

Momentum Linier dan Tumbukan

- Konservasi Energi
- Momentum
- Impuls
- Konservasi Momentum
- Tumbukan 1-D
- Tumbukan 2-D
- Pusat Massa



Konservasi Energi

- $\Delta E = \Delta K + \Delta U = 0$ jika kekuatan konservatif adalah satu-satunya kekuatan yang bekerja pada sistem.
- Jumlah energi total dalam sistem adalah konstan.

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f + \frac{1}{2}kx_f^2 = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i + \frac{1}{2}kx_i^2$$

- $\Delta E = \Delta K + \Delta U = -f_k d$ jika gaya gesek terdapat pada sistem.
- Jumlah energi total dalam sistem masih konstan, tetapi perubahan energi mekanik masuk ke "energi internal" atau panas..

$$-f_k d = \left(\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f + \frac{1}{2}kx_f^2 \right) - \left(\frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i + \frac{1}{2}kx_i^2 \right)$$

Momentum Linier

- Ini adalah kuantitas fundamental baru, seperti gaya, energi. Ini adalah kuantitas vektor (searah dengan kecepatan).
- Momentum linear \mathbf{p} dari suatu objek massa m bergerak dengan kecepatan \mathbf{v} didefinisikan sebagai produk dari massa dan kecepatan:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

- Istilah momentum dan momentum linier akan digunakan secara bergantian dalam teks.
- Momentum tergantung pada massa dan kecepatan objek

Momentum dan Energi

- Dua objek dengan massa m_1 dan m_2 memiliki energi kinetik yang sama. Bagaimana membandingkan besarnya momentum?
 - (A) $p_1 < p_2$
 - (B) $p_1 = p_2$
 - (C) $p_1 > p_2$
 - (D) Tidak cukup informasi yang diberikan

Momentum Linier, lanjutan.....

- Momentum linear adalah kuantitas vektor. $\vec{p} = m\vec{v}$
- Arahnya sama dengan arah kecepatan.
- Dimensi momentum adalah ML / T
- Satuan SI momentum adalah kg m / s
- Momentum dapat dinyatakan dalam bentuk komponen:

$$p_x = mv_x \quad p_y = mv_y \quad p_z = mv_z$$

Hukum Newton dan Momentum

- Hukum Kedua Newton dapat digunakan untuk menghubungkan momentum suatu objek dengan gaya yang dihasilkan yang bekerja atasnya.

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$$

- Perubahan momentum objek dibagi dengan interval waktu sama dengan gaya bersih konstan yang bekerja pada objek.

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\text{perubahan momentum}}{\text{interval waktu}} = \vec{F}_{net}$$

Impuls

- Ketika satu, gaya konstan bertindak pada objek, ada **impuls** yang dikirim ke objek.

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

- \vec{I} didefinisikan sebagai impuls
- Kesetaraan itu berlaku bahkan jika gayanya tidak konstan.
- Kuantitas vektor, arahnya sama dengan arah gaya

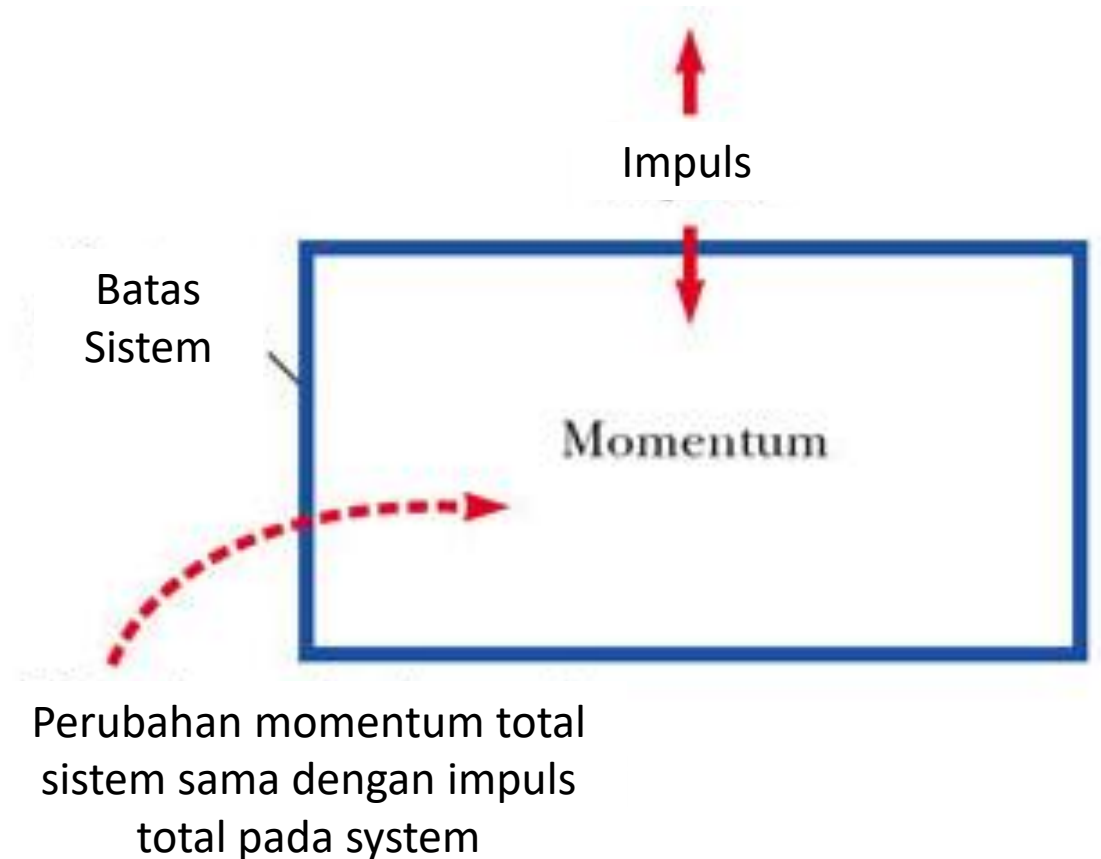
$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\text{perubahan momentum}}{\text{interval waktu}} = \vec{F}_{net}$$

Teorema Impuls-Momentum

- Teorema menyatakan bahwa impuls yang bekerja pada suatu sistem sama dengan perubahan momentum sistem.

$$\Delta \vec{p} = \vec{F}_{net} \Delta t = \vec{I}$$

$$\vec{I} = \Delta \vec{p} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$



Menghitung Perubahan Momentum

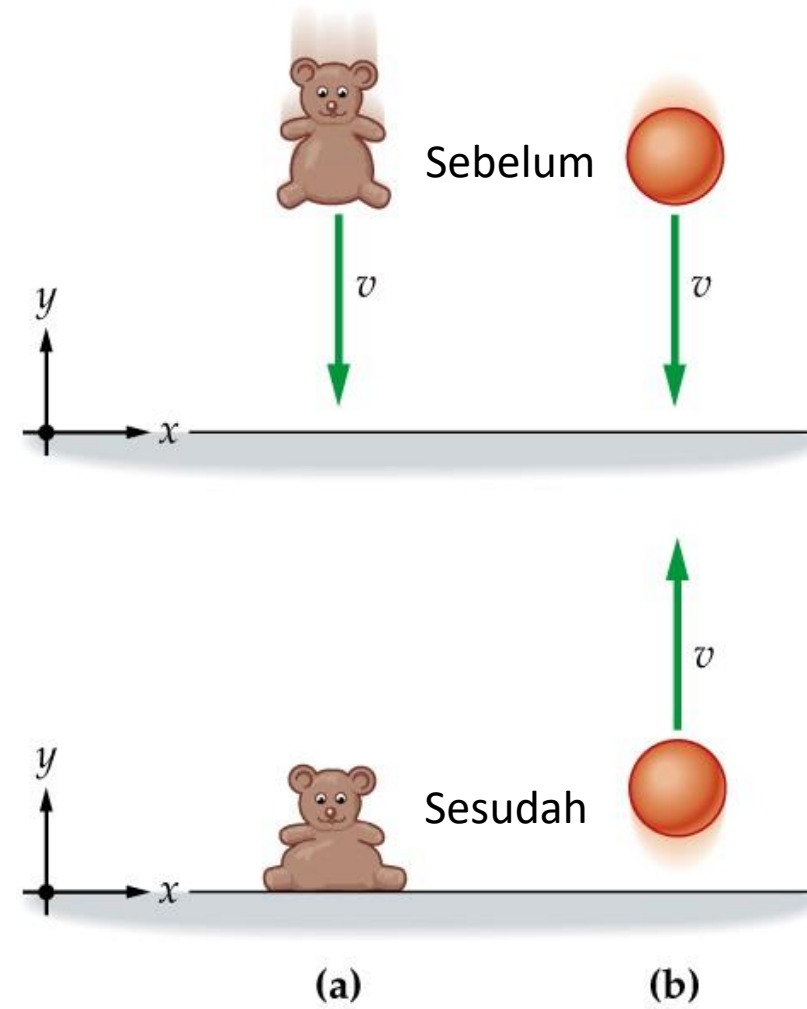
$$\begin{aligned}\Delta \vec{p} &= \vec{p}_{after} - \vec{p}_{before} \\ &= m\vec{v}_{after} - m\vec{v}_{before} \\ &= m(\vec{v}_{after} - \vec{v}_{before})\end{aligned}$$

Untuk beruang Teddy

$$\Delta p = m[0 - (-v)] = mv$$

Untuk bola pantul

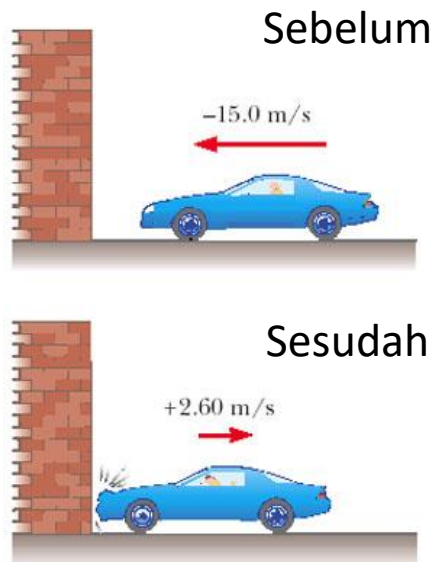
$$\Delta p = m[v - (-v)] = 2mv$$



Seberapa baik bumper mobil?

