# 物理讲义

八二五班編

一九六〇年五月

# 物理讲義

## 序　言

教学革命的风暴席卷全校，技术革命推动着文化革命的向前发展，在这跃进的形势下，我们全班同学都深感到要多快好省的提高教学质量，就必须要大搞教学革命。

物理——过去都一向是化工学习上的一道难关，而在这一门学科中，过去的教材内容，还有一定的重复、陈旧与化学专业结合不够，毛泽东思想红旗还举得不鲜艳，现代化的教材也占得很小，譬如在我们所学的教材中，对于一些新的科学——迴旋加速器，无线电电子学，以及一些有用的实际技术，冲击电流計，温差电动势也没有介绍，有些问题重复较多，如运动学、动力学、力学，也有一些虽作介绍，但介绍触含里含糊，如刚体。

我们这次编写物理講义的目的，本着下面的两条思想路线来进行的，高举毛泽东思想红旗，对于物理中的一些错誤观点，如电场中的超距观点，我们都用辯証唯物主义观点来进行批判。

我们这次编写物理講义的另一个目的，是以教学革命的精神，去除陈旧的教学内容加进现代化的科学知識，特别是对于化学专业同学联系不大的陈旧知識，我们把它去掉，而集中精力把一些联系较大的搞深搞透，譬如，我们感到物理中的运动学，和动力学刚体部份，过去在中学階段已学了较多，因而在此教材中不再重复，而集中运用矢量的概念来进行介绍，这样不会使同学们觉得加进新的内容不够突出，同時，可以使同学们更认識到掌握矢量的重要性，为了帮助同学联系实际的努力，我们每单元都举出例題，有些单元作出总结。

通过这次编写物理講义，使我们深刻的体会，一切工作必须在党的领导下，大搞群众运动，才能会取得成绩，才会达到高速度，我们在这次编写过程中，党给了我们很多教导，教育我们要有敢闯的精神，要有敢想敢說敢做的风格，当其它方面有困难，党组织及時的帮助我们介决，通过这次编寫

我们更感到大搞群众运动的必要性．我们从开始准备到脱搞只用去了一天半，连修改在内也只不过是二天时间，而在二天时间中，是在一面学好正課，利用課余时间搞出来的，因此只有在大搞群众运动下才能达到高速度，才能多快好省．

在这次编写教材过程中，我们还体会到教育大革命，确实是思想大革命的过程，通过这次教材编写，我们班中的很多同学思想得到了进一步的介放，更深刻的要搞高教学質量就必須要进行教育革命．

由于时间关系，我们这本教材准备分两次出版，第一部份是从运动学、力学、流体力学，电学．第二部分是光学，电磁波，无线电々子学．

我们知道，这次物理讲义的编写还有很多的缺点，例如系统性不強，教材的取捨还可能不恰当，加进的新教材由于同学们的理介程度所限，还不能寫得十分深刻透彻等々．我们希望老师们，同学们多々向我们提出宝貴的意見，以使我们能够更好的修改，使之更好的符合于化学专业对物理課程的要求．

825班全体同学

1960．4．30．

# 第一章　运动学

## 第一节　矢量在物理学中的应用

在运动学中我们经常要用到矢量，以矢量进行运算，它在运动学和力学中起着特别重要的作用．因此现在让我们介绍一下它在物理学上的应用．在叙述之前我们首先把矢量的概念作一简单的介绍．

物理学上常用的是標量与矢量两种．凡是用一定的量度单位而仅由数麻大小就可以完全表示出来的量称为標量它没有方向性．而另外一个量是除了須要用一定的量度单位由数值表示它们的大小可以外，还必須标明它们的方向，才能完

