

一、力 物体的平衡

1. 力是物体对物体的作用，是物体发生形变和改变物体的运动状态（即产生加速度）的原因。力是矢量。

2. 重力（1）重力是由于地球对物体的吸引而产生的。

[注意] 重力是由于地球的吸引而产生，但不能说重力就是地球的吸引力，重力是万有引力的一个分力。

但在地球表面附近，可以认为重力近似等于万有引力

（2）重力的大小：地球表面 $G=mg$ ，离地面高 h 处 $G'=mg'$ ，其中 $g'=[R/(R+h)]^2g$ 。

（3）重力的方向：竖直向下（不一定指向地心）。

（4）重心：物体的各部分所受重力合力的作用点，物体的重心不一定在物体上。

3. 弹力（1）产生原因：由于发生弹性形变的物体有恢复形变的趋势而产生的。

（2）产生条件：①直接接触；②有弹性形变。

（3）弹力的方向：与物体形变的方向相反，弹力的受力物体是引起形变的物体，施力物体是发生形变的物体。

在点面接触的情况下，垂直于面；

在两个曲面接触（相当于点接触）的情况下，垂直于过接触点的公切面。

①绳的拉力方向总是沿着绳且指向绳收缩的方向，且一根轻绳上的张力大小处处相等。

②轻杆既可产生压力，又可产生拉力，且方向不一定沿杆。

（4）弹力的大小：一般情况下应根据物体的运动状态，利用平衡条件或牛顿定律来求解。弹簧弹力可由胡克定律来求解。

★胡克定律：在弹性限度内，弹簧弹力的大小和弹簧的形变量成正比，即 $F=kx$ 。k 为弹簧的劲度系数，它只与弹簧本身因素有关，单位是 N/m。

4. 摩擦力

（1）产生的条件：①相互接触的物体间存在压力；②接触面不光滑；③接触的物体之间有相对运动（滑动摩擦力）或相对运动的趋势（静摩擦力），这三点缺一不可。

（2）摩擦力的方向：沿接触面切线方向，与物体相对运动或相对运动趋势的方向相反，与物体运动的方向可以相同也可以相反。

（3）判断静摩擦力方向的方法：

①**假设法：**首先假设两物体接触面光滑，这时若两物体不发生相对运动，则说明它们原来没有相对运动趋势，也没有静摩擦力；若两物体发生相对运动，则说明它们原来有相对运动趋势，并且原来相对运动趋势的方向跟假设接触面光滑时相对运动的方向相同。然后根据静摩擦力的方向跟物体相对运动趋势的方向相反确定静摩擦力方向。

②**平衡法：**根据二力平衡条件可以判断静摩擦力的方向。

（4）大小：先判明是何种摩擦力，然后再根据各自的规律去分析求解。

①**滑动摩擦力大小：**利用公式 $f=\mu F_N$ 进行计算，其中 F_N 是物体的正压力，不一定等于物体的重力，甚至可能和重力无关。或者根据物体的运动状态，利用平衡条件或牛顿定律来求解。

②**静摩擦力大小：**静摩擦力大小可在 0 与 f_{\max} 之间变化，一般应根据物体的运动状态由平衡条件或牛顿定律来求解。

5. 物体的受力分析

（1）确定所研究的物体，分析周围物体对它产生的作用，不要分析该物体施于其他物体上的力，也不要作用在其他物体上的力错误地认为通过“力的传递”作用在研究对象上。（2）按“性质力”的顺序分析。即按重力、弹力、摩擦力、其他力顺序分析，不要把“效果力”与“性质力”混淆重复分析。

(3) 如果有一个力的方向难以确定, 可用假设法分析. 先假设此力不存在, 想像所研究的物体会发生怎样的运动, 然后审查这个力应在什么方向, 对象才能满足给定的运动状态.

6. 力的合成与分解

(1) 合力与分力: 如果一个力作用在物体上, 它产生的效果跟几个力共同作用产生的效果相同, 这个力就叫做那几个力的合力, 而那几个力就叫做这个力的分力. (2) 力合成与分解的根本方法: 平行四边形定则.

(3) 力的合成: 求几个已知力的合力, 叫做力的合成.

共点的两个力 (F_1 和 F_2) 合力大小 F 的取值范围为: $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$.

(4) 力的分解: 求一个已知力的分力, 叫做力的分解 (力的分解与力的合成互为逆运算).

在实际问题中, 通常将已知力按力产生的实际作用效果分解; 为方便某些问题的研究, 在很多问题中都采用正交分解法.

7. 共点力的平衡

(1) 共点力: 作用在物体的同一点, 或作用线相交于一点的几个力.

(2) 平衡状态: 物体保持匀速直线运动或静止叫平衡状态, 是加速度等于零的状态.

(3) ★共点力作用下的物体的平衡条件: 物体所受的合外力为零, 即 $\Sigma F=0$, 若采用正交分解法求解平衡问题, 则平衡条件应为: $\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0$.

(4) 解决平衡问题的常用方法: 隔离法、整体法、图解法、三角形相似法、正交分解法等等.

二、直线运动

8. 机械运动: 一个物体相对于另一个物体的位置的改变叫做机械运动, 简称运动, 它包括平动, 转动和振动等运动形式. 为了研究物体的运动需要选定参照物 (即假定为不动的物体), 对同一个物体的运动, 所选择的参照物不同, 对它的运动的描述就会不同, 通常以地球为参照物来研究物体的运动.

9. 质点: 用来代替物体的只有质量没有形状和大小的点, 它是一个理想化的物理模型. 仅凭物体的大小不能做视为质点的依据.

10. 位移和路程: 位移描述物体位置的变化, 是从物体运动的初位置指向末位置的有向线段, 是矢量. 路程是物体运动轨迹的长度, 是标量.

路程和位移是完全不同的概念, 仅就大小而言, 一般情况下位移的大小小于路程, 只有在单方向的直线运动中, 位移的大小才等于路程.

11. 速度和速率

(1) 速度: 描述物体运动快慢的物理量. 是矢量.

①平均速度: 质点在某段时间内的位移与发生这段位移所用时间的比值叫做这段时间 (或位移) 的平均速度 v , 即 $v=s/t$, 平均速度是对变速运动的粗略描述.

②瞬时速度: 运动物体在某一时刻 (或某一位置) 的速度, 方向沿轨迹上质点所在点的切线方向指向前进的一侧. 瞬时速度是对变速运动的精确描述.

(2) 速率: ①速率只有大小, 没有方向, 是标量.

②平均速率: 质点在某段时间内通过的路程和所用时间的比值叫做这段时间内的平均速率. 在一般变速运动中平均速度的大小不一定等于平均速率, 只有在单方向的直线运动, 二者才相等.

12. 加速度

(1) 加速度是描述速度变化快慢的物理量, 它是矢量. 加速度又叫速度变化率.

(2) 定义:在匀变速直线运动中,速度的变化 Δv 跟发生这个变化所用时间 Δt 的比值,叫做匀变速直线运动的加速

度,用 a 表示.
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_t - v_0}{t - t_0}$$

(3) 方向:与速度变化 Δv 的方向一致.但不一定与 v 的方向一致.

[注意] 加速度与速度无关.只要速度在变化,无论速度大小,都有加速度;只要速度不变化(匀速),无论速度多大,加速度总是零;只要速度变化快,无论速度是大、是小或是零,物体加速度就大.

13. 匀速直线运动 (1) 定义:在任意相等的时间内位移相等的直线运动叫做匀速直线运动.

(2) 特点: $a=0$, v =恒量. (3) 位移公式: $S=vt$.

14. 匀变速直线运动 (1) 定义:在任意相等的时间内速度的变化相等的直线运动叫匀变速直线运动.

(2) 特点: a =恒量 (3) ★公式: 速度公式: $V=v_0+at$ 位移公式: $s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

速度位移公式: $v_t^2-v_0^2=2as$ 平均速度 $V=\frac{v_0+v_t}{2}$

以上各式均为**矢量式**,应用时应规定正方向,然后把矢量化为代数量求解,通常选初速度方向为正方向,凡是跟正方向一致的取“+”值,跟正方向相反的取“-”值.

15. 重要结论

(1) 匀变速直线运动的质点,在任意两个连续相等的时间 T 内的位移差值是恒量,即

$$\Delta S = S_{n+1} - S_n = aT^2 = \text{恒量}$$

(2) 匀变速直线运动的质点,在某段时间内的中间时刻的瞬时速度,等于这段时间内的平均速度,即:

$$\bar{v} = v_{\frac{t}{2}} = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

16. 自由落体运动

(1) 条件:初速度为零,只受重力作用. (2) 性质:是一种初速为零的匀加速直线运动, $a=g$.