Dalam tes kecelakaan, mobil massa 1.5×10^3 kg bertumbukan dengan dinding dan memantul seperti pada gambar. Kecepatan awal dan akhir dari mobil adalah $v_i = -15$ m/s dan $v_f = 2.6$ m/s. Jika Tumbukan berlangsung selama 0,15 s, tentukan

- (a) impuls yang dikirim ke mobil karena tumbukan
- (b) ukuran dan arah gaya rata-rata yang diberikan pada mobil



Seberapa baik bumper mobil?

Dalam tes kecelakaan, mobil massa $1.5 \times 10^3 \text{ kg}$ bertumbukan dengan dinding dan memantul seperti pada gambar. Kecepatan awal dan akhir dari mobil adalah $v_i = -15 \text{ m/s}$ dan $v_f = 2.6 \text{ m/s}$. Jika Tumbukan berlangsung selama $0,15 \text{ s}$, tentukan

- (a) impuls yang dikirim ke mobil karena tumbukan
- (b) ukuran dan arah gaya rata-rata yang diberikan pada mobil

$$p_i = mv_i = (1.5 \times 10^3 \text{ kg})(-15 \text{ m/s}) = -2.25 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

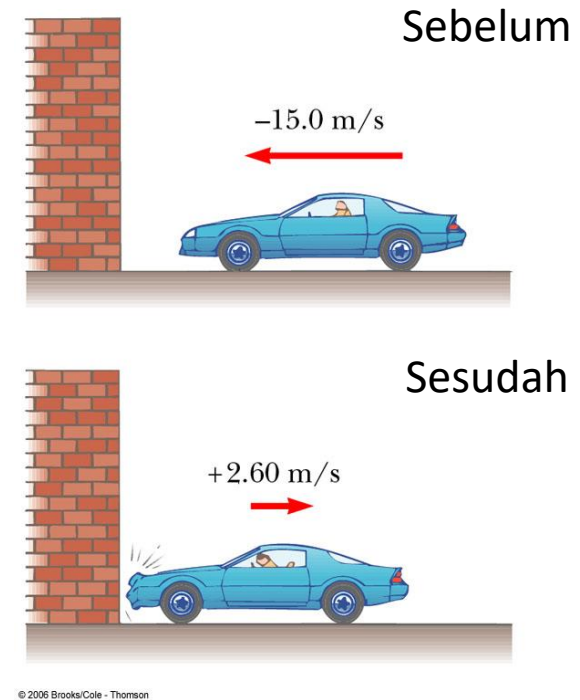
$$p_f = mv_f = (1.5 \times 10^3 \text{ kg})(+2.6 \text{ m/s}) = +0.39 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$I = p_f - p_i = mv_f - mv_i$$

$$= (0.39 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) - (-2.25 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s})$$

$$= 2.64 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{2.64 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{0.15 \text{ s}} = 1.76 \times 10^5 \text{ N}$$



Teorema Impuls-Momentum

- Seorang anak memantulkan superball 100 gr di trotoar. Kecepatan superball berubah dari 10 m / s ke bawah menjadi 10 m / s ke atas. Jika waktu kontak dengan trotoar adalah 0,1s, berapa besar impuls yang diberikan ke superball?
- (A) 0
- (B) 2 kg-m/s
- (C) 20 kg-m/s
- (D) 200 kg-m/s
- (E) 2000 kg-m/s

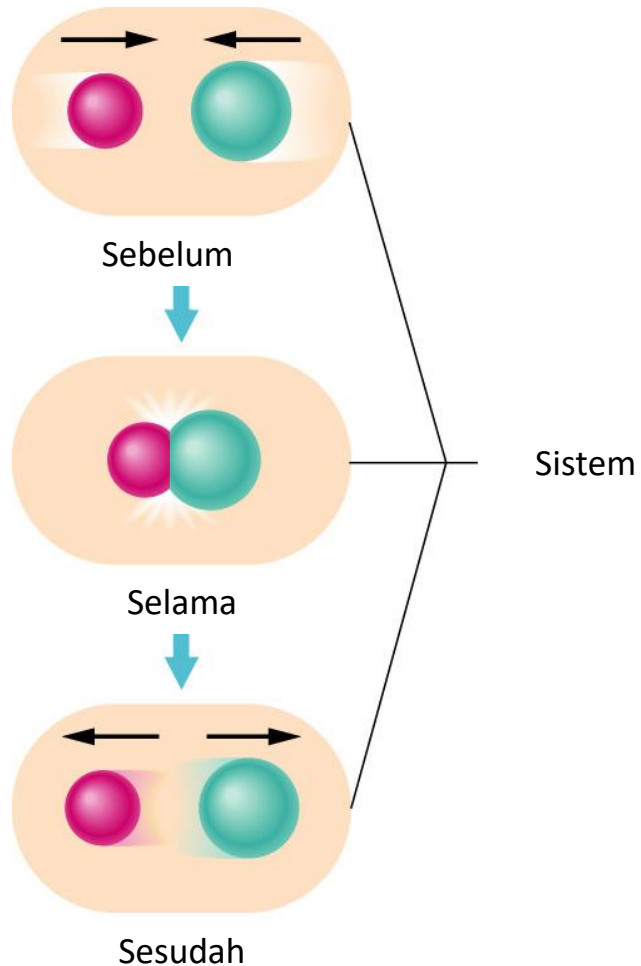
$$\vec{I} = \Delta\vec{p} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$

Teorema Impuls-Momentum 2

- Seorang anak memantulkan superball 100 g di trotoar. Kecepatan superball berubah dari 10 m / s ke bawah menjadi 10 m / s ke atas. Jika waktu kontak dengan trotoar adalah 0,1s, berapa besarnya kekuatan antara trotoar dan superball?
 - (A) 0
 - (B) 2 N
 - (C) 20 N
 - (D) 200 N
 - (E) 2000 N

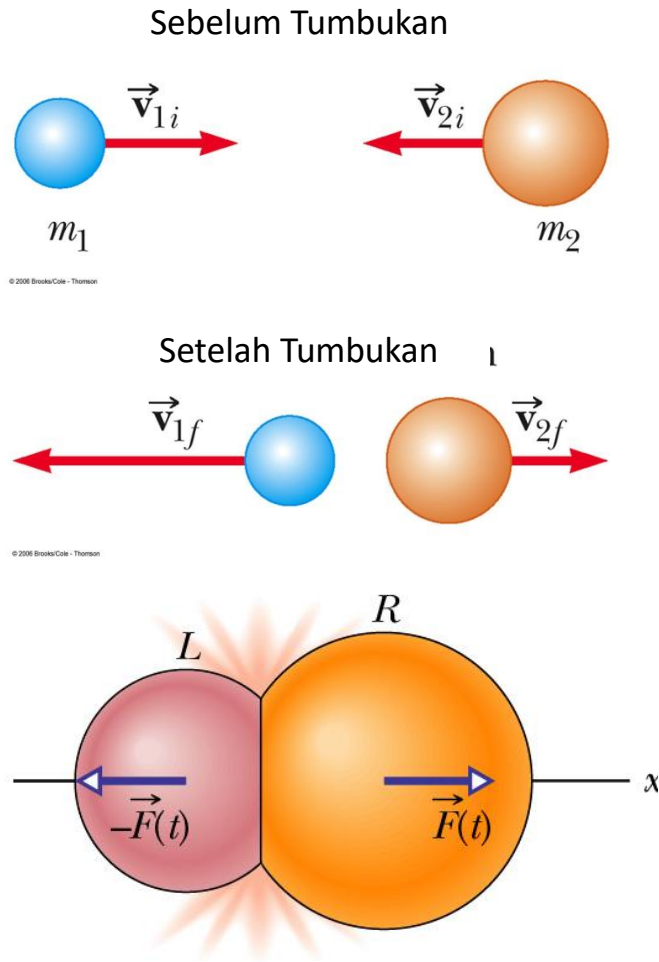
$$\vec{F} = \frac{\vec{I}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m\vec{v}_f - m\vec{v}_i}{\Delta t}$$

Konservasi Momentum



- Dalam sistem yang terisolasi dan tertutup, momentum total sistem tetap konstan dalam waktu.
 - Sistem terisolasi: tidak ada kekuatan eksternal
 - Sistem tertutup: tidak ada massa yang masuk atau pergi
 - Momentum linear dari setiap tubuh yang bertumbukan dapat berubah.
 - Momentum total P dari sistem tidak dapat berubah.

