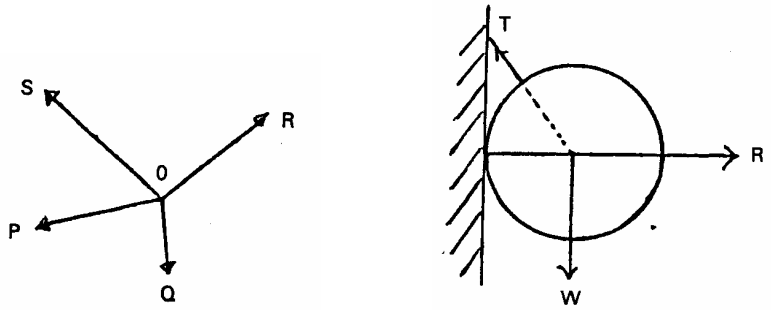
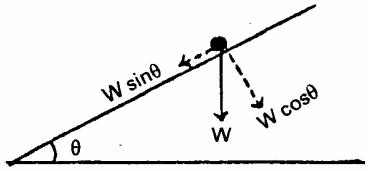
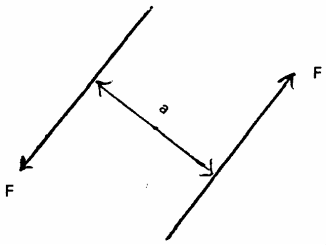
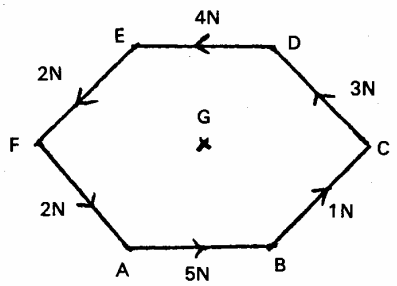
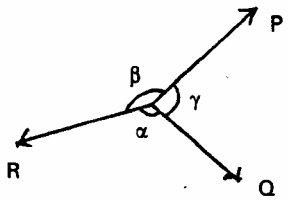
单元 2： 静力学和摩擦力

特定目标：

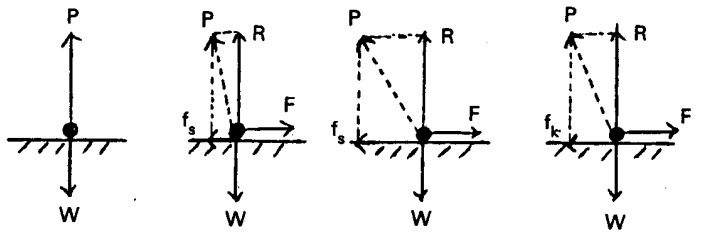
1. 理解力、力矩和力偶的本质。
2. 学习共面力系的合力和分解。
3. 理解摩擦力的本质和摩擦定律。
4. 学习质点及刚体在共面力系作用下的平衡条件及应用这些条件解决有关的实际问题。

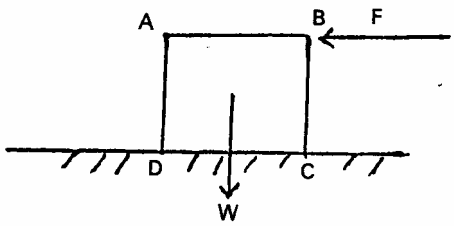
内 容	时 间 分 配	教 学 建 议
2.1 力、合力和力的分解	3	力的向量性质的基础知识已在中学的物理科中提及。在这阶段，教师宜向学生强调决定施于物体的作用力对该物体的效应的基本因素： (1) 作用力的大小； (2) 作用力的作用线，即作用力的方向和作用点。 教师也应介绍共点力的概念。两个或以上的力作用于质点 O 和作用在悬挂于墙边球体上的力都是共点力的例子。  任何一个力系都可简化成一个单合力。学生应能运用三角形定律或平行四边形定律求出任何两个力的合力，连续运用上述任何一个定律即可得出一个共面力系的合力。关于向量和的基本知识可参考 1.2 节。

