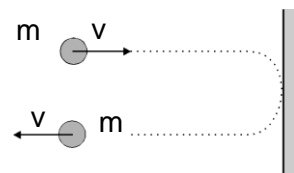
29. (UFRGS) O gráfico mostra a posição x de um corpo em função do tempo t . O movimento ocorre ao longo do eixo Ox . Quantas vezes a quantidade do movimento linear foi nula durante 4s?

- a) nenhuma
b) uma
c) duas
d) três
e) quatro



30. (UCPEL) Uma bola rígida, de massa m e velocidade v , é lançada contra uma parede e rebota com a mesma velocidade. A força média aplicada pela parede, valeu:

- a) $-2mv/\Delta t$
- b) $-mv/\Delta t$
- c) $2mv/\Delta t$
- d) $mv/\Delta t$
- e) $mv/2\Delta t$



31 (PUCRS) Um patinador de 80kg de massa está parado sobre um plano horizontal, segurando em uma das mãos um objeto de 5,0 kg de massa. Em dado instante, ele joga o objeto para a sua frente com velocidade horizontal de 16 m/s. Sendo desprezível as forças de atrito sobre o patinador, pode-se afirmar que o mesmo

- a) permanece imóvel.
- b) desloca-se para frente com velocidade de 1,0 m/s.
- c) desloca-se para trás com velocidade de 1,0 m/s.
- d) desloca-se para frente com velocidade de 8,0 m/s.
- e) desloca-se para trás com velocidade de 16,0 m/s.

32. (UFRGS) Um carrinho de massa "2m" possui uma velocidade v_0 antes de colidir frontalmente com outro carrinho de massa "3m", em repouso. Os dois carrinhos se acoplam, movendo-se juntos com a velocidade igual a:

- a) $\frac{1}{5}v_0$
- b) $\frac{4}{5}v_0$
- c) $\frac{2}{5}v_0$
- d) $\frac{2}{3}v_0$
- e) $\frac{3}{5}v_0$

33. (UFRGS) Um satélite artificial descreve um movimento circular uniforme. Nesse movimento, varia:

- a) o módulo de sua velocidade tangencial.
- b) o módulo da força de atração gravitacional sobre o satélite.
- c) a sua aceleração angular.
- d) a sua velocidade angular.
- e) a sua quantidade de movimento linear.

34. (UFRGS) Um paraquedista cai com velocidade constante. Durante a queda, permanecem constantes a sua

- a) energia potencial gravitacional e energia cinética.
- b) energia potencial gravitacional e aceleração.
- c) energia mecânica e aceleração.
- d) energia cinética e quantidade de movimento linear.
- e) energia potencial gravitacional e quantidade de movimento linear.

35. Uma bola A ($m = 1,0\text{kg}$), com velocidade de $6,0\text{m/s}$ colide com outra bola B ($m = 0,5\text{kg}$), que está parada. Após o choque a bola A adquire uma velocidade de $2,0\text{m/s}$. Obtenha a velocidade da bola B, em m/s .

- a) 2 b) 4 c) 8 d) 10 e) 12

36. (ITA) - Uma massa m_1 em movimento retilíneo com velocidade $8,0 \cdot 10^{-2}\text{m/s}$, colide frontal e elasticamente com outra massa m_2 em repouso, e sua velocidade passa a ser $5,0 \cdot 10^{-2}\text{m/s}$. Se a massa m_2 adquire a velocidade de $7,5 \cdot 10^{-2}\text{m/s}$, podemos concluir que a massa m_1 é:

- a) $10 m_2$
- b) $3,2 m_2$
- c) $0,5 m_2$
- d) $0,04 m_2$
- e) $2,5 m_2$

37. Um objeto de massa 5kg , movimentando-se a uma velocidade de 10m/s , choca-se frontalmente com um segundo objeto de massa 20kg , parado. O primeiro objeto, após o choque, recua com um velocidade de 2m/s . Desprezando-se o atrito, a velocidade do segundo após o choque, em m/s , é de:

- a) 4 b) 6 c) 3 d) 8 e) 2

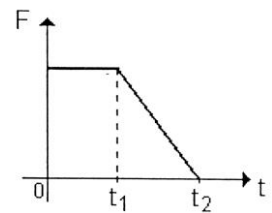
38. (Fuvest) Um vagão **A**, de massa 10.000kg , move-se com velocidade igual a $0,4\text{m/s}$ sobre trilhos horizontais sem atrito até colidir com um outro vagão **B**, de massa 20.000kg , inicialmente em repouso. Após a colisão, o vagão **A** fica parado. A energia cinética final do vagão **B** (em J) vale:

- a) 100 b) 200 c) 400 d) 800 e) 600

39. Quando um próton colide com um nêutron, ambos se unem formando o deutério. Sabendo que as duas partículas têm massas iguais e movem-se em sentidos opostos, com velocidade de 6.000 km/s, para o próton, e 4.000 km/s, para o nêutron, qual a velocidade do deutério formado?