Konservasi Momentum



- Mulai dari teorema impuls-momentum

- $$\vec{F}_{21}\Delta t = m_1\vec{v}_{1f} - m_1\vec{v}_{1i}$$
$$\vec{F}_{12}\Delta t = m_2\vec{v}_{2f} - m_2\vec{v}_{2i}$$

- Dimana

$$\vec{F}_{21}\Delta t = -\vec{F}_{12}\Delta t$$

- Kemudian

$$m_1\vec{v}_{1f} - m_1\vec{v}_{1i} = -(m_2\vec{v}_{2f} - m_2\vec{v}_{2i})$$

- Maka

$$m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i} = m_1\vec{v}_{1f} + m_2\vec{v}_{2f}$$

Konservasi Momentum

- Ketika tidak ada kekuatan eksternal yang bekerja pada sistem yang terdiri dari dua objek yang bertumbukan satu sama lain, momentum total sistem tetap konstan dalam waktu.

$$\vec{F}_{net} \Delta t = \Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$$

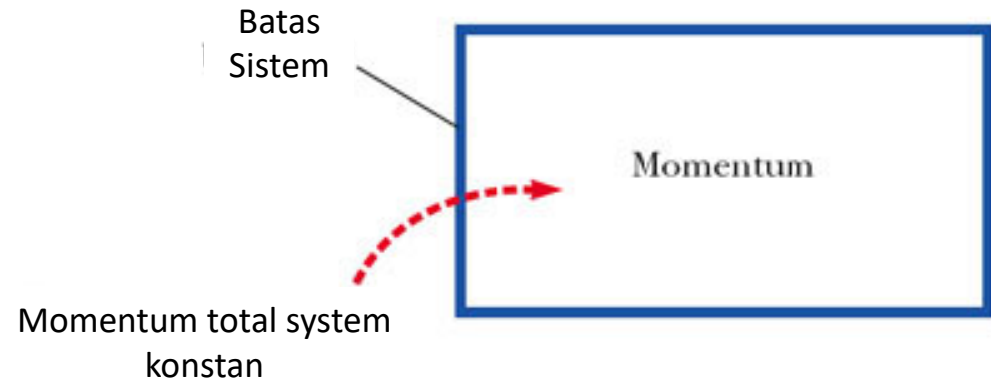
- ketika $\vec{F}_{net} = 0$ maka $\Delta \vec{p} = 0$

- Untuk sistem yang terisolasi

$$\vec{p}_f = \vec{p}_i$$

- Secara khusus, momentum total sebelum Tumbukan akan sama dengan momentum total setelah tumbukan.

$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f}$$



Pemanah

Seorang pemanah berdiri di atas es tanpa gesekan dan menembakkan panah 0,5 kg secara horizontal pada 50,0 m / s. Massa gabungan pemanah dan busur adalah 60,0 kg. Dengan kecepatan berapa pemanah bergerak melintasi es setelah menembakkan panah?

$$p_i = p_f$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$m_1 = 60.0\text{kg}, m_2 = 0.5\text{kg}, v_{1i} = v_{2i} = 0, v_{2f} = 50\text{m} / \text{s}, v_{1f} = ?$$

$$0 = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$v_{1f} = -\frac{m_2}{m_1} v_{2f} = -\frac{0.5\text{kg}}{60.0\text{kg}} (50.0\text{m} / \text{s}) = -0.417\text{m} / \text{s}$$



© 2006 Brooks/Cole - Thomson

Konservasi Momentum

- Seorang pria 100 kg dan wanita 50 kg di atas sepatu es berdiri saling berhadapan. Jika wanita mendorong pria itu ke belakang sehingga kecepatan terakhirnya adalah 1 m/s , pada kecepatan berapa Wanita tersebut mundur?
 - (A) 0
 - (B) 0.5 m/s
 - (C) 1 m/s
 - (D) 1.414 m/s
 - (E) 2 m/s

Jenis-jenis Tumbukan

- Momentum dilestarikan dalam setiap tumbukan
- **Tumbukan inelastis:** bola karet dan bola keras
 - Energi kinetik tidak dilestarikan
 - **Tumbukan inelastis sempurna** terjadi ketika benda-benda tetap bersama-sama.
- **Tumbukan elastis:** bola biliar
 - Momentum dan energi kinetik dilestarikan
- **Tumbukan yang sebenarnya**
 - Sebagian besar Tumbukan jatuh antara Tumbukan elastis dan sempurna inelastis

Ringkasan Tumbukan

- Dalam Tumbukan elastis, momentum dan energi kinetik dilestarikan.
- Dalam Tumbukan inelastis yang tidak sempurna, momentum dilestarikan tetapi energi kinetik tidak. Selain itu, benda-benda tidak menempel bersama-sama.
- Dalam Tumbukan inelastis sempurna, momentum dilestarikan, energi kinetik tidak, dan kedua objek tetap bersama setelah Tumbukan, sehingga kecepatan akhir mereka sama.
- Tumbukan elastis dan inelastis sempurna membatasi kasus, sebagian besar Tumbukan aktual jatuh di antara kedua jenis ini.
- Momentum dilestarikan dalam semua Tumbukan

Lebih lanjut tentang Tumbukan Inelastis Sempurna

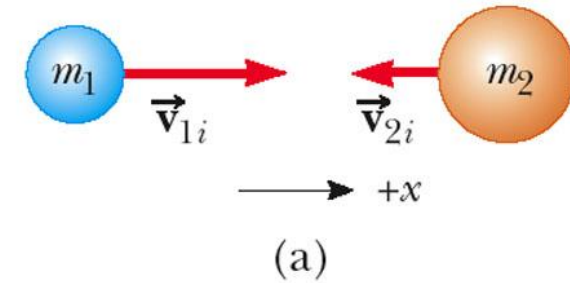
- Ketika dua benda tetap bersama setelah Tumbukan, mereka telah mengalami Tumbukan inelastis yang sempurna.
- Konservasi momentum

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$$

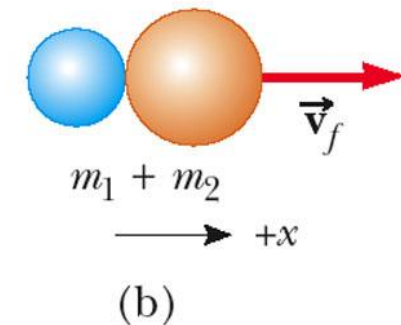
$$v_f = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2}$$

Energi kinetik TIDAK dilestarikan

Sebelum Tumbukan



Sesudah Tumbukan

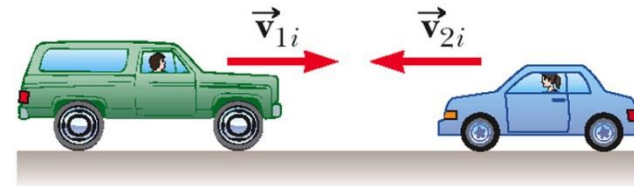


© 2006 Brooks/Cole - Thomson

SUV Lawan Mini

SUV dengan massa 1.80×10^3 kg melintas ke arah Timur $+15.0$ m/s, sedangkan mobil mini dengan massa 9.00×10^2 kg melintas ke arah Barat -15.0 m/s. Keduanya bertumbukan dan menempel.

Tentukan kecepatan mobil yang terjerat setelah Tumbukan.



(a)

Tentukan perubahan kecepatan masing-masing mobil.



(b)

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

Tentukan perubahan energi kinetik sistem yang terdiri dari kedua mobil.

SUV Lawan Mini

Tentukan kecepatan mobil yang terjerat setelah Tumbukan.

$$m_1 = 1.80 \times 10^3 \text{ kg}, v_{1i} = +15 \text{ m/s}$$

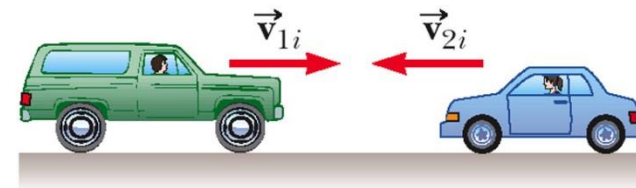
$$m_2 = 9.00 \times 10^2 \text{ kg}, v_{2i} = -15 \text{ m/s}$$

$$p_i = p_f$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$$

$$v_f = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2}$$

$$v_f = +5.00 \text{ m/s}$$



(a)



(b)

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

SUV Lawan Mini

Tentukan perubahan kecepatan masing-masing mobil.

$$v_f = +5.00 m/s$$

$$\Delta v_1 = v_f - v_{1i} = -10.0 m/s$$

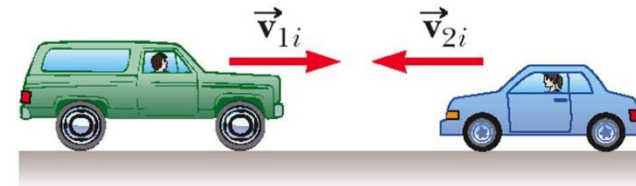
$$\Delta v_2 = v_f - v_{2i} = +20.0 m/s$$

$$m_1 \Delta v_1 = m_1 (v_f - v_{1i}) = -1.8 \times 10^4 kg \cdot m/s$$

$$m_2 \Delta v_2 = m_2 (v_f - v_{2i}) = +1.8 \times 10^4 kg \cdot m/s$$

$$m_1 \Delta v_1 + m_2 \Delta v_2 = 0$$

$$m_1 = 1.80 \times 10^3 kg, v_{1i} = +15 m/s$$
$$m_2 = 9.00 \times 10^2 kg, v_{2i} = -15 m/s$$