(3) 公式: $v_t = gt, s = \frac{1}{2}gt^2, v_t^2 = 2gs$.

17. 运动图像

(1) 位移图像 ($s-t$ 图像): ①图像上一点切线的斜率表示该时刻所对应速度;

②图像是直线表示物体做匀速直线运动,图像是曲线则表示物体做变速运动;

③图像与横轴交叉,表示物体从参考点的一边运动到另一边.

(2) 速度图像 ($v-t$ 图像): ①在速度图像中,可以读出物体在任何时刻的速度;

②在速度图像中,物体在一段时间内的位移大小等于物体的速度图像与这段时间轴所围面积的值.

③在速度图像中,物体在任意时刻的加速度就是速度图像上所对应的点的切线的斜率.

④图线与横轴交叉,表示物体运动的速度反向.

⑤图线是直线表示物体做匀变速直线运动或匀速直线运动;图线是曲线表示物体做变加速运动.

三、牛顿运动定律

18. **牛顿第一定律**:一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,直到有外力迫使它改变这种运动状态为止.

(1) 运动是物体的一种属性,物体的运动不需要力来维持.

(2) 定律说明了任何物体都有惯性.

(3) 不受力的物体是不存在的,牛顿第一定律不能用实验直接验证.但是建立在大量实验现象的基础之上,通过思维的逻辑推理而发现的.它告诉了人们研究物理问题的另一种新方法:通过观察大量的实验现象,利用人的逻辑思维,从大量现象中寻找事物的规律.

(4) 牛顿第一定律是牛顿第二定律的基础,不能简单地认为它是牛顿第二定律不受外力时的特例,牛顿第一定律定性地给出了力与运动的关系,牛顿第二定律定量地给出力与运动的关系.

19. 惯性:物体保持匀速直线运动状态或静止状态的性质.

(1) 惯性是物体的固有属性,即一切物体都有惯性,与物体的受力情况及运动状态无关.因此说,人们只能“利用”惯性而不能“克服”惯性.(2) 质量是物体惯性大小的量度.

★★★3. **牛顿第二定律**:物体的加速度跟所受的外力的合力成正比,跟物体的质量成反比,加速度的方向跟合外力的方向相同,表达式 $F_{\text{合}} = ma$.

(1) 牛顿第二定律定量揭示了力与运动的关系,即知道了力,可根据牛顿第二定律,分析出物体的运动规律;反过来,知道了运动,可根据牛顿第二定律研究其受力情况,为设计运动,控制运动提供了理论基础.

(2) 对牛顿第二定律的数学表达式 $F_{\text{合}} = ma$, $F_{\text{合}}$ 是力, ma 是力的作用效果,特别要注意不能把 ma 看作是力.

(3) 牛顿第二定律揭示的是力的瞬间效果,即作用在物体上的力与它的效果是瞬时对应关系,力变加速度就变,力撤除加速度就为零,注意力的瞬间效果是加速度而不是速度.

(4) 牛顿第二定律 $F_{\text{合}} = ma$, $F_{\text{合}}$ 是矢量, ma 也是矢量,且 ma 与 $F_{\text{合}}$ 的方向总是一致的. $F_{\text{合}}$ 可以进行合成与分解, ma 也可以进行合成与分解.

20. **★牛顿第三定律**:两个物体之间的作用力与反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一直线上.

(1) 牛顿第三运动定律指出了两物体之间的作用是相互的,因而力总是成对出现的,它们总是同时产生,同时消失.

(2) 作用力和反作用力总是同种性质的力.

(3) 作用力和反作用力分别作用在两个不同的物体上,各产生其效果,不可叠加.

21. **牛顿运动定律的适用范围**:宏观低速的物体和在惯性系中.

22. 超重和失重

(1) 超重:物体有向上的加速度称物体处于超重.处于超重的物体对支持面的压力 F_N (或对悬挂物的拉力) 大于物体的重力 mg , 即 $F_N = mg + ma$. (2) 失重:物体有向下的加速度称物体处于失重.处于失重的物体对支持面的压力 F_N (或对悬挂物的拉力) 小于物体的重力 mg . 即 $F_N = mg - ma$. 当 $a = g$ 时 $F_N = 0$, 物体处于完全失重. (3) 对超重和失重的理解应当注意的问题

① 不管物体处于失重状态还是超重状态,物体本身的重力并没有改变,只是物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)不等于物体本身的重力.② 超重或失重现象与物体的速度无关,只决定于加速度的方向.“加速上升”和“减速下降”都是超重;“加速下降”和“减速上升”都是失重.

③ 在完全失重的状态下,平常一切由重力产生的物理现象都会完全消失,如单摆停摆、天平失效、浸在水中的物体不再受浮力、液体柱不再产生压强等.

23. **处理连接题问题**----
速度,用隔离法求力。

任意时刻的位置(相对于抛出点的位移) $s = s_x^2 + s_y^2$

$\tan \alpha = y/x$

运动时间: $t = \frac{2h}{g}$ 取决于竖直下落的高度

射程: $s = v_0 \frac{2h}{g}$ 取决于竖直下落的高度和初速度

通常是用整体法求加

四、曲线运动 万有引

力

24. 曲线运动

(1) 物体作曲线运动的条件:运动质点所受的合外力(或加速度)的方向跟它的速度方向不在同一直线 (2) 曲线运动的特点:质点在某一点的速度方向,就是通过该点的曲线的切线方向.质点的速度方向时刻在改变,所以曲线运动一定是变速运动.

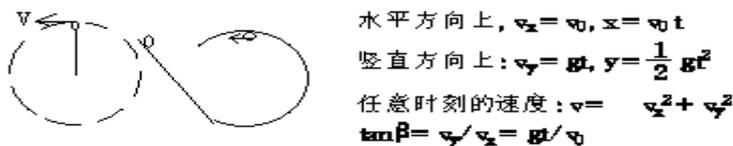
(3) 曲线运动的轨迹:做曲线运动的物体,其轨迹向合外力所指一方弯曲,若已知物体的运动轨迹,可判断出物体所受合外力的大致方向,如平抛运动的轨迹向下弯曲,圆周运动的轨迹总向圆心弯曲等.

25. 运动的合成与分解

- (1) 合运动与分运动的关系:①等时性;②独立性;③等效性.
- (2) 运动的合成与分解的法则:平行四边形定则.
- (3) 分解原则:根据运动的实际效果分解,物体的实际运动为合运动.

26. ★★★平抛运动

- (1) 特点:①具有水平方向的初速度;②只受重力作用,是加速度为重力加速度 g 的匀变速曲线运动.
- (2) 运动规律:平抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动.
- ①建立直角坐标系(一般以抛出点为坐标原点 O ,以初速度 v_0 方向为 x 轴正方向,竖直向下为 y 轴正方向);
- ②由两个分运动规律来处理(如右图).



27. 圆周运动

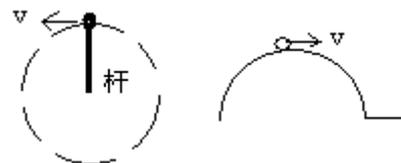
(1) 描述圆周运动的物理量

速度:描述质点做圆周运动的快慢,大小 $v = s/t$ (s 是 t 时间内通过弧长),
 点在圆弧某点的线速度方向沿圆弧该点的切线方向

角速度:描述质点绕圆心转动的快慢,大小 $\omega = \phi/t$ (单位 rad/s), ϕ 是连接
 心的半径在 t 时间内转过的角度.其方向在中学阶段不研究.

T , 频率 f —————做圆周运动的物体运动一周所用的时间叫做周期.

做圆周运动的物体单位时间内沿圆周绕圆心转过的圈数叫做频率.



- ① 线速
方向为质
- ② 角速
质点和圆
- ③ 周期

④ v, ω, T, f 的关系: $T = \frac{1}{f}, \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f, v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f = \omega r$

⑤ 向心加速度:描述物体线速度方向改变快慢,大小 $a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r =$

$4\pi^2 f^2 r = \frac{4\pi^2}{T^2} r = \omega^2 r$, 方向总是指向圆心,时刻在变化.

⑥ 向心力:总是指向圆心,产生向心加速度,向心力只改变线速度的方向,不改变速度的大小.大小

$F = ma = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = 4\pi^2 m f^2 r$. [注意]向心力是根据力的效果命名的.在分析做圆周运动的质点受力情况时,千万不可在物体受力之外再添加一个向心力.

(2) 匀速圆周运动:线速度的大小恒定,角速度、周期和频率都是恒定不变的,向心加速度和向心力的大小也都是恒定不变的,是速度大小不变而速度方向时刻在变的变速曲线运动.

