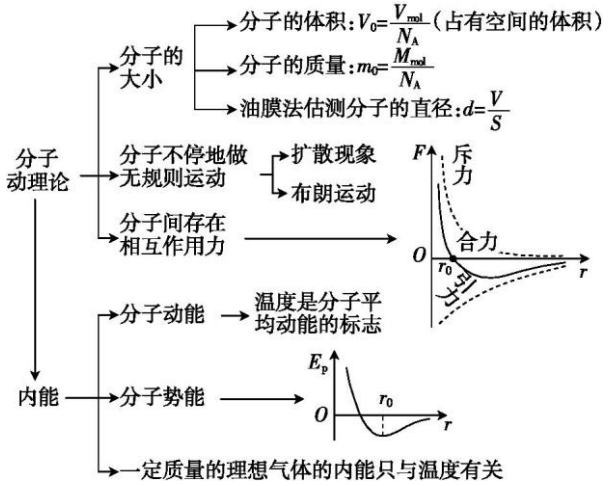
1 热学

1． 分子动理论、内能

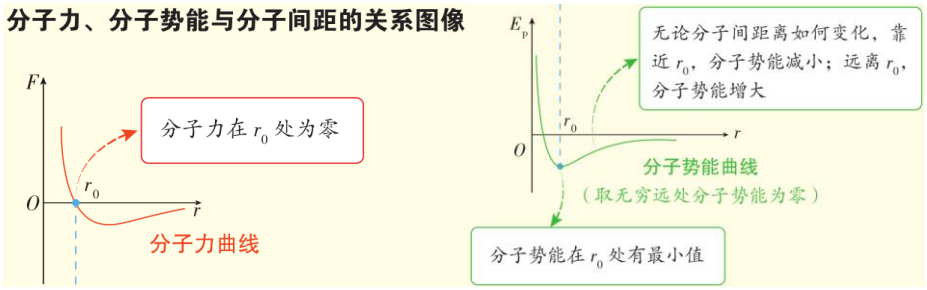


2． 分子的两种建模方法

【临考叮嘱】（1）对于固体、液体，分析分子的直径时，可建立球体模型，分子直径 $d=\sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi N_A}}$.此模型无法计算气体分子直径，对于气体，分析分子间的平均距离时，可建立立方体模型，相邻分子间的平均距离为 $d=\sqrt[3]{\frac{V_0}{N_A}}$.

（2）布朗运动是由成千上万个分子组成的“分子集团”即固体颗粒的运动，间接反映液体(气体)分子的运动。

（3）分子力和分子势能的区别与联系



2． 固体和液体

(1)晶体和非晶体

比较	晶体		非晶体
	单晶体	多晶体	
形状	规则	不规则	不规则
熔点	固定	固定	不固定
特性	各向异性	各向同性	各向同性

(2)液晶的性质

液晶是一种特殊的物质，既可以流动，又可以表现出单晶体的分子排列特点，在光学、电学物理性质上表现出各向异性。通常在一定温度范围内才显现液晶相的物质。

(3)液体的表面张力

使液体表面有收缩到球形的趋势，表面张力的方向跟液面相切。

(4)饱和汽压的特点

液体的饱和汽压 p_s 与温度有关，温度越高，饱和汽压越大，且饱和汽压与饱和汽的体积无关。

(5)湿度

①绝对湿度

空气的湿度可以用空气中所含水蒸气的压强 p 来表示，这样表示的湿度叫做空气的绝对湿度.

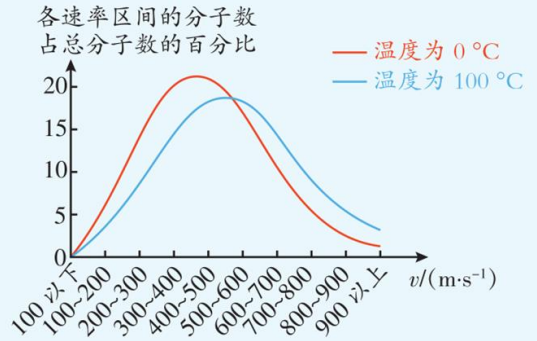
②相对湿度

相对湿度定义 $B=\frac{p}{p_s}\times100\%$，式中 p 为空气中所含水蒸气的实际压强，p_s 为同一温度下水的饱和汽压，p_s 在不同温度下的值是不同的，温度越高，p_s 越大；

③湿度计

空气的相对湿度常用湿度计来测量.相对湿度越小，湿泡温度计上的水蒸发越快，干泡温度计与湿泡温度计所示的温度差越大.

3.气体分子运动特点和气体压强



(1)气体分子之间的距离大约是分子直径的 10 倍,气体分子之间的作用力十分微弱,可以忽略不计.

(2)气体分子的速率分布规律表现为“中间多,两头少”.