全表示出来，这种矢量称为矢量，亦称向量。

矢量的简单数学运算：

关于它的各种运算过程我们已在数学中得知，现在只把它的重要结论提一提：

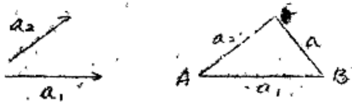
(1) 矢量的合成：

矢量相加——用于平行四边形的对角线表示 OA、OB 的合成得到 OC；

即 $\vec{OC}=\vec{OA}+\vec{OB}$ 如图


矢量相减——即是加法的逆运算

如图：

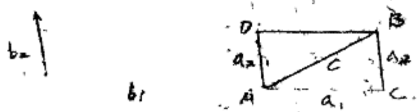



$$a=a_1-a_2=a_1+(-a_2)$$

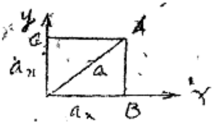
矢量的乘法—— $\vec{a}\times\vec{b}=a\cdot b\cos\varphi$ （$\varphi$ 为 $\vec{a}$ 与 $\vec{b}$ 的夹角）

(2) 矢量的分解：

如图所示 如果把 a 分解成与左右两分量 $b_1$ 与 $b_2$ 平行之分量，则必须过 A B 点作平行于 $b_1$ 与 $b_2$ 之直线交于 C 点，则得 $a_1$ 与 $a_2$ 即是。




如果设有矢量 $\vec{a}=\vec{OA}$ 和直角坐标 OXY 须将 a 分解成为沿轴 X 及 Y 方向的分矢量，如此，从 A 点作垂线至 X 及 y 轴分别得 B 和 C 两点，则矢量 $\vec{OB}$ 及 $\vec{OC}$ 就是 a 底两个分量，如图




应用到空间同样正确，如

$$a_1+a_2+a_3=a$$

如果以 i j k 分别代表 x.y.z 轴的矢量值

则 $a=a_xi+a_yj+a_zk$

a 之大小和方向在坐标上为 $\begin{cases} a=\sqrt{a_x^2+a_y^2+a_z^2} \\ \cos(a\cdot x)=\dfrac{a_x}{a} \end{cases}$

$$\cos(a\cdot y)=\frac{a_y}{a},\quad \cos(a\cdot z)=\frac{a_z}{a}$$

由以上的讨论可见结出关于将矢量沿直角坐标轴分介的重要关系：不论在平面内或在空间，将矢量沿直角坐标轴分介时，沿任一轴的分矢量底模和加上适当的符号，就等于原矢量在该轴上的投影；或者说，一矢量在某一直角坐标轴上的投影与沿该轴正方向的单位矢量底乘积，就是原矢量底沿该坐标轴的分矢量。

(3) 两矢量的标积

如 a，b 底标积是一个标量，其大小等于两矢量底模乘以两矢量之间的夹角底余弦

即 $a\cdot b=ab\cos(a\cdot b)$

（关于它的各方面的具体的运算可参考数学讲义）

如果以矢量单位代表出则得：

$$a=a_xi+a_yj+a_zk$$
$$b=b_xi+b_yj+b_zk$$
$$a\cdot b=(a_xi+a_yj+a_zk)(b_xi+b_yj+b_zk)$$
$$=a_xb_x+a_yb_y+a_zb_z$$

即：两矢量底标积等于两矢量在坐标轴上的对应投影底乘积底代数和。

(4) 两矢量底矢积：

两矢量 a，b 底乘积是一个新的矢量 c，它的模等于以矢量 a，b 为边的平行四边形底面积它垂直于 a 所决定的平面（即平行四边形），而它的指向按照右手螺旋规则决定。

$c=a\times b=ab\sin\alpha$（$\alpha$ 为 a 与 b 之间的夹角）关于它的运算规则参看数学讲义。

如果以矢量单位代出：则

$$a\times b=\begin{vmatrix} i & j & k \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}$$

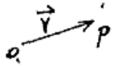
它在物理学上具体应用：

I. 运动学：

(1) 质点运动学：

(a) 质点的位置可用矢量 $\vec{r}$ 表示，$\vec{r}$ 叫做位置矢量或位

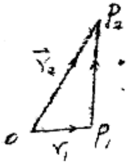
置向量，先在参照系上取定点 $O$ $P$ 点的位置以 $\overrightarrow{OP}$ 矢量表之. 为了简明以 $\vec{r}=\overrightarrow{OP}$ 表之



当然质点的位置也可用直角坐标和极坐标来表示.

