2026 届高三物理考前必记——核心结论与模型

一、力与物体的平衡

必备知识

内容	重要的规律、公式和二级结论
1.形变、弹力、胡克定律	（1）弹力是由施力物体发生形变而产生的。 （2）在弹性限度内，弹力大小与形变量成正比，即$F=kx$。 （3）细绳的弹力一定沿绳指向绳收缩的方向。 （4）杆上的弹力不一定沿杆的方向
2.摩擦力	（5）摩擦力的方向与物体间的相对运动或相对运动趋势的方向相反。 （6）静摩擦力的大小$0<F\leq F_{\max}$；滑动摩擦力的大小$F_{\mathrm{f}}=\mu F_{\mathrm{N}}$
3.力的合成和分解	（7）两个分力大小不变，夹角越大，合力越小。 （8）两个力的合力大小范围：$\lvert F_1-F_2\rvert\leq F\leq F_1+F_2$。 （9）若三个力大小相等、方向互成$120°$，则其合力为零
4.共点力的平衡	（10）平衡条件：$F_{合}=0$（或$F_x=0$，$F_y=0$）。 （11）平衡条件的推论 ①“等值反向”原理：若物体在多个共点力作用下处于平衡状态，则其中任意一个力与其余所有力的合力等大、反向、共线。 ②“闭合三角形”原理：当物体受不在一条直线上的三个共点力处于平衡状态时，将表示这三个力的有向线段依次首尾相连，则会构成一个矢量三角形。 ③“三力汇交”原理：当物体受不平行的三个力平衡时，则这三个力必然在同一平面内且构成共点力
5.静电力	（12）方向：正电荷所受静电力方向与电场强度方向一致，负电荷所受静电力方向与电场强度方向相反。 （13）大小：$F=qE$，点电荷间的静电力$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$
6.安培力	（14）方向：左手定则判断，安培力垂直于B、I决定的平面。 （15）大小：当$B\perp I$时，$F=IlB$，当B与I的夹角为θ时，$F=$

	$IlB\sin\theta$
7.洛伦兹力	（16）方向：左手定则判断，洛伦兹力垂直于B、v决定的平面，洛伦兹力不做功。 （17）大小：$F=qvB(B\perp v)$

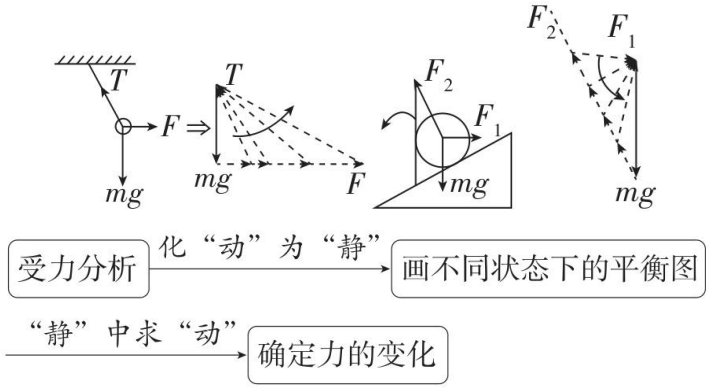
模型拓展

动态平衡模型

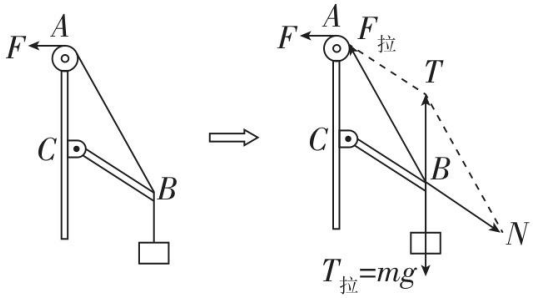
【基本思路】化“动”为“静”，“静”中求“动”。

对研究对象进行受力分析，先画出受力示意图，再根据物体的平衡条件，应用正交分解的方法列方程，得到因变量与自变量的关系表达式（通常要用到三角函数），最后根据自变量的变化确定因变量的变化。

【类型 1】矢量三角形图解法：此法常用于求解三力平衡且有一个力是恒力，另一个力方向不变，第三个力大小、方向均变化的问题。

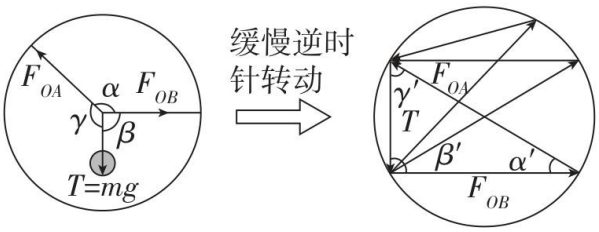


【类型 2】相似三角形法：三力平衡问题中，如果有一个力是恒力，另外两个力的方向都在变化，且题目给出了空间几何关系，当力的矢量三角形与空间几何三角形相似时，可利用相似三角形对应边成比例进行计算。



矢量三角形与几何三角形相似：$\frac{N}{BC}=\frac{F_{拉}}{AB}=\frac{T}{AC}$

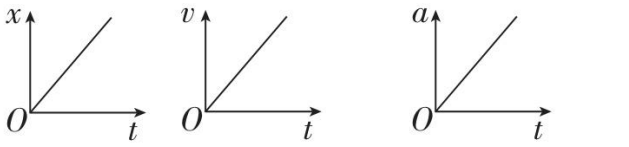
【类型 3】辅助圆法：三力平衡问题中，如果有一个力是恒力，另外两个力的方向都变化，但夹角不变，且题目给出了空间几何关系，可用辅助圆法。



二、力与直线运动

必备知识

内容	重要的规律、公式和二级结论
1.位移、速度、加速度	（1）一般情况下，位移小于路程；物体做单方向直线运动时，位移大小与路程相等。 （2）速度大，加速度不一定大；加速度减小，速度也可能在增大
2.匀变速直线运动	（3）公式：$v=v_0+at$；$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$；$v^2-v_0^2=2ax$；$x=\frac{v_0+v}{2}t$。 （4）推论 ①连续相同时间内的位移差：$\Delta x=aT^2$，$x_m-x_n=(m-n)aT^2$。 ②中间时刻速度：$v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0+v}{2}=\bar{v}$。 ③位移中点速度：$v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v^2}{2}}$
3.牛顿运动定律及其应用	（5）物体沿粗糙水平面滑行时的加速度大小$a=\mu g$；物体沿光滑斜面下滑的加速度$a=g\sin\alpha$；物体沿着粗糙斜面恰好匀速下滑时$\mu=\tan\alpha$；物体沿粗糙斜面下滑的加速度$a=g(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)$。 （6）一起加速运动的物体系统，$A$的质量为$m_1$，$B$的质量为$m_2$，若力$F$作用于$A$上，则$A$和$B$的相互作用力为$F_{\mathrm{N}}=\frac{m_2F}{m_1+m_2}$，与有无摩擦无关，在水平面、斜面、竖直方向都一样
4.超重、失重	（7）超重时，加速度a方向竖直向上或加速度a有竖直向上的分量；失重时，加速度a方向竖直向下或加速度a有竖直向下的分量

5.运动图像	（8）包括$x-t$、$v-t$、$a-t$图像等，注意图线斜率和图线与横轴所包围面积的意义  斜率k=v　斜率k=a　斜率表示a的变化率 面积无意义　面积表示x　面积表示Δv

模型拓展

1.先加速再减速模型

【概述】物体从静止开始，先做匀加速运动，速度达到最大后立即做匀减速直线运动，最终速度减至 0。此类问题是匀加速和匀减速直线运动的组合。

【图像】除常规的分段计算思路外，此类问题还具有一些特定的比例关系，经常结合$v-t$图像进行分析，如图 1 所示，物体运动的$x-t$图像如图 2 所示。

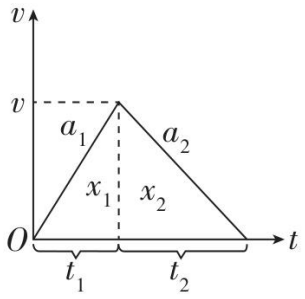


图 1

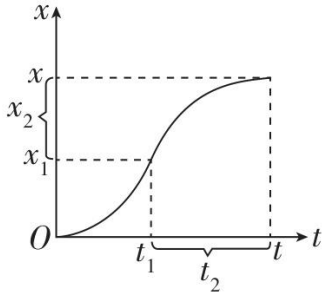


图 2

【规律】

加速、减速时间之比	$v=a_1t_1=a_2t_2\rightarrow\frac{t_1}{t_2}=\frac{a_2}{a_1}$
加速、减速位移之比	$v^2=2a_1x_1=2a_2x_2\Rightarrow\frac{x_1}{x_2}=\frac{a_2}{a_1}$
加速、减速平均速度之比	$\bar{v}_1=\frac{x_1}{t_1}=\frac{v}{2}=\frac{x_2}{t_2}=\bar{v}_2\Rightarrow\bar{v}_1:\bar{v}_2=1:1$
总时间、分时间关系	$t=\frac{v}{a_1}+\frac{v}{a_2}=\sqrt{\frac{2x_1}{a_1}}+\sqrt{\frac{2x_2}{a_2}}=\frac{2x_1}{v}+\frac{2x_2}{v}$

	$t_1=\frac{a_2}{a_1+a_2}t, t_2=\frac{a_1}{a_1+a_2}t$
总位移、分位移关系	$x=\frac{v^2}{2a_1}+\frac{v^2}{2a_2}=\frac{1}{2}a_1t_1^2+\frac{1}{2}a_2t_2^2=\frac{vt_1}{2}+\frac{vt_2}{2}$ $x_1=\frac{a_2}{a_1+a_2}x, x_2=\frac{a_1}{a_1+a_2}x$

2.追及相遇模型

【概述】追及相遇问题中物体数量增加到两个，需要考虑二者各自的运动性质，分析其速度及位移变化情况。同时还要特别注意二者之间的时间、位移关系，根据追上、相遇的条件（同一时刻处于同一位置）转化出相应的数学关系式，或者通过二者的$v-t$图像求解相遇时间、相遇时的速度和位移、相遇的次数等问题。

