

江苏省五年制中学试用课本

物理学

WULIXUE

第三册

江苏人民出版社

目 录

(35 )	..... 静力学	二
(36 )	..... 变力	三
(37 )	..... 曲线运动	四
(38 )	..... 转动	五
(39)	第五编 力学(二)	六
(40 )	..... 质点运动学	七
第一章 曲线运动		
	(1)	章四第
一 参考系与坐标系		(1)
(二) 质点 位移矢量		(2)
(三) 速度 加速度		(4)
(四) 匀速圆周运动		(5)
(五) 切向加速度和法向加速度		(7)
(六) 曲线运动中的作用力		(9)
(七) 离心机械		(11)
(八) 行星的运动		(14)
九 万有引力		(15)
十 宇宙速度		(17)
(十一) 潮汐		(21)
第二章 刚体力学		
(一) 角量		(28)
(二) 转动动能 转动惯量		(32)
(三) 转动公式		(35)
(四) 动量矩 动量矩守恒定律		(38)
(五) 质心 质心运动定律		(41)
(六) 轴上的反作用力		(44)
(七) 滚动 滚动摩擦		(47)

第三章 弹性力学

- 一 弹性 塑性.....(52)
- 二 单向伸长 胡克定律.....(53)
- 三 切变.....(56)
- 四 梁的弯曲.....(58)
- 五 杆的扭转.....(60)
- 六 弹性形变的势能.....(62)
- 七 材料的机械性质.....(64)

第四章 振动

- (一) 简谐振动.....(69)
- (二) 弹簧振子 单摆.....(73)
- (三) 简谐振动的能量.....(79)
- (四) 复摆.....(82)
- (五) 阻尼振动.....(84)
- (六) 强迫振动 共振.....(85)
- (七) 振动的合成.....(88)

第五章 波动

- (一) 弹性波的产生和传播.....(92)
- 二 波的传播速度 波长 波的周期和频率.....(95)
- 三 波动方程.....(96)
- (四) 波的能量 能流.....(99)
- (五) 波的干涉.....(102)
- (六) 驻波.....(105)
- (七) 声波 声强 声波的反射 折射.....(107)
- (八) 建筑声学.....(109)
- (九) 超声波的产生.....(110)
- (十) 超声波性质及应用.....(113)

第六章	粘滯流體的流動	
一	流體的粘滯性	(118)
二	片流 流體在細管中的流動	(122)
三	紊流 雷諾爾數	(124)
四	灌溉渠道中水的流動	(127)
五	渦旋	(130)
六	運動物體在流體中受到的阻力	(133)
七	環流	(136)
八	馬格諾斯效應	(137)
九	飛機機翼的升力和阻力	(139)
十	超聲速流動 激波	(142)
力學實驗		(146)

第六編 電動力學

第一章	靜電場	
一	電場強度的疊加	(163)
二	電通量定理	(167)
三	電通量定理的應用	(170)
四	靜電場的性質——勢場	(174)
五	場強與電勢差之間的關係	(179)
六	靜電場中的導體	(180)
七	電容器的電容	(181)
八	電容器的串聯和並聯	(186)
九	導體表面的場強 靜電屏蔽	(191)
十	電介質對電場的影響 電位移矢量	(194)
十一	電荷的相互作用 靜電場的能量	(197)

第二章 恆定電流的磁場

一	恆定電流	(203)
---	------	-------

二	平行直电流間的相互作用力 电磁单位制	(207)
三	磁場 磁感应强度	(208)
四	磁介質对磁感应强度的影响 磁場强度	(211)
五	安培环路定律	(212)
六	安培环路定律的应用 螺綫管的磁場	(214)
七	电磁鉄	(217)
八	运动电荷在磁場中所受到的力	(219)
九	电子在磁場中的运动軌跡 β 譜仪	(221)
十	电子显微镜	(223)
十一	荷质比的测定 质譜仪	(227)
第三章 电磁感应 似稳电磁场		
一	法拉弟电磁感应定律	(232)
二	自感	(236)
三	互感	(241)
四	磁場的能量	(245)
五	L-C 振盪	(247)
六	交流电 串联諧振	(250)
七	趋肤效应	(254)
第四章 电磁场与电磁波		
一	法拉弟电磁感应定律的推广 磁場的变化率与电場的关系	(258)
二	位移电流 电場的变化率与磁場的关系	(261)
三	平面电磁波	(265)
四	振子的幅射	(269)
五	电磁波譜	(274)
电动力学实验		(278)

。1. 系参考以計用太用

等參于以計用太用... 系参考以計用太用... 系参考以計用太用...