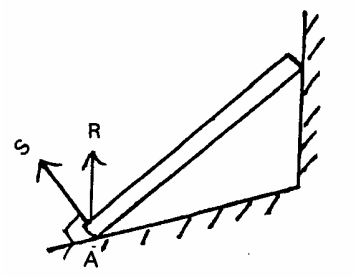
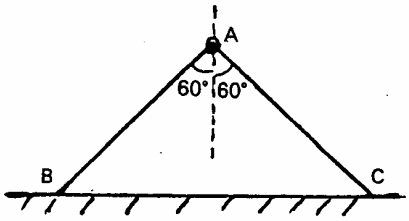
内 容	时 间 分 配	教 学 建 议
		学生须懂得如何将一个力分解成任意两个方向，尤其是两个相互垂直方向的两个分力。向量分解的知识可参阅 1.5 节。类似分解斜面上质点的重量成两个分别平行和垂直于斜面的分力的例子均值得讨论。  教师亦应强调将一共面力系的各个力分解成两个互相垂直的分力来求出其合力的方法及以例子加以说明。
2.2 平行力的合力、力矩和力偶	3	学生须懂得如何求出两个或以上施于一个刚体而方向相同 / 相反的作用力的合力。至于力对于一点的力矩及由一力偶 (一对大小相同但方向相反的力) 所产生的转动效应亦应提出讨论。学生应知道如一轴垂直于一平面，则施于该平面的力偶对该轴的力矩与该轴的位置无关。  力偶所构成的力矩 = **Fa** 教师应介绍两个力对它们平面上任意一点的力矩之代数和等于这两个力的合力对该点的力矩。这个基本概念可引申至力矩原理 (即在刚体的同一平面上各个力对该平面上任意一点的力矩的代数和等于这些力的合力对该点的力矩)。学生应懂得运用上述原理将一个共面力系简化成为一个单力或一力偶。规则图形及均匀物体的重心的计算是力矩原理的应用之一，详细情形可参考单元 11。

内 容	时 间 分 配	教 学 建 议
		例 一正六边形 *ABCDEF* 的边长为 2ℓ，大小为 5N，1N，3N，4N，2N 和 2N 的力分别沿着边 $\overrightarrow{AB}$，$\overrightarrow{BC}$，$\overrightarrow{CD}$，$\overrightarrow{DE}$，$\overrightarrow{EF}$ 和 $\overrightarrow{FA}$ 作用于该六边形。  利用这个例题，教师可引导学生先将各个力分别分解成平行和垂直于 AB 两个方向的分力，然后再求出这些分力对六边形的中心点 G 的力矩。学生应能发现这个力系可简化成一个力偶。
2.3 共面力系的平衡		教师应向学生清楚解释有关共面力系平衡的知识。教师可与学生讨论三个共点力的平衡情况，并引入拉密定理。  $\frac{P}{\sin\alpha} = \frac{Q}{\sin\beta} = \frac{R}{\sin\gamma}$ 对于拉密定理的运用，教师可给予学生适量练习。

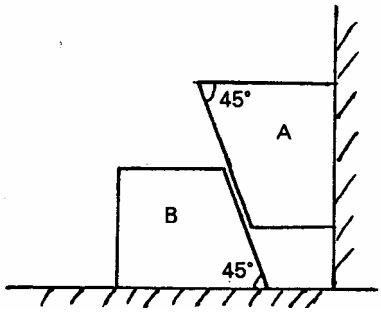
内 容	时 间 分 配	教 学 建 议
		在此阶段，学生应知道一个共面力系必定可以化成以下其中一种情况： (a) 简化成一个单合力， (b) 简化成一个力偶， (c) 达到平衡状态。 教师应提醒学生在二维空间裏，如果一个力系达到平衡状态时，以下联立条件定可满足并对于解决问题将有极大帮助： (1) $\sum F_x = 0$，$\sum F_y = 0$ 及 (2) $\sum M_p = 0$ 其中 F_x、F_y 是该二维空间 $\mathbf{R}^2$ 中的分力，而 M_p 是分力对任意点 P 的力矩。
2.4 摩擦力的性质 *(a)* 磨擦力定律	2	学生应知道当一个物体在一表面上移动或趋向移动时，摩擦力必然会产生，并有阻止这个移动的趋向。 教师必须向学生指出静摩擦和动摩擦力的分别。前者是指当物体仍然在静止状态 (但它有运动的趋势) 时所产生的摩擦力，而后者则是指当物体在运动时所产生的摩擦力。静摩擦定律和动摩擦定律均应提及，而学生须知道静摩擦系数 μ_s 大于动摩擦系数 μ_k。 教师宜强调摩擦力 f 和法向反作用力的关系是 $f \le \mu_s R$，而 $f = \mu_s R$ 则只有在达到极限平衡状态时才成立。以下园形可帮助解释这个概念。(图中 P 为摩擦力及法向反作用力的合力。)