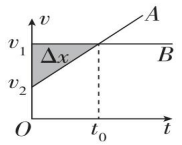
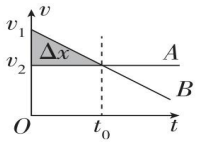
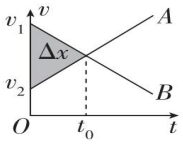
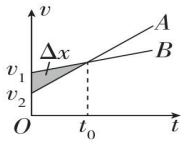
【关键】

（1）一个临界条件：速度相同。它往往是物体间能否追上、（二者）距离最大或最小的临界条件，也是分析判断问题的切入点。

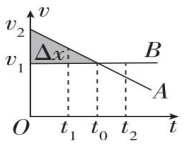
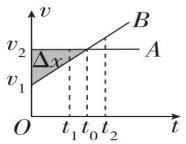
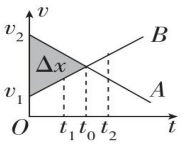
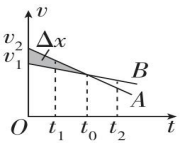
（2）两个关系：时间关系和位移关系。通过画草图找出两物体间时间关系和位移关系是解题的突破口。

【分类】

（1）初速度小者追初速度大者：开始时两物体相距x_0，t_0时速度相同。具体情形如表所示。

匀加速追匀速	匀速追匀减速	匀加速追匀减速	匀加速追匀加速
			
设Δx为共速前速度快者比速度慢者多运动的位移， ①$t=t_0$以前，后面物体与前面物体间距离逐渐增大； ②$t=t_0$时，两物体相距最远，最远距离为$x_0+\Delta x$； ③$t=t_0$以后，后面物体与前面物体间距离逐渐减小； ④一定能追上且只能相遇一次（被追赶物体做匀减速运动时，要注意判断被追上前该物体是否已经停下）			

（2）初速度大者追初速度小者：开始时两物体相距x_0，t_0时速度相同。具体情形如表所示。

匀减速追匀速	匀速追匀加速	匀减速追匀加速	匀减速追匀减速
			
设Δx为共速前速度快者比速度慢者多运动的位移， ①若$\Delta x = x_0$，则恰能追上，两物体只能相遇一次，这也是避免相撞的临界条件； ②若$\Delta x < x_0$，则不能追上，t_0时刻两物体间距离最近，最近距离为$x_0 - \Delta x$； ③若$\Delta x > x_0$，则共速前后各相遇一次，第一次是A追上B，第二次是B再次反超A，且两次相遇时刻关于共速时刻对称，设t_1时刻两物体第一次相遇，则$t_2 = 2t_0 - t_1$时刻两物体第二次相遇			

三、牛顿运动定律的应用

必备知识

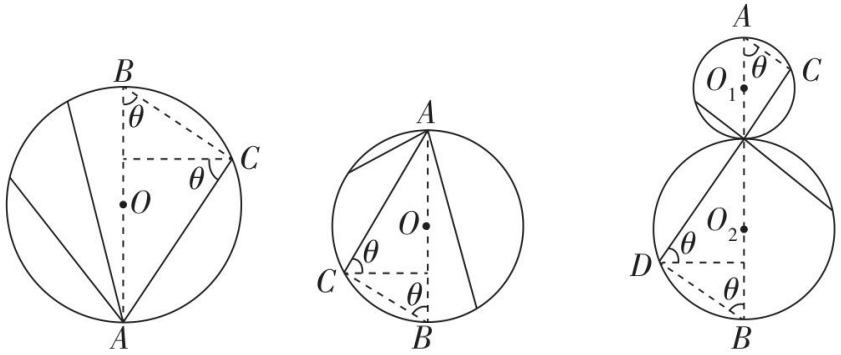
内容	重要的规律、公式和二级结论
1.动力学两类问题	（1）看到“受力”分析“运动情况”，看到“运动”要想到“受力情况”。 （2）两个一起运动的物体“刚好脱离”时，弹力为零，此时速度、加速度相等，此后不等
2.传送带问题	（3）分析传送带问题的关键 ①正确理解两个无关——滑块与传送带间滑动摩擦力的大小与滑块相对传送带的速度无关、滑块受到的合外力产生的加速度是对地的加速度，与传送带的运动状态无关； ②正确判定一个转折点——滑块与传送带共速时，摩擦力可能发生突变，引起滑块状态变化
3.板块问题	（4）若板、块之间发生相对滑动，则要隔离板、块分别进行受力分析，此时板、块之间的摩擦力是滑动摩擦力；若板、块相对静止，选择板、块整体进行受力分析，此时板、块之间的摩擦力是静摩擦力。

	（5）当板、块之间有相对滑动时，根据牛顿第二定律分别求出板、块的加速度；当板、块相对静止时，无论外力作用在板上还是块上，都可以用整体法求共同加速度

模型拓展

1.等时圆模型

【概述】如图甲、乙所示，质点沿竖直面内圆环上的任意一条光滑弦从上端由静止滑到底端，可知加速度$a = g\sin\theta$，位移$x = 2R\sin\theta$，由匀变速直线运动规律有$x = \frac{1}{2}at^2$，解得下滑时间$t = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$，即沿竖直直径自由下落的时间。图丙是甲、乙两图的组合，可以得出相同的结论。



甲　　乙　　丙

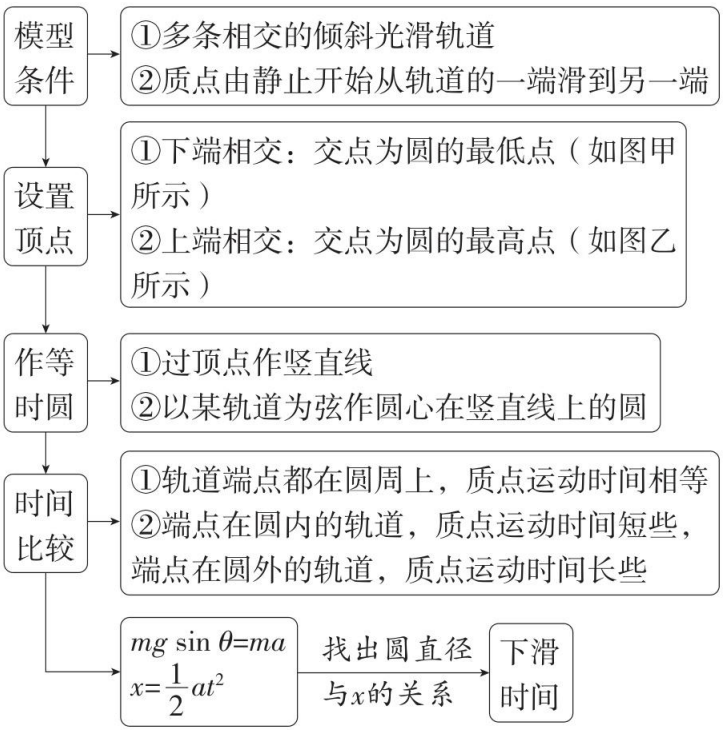
【结论】

（1）图甲中，质点从竖直面内的圆环上沿不同的光滑弦从上端由静止开始滑到环的最低点所用时间相等；

（2）图乙中，质点从竖直面内的圆环上最高点沿不同的光滑弦由静止开始滑到下端所用时间相等；

（3）图丙中，两个竖直面内的圆环相切且两环的竖直直径均过切点，质点沿不同的光滑弦从上端由静止开始经切点滑到下端所用时间相等。

【思维模板】



2.传送带模型

【概述】传送带模型的特征是以摩擦力为纽带关联传送带和物体的运动。这类问题涉及滑动摩擦力和静摩擦力的转换、对地位移和二者间相对位移的区别，需要结合牛顿运动定律、运动学公式、功能关系等知识求解。

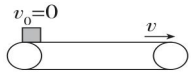
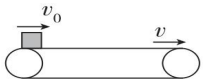
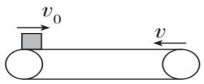
【关键】

受力分析	（1）摩擦力方向的判断：①同向“以快带慢”；②反向“互相阻碍”。 （2）共速时摩擦力可能突变：①滑动摩擦力突变为零；②滑动摩擦力突变为静摩擦力；③摩擦力方向突变
运动分析	（1）参考系的选择：①研究物体的速度、位移、加速度时均以地面为参考系；②研究物体的滑行痕迹等一般以传送带为参考系。 （2）判断物体在与传送带达到共速之前是否滑出传送带。 （3）判断共速以后物体是否能与传送带保持相对静止

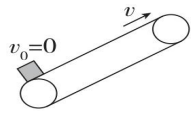
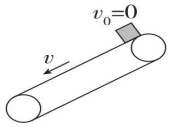
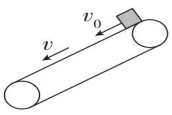
【分类】

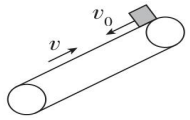
（1）水平传送带

情景	**滑块的运动情况**	
	传送带	**传送带足够长**

	不够长	
	一直匀加速	先匀加速后匀速
	$v_0 < v$时，一直匀加速	$v_0 < v$时，先匀加速再匀速
	$v_0 > v$时，一直匀减速	$v_0 > v$时，先匀减速再匀速
	滑块一直匀减速	滑块先匀减速到速度为0，后被传送带传回左端：①若$v_0 < v$，返回到左端时速度大小为v_0；②若$v_0 > v$，返回到左端时速度大小为v

（2）倾斜传送带（倾角为θ）

情景	**滑块的运动情况**	
	传送带不够长	**传送带足够长**
	一直加速（一定满足关系$\mu > \tan\theta$）	先加速后匀速
	一直加速（加速度为$g\sin\theta + \mu g\cos\theta$）	若$\mu \geq \tan\theta$，先加速后匀速
		若$\mu < \tan\theta$，先以$a_1 = g\sin\theta + \mu g\cos\theta$加速，后以$a_2 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$加速
	$v_0 < v$时，一直加速（加速度为$g\sin\theta + \mu g\cos\theta$）	$v_0 < v$时：若$\mu \geq \tan\theta$，先加速后匀速；若$\mu < \tan\theta$，先以$a_1 = g\sin\theta + \mu g\cos\theta$加速，后以$a_2 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$加速