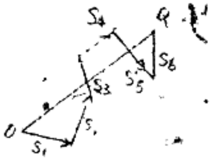
(b) 质点的位移：位移就是位置的改变. 以矢量 $\overrightarrow{\Delta S}$ 或 $\overrightarrow{\Delta r}=\vec{r}_2-\vec{r}_1$ 来表示.

如在位置 $P_1$ 到 $P_2$ 的位移 用有向线段 $\overrightarrow{P_1P_2}$ 表之. $\overrightarrow{P_1P_2}$ 叫做位移矢量. 不过位移也可用坐标轴表之.



矢量 $\vec{S}=\vec{r}_2-\vec{r}_1$ 可写成 $\begin{cases}S_x=\vec{x}_2-\vec{x}_1\\ S_y=\vec{y}_2-\vec{y}_1\end{cases}$

它们两者各有优点. 用矢量符号描写比坐标分量描写要简短些. 因为矢量表示只要一个式, 而坐标描写则须两个或三个式. 但在数学计算上 坐标轴比较方便：



向量符号

$$\vec{S}=\vec{S}_1+\vec{S}_2+\vec{S}_3+\cdots\vec{S}_n=\sum_{i=1}^{n}$$

但计算其大小和方向 则要每两个两个求

如 $\vec{S}_{12}=\vec{S}_1+\vec{S}_2$ $\quad\vec{S}_{123}=\vec{S}_{12}+\vec{S}_3$ $\quad\vec{S}_{1234}=\vec{S}_{123}+\vec{S}_4$

坐标轴：$S_x=S_{1x}+S_{2x}+S_{3x}+\cdots\cdots+S_{nx}=\sum_{i=1}^{n}S_{ix}$

$$S_y=S_{1y}+S_{2y}+S_{3y}+\cdots\cdots S_{ny}=\sum_{i=1}^{n}S_{iy}$$

$$S=|\vec{S}|=\sqrt{S_x^2+S_y^2}\qquad \tan\alpha=\frac{S_y}{S_x}$$

并且必须注意质点的位移不要与路程相混淆 位移是决定于始终两点的位置，而路程是质点运动的轨迹.

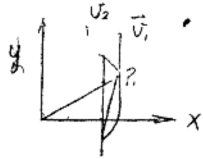
(c) 速度 速度之发生是由位置的不断变化

在曲线运动中速度是矢量

$$\vec{v}=\frac{d\vec{S}}{dt}=\frac{d\vec{r}}{dt}$$

1—6

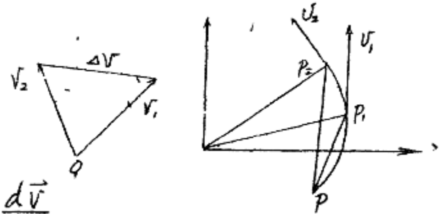
$$\bar{V}=\frac{\widehat{P_1P_2}}{t_2 t_1}=\frac{\widehat{P_1 T}}{\Delta t}$$



$$\therefore \lim_{\Delta t\to 0}\bar{V}=\lim_{\Delta t}\frac{\widehat{P_1P_2}}{\Delta t}=\lim\frac{\overrightarrow{P_1P_2}}{\Delta t}=\frac{\Delta \vec{S}}{dt}=\frac{d\vec{r}}{dt}$$

曲线运动的速度矢量也可用坐标轴表示之

$$\begin{cases} V_x=\dfrac{dx}{dt}=\dot{x} \\ V_y=\dfrac{dy}{dt}=\dot{y} \end{cases}$$



(D) 加速度. $\vec{a}=\dfrac{d\vec{V}}{dt}$

直角坐标为: $\vec{a}_x=\dfrac{d^2x}{dt^2}=\ddot{x}$ , $a_y=\dfrac{d^2y}{dt^2}=\ddot{y}$

