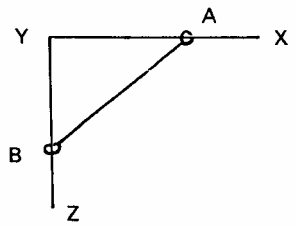
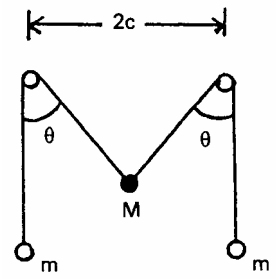
單元 5： 動量、功、能、功率及其守恆定律

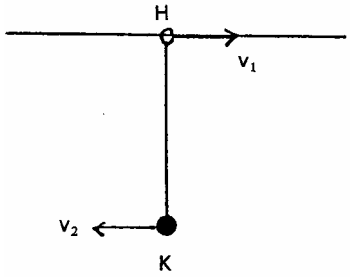
特定目標：

1. 認識動量、功、能及功率。
2. 理解及運用動量及能量的守恆定律。

內容	時間分配	教學建議
5.1 動量及動量守恆	2	牛頓第二定律可以以下形式來表示： $\vec{F}=\frac{\mathrm{d}(m\vec{v})}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}\vec{P}}{\mathrm{d}t}$ 其中該質點的動量是 $\vec{P}=m\vec{v}$ 。在沒有外力的影響下，該質點的動量 $\vec{P}=m\vec{v}$ 應保持不變。而動量守恆亦可擴展至一質系。教師應提供例題說明如何利用動量守恆定律，例如大炮反衝，卡車的碰撞 (假定碰撞持兩車合成一體) 等，但教師不須要在這裏詳細討論這些碰撞問題。這些問題可留至單元 6 才討論。
5.2 功、能、功率及能量守恆	3	教師應向學生重申功、能和功率的基本概念。學生亦須知道 1. 力 F 把一質點沿著正 x 軸的方向由 a 移動到 b 所作的功是 $\int_a^b F\,\mathrm{d}x$ 。 2. 一質量爲 m 的質點以速度 v 移動時的動能是 $\frac{1}{2}mv^2$ 。 3. 一質量爲 m 的質點在一任意原點之上，高度爲 h 之處的位能是 mgh 。 4. F 的功率是 F 作功的速率。 隨後，教師可在一些力學系統引進功和能的關係。以下是其中兩個例子。 (1) 某質點在力 F 的作用下在一水平直綫上移動著。而該質點所增加的動能是相等於 F 對該質點所作的功。 (2) 當一彈性的繩被拉長時，其對該繩所作的功是相等於該繩所儲的位能。而學生也須知道該已儲在被拉長的繩的位能是等如 $\frac{\lambda x^2}{2\ell}$ 其中 λ 是彈性模數，ℓ 是自然長度，而 x 是繩的增長。

內容	時間分配	教學建議
		最後，教師應強調怎樣利用能量守恆去解力學問題，即 $\begin{pmatrix}\text{對一系統}\\\text{所作的功}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\text{動能的}\\\text{改變}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\text{位能的}\\\text{改變}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\text{反摩擦力}\\\text{所作的功}\end{pmatrix}$ 在這階段，學生應不難看出，若在沒有摩擦力及沒有對系統作功的情況下，上式可以簡化成 (動能的增加) = (位能的減少) 或 (位能的減少) = (動能的增加) *例一* 一質量爲 1000 kg 的車正以恆速度 10 $\mathrm{ms^{-1}}$ 向一山上爬行。該山的傾角是 1 比 10。 (a) 求該車在一分鐘內反重力所作的功。 (b) 若在這段時間內，該車所作的功是 9 × 10 J，求對其運動的阻力。 在這問題上，學生應能見到，該車在一分鐘內反重力所作的功是等如在該段時間內該車所獲得的位能，而由於該車的動能沒有增加，學生應能利用能量守恆定律去找出反摩擦力所作的功，從而求出對其運動的阻力。 *例二* 下圖表示放置在一鉛垂平面上的一平滑鐵綫 XYZ 。該鐵綫的二段直綫部分 XY 及 YZ 成直角，而 YX 則放置成水平。兩個質量都是 m 的滑環，以一條長 5ℓ 及不可延長而緊直的繩聯繫著，並分別穿在鐵綫 YX 及 YZ 部分中。當 A 距離 4ℓ 時，該系統從靜止中釋放。試計出，當 A 距離 3ℓ 時，B 的速度。 

內容	時間分配	教學建議
		在這問題中，教師可首先引導學生找出，在釋放後任一時間 t，A 和 B 速度的關係；隨後，利用能量守恆定律解這問題。 *例三* 在圖中，兩輪均是滑輪而整個系統在靜止中釋放。當 M 跌至某一位置時，連接 m 的繩和垂直所交的角是 ϕ。  試證明所減少的位能是 $Mgc(\cot\phi-\cot\theta)-2mgc(\operatorname{cosec}\phi-\operatorname{cosec}\theta)$ 在這問題中，學生應認識到通常單獨位能是不守恆的。從以上結果，教師可要求學生推導出以下情況：假若當繩和垂直成交角 α 時，這系統達至平衡；而這系統從繩和垂直綫成交角 θ 的位置由靜止釋放，則這系統會在交角爲 ϕ 時達至下一個瞬時靜止，而其中 $\tan^2\frac{1}{2}\alpha=\tan\frac{1}{2}\theta\tan\frac{1}{2}\phi$ 。 *例四* 一輕棒 HK，長度爲 a，分別連接著一質量爲 m_1 的滑環 H 及一質量爲 m_2 的質點 K 。該環正穿在一幼滑的水平鐵綫上。開始時，該棒保持在水平位置，及後從靜止中釋放。試求當該棒 HK 成垂直時，環和質點的速度。

內容	時間分配	教學建議
		學生須察覺到，當棒成垂直時，K 是作水平運動。跟著運用動量守恆定律及能量守恆定律，結果隨即得出。 
	5	