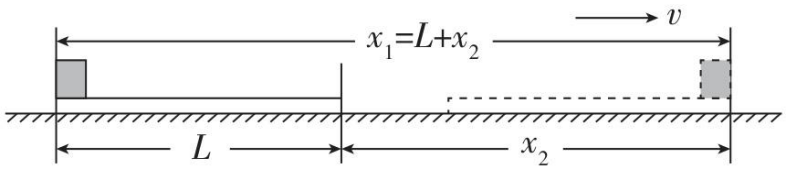
	$v_0 > v$时，一直匀变速(加速度大小为$\|g\sin\theta - \mu g\cos\theta\|$)($\mu = \tan\theta$时，一直匀速)	$v_0 > v$时：若$\mu > \tan\theta$，先减速后匀速；若$\mu < \tan\theta$，以$a = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$加速，若$\mu = \tan\theta$，一直匀速
（摩擦力方向一定沿斜面向上）	$\mu < \tan\theta$，一直加速； $\mu = \tan\theta$，一直匀速	
	$\mu > \tan\theta$，一直减速	$\mu > \tan\theta$，先减速到速度为0后反向加速，若$v_0 < v$，则回到原位置时速度大小为v_0，若$v_0 > v$，则回到原位置时速度大小为v

3.板块模型

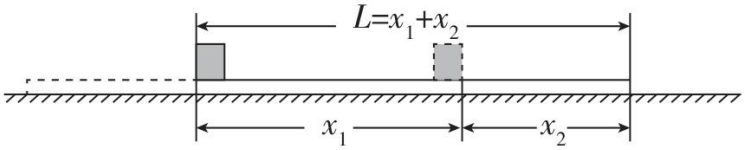
【概述】

（1）模型特点：滑块（视为质点）置于木板上，滑块和木板均相对地面运动，且滑块和木板在摩擦力的作用下发生相对滑动。

（2）位移关系：滑块由木板一端运动到另一端的过程中，滑块和木板同向运动时，位移大小之差$x_1 - x_2 = L$（如图甲）；滑块和木板反向运动时，位移大小之和$x_1 + x_2 = L$（如图乙）。



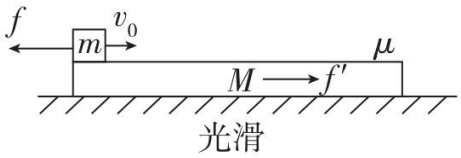
甲



乙

【分类】

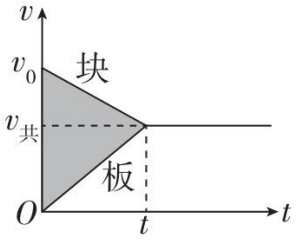
（1）地面光滑，不受外力



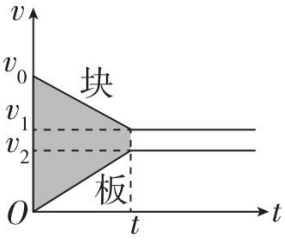
块：$\mu mg = ma_1 \Rightarrow a_1 = \mu g$

板：$\mu mg = Ma_2 \Rightarrow a_2 = \frac{\mu mg}{M}$

板足够长：



板不足够长：



（2）地面粗糙，不受外力

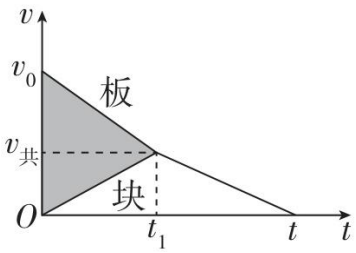


块：$\mu_1 mg = ma_1$

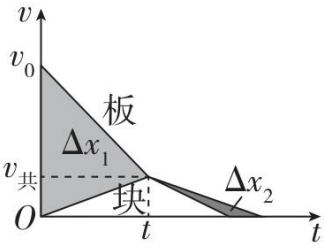
板：$\mu_1 mg + \mu_2(M+m)g = Ma_2$

得：$a_1 = \mu_1 g$，$a_2 = \frac{(\mu_1+\mu_2)mg}{M} + \mu_2 g$

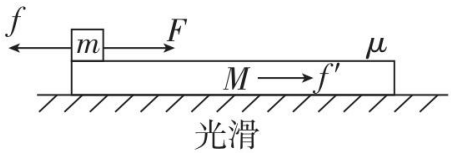
板足够长且$\mu_1 \geq \mu_2$：



板足够长且$\mu_1 < \mu_2$：



（3）地面光滑，拉力F作用在木块上



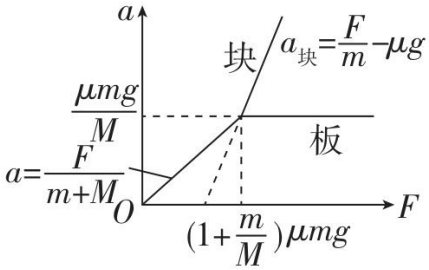
①$0 < F \le (1+\frac{m}{M})\mu mg$：板块保持相对静止一起匀加速，整体加速度$a = \frac{F}{M+m}$；

②$F > (1+\frac{m}{M})\mu mg$：两板块之间发生相对滑动

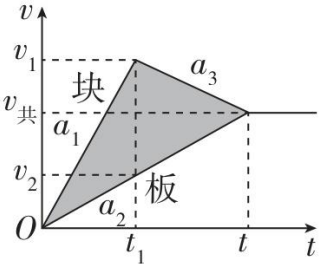
块：$F - \mu mg = ma_{块}$

板：$\mu mg = Ma_{板}$

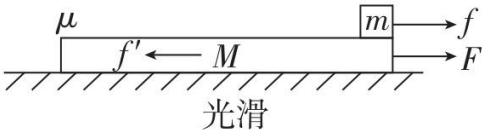
板、块加速度与拉力F的关系图像：



拉力F使板块相对运动且作用一段时间后撤去：



（4）地面光滑，拉力F作用在木板上



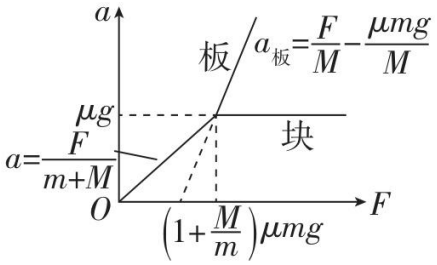
①$0 < F \le (1+\frac{M}{m})\mu mg$：板块保持相对静止一起匀加速，整体加速度$a = \frac{F}{M+m}$；

②$F > (1+\frac{M}{m})\mu mg$：板块之间发生相对滑动，

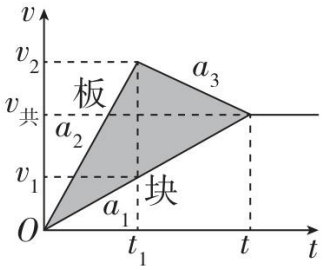
块：$\mu mg = ma_{块}$

板：$F - \mu mg = Ma_{板}$

板、块加速度与拉力F的关系图像：



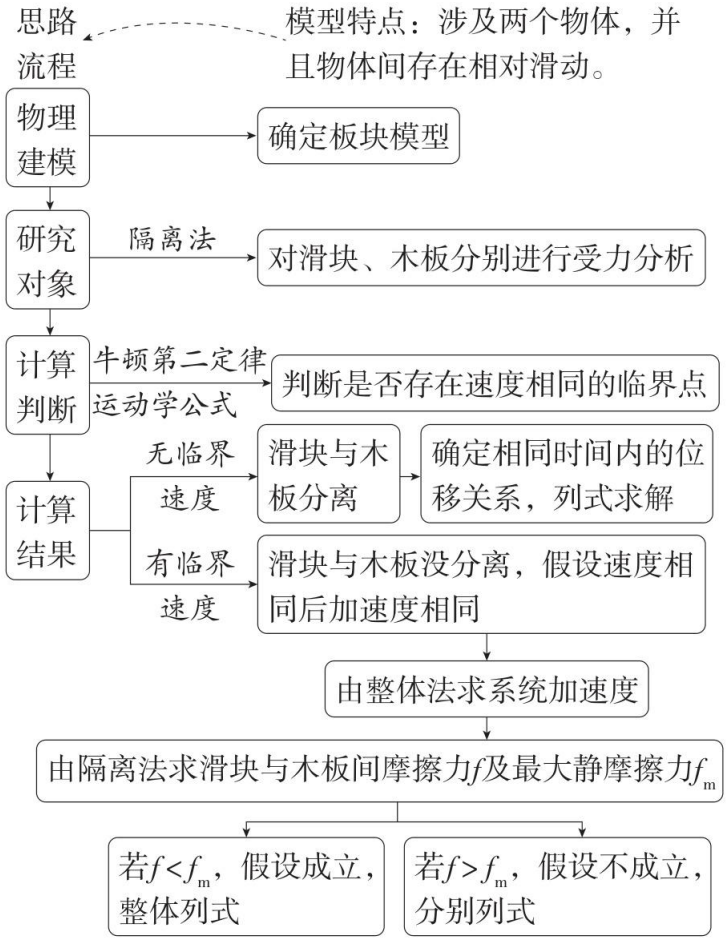
拉力F使板块相对运动且作用一段时间后撤去：



【关键】分析板块模型时要抓住一个转折和两个关联

一个转折	滑块与木板达到相同速度或者滑块从木板上滑下是受力情况和运动情况变化的转折点
两个关联	转折前、后受力情况之间的关联和滑块、木板位移与板长之间的关联。一般情况下，由于摩擦力或其他力的变化，转折前、后滑块和木板的加速度都会发生变化，因此以转折点为界，对转折前、后进行受力分析是建立模型的关键