(3)温度一定时,某种气体分子的速率分布是确定的,速率的平均值也是确定的,温度升高,气体分子的平均速率增大.

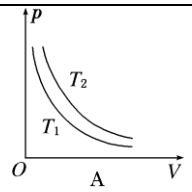
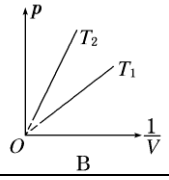
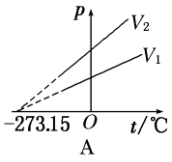
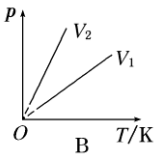
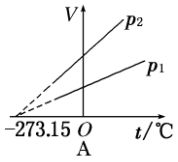
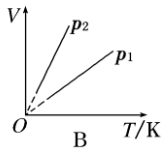
(4)气体压强是由气体分子频繁地碰撞器壁产生的，影响气体压强大小的因素

(1)宏观上：决定于气体的温度和体积。

(2)微观上：决定于分子的平均动能和分子的密集程度。

4.气体实验定律

定律名称 / 比较项目	玻意耳定律(等温变化)	查理定律(等容变化)	盖—吕萨克定律(等压变化)
数学表达式	$p_1V_1=p_2V_2$ 或 $pV=C$(常数)	$\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}$ 或 $\frac{p}{T}=C$(常数)	$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ 或 $\frac{V}{T}=C$(常数)

同一气体的两条图线	 	 	 

5.平衡状态下气体压强的求法

（1）液片法：选取假想的液体薄片(自身重力不计)为研究对象，分析液片两侧受力情况，建立平衡方程，消去面积，得到液片两侧压强相等方程，求得气体的压强.

（2）力平衡法：选取与气体接触的液柱(或活塞)为研究对象进行受力分析，得到液柱(或活塞)的受力平衡方程，求得气体的压强.

（3）等压面法：在连通器中，同一种液体(中间不间断)同一深度处压强相等.液体内深 h 处的总压强 $p=p_0+\rho gh$，p_0 为液面上方的压强.

6．**混合气体状态方程**

将两种不同状态的气体混合在一起，对每一种气体，有 $\frac{P_1V_1}{T_1}=n_1R$ ， $\frac{P_2V_2}{T_2}=n_2R$

两式左右相加，得 $\frac{P_1V_1}{T_1}+\frac{P_2V_2}{T_2}=\left(n_1+n_2\right)R$

对混合后的理想气体，有 $\frac{PV}{T}=nR$

联立可得：$\frac{P_1V_1}{T_1}+\frac{P_2V_2}{T_2}=\frac{PV}{T}$

此即混合气体的状态方程，可以推广到多种混合气体的情况。

（1）反过来，若将混合气体分散成不同的部分，有 $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}+\frac{P_2V_2}{T_2}$

（2）如果混合前是几部分，混合后又分为另外的几部分，有 $\frac{P_1V_1}{T_1}+\frac{P_2V_2}{T_2}=\frac{P_3V_3}{T_3}+\frac{P_4V_4}{T_4}$

7.理想状态下气体的密度公式

根据理想气体状态方程 $PV=\frac{m}{M}RT$，可得密度 $\rho=\frac{m}{V}=\frac{PM}{RT}$。

8．热力学定律

(1)热力学第一定律

①内容：$\Delta U=\underline{Q+W}$。

②符号的规定

符号	W	Q	ΔU
+	外界对物体做功	物体吸收热量	内能增加

-	物体对外界做功	物体放出热量	内能减少

③几种特殊情况：绝热——$Q=0$，不做功——$W=0$，内能不变——$\Delta U=0$。

（2）热力学第二定律

表述一(按热传导方向):热量不能自发地从低温物体传到高温物体.

表述二(按机械能与内能转化的方向):不可能从单一热库吸收热量,使之完全变成功,而不产生其他影响.

【临考叮嘱】（1）在热力学第二定律的表述中，“自发地”、“不产生其他影响”的涵义：

①“自发地”指明了热传递等热力学宏观现象的方向性，不需要借助外界提供能量的帮助.

②“不产生其他影响”的涵义是发生的热力学宏观过程只在本系统内完成，对周围环境不产生热力学方面的影响．如吸热、放热、做功等.

（2）热力学第二定律的实质：自然界中进行的涉及热现象的宏观过程都具有方向性.

（3）热量不可能自发地从低温物体传到高温物体，但在有外界影响的条件下，热量可以从低温物体传到高温物体，如电冰箱；在引起其他变化的条件下内能可以全部转化为机械能，如气体的等温膨胀过程.