(a)



(b)

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

SUV Lawan Mini

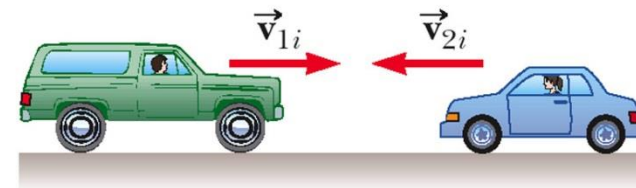
Tentukan perubahan energi kinetik sistem yang terdiri dari kedua mobil. $m_1 = 1.80 \times 10^3 \text{ kg}$, $v_{1i} = +15 \text{ m/s}$
 $m_2 = 9.00 \times 10^2 \text{ kg}$, $v_{2i} = -15 \text{ m/s}$

$$v_f = +5.00 \text{ m/s}$$

$$KE_i = \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = 3.04 \times 10^5 \text{ J}$$

$$KE_f = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 = 3.38 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = -2.70 \times 10^5 \text{ J}$$



(a)



(b)

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

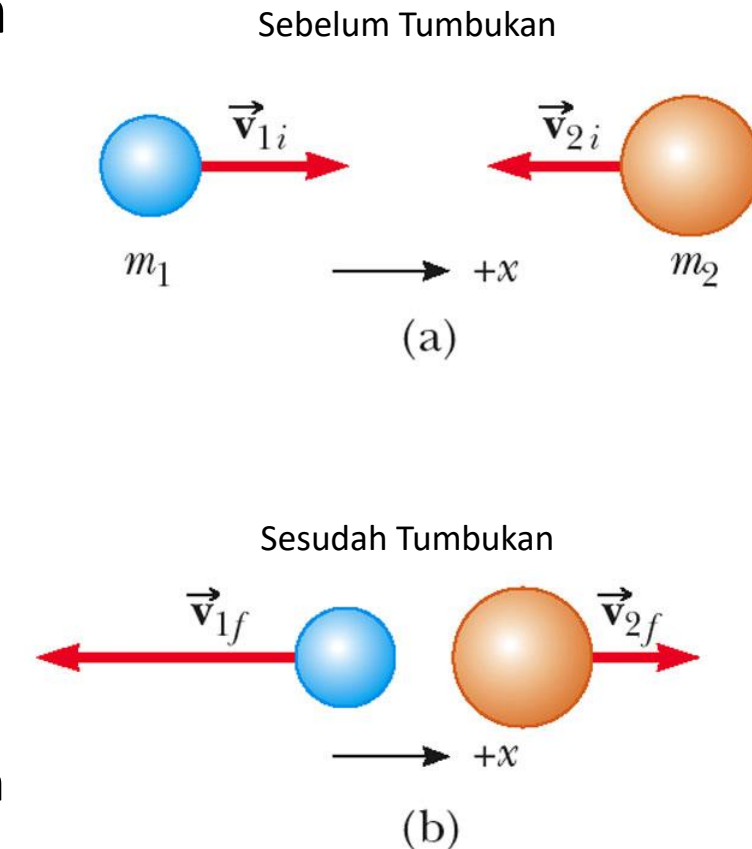
Lebih lanjut tentang Tumbukan Elastis

- Momentum dan energi kinetik dilestarikan

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

- Biasanya memiliki dua hal yang tidak diketahui.
- Momentum adalah kuantitas vektor
 - Arah itu penting
 - Pastikan untuk memiliki tanda-tanda yang benar
- Menyelesaikan persamaan secara bersama



Tumbukan Elastis

- Persamaan yang lebih sederhana dapat digunakan sebagai pengganti persamaan EK

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

$$m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2) = m_2(v_{2f}^2 - v_{2i}^2)$$

$$m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1i} + v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i})$$

$$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f} \qquad m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i})$$

$$v_{1i} + v_{1f} = v_{2f} + v_{2i}$$

$$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$$

Ringkasan Jenis Tumbukan

- Dalam Tumbukan elastis, momentum dan energi kinetik dilestarikan.

$$v_{1i} + v_{1f} = v_{2f} + v_{2i}$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

- Dalam Tumbukan inelastis, momentum dilestarikan tetapi energi kinetik tidak

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

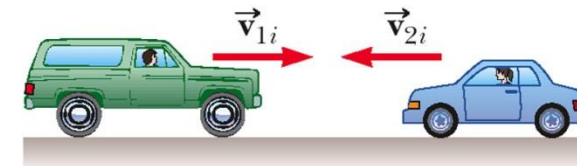
- Dalam Tumbukan inelastis sempurna, momentum dilestarikan, energi kinetik tidak, dan kedua objek tetap bersama setelah Tumbukan, sehingga kecepatan akhir mereka sama.

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$$

Konservasi Momentum

- Sebuah objek massa m bergerak ke kanan dengan kecepatan v . Ini bertumbukan langsung dengan objek massa $3m$ bergerak dengan kecepatan $v/3$ ke arah yang berlawanan. Jika kedua objek tetap bersama-sama, berapa kecepatan objek gabungan, massa $4m$, setelah tabrakan?

- (A) 0
- (B) $v/2$
- (C) v
- (D) $2v$
- (E) $4v$



(a)

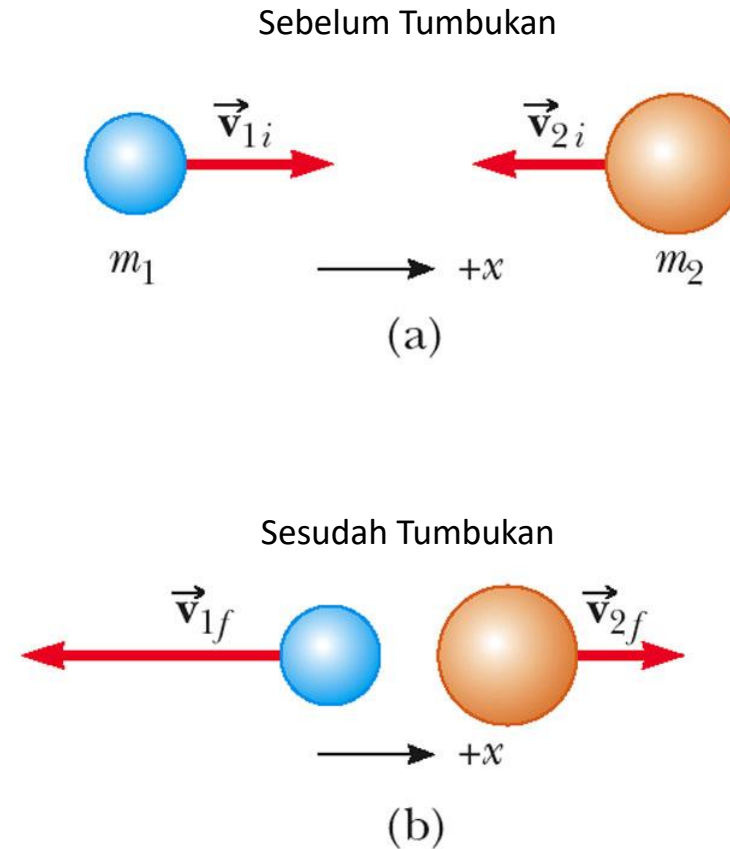


(b)

© 2008 Brooks/Cole - Thomson

Penyelesaian Soal Tumbukan 1D, 1

- **Koordinat:** tentukan sumbu koordinat dan kecepatan sehubungan dengan sumbu ini
 - Sangat nyaman untuk membuat sumbu bertepatan dengan salah satu kecepatan awal.
- **Diagram:** Dalam sketsa, gambar semua vektor kecepatan dan beri label kecepatan dan massa



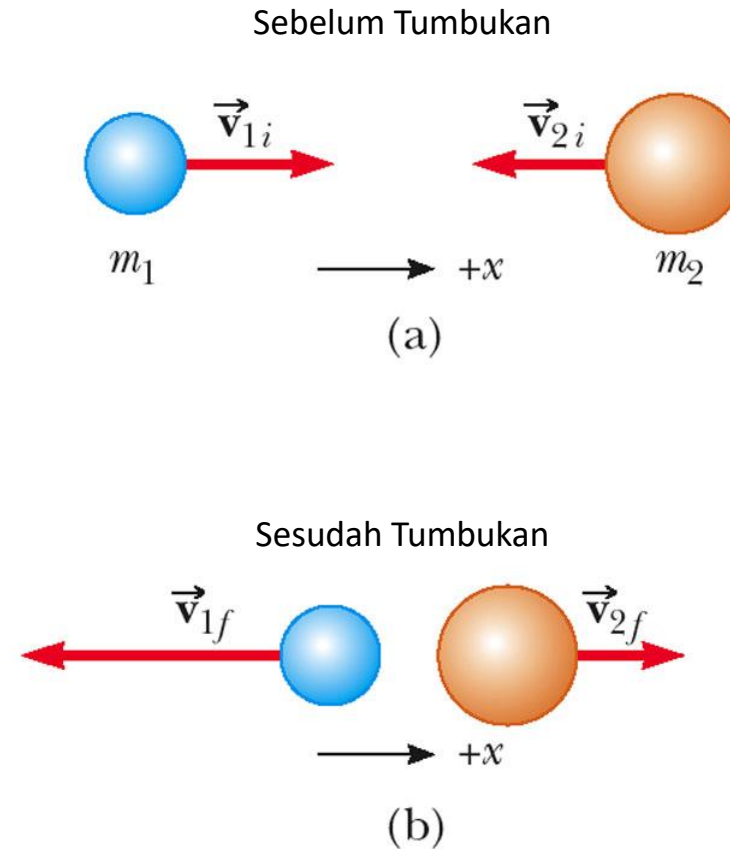
© 2006 Brooks/Cole - Thomson

Penyelesaian Soal Tumbukan 1D, 2

- **Konservasi Momentum:** Tulis ekspresi umum untuk momentum total sistem sebelum dan sesudah tumbukan