【思维模板】解决板块模型中速度临界问题的思维模板



四、力与曲线运动

必备知识

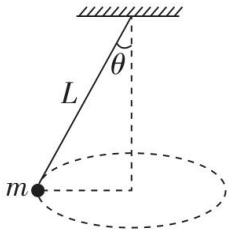
内容	重要的规律、公式和二级结论
1.运动的合成与分解	（1）小船过河时，船头方向垂直河岸，所用时间最短。 （2）小船过河时，船速大于水速，船才能到达正对岸。 （3）绳端物体速度分解规律：分解为沿绳方向和垂直于绳方向两个分速度
2.曲线运动中质点的速度、加速度	（4）曲线运动中质点的速度方向时刻改变，总沿轨迹的切线方向。 （5）曲线运动中质点所受合外力（加速度）方向指向轨迹的凹侧
3.抛体运动	（6）平抛运动的速度的反向延长线一定过水平位移的中点。 （7）在斜面上水平抛出，做平抛运动时，落到斜面上的速度方向与斜面的夹角不变。

	（8）逆向思维法处理斜抛问题：对斜上抛运动，从抛出点到最高点的运动过程，可以逆向看成平抛运动；分析完整的斜上抛运动，可根据对称性求解有关问题
4.匀速圆周运动、圆周运动的向心力	（9）圆锥摆、火车转弯、漏斗壁上的小球在水平面内做匀速圆周运动，$F_{向}=mg\tan\theta$，方向水平，指向圆心。 （10）小球在“绳”模型最高点的最小速度为$\sqrt{gR}$，最低点的最小速度为$\sqrt{5gR}$，上下两点拉力之差为$6mg$。 （11）小球在“杆”模型最高点时$v_{\min}=0$，$v_{临}=\sqrt{gR}$。$v>v_{临}$，杆对小球有向下的拉力；$v=v_{临}$，杆对小球的作用力为零；$v<v_{临}$，杆对小球有向上的支持力

模型拓展

圆锥摆模型

【模型建立】如图所示，在长为L的细线下端拴一个质量为m的小物体（可视为质点），细线上端固定，设法使小物体在水平面内以大小恒定的速率做匀速圆周运动，细线所掠过的路径为圆锥表面，这就是圆锥摆。

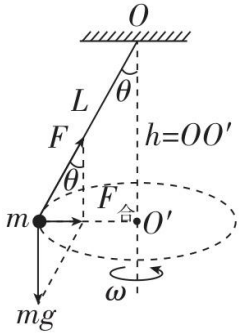


【模型解读】

（1）受力分析：只受重力和拉力。

竖直方向：$F\cos\theta=mg$（二力平衡）。

水平方向：$F\sin\theta=ma_{向}$（牛顿第二定律）。



4 个模型参数：

摆长L；摆角θ；半径$r=L\sin\theta$；高度$h=L\cos\theta$。

6 个转动参数：

线速度v；角速度ω；周期T；频率f；转速n；向心加速度$a_{向}$。

（2）规律推导：匀速圆周运动($F_{向}=F_{合}=mg\tan\theta$)

$mg\tan\theta=m\frac{v^2}{r}\Rightarrow v=\sqrt{gr\tan\theta}=\sqrt{gL\tan\theta\sin\theta}$;

$mg\tan\theta=mr\omega^2\Rightarrow\omega=\sqrt{\frac{g\tan\theta}{r}}=\sqrt{\frac{g}{L\cos\theta}}=\sqrt{\frac{g}{h}}$;

$mg\tan\theta=mr(\frac{2\pi}{T})^2\Rightarrow T=2\pi\sqrt{\frac{r}{g\tan\theta}}=2\pi\sqrt{\frac{L\cos\theta}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$。

【总结拓展】

（1）$h=L\cos\theta$为摆球的轨道平面到悬点的距离，即圆锥摆的高度。由上述公式可知，高度相同的圆锥摆的ω、T、f和n均相等，与m、L和θ无关。

（2）由$\omega=\sqrt{\frac{g}{L\cos\theta}}$，可得$\cos\theta=\frac{g}{L\omega^2}$。这个结果说明：①小球的摆线与竖直方向的夹角与摆球质量无关，与摆线长度及角速度有关；②当摆长一定时，角速度越大，θ越大。

（3）细线的拉力$F=\frac{mg}{\cos\theta}=\frac{mg}{\frac{g}{L\omega^2}}=mL\omega^2$，可见细线的拉力随角速度的增加而增大。

（4）圆锥摆的周期$T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{L\cos\theta}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$，在地球表面同一地点（$g$值一定），圆锥摆的周期与$\sqrt{h}$成正比，而与$m$、$L$、$\theta$无关。

五、万有引力定律的应用

必备知识

内容	重要的规律、公式和二级结论
1.开普勒定律	（1）轨道定律：太阳位于所有行星的椭圆轨道的公共焦点上。 面积定律：行星在近日点的速率最大，在远日点的速率最小。 周期定律：$\frac{a^3}{T^2}=k$，其中k与中心天体有关
2.万有引力定律及其	（2）重力：①南、北极处：$F_{万}=mg=\frac{Gm_{地}m}{R^2}$；②赤道处：$F_{万}-F_{\mathrm{N}}=F_{向}$，故$mg=F_{\mathrm{N}}=F_{万}-F_{向}$；③除两极和赤道外，重力方向均不指向地

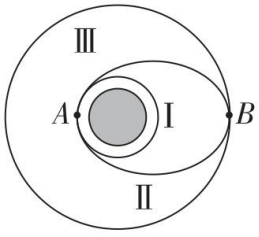
应用	心。 （3）黄金代换：$Gm_{地}=gR^2$（R为地球半径，忽略自转）。 （4）地球质量：①重力法$m_{地}=\frac{gR^2}{G}$（地球表面）；②环绕法：$m_{地}=\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$。 （5）密度：①重力法$\rho=\frac{3g}{4\pi RG}$；②环绕法：$\rho=\frac{3\pi r^3}{GT^2R^3}$（在地球表面，$r=R$，$\rho=\frac{3\pi}{GT^2}$）
3.人造卫星	（6）人造卫星：$G\frac{m_{地}m}{r^2}=m\frac{v^2}{r}=m\omega^2r=m\frac{4\pi^2}{T^2}r=ma_{\mathrm{n}}$。 （7）第一宇宙速度$v_1=\sqrt{gR}=\sqrt{\frac{Gm_{地}}{R}}=7.9\ \mathrm{km/s}$，第二宇宙速度$v_2=11.2\ \mathrm{km/s}$，第三宇宙速度$v_3=16.7\ \mathrm{km/s}$。 （8）高轨低速($v$、$\omega$、$a_{\mathrm{n}}$)周期大，低轨反之。 （9）地表附近的人造卫星：$r=R=6.4\times10^6\ \mathrm{m}$，$v_{运}=v_1$，$T=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}=84.6\ \mathrm{min}$。 （10）同步卫星：$T=24$ 小时，$h=5.6R=36\ 000\ \mathrm{km}$。 （11）卫星的变轨：低轨到高轨要加速，高轨到低轨要减速。 （12）双星问题：$m_1r_1=m_2r_2$；$\frac{G(m_1+m_2)}{L^2}=\frac{4\pi^2L}{T^2}$

模型拓展

1.卫星的变轨和对接问题

【模型建立】

（1）在赤道上顺着地球自转方向先发射卫星到圆轨道Ⅰ上，卫星在轨道Ⅰ上做匀速圆周运动，有$G\frac{Mm}{r_1^2}=m\frac{v^2}{r_1}$，如图所示。



（2）在A点（近地点）点火加速，由于速度变大，所需向心力变大，$G\frac{Mm}{r_1^2}<m\frac{v_A^2}{r_1}$，卫星做离心运动进入椭圆轨道Ⅱ。

（3）在椭圆轨道B点（远地点），$G\frac{Mm}{r_2^2}>m\frac{v_B^2}{r_2}$，将做近心运动，在此处再次点火加速，使$G\frac{Mm}{r_2^2}=m\frac{v_B'^2}{r_2}$，进入圆轨道Ⅲ。

【规律总结】

（1）速度：设卫星在圆轨道Ⅰ和Ⅲ上运行时的速率分别为v_1、v_3，在椭圆轨道Ⅱ上过A点和B点时速率分别为v_A、v_B，四个速率大小关系为$v_A>v_1>v_3>v_B$。

（2）向心加速度

在A点，轨道Ⅰ上和轨道Ⅱ上的向心加速度大小关系为$a_{\mathrm{I}A}=a_{\mathrm{II}A}$；在$B$点，轨道Ⅱ上和轨道Ⅲ上的向心加速度大小关系为$a_{\mathrm{II}B}=a_{\mathrm{III}B}$，$A$、$B$两点向心加速度大小关系为$a_A>a_B$。

（3）周期

卫星在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ轨道上的运行周期T_1、T_2、T_3的大小关系为$T_1<T_2<T_3$。

（4）机械能

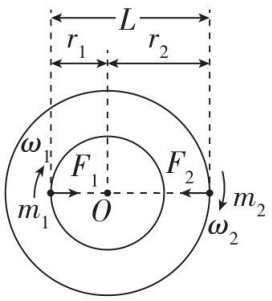
在一个确定的圆（椭圆）轨道上机械能守恒。若卫星在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ轨道的机械能分别为E_1、E_2、E_3，从轨道Ⅰ到轨道Ⅱ和从轨道Ⅱ到轨道Ⅲ都需要点火加速，则机械能大小关系为$E_1<E_2<E_3$。

【拓展知识】

宇宙飞船与空间站的“对接”本质上仍然是卫星的变轨问题，要使宇宙飞船与空间站成功“对接”，应让宇宙飞船在较低轨道上逐渐加速，通过做离心运动升高轨道，从而完成宇宙飞船与空间站的对接。

2.双星模型

【模型建立】绕公共圆心转动的两个星体组成的系统，称为双星系统，如图所示。



【规律总结】

（1）各自所需的向心力由彼此间的万有引力提供，即$\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1\omega_1^2r_1$，$\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_2\omega_2^2r_2$。