第五編 力(學(二))

第一章 曲綫运动

一 参考系與坐標系

宇宙間的任何物体都在永恆不停的运动中，地面上那些看来靜止不动的物体，始終跟着地球一起公轉和自轉；太阳，从整个銀河系来看也以每秒 200 公里的速度运动着，即使銀河系，对于其它星系來說，也在运动。宇宙間絕對靜止的物体是不存在的。所以要描述物体的运动，就必须选定另一个运动物体作为参考，然后研究物体相对于参考物体是如何运动的。各种物体都可以被选作为参考。例如研究車刀的运动，可以选定車床台基作为参考；研究人造行星的运动，可以选定运动着的太阳作为参考等等。这种描述物体运动时被选作参考的另一物体称为参考系。

参考系的选择沒有一定的标准，要看問題的性質和研究問題的方便。研究地面上物体的运动，选择地球作为参考系最为方便。火箭发射时，主要要研究它相对于地面如何运动，就用地球作为参考系；当宇宙火箭进入繞太阳运行的軌道时，就要

用太阳作为参考系了。

选定适宜的参考系后，还要用数量来说明物体相对于参考系的位置。我们可以在参考系上选择一个固定的坐标系，并在参考系上选定起点作为坐标原点。例如，描述吊车上被吊物体的运动时（图5-1-1'），我们在作为参考系的空間支梁上选择一点为坐标原点，作三条互相垂直的坐标轴（X轴、Y轴、Z轴），构成了直角坐标系。这样，我们就能用X、Y、Z这三个坐标轴上的数量来说明被吊物体相对于支梁的位置。根据需要，我们也可以用其它坐标系，例如极坐标系，球坐标系等来研究物体的运动。

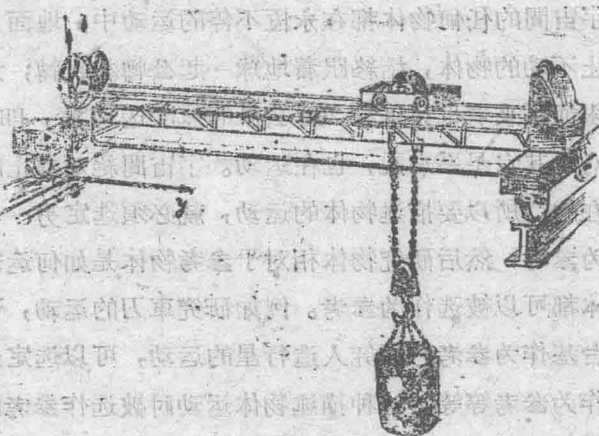


图5-1-1 吊车的运动

二 质点 位移矢量

任何物体都有一定的质量和体积，为了便于研究问题，根据我们所研究的问题的性质，在很多情况下，可以忽略物体的

体积太小，把物体当做只有一定质量的几何点，我们称这个点为质点。例如，火箭飞行时，它的体积比它所涉及的空间体积小得多，完全可以忽略不计，可以把它当作质点。

当质点运动时，它的位置不断变更。我们用位移这个物理量来表示质点位置的变更。位置的变更包括两个方面：变更了多少距离和在哪一个方向上变更。它是有大小又有方向的物理量。我们用一个有向线段(矢)表示它：设质点在曲线上运动



图 5-1-2
质点的位移矢量

时，在某一时刻 t 的位置是P点(图 5-1-2)，经一段时间 Δt 后，到达另一位置Q点，从P点到Q点的这段有方向的线段，称为质点在这一段时间内的位移。

位移既是一条直线，所以在曲线运动中，位移不能和质点的轨道相符合。只有当所选取的时间 Δt 为无限小时，位移 ΔS 也是无限小值，这时位移和轨道才可以看作符合。

在直线运动中，位移和轨道是一致的，都是直线。

我们已经知道了，力不仅有大小，而且有方向。这种既有大小又有方向的物理量我们把它叫做向量或矢量。除了力以外，现在又多了一个位移矢量，以后我们还会遇到许多矢量。正如力可以合成与分解一样，位移和其他所有的矢量也都可以合成和分解。

例如，物体在 Δt 的时间内，产生了 ΔS 的位移。我们也可把它看作在 Δt 的时间内同时产生了 ΔS_x 和 ΔS_y 两个位移；说得更清楚一些，在X方向上，位置改变了 ΔS_x ，在Y方向上，位