如果以在平面上极坐标分量为:

$$\begin{cases} \vec{a}_r=\dfrac{d^2\vec{r}}{dt^2}-r\left(\dfrac{d\phi}{dt}\right)^2=\ddot{r}-r\dot{\phi}^2 \\ a_\phi=\dfrac{dr}{dt}\cdot\dfrac{d\phi}{dt}+\dfrac{2d^2\phi}{dt^2}=2\dot{r}\dot{\phi}+r\ddot{\phi} \end{cases} \quad \cdots\cdots (a)$$

a 式的意义:

第一式表示在 r 方向上的加速度有两部分组成, 一部分是 速因圆运动的向心加速度 $\left[-r\left(\frac{d\phi}{dt}\right)^2\right]$, 另一部分是沿 V 直线的变速直线运动的加速度.

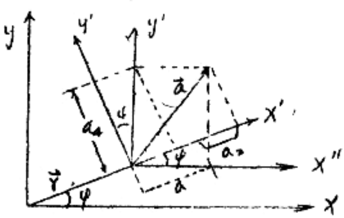
在第二式中的 $2\dfrac{dr}{dt}\dfrac{d\phi}{dt}$ 为科里奥利加速度

a 式的获得由以下可知

X. Y 是固定於参照的座标系

X". Y" 是永远 ∥ 于 X. Y 的座标

X'. Y'. X 在 r 上. Y 在



上于r上的坐标系

设 质点位置是为 $\vec{r}$，加速度为 $\vec{a}$，$\vec{a}_r$ 在于x轴上的分加速度 $\vec{a}_\varphi$ 同於y′轴上的分加速度. 又 $\vec{a}_r=\vec{a}_1+\vec{a}_2$

（x″ y″ 上的在x上的分量之和）

又 ∵ $\vec{a}_\varphi=\vec{a}_3+\vec{a}_4$（x″. y″上的在y′上的分量之和）

即
$$\left.\begin{aligned}\vec{a}_r&=\vec{a}_1+\vec{a}_2=\ddot{x}''\cos\varphi+\ddot{y}''\sin\varphi\\ \vec{a}_\varphi&=\vec{a}_{y'}=\vec{a}_3+\vec{a}_4=-\ddot{x}''\sin\varphi+\ddot{y}''\cos\varphi\end{aligned}\right\}X$$

$$x=r\cos\varphi \qquad y=r\sin\varphi$$

$$\because\ \left.\begin{aligned}\ddot{x}''&=\ddot{x}=\ddot{r}\cos\varphi-2\dot{r}\dot{\varphi}\sin\varphi-r\dot{\varphi}^2\cos\varphi-r\ddot{\varphi}\sin\varphi\\ \ddot{y}''&=\ddot{y}=\ddot{r}\sin\varphi+2\dot{r}\dot{\varphi}\cos\varphi-r\dot{\varphi}^2\sin\varphi+r\ddot{\varphi}\cos\varphi\end{aligned}\right\}XX$$

将（XX）代入（X）则得（7）

运动学公式总结：

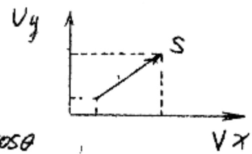
$x(t)$ 位移 $\quad v=\frac{dx}{dt}=v(t) \qquad a=\frac{dv}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}$