（4）两类永动机的比较

第一类永动机	第二类永动机
不需要任何动力或燃料，却能不断地对外做功的机器	从单一热源吸收热量，使之完全变成功，而不产生其他影响的机器
违背能量守恒定律，不可能制成	不违背能量守恒定律，但违背热力学第二定律，不可能制成

1 机械振动和波

1． 简谐运动

（1）动力学特征：$F=-kx$，“-”表示回复力的方向与位移方向相反，k 是比例系数，不一定是弹簧的劲度系数.

（2）运动学特征：质点的位移与时间的关系遵从 $x=A\sin(\omega t+\varphi)$．即它的 x-t 图是一条正弦曲线

2.单摆

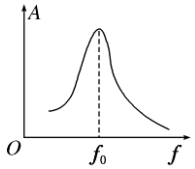
（1）单摆的振动可视为简谐运动的条件是最大摆角小于 10°。

（2）单摆做简谐运动的周期公式：$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$。单摆做简谐运动的周期(或频率)跟振幅及摆球质量无关，摆长 l 指悬点到摆球重心的距离，g 为单摆所在处的重力加速度。

（3）秒摆的周期为 2 s，根据单摆周期公式，可算得秒摆的摆长约为 1 m。

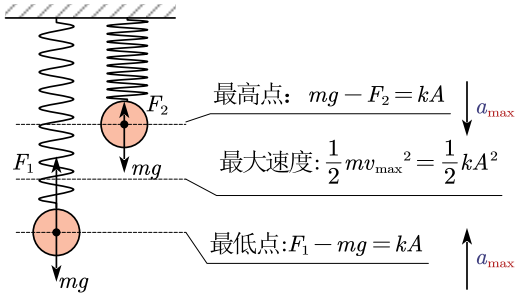
3.**共振**

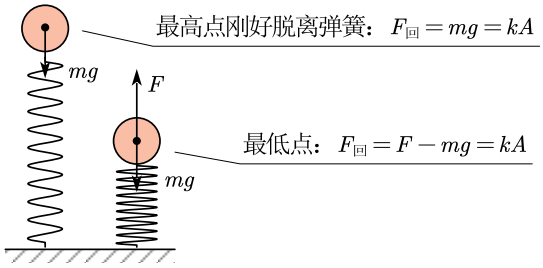
(1)共振曲线：如图所示，横坐标为驱动力频率 f，纵坐标为振幅 A。它直观地反映了驱动力频率对某固有频率为 f_0 的振动系统受迫振动其振幅的影响，由图可知，f 与 f_0 越接近，振幅 A 越大；当 $f=f_0$ 时，振幅 A 最大。



(2)受迫振动中系统能量的转化：做受迫振动的系统的机械能不守恒，系统与外界时刻进行能量交换。

竖直方向弹簧振子的对称性





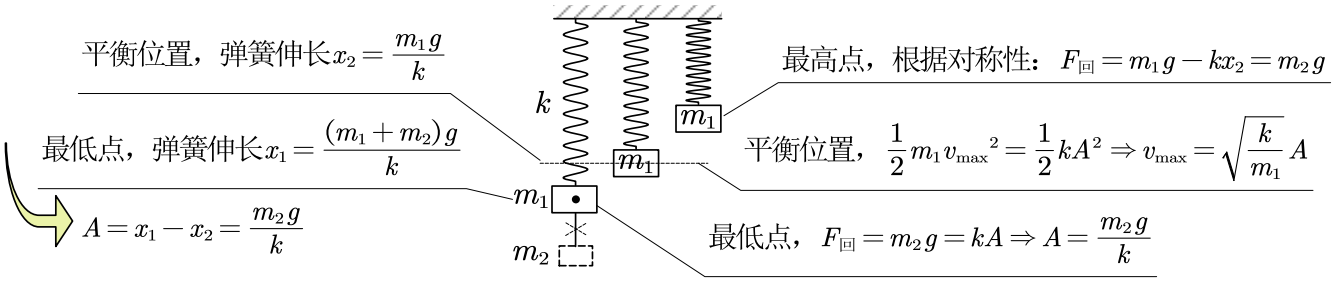
求振幅 A 的三种方法

①最大位移大小：平衡位置与极限位置间的距离；

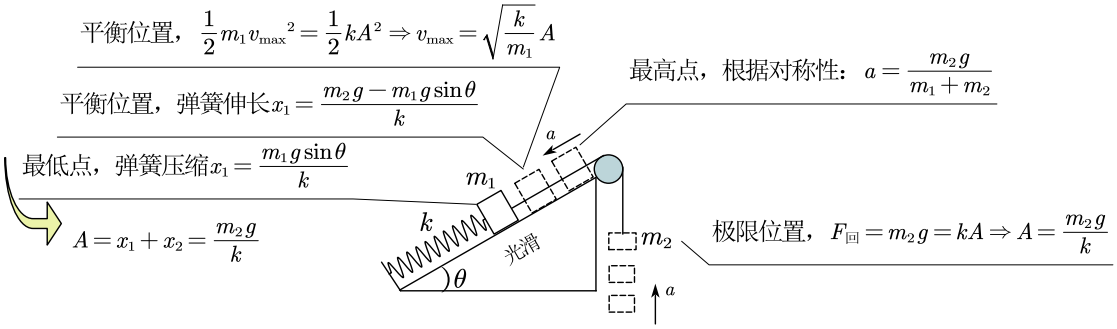
②最大回复力：$\left|F_{回max}\right|=kA$，$F_{回max}$ 就是极限位置处振动方向的合外力；