图5-1-3

合位移与分位移

置改变了 ΔS_y (图5-1-3)。 ΔS 叫做合位移， ΔS_x 、 ΔS_y 叫做分位移。

同样，我们还知道，一个矢量不仅可以把它分解为互相垂直的二个分量，还可以根据实际需要按任意的平行四边形来分解。

三、速度 加速度

过去我们学习了直线运动中的速度和加速度，现在来研究曲线运动中的速度加速度。

在曲线运动中，为要决定速度矢量，我们仍然观察一极短的时间 Δt ，在这时间里，质点将通过曲线轨道的一小弧段 ΔS （图5-1-4），如将 Δt 无限地减小，则弧 ΔS 也无限地减小。我们在上一节研究过，在这种情况下，位移和轨道相符合，即弧 ΔS 与弦 ΔS 相结合，在无限小的范围内，曲线与直线（切线）一致，所以在已知点P，曲线运动的瞬时速度的数值就可以规定为 $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta t} \right) = \frac{ds}{dt}$ 。而把切线方向作为P点

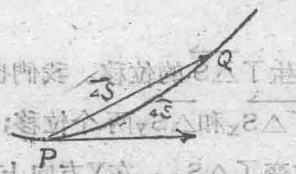


图5-1-4 曲线运动的速度

速度方向。这个式子表示，质点在时刻t或位置P的速度，在大小和方向上等于包括该时刻在内的一段无限小时间内，每单位时间的位移。

用矢量来表示时，就可以把它写作

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{d\vec{s}}{dt}$$

因为在曲线上，各点的切线有不同的方向，所以速度的方向总是不断变化的。而在一般曲线运动中，速度的大小和方向都要改变，即速度矢量是变化的。

设质点在P点的速度是 \vec{v} ，在Q点的速度是 \vec{v}' ，两个速度的矢量差 $\Delta \vec{v} = \vec{v}' - \vec{v}$ 。那么加速度的定义是：

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

也就是说，质点在时刻t或位置P的加速度，在大小和方向上等于包括该时刻的一段无限小时间内，每单位时间的速度增量，所以加速度也是矢量。

四 匀速圆周运动

直线运动中，速度的方向是不变的，只是大小改变；在曲线运动里，速度的方向随时刻改变了，至于速度的大小，可以是不变的，也可以是改变的，最简单的曲线运动就是匀速圆周运动。匀速转动着的轮子，它的各部分都做匀速圆周运动。

如果用 \vec{v} 表示某一时刻（或在P点）的速度（图5-1-5），用 \vec{v}' 表示经过 Δt 时间后（或在Q点）的速度；按照加速度的定义，匀速圆周运动的加速度：

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{v}' - \vec{v}}{\Delta t}$$

按图 5—1—5 我們很容易求出加速度的大小。图中的半径 $OP = OQ = R$ ， $\triangle OPQ$ 即为等腰三角形。因为速度的大小相等，即 $v = v'$ ，所以图中 \vec{v} ， \vec{v}' 和 $\Delta \vec{v}$ 组成的三角形也是等

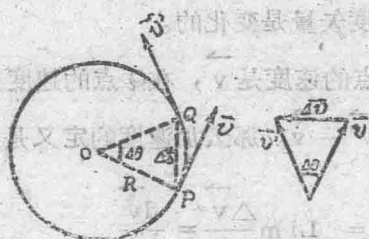


图 5—1—5 圆周运动的加速度

腰三角形。又因为 $OP \perp v$ ， $OQ \perp v'$ ，所以 v' 和 v 组成的夹角和 OP 、 OQ 组成的夹角相等，用 $\Delta\theta$ 来表示。

因而上述两个等腰三角形相似。由此得：

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta S}{R} \quad \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \Delta S}{R \Delta t}$$

当 Δt 趋近于 0 时，Q 点趋近于 P 点，弦长 ΔS 趋近于弧长 ΔS 所以：

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v \Delta S}{R \Delta t} = \frac{v^2}{R}$$

由于速度的大小 v 是不变的，所以加速度的大小也是不变的。从图中还可以知道加速度的方向。当 Q 点趋近于 P 点时， v' 的方向趋近于 v 的方向，所以任一点 P 的加速度的方向总是

垂直于該点的速度方向。这个方向沿半径指向圆心的加速度，称为向心加速度。

五 切向加速度和法向加速度

在平面曲綫运动中，可以按矢量的分解方法把加速度 \vec{a} 分成两个分加速度：沿法綫方向加速度（用 \vec{a}_n 表示），和沿切綫方向的切向速度（用 \vec{a}_t 表示）。法向加速度与切向加速度互相垂直（图 5-1-6）。

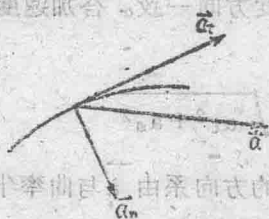


图5-1-6 切向加速度和法向加速度

法向加速度与匀速圆周运动中的向心加速度类似，只改变速度的方向；切向加速度和直綫运动中的加速度类似，只改变速度的大小。质点作曲綫运动时，在一般情况下，同时有法向加速度和切向加速度，即速度的大小和方向都同时改变。