(3) 变速圆周运动:速度大小方向都发生变化,不仅存在着向心加速度(改变速度的方向),而且还存在着切向加速度(方向沿着轨道的切线方向,用来改变速度的大小).一般而言,合加速度方向不指向圆心,合力不一定等于向心力.

合外力在指向圆心方向的分力充当向心力,产生向心加速度;合外力在切线方向的分力产生切向加速度. ①如右上图情景中, 小球恰能过最高点的条件是 $v \geq v_{\text{临}}$ $v_{\text{临}}$ 由重力提供向心力得 $v_{\text{临}} = \sqrt{gr}$ ②如右下图情景中, 小球恰能过最高点的条件是 $v \geq 0$.

28. 万有引力定律

(1) 万有引力定律: 宇宙间的一切物体都是互相吸引的. 两个物体间的引力的大小, 跟它们的质量的乘积成正比, 跟它们的距离的平方成反比.

公式: $F = G \frac{Mm}{r^2}$, 其中 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

(2) ★★★应用万有引力定律分析天体的运动

①基本方法: 把天体的运动看成是匀速圆周运动, 其所需向心力由万有引力提供. 即 $F_{\text{引}} = F_{\text{向}}$ 得:

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r = m (2\pi f)^2 r$$

应用时可根据实际情况选用适当的公式进行分析或计算. ②天体质量 M 、密度 ρ 的估算:

例出卫星绕天体匀速圆周运动的半径 R 和周期 T , 由 $G \frac{Mm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$

得 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3\pi \rho^3}{GT^2 r^3}$, r_0 为天体的半径.

当卫星沿天体表面绕天体运行时, $r = r_0$, 则 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$

③卫星的绕行速度、角速度、周期与半径 r 的关系:

$$\text{由 } G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \text{ 得 } v = \frac{GM}{r},$$

$\therefore r$ 越大, v 越小

$$\text{由 } G \frac{Mm}{r^2} = m \omega^2 r, \text{ 得 } \omega = \frac{GM}{r^3}, \therefore r \text{ 越大, } \omega \text{ 越小}$$

$$\text{由 } G \frac{Mm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r \text{ 得 } T = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}, \therefore r \text{ 越大, } T \text{ 越大}$$

(3) 三种宇宙速度

①第一宇宙速度: $v_1 = 7.9 \text{km/s}$, 它是卫星的最小发射速度, 也是地球卫星的最大环绕速度.

②第二宇宙速度 (脱离速度): $v_2 = 11.2 \text{km/s}$, 使物体挣脱地球引力束缚的最小发射速度.

③第三宇宙速度 (逃逸速度): $v_3 = 16.7 \text{km/s}$, 使物体挣脱太阳引力束缚的最小发射速度.

(4) 地球同步卫星

所谓地球同步卫星, 是相对于地面静止的, 这种卫星位于赤道上方某一高度的稳定轨道上, 且绕地球运动的周期等于

地球的自转周期, 即 $T = 24\text{h} = 86400\text{s}$, 离地面高度 $h = \sqrt[3]{\frac{RT^2}{4\pi^2}} - R = 3.56 \times 10^7 \text{m}$. 同步卫星的轨道一定在赤道平面

内, 并且只有一条. 所有同步卫星都在这条轨道上, 以大小相同的线速度, 角速度和周期运行着.

(5) 卫星的超重和失重

“超重”是卫星进入轨道的加速上升过程和回收时的减速下降过程, 此情景与“升降机”中物体超重相同. “失重”是卫星进入轨道后正常运转时, 卫星上的物体完全“失重”(因为重力提供向心力), 此时, 在卫星上的仪器, 凡是制造原理与重力有关的均不能正常使用.

五、动量

29. 动量和冲量

(1) 动量: 运动物体的质量和速度的乘积叫做动量, 即 $p = mv$. 是矢量, 方向与 v 的方向相同. 两个动量相同必须是大小

相等，方向一致。

(2) 冲量:力和力的作用时间的乘积叫做该力的冲量, 即 $I=Ft$. 冲量也是矢量, 它的方向由力的方向决定.

30. **动量定理**:物体所受合外力的冲量等于它的动量的变化. 表达式: $Ft=p'-p$ 或 $Ft=mv'-mv$.

(1) 上述公式是一矢量式, 运用它分析问题时要特别注意冲量、动量及动量变化量的方向.

(2) 公式中的 F 是研究对象所受的包括重力在内的所有外力的合力.

(3) 动量定理的研究对象可以是单个物体, 也可以是物体系统. 对物体系统, 只需分析系统受的外力, 不必考虑系统内力. 系统内力的作用不改变整个系统的总动量.

(4) 动量定理不仅适用于恒定的力, 也适用于随时间变化的力. 对于变力, 动量定理中的力 F 应当理解为变力在作用时间内的平均值.

31. **动量守恒定律**:一个系统不受外力或者所受外力之和为零, 这个系统的总动量保持不变.

表达式: $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$

(1) 动量守恒定律成立的条件

①系统不受外力或系统所受外力的合力为零.

②系统所受的外力的合力虽不为零, 但系统外力比内力小得多, 如碰撞问题中的摩擦力, 爆炸过程中的重力等外力比起相互作用的内力来小得多, 可以忽略不计.

③系统所受外力的合力虽不为零, 但在某个方向上的分量为零, 则在该方向上系统的总动量的分量保持不变.

(2) 动量守恒的速度具有“四性”:①矢量性;②瞬时性;③相对性;④普适性.

32. 爆炸与碰撞

(1) 爆炸、碰撞类问题的共同特点是物体间的相互作用突然发生, 作用时间很短, 作用力很大, 且远大于系统受的外力, 故可用动量守恒定律来处理.

(2) 在爆炸过程中, 有其他形式的能转化为动能, 系统的动能爆炸后会增加, 在碰撞过程中, 系统的总动能不可能增加, 一般有所减少而转化为内能.

(3) 由于爆炸、碰撞类问题作用时间很短, 作用过程中物体的位移很小, 一般可忽略不计, 可以把作用过程作为一个理想化过程简化处理. 即作用后还从作用前瞬间的位置以新的动量开始运动.

33. 反冲现象:反冲现象是指在系统内力作用下, 系统内一部分物体向某方向发生动量变化时, 系统内其余部分物体向相反的方向发生动量变化的现象. 喷气式飞机、火箭等都是利用反冲运动的实例. 显然, 在反冲现象里, 系统的动量是守恒的.

六、机械能

34. 功

(1) 功的定义:力和作用在力的方向上通过的位移的乘积. 是描述力对空间积累效应的物理量, 是过程量.

定义式: $W=F \cdot s \cdot \cos \theta$, 其中 F 是力, s 是力的作用点位移 (对地), θ 是力与位移间的夹角.

(2) 功的大小的计算方法:

①恒力的功可根据 $W=F \cdot s \cdot \cos \theta$ 进行计算, 本公式只适用于恒力做功. ②根据 $W=P \cdot t$, 计算一段时间内平均做功. ③利用动能定理计算力的功, 特别是变力所做的功. ④根据功是能量转化的量度反过来可求功.

(3) 摩擦力、空气阻力做功的计算:功的大小等于力和路程的乘积.

发生相对运动的两物体的这一对相互摩擦力做的总功: $W=fd$ (d 是两物体间的相对路程), 且 $W=Q$ (摩擦生热).

35. 功率

(1) 功率的概念:功率是表示力做功快慢的物理量,是标量.求功率时一定要分清是求哪个力的功率,还要分清是求平均功率还是瞬时功率.

(2) 功率的计算 ①平均功率: $P=W/t$ (定义式) 表示时间 t 内的平均功率,不管是恒力做功,还是变力做功,都适用. ②瞬时功率: $P=F \cdot v \cdot \cos \alpha$ P 和 v 分别表示 t 时刻的功率和速度, α 为两者间的夹角.

(3) 额定功率与实际功率: 额定功率:发动机正常工作时的最大功率. 实际功率:发动机实际输出的功率,它可以小于额定功率,但不能长时间超过额定功率.

(4) 交通工具的启动问题通常说的机车的功率或发动机的功率实际是指其牵引力的功率.

①以恒定功率 P 启动:机车的运动过程是先作加速度减小的加速运动,后以最大速度 $v_m=P/f$ 作匀速直线运动.

②以恒定牵引力 F 启动:机车先作匀加速运动,当功率增大到额定功率时速度为 $v_1=P/F$,而后开始作加速度减小的加速运动,最后以最大速度 $v_m=P/f$ 作匀速直线运动.

36. 动能:物体由于运动而具有的能量叫做动能.表达式: $E_k=mv^2/2$ (1) 动能是描述物体运动状态的物理量. (2) 动能和动量的区别和联系

①动能是标量,动量是矢量,动量改变,动能不一定改变;动能改变,动量一定改变.