③最大动能/最大势能：$E_{kmax}=E_{Pmax}=\frac{1}{2}kA^2$

竖直方向弹簧振子的振幅 A、对称性和最大速度



斜面上弹簧振子的振幅 A、对称性和最大速度



4.**机械波的特点**

(1)介质依存性：机械波离不开介质.

(2)能量信息性：机械波传播的是振动的形式、能量和信息.

(3)传播不移性：在传播方向上，各质点只在各自平衡位置附近振动，并不随波迁移.

(4)时空重复性：机械波传播时，介质中的质点不断地重复着振源的振动形式.

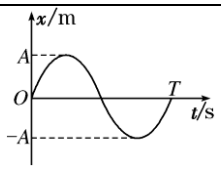
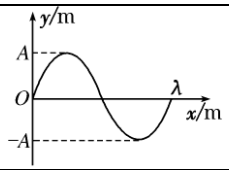
(5)周期、频率同源性：介质中各质点的振动周期均等于振源的振动周期且在传播中保持不变.

(6)起振同向性：各质点开始振动的方向与振源开始振动方向相同.

(7)波长、波速和频率的关系：$v=\lambda f$，f 由波源决定，v 由介质决定.

5.**振动图像和波的图像的比较**

图像类型	振动图像	波的图像
研究对象	一振动质点	沿波传播方向

		上所有质点
研究内容	一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
图像		
物理意义	表示某质点各个时刻的位移	表示某时刻各质点的位移
形象比喻	记录着一个人一段时间内活动的录像带	记录着许多人某时刻动作、表情的集体照片
图像变化	随时间推移，图像延续，但已有形状不变	随时间推移，图像沿传播方向平移
一完整曲线占横坐标距离	表示一个周期	表示一个波长

6．波动计算的多解问题

（1）波速公式：$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$或 $v=\frac{\lambda}{T}=\lambda f$

（2）造成波动问题多解的主要因素

(1)周期性：①时间周期性：时间间隔 Δt 与周期 T 的关系不明确。

②空间周期性：波传播距离 Δx 与波长 λ 的关系不明确。

(2)双向性：①传播方向双向性：波的传播方向不确定。

②振动方向双向性：质点振动方向不确定。

（3）波动计算问题的两种解法

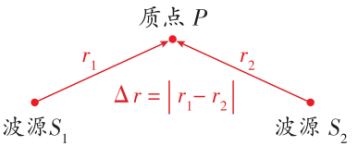
①波形平移法：波形沿波的传播方向匀速平移，一个周期，平移一个波长的距离。

②质点振动法：质点并不随波平移，在平衡位置振动，一个周期，质点振动路程为 4A。

7．波的干涉

加强点与减弱点的判断方法

01 公式法



当两波源步调一致时，

若 $\Delta r=n\lambda(n=0,1,2,\cdots)$，振动加强；

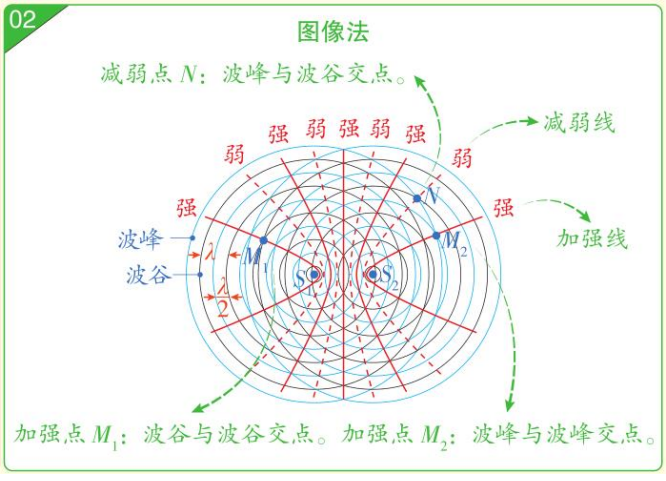
若 $\Delta r=(n+\frac{1}{2})\lambda\ (n=0,1,2,\cdots)$，振动减弱。

当两波源步调相反时，

若 $\Delta r=n\lambda(n=0,1,2,\cdots)$，振动减弱；

若 $\Delta r=(n+\frac{1}{2})\lambda\ (n=0,1,2,\cdots)$，振动加强。

02 图像法

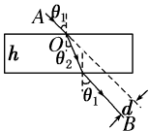
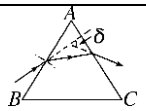
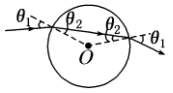
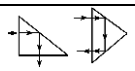