- Menyamakan dua ekspresi momentum total
- Mengisi nilai yang diketahui

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$



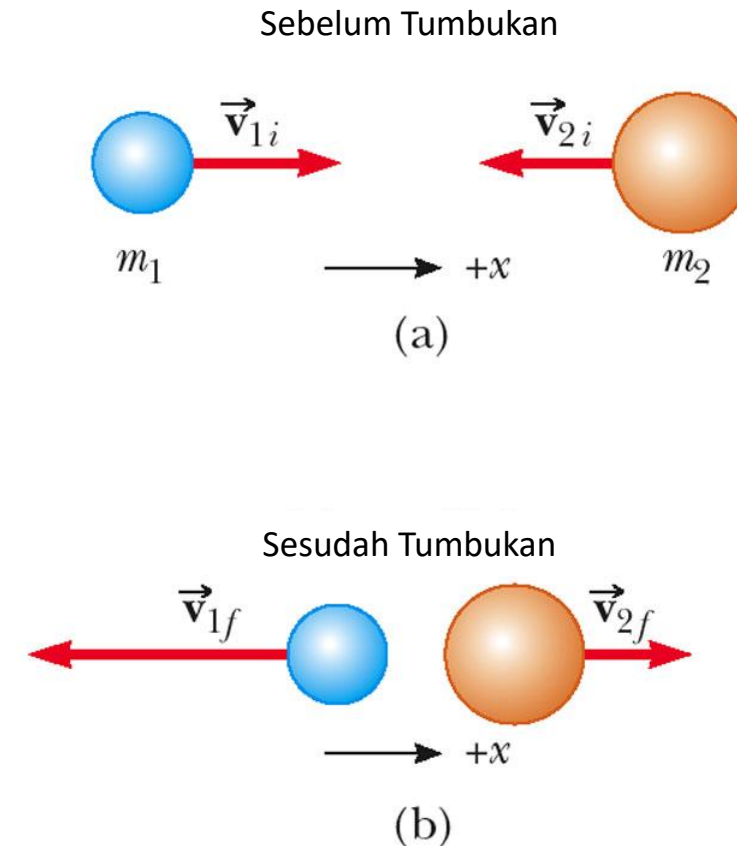
© 2006 Brooks/Cole - Thomson

Penyelesaian Soal Tumbukan 1D, 3

- Konservasi Energi: Jika tumbukan elastis, tulis persamaan kedua untuk konservasi EK, atau persamaan alternatif
 - Ini hanya berlaku untuk tumbukan elastis sempurna.

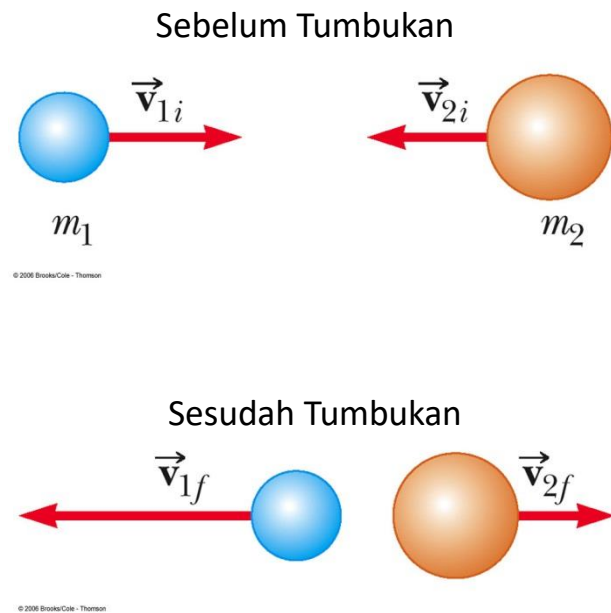
$$v_{1i} + v_{1f} = v_{2f} + v_{2i}$$

- Penyelesaian: persamaan yang dihasilkan secara bersamaan



© 2006 Brooks/Cole - Thomson

Satu-Dimensi vs Dua-Dimensi

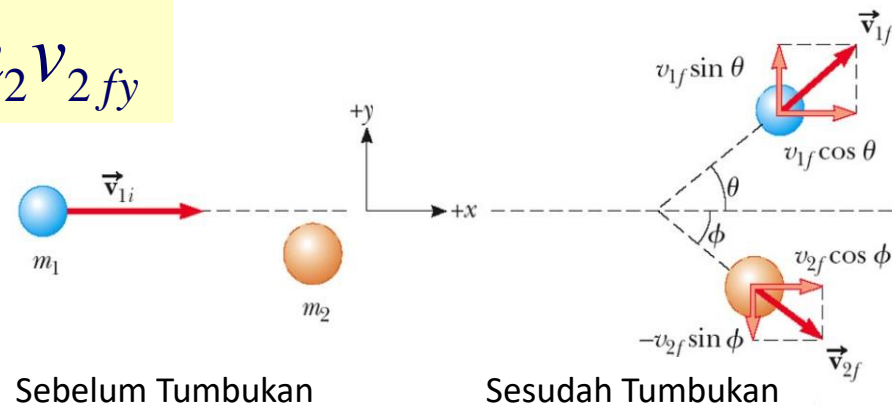


Tumbukan Dua-Dimensi

- Untuk tumbukan umum dua objek dalam ruang dua dimensi, prinsip konservasi momentum menyiratkan bahwa *momentum total sistem di setiap arah dilestarikan*.

$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = m_1 v_{1fx} + m_2 v_{2fx}$$

$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = m_1 v_{1fy} + m_2 v_{2fy}$$



Tumbukan Dua-Dimensi

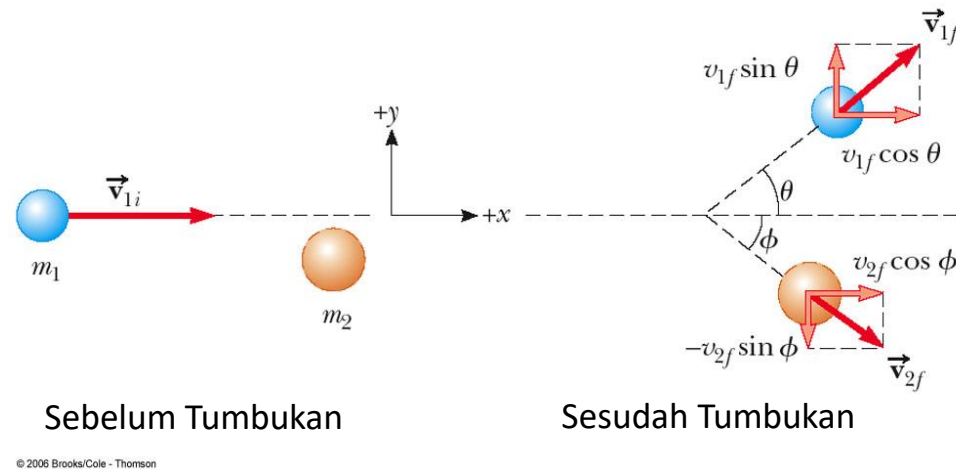
- Momentum dilestarikan ke segala arah.
- Menggunakan subskrip untuk
 - Mengidentifikasi objek
 - Menunjukkan nilai awal atau akhir
 - Komponen kecepatan
- Jika tumbukan elastis, gunakan konservasi energi kinetik sebagai persamaan kedua.
- Ingat, persamaan yang lebih sederhana hanya dapat digunakan untuk situasi satu dimensi.