匀加速直线运动：

$$a=\frac{dv}{dt} \qquad v=\int dv=\int a\,dt=at+v_0$$

$$x=\int dx=\int v\,dt=\frac{1}{2}at^2+v_0t$$

$$v_x=\frac{dx}{dt}=\dot{x}=v\cos\theta$$




$$v_y=\frac{dy}{dt}=\dot{y}=v\sin\theta$$

$$a_x=\frac{dv_x}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}=\ddot{x}=a\cos\theta$$

$$a_y=\frac{dv_y}{dt}=\frac{d^2y}{dt^2}=\ddot{y}=a\sin\theta$$

$$v_{总}=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$$

$$a_{总}=\sqrt{a_x^2+a_y^2}$$

$a=\sqrt{a_t^2+a_n^2} \qquad a_t=\frac{dv}{dt}$（切向加速度）

方向 $tg\theta=\frac{a_y}{a_x}$　　$tg\theta=\frac{dx}{dt}$　　$tg\theta=\frac{y}{x}$

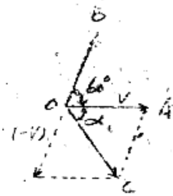
$$a_n=\frac{V^2}{R}$$ （法向加速度）

$$R=\frac{\left|\dot{x}^2+\dot{y}^2\right|^{\frac{3}{2}}}{\dot{x}\ddot{y}-\ddot{x}\dot{y}}$$ （曲率半径）

## 运动学中应用矢量介答的例题

1. 甲乙之两速度，互成60°之角，求甲对於乙之相对速度，但两速度相等。

(解) 设甲乙之速度之量各等于V




OC — 所求之相对速度

甲对于乙之相对速度

= 甲之速度 + (-乙之速度)

$\overline{OC}^2=\overline{OA}^2+2\overline{OA}\cdot\overline{AC}\cos60^\circ$

$\overline{OC}^2=2V^2-2V^2\times\frac{1}{2}=V^2$

$\overline{OC}=V$

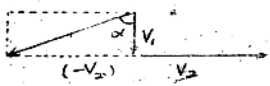
$\overline{AC}^2=\overline{OA}^2+\overline{OC}^2-2\overline{OA}\cdot\overline{OC}\cos\alpha$