8．光的折射、全反射

(1)折射率：$n=\frac{\sin i}{\sin r}$　$n=\frac{c}{v}$

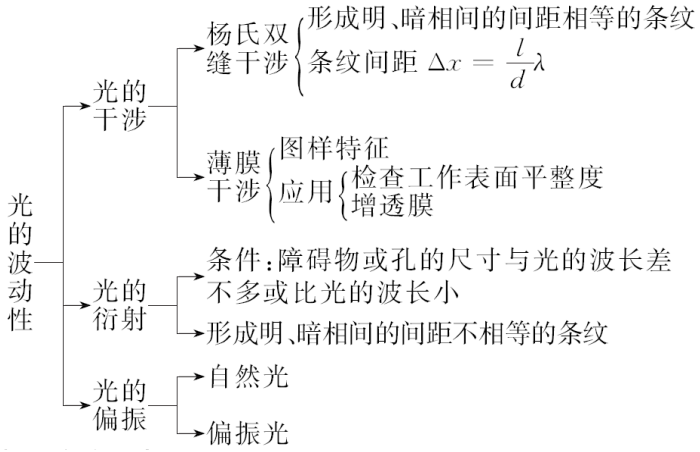
(2)全反射：$\sin C=\frac{1}{n}$（发生全反射的两个条件：①光从光密介质射入光疏介质；②入射角大于或等于临界角．）

9．平行玻璃砖、三棱镜和圆柱体对光的偏折作用

类别 项目	平行玻璃砖	三棱镜	圆柱体(球)
结构	玻璃砖上下表面是平行的	横截面为三角形的三棱镜	横截面是圆
对光线的作用	 通过平行玻璃砖的光线不改变传播方向，但要发生侧移	 通过三棱镜的光线经两次折射后，出射光线向棱镜底面偏折	 圆界面的法线是过圆心的直线，经过两次折射后向圆心偏折
应用	测定玻璃的折射率	 全反射棱镜，改变光的传播方向	改变光的传播方向

【特别提醒】不同颜色的光的频率不同，在同一种介质中的折射率、光速也不同，发生全反射现象的临界角也不同.

10．光的波动性



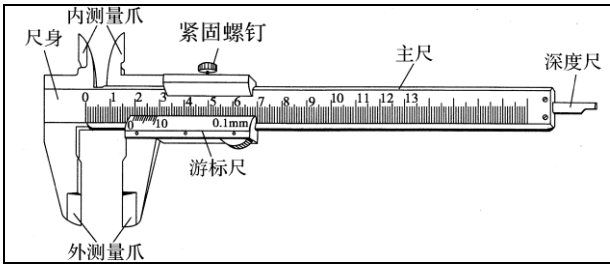
11．多普勒效应:当波源与观察者相互靠近时,观察者接收到的频率变大;当波源与观察者相互远离时,观察者接收到的频率变小。

【临考叮嘱】当波源以速率 v 匀速靠近静止的观察者时,观察者“感觉”到的频率变大了,但不是“越来越大”。

1 实验基础

一、电学实验中的“两尺”与“三表”

1.游标卡尺

	读数：主尺读数(mm) + 游标上与主尺对对齐的刻度线 K ×精确度(mm) 精确度：10 分度，精确为度 0.1 mm 20 分度，精确为度 0.05 mm 50 分度，精确为度 0.02 mm

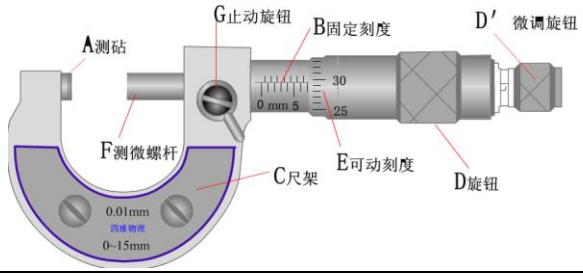
【特别提醒】（1）读数最后的“0”不能丢。如 20 分度的游标卡尺上偶数条刻度线与主尺上的某一刻度线对齐或 50 分度的游标尺上“5”的整数倍条刻度线与主尺上的某一刻度线对齐等。

（2）读数时两次单位要统一，都用 mm，最后根据题目要求转换单位。

（3）游标卡尺不需要估读。

（4）待测物体长度为主尺的零刻度线到游标尺的零刻度间的长度，不可误认为是游标尺的左边缘。

2.螺旋测微器(千分尺)