$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = m_1 v_{1fx} + m_2 v_{2fx}$$

$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = m_1 v_{1fy} + m_2 v_{2fy}$$

$$v_{1i} + v_{1f} = v_{2f} + v_{2i}$$

Tumbukan Serempet



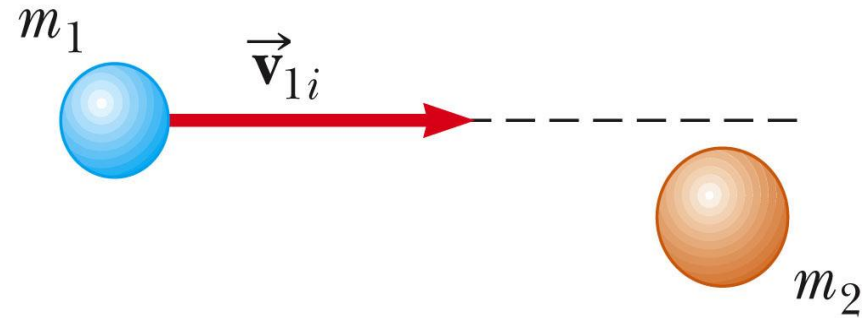
- Kecepatan "setelah" memiliki komponen x dan y
- Momentum dilestarikan ke arah x dan ke arah y
- Menerapkan konservasi momentum secara terpisah untuk setiap arah

$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = m_1 v_{1fx} + m_2 v_{2fx}$$

$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = m_1 v_{1fy} + m_2 v_{2fy}$$

Tumbukan 2-D, contoh

- Partikel 1 bergerak dengan kecepatan \vec{V}_{1i} dan partikel 2 dalam keadaan diam
- Dalam arah x, momentum awal adalah $m_1 v_{1i}$
- Dalam arah y, momentum awal adalah 0



Sebelum Tumbukan

© 2007 Thomson Higher Education

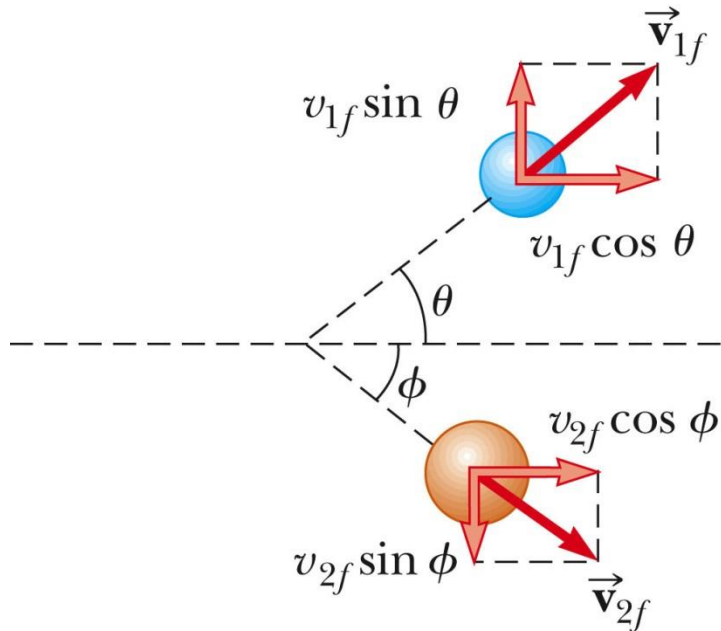
Tumbukan 2-D, contoh lanjutan

- Setelah tabrakan, momentum dalam x-arah adalah $m_1 v_{1f} \cos \theta + m_2 v_{2f} \cos \phi$
- Setelah tabrakan, momentum dalam arah y adalah $m_1 v_{1f} \sin \theta + m_2 v_{2f} \sin \phi$

$$m_1 v_{1i} + 0 = m_1 v_{1f} \cos \theta + m_2 v_{2f} \cos \phi$$

$$0 + 0 = m_1 v_{1f} \sin \theta - m_2 v_{2f} \sin \phi$$

- Jika tumbukan elastis, terapkan persamaan energi kinetik
-



Sesudah Tumbukan

© 2007 Thomson Higher Education

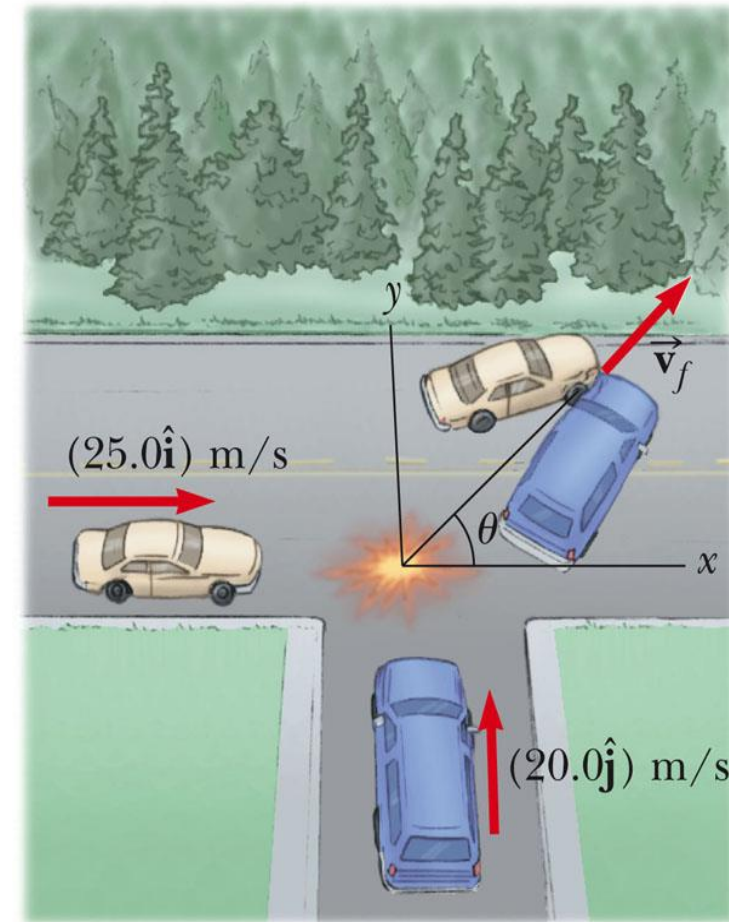
$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

Tumbukan pada persimpangan

Sebuah mobil dengan massa $1,5 \times 10^3 \text{ kg}$ yang melaju ke timur dengan kecepatan 25 m/s bertabrakan di persimpangan dengan van $2,5 \times 10^3 \text{ kg}$ yang melaju ke utara dengan kecepatan 20 m/s . Tentukan besarnya dan arah kecepatan puing-puing setelah tabrakan, dengan asumsi bahwa kendaraan mengalami tabrakan inelastis yang sempurna dan dengan asumsi bahwa gesekan antara kendaraan dan jalan dapat diabaikan.

$$m_c = 1.5 \times 10^3 \text{ kg}, m_v = 2.5 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$v_{cix} = 25 \text{ m/s}, v_{viy} = 20 \text{ m/s}, v_f = ? \theta = ?$$



© 2007 Thomson Higher Education

Tumbukan pada persimpangan

$$m_c = 1.5 \times 10^3 \text{ kg}, m_v = 2.5 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$v_{cix} = 25 \text{ m/s}, v_{viy} = 20 \text{ m/s}, v_f = ? \theta = ?$$

$$\sum p_{xi} = m_c v_{cix} + m_v v_{vix} = m_c v_{cix} = 3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

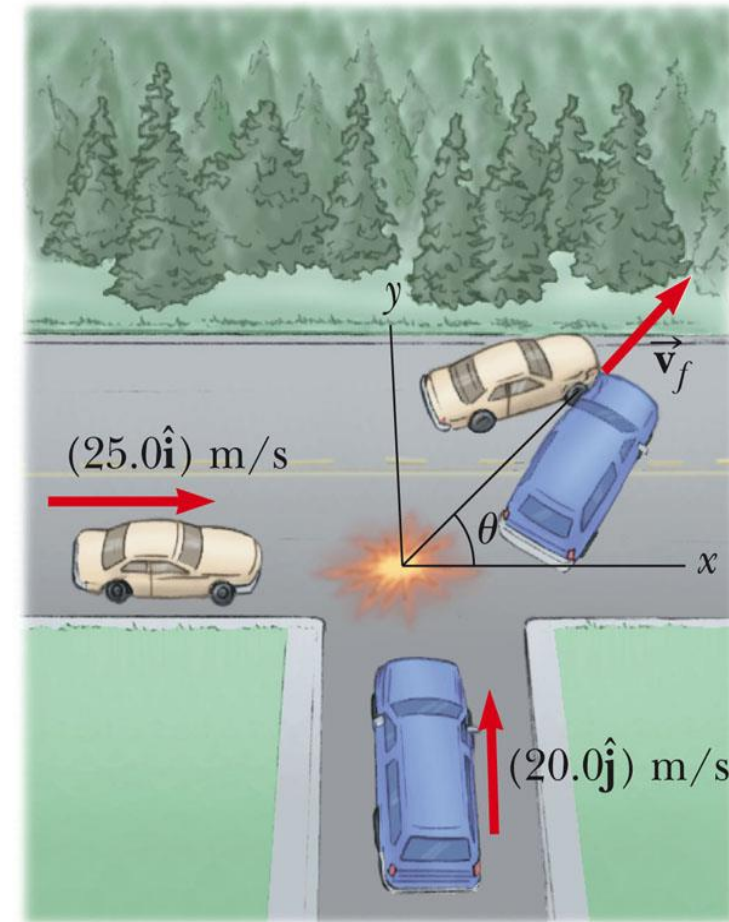
$$\sum p_{xf} = m_c v_{cfx} + m_v v_{vfx} = (m_c + m_v) v_f \cos \theta$$

$$3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \cos \theta$$

$$\sum p_{yi} = m_c v_{ciy} + m_v v_{viy} = m_v v_{viy} = 5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\sum p_{yf} = m_c v_{cfy} + m_v v_{vfy} = (m_c + m_v) v_f \sin \theta$$

$$5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \sin \theta$$



© 2007 Thomson Higher Education

Tumbukan pada persimpangan

$$m_c = 1.5 \times 10^3 \text{ kg}, m_v = 2.5 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$v_{cix} = 25 \text{ m/s}, v_{viy} = 20 \text{ m/s}, v_f = ? \theta = ?$$