（2）两颗星的周期及角速度都相同，即$T_1=T_2$，$\omega_1=\omega_2$。

（3）两颗星的轨道半径与它们之间距离的关系为$r_1+r_2=L$。

（4）两颗星的轨道半径与质量成反比，即$\frac{r_1}{r_2}=\frac{m_2}{m_1}$。

（5）双星的运动周期$T=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(m_1+m_2)}}$。

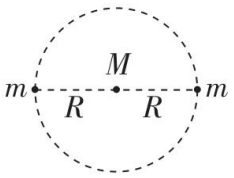
（6）双星的总质量$m_1+m_2=\frac{4\pi^2L^3}{GT^2}$。

【拓展知识】

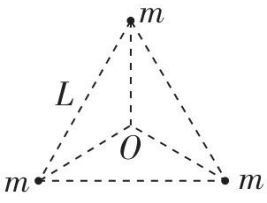
三星模型：宇宙中三个星体组成的系统。

类型一：三颗星体位于同一直线上，两颗质量相等的环绕星围绕中央星在同一半径为R的圆形轨道上运行（如图甲所示），对于质量为m的环绕星体有$G\frac{m^2}{(2R)^2}+\frac{GMm}{R^2}=ma$。

类型二：三颗质量均为m的星体位于等边三角形的三个顶点上（如图乙所示），对于其中一个星体有$G\frac{m^2}{L^2}\times\cos 30^\circ\times 2=ma$。



甲

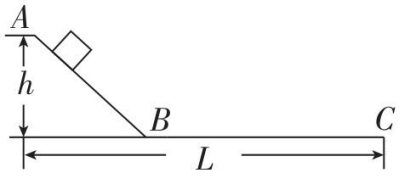


乙

六、功与功率、功能关系与能量守恒

必备知识

内容	重要的规律、公式和二级结论
1. 功、 功率	（1）功的计算公式：$W=Fl\cos\alpha$或$W=Pt$。 （2）功率：$P=\frac{W}{t}$或$P=Fv$。 （3）重力、静电力做功与路径无关；滑动摩擦力做功与路径有关。 （4）物体由斜面上高为h的位置滑下，滑到平面上的另一点停下来，若L是释放点到停止点的水平距离，则物体与接触面（斜面、水平面）之间

	的动摩擦因数μ与L、h之间存在关系$\mu=\frac{h}{L}$，如图所示 
2.动能、动能定理	（5）动能：$E_{\mathrm{k}}=\frac{1}{2}mv^2=\frac{p^2}{2m}$；动能定理：$W_{合}=\Delta E_{\mathrm{k}}=E_{\mathrm{k2}}-E_{\mathrm{k1}}$
3.重力势能	（6）重力势能：$E_{\mathrm{p}}=mgh$，与参考平面的选取有关，而重力势能的变化与参考平面选取无关。 （7）重力做功只与初、末位置有关；重力做正功，重力势能减小；重力做负功，重力势能增大
4.弹性势能	（8）弹簧的弹力做功只与初、末位置有关，而与路径无关。 （9）弹性势能：$E_{\mathrm{p}}=\frac{1}{2}kx^2$
5.机械能守恒定律	（10）机械能守恒的条件：只有重力或系统内弹力做功，其他力不做功或做功的代数和为0。 （11）表达式：$mgh_1+\frac{1}{2}mv_1^2=mgh_2+\frac{1}{2}mv_2^2$或者$\Delta E_{\mathrm{k}}=-\Delta E_{\mathrm{p}}$
6.功能关系	（12）重力做功——重力势能变化；合外力做功——动能变化；静电力做功——电势能变化；分子间作用力做功——分子势能变化；除重力或系统内弹力之外的其他力做功——机械能变化。 （13）一对静摩擦力做功的代数和为零；相对滑动的两个物体因摩擦产生的热量为$Q=F_{\mathrm{f}}s_{相对}$，$s_{相对}$为相对滑动的路程

模型拓展

1.功能关系

【模型概述】

“功”与“能”是两个不同但又紧密联系的物理量。能表示物体的做功能力；功是能量转化的量度。一个过程中，某个力对物体或系统做功，一定伴随着对应能量发生转化，转化能量的多少等于做功的多少。

【规律总结】

（1）对功能关系的进一步理解

①做功的过程就是能量转化的过程。不同形式的能量发生相互转化是通过做功来实现的。

②功是能量转化的量度，功和能的关系，一是体现在不同的力做功，对应不同形式的能转化，具有一一对应关系，二是做功的多少与能量转化的多少在数值上相等。

（2）几种常见的功能关系及其表达式

力做功	能的变化	关系
合力做功	动能变化	①合力做正功，动能增加； ②合力做负功，动能减少； ③$W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$
重力做功	重力势能变化	①重力做正功，重力势能减少； ②重力做负功，重力势能增加； ③$W_G = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$
弹簧弹力做功	弹性势能变化	①弹力做正功，弹性势能减少； ②弹力做负功，弹性势能增加； ③$W_F = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$
静电力做功	电势能变化	①静电力做正功，电势能减少； ②静电力做负功，电势能增加； ③$W_{电} = -\Delta E_p$
安培力做功	电能变化	①安培力做正功，电能减少； ②安培力做负功，电能增加； ③$W_{安} = -\Delta E_{电}$

除重力和系统内弹力之外的其他力做功	机械能变化	①其他力做正功，机械能增加； ②其他力做负功，机械能减少； ③$W=\Delta E_{机}$

七、动量定理 动量守恒定律

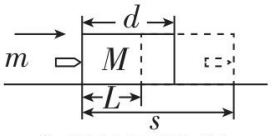
必备知识

内容	重要的规律、公式和二级结论
1.动量、冲量、动量定理	（1）动量$p=mv$；冲量$I=Ft$；动量定理：$Ft=\Delta p$或$Ft=mv_2-mv_1$。 （2）牛顿第二定律的另一种表现形式：$F=\frac{\Delta p}{t}$，合外力等于动量的变化率
2.动量守恒定律及其应用	（3）动量守恒的条件：不受外力或合外力为零。内力远大于外力可认为满足动量守恒定律。某方向的合力为零，则这一方向上动量守恒。 （4）“一动碰一静”的弹性碰撞（无机械能损失） 动量守恒：$m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2$；机械能守恒：$\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$ 解得$v_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0$，$v_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$ 当$m_1=m_2$时，交换速度； 当$m_1>m_2$时，速度方向不变；$m_1\gg m_2$时，$v_1\approx v_0$，$v_2\approx 2v_0$； 当$m_1<m_2$时，反向弹回；$m_1\ll m_2$时，$v_1\approx -v_0$，$v_2\approx 0$。 （5）“一动碰一静”的完全非弹性碰撞（机械能损失最多） 动量守恒：$m_1v_0=(m_1+m_2)v$；损失的机械能：$\Delta E=\frac{1}{2}m_1v_0^2-\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2$

模型拓展

1.“子弹打木块”模型

【模型建立】



水平地面光滑

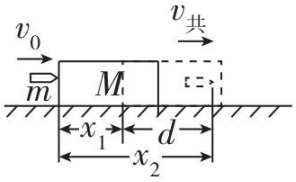
（1）子弹水平打进木块的过程中，系统的动量守恒。

（2）系统的机械能有损失。

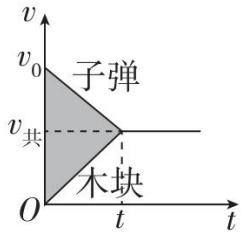
【规律总结】

（1）子弹嵌入木块中，最后两者速度相等

质量为M的木块放在光滑水平面上，质量为m的子弹以速度v_0沿水平方向射中木块，子弹在木块中受到的阻力f视为恒力。如图甲所示，子弹未穿出木块，最终与木块一起以$v_{共}$匀速运动，这种情形相当于完全非弹性碰撞。



甲



乙

①动量守恒：$mv_0=(M+m)v_{共}$，得$v_{共}=\frac{mv_0}{M+m}$；

②能量守恒：$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}(M+m)v_{共}^2+Q$，得$Q=\frac{Mm}{2(M+m)}v_0^2$；

③穿入深度：$Q=f(x_2-x_1)=fd$，得$d=\frac{Mmv_0^2}{2(M+m)f}$；

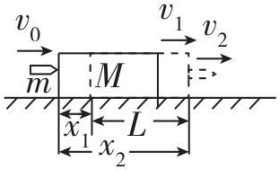
④运动时间：$ft=Mv_{共}-0$ 或$-ft=mv_{共}-mv_0$，得$t=\frac{Mmv_0}{(M+m)f}$；

⑤运动位移：$fx_1=\frac{1}{2}Mv_{共}^2-0$、$-fx_2=\frac{1}{2}mv_{共}^2-\frac{1}{2}mv_0^2$，得$x_1=\frac{Mm^2v_0^2}{2(M+m)^2f}$，$x_2=\frac{(M+2m)Mmv_0^2}{2(M+m)^2f}$；

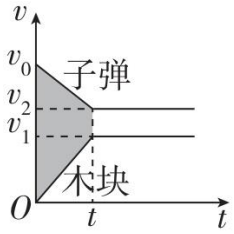
⑥$v-t$图像：如图乙所示，可借助图像计算各物理量。

（2）子弹穿透木块

如图丙所示，子弹以速度v_2穿出木块。这种情形相当于非弹性碰撞。



丙



丁

①动量守恒：$mv_0 = Mv_1 + mv_2$；

②能量守恒：$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + Q$；

③产生热量：$Q = f(x_2 - x_1) = fL$；

④运动时间：$ft = Mv_1 - 0$ 或$-ft = mv_2 - mv_0$；

⑤运动位移：$fx_1 = \frac{1}{2}Mv_1^2 - 0$、$-fx_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$；

