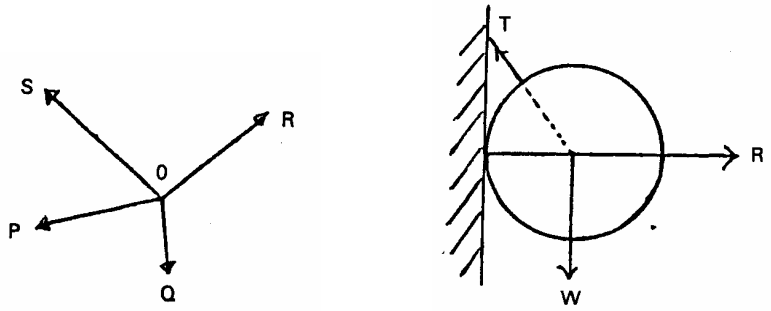
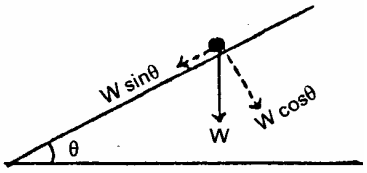
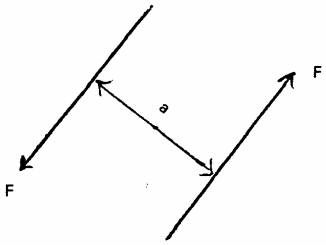
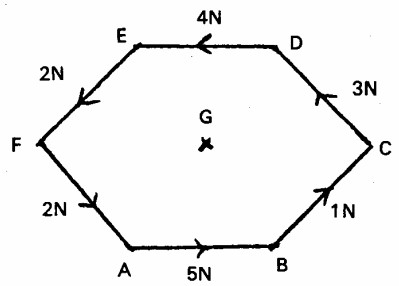
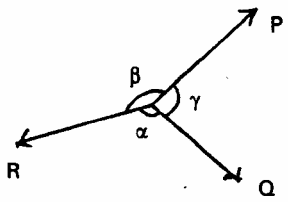
單元 2： 靜力學和摩擦力

特定目標：

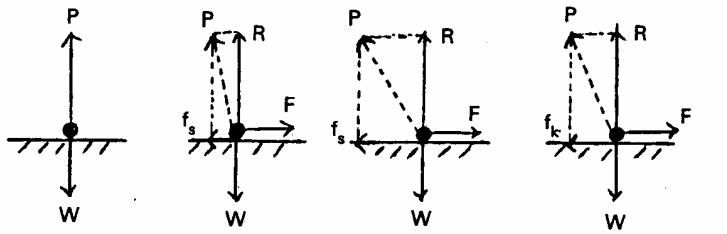
1. 理解力、力矩和力偶的本質。
2. 學習共面力系的合力和分解。
3. 理解摩擦力的本質和摩擦定律。
4. 學習質點及剛體在共面力系作用下的平衡條件及應用這些條件解決有關的實際問題。

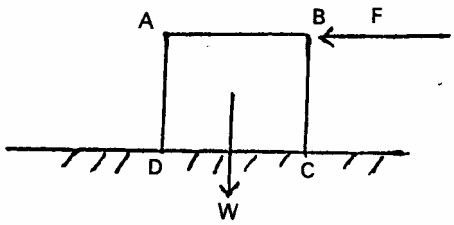
內容	時間分配	教學建議
2.1 力、合力和力的分解	3	力的向量性質的基礎知識已在中學的物理科中提及。在這階段，教師宜向學生強調決定施於物體的作用力對該物體的效應的基本因素： (1) 作用力的大小； (2) 作用力的作用綫，即作用力的方向和作用點。 教師也應介紹共點力的概念。兩個或以上的力作用於質點 O 和作用在懸掛於牆邊球體上的力都是共點力的例子。  任何一個力系都可簡化成一個單合力。學生應能運用三角形定律或平行四邊形定律求出任何兩個力的合力，連續運用上述任何一個定律即可得出一個共面力系的合力。關於向量和的基本知識可參考 1.2 節。