现在分別研究切向加速度和法向加速度的大小和方向：

把质点运动的曲綫軌道分成許多足够小的曲綫弧段，就可以用許多圓弧来代替它們。和曲綫上某一小弧相应的圓，叫作它的曲率圓。如图 5-1-7a 中的圓 $C_1C_2C_3$ 就是曲綫上



$A_1A_2A_3$ 点的曲率圓。既然把平面曲綫軌道独立的分段当作圓弧的分段来考虑，就能用圓周运动的方法来討論一般

的曲綫运动。只要把圓半径 R 改成曲綫上各点的曲率半径 ρ ，上某一点的曲率圓的半径。所以我們能

用类似于上一节证明向心加速度的大小的方法同样地证明：

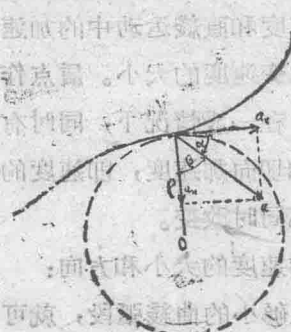
$$a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

其中 ρ 和 v 是在曲线上某一点的曲率圆的半径和速度。和圆半径不同的是： ρ 在曲线上是逐点改变的。

如果用 Δv 表示速度大小的变化，则切向加速度的大小

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) = \frac{dv}{dt}$$

它的方向和质点在某点所具有的速度方向一致。合加速度在数值上等于



$$\sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

合加速度的方向系由 a 与曲率半径所夹的角 β 决定(图 5-1-7b)：

$$\tan \beta = \frac{a_t}{a_n}$$

或由 a 与切线所夹的角度 α 决定：

$$\tan \alpha = \frac{a_n}{a_t}$$

如果法向加速度 $a_n = 0$ ，即曲率半径 ρ 无限大，合加速度 $a = a_t$ ，则质点做直线运动；如果切向加速度 $a_t = 0$ ，速度的大小不随时间而变，则 $a = a_n$ ，即是匀速圆周运动。

六 曲线运动中的作用力

加速度定律是机械运动的普遍规律。对于任何运动，无论是直线运动或是曲线运动关系式 $f = ma$ 都是正确的。一个质

点在力的作用下，必定产生一个大小为 $a = \frac{f}{m}$ 的加速度，而且力的方向和加速度的方向永远相同。

因为一般曲线运动的加速度 \vec{a} 可以分解成切向加速度 a_t 和法向加速度 a_n ，那么一个物体作曲线运动时作用在这个物体上的力 f ，相应的也可分成切向力 f_t 和法向力 f_n ，且分别在曲线某一点的切线方向和法线方向。根据运动定律可以得到：

$$f_t = ma_t \quad \text{和} \quad f_n = ma_n$$

因为 $a_t = \frac{dv}{dt}$ 和 $a_n = \frac{v^2}{\rho}$

故 $f_t = m \frac{dv}{dt}$ 和 $f_n = m \frac{v^2}{\rho}$



在匀速曲线运动中，速度的大小不变，故切向力为0，只有法向力，这力沿轨道的法线方向作用，迫使物体不断改变运动方向，但不改变物体速度的大小。如果曲线的轨道是圆，即在匀速圆周运动中，法向力（又称向心力）：

$$f = m \frac{v^2}{R} \quad \text{式中} R \text{是圆的半径}$$

用角速度来表示时 $f = m \omega^2 R$

从上二式得出：如果质点运动的线速度不变，向心力和半

径成反比；如果质点运动的角速度不变，向心力和半径成正比。

根据作用力反作用力定律，作匀速圆周运动的物体必然对外有一个与向心力方向相反，量值相等的反作用力，这个力称为离心力。

向心力与离心力分别作用在两个不同的物体上。

【例】在铁路弯曲处，求路面的倾斜。

【解】设弯曲轨道的曲率半径为 r ，火车速度为 v ，质量

为 m ，作用在火车上的力仅只有两个，重力及轨道面面对火车的压力。如果火车在直线上运动，这两个力相互平衡。当火车绕弯曲轨道前进时，路基必须和水平面成一个倾斜角 α ，这样就会得到一个合力（图5-1-8），以产生法向加速度，这个合力也就是向心力。