内 容	时间分配	教 学 建 议
		 (a) (b) 无运动状态 $f_s < \mu_s R$ (c) 极限平衡状态 $f_s = \mu_s R$ (d) 正在运动状态 $f_k = \mu_k R < \mu_s R$ 在此阶段，教师值得提醒学生留意以下几点： (1) 只要法向反作用力保持不变，则静摩擦力的数值与接触面的形状及其面积无关。 (2) 动摩擦力的数值与物体的速度无关而其值恒为 $\mu_k R$。 (3) 动摩擦力的数值略小于极限 (静) 摩擦。
(b) 摩擦角		教师应向学生介绍摩擦角 (λ) 一词及它和静摩擦系数的关系：$\tan\lambda = \mu_s$。 例子如求出以最小的力把一重量为 W 的质点推上一倾角小于摩擦角的斜面等均可向学生介绍。
2.5 刚体的平衡	12	在此阶段，学生应该熟识一个平衡力系的联立条件： (1) 力系的合力为零， (2) 该力系对任意一点的合力矩为零。 学生必须能够根据已知的物理情况利用上述两个条件及摩擦定律建立独立的方程和不等式。学生亦须知道单是条件 (1) 亦已足够证明一个共点力系平衡。

内 容	时间分配	教 学 建 议
		在解决问题的过程中，学生须小心判断作用于物体的反作用力的方向和位置。虽然在大多数情况下，反作用力都作用于接触点上，但教师应该提醒学生这并不一定是对的。这个概念可用以下例子说明清楚。 *例* 边长及重量分别为 a 和 W 的正立方形物体平放在地上。物体与地面的摩擦系数为 μ。一个续渐增大沿水平方向的力F施加于物体的顶边并在通过该物体的重心点的垂直平面之上 (如图)。试求在下列情况下，此力的大小： (a) 该物体滑动但没有翻倒， (b) 该物体翻倒 在上述两种情况下，学生应探究及找出法向反作用力的位置。  此外，教师应指导学生如何确定物体所受的反作用力的正确方向。例如，在图中，学生应知道 S 才是斜面对木棒在 A 点的法反作用力而非 R。

内 容	时 间 分 配	教 学 建 议
		 学生必须熟识刚体的平衡极限位置，教师应鼓励学生在解决问题时多些利用隔离体图。 *例一* 图中两枝长度相同的均匀棒 AB 和 AC 以光滑销钉连于 A 点，并置于一粗糙地面上，该系统在与地面垂直平面中刚好达至平衡状态。AB 的重量为 AC 的两倍。  在此例中，学生应可求出 B、C 两点中那一点首先达至极限平衡状态，从而找出地面与两枝棒之间的摩擦系数。

37

内 容	时 间 分 配	教 学 建 议
		例二 两木块 A、B，其重量分别为 M 和 m (M > m)，互相接触如图示。木块 A 和墙、木块 A 和木块 B、木块 B 和地面的摩擦系数分别为 μ_1、μ_2 和 μ_3。  在此例中，教师可要求学生求出保持整个系统平衡所需的最小的 μ_3 值。
	21	

38