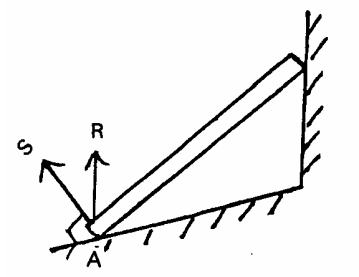
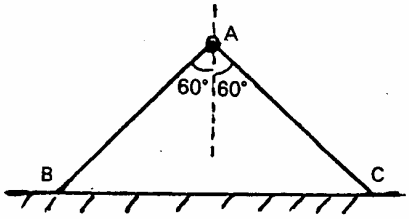
內容	時間分配	教學建議
		學生須懂得如何將一個力分解成任意兩個方向，尤其是兩個相互垂直方向的兩個分力。向量分解的知識可參閱 1.5 節。類似分解斜面上質點的重量成兩個分別平行和垂直於斜面的分力的例子均值得討論。  教師亦應強調將一共面力系的各個力分解成兩個互相垂直的分力來求出其合力的方法及以例子加以說明。
2.2 平行力的合力、力矩和力偶	3	學生須懂得如何求出兩個或以上施於一個剛體而方向相同 / 相反的作用力的合力。至於力對於一點的力矩及由一力偶 (一對大小相同但方向相反的力) 所產生的轉動效應亦應提出討論。學生應知道如一軸垂直於一平面，則施於該平面的力偶對該軸的力矩與該軸的位置無關。  力偶所構成的力矩 = **Fa** 教師應介紹兩個力對它們平面上任意一點的力矩之代數和等於這兩個力的合力對該點的力矩。這個基本概念可引申至力矩原理 (即在剛體的同一平面上各個力對該平面上任意一點的力矩的代數和等於這些力的合力對該點的力矩)。學生應懂得運用上述原理將一個共面力系簡化成爲一個單力或一力偶。規則圖形及均勻物體的重心的計算是力矩原理的應用之一，詳細情形可參考單元 11。

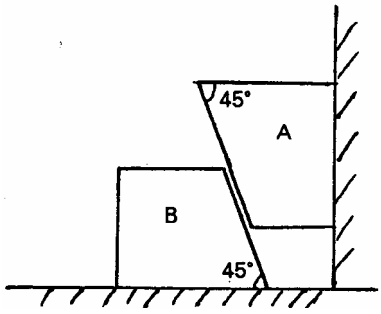
內容	時間分配	教學建議
		例 一正六邊形 *ABCDEF* 的邊長爲 2ℓ，大小爲 5N，1N，3N，4N，2N 和 2N 的力分別沿著邊 $\overrightarrow{AB}$，$\overrightarrow{BC}$，$\overrightarrow{CD}$，$\overrightarrow{DE}$，$\overrightarrow{EF}$ 和 $\overrightarrow{FA}$ 作用於該六邊形。  利用這個例題，教師可引導學生先將各個力分別分解成平行和垂直於 AB 兩個方向的分力，然後再求出這些分力對六邊形的中心點 G 的力矩。學生應能發現這個力系可簡化成一個力偶。
2.3 共面力系的平衡		教師應向學生清楚解釋有關共面力系平衡的知識。教師可與學生討論三個共點力的平衡情況，並引入拉密定理。  $\frac{P}{\sin\alpha} = \frac{Q}{\sin\beta} = \frac{R}{\sin\gamma}$ 對於拉密定理的運用，教師可給予學生適量練習。