$V^2=2V^2-2V^2\cos\alpha$　　$\therefore \cos\alpha=\frac{1}{2}$　$\alpha=60^\circ$

因此甲对于乙之相对速度等于甲自己之速度，方向为东60°以南。

2. 火车速度为30哩/时，雨点在火车进行方向之纵平面内，求乘车者所见雨点之方向

(a) 设雨点以20呎/秒之速度下落。




(b) 设除20呎/秒垂直速度外，更有向前5呎/秒之水平速度。

(c) 设除20呎/秒之垂直速度外，更有向后5呎/秒之水平速度。

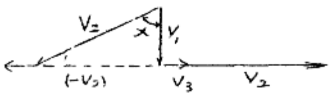
(解) (a) 雨点对于观者之速度=雨点之速—火车之速度，

30哩/时 = 44呎/秒

$$V_r=\sqrt{V_1^2+V_2^2}=\sqrt{20^2+44^2}=48.3\text{呎/秒}$$

$$\text{又}\ \tan\alpha=\frac{44}{20}=2.2 \qquad \alpha=65^\circ33'$$

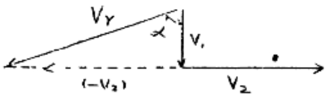
因此雨点对于观者之速度之量为48.3呎/秒 方向与鉛直线成65°33′之角




(b) $V_r=\sqrt{V_1^2+(V_2-V_3)^2}=\sqrt{20^2+(44-5)^2}=43\text{呎/秒}$

$$\tan\alpha=\frac{44-5}{20}=1.95 \qquad \alpha=62^\circ51'$$

因此雨点对于观者之速度之量为43呎/秒 方向與鉛直线成62°51′之角



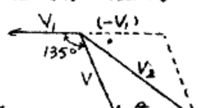

(C) $V_r=\sqrt{V_1^2+(V_2+V_3)^2}$

$$V_r=\sqrt{20^2+(44+5)^2}=52.9\text{呎/秒}$$

$$\tan\alpha=\frac{(44+5)}{20}=2.45 \qquad \alpha=67^\circ48'$$

因此雨点对于观者之速度之量为52.9呎/秒 方向与鉛直线成67°48′之角

3 甲船向西駛行 其速度為14哩/時，已知乙船确為向东南駛行，設在不同時间，观察甲乙两船之距离 可以求出乙船对甲船之相对速度為26哩/時 求乙船之实在速度




〔解〕 設 $V_1$＝甲船之速度

$V_2$＝乙船对甲船之速度

$$V_2^2 = V_1^2 + V^2 - 2V_1V\cos\theta$$

$$26^2 = 14^2 + V^2 - 2\times 14V\times\cos 135^\circ$$

$$V^2 - 14\sqrt{2}V - 480 = 0$$

$$(V - 10\sqrt{2})(V + 24\sqrt{2}) = 0$$

$$V = 10\sqrt{2}\ 哩/時$$

一个质点发生几个位移時　求合位移

矢量式：　$\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2 + \vec{S}_3 \cdots\cdots + \vec{S}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{S}_i$

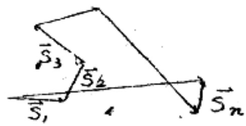
矢量計算：

先由 $\vec{S}_{12} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$

求 $\vec{S}_{12}$ 的大小和方向

次由 $\vec{S}_{123} = \vec{S}_{12} + \vec{S}_3$

求 $\vec{S}_{123}$ 的大小和方向




坐标計算：

$$S_x = S_{1x} + S_{2x} + \cdots\cdots + S_{nx} = \sum_{i=1}^{n} S_{ix}$$

$$S_y = S_{1y} + S_{2y} + \cdots\cdots + S_{ny} = \sum_{i=1}^{n} S_{iy}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \qquad \tan\alpha = \frac{S_y}{S_x}$$

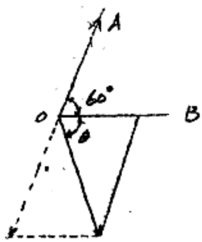
$\alpha$ 为合矢量 $\vec{S}$ 与 $x$ 轴所成之角

5. 甲乙两人各依OA、OB方向进行．OA与OB夹60°之角．甲乙之等速度各为60哩/時及30哩/時，乙经过O点在甲过O点之后2分钟，求乙对甲之相对速度：

(1) 当甲经过O点4分钟后

(2) 当乙在O点時，求甲乙二人之距离

〔解〕设　V — 乙对甲之相对速度



$$V_1^2 = 60^2 + 30^2 - 2\times 60\times 30\cos 60^\circ$$

$$V^2 = 2700$$

$$\therefore \quad V = 30\sqrt{3} \text{ 哩/時}$$

$$60^2 = 30^2 + (30\sqrt{3})^2 - 2\times 30\times 30\sqrt{3}\cos\theta$$

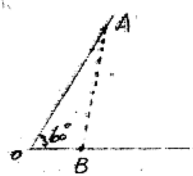
$$\therefore \quad \cos\theta = 0$$

$$\theta = 90^\circ$$

故乙对于甲之相对速度为 $30\sqrt{3}$ 哩/時，方向与 OB 成直角

(1) 甲经过 O 点 4 分钟后

$$OA = \frac{60}{60}\times 4 = 4 \text{ 哩}$$




$$OB = \frac{30}{60}\times(4-2) = \frac{1}{2}\times 2 = 1 \text{ 哩}$$

$$\therefore \quad \overline{AB}^2 = 4^2 + 1^2 - 2\times 4\times 1\times\cos 60^\circ = 17 - 4 = 13$$

$$AB = 3.606 \text{ 哩}$$

(2) 當乙在 O 点時，甲已向 OA 方向進行 2 分钟

因此甲乙距离 $= \frac{60}{60}\times 2 = 2$ 哩

原书空白

# 第二章 動力學

直到现在为止，我们只研究了物体位置的变化和时间之间的关系，亦即研究了物体的运动学的问题。但是物体相互作用问题我们还没有讨论，亦即物体动力学的问题尚未研究。1687年，牛顿在他所著的「自然哲学的数学原理」一书中把动力学的问题归纳为三条运动定律。