⑥$v-t$图像：如图丁所示，可借助图像计算各物理量。

八、电场及带电粒子在电场中的运动

必备知识

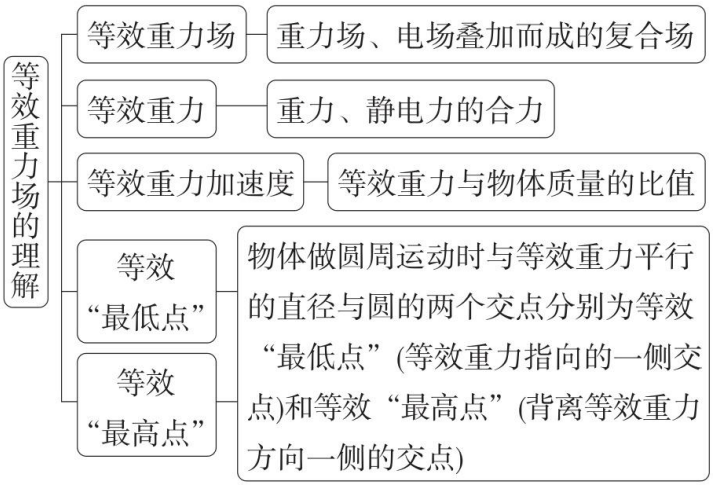
内容	重要的规律、公式和二级结论
1.电场、电场强度、点电荷的场强、电场线	（1）电场的方向与正电荷的受力方向一致，与负电荷的受力方向相反。 （2）电场线密的地方电场强，稀疏的地方电场弱。 （3）电场强度的定义式：$E = \frac{F}{q}$，其大小由电场本身性质决定。 （4）点电荷的电场强度的决定式：$E = \frac{kQ}{r^2}$。 （5）匀强电场的电场强度：$E = \frac{U}{d}$
2.电势、电势差、电势能、等势面	（6）电势定义式：$\varphi = \frac{E_{\mathrm{p}}}{q}$，其大小与电势能$E_{\mathrm{p}}$、电荷量$q$均无关。 （7）电势差：$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{E_{\mathrm{p}A} - E_{\mathrm{p}B}}{q} = \frac{W_{AB}}{q}$。 （8）静电力做正功，电势能减小；静电力做负功，电势能增大。 （9）等势面与电场线相互垂直，沿电场线方向电势降低最快
3.电势差跟电场强度的	（10）等差等势面越密的地方，电场越强；越稀疏的地方，电场越弱。

关系	（11）匀强电场中，平行四边形的对边两端点间电势差相等
4.电容器的电容、平行板电容器	（12）电容的定义式$C=\frac{Q}{U}=\frac{\Delta Q}{\Delta U}$，平行板电容器电容的决定式$C=\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}S}{4\pi kd}$。 （13）平行板电容器接在电源上，电压不变，改变d或S或ε_{r}，极板上的电荷量变化；断开电源后，电容器电荷量不变，改变两板间距离d，电场强度$E=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon_{\mathrm{r}}S}$不变
5.带电粒子在电场中的直线运动	（14）动力学观点：$a=\frac{qE}{m}$，$E=\frac{U}{d}$，$v^2-v_0^2=2ad$。 （15）能量观点：$W=qU=E_{\mathrm{k}2}-E_{\mathrm{k}1}$
6.带电粒子在电场中的偏转	（16）运动条件：①只受静电力；②初速度$v_0\perp E$。 （17）运动性质：类平抛运动。 （18）偏移量：$y=\frac{1}{2}at^2=\frac{qUl^2}{2mdv_0^2}$。 （19）速度偏转角$\theta$的正切值：$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}=\frac{qUl}{mdv_0^2}$

模型拓展
等效重力场模型

【模型建构】

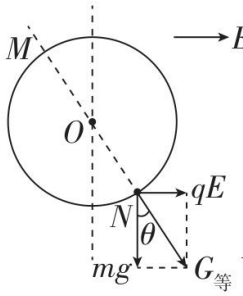
在匀强电场和重力场的共存区域，可以将重力场与电场合二为一，称之为“等效重力场”。



【规律总结】

1.圆周运动：竖直面内有一圆形轨道，圆心为O，轨道光滑，在该空间内存在一水平向右的匀强电场，场强大小为E，重力加速度大小为g，判断带电荷量为$+q$、质量为m的物体在轨道上仅受重力和电场力运动的最大速度和最小速度。

过程分析



$G_{等}=\sqrt{(mg)^2+(qE)^2}$

$\tan\theta=\frac{qE}{mg}$

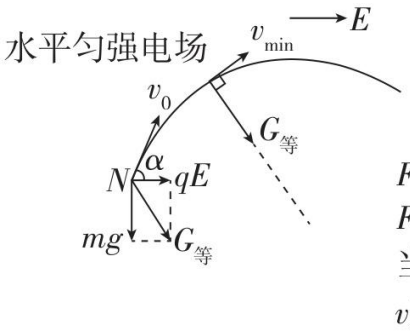
$g_{等}=\sqrt{g^2+\left(\frac{qE}{m}\right)^2}$

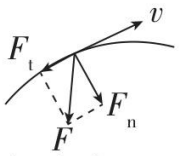
M为等效最高点，对应最小速度v_{min}

N为等效最低点，对应最大速度v_{max}

2.抛体运动：空间内有一水平向右的匀强电场，场强大小为E，重力加速度大小为g，一带电荷量为$+q$、质量为m的物体与水平方向成α角斜向上以v_0的速度抛出，求解速度的极值。

过程分析





F_t改变v大小

F_n改变v方向

当切向加速度a_t=0时，v达到极值

九、磁场及带电粒子在磁场中的运动

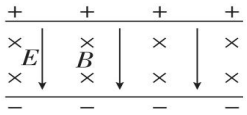
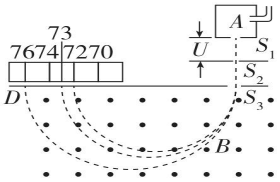
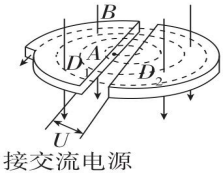
必备知识

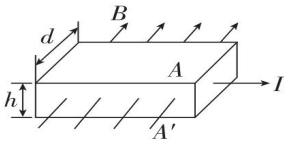
内容	重要的规律、公式和二级结论
1.磁场、电流的磁场	（1）磁场方向就是小磁针静止时 N 极所指的方向。 （2）电流的磁场可以用安培定则（右手螺旋定则）来判定
2.磁感应强度、磁感线	（3）定义式：$B=\frac{F}{Il}$，B与F、I、l无关。 （4）磁感线密的地方，磁场强，磁感线稀疏的地方，磁场弱
3.磁场对通电直导线的作用、安培	（5）安培力大小：$F=IlB$(B、I、l相互垂直)；$I//B$时，$F=0$。 （6）安培力方向：用左手定则判定

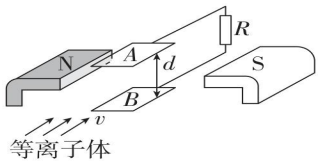
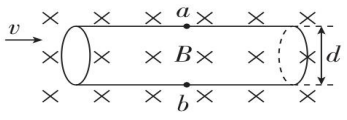
力、左手定则	
4.磁场对运动电荷的作用、洛伦兹力	（7）洛伦兹力的大小：$F=qvB(v$、B垂直)；方向用左手定则判定；洛伦兹力对运动电荷不做功。 （8）带电粒子在匀强磁场中运动：$qvB=m\frac{v^2}{r}$；半径$r=\frac{mv}{qB}$；周期$T=\frac{2\pi m}{qB}$；粒子在磁场中的运动时间$t=\frac{\theta}{2\pi}T(\theta$ 为带电粒子运动轨迹圆弧对应的圆心角)

模型拓展

电磁仪器的原理

仪器	原理示意图	说明
速度选择器		1.平行板间匀强电场的场强E和匀强磁场的磁感应强度B互相垂直，带电粒子沿直线匀速通过速度选择器时有$qvB=qE$，可得$v=\frac{E}{B}$。 2.只能选择粒子的速度，不能选择粒子的电性、电荷量、质量
质谱仪		加速电场：$qU=\frac{1}{2}mv^2$。 偏转磁场：$qvB=\frac{mv^2}{r}$。 解得$l=2r=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$，当加速电场和偏转磁场一定时，粒子打在照相底片上的位置只与粒子的比荷有关，质谱仪可以用来分离比荷不同的粒子
回旋加		1.工作原理 （1）交流电周期和粒子做圆周运动的周期相等；

速器		（2）粒子每经过一次 D 形盒间缝隙被加速一次。 2.最大动能 （1）由$qv_{\mathrm{m}}B=\frac{mv_{\mathrm{m}}^2}{R}$， $E_{\mathrm{km}}=\frac{1}{2}mv_{\mathrm{m}}^2$，联立解得$E_{\mathrm{km}}=\frac{q^2B^2R^2}{2m}$； （2）粒子获得的最大动能由磁感应强度$B$和 D 形盒半径$R$决定，与加速电压大小无关。 3.粒子在磁场中运动的总时间 粒子在磁场中运动一个周期，被电场加速两次，每次动能增加qU，加速次数$n=\frac{E_{\mathrm{km}}}{qU}$，则粒子在磁场中运动的总时间$t=\frac{n}{2}T=\frac{E_{\mathrm{km}}}{2qU}\cdot\frac{2\pi m}{qB}=\frac{\pi BR^2}{2U}$
霍尔元件		1.高为h、宽为d的导体（自由电荷是电子或正电荷）置于磁感应强度为B的匀强磁场中，当电流通过导体时，在导体的上表面A和下表面A'之间产生电势差，这种现象称为霍尔效应，此电势差称为霍尔电压。 2.上、下表面电势高低的分析方法：确定形成电流的电荷的电性→确定其运动方向→判断其受到的洛伦兹力的方向→根据上、下表面电荷的正负判断电势高低。

