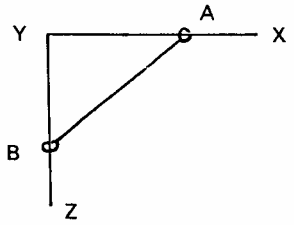
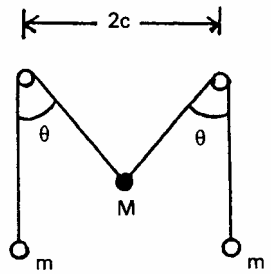
**单元 5： 动量、功、能、功率及其守恒定律**

*特定目标：*

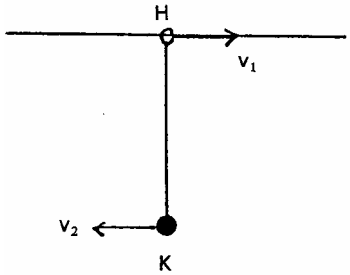
1. 认识动量、功、能及功率。
2. 理解及运用动量及能量的守恒定律。

| 内 容 | 时 间<br>分 配 | 教 学 建 议 |
|---|---|---|
| **5.1 动量及动量守恒** | 2 | 牛顿第二定律可以以下形式来表示：<br>$\vec{F}=\frac{\mathrm{d}(m\vec{v})}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}\vec{P}}{\mathrm{d}t}$<br>其中该质点的动量是 $\vec{P}=m\vec{v}$ 。在没有外力的影响下，该质点的动量 $\vec{P}=m\vec{v}$ 应保持不变。而动量守恒亦可扩展至一质系。教师应提供例题说明如何利用动量守恒定律，例如大炮反冲，卡车的碰撞 (假定碰撞持两车合成一体) 等，但教师不须要在这里详细讨论这些碰撞问题。这些问题可留至单元 6 才讨论。 |
| **5.2 功、能、功率及能量守恒** | 3 | 教师应向学生重申功、能和功率的基本概念。学生亦须知道<br>1. 力 $F$ 把一质点沿着正 $x$ 轴的方向由 a 移动到 b 所作的功是 $\int_a^b F\,\mathrm{d}x$ 。<br>2. 一质量为 $m$ 的质点以速度 $v$ 移动时的动能是 $\frac{1}{2}mv^2$ 。<br>3. 一质量为 $m$ 的质点在一任意原点之上，高度为 $h$ 之处的位能是 $mgh$ 。<br>4. $F$ 的功率是 $F$ 作功的速率。<br>随后，教师可在一些力学系统引进功和能的关系。以下是其中两个例子。<br>(1) 某质点在力 $F$ 的作用下在一水平直线上移动着。而该质点所增加的动能是相等于 $F$ 对该质点所作的功。<br>(2) 当一弹性的绳被拉长时，其对该绳所作的功是相等于该绳所储的位能。而学生也须知道该已储在被拉长的绳的位能是等如 $\frac{\lambda x^2}{2\ell}$ 其中 $\lambda$ 是弹性模数，$\ell$ 是自然长度，而 x 是绳的增长。 |

| 内 容 | 时 间<br>分 配 | 教 学 建 议 |
|---|---|---|
| | | 最后，教师应强调怎样利用能量守恒去解力学问题，即<br>$\begin{pmatrix}\text{對一系統}\\\text{所作的功}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\text{動能的}\\\text{改變}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\text{位能的}\\\text{改變}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\text{反摩擦力}\\\text{所作的功}\end{pmatrix}$<br>在这阶段，学生应不难看出，若在没有摩擦力及没有对系统作功的情况下，上式可以简化成<br>(动能的增加) = (位能的减少)<br>或 (位能的减少) = (动能的增加)<br>*例一*<br>一质量为 1000 kg 的车正以恒速度 10 $\mathrm{ms^{-1}}$ 向一山上爬行。该山的倾角是 1 比 10。<br>(a) 求该车在一分钟内反重力所作的功。<br>(b) 若在这段时间内，该车所作的功是 $9\times10$ J，求对其运动的阻力。<br><br>在这问题上，学生应能见到，该车在一分钟内反重力所作的功是等如在该段时间内该车所获得的位能，而由于该车的动能没有增加，学生应能利用能量守恒定律去找出反摩擦力所作的功，从而求出对其运动的阻力。<br>*例二*<br>下图表示放置在一铅垂平面上的一平滑铁线 XYZ 。该铁线的二段直线部分 XY 及 YZ 成直角，而 YX 则放置成水平。两个质量都是 m 的滑环，以一条长 $5\ell$ 及不可延长而紧直的绳联系着，并分别穿在铁线 YX 及 YZ 部分中。当 A 距离 $4\ell$ 时，该系统从静止中释放。试计出，当 A 距离 $3\ell$ 时，B 的速度。<br>  |

| 内容 | 时间分配 | 教学建议 |
|---|---|---|
| | | 在这问题中，教师可首先引导学生找出，在释放后任一时间 $t$，A 和 B 速度的关系；随后，利用能量守恒定律解这问题。<br>*例三*<br>在图中，两轮均是滑轮而整个系统在静止中释放。当 M 跌至某一位置时，连接 m 的绳和垂直所交的角是 $\phi$。<br>  <br><br>试证明所减少的位能是<br>$Mgc(\cot\phi-\cot\theta)-2mgc(\operatorname{cosec}\phi-\operatorname{cosec}\theta)$<br>在这问题中，学生应认识到通常单独位能是不守恒的。从以上结果，教师可要求学生推导出以下情况：假若当绳和垂直成交角 $\alpha$ 时，这系统达至平衡；而这系统从绳和垂直线成交角 $\theta$ 的位置由静止释放，则这系统会在交角为 $\phi$ 时达至下一个瞬时静止，而其中<br>$\tan^2\frac{1}{2}\alpha=\tan\frac{1}{2}\theta\tan\frac{1}{2}\phi$。<br>*例四*<br>一轻棒 HK，长度为 a，分别连接着一质量为 $m_1$ 的滑环 H 及一质量为 $m_2$ 的质点 K 。该环正穿在一幼滑的水平铁线上。开始时，该棒保持在水平位置，及后从静止中释放。试求当该棒 HK 成垂直时，环和质点的速度。 |



| 内容 | 时间分配 | 教学建议 |
|---|---|---|
| | | 学生须察觉到，当棒成垂直时，K 是作水平运动。跟着运用动量守恒定律及能量守恒定律，结果随即得出。<br>  <br> |
| | 5 | |