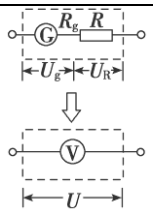
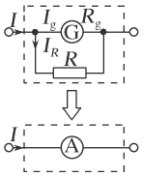
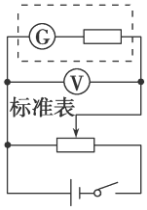
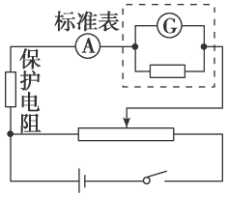
	读数：测量值(mm) = 固定刻度数(mm)(注意半毫米刻度线是否露出) + 可动刻度数(估读一位)×0.01(mm)．

【临考必记】①测微螺杆 F 与固定刻度 B 之间的精密螺纹的螺距为 0.5 mm，即旋钮 D 每旋转一周，F 前进或后退 0.5 mm，而可动刻度 E 上的刻度为 50 等份，每转动一小格，F 前进或后退 0.01 mm，即螺旋测微器的精确度为 0.01 mm.读数时估读到毫米的千分位上，因此，螺旋测微器又叫千分尺．

②读数时，要注意固定刻度上半毫米刻度线是否已经露出。

3.电流表和电压表

(1) 电流表和电压表的改装

	改装成电压表	改装成电流表
内部电路		
改装后的量程	$U = I_g(R + R_g)$	$I = \dfrac{R + R_g}{R} I_g$
量程扩大的倍数	$n = \dfrac{U}{U_g}$	$n = \dfrac{I}{I_g}$
接入电阻的阻值	$R = \dfrac{U}{I_g} - R_g = (n-1)R_g$	$R = \dfrac{I_g R_g}{I - I_g} = \dfrac{R_g}{n-1}$
改装后的总内阻	$R_V = R_g + R = nR_g$	$R_A = \dfrac{R \cdot R_g}{R + R_g} = \dfrac{R_g}{n}$
校对电路		

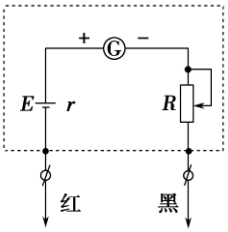
(2) 电流表和电压表的读数

量程	精确度	读数规则
电流表 0～3 A	0.1 A	与刻度尺一样，采用$\frac{1}{10}$估读，读数规则较简单，只需要精

电压表 0～3 V	0.1 V	确值后加一估读数即可
电流表 0～0.6 A	0.02 A	估读位与最小刻度在同一位，采用$\frac{1}{2}$估读
电压表 0～15 V	0.5 V	估读位与最小刻度在同一位，采用$\frac{1}{5}$估读

4.多用电表(欧姆表)

（1）欧姆表原理



内部电路简化如图所示，根据闭合电路欧姆定律

①当红、黑表笔短接时，$I_g=\frac{E}{R_g+R+r}$，

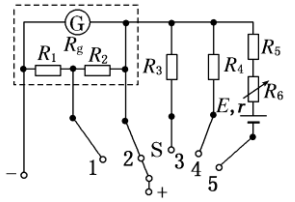
②当被测电阻 R_x 接在红、黑表笔两端时，$I=\frac{E}{R_g+R+r+R_x}$，

③当 $I_{中}=\frac{1}{2}I_g$ 时，中值电阻 $R_{中}=R_g+R+r$.

（2）读数：示数×倍率。

（3）多用电表的内部构造

如图所示，其中 1、2 为电流测量端，3、4 为电压测量端，5 为电阻测量端，测量时，黑表笔插入“－”插孔，红表笔插入“＋”插孔，并通过转换开关接入与待测量相对应的测量端。



多用电表电路

【特别提醒】(1)转换开关接 3、4、5 时，分别为电压档和欧姆档，此时是在电流档 2 的基础上改装的；

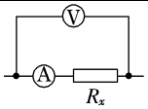
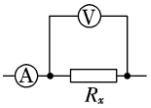
(2)电流的流向一定是“红进黑出”；

(3)测量电阻时，若指针偏角过小，换较大倍率挡；若指针偏角过大，换较小倍率挡；

(4)欧姆表内电源电动势下降了，仍可进行欧姆调零，则测量值大于真实值。

二、实验电路及实验器材的选择

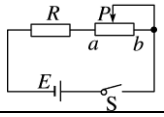
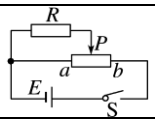
5.**测量电路的选择**——电流表的内接法和外接法

	内接法	外接法
电路图		
误差原因	电流表分压 $U_{测}=U_x+U_A$	电压表分流 $I_{测}=I_x+I_V$
电阻测量值	$R_{测}=\frac{U_{测}}{I_{测}}=R_x+R_A>R_x$	$R_{测}=\frac{U_{测}}{I_{测}}=\frac{R_xR_V}{R_x+R_V}<R_x$
适用条件	$R_A \ll R_x$	$R_V \gg R_x$
适用于测量	大阻值电阻	小阻值电阻
大内小外	临界值计算法：$R_x>\sqrt{R_VR_A}$时，用电流表内接法；$R_x<\sqrt{R_VR_A}$时，用电流表外接法。	