②两者的物理意义不同:动能和功相联系,动能的变化用功来量度;动量和冲量相联系,动量的变化用冲量来量度. ③两者之间的大小关系为 $E_k=P^2/2m$

36. ★★★动能定理:外力对物体所做的总功等于物体动能的变化.表达式 $W_{\text{总}} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

(1) 动能定理的表达式是在物体受恒力作用且做直线运动的情况下得出的.但它也适用于变力及物体作曲线运动的情况. (2) 功和动能都是标量,不能利用矢量法则分解,故动能定理无分量式.

(3) 应用动能定理只考虑初、末状态,没有守恒条件的限制,也不受力的性质和物理过程的变化影响.所以,凡涉及力和位移,而不涉及力的作用时间的动力学问题,都可以用动能定理分析和解答,而且一般都比用牛顿运动定律和机械能守恒定律简捷....

(4) 当物体的运动是由几个物理过程所组成,又不需要研究过程的中间状态时,可以把这几个物理过程看作一个整体进行研究,从而避开每个运动过程的具体细节,具有过程简明、方法巧妙、运算量小等优点.

37. 重力势能

(1) 定义:地球上的物体具有跟它的高度有关的能量,叫做重力势能, $E_p = mgh$.

①重力势能是地球和物体组成的系统共有的,而不是物体单独具有的. ②重力势能的大小和零势能面的选取有关. ③重力势能是标量,但有“+”、“-”之分.

(2) 重力做功的特点:重力做功只决定于初、末位置间的高度差,与物体的运动路径无关. $W_G = mgh$.

(3) 做功跟重力势能改变的关系:重力做功等于重力势能增量的负值.即 $W_G = -\Delta E_p$.

38. 弹性势能:物体由于发生弹性形变而具有的能量.

39. 机械能守恒定律

(1) 动能和势能(重力势能、弹性势能)统称为机械能, $E=E_k+E_p$.

(2) 机械能守恒定律的内容:在只有重力(和弹簧弹力)做功的情形下,物体动能和重力势能(及弹性势能)发生相互转化,但机械能的总量保持不变. (3) 机械能守恒定律的表达式 $mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

(4) 系统机械能守恒的三种表示方式:

①系统初态的总机械能 E_1 等于末态的总机械能 E_2 , 即 $E_1 = E_2$

②系统减少的总重力势能 $\Delta E_{P\text{减}}$ 等于系统增加的总动能 $\Delta E_{K\text{增}}$ ，即 $\Delta E_{P\text{减}} = \Delta E_{K\text{增}}$

③若系统只有 A、B 两物体，则 A 物体减少的机械能等于 B 物体增加的机械能，即 $\Delta E_{A\text{减}} = \Delta E_{B\text{增}}$

[注意] 解题时究竟选取哪一种表达形式，应根据题意灵活选取；需注意的是：选用①式时，必须规定零势能参考面，而选用②式和③式时，可以不规范零势能参考面，但必须分清能量的减少量和增加量。

(5) 判断机械能是否守恒的方法

①用做功来判断：分析物体或物体受力情况（包括内力和外力），明确各力做功的情况，若对物体或系统只有重力或弹簧弹力做功，没有其他力做功或其他力做功的代数和为零，则机械能守恒。

②用能量转化来判定：若物体系统中只有动能和势能的相互转化而无机械能与其他形式的能的转化，则物体系统机械能守恒。

③对一些绳子突然绷紧，物体间非弹性碰撞等问题，除非题目特别说明，机械能必定不守恒，完全非弹性碰撞过程机械能也不守恒。

40. 功能关系

(1) 当只有重力（或弹簧弹力）做功时，物体的机械能守恒。

(2) 重力对物体做的功等于物体重力势能的减少： $W_G = E_{p1} - E_{p2}$ 。

(3) 合外力对物体所做的功等于物体动能的变化： $W_{\text{合}} = E_{k2} - E_{k1}$ （动能定理）

(4) 除了重力（或弹簧弹力）之外的力对物体所做的功等于物体机械能的变化： $W_F = E_2 - E_1$

41. 能量和动量的综合运用

动量与能量的综合问题，是高中力学最重要的综合问题，也是难度较大的问题。分析这类问题时，应首先建立清晰的物理图景，抽象出物理模型，选择物理规律，建立方程进行求解。这一部分的主要模型是碰撞。而碰撞过程，一般都遵从动量守恒定律，但机械能不一定守恒，对弹性碰撞就守恒，非弹性碰撞就不守恒，总的能量是守恒的，对于碰撞过程的能量要分析物体间的转移和转换。从而建立碰撞过程的能量关系方程。根据动量守恒定律和能量关系分别建立方程，两者联立进行求解，是这一部分常用的解决物理问题的方法。

七、机械振动和机械波

42. 简谐运动

(1) 定义：物体在跟偏离平衡位置的位移大小成正比，并且总是指向平衡位置的回复力的作用下的振动，叫做简谐运动。

(2) 简谐运动的特征：回复力 $F = -kx$ ，加速度 $a = -kx/m$ ，方向与位移方向相反，总指向平衡位置。

简谐运动是一种变加速运动，在平衡位置时，速度最大，加速度为零；在最大位移处，速度为零，加速度最大。

(3) 描述简谐运动的物理量

①位移 x ：由平衡位置指向振动质点所在位置的有向线段，是矢量，其最大值等于振幅。

②振幅 A ：振动物体离开平衡位置的最大距离，是标量，表示振动的强弱。

③周期 T 和频率 f ：表示振动快慢的物理量，二者互为倒数关系，即 $T = 1/f$ 。

(4) 简谐运动的图像

①意义：表示振动物体位移随时间变化的规律，注意振动图像不是质点的运动轨迹。

②特点：简谐运动的图像是正弦（或余弦）曲线。

③应用：可直观地读取振幅 A 、周期 T 以及各时刻的位移 x ，判定回复力、加速度方向，判定某段时间内位移、回复力、加速度、速度、动能、势能的变化情况。

43. 弹簧振子：周期和频率只取决于弹簧的劲度系数和振子的质量，与其放置的环境和放置的方式无任何关系。如某

一弹簧振子做简谐运动时的周期为 T ，不管把它放在地球上、月球上还是卫星中；是水平放置、倾斜放置还是竖直放置；振幅是大还是小，它的周期就都是 T 。

44. 单摆：摆线的质量不计且不可伸长，摆球的直径比摆线的长度小得多，摆球可视为质点。单摆是一种理想化模型。

(1) 单摆的振动可看作简谐运动的条件是：最大摆角 $\alpha < 5^\circ$ 。

(2) 单摆的回复力是重力沿圆弧切线方向并且指向平衡位置的分力。

(3) 作简谐运动的单摆的周期公式为： $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

①在振幅很小的条件下，单摆的振动周期 跟振幅无关。

②单摆的振动周期跟摆球的质量无关，只与摆长 L 和当地的重力加速度 g 有关。

③摆长 L 是指悬点到摆球重心间的距离，在某些变形单摆中，摆长 L 应理解为等效摆长，重力加速度应理解为等效重力加速度（一般情况下，等效重力加速度 g' 等于摆球静止在平衡位置时摆线的张力与摆球质量的比值）。

45. 受迫振动

(1) 受迫振动：振动系统在周期性驱动力作用下的振动叫受迫振动。

(2) 受迫振动的特点：受迫振动稳定时，系统振动的频率等于驱动力的频率，跟系统的固有频率无关。

(3) 共振：当驱动力的频率等于振动系统的固有频率时，振动物体的振幅最大，这种现象叫做共振。

共振的条件：驱动力的频率等于振动系统的固有频率。

46. 机械波：机械振动在介质中的传播形成机械波。

(1) 机械波产生的条件：①波源；②介质

(2) 机械波的分类 ①横波：质点振动方向与波的传播方向垂直的波叫横波。横波有凸部（波峰）和凹部（波谷）。

②纵波：质点振动方向与波的传播方向在同一直线上的波叫纵波。纵波有密部和疏部。

[注意] 气体、液体、固体都能传播纵波，但气体、液体不能传播横波。

(3) 机械波的特点

①机械波传播的是振动形式和能量，质点只在各自的平衡位置附近振动，并不随波迁移。

②介质中各质点的振动周期和频率都与波源的振动周期和频率相同。③离波源近的质点带动离波源远的质点依次振动。

47. 波长、波速和频率及其关系

(1) 波长：两个相邻的且在振动过程中对平衡位置的位移总是相等的质点间的距离叫波长。振动在一个周期里在介质中传播的距离等于一个波长。

(2) 波速：波的传播速率。机械波的传播速率由介质决定，与波源无关。

(3) 频率：波的频率始终等于波源的振动频率，与介质无关。

(4) 三者关系： $v = \lambda f$

48. ★波动图像：表示波的传播方向上，介质中的各个质点在同一时刻相对平衡位置的位移。当波源作简谐运动时，它在介质中形成简谐波，其波动图像为正弦或余弦曲线。

(1) 由波的图像可获取的信息

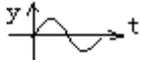
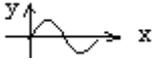
①从图像可以直接读出振幅（注意单位）。②从图像可以直接读出波长（注意单位）。

