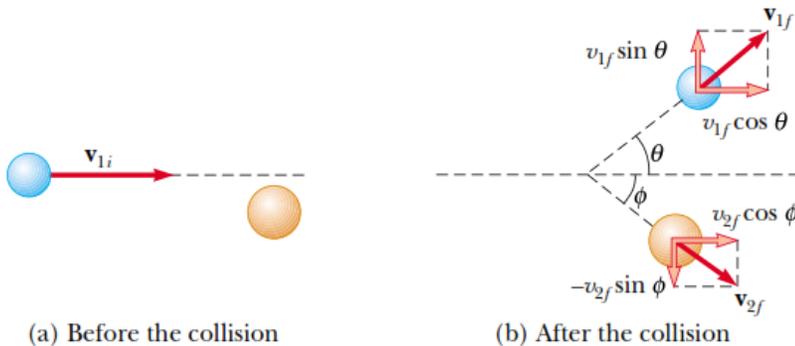


Jawaban tugas.

Soal.



Sebuah proton bertumbukan secara elastis dengan proton lain yang diam. Proton yang datang memiliki kecepatan awal  $3,50 \times 10^5$  m/s dan menabrak proton kedua seperti gambar. (Pada jarak yang dekat, proton mengerahkan gaya elektrostatis tolak-menolak satu sama lain). Setelah tumbukan, salah satu proton bergerak menjauh dengan sudut  $37^\circ$  terhadap arah horizontal, dan proton kedua membentuk sudut  $\phi$ . Tentukan kecepatan akhir kedua proton dan berapa sudut  $\phi$ .

Jawab.

Kedua proton dianggap system yang terisolasi. Momentum dan energi kinetik system tsb. kekal dalam tumbukan ini.

Diketahui: keduanya adalah proton, sehingga massa keduanya sama.

$$m_1 = m_2; \theta = 37^\circ; v_{1(\text{awal})} = 3,50 \times 10^5 \text{ m/s}; v_{2(\text{awal})} = 0;$$

Penyelesaian:

**Perhatikan arah gerak proton sebelum dan setelah tumbukan**

→ Sebelum tumbukan hanya proton-1 bergerak arah horizontal (proton-2 diam), sehingga komponen gerak proton hanya ada di sb.X, sedangkan setelah tumbukan gerakan kedua proton membentuk sudut  $\theta$  dan  $\phi$ . Karena kedua proton bergerak ke atas dan kebawah dari garis horizontal (lihat  $v_{1f}$  dan  $v_{2f}$ ), maka terdapat komponen gerak ( $v_{1f}$  dan  $v_{2f}$ ) yang harus diproyeksikan terhadap sb.X dan sb.Y. Sehingga akan didapat beberapa persamaan yang harus diselesaikan.

→ **Kekekalan momentum:**

**Komponen sb.X**

Momentum sebelum tumbukan = momentum setelah tumbukan

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

$$m(v_1 + v_2) = m(v_1' + v_2') \rightarrow \text{karena } m_1 = m_2 = m$$

$$v_{1(\text{awal})} = v_1' + v_2'$$

$$3,50 \times 10^5 = v_{1f} \cos 37^\circ + v_{2f} \cos \phi \rightarrow \text{perhatikan arah gerak awal horizontal, sehingga gerak akhirpun diambil yang menjadi komponen sb.X}$$

$$3,50 \times 10^5 = v_{1f} \cos 37^\circ + v_{2f} \cos \phi \quad \text{(persamaan 1)}$$

**Komponen sb.Y**

Momentum sebelum tumbukan = momentum setelah tumbukan

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

$$m(v_1 + v_2) = m(v_1' + v_2') \rightarrow \text{perhatikan proton hanya setelah tumbukan}$$

$$0 = v_1' + v_2'$$

$$0 = v_1 \sin 37^\circ - v_2 \sin \phi \quad (-, \text{ karena proyeksinya pada sb. Y negative})$$

$$0 = v_1 \sin 37^\circ - v_2 \sin \phi \quad \text{(persamaan 2)}$$

→ Kekekalan energi kinetik

$E_k$  sebelum =  $E_k$  setelah

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

$$v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2$$

$$1,23 \times 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}^2 = v_1'^2 + v_2'^2 \quad \text{(persamaan 3)}$$

Dari persamaan (1) dan (2) diperoleh:

$$v_2' \cos \phi = 3,50 \times 10^5 - v_1' \cos 37^\circ \quad (1)$$

$$v_2' \sin \phi = v_1' \sin 37^\circ \quad (2)$$

Kuadratkan kedua persamaan kemudian tambahkan keduanya, sehingga diperoleh:

$$v_2'^2 \cos^2 \phi + v_2'^2 \sin^2 \phi = 1,23 \times 10^{11} - (7,00 \times 10^5) v_1' \cos 37^\circ + v_1'^2 \cos^2 37^\circ + v_1'^2 \sin^2 37^\circ$$

$$v_2'^2 = 1,23 \times 10^{11} - (5,59 \times 10^5) v_1' + v_1'^2 \quad \text{(persamaan 4)}$$

Persamaan (4) → (3), diperoleh:

$$1,23 \times 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}^2 = v_1'^2 + v_2'^2$$

$$1,23 \times 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}^2 = v_1'^2 + [1,23 \times 10^{11} - (5,59 \times 10^5) v_1' + v_1'^2]$$

$$2 v_1'^2 - (5,59 \times 10^5) v_1' = 0$$

$$(2 v_1' - 5,59 \times 10^5) v_1' = 0 \quad \text{(persamaan 5)}$$

Dari persamaan (5), diperoleh 2 kemungkinan jawaban, yaitu:

1.  $v_1' = 0$ , jawaban ini tidak mungkin terjadi karena setelah tumbukan proton-1 tidak berhenti, namun bergerak ke atas sb.X,
2.  $2 v_1' - 5,59 \times 10^5 = 0$ ;  $\rightarrow v_1' = (5,59 \times 10^5) / 2 = 2,80 \times 10^5 \text{ m/s}$

**Jadi kecepatan akhir proton-1 adalah  $2,80 \times 10^5 \text{ m/s}$**

Untuk kecepatan proton-2 diperoleh dari persamaan (3);

$$1,23 \times 10^{11} = v_1'^2 + v_2'^2$$

$$1,23 \times 10^{11} - (2,80 \times 10^5)^2 = v_2'^2$$

$$v_2' = \sqrt{1,23 \times 10^{11} - (2,80 \times 10^5)^2} = 2,12 \times 10^5 \text{ m/s}$$

**kecepatan akhir proton-2 =  $2,12 \times 10^5$**

Arah proton-2 bergerak,  $\phi$  yaitu:

$$\phi = \sin^{-1} \left( \frac{v_1' \sin 37^\circ}{v_2'} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2,80 \times 10^5 \sin 37^\circ}{2,12 \times 10^5} \right) = 53^\circ$$