## I. 牛顿第一定律

牛顿第一定律叙述如下：不受力作用的物体永远保持静止或等速直线运动状态，亦即物体不受力作用，加速度永远为零。其数学向量表述式为：

$$\vec{F}=\sum\vec{F}_i=0 \qquad 则\ \vec{a}=0$$

牛顿第一定律只有在惯性系统中成立，相对于惯性系统作为匀速直线运动的系统也为惯性系。

## II. 牛顿第二定律、动量和冲量，动量原理

牛顿第二定律叙述如下：物体受力作用即得加速度，力在数值上等于质量和速度的乘积，加速度的方向与力的方向相同。其数学向量表述式为

$$\vec{F}=m\vec{a} \quad 或 \quad \vec{F}=m\frac{d\vec{v}}{dt}=m\ddot{\vec{r}} \tag{1}$$

由上可知，牛顿第二定律包含了牛顿第一定律，$\vec{F}=0$，则 $\vec{a}=0$，物体的运动速度为

$$\vec{v}=\vec{v}_0+\int\vec{a}\,dt=\vec{v}_0$$

是等速直线运动，从而，得知牛顿第一定律不是基本定律。牛顿第二定律，我们在中学里就知道了，现在，特别在这里提出质量这一概念：质量是量度一个物体惯性的量，凡质量越大，那末要改变这一物体的速就不容易，例如用相同力作用于二质量不同的物体，则可很清楚看到，质量小的物体，

速度改变得快，而质量大的物体就不易改变速度，这就表明质量越大，速度改变越小，惯性就越大。

牛顿第二定律的普遍形式是：

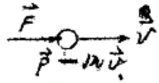
$$\vec{F}=\frac{d\vec{p}}{dt}$$

$$\vec{p}=m\vec{v}$$

(1)称为物体的动量。

$$\frac{d\vec{p}}{dt}=\frac{d}{dt}(m\vec{v})=\vec{v}\frac{dm}{dt}+m\frac{d\vec{v}}{dt}=m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\frac{dm}{dt}=0$$




认为m是不随时间而变化的恒量。这是牛顿力学的基础。此形式之所以称为普遍形式是因为它也能适用于m为变量的情况。若m为变量，则

$$\vec{F}=\frac{d\vec{p}}{dt}=\vec{v}\frac{dm}{dt}+m\frac{d\vec{v}}{dt}.$$

动量和冲量　动量原理：从牛顿第二定律可求出受力物体在任何瞬时的加速度。进一步研究力的时间累积（力和时间的乘积）作用是动量原理。我们先说明动量原理。

物体受恒力 $\vec{f}$ 作用，按牛顿第二定律 $\vec{f}=m\vec{a}$，它的加速度 $\vec{a}$ 也是恒量（质量m不变）。设在恒力 $\vec{f}$ 作用的一段时间t内，物体的速度由 $\vec{v_0}$ 变为 $\vec{v}$，则

$$\vec{a}=\vec{v}-\vec{v_0}/t$$

代入上式，则得：

$$\vec{f}=m\frac{\vec{v}-\vec{v_0}}{t}$$

或

$$\vec{f}t=m(\vec{v}-\vec{v_0}) \qquad (2)$$

力和作用时间的乘积称为力的冲量。冲量是矢量，它的方向就是力的方向。质量和速度的乘积称为物体的动量。动量也是矢量，它的方向就是速度的方向。在某一段时间内，末动量和初动量的矢量差称为物体的动量增量。所以上述结果说明，物体所受外力的冲量等于物体的动量的增量。这就是动量原理。

