

疑難問題討論

一 答黃喜勤同學高中物理疑問一

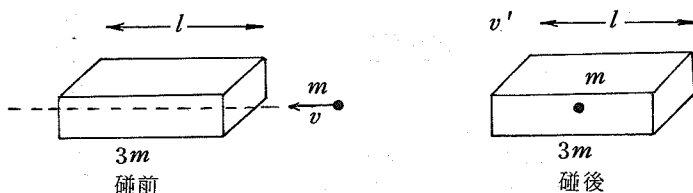
褚德三
國立交通大學電物系

問：質量 m 之子彈以 V 之速度水平射入到靜置於光滑水平面上，長度為 l ，質量為 $3m$

的木塊，而子彈恰巧打入 $\frac{l}{2}$ 深，則子彈若要貫穿木塊，所須之速率至少為何？

答：你的問題事實上不是很完整，原因是這問題需要作下列的兩點假設才能做下去：

(1) 我們須假設子彈穿入木塊後，摩擦力為常數。(2) 我們須假設子彈正對著木塊的對稱線射入，使木塊不致發生轉動（或假設木塊細長）；現在就在這兩個假設下來做這個問題：



(1) 碰前動量 mv ，碰後動量 $(m + 3m)v'$

(2) 碰前碰後動量守恆 $mv = (m + 3m)v' \quad \therefore v' = \frac{v}{4} \dots\dots\dots ①$

式中 v' 為碰後，子彈停留在木塊內部後，木塊及子彈一起滑走之速度。

(3) 設木塊對子彈之摩擦力為 f ，則由能量守恆

$$\underbrace{\frac{1}{2}mv^2}_{\text{碰前動能}} = \underbrace{\frac{1}{2}(m+3m)\left(\frac{v}{4}\right)^2}_{\text{碰後動能}} + f \cdot \frac{l}{2} \dots\dots\dots ②$$

$$\text{得 } f = \frac{3}{8} \frac{mv^2}{l} \dots\dots\dots ③$$

(4) 今若設子彈初速為 v' 時，恰可貫穿木塊（貫穿之剎那子彈速度已降至與木塊等速），貫穿之剎那，木塊（及子彈）速度為 v'' （子彈在木塊內，最後的速度要大於或等於木塊滑行速度才能貫穿），則仿照(1)、(2)得

$$\underbrace{m \cdot v'}_{\text{碰前動量}} = \underbrace{(m + 3m) v''}_{\text{碰後動量}} \quad \text{得 } v'' = \frac{v'}{4} \dots\dots\dots ④$$

做照(4)得

$$\underbrace{\frac{1}{2} m v'^2}_{\text{碰前動能}} = \underbrace{\frac{1}{2} (m + 3m) \cdot \left(\frac{v'}{4}\right)^2}_{\text{碰後動能}} + \underbrace{f \cdot l}_{\text{子彈貫穿木塊所需能量}} \dots\dots\dots ⑤$$

以前頁所得的 $f = \frac{3}{8} \frac{m v^2}{l}$ (假設 f 為定值)

$$\text{故代入上式得 } \frac{v'^2}{2} = v^2 \quad \text{即 } v' = \sqrt{2} v \dots\dots\dots ⑥$$

上面的作法中，如上所述，我們作了兩點重要的假設，即

- (一) 摩擦力 f 是一個常數，不要以為③式中的 f 是速度 v 的函數，事實上，③式的 f 是假設 f 為常數的情形下由②式計算得來。③式中的 v 只能看做是一個起始條件所給的值，而不是任意 v 值均可獲得③式的結果。
- (二) 我們假設木塊被子彈射入後，只有平移，而無轉動，否則就有一部分動能要消失在轉動動能上了。

在上面的兩個假設下，才可獲得⑥式的結果。

你在信上說用了高中課本上所列的觀念仍無法下筆，這是應該的，原因不是高中課本所列的觀念不足夠，而是題目的題意及條件不清楚及不足夠所致。假如把限制的條件改一改（如假設摩擦力隨著子彈速度而變，或假設木塊被子彈射中後會轉動等等），則答案又完全不同了。

我想任何一個題目在理論上都可以解，只要題目夠清楚，條件夠明確的話。若你對某一題目無法下筆，最大的可能原因是題意不清或條件不足。你的程度應該不錯，因為那個題目由於條件不足，本來就不能下筆，除非先作一些必要的假設（如上面所述）。