③可求任一点在该时刻相对平衡位置的位移（包括大小和方向）

④在波速方向已知（或已知波源方位）时可确定各质点在该时刻的振动方向。⑤可以确定各质点振动的加速度方向

(加速度总是指向平衡位置)

(2) 波动图像与振动图像的比较:

	振动图象	波动图象
研究对象	一个振动质点	沿波传播方向所有的质点
研究内容	一个质点的位移随时间变化规律	某时刻所有质点的空间分布规律
图象		
物理意义	表示一质点在各时刻的位移	表示某时刻各质点的位移
图象变化	随时间推移图象延续, 但已有形状不变	随时间推移, 图象沿传播方向平移
一个完整曲线占横坐标距离	表示一个周期	表示一个波长

49. 波动问题多解性

波的传播过程中时间上的周期性、空间上的周期性以及传播方向上的双向性是导致“波动问题多解性”的主要原因. 若题目假设一定的条件, 可使无限系列解转化为有限或惟一解

50. 波的衍射

波在传播过程中偏离直线传播, 绕过障碍物的现象. 衍射现象总是存在的, 只有明显与不明显的差异. 波发生明显衍射现象的条件是: 障碍物 (或小孔) 的尺寸比波的波长小或能够与波长差不多.

51. 波的叠加

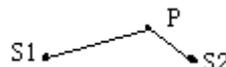
几列波相遇时, 每列波能够保持各自的状态继续传播而不互相干扰, 只是在重叠的区域里, 任一质点的总位移等于各列波分别引起的位移的矢量和. 两列波相遇前、相遇过程中、相遇后, 各自的运动状态不发生任何变化, 这是波的独立性原理.

52. 波的干涉:

频率相同的两列波叠加, 某些区域的振动加强, 某些区域的振动减弱, 并且振动加强和振动减弱的区域相互间隔的现象, 叫波的干涉. 产生干涉现象的条件: 两列波的频率相同, 振动情况稳定.

[注意] ①干涉时, 振动加强区域或振动减弱区域的空间位置是不变的, 加强区域中心质点的振幅等于两列波的振幅之和, 减弱区域中心质点的振幅等于两列波的振幅之差.

②两列波在空间相遇发生干涉. 两列波的波峰相遇点为加强点, 波峰和波谷的相遇点是减弱的点, 加强的点只是振幅大了, 并非任一时刻的位移都大; 减弱的点只是振幅小了, 也并非任一时刻的位移都最小. 如图若 S_1 、 S_2 为振动方向同步的相干波源, 当 $PS_1 - PS_2 = n\lambda$ 时, 振动加强; 当 $PS_1 - PS_2 = (2n+1)\lambda/2$ 时, 振动减弱.



53. 声波

(1) 空气中的声波是纵波, 传播速度为 340m/s. (2) 能够引起人耳感觉的声波频率范围是: 20~20000Hz.

(3) 超声波: 频率高于 20000Hz 的声波. ①超声波的重要性质有: 波长短, 不容易发生衍射, 基本上能直线传播, 因此可以使能量定向集中传播; 穿透能力强.

②对超声波的利用: 用声纳探测潜艇、鱼群, 探察金属内部的缺陷; 利用超声波碎石治疗胆结石、肾结石等; 利用“B超”探察人体内病变.

54. 多普勒效应: 由于波源和观察者之间有相对运动使观察者感到频率发生变化的现象. 其特点是: 当波源与观察者有相对运动, 两者相互接近时, 观察者接收到的频率增大; 两者相互远离时, 观察者接收到的频率减小.

八、分子动理论、热和功、气体

55. 分子动理论

(1) 物质是由大量分子组成的 分子直径的数量级一般是 10^{-10} m.

(2) 分子永不停息地做无规则热运动.

①扩散现象:不同的物质互相接触时,可以彼此进入对方中去.温度越高,扩散越快.②布朗运动:在显微镜下看到的悬浮在液体(或气体)中微小颗粒的无规则运动,是液体分子对微小颗粒撞击作用的不平衡造成的,是液体分子永不停息地无规则运动的宏观反映.颗粒越小,布朗运动越明显;温度越高,布朗运动越明显.

(3) 分子间存在着相互作用力

分子间同时存在着引力和斥力,引力和斥力都随分子间距离增大而减小,但斥力的变化比引力的变化快,实际表现出来的是引力和斥力的合力.

56. 物体的内能

(1) 分子动能:做热运动的分子具有动能,在热现象的研究中,单个分子的动能是无研究意义的,重要的是分子热运动的平均动能.温度是物体分子热运动的平均动能的标志.

(2) 分子势能:分子间具有由它们的相对位置决定的势能,叫做分子势能.分子势能随着物体的体积变化而变化.分子间的作用表现为引力时,分子势能随着分子间的距离增大而增大.分子间的作用表现为斥力时,分子势能随着分子间距离增大而减小.对实际气体来说,体积增大,分子势能增加;体积缩小,分子势能减小.

(3) 物体的内能:物体里所有的分子的动能和势能的总和叫做物体的内能.任何物体都有内能,物体的内能跟物体的温度和体积有关.

(4) 物体的内能和机械能有着本质的区别.物体具有内能的同时可以具有机械能,也可以不具有机械能.

57. 改变内能的两种方式

(1) 做功:其本质是其他形式的能和内能之间的相互转化. (2) 热传递:其本质是物体间内能的转移.

(3) 做功和热传递在改变物体的内能上是等效的,但有本质的区别.

58. ★能量转化和守恒定律

59★. 热力学第一定律

(1) 内容:物体内能的增量(ΔU)等于外界对物体做的功(W)和物体吸收的热量(Q)的总和.

(2) 表达式: $W+Q=\Delta U$

(3) 符号法则:外界对物体做功, W 取正值,物体对外界做功, W 取负值;物体吸收热量, Q 取正值,物体放出热量, Q 取负值;物体内能增加, ΔU 取正值,物体内能减少, ΔU 取负值.

60. 热力学第二定律 (1) 热传导的方向性

热传递的过程是有方向性的,热量会自发地从高温物体传给低温物体,而不会自发地从低温物体传给高温物体.(2) 热力学第二定律的两种常见表述

①不可能使热量由低温物体传递到高温物体,而不引起其他变化.

②不可能从单一热源吸收热量并把它全部用来做功,而不引起其他变化.(3) 永动机不可能制成

①第一类永动机不可能制成:不消耗任何能量,却可以源源不断地对外做功,这种机器被称为第一类永动机,这种永动机是不可能制造成的,它违背了能量守恒定律.

②第二类永动机不可能制成:没有冷凝器,只有单一热源,并从这个单一热源吸收的热量,可以全部用来做功,而不引起其他变化的热机叫做第二类永动机.第二类永动机不可能制成,它虽然不违背能量守恒定律,但违背了热力学第二定律.

61. 气体的状态参量

(1) 温度:宏观上表示物体的冷热程度,微观上是分子平均动能的标志.两种温标的换算关系: $T=(t+273)$ K.

绝对零度为 -273.15°C ，它是低温的极限，只能接近不能达到。

(2) 气体的体积: 气体的体积不是气体分子自身体积的总和，而是指大量气体分子所能达到的整个空间的体积。封闭在容器内的气体，其体积等于容器的容积。

(3) 气体的压强: 气体作用在器壁单位面积上的压力。数值上等于单位时间内器壁单位面积上受到气体分子的总冲量。

①产生原因: 大量气体分子无规则运动碰撞器壁，形成对器壁各处均匀的持续的压力。

②决定因素: 一定气体的压强大小，微观上决定于分子的运动速率和分子密度; 宏观上决定于气体的温度和体积。

(4) 对于一定质量的理想气体， $PV/T=\text{恒量}$

8. 气体分子运动的特点

(1) 气体分子间有很大的空隙。气体分子之间的距离大约是分子直径的 10 倍。(2) 气体分子之间的作用力十分微弱。在处理某些问题时，可以把气体分子看作没有相互作用的质点。(3) 气体分子运动的速率很大，常温下大多数气体分子的速率都达到数百米每秒。离这个数值越远，分子数越少，表现出“中间多，两头少”的统计分布规律。

九、电场

62. 两种电荷 ----- (1) 自然界中存在两种电荷: 正电荷与负电荷。(2) 电荷守恒定律:

63. ★库仑定律

(1) 内容: 在真空中两个点电荷间的作用力跟它们的电荷量的乘积成正比，跟它们之间的距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。

(2) 公式: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$, 式中 $k=9\times 10^9\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, 叫静电力常量。

(3) 适用条件: 真空中的点电荷。

点电荷是一种理想化的模型。如果带电体本身的线度比相互作用的带电体之间的距离小得多，以致带电体的体积和形状对相互作用力的影响可以忽略不计时，这种带电体就可以看成点电荷，但点电荷自身不一定很小，所带电荷量也不一定很少。

64. 电场强度、电场线

周围存在的一种物质，是电荷间相互作用的媒体。电场是客观存在性和能的特性。

放入电场中某一点的电荷受到的电场力跟它的电荷量的比值，叫做定义式:

$E=F/q$ 方向: 正电荷在该点受力方向。

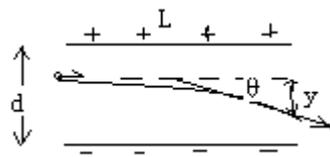
(3) 电场线: 在电场中画出一系列的从正电荷出发到负电荷终止的曲线，使曲线上每一点的切线方向都跟该点的场强方向一致，这些曲线叫做电场线。电场线的性质: ①电场线是起始于正电荷(或无穷远处)，终止于负电荷(或无穷远处); ②电场线的疏密反映电场的强弱; ③电场线不相交; ④电场线不是真实存在的; ⑤电场线不一定是电荷运动轨迹。

(4) 匀强电场: 在电场中，如果各点的场强的大小和方向都相同，这样的电场叫匀强电场。匀强电场中的电场线是间距相等且互相平行的直线。

(5) 电场强度的叠加: 电场强度是矢量，当空间的电场是由几个点电荷共同激发的时候，空间某点的电场强度等于每个点电荷单独存在时所激发的电场在该点的场强的矢量和。

65. 电势差 U : 电荷在电场中由一点 A 移动到另一点 B 时，电场力所做的功 W_{AB} 与电荷量 q 的比值 W_{AB}/q 叫做 AB 两点间的电势差。公式: $U_{AB} = W_{AB}/q$ 电势差有正负: $U_{AB} = -U_{BA}$ ，一般常取绝对值，写成 U 。

66. 电势 ϕ : 电场中某点的电势等于该点相对零电势点的电势差。



(1) 电场: 带电体
的，电场具有力的特
(2) 电场强度: 放
这一点的电场强度。

(1) 电势是个相对的量, 某点的电势与零电势点的选取有关 (通常取离电场无穷远处或大地的电势为零电势). 因此电势有正、负, 电势的正负表示该点电势比零电势点高还是低.

(2) 沿着电场线的方向, 电势越来越低.

67. 电势能: 电荷在电场中某点的电势能在数值上等于把电荷从这点移到电势能为零处 (电势为零处) 电场力所做的功 $\epsilon = qU$

68. 等势面: 电场中电势相等的点构成的面叫做等势面.

(1) 等势面上各点电势相等, 在等势面上移动电荷电场力不做功.

(2) 等势面一定跟电场线垂直, 而且电场线总是由电势较高的等势面指向电势较低的等势面.

(3) 画等势面 (线) 时, 一般相邻两等势面 (或线) 间的电势差相等. 这样, 在等势面 (线) 密处场强大, 等势面 (线) 疏处场强小.

69. 电场中的功能关系

(1) 电场力做功与路径无关, 只与初、末位置有关.

计算方法有: 由公式 $W = qE \cos \theta$ 计算 (此公式只适合于匀强电场中), 或由动能定理计算.

(2) 只有电场力做功, 电势能和电荷的动能之和保持不变.

(3) 只有电场力和重力做功, 电势能、重力势能、动能三者之和保持不变.

70. 静电屏蔽: 处于电场中的空腔导体或金属网罩, 其空腔部分的场强处处为零, 即能把外电场遮住, 使内部不受外电场的影响, 这就是静电屏蔽.

71. ★★★★★ 带电粒子在电场中的运动

(1) 带电粒子在电场中加速

带电粒子在电场中加速, 若不计粒子的重力, 则电场力对带电粒子做功等于带电粒子动能的增量.

$$W = qU = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$$

(2) 带电粒子在电场中的偏转

带电粒子以垂直匀强电场的场强方向进入电场后, 做类平抛运动. 垂直于场强方向做匀速直线运动: $V_x = V_0$, $L = V_0 t$. 平行于场强方向做初速为零的匀加速直线运动:

$$v_y = at, y = \frac{1}{2} at^2, a = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md} \quad \text{侧移距离: } y = \frac{qU^2}{2mckv_0^2} \quad \text{偏转角: } \theta = \arctan\left(\frac{qU}{mckv_0^2}\right)$$

(3) 是否考虑带电粒子的重力要根据具体情况而定. 一般说来:

①基本粒子: 如电子、质子、 α 粒子、离子等除有说明或明确的暗示以外, 一般都不考虑重力 (但不能忽略质量)...

②带电颗粒: 如液滴、油滴、尘埃、小球等, 除有说明或明确的暗示以外, 一般都不能忽略重力...

(4) 带电粒子在匀强电场与重力场的复合场中运动

由于带电粒子在匀强电场中所受电场力与重力都是恒力, 因此可以用两种方法处理: ①正交分解法; ②等效“重力”法.

72. 示波管的原理: 示波管由电子枪, 偏转电极和荧光屏组成, 管内抽成真空. 如果在偏转电极 XX' 上加扫描电压, 同时加在偏转电极 YY' 上所研究的信号电压, 其周期与扫描电压的周期相同, 在荧光屏上就显示出信号电压随时间变化的图线.

73. 电容 ----- (1) 定义: 电容器的带电荷量跟它的两板间的电势差的比值

(2) 定义式: $C = \frac{Q}{U}$ 或 $C = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$

[注意] 电容器的电容是反映电容本身贮电特性的物理量, 由电容器本身的介质特性与几何尺寸决定, 与电容器是否带电、带电荷量的多少、板间电势差的大小等均无关。

(3) 单位: 法拉 (F), $1\text{F}=10^6 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}=10^6 \text{pF}$.

(4) 平行板电容器的电容: $C=\frac{Q}{U}$, $C=\frac{\epsilon S}{d}$ 和 $U=Ed$ 结合在一起加以考虑, 其中 $C=\frac{Q}{U}$ 反映了电容器本身的属性, 是定义式, 适用于各种电容器; $C=\frac{\epsilon S}{d}$, 表明了平行板电容器的电容决定于哪些因素, 仅适用于平行板电容器; 若电容器始终连接在电池上, 两极板的电压不变. 若电容器充电后, 切断与电池的连接, 电容器的带电荷量不变.

十、稳恒电流

74. 电流——(1) 定义: 电荷的定向移动形成电流. (2) 电流的方向: 规定正电荷定向移动的方向为电流的方向.

在外电路中电流由高电势点流向低电势点, 在电源的内部电流由低电势点流向高电势点 (由负极流向正极).

75. 电流强度: ——(1) 定义: 通过导体横截面的电量跟通过这些电量所用时间的比值, $I=q/t$

(2) 在国际单位制中电流的单位是安. $1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$, $1 \mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$

(3) 电流强度的定义式中, 如果是正、负离子同时定向移动, q 应为正负离子的电荷量和.

76. 电阻——(1) 定义: 导体两端的电压与通过导体中的电流的比值叫导体的电阻. (2) 定义式: $R=U/I$, 单位: Ω

(3) 电阻是导体本身的属性, 跟导体两端的电压及通过电流无关.

77★★. 电阻定律

(1) 内容: 在温度不变时, 导体的电阻 R 与它的长度 L 成正比, 与它的横截面积 S 成反比.

(2) 公式: $R=\rho L/S$. (3) 适用条件: ①粗细均匀的导线; ②浓度均匀的电解液.

78. 电阻率: 反映了材料对电流的阻碍作用.

(1) 有些材料的电阻率随温度升高而增大 (如金属); 有些材料的电阻率随温度升高而减小 (如半导体和绝缘体); 有些材料的电阻率几乎不受温度影响 (如锰铜和康铜).

(2) 半导体: 导电性能介于导体和绝缘体之间, 而且电阻随温度的增加而减小, 这种材料称为半导体, 半导体有热敏特性, 光敏特性, 掺入微量杂质特性.

(3) 超导现象: 当温度降低到绝对零度附近时, 某些材料的电阻率突然减小到零, 这种现象叫超导现象, 处于这种状态的物体叫超导体.

79. 电功和电热

(1) 电功和电功率:

电流做功的实质是电场力对电荷做功. 电场力对电荷做功, 电荷的电势能减少, 电势能转化为其他形式的能. 因此电功 $W=qU=UIt$, 这是计算电功普遍适用的公式.