如果外力$\vec{F}$是变力，则加速度$\vec{a}$也是随时间而变化的。在这种情况下，必须把力的作用时间t分成许多极小的时间$\Delta t$，使在这极小时间内可视力$\vec{F}$为不变。设在极短时间$\Delta t$内，物体的动量增量是$m\Delta\vec{v}$，则有

$$\vec{F}\Delta t = m\Delta\vec{v}.$$

在上式两边求矢量和则．$\sum\vec{F}\Delta t = \sum m\Delta\vec{v}$

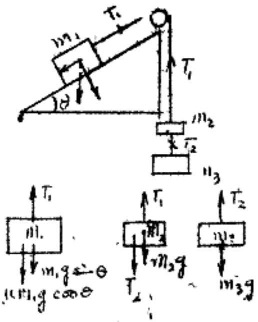
将$\Delta t$改成$dt$，$\Delta v$改成$dv$，则上式为：

$$\int\vec{F}\,dt = \int m\,d\vec{v}$$

就得到在时间t内变力的冲量和这段时间内物体的增量。所以物体在变力作用下运动时，动量原理仍然成立。

在牛顿第二定律中，引进了力和质量两个物理量的概念。

牛顿第二定律示例：




如图所示：$m_1$与斜面的摩擦系数为$\mu$，斜面与水平面成$\theta$角，设定滑轮及绳的质量及摩擦不计，求物体的加速度及各段绳子的张力。

解．设$m_2$与$m_3$之间绳的张力为$T_2$，$m_1$与$m_2$之间绳的张力为$T_1$，

$m_1$受到之力为$T_1$，与$T_1$反向的摩擦力$\mu m_1 g\cos\theta$和重力沿斜面方向的分力$m_1 g\sin\theta$。

$m_2$受到之力为$T_1$与$T_1$反向的$m_2 g$（重力）$T_2$。

$m_3$受到之力为$T_2$与$T_2$反向的$m_3 g$。

利用牛顿第二定律　$\sum F = ma$.

$$\begin{cases} m_3 g - T_2 = m_3 a \\ m_2 g + T_2 - T_1 = m_2 a \\ T_1 - m_1 g\sin\theta - \mu m_1 g\cos\theta = m_1 a \end{cases}$$

$$(m_3+m_2-m_1\sin\theta-\mu m_1\cos\theta)g=(m_1+m_2+m_3)a$$

$$a=\frac{(m_2+m_3-m_1\sin\theta-\mu m_1\cos\theta)g}{m_1+m_2+m_3}$$

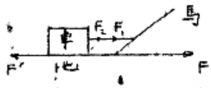
$$T_1=m_1a+m_1g\sin\theta+\mu m_1g\cos\theta$$

$$T_2=m_3g-m_3a$$

## 四、牛顿第三定律和动量守恒定理

牛顿第三定律叙述如下：当物体A以力$\vec{f_1}$作用在物体B上时，物体B也以力$\vec{f_2}$作用在物体A上，$\vec{f_1}$和$\vec{f_2}$在一条直线上，大小相等而方向相反。

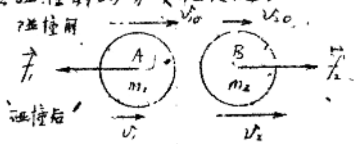
在上面牛顿第一、二定律中，没有提到力的来源，这里可看出：力是一物体对另一物体的作用，凡有力一定有二个物体，这二物体作用是相互的，作用力没有主动被动和先后之分。作用力大小相等方向相反，但作用在两个不同的物体上，故不能互相抵消。这些观点必须澄清。例：




问：马拖车，车也拖马，如何马不被车拖走呢

在牛顿第三定律中研究物体相互作用时的情况。现在用牛顿第二定律来研究物体的相互碰撞的动量变化情况。

为具体简单起见，我们讨论两个物体的碰撞情况。设物体A和B在同一直线上运动时的相互碰撞，如图所示，碰撞时除相互作用的冲力以外，不受其他外力的作用。




设物体A和B的质量为$m_1$和$m_2$，碰撞前后的速度大小分别$v_{10}$、$v_{20}$和$v_1$、$v_2$，在碰撞时间$\Delta t$内，两物体相互作用的平均冲力的大小为$\vec{f_1}$和$\vec{f_2}$，方向各如图中所示，应用动量定理，并注意正负号，得到两物体在碰撞前后的动量变化如下：