误差分析	“大内偏大，小外偏小”

【特别提示】若电流表内阻已知，则采用电流内接法，$R_x=\frac{U_{测}}{I_{测}}-R_A$，此时无电流表内阻造成的系统误差；若电压表内阻已知，则采用电流外接法，根据$\frac{U_{测}}{I_{测}}=\frac{R_xR_V}{R_x+R_V}$算出 R_x，此时无电压表内阻造成的系统误差。

5． **控制电路的选择——滑动变阻器的**限流接法和分压接法

	限流接法	分压接法	对比说明
两种接法电路图			串、并联关系不同
负载 R 上电压调节范围(电源内阻不计)	$\frac{RE}{R+R_0}\le U\le E$	$0\le U\le E$	分压接法电压能从零开始连续变化，调节范围大
负载 R 上电流调节范围(电源内阻不计)	$\frac{E}{R+R_0}\le I\le\frac{E}{R}$	$0\le I\le\frac{E}{R}$	分压接法调节范围大
闭合 S 前滑片位置	b 端	a 端	都是为了保护电路元件
实物图接法	一上一下	一上两下	

【临考必记】**控制电路的选择**

(1)以下三种情况必须用分压式：

①**零起必分**：要求待测电路的 U、I 从 0 变化时用分压接法；

②**阻小必分**：当 $R_{滑}\ll R_x$ 时用分压接法；

③**烧表必分**：选用限流式，U_x、I_x 过大(超过电流表量程，烧坏电表、电源或用电器等)时用分压接法。

(2)除上述三种情况外，两种接法都可以时，从节能的角度考虑，优先选用限流式．

6.实验器材的选取

(1) 器材选择的原则

①安全性原则：通过电源，电表，滑动变阻器，用电器的电流不能超过其允许的最大电流。

②准确性原则：选用电表量程应可能减小测量值的相对误差，电压表、电流表在使用时尽可能使指针接近满量程，若指针偏转不到满偏角度的 1/3，读数误差较大。

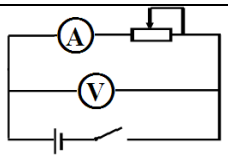
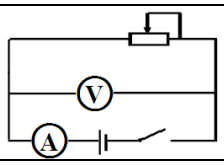
(2) 器材选择的步骤

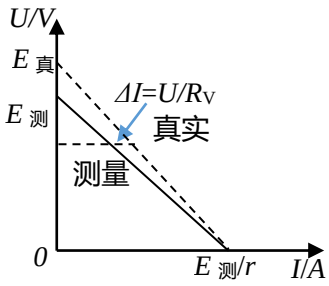
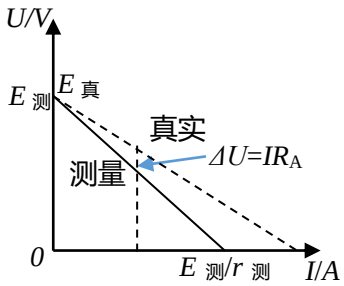
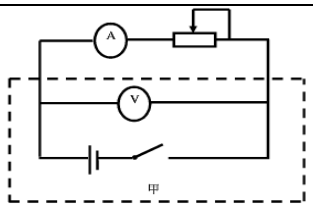
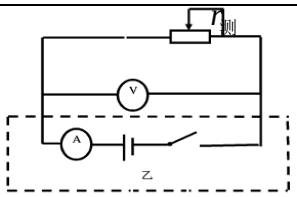
①首先选择唯一性的器材；

②粗画电路图(暂不接电流表和电压表)；

③估算回路中电流和电压的最大值，在电表的指针有较大幅度的偏转但不超过其量程的情况下，结合已知器材的规格，确定实验电路和实验器材．同时要考虑电表间、电表与电源间的配置是否合理，测量时各电表的最大偏转量都应接近量程．

7.**伏安法测电动势和内阻两种方法的比较**

电流表接法	电流表外接法	电流表内接法
电路图		

误差原因	电压表的分流作用.导致电流测量值偏小，电压测量准确	电流表的分压作用，导致电压测量值偏小，电流测量准确
图象法分析误差		
测量值与真实值大小	$E_{测}<E_{真}$；$r_{测}<r_{真}$	$E_{测}=E_{真}$；$r_{测}>r_{真}$
等效电源法分析误差	 $E_{等效}=\frac{R_V}{R_V+r}E$；$r_{等效}=\frac{R_V r}{R_V+r}$	 $E_{等效}=E$；$r_{等效}=R_A+r$
适宜测量	内阻较小的电源，例如干电池	内阻较大的电源，例如水果电池