单位时间内电流做的功叫电功率, $P=W/t=UI$, 这是计算电功率普遍适用的公式.

(2) ★焦耳定律: $Q=I^2 Rt$, 式中 Q 表示电流通过导体产生的热量, 单位是 J. 焦耳定律无论是对纯电阻电路还是对非纯电阻电路都是适用的.

(3) 电功和电热的关系

①纯电阻电路消耗的电能全部转化为热能, 电功和电热是相等的. 所以有 $W=Q$, $UIt=I^2 Rt$, $U=IR$ (欧姆定律成立),

$W=Q=UIt=IRt=\frac{U^2}{R}t$ ②非纯电阻电路消耗的电能一部分转化为热能, 另一部分转化为其他形式的能. 所以有 $W>Q$, $UIt>I^2 Rt$, $U>IR$ (欧姆定律不成立).

80. 串并联电路

电路	串联电路(P、U与R成正比)	并联电路(P、I与R成反比)
电阻关系	$R_{串}=R_1+R_2+R_3+$	$1/R_{并}=1/R_1+1/R_2+1/R_3+$
电流关系	$I_{总}=I_1=I_2=I_3$	$I_{并}=I_1+I_2+I_3+$
电压关系	$U_{总}=U_1+U_2+U_3+$	$U_{总}=U_1=U_2=U_3=$
功率分配	$P_{总}=P_1+P_2+P_3+$	$P_{总}=P_1+P_2+P_3+$

81. 电动势 --(1)物理意义:反映电源把其他形式能转化为电能本领大小的物理量. 例如一节干电池的电动势 $E=15V$, 物理意义是指:电路闭合后, 电流通过电源, 每通过 $1C$ 的电荷, 干电池就把 $15J$ 的化学能转化为电能.

(2)大小:等于电路中通过 $1C$ 电荷量时电源所提供的电能的数值, 等于电源没有接入电路时两极间的电压, 在闭合电路中等于内外电路上电势降落之和 $E=U_{外}+U_{内}$.

82. 闭合电路欧姆定律

(1)内容:闭合电路的电流强度跟电源的电动势成正比, 跟闭合电路总电阻成反比.

(2)表达式: $I=E/(R+r)$

(3)总电流 I 和路端电压 U 随外电阻 R 的变化规律

当 R 增大时, I 变小, 又据 $U=E-Ir$ 知, U 变大. 当 R 增大到 ∞ 时, $I=0$, $U=E$ (断路).

当 R 减小时, I 变大, 又据 $U=E-Ir$ 知, U 变小. 当 R 减小到零时, $I=E/r$, $U=0$ (短路).

83. 路端电压随电流变化关系图像

$U_{端}=E-Ir$. 上式的函数图像是一条向下倾斜的直线. 纵坐标轴上的截距等于电动势的大小;横坐标轴上的截距等于短路电流 $I_{短}$;图线的斜率值等于电源内阻的大小.

84. 闭合电路中的三个功率

(1)电源的总功率:就是电源提供的总功率, 即电源将其他形式的能转化为电能的功率, 也叫电源消耗的功率 $P_{总}=EI$.

(2)电源输出功率:整个外电路上消耗的电功率. 对于纯电阻电路, 电源的输出功率.

$P_{出}=I^2 R=[E/(R+r)]^2 R$, 当 $R=r$ 时, 电源输出功率最大, 其最大输出功率为 $P_{max}=E^2/4r$.

(3)电源内耗功率:内电路上消耗的电功率 $P_{内}=U_{内} I=I^2 r$

(4)电源的效率:指电源的输出功率与电源的功率之比, 即 $\eta=P_{出}/P_{总}=IU/IE=U/E$.

85. 电阻的测量

原理是欧姆定律. 因此只要用电压表测出电阻两端的电压, 用安培表测出通过电流, 用 $R=U/I$ 即可得到阻值.

①内、外接的判断方法:若 R_x 大大大于 R_A , 采用内接法; R_x 小小小于 R_V , 采用外接法. ②滑动变阻器的两种接法:分压法的优势是电压变化范围大;限流接法的优势在于电路连接简便, 附加功率损耗小. 当两种接法均能满足实验要求时, 一般选限流接法. 当负载 R_L 较小、变阻器总阻值较大时 (R_L 的几倍), 一般用限流接法. 但以下三种情况必须采用分压式接法:

a. 要使某部分电路的电压或电流从零开始连接调节, 只有分压电路才能满足. b. 如果实验所提供的电压表、电流表量程或电阻元件允许最大电流较小, 采用限流接法时, 无论怎样调节, 电路中实际电流 (压) 都会超过电表量程或电阻元件允许的最大电流 (压), 为了保护电表或电阻元件免受损坏, 必须要采用分压接法电路.

c. 伏安法测电阻实验中, 若所用的变阻器阻值远小于待测电阻阻值, 采用限流接法时, 即使变阻器触头从一端滑至另一端, 待测电阻上的电流 (压) 变化也很小, 这不利于多次测量求平均值或用图像法处理数据. 为了在变阻器阻值远小于待测电阻阻值的情况下能大范围地调节待测电阻上的电流 (压), 应选择变阻器的分压接法.

十一、磁场

86. 磁场

(1) 磁场:磁场是存在于磁体、电流和运动电荷周围的一种物质. 永磁体和电流都能在空间产生磁场. 变化的电场也能产生磁场. (2) 磁场的基本特点:磁场对处于其中的磁体、电流和运动电荷有力的作用.

(3) 磁现象的电本质:一切磁现象都可归结为运动电荷(或电流)之间通过磁场而发生的相互作用.

(4) 安培分子电流假说——在原子、分子等物质微粒内部,存在着一种环形电流即分子电流,分子电流使每个物质微粒成为微小的磁体.

(5) 磁场的方向:规定在磁场中任一点小磁针 N 极受力的方向(或者小磁针静止时 N 极的指向)就是那一点的磁场方向.

87. 磁感线

(1) 在磁场中人为地画出一系列曲线,曲线的切线方向表示该位置的磁场方向,曲线的疏密能定性地表示磁场的强弱,这一系列曲线称为磁感线.

(2) 磁铁外部的磁感线,都从磁铁 N 极出来,进入 S 极,在内部,由 S 极到 N 极,磁感线是闭合曲线;磁感线不相交.

(3) 几种典型磁场的磁感线的分布:

①直线的磁场:同心圆、非匀强、距导线越远处磁场越弱.

②通电螺线管的磁场:两端分别是 N 极和 S 极,管内可看作匀强磁场,管外是非匀强磁场.

③环形电流的磁场:两侧是 N 极和 S 极,离圆环中心越远,磁场越弱.

④匀强磁场:磁感应强度的大小处处相等、方向处处相同.匀强磁场中的磁感线是分布均匀、方向相同的平行直线.

88. 磁感应强度

(1) 定义:磁感应强度是表示磁场强弱的物理量,在磁场中垂直于磁场方向的通电导线,受到的磁场力 F 跟电流 I 和导线长度 L 的乘积 IL 的比值,叫做通电导线所在处的磁感应强度,定义式 $B=F/IL$. 单位 T, $1T=1N/(A \cdot m)$.

(2) 磁感应强度是矢量,磁场中某点的磁感应强度的方向就是该点的磁场方向,即通过该点的磁感线的切线方向.

(3) 磁场中某位置的磁感应强度的大小及方向是客观存在的,与放入的电流强度 I 的大小、导线的长短 L 的大小无关,与电流受到的力也无关,即使不放入载流导体,它的磁感应强度也照样存在,因此不能说 B 与 F 成正比,或 B 与 IL 成反比.

(4) 磁感应强度 B 是矢量,遵守矢量分解合成的平行四边形定则,注意磁感应强度的方向就是该处的磁场方向,并不是在该处的电流的受力方向.

89. 地磁场:地球的磁场与条形磁体的磁场相似,其主要特点有三个:

(1) 地磁场的 N 极在地球南极附近, S 极在地球北极附近.

(2) 地磁场 B 的水平分量 (B_x) 总是从地球南极指向北极,而垂直分量 (B_y) 则南北相反,在南半球垂直地面向上,在北半球垂直地面向下.

(3) 在赤道平面上,距离地球表面相等的各点,磁感强度相等,且方向水平向北.

90. 安培力

(1) 安培力大小 $F=BIL$. 式中 F 、 B 、 I 要两两垂直, L 是有效长度. 若载流导体是弯曲导线,且导线所在平面与磁感强度方向垂直,则 L 指弯曲导线中始端指向末端的直线长度.

(2) 安培力的方向由左手定则判定.