內容	時間分配	教學建議
		在此階段，學生應知道一個共面力系必定可以化成以下其中一種情況： (a) 簡化成一個單合力， (b) 簡化成一個力偶， (c) 達到平衡狀態。 教師應提醒學生在二維空間裏，如果一個力系達到平衡狀態時，以下聯立條件定可滿足並對於解決問題將有極大幫助： (1) $\Sigma F_x = 0$，$\Sigma F_y = 0$ 及 (2) $\Sigma M_p = 0$ 其中 F_x、F_y 是該二維空間 $\mathbf{R}^2$ 中的分力，而 M_p 是分力對任意點 P 的力矩。
2.4 摩擦力的性質 *(a)* 磨擦力定律	2	學生應知道當一個物體在一表面上移動或趨向移動時，摩擦力必然會產生，並有阻止這個移動的趨向。 教師必須向學生指出靜摩擦和動摩擦力的分別。前者是指當物體仍然在靜止狀態 (但它有運動的趨勢) 時所產生的摩擦力，而後者則是指當物體在運動時所產生的摩擦力。靜摩擦定律和動摩擦定律均應提及，而學生須知道靜摩擦係數 μ_s 大於動摩擦係數 μ_k。 教師宜強調摩擦力 f 和法向反作用力的關係是 $f \le \mu_s R$，而 $f = \mu_s R$ 則只有在達到極限平衡狀態時才成立。以下圖形可幫助解釋這個概念。(圖中 P 爲摩擦力及法向反作用力的合力。)

內容	時間分配	教學建議
		 (a) (b) 無運動狀態 $f_s < \mu_s R$ (c) 極限平衡狀態 $f_s = \mu_s R$ (d) 正在運動狀態 $f_k = \mu_k R < \mu_s R$ 在此階段，教師值得提醒學生留意以下幾點： (1) 只要法向反作用力保持不變，則靜摩擦力的數值與接觸面的形狀及其面積無關。 (2) 動摩擦力的數值與物體的速度無關而其值恆爲 $\mu_k R$。 (3) 動摩擦力的數值略小於極限 (靜) 摩擦。
(b) 摩擦角		教師應向學生介紹摩擦角 (λ) 一詞及它和靜摩擦係數的關係： $\tan\lambda = \mu_s$ 。 例子如求出以最小的力把一重量爲 W 的質點推上一傾角小於摩擦角的斜面等均可向學生介紹。
2.5 剛體的平衡	12	在此階段，學生應該熟識一個平衡力系的聯立條件： (1) 力系的合力爲零， (2) 該力系對任意一點的合力矩爲零。 學生必須能夠根據已知的物理情況利用上述兩個條件及摩擦定律建立獨立的方程和不等式。學生亦須知道單是條件 (1) 亦已足夠證明一個共點力系平衡。

內容	時間分配	教學建議
		在解決問題的過程中，學生須小心判斷作用於物體的反作用力的方向和位置。雖然在大多數情況下，反作用力都作用於接觸點上，但教師應該提醒學生這並不一定是對的。這個概念可用以下例子說明清楚。 *例* 邊長及重量分別爲 a 和 W 的正立方形物體平放在地上。物體與地面的摩擦係數爲 μ。一個續漸增大沿水平方向的力 F 施加於物體的頂邊並在通過該物體的重心點的垂直平面之上 (如圖)。試求在下列情況下，此力的大小： (a) 該物體滑動但沒有翻倒， (b) 該物體翻倒 在上述兩種情況下，學生應探究及找出法向反作用力的位置。  此外，教師應指導學生如何確定物體所受的反作用力的正確方向。例如，在圖中，學生應知道 S 才是斜面對木棒在 A 點的法反作用力而非 R。

內容	時間分配	教學建議
		 學生必須熟識剛體的平衡極限位置，教師應鼓勵學生在解決問題時多些利用隔離體圖。 *例一* 圖中兩枝長度相同的均勻棒 AB 和 AC 以光滑銷釘連於 A 點，並置於一粗糙地面上，該系統在與地面垂直平面中剛好達至平衡狀態。AB 的重量爲 AC 的兩倍。  在此例中，學生應可求出 B、C 兩點中那一點首先達至極限平衡狀態，從而找出地面與兩枝棒之間的摩擦係數。

內容	時間分配	教學建議
		例二 兩木塊 A、B，其重量分別爲 M 和 m (M > m)，互相接觸如圖示。木塊 A 和牆、木塊 A 和木塊 B、木塊 B 和地面的摩擦係數分別爲 μ_1、μ_2 和 μ_3。  在此例中，教師可要求學生求出保持整個系統平衡所需的最小的 μ_3 值。
	21	