		3.霍尔电压的计算：导体中的自由电荷（设电荷量为q）在洛伦兹力作用下偏转，A、A'间出现电势差，当自由电荷所受电场力和洛伦兹力平衡时，A、A'间的电势差U就保持稳定，由$qvB=q\frac{U}{h}$，$I=nqvS$，$S=hd$，联立得$U=\frac{BI}{nqd}=k\frac{BI}{d}$，$k=\frac{1}{nq}$称为霍尔系数
磁流体发电机		1.原理：等离子体（高温下电离的气体，含有大量正、负带电粒子）喷入磁场，正、负带电粒子在洛伦兹力的作用下发生偏转，A、B两板间产生电势差。 2.电动势：当发电机外电路断路，正、负带电粒子所受电场力和洛伦兹力平衡时，两极板间达到最大电势差U，则$q\frac{U}{d}=qvB$， 即$U=Bdv$，则电动势$E=U=Bdv$。 3.内阻：A、B间等离子体的电阻相当于电源内阻r，根据电阻定律，$r=\rho\frac{d}{S}$，其中S为金属板面积。 4.闭合回路中的电流$I=\frac{E}{r+R}=\frac{U}{r+R}$
电磁流量		1.流量(Q)：单位时间内流过管道横截面的液体的体积。 2.原理：圆柱形管道直径为d，用

计		非磁性材料制成，其中有可以导电的液体向右流动。导电液体中的正、负带电粒子向右运动时在洛伦兹力作用下发生偏转，使a处聚集正电荷，b处聚集负电荷，从而在a、b间产生电势差，$\varphi_a > \varphi_b$。当离子所受静电力和洛伦兹力平衡时，a、b间的电势差(U)达到最大，有$q\frac{U}{d} = qvB$，可得$v = \frac{U}{Bd}$。 3.导电液体的流量$Q = Sv = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{U}{Bd} = \frac{\pi dU}{4B}$

十、直流电路与交流电路

必备知识

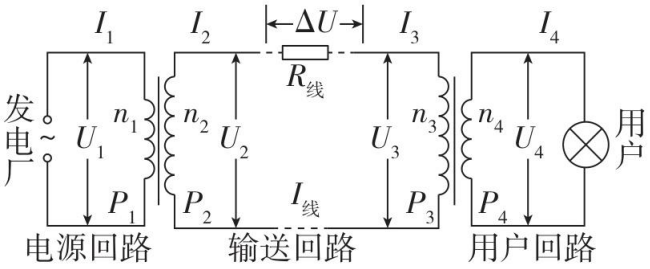
内容	重要的规律、公式和二级结论
1.电流、欧姆定律、电阻	（1）电流：$I = \frac{q}{t}$（定义式）；金属导体中电流：$I = neSv$（微观决定式）；欧姆定律：$I = \frac{U}{R}$（决定式）；电阻的定义式：$R = \frac{U}{I}$
2.电阻定律、电阻率	（2）电阻的决定式：$R = \rho\frac{l}{S}$；金属导体的电阻（率）随温度的升高而增大
3.半导体、超导现象、传感器	（3）当温度降到某一值时，导体电阻降为零的现象叫作超导现象。 （4）热敏电阻（负温度系数）：温度升高时电阻变小，温度降低时电阻变大。 （5）光敏电阻：有光时电阻小，无光时电阻大。 （6）电阻应变片：受力拉长时，电阻变大；受力变短时，电阻变小
4.电阻的串、并联	（7）串联时总电阻大于任何一个电阻，并联时总电阻小于

	任何一个电阻。 （8）和为定值的两个电阻，阻值相等时，并联的总电阻最大
5.电功和电功率、焦耳定律	（9）电功：$W=UIt$；电功率：$P=\frac{W}{t}=UI$；焦耳定律：$Q=I^2Rt$；纯电阻：$W=Q$；非纯电阻：$W>Q$，$P_{总}=P_{热}+P_{出}$，效率$\eta=\frac{P_{出}}{P_{总}}\times 100\%$
6.电源的电动势和内阻、闭合电路的欧姆定律	（10）电动势：$E=\frac{W_{非}}{q}$；闭合电路的欧姆定律：$I=\frac{E}{R+r}$。 （11）纯电阻电路中，当$R=r$时，电源的输出功率最大，最大值$P_{\mathrm{m}}=\frac{E^2}{4r}$。 （12）含电容器的电路，稳定时，电容器相当于断路，其电压值等于与它并联的电阻上的电压，与它串联的电阻相当于导线
7.交流发电机及其产生正弦式交变电流的原理、正弦式交变电流的描述	（13）中性面垂直于磁场方向，线圈位于中性面时$e=0$，$\Phi=\Phi_{\mathrm{m}}$。 （14）最大电动势（峰值）：$E_{\mathrm{m}}=nBS\omega=n\Phi_{\mathrm{m}}\omega$。 （15）线圈从中性面开始转动：$e=nBS\omega\sin\omega t=E_{\mathrm{m}}\sin\omega t$；从垂直中性面位置开始转动：$e=nBS\omega\cos\omega t=E_{\mathrm{m}}\cos\omega t$。 （16）正弦式交变电流的有效值：$E=\frac{E_{\mathrm{m}}}{\sqrt{2}}$，$U=\frac{U_{\mathrm{m}}}{\sqrt{2}}$，$I=\frac{I_{\mathrm{m}}}{\sqrt{2}}$
8.理想变压器	（17）基本关系：$P_{入}=P_{出}$；$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$；$\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$（单一副线圈）；$U_1I_1=U_2I_2+U_3I_3+\cdots+U_nI_n$（多个副线圈）。 （18）决定关系：$U_1$决定$U_2$，$I_2$决定$I_1$（单一副线圈），$P_{出}$决定$P_{入}$
9.电能的输送	（19）输电线上损失的功率：$P_{损}=I_{线}^2R_{线}$；损失的电压：$U_{损}=I_{线}R_{线}$

模型拓展

远距离输电模型

【模型建立】理清三个回路



【规律总结】

（1）分清三种关系

电压关系	$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$	$U_2=\Delta U+U_3$	$\frac{U_3}{U_4}=\frac{n_3}{n_4}$
电流关系	$\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$	$I_2=I_3=I_{线}$	$\frac{I_3}{I_4}=\frac{n_4}{n_3}$
功率关系	$P_1=P_2$	$P_2=P_3+\Delta P\Delta P=I_{线}^2R_{线}=\frac{(\Delta U)^2}{R_{线}}$	$P_3=P_4$

（2）输电线路功率损失的计算

①输送功率P、用户得到的功率P'与输电线路损失的功率$P_{损}$的关系：$P_{损}=P-P'$。

②$P_{损}=I_{线}^2R_{线}=\frac{(\Delta U)^2}{R_{线}}=\Delta U\cdot I_{线}$，$I_{线}$为输电线路上的电流，$\Delta U$为输电线路上损失的电压，$R_{线}$为输电线路的电阻。

十一、电磁感应的综合分析

必备知识

内容	重要的规律、公式和二级结论
1.电磁感应现象、	（1）磁通量：$\Phi=BS$，它是标量，但有正负。

磁通量	（2）感应电流的产生条件：①闭合回路；②磁通量发生变化
2.法拉第电磁感应定律、楞次定律、右手定则	（3）楞次定律：感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化。 （4）巧记口诀：增反减同；来拒去留；增缩减扩。 （5）右手定则：判断感应电流或感应电动势的方向。 （6）法拉第电磁感应定律：$E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$，其中$n$为线圈匝数。 （7）动生电动势：$E=Blv$；感生电动势：$E=n\frac{S\Delta B}{\Delta t}$；转动切割产生的电动势：$E=\frac{1}{2}Bl^2\omega$。 （8）感应电荷量：$q=\frac{n\Delta\Phi}{R_{总}}$

模型拓展

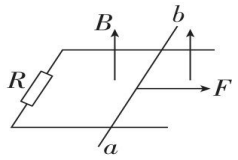
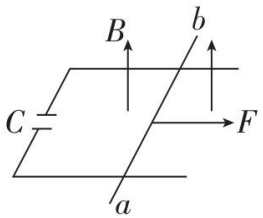
“杆+导轨”模型

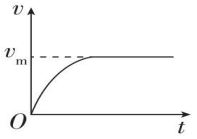
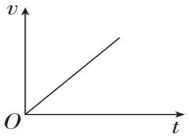
【模型建立】

电磁感应中的“杆+导轨”模型，是导体切割磁感线运动过程中动力学与电磁学知识的综合应用，此类问题是高考命题的重点。

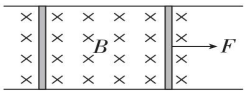
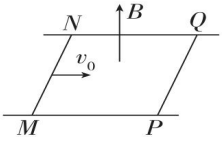
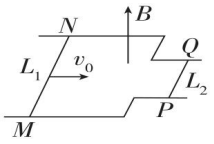
【规律总结】

（1）“单杆+导轨”模型

类型	拉力恒定（含电阻）	拉力恒定（含电容器）
示意图	 导轨水平光滑，单杆ab质量为m，电阻不计，两平行导轨间距为l，拉力F恒定	 导轨水平光滑，单杆ab质量为m，电阻不计，两平行导轨间距为l，拉力F恒定
动力学观	开始时$a=\frac{F}{m}$，杆ab速度$v\uparrow$⇒感应电动势$E=Blv\uparrow$⇒$I\uparrow$⇒安培力$F_{安}=IlB\uparrow$，由	开始时$a=\frac{F}{m}$，杆ab速度$v\uparrow$⇒感应电动势$E=Blv\uparrow$，经过时间Δt，速度为$v+\Delta v$，此时感应电动势$E'=Bl(v+\Delta v)$，Δt时间内流入电容器的电荷量$\Delta q=C\Delta U=C(E'-E)=CBl\Delta v$，电

点	$F-F_{安}=ma$知$a\downarrow$，当$a=0$时，v最大，$v_{\mathrm{m}}=\frac{FR}{B^2l^2}$	流$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=CBl\frac{\Delta v}{\Delta t}=CBla$，安培力$F_{安}=IlB=CB^2l^2a$，$F-F_{安}=ma$，$a=\frac{F}{m+B^2l^2C}$，所以杆以恒定的加速度做匀加速运动
$v-t$图像		
能量观点	F做的功一部分转化为杆的动能，一部分转化为热量：$W_F=\frac{1}{2}mv_{\mathrm{m}}^2+Q$	F做的功一部分转化为杆的动能，一部分转化为电场能：$W_F=\frac{1}{2}mv^2+E_C$