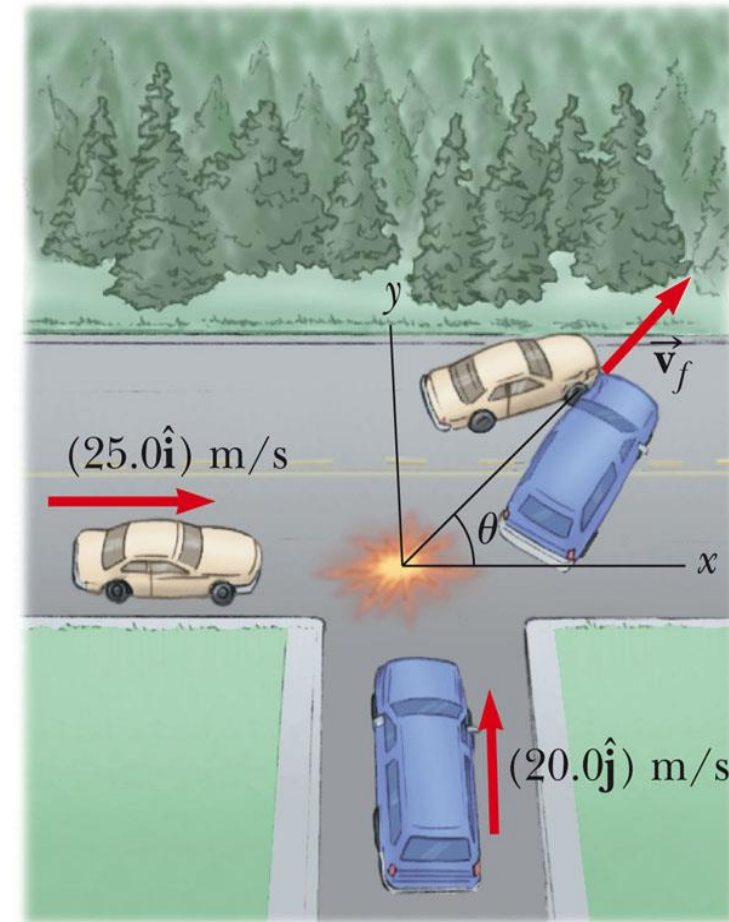
$$5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \sin \theta$$

$$3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \cos \theta$$

$$\tan \theta = \frac{5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}} = 1.33$$

$$\theta = \tan^{-1}(1.33) = 53.1^\circ$$

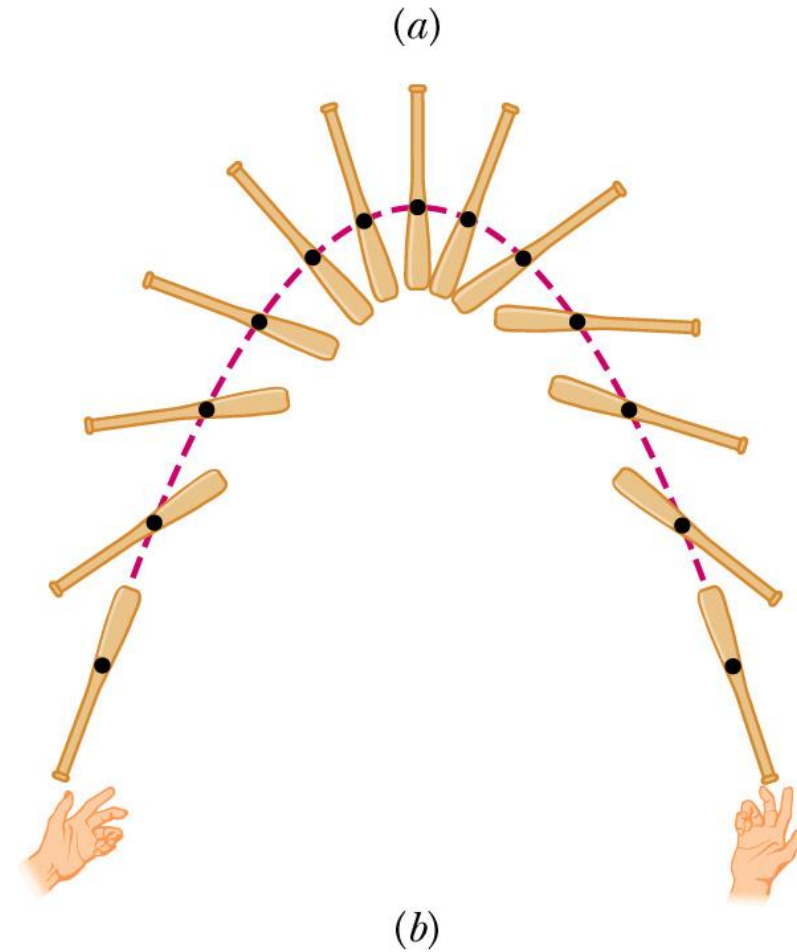
$$v_f = \frac{5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{(4.00 \times 10^3 \text{ kg}) \sin 53.1^\circ} = 15.6 \text{ m/s}$$



© 2007 Thomson Higher Education

Pusat Massa

- Bagaimana kita harus menentukan posisi tubuh yang bergerak?
- Apakah y untuk $U_g = mgy$?
- Ambil posisi rata-rata massa. Sebut "Pusat Massa" (PM)

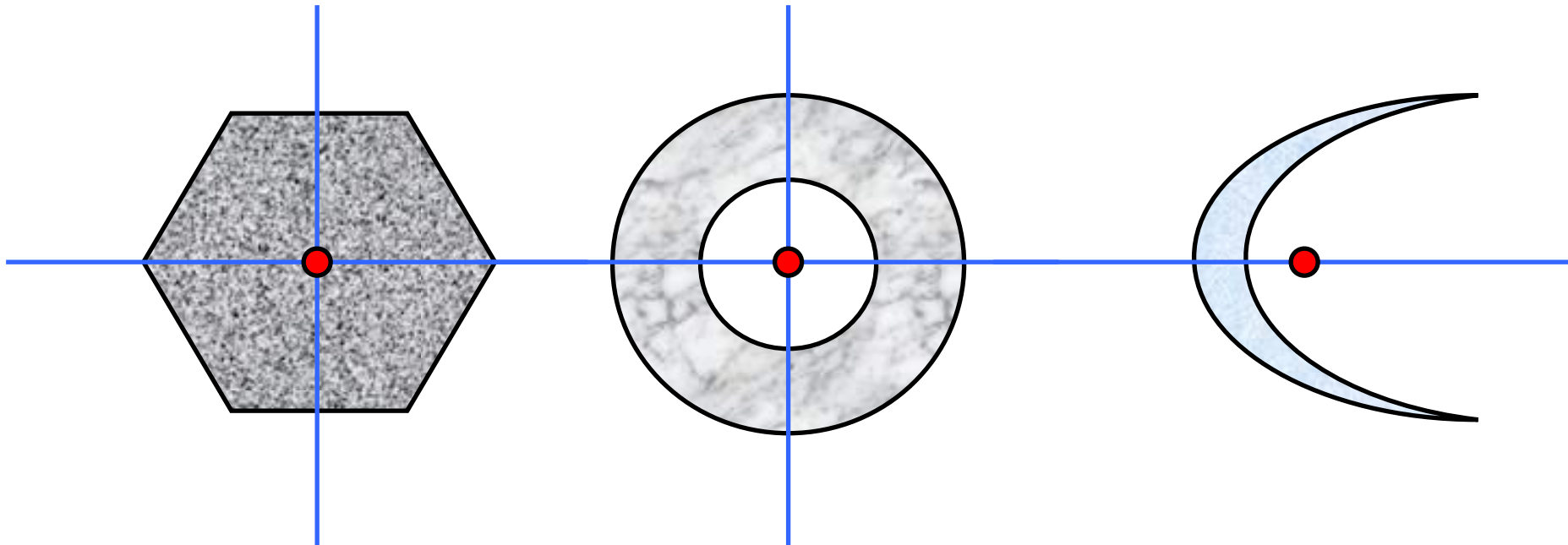


Pusat Massa

- Ada titik khusus dalam sistem atau objek, **yang disebut pusat massa**, yang bergerak seolah-olah semua massa sistem terkonsentrasi pada saat itu.
- PM dari suatu objek atau sistem adalah titik, di mana objek atau sistem dapat diseimbangkan dalam medan gravitasi yang seragam.

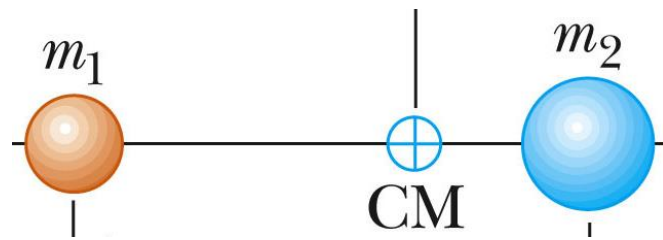
Pusat Massa

- Pusat massa dari setiap objek simetris terletak pada sumbu simetri dan pada bidang simetri apa pun.
 - Jika objek memiliki kepadatan uniform
- PM dapat berada di dalam benda, atau di luar benda.