(3) 安培力做功与路径有关,绕闭合回路一周,安培力做的功可以为正,可以为负,也可以为零,而不像重力和

电场力那样做功总为零.

91. ★洛伦兹力

(1) 洛伦兹力的大小 $f=qvB$, 条件: $v \perp B$. 当 $v // B$ 时, $f=0$.

(2) 洛伦兹力的特性: 洛伦兹力始终垂直于 v 的方向, 所以洛伦兹力一定不做功.

(3) 洛伦兹力与安培力的关系: 洛伦兹力是安培力的微观实质, 安培力是洛伦兹力的宏观表现. 所以洛伦兹力的方向与安培力的方向一样也由左手定则判定.

(4) 在磁场中静止的电荷不受洛伦兹力作用.

92. ★★★带电粒子在磁场中的运动规律

在带电粒子只受洛伦兹力作用的条件下 (电子、质子、 α 粒子等微观粒子的重力通常忽略不计),

(1) 若带电粒子的速度方向与磁场方向平行 (相同或相反), 带电粒子以入射速度 v 做匀速直线运动.

(2) 若带电粒子的速度方向与磁场方向垂直, 带电粒子在垂直于磁感线的平面内, 以入射速率 v 做匀速圆周运动.

①轨道半径公式: $r=mv/qB$ ②周期公式: $T=2\pi m/qB$

93. 带电粒子在复合场中运动

(1) 带电粒子在复合场中做直线运动

①带电粒子所受合外力为零时, 做匀速直线运动, 处理这类问题, 应根据受力平衡列方程求解.

②带电粒子所受合外力恒定, 且与初速度在一条直线上, 粒子将作匀变速直线运动, 处理这类问题, 根据洛伦兹力不做功的特点, 选用牛顿第二定律、动量定理、动能定理、能量守恒等规律列方程求解.

(2) 带电粒子在复合场中做曲线运动

①当带电粒子在所受的重力与电场力等值反向时, 洛伦兹力提供向心力时, 带电粒子在垂直于磁场的平面内做匀速圆周运动. 处理这类问题, 往往同时应用牛顿第二定律、动能定理列方程求解.

②当带电粒子所受的合外力是变力, 与初速度方向不在同一直线上时, 粒子做非匀变速曲线运动, 这时粒子的运动轨迹既不是圆弧, 也不是抛物线, 一般处理这类问题, 选用动能定理或能量守恒列方程求解.

③由于带电粒子在复合场中受力情况复杂运动情况多变, 往往出现临界问题, 这时应以题目中“最大”、“最高”“至少”等词语为突破口, 挖掘隐含条件, 根据临界条件列出辅助方程, 再与其他方程联立求解.

十二、电磁感应

94 **电磁感应现象**: 利用磁场产生电流的现象叫做电磁感应, 产生的电流叫做感应电流.

(1) 产生感应电流的条件: 穿过闭合电路的磁通量发生变化, 即 $\Delta \Phi \neq 0$. (2) 产生感应电动势的条件: 无论回路是否闭合, 只要穿过线圈平面的磁通量发生变化, 线路中就有感应电动势. 产生感应电动势的那部分导体相当于电源.

(2) 电磁感应现象的实质是产生感应电动势, 如果回路闭合, 则有感应电流, 回路不闭合, 则只有感应电动势而无感应电流.

95. 磁通量 (1) 定义: 磁感应强度 B 与垂直磁场方向的面积 S 的乘积叫做穿过这个面的磁通量, 定义式: $\Phi=BS$. 如果面积 S 与 B 不垂直, 应以 B 乘以在垂直于磁场方向上的投影面积 S' , 即 $\Phi=BS'$, 国际单位: Wb

求磁通量时应该是穿过某一面积的磁感线的净条数. 任何一个面都有正、反两个面; 磁感线从面的正方向穿入时, 穿过该面的磁通量为正. 反之, 磁通量为负. 所求磁通量为正、反两面穿入的磁感线的代数和.

96. ★楞次定律

(1) 楞次定律: 感应电流的磁场, 总是阻碍引起感应电流的磁通量的变化. 楞次定律适用于一般情况的感应电流方向的判定, 而右手定则只适用于导线切割磁感线运动的情况, 此种情况用右手定则判定比用楞次定律判定简便.

(2) 对楞次定律的理解

①谁阻碍谁——感应电流的磁通量阻碍产生感应电流的磁通量.

②阻碍什么——阻碍的是穿过回路的磁通量的变化, 而不是磁通量本身. ③如何阻碍——原磁通量增加时, 感应电流的磁场方向与原磁场方向相反; 当原磁通量减少时, 感应电流的磁场方向与原磁场方向相同, 即“增反减同”.

④阻碍的结果——阻碍并不是阻止，结果是增加的还增加，减少的还减少。

(3)楞次定律的另一种表述:感应电流总是阻碍产生它的那个原因，表现形式有三种:

①阻碍原磁通量的变化;②阻碍物体间的相对运动;③阻碍原电流的变化(自感)。

97 法拉第电磁感应定律

电路中感应电动势的大小，跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比。表达式 $E=n\Delta\Phi/\Delta t$

当导体做切割磁感线运动时，其感应电动势的计算公式为 $E=BLv\sin\theta$ 。当 B 、 L 、 v 三者两两垂直时，感应电动势 $E=BLv$ 。(1)两个公式的选用方法 $E=n\Delta\Phi/\Delta t$ 计算的是在 Δt 时间内的平均电动势，只有当磁通量的变化率是恒定不变时，它算出的才是瞬时电动势。 $E=BLv\sin\theta$ 中的 v 若为瞬时速度，则算出的就是瞬时电动势;若 v 为平均速度，算出的就是平均电动势。(2)公式的变形

①当线圈垂直磁场方向放置，线圈的面积 S 保持不变，只是磁场的磁感强度均匀变化时，感应电动势： $E=nS\Delta B/\Delta t$ 。

②如果磁感强度不变，而线圈面积均匀变化时，感应电动势 $E=Nb\delta s/\Delta t$ 。

98. 自感现象

(1)自感现象:由于导体本身的电流发生变化而产生的电磁感应现象。(2)自感电动势:在自感现象中产生的感应电动势叫自感电动势。自感电动势的大小取决于线圈自感系数和本身电流变化的快慢，自感电动势方向总是阻碍电流的变化。

98. 日光灯工作原理

(1)起动器的作用:利用动触片和静触片的接通与断开起一个自动开关的作用，起动的关键就在于断开的瞬间。

(2)镇流器的作用:日光灯点燃时，利用自感现象产生瞬时高压;日光灯正常发光时，利用自感现象，对灯管起到降压限流作用。

99. 电磁感应中的电路问题

在电磁感应中，切割磁感线的导体或磁通量发生变化的回路将产生感应电动势，该导体或回路就相当于电源，将它们接上电容器，便可使电容器充电;将它们接上电阻等用电器，便可对用电器供电，在回路中形成电流。因此，电磁感应问题往往与电路问题联系在一起。解决与电路相联系的电磁感应问题的基本方法是:

(1)用法拉第电磁感应定律和楞次定律确定感应电动势的大小和方向。(2)画等效电路。

(3)运用全电路欧姆定律，串并联电路性质，电功率等公式联立求解。

8. 电磁感应现象中的力学问题

(1)通过导体的感应电流在磁场中将受到安培力作用，电磁感应问题往往和力学问题联系在一起，基本方法是:

①用法拉第电磁感应定律和楞次定律求感应电动势的大小和方向。②求回路中电流强度。

③分析研究导体受力情况(包含安培力，用左手定则确定其方向)。④列动力学方程或平衡方程求解。

(2)电磁感应力学问题中，要抓好受力情况，运动情况的动态分析，导体受力运动产生感应电动势→感应电流→通电导体受安培力→合外力变化→加速度变化→速度变化→周而复始地循环，循环结束时，加速度等于零，导体达稳定运动状态，抓住 $a=0$ 时，速度 v 达最大值的特点。

100. 电磁感应中能量转化问题

导体切割磁感线或闭合回路中磁通量发生变化，在回路中产生感应电流，机械能或其他形式能量便转化为电能，具有感应电流的导体在磁场中受安培力作用或通过电阻发热，又可使电能转化为机械能或电阻的内能，因此，电磁感应过程总是伴随着能量转化，用能量转化观点研究电磁感应问题常是导体的稳定运动(匀速直线运动或匀速转动)，对应的受力特点是合外力为零，能量转化过程常常是机械能转化为内能，解决这类问题的基本方法是:

(1)用法拉第电磁感应定律和楞次定律确定感应电动势的大小和方向。

(2)画出等效电路，求出回路中电阻消耗电功率表达式。

(3)分析导体机械能的变化，用能量守恒关系得到机械功率的改变与回路中电功率的改变所满足的方程。