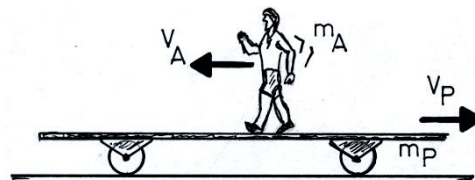
- a) 1.000 km/s
- b) 2.000 km/s
- c) 3.000 km/s
- d) 5.000 km/s
- e) 10 000 km/s

40. (FURG) Um corpo de massa “m” move-se em linha reta e com velocidade constante sobre uma superfície sem atrito. No instante $t = 0$, uma força F , representada no gráfico, passa a atuar sobre o corpo, na mesma direção e sentido do seu movimento. Em relação à velocidade do corpo, podemos afirmar que ela



- a) permanece constante no intervalo 0 a t_1 e o movimento inverte a partir de t_1 .
- b) permanece constante no intervalo de 0 a t_1 e diminui no intervalo de t_1 a t_2 .
- c) permanece constante no intervalo de 0 a t_1 e cresce no intervalo de t_1 a t_2 .
- d) cresce no intervalo de 0 a t_1 mas decresce no intervalo seguinte, chegando ao repouso no instante t_2 .
- e) cresce no intervalo de 0 a t_1 e continua a crescer no intervalo de t_1 a t_2 .

41. (UFSM) Um atleta está parado em uma das extremidades de uma prancha. Admite-se que a prancha está em repouso sobre uma superfície sem atrito, quando o atleta inicia a caminhada até a outra extremidade da prancha. Pode-se então, afirmar que a prancha se desloca.



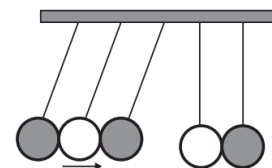
- a) em sentido contrário ao movimento do atleta e pára, quando ele pára na outra extremidade.
- b) em sentido contrário ao movimento do atleta e mantém velocidade constante, quando ele pára na outra extremidade.
- c) no mesmo sentido do movimento do atleta e mantém velocidade constante, quando ele pára na outra extremidade.
- d) no mesmo sentido do movimento do atleta e pára, quando ele pára na outra extremidade.
- e) em sentido contrário ao movimento do atleta, porém retorna à posição inicial quando ele pára na outra extremidade.

42. (UFPEL) Um jogo de bilhar é formado por 4 bolas brancas e 4 bolas vermelhas, todas de mesma massa. Em um certo dia, quando restavam sobre a mesa apenas uma bola branca e uma vermelha, observou-se a seguinte situação: a bola branca, ao colidir com a vermelha, que se encontrava em repouso, ficou totalmente imóvel, enquanto a bola vermelha foi arremessada para uma das caçapas.

Nessa situação idealizada, após a colisão, desprezando o atrito, é correto afirmar que

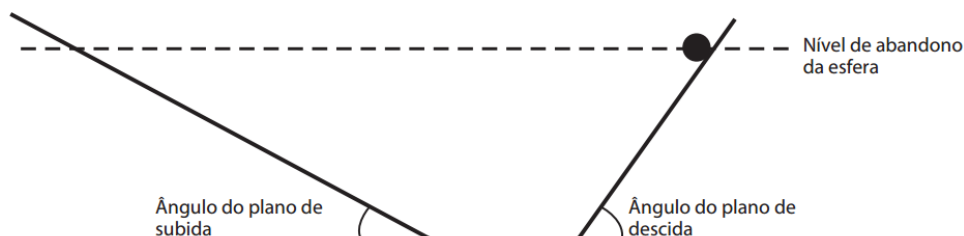
- a) a quantidade de movimento da bola vermelha é o dobro da observada na bola branca antes da colisão.
- b) a aceleração da bola vermelha é três vezes maior que a da bola branca.
- c) a quantidade de movimento da bola vermelha é igual à quantidade de movimento que a bola branca possuía antes da colisão.
- d) a aceleração da bola vermelha é três vezes menor que a da bola branca.
- e) a quantidade de movimento da bola vermelha é a metade da observada na bola branca antes da colisão.

43. (ENEM 2014) O pêndulo de Newton pode ser constituído por cinco pêndulos idênticos suspensos em um mesmo suporte. Em um dado instante, as esferas de três pêndulos são deslocadas para a esquerda e liberadas, deslocando-se para a direita e colidindo elasticamente com as outras duas esferas, que inicialmente estavam paradas. O movimento dos pêndulos após a primeira colisão está representado em



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

44. (ENEM 2014) Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.



Galileu e o plano inclinado. Disponível em: www.fisica.ufpb.br. Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

- manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.
- manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.
- diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.
- diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.
- aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.

Gabarito

1d	2e	3e	4.9	5a	6a	7d	8d	9e	10c
11d	12a	13b	14a	15d	16a	17a	18a	19b	20a
21e	22a	23e	24a	25b	26c	27b	28b	29c	30a
31c	32c	33e	34d	35c	36e	37c	38d	39d	40e
41a	42c	43c	44a						