8． **电表的灵活应用**

电表改用	①内阻已知的电流表相当于电压表（内阻已知的电压表相当于电流表） 内阻已知
电表改装	②内阻已知的电流表(电压表)串大电阻，改装为电压表 内阻已知 串大电阻 内阻已知 串大电阻
	③内阻已知的电流表(电压表)并小电阻，改装为电流表 内阻已知 并小电阻 内阻已知 并小电阻
定值电阻当电表	④定值电阻和两个电流表组合，定值电阻当电压表 已知定值电阻
	⑤定值电阻和两个电压表组合，定值电阻当电流表 已知定值电阻

物理学史

一.力学

亚里士多德	①力是维持物体运动的原因(错误的观点!);

	②重的物体比轻的物体下落得快(错误的观点!).
伽利略	①首先建立了加速度、平均速度和瞬时速度等基本概念; ②自由落体运动的规律(开创了实验和逻辑推理相结合的研究方法); ③力不是维持物体运动状态的原因(理想斜面实验).
笛卡尔	指出如果运动中的物体没有受到力的作用,它将继续以同一速度沿着同一直线运动,既不会停下来,也不会偏离原来的方向.
开普勒	根据天文学家第谷的行星观测记录发现行星运动的三个定律(开普勒三定律)，为牛顿发现万有引力定律奠定了基础.
胡克	①胡克定律($F=kx$)； ②提出猜想“太阳对行星的吸引力与行星到太阳的距离的平方成反比”.
牛顿	①提出三大运动定律(奠定了经典力学的基础); ②发现万有引力定律.
卡文迪许	利用扭秤装置比较准确地测出了引力常量 G.
亚当斯、勒维耶、伽勒	亚当斯和勒维耶利用万有引力定律计算出海王星的轨道,伽勒在预言的位置附近发现了这颗行星.
哈雷	预言哈雷彗星的回归,并被证实.
惠更斯	指出了动量的方向性和守恒性.

二、电磁学

富兰克林	首先命名正、负电荷,发明了避雷针.
欧姆	提出电流强度、电动势、电阻等概念,发现欧姆定律.
库仑	利用库仑扭秤做实验得出了库仑定律.
奥斯特	发现电流磁效应(梦圆“电生磁”).
法拉第	①最早提出电场、磁场的概念,提出用电场线、磁感线来描述电场和磁场; ②发现电磁感应现象,并总结归纳了产生电磁感应现象的五种情况(心系“磁生电”); ③制成世界上第一台发电机(法拉第圆盘发电机).
纽曼、韦伯	法拉第电磁感应定律(闭合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).
安培	①安培定则(即右手螺旋定则,判断电流与磁场的相互关系); ②分子电流假说.
楞次	提出楞次定律(确定感应电流方向).
焦耳	与楞次先后各自独立发现电流通过导体时产生热效应的规律，称为焦耳——楞次定律
亨利	发现自感现象
麦克斯韦	预言电磁波的存在,提出光的电磁说,建立麦克斯韦方程组.

赫兹	证实电磁波的存在.
洛伦兹	提出洛伦兹力公式.
劳伦斯	回旋加速器.
阿斯顿	最早设计出质谱仪.
密立根	首次测出了最小的电荷量 e 的数值(油滴实验).

三.原子物理

普朗克	提出能量子假说 $\varepsilon = h\nu$,解释了黑体辐射的实验规律(开启了物理学的量子时代).
巴耳末	总结出氢原子光谱波长的经验公式——巴耳末公式.
爱因斯坦	①光子说及爱因斯坦光电效应方程(成功解释光电效应规律); ②建立狭义相对论,提出了质能方程.
康普顿	康普顿效应,证实了光的粒子性(石墨对 X 射线的散射).
德布罗意	提出物质波概念、波粒二象性(预言实物粒子在一定条件下会表现出波动性).
汤姆孙	①发现电子并测得电子的比荷一; ②提出原子的“枣糕模型”(原子可分,有复杂内部结构).
卢瑟福	①原子的核式结构模型(根据 α 粒子散射实验结果提出); ②发现质子(首次实现原子核的人工转变); ③预言原子核内中子的存在.
查德威克	发现中子.
玻尔	氢原子结构理论,解释氢原子光谱.
贝可勒尔	天然放射现象.
居里夫妇	发现放射性元素镭和钋.

【临考叮嘱】几个易错点:

(1) 伽利略通过理想斜面实验，仅得到“力不是维持改变物体运动的原因”，而没有得到“力是改变物体运动的原因”。

(2) 库仑定律中的静电力常量 k 不是库仑测得的，库仑通过扭秤实验总结出库仑定律，而没有测出常量的值。

(3) 法拉第电磁感应定律不是法拉第得到的，法拉第是发现电磁感应现象，而不是电磁感应定律。