（2）“双杆+导轨”模型

类型	**光滑平行导轨**		**光滑不等距导轨**
示意图	 两金属杆的质量分别为m_1、m_2，电阻分别为r_1、r_2，导轨间距为L，其他电阻忽略不计，F恒定	 两金属杆的质量分别为m_1、m_2，电阻分别为r_1、r_2，导轨间距为L，其他电阻忽略不计	 两金属杆的质量分别为m_1、m_2，电阻分别为r_1、r_2，导轨间距$L_1=2L_2$，其他电阻忽略不计
动力学观点	开始时，两杆做变加速运动；稳定时，两杆以相同的加速度做匀加速运动	杆MN做加速度逐渐减小的减速运动，杆PQ做加速度逐渐减小的加速运动，稳定时，两杆的加速度均为零，以相等的速度做匀速运动	杆MN做加速度逐渐减小的减速运动，杆PQ做加速度逐渐减小的加速运动，稳定时，两杆的加速度均为零，两杆的速度之比$v_{MN}:v_{PQ}=1:2$

动量观点	系统动量不守恒	系统动量守恒	系统动量不守恒
能量观点	外力做的功=两金属杆增加的动能+焦耳热	杆MN动能的减少量=杆PQ动能的增加量+焦耳热	

十二、近代物理

必备知识

知识点	重要的规律、公式和二级结论
1.能量量子化、光电效应、光子、爱因斯坦光电效应方程	（1）普朗克提出能量子假设：$\varepsilon = h\nu$。 （2）爱因斯坦提出光子的观点：光子能量为$h\nu$。 （3）爱因斯坦光电效应方程：$E_{\mathrm{k}} = h\nu - W_0$
2.光的波粒二象性、物质波	（4）光既有波动性又有粒子性；光的干涉、衍射、偏振现象说明光具有波动性；光电效应、康普顿效应说明光具有粒子性。 （5）德布罗意指出：实物粒子也具有波动性；其波长$\lambda = \frac{h}{p}$。 （6）电子束衍射实验证实了电子的波动性
3.电子的发现、电子比荷的测定	（7）汤姆孙发现了电子，并粗略测出了电子的比荷，说明原子是可以再分的。电子电荷的精确测定是由密立根通过“油滴实验”完成的
4.α粒子散射实验、原子的核式结构模型	（8）汤姆孙提出“枣糕模型”。 （9）卢瑟福在α粒子散射实验基础上提出了原子的核式结构模型
5.氢原子光	（10）氢原子光谱是线状谱，发光的波长是分立的、不连续的。

谱、氢原子的能级结构	（11）玻尔的原子结构假说：电子轨道是量子化的；原子的能量是量子化的；原子辐射电磁波的能量由两个能级的能量差决定，即$h\nu = E_n - E_m$。 （12）大量处于$n(n = 2,3,4,\cdots)$能级的原子向低能级跃迁时，会产生C_n^2种光
6.原子核的组成、放射性	（13）贝克勒尔发现的天然放射现象说明原子核是可以再分的。 （14）α射线是α粒子流，α粒子($_2^4\mathrm{He}$)带正电，电离能力最强，穿透能力最弱；β射线是电子流，电子($_{-1}^0\mathrm{e}$)带负电；γ射线是一种电磁波，波长很短，不带电，电离能力最弱，穿透能力最强
7.衰变、半衰期	（15）半衰期：放射性元素的原子核有半数发生衰变所需要的时间；半衰期非常稳定，它不随温度、压强以及与其他元素形成化合物而改变；半衰期具有统计意义，对大量原子核成立，对少数原子核不成立
8.原子核的结合能、质量亏损、爱因斯坦质能方程	（16）结合能：核子结合成原子核所放出的能量。 （17）比结合能：原子核的结合能与核子数之比，也叫平均结合能；比结合能越大，表示原子核中核子结合得越牢固。 （18）质量亏损：原子核的质量小于组成它的核子的质量之和。 （19）爱因斯坦质能方程：$E = mc^2$
9.核裂变、核聚变	（20）核裂变：如铀核在被中子轰击后分裂成两个质量差不多的中等原子核，并放出能量。 （21）核聚变：在高温条件下，两个轻核结合成质量较大的核，并放出能量

十三、热学

必备知识

知识点	重要的规律、公式和二级结论
1.温度和气体压强的微观意义、热力学温度	（1）温度是分子热运动的平均动能的标志；温度越高，则分子热运动的平均动能越大，但并不是所有分子的速率均变大。

	（2）气体压强从微观上看与分子的平均动能和分子的数密度有关。 （3）热力学温度T与摄氏温度t的关系：$T = t + 273.15\ \mathrm{K}$
2.分子运动速率分布规律	（4）气体分子运动速率呈“中间多、两头少”的分布
3.固体的微观结构	（5）固体的分子间距很小，分子间的作用力很大，分子在平衡位置附近做无规则振动
4.液体的表面张力现象	（6）液体表面层的分子间距离略大于r_0，分子间的作用力表现为引力，使液体表面有收缩的趋势。如水珠呈球形
5.分子间的作用力、分子势能、分子动能、物体的内能	（7）分子间的作用力做正功，分子势能减小；分子间的作用力做负功，分子势能增大。 （8）物体的内能是物体中所有分子的热运动动能与分子势能的总和
6.理想气体、气体实验定律	（9）一定质量的理想气体，$\frac{pV}{T} = C$。 （10）等温过程：$p_1V_1 = p_2V_2$；等压过程：$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$；等容过程：$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
7.热力学第一定律	（11）$\Delta U = Q + W$
8.热力学第二定律	（12）反映宏观自然过程的方向性的定律。 （13）微观意义：一切自发的宏观过程总是向无序度更大的方向发展

十四、机械振动与机械波 光

必备知识

知识点	重要的规律、公式和二级结论
1.简谐运动、简谐运动的公式和图像、振动中的能量	（1）表达式：$x = A\sin(\omega t + \varphi)$。 （2）简谐运动的条件：物体在运动方向上所受的力与它偏离平衡位置位移的大小成正比，并且总是指向平衡位置，即

转化	$F=-kx$。 （3）在平衡位置时，速度最大，动能最大；在最大位移处时，速度为0，势能最大；机械能守恒
2.单摆、单摆周期公式	（4）单摆在小角度($\theta<5°$)摆动时，$F=-\frac{mg}{l}x$，做简谐运动；单摆的周期：$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
3.受迫振动、共振	（5）物体做受迫振动时，振动的周期（频率）与驱动力的周期（频率）相等。 （6）当驱动力的频率等于固有频率时，物体做受迫振动的振幅最大，这种现象称为共振
4.机械波	（7）产生条件：波源，介质。 （8）波源的起振方向与波传播时波前端质点的起振方向相同
5.横波的图像，波速、波长和频率（周期）的关系	（9）判断质点振动方向的方法：“上下坡”法、“同侧”法、“微平移”法等。 （10）波上的质点只在自己的平衡位置附近振动，不随波移动。 （11）波速、波长和频率的关系：$v=\lambda f$，其中$f=\frac{1}{T}$。 （12）波由一种介质进入另一种介质时，频率不变，波长和波速（由介质决定）改变
6.波的叠加，波的干涉、衍射现象	（13）波的叠加：几列波相遇时能够保持各自的运动状态，继续传播，在重叠区域中质点的位移等于几列波单独传播时引起的位移的矢量和。 （14）波的干涉：频率相同、相位差恒定、振动方向相同的两列波叠加时，可以使某些区域的振动总是加强，某些区域的振动总是减弱，形成稳定的干涉图样。 （15）明显衍射现象的产生条件：缝、孔的宽度或障碍物的尺寸跟波长相差不多，或者比波长更小

7.多普勒效应	（16）当波源与观察者相互靠近时，接收到的频率增加；当波源与观察者相互远离时，接收到的频率减小
8.光的折射定律、折射率	（17）折射率$n_{12}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{c}{v}$
9.全反射、临界角	（18）当光从光密介质射入光疏介质时，如果入射角等于或大于临界角，就会发生全反射现象。 （19）临界角C：$\sin C=\frac{1}{n}$
10.光导纤维	（20）内芯的折射率较大，外套的折射率较小；光在内芯与外套的界面处发生全反射
11.光的色散	（21）白光经过三棱镜后可以分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种色光。 （22）这七种色光折射率依次增大，频率依次增大，波长依次减小
12.电磁场、电磁波	（23）麦克斯韦预言了电磁波的存在，赫兹用实验证明了电磁波的存在。 （24）变化的磁场产生电场，变化的电场产生磁场
13.光的干涉现象、双缝干涉的条纹间距与波长的关系	（25）频率相同的光经过双缝，在挡板后面的空间发生干涉，在光屏上形成等间距的明暗相间的条纹。 （26）当光程差$\Delta r=2n\times\frac{\lambda}{2}(n=0,\pm1,\pm2,\cdots)$时，出现亮条纹；当光程差$\Delta r=(2n+1)\times\frac{\lambda}{2}(n=0,\pm1,\pm2,\cdots)$时，出现暗条纹。 （27）条纹间距：$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$。 （28）应用：薄膜干涉，牛顿环。 （29）利用薄膜干涉检查工件表面情况：条纹向窄处弯是凹，向宽处弯是凸
14.光的衍射现象	（30）当障碍物或狭缝的尺寸足够小时，能发生明显的衍射现象。

	（31）单缝衍射形成的是中央宽亮、向两边逐渐变窄变暗的条纹
15.光的偏振现象	（32）光有偏振现象说明光是横波；自然光通过偏振片变成偏振光。 （33）应用：摄影、液晶、3D 眼镜
16.光谱和光谱分析、光的电磁本性、电磁波谱	（34）用棱镜或光栅可以把物质发出的光按波长（频率）展开，获得波长（频率）和强度分布的记录，即光谱；分连续谱和线状谱。 （35）光的本质就是电磁波。 （36）电磁波谱：无线电波→ 红外线→ 可见光→ 紫外线→ X 射线→ γ 射线