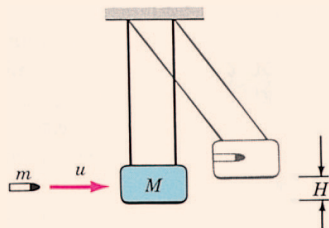


1742 年, Benjamin Robins 設計了一個簡單而精巧的裝置, 稱為衝擊擺 (ballistic pendulum), 用以測量子彈的速度。設有一質量 $m = 10 \text{ g}$ 的子彈, 其速率為 u , 射入一木塊 ($M = 2 \text{ kg}$), 如圖 9.4 所示。子彈射入後嵌在木塊裡面, 並將之舉高 $H = 5 \text{ cm}$ 。(a) 如何由 H 求 u ? (b) 產生了多少熱能?



► 圖 9.4 衝擊擺。木塊被子彈舉起的高度可被用來求出子彈的速率。這中間須運用到兩個守恆律。

解

- (a) 設若碰撞所發生的時間很短, 則基本上當子彈停止以後, 懸線仍應是垂直的。故可說水平方向上並無外力存在, 對此方向運用線動量守恆原理:

$$mu = (m + M)V \quad (\text{i})$$

V 表碰撞後之共同速度。因碰撞為完全非彈性的, 子彈的初動能 ($\frac{1}{2}mu^2$) 的一部分轉化為熱能, 只有子彈-木塊這個系統 (碰撞後) 的動能可被用來將系統本身舉起。由力學能守恆, 得:

$$\frac{1}{2}(m + M)V^2 = (m + M)gH \quad (\text{ii})$$

故 $V = (2gH)^{1/2}$ 。將此式代入 (i), 得

$$u = \frac{(m + M)\sqrt{2gH}}{m}$$

由各已知值, 求得 $u \approx 200 \text{ m/s}$ 。

- (b) 碰撞前後之動能各為:

$$K_i = \frac{1}{2}mu^2 = 200 \text{ J}$$

$$K_f = \frac{1}{2}(m + M)V^2 = 1 \text{ J}$$

碰撞結果使動能改變了 -199 J 。故可說幾乎子彈所有的動能都轉化為熱能。