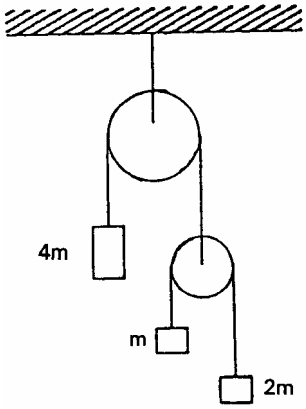
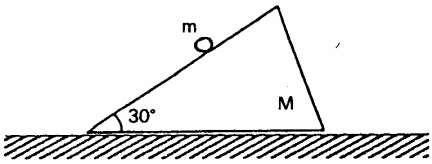
單元 4： 牛頓運動定律

特定目標：

1. 理解牛頓運動定律。
2. 應用牛頓運動定律解動力學問題。

內容	時間分配	教學建議
4.1 牛頓運動定律	6	教師應向學生陳述及解釋牛頓運動定律。但無須教授可變質量問題。 學生應能區分作用在一質點或一質系上的內作用力及外作用力。 學生亦應能應用牛頓運動定律解有關靜力學及動力學的問題。 在動力學中，學生可首先學習一質點的運動。其處理方法亦可應用在一可省略其旋轉效應的物體上，而該物體的運動則可以其重心代替。隨後，學生可在引導下學習一質系的運動或物體在平面的運動。 分析的基礎是牛頓第二定律，並可用以下形式： $\vec{F} = m\vec{a}$ 其中 m 是質點的質量， $\vec{F}$ 是作用在質點的合力， $\vec{a}$ 是該質點的合加速度。 分析的程序可編排如下： (1) 分析作用在該質點上的力： 在分析一個動力學的問題時，第一步應先劃到出一力圖。該力圖應包括所有作用在該質點上而物理學上可辨認的力。學生須知道一個在物理學上可辨認的力就是能夠辨認出其來源的力，例如，重力，一物體之反作用力，摩擦力，彈力等等。教師亦要提醒學生不應基於一假定的效果而設有一力。 (2) 分析一質點的運動： 教師應建議學生用一些坐標系統 (例如笛卡兒或極坐標) 來表示該加速度 $\vec{a}$ ；但同時亦須強調牛頓運動定律只適用於相對一慣性坐標系的運動；即選擇的坐標系統不應

內容	時間分配	教學建議
		是加速的或旋轉的。對於一些簡單問題，其加速度亦可顯示在其力圖上，但較理想的做法是將加速度顯示在另一圖上。 (3) 教師須引導學生將 (1) 和 (2) 連繫從而得出以下的運動方程： $\vec{F} = m\vec{a}$ 學生應盡量選擇適當的方向去分解力和加速度，從而令到在力方程中的變數減至最少。還有，他們亦應盡量組成最少數目的方程去解決這些問題。 教師應和學生討論一些如滑輪系統和在楔表面的運動的問題，亦須和學生重溫兩個加速物體的相對加速度的知識。 *例一* 以一條輕而不能伸展的綫聯繫兩質量 m 及 2m，該綫並繞過一質量爲 m 的滑輪，而滑輪的軸心與質量 4m 連繫並繞過另一滑輪。整個系統可自由在一鉛垂平面中移動。 

內容	時間分配	教學建議
		對於這問題，學生應能： (1) 分別劃出每一質量及該可動滑輪的力圖， (2) 首先定出相對於可動滑輪質量 m 和 2m 的加速度，從而計算出相對於不動滑輪該些質量的加速度， (3) 對每一質量及可動滑輪，建立獨立的力方程，及 (4) 解這些力方程，從而求出每一質量的加速度。 *例二* 一質量爲 m 的質點，正與一楔的平滑斜面接觸，而該楔亦放置在一平滑的水平面上。楔的質量是 m 而楔的斜面和水平成 30° 交角。  在這問題中，學生應能： (1) 分別劃出每一質量的力圖， (2) 選擇適當方向，建立每一質量的力方程， (3) 求每一質量的加速度。
4.2 質點在可變力作用下的直綫運動	6	在這階段，學生應能處理在可變力作用下要直綫運動。而牛頓第二定律可化成 $$F = m\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$$ 其中該質點的質量 m，在整個運動過程中是不變的。與下列有關的問題是值得討論的 (1) 力爲時間的函數， (2) 力爲速度的函數，及 (3) 力爲位移的函數。

內容	時間分配	教學建議
		教師亦須教導學生如何利用簡單的積分方法解上述問題。此外，在解力方程後，學生應能辨認其運動情況。 以下是一些例子： *例一* 一質量爲 m 的石子，由靜止垂直下墜。所受的空氣阻力是 kv，其中 k 是一常數，而 v 是該石子在時間 t 時的速度。 在這問題，教師可引導學生利用積分方法找出該石頭在時間 t 的速度。學生亦應知道，若時間能延至無限，該速度會達至終端速度，而該終端速度亦不難求出。 *例二* 一質量爲 5 kg 的物體在一力的作用下在一直綫上移動，該力爲 $\frac{4}{5}$ 牛頓並朝著在該直綫上某一定點 O，其中 s 是該物體和 O 的距離。開始時，該物體是靜止的及與 O 距離 1 米。 對於這問題，學生應能利用簡單的積分法找出當該物體和 O 在某一特定距離 s 時的速度。教師可引導學生，從上述結果再利用積分法找出到達該特定距離的所需時間。
	12	