14 De wet van behoud van impuls geldt ook voor botsingen tussen gewone voorwerpen zoals biljartballen. Op een biljartlaken liggen een rode en een witte bal. Meneer Ceulemans stoot een witte biljartbal met een snelheid $v_w = 5{,}0\ m\,s^{-1}$ richting het midden van de rode bal. Zie figuur 16.

Als je de weerstandskrachten verwaarloost, dan geldt voor de snelheden van de twee ballen na de botsing: $v_w + v_r = 5{,}0$.

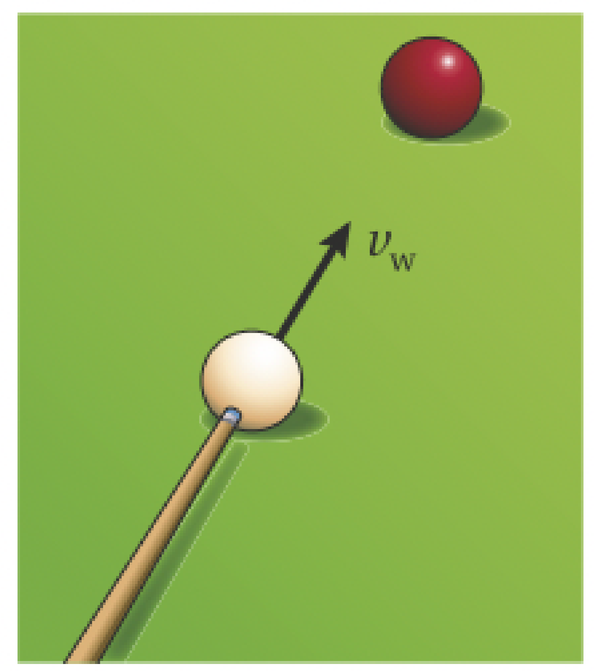
a Leid dit verband af.

Behalve de wet van behoud van impuls geldt ook de wet van behoud van energie.

b Bereken de snelheid van de rode en van de witte bal na de botsing. Neem hierbij aan dat de witte bal de rode in het midden raakt en dat er bij de botsing geen warmte ontstaat.

Als er wel warmte ontstaat, houdt de witte bal na de botsing een kleine voorwaartse snelheid.

c Leg dit uit.



Figuur 16

Opgave 14

a Tijdens de botsing geldt de wet van behoud van impuls:

$p_{totaal,voor} = p_{totaal,na}$

$p_{w,voor} + p_{r,voor} = p_{w,na} + p_{r,na}$

$m_w \cdot v_{w,voor} + m_r \cdot v_{r,voor} = m_w \cdot v_{w,na} + m_r \cdot v_{r,na}$ Omdat $m_w = m_r$ kun je m eruit delen

$v_{w,voor} + v_{r,voor} = v_{w,na} + v_{r,na}$ met $v_{w,voor} = 5{,}0\ m\,s^{-1}$ en $v_{r,voor} = 0\ m\,s^{-1}$

$5{,}0 = v_{w,na} + v_{r,na}$

Dit is hetzelfde als $v_w + v_r = 5{,}0$ omdat het gaat om het verband voor de snelheden van de ballen na de botsing

b Wet van behoud van impuls: $v_w + v_r = 5{,}0$

Wet van behoud van energie: $\frac{1}{2}m_w \cdot v_{w,voor}^2 + \frac{1}{2}m_r \cdot v_{r,voor}^2 = \frac{1}{2}m_w \cdot v_{w,na}^2 + \frac{1}{2}m_r \cdot v_{r,na}^2$

In de tweede vergelijking kun je de massa's eruit delen en invullen.

$v_{w,voor} = 5{,}0$ ms en $v_{r,voor} = 0$

Er ontstaat:

$\frac{1}{2} \cdot 5^2 + \frac{1}{2} \cdot 0^2 = \frac{1}{2}v_{w,na}^2 + \frac{1}{2}v_{r,na}^2$ Delen door $\frac{1}{2}$ en index $_{na}$ weglaten

$25 = v_w^2 + v_r^2$

Uit $v_w + v_r = 5$ volgt $(v_w + v_r)^2 = 25$

Dus $(v_w + v_r)^2 = v_w^2 + v_r^2$

$v_w^2 + 2\,v_w \cdot v_r + v_r^2 = v_w^2 + v_r^2$

$v_w \cdot v_r = 0$

Dus één van beide snelheden na de botsing is 0.

De witte bal kan niet door rode bal heen. Daarom geldt $v_w = 0$.

Met behulp van $v_w + v_r = 5$ trek je de conclusie $v_r = 5{,}0\ m\,s^{-1}$.

c De wet van behoud van impuls geldt dan nog steeds.

Voor de energiewet geldt dan: $\frac{1}{2}m_w \cdot v_{w,voor}^2 + \frac{1}{2}m_r \cdot v_{r,voor}^2 = \frac{1}{2}m_w \cdot v_{w,na}^2 + \frac{1}{2}m_r \cdot v_{r,na}^2 + Q$.

Hierin is Q de warmte die vrijkomt.

In de afleiding bij vraag b vind je dan uiteindelijk in plaats van $v_w \cdot v_r = 0$ het verband

$v_w \cdot v_r = \frac{Q}{m}$

Hierbij is $\frac{Q}{m}$ klein, dus is één van beide snelheden klein.

Nog steeds kan de witte bal niet door de rode bal heen, dus krijgt de rode bal iets minder dan de oorspronkelijke snelheid van de witte bal en rolt de witte bal met een kleine snelheid verder.