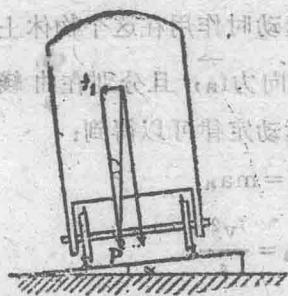


图5-1-8 铁路转弯处外轨的垫高

现在来求铁路路基对水平面的倾斜角。

因为 $f_1 = \frac{mv^2}{r}$ 而 $f_1 = Pt \tan \alpha$

即 $\frac{mv^2}{r} = mg \tan \alpha$

所以 $\tan \alpha = \frac{v^2}{rg}$

速度越大，曲率半径越小，斜倾角 α 越大。

七 離心机械

应用物体在作圆周运动的向心力和离心力，可以做成各种各样的机械装置。这种装置总称为离心机械。下面将分别来研究几种简单的离心机械的原理。

(一)离心节速器：这种机械是用来保持蒸汽发动机转速一定的装置。它的构造如图 5—1—9 所示。

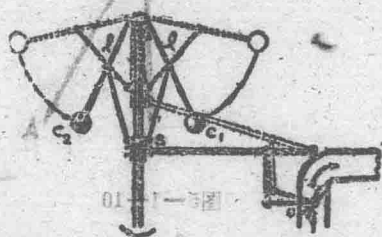


图5—1—9 节速器

在和机器一同转动的垂直轴 AB 的上端，用铰链连结两根长为 l 的棒，在这两棒的下端各有一个重球 C_1 和 C_2 。当 AB 轴旋转时，两球向外偏离，这时通过杆 1 和另外两根细棒来带动联轴 S 上升，再通过横杆与蒸汽机中蒸汽进口的阀门 C 连结。当蒸汽机的转速超过正常转速时，两球偏离越远，因而联轴器 S 上升越高，阀门 C 便开小一些，使进入气缸的蒸汽减少，这时转速减慢。反过来，当蒸汽机的转速比正常转速小时，小球偏离变小，联轴器也就下降，阀门 C 便开大一些，因而进入气缸的蒸汽量增加，故使转速增快。

设节速器的迴转角速度为 ω ，我们来决定棒 AC_1 与 AC_2 之间的分离角。当棒 AC_1 在倾斜位置时，球 C_1 的重力 ($P = mg$) 豎直向下，把 P 会解成两个分力， N 沿棒的方向， f_1 沿水平方向；分力 N 与棒的反作用平衡，分力 f_1 表现为向心力，使

球繞軸AB作圓周運動(圖5-1-10),因而

$$f_1 = m\omega^2 R \quad \text{又有} \quad f_1 = P \tan \alpha = mg \tan \alpha \quad \text{其中 } 2$$

是 mg 與 N 的夾角。

$$\text{而 } R = l \sin \alpha$$

$$\text{由此可得 } \tan \alpha = \frac{f_1}{mg} = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{l \omega^2 \sin \alpha}{g}$$

$$\text{或 } \sin \alpha \left(\frac{1}{\cos \alpha} - \frac{l \omega^2}{g} \right) = 0$$

由此式可得二解:

第一解為:

$$\cos \alpha = \frac{g}{l \omega^2}$$

第二解為:

$\sin \alpha = 0$, 或 $\alpha = 0^\circ$ 。因离心節速器的構造不允

許 $\alpha = 0^\circ$, 所以第一個解決定所求的 α 值。因此當角速度 ω 增大時, 角 α 也增大。

离心節速器也應用在蒸汽輪機、水力發動機上。

(二) 离心水泵: 离心水泵的構造如圖5-1-11所示。在殼套內有一個固定在轉動軸上帶葉片的輪為C, 當C作高速旋轉時, 內部的水也跟着葉片一起轉

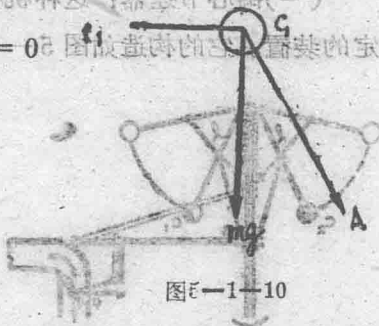


圖5-1-10

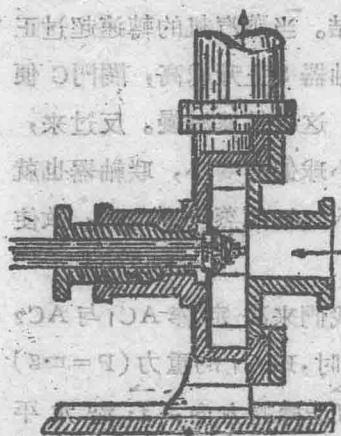


圖5-1-11(a)