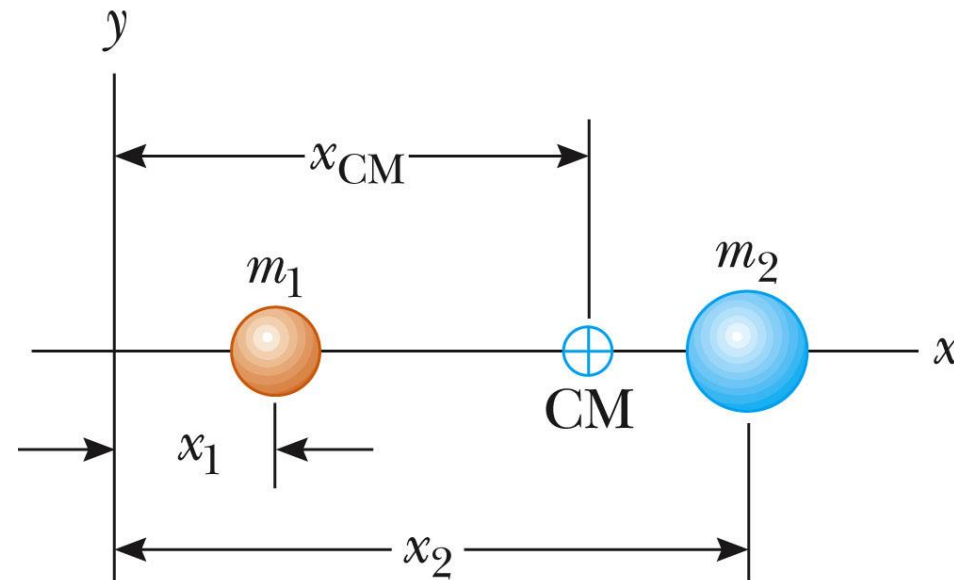


Dimanakah Pusat Massa?

- Pusat massa partikel
- Dua benda dalam 1 dimensi



$$x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$



© 2007 Thomson Higher Education

Pusat Massa untuk banyak partikel dalam 3D?



Dimanakah Pusat Massa?

- Asumsikan $m_1 = 1$ kg, $m_2 = 3$ kg, dan $x_1 = 1$ m, $x_2 = 5$ m, dimanakah pusat massa dari kedua objek tersebut?

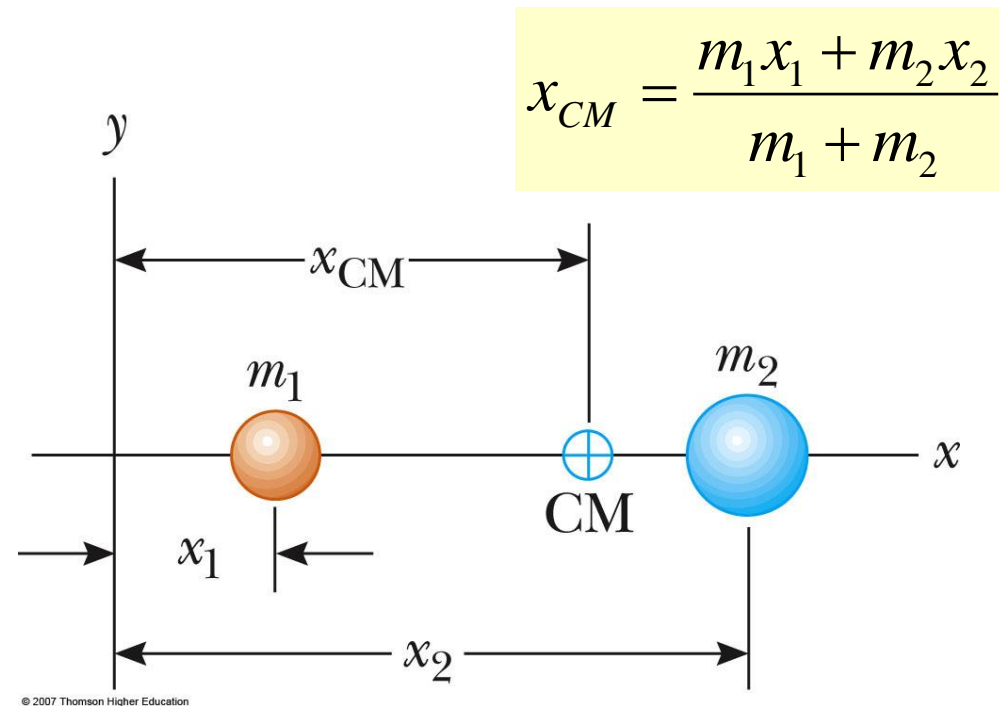
A) $x_{CM} = 1$ m

B) $x_{CM} = 2$ m

C) $x_{CM} = 3$ m

D) $x_{CM} = 4$ m

E) $x_{CM} = 5$ m



Pusat Massa dari Sistem Partikel

- Dua benda dan satu dimensi
-

$$x_{\text{com}} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

- Kasus umum: n benda dan tiga dimensi

$$x_{\text{com}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i x_i, \quad y_{\text{com}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i y_i, \quad z_{\text{com}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i z_i$$

- dimana $M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$

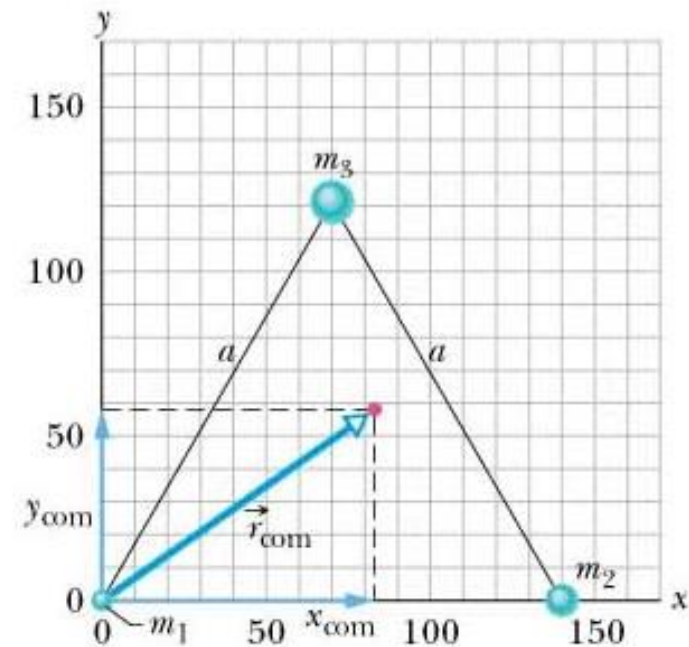
$$\vec{r}_{\text{com}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i$$

Contoh Masalah: Tiga partikel massa $m_1 = 1,2$ kg, $m_2 = 2,5$ kg, dan $m_3 = 3,4$ kg membentuk segitiga sama sisi panjang, sisi $a = 140$ cm. Di manakah pusat massa dari sistem ini? (Petunjuk: m_1 berada di $(0,0)$, m_2 adalah pada $(140$ cm, $0)$, dan m_3 adalah pada $(70$ cm, 120 cm), seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.)

$$x_{CM} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i x_i = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$y_{CM} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i y_i = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$x_{CM} = 82.8 \text{ cm} \quad \text{dan} \quad y_{CM} = 57.5 \text{ cm}$$



Gerak Sistem Partikel

- Asumsikan massa total, M , dari sistem tetap konstan
- Kita dapat menggambarkan gerak sistem dalam hal kecepatan dan percepatan pusat massa sistem.
- Kita juga dapat menggambarkan momentum sistem dan Hukum Kedua Newton untuk sistem.

Kecepatan dan Momentum Sistem Partikel

- Kecepatan pusat massa dari sistem partikel adalah

$$\vec{\mathbf{v}}_{\text{CM}} = \frac{d\vec{\mathbf{r}}_{\text{CM}}}{dt} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{\mathbf{v}}_i$$

- Momentum dapat dinyatakan sebagai

$$M\vec{\mathbf{v}}_{\text{CM}} = \sum_i m_i \vec{\mathbf{v}}_i = \sum_i \vec{\mathbf{p}}_i = \vec{\mathbf{p}}_{\text{tot}}$$

- Momentum linear total dari sistem sama dengan massa total dikalikan dengan kecepatan pusat massa.

Percepatan dan Gaya Pusat Massa

- Percepatan pusat massa dapat ditemukan dengan membedakan kecepatan sehubungan dengan waktu.

$$\vec{a}_{\text{CM}} = \frac{d\vec{v}_{\text{CM}}}{dt} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{a}_i$$

- Percepatan dapat dikaitkan dengan kekuatan

$$M\vec{a}_{\text{CM}} = \sum_i \vec{F}_i$$

- Jika kita meringkas semua kekuatan internal, mereka membatalkan berpasangan dan kekuatan bersih pada sistem hanya disebabkan oleh kekuatan eksternal.

Hukum Newton II untuk Sistem Partikel

- Karena satu-satunya gaya eksternal, gaya eksternal bersih sama dengan massa total sistem dikalikan dengan percepatan pusat massa:

$$\sum \vec{\mathbf{F}}_{ext} = M\vec{\mathbf{a}}_{CM}$$

- Pusat massa dari sistem partikel massa gabungan M bergerak seperti partikel setara massa M akan bergerak di bawah pengaruh gaya eksternal bersih pada sistem.

Sumber:

Physics 111: Mechanics Lecture 12, Dale Gary, *NJIT*

Physics Department