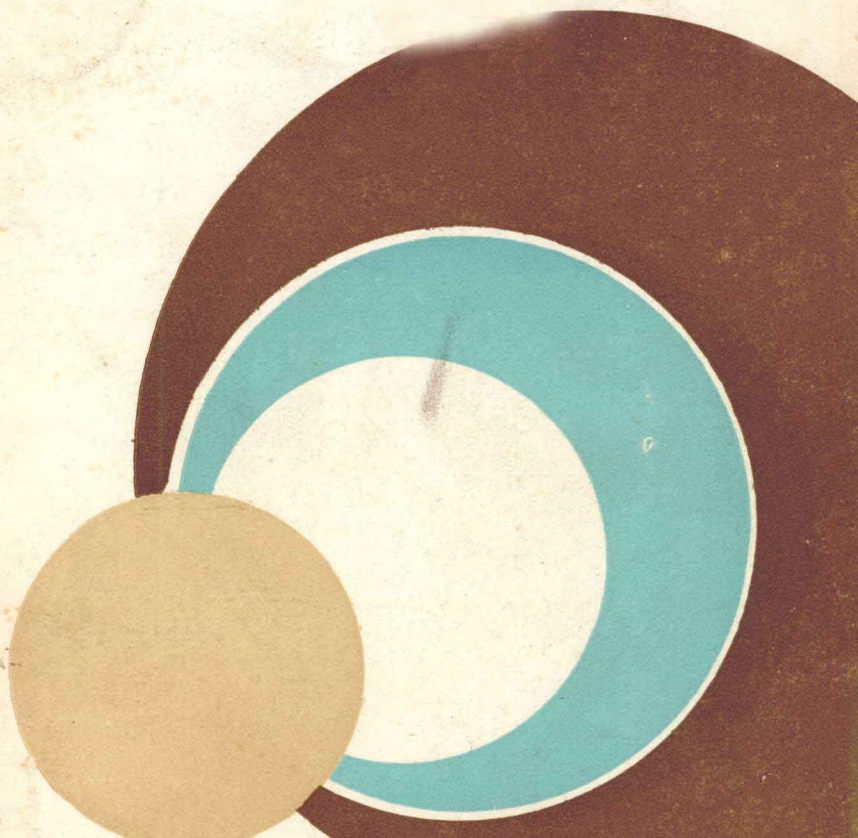


高中物理

总复习

北京出版社



高中物理总复习

北京市教育局教学研究部 编

北 京 出 版 社

(京)新登字 200 号

高中物理总复习
GAOZHONG WULI ZONGFUXI

北京市教育局教学研究部 编

*

北 京 出 版 社 出 版
(北京北三环中路 6 号)
邮政编码 100011

北 京 出 版 社 总 发 行
新华书店北京发行所经销
北 京 印 刷 一 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 11.625印张 258000字

1983年1月第1版 1989年2月第2版

1991年12月第14次印刷

印数 1616681—1649980

ISBN 7-200-01540-7/G·500

定 价：4.30元

第二次修订说明

为了做好初、高中毕业班的总复习工作，我部在1983年邀请北京市部分有经验的中学教师，编写了中学有关学科的总复习教学参考书，并于1988年对该书进行了全面修订。经过几年使用，广大师生反映这套总复习教学参考书符合教学大纲要求，能起到使学生系统掌握知识，提高分析问题、解决问题能力的作用。为了适应目前的教学要求，我们依据现行教材，参照国家教委1990年制订的教学大纲（修订本），对1988年版高中语文、数学、历史、地理、物理、化学、生物、初中语文等科的总复习教学参考书，进行了第二次修订。这次修订后，本书在保持原有知识的系统性、综合性的基础上，对复习内容进行了精心选择，使练习题的题型更接近于标准化试题的要求，以期减轻学生的过重负担，使复习收到更好的效果。

本书基本上按照高中物理课本的章节编写，共十三章，每章包括复习内容（知识结构和说明）、例题、练习题三个部分。

本书第一、二、三章由吴振麟同志编写，第四、十二、十三章由周誉蔼同志编写，第五、九章由王维翰同志编写，第六、七、八章由王天谔同志编写，第十、十一章由梁敬纯同志编写。全书由王维翰同志统编，我部物理教研室审阅。几年来一些同志对本书前几版的编写做了许多工作，在此表示感谢。

由于我们水平有限，有错误和不妥之处，恳请广大师生提出宝贵意见。

北京市教育局教学研究室

1990年10月

目 录

第一章	力 物体的平衡	(1)
第二章	运动学	(24)
第三章	运动定律	(49)
第四章	冲量和动量 功和能	(79)
第五章	振动和波	(113)
第六章	分子运动论 热和功	(126)
第七章	气体的性质	(142)
第八章	电场	(174)
第九章	稳恒电流	(209)
第十章	磁场 电磁感应	(233)
第十一章	交流电 电磁振荡和 电磁波	(283)
第十二章	光学	(314)
第十三章	原子物理	(346)
练习题答案		(357)

第一章 力 物体的平衡

一、复习内容

1. 知识结构

这一章里主要有两部分知识，一个是力和力矩的概念，另一个是物体的平衡条件。

在明确力的概念的基础上，应进一步掌握力学中的三个力（重力、弹力、摩擦力）的特点和决定它们大小的因素；物体受力分析的方法；共点力的合成与力的分解法则（包括正交分解法）。平行四边形法则不仅适用于力的合成与分解，而且也适用于位移、速度、加速度、动量、冲量、电场强度、磁感应强度等矢量的合成与分解。

在明确力矩概念的基础上，应掌握力矩的计算方法。

在明确物体的平衡概念的基础上，应进一步掌握物体的平衡的条件。这就是：共点力作用下的物体的平衡条件是合力等于零；有固定转动轴的物体的平衡条件，是使物体向顺时针方向转动的力矩之和，等于使物体向反时针方向转动的力矩之和。

2. 说明

（1）力的概念

① 力是物体对物体的作用。一个物体受到力的作用，一定有另一个物体对它施加这种作用。力不能离开施力物体和受力物体而独立存在。力的效应是使受力物体发生形变，或者

使受力物体的运动状态发生变化（产生加速度）。力是矢量，不仅有大小，而且有方向。力的大小、方向、作用点是力的三要素。

② 物体间力的作用总是相互的，两个物体间的作用力与反作用力总是大小相等方向相反，力的性质相同；存在与消失的时间相同；作用力与反作用力的方向相反，作用在不同的物体上。

（2）重力

① 重力是由于地球的吸引而使物体受到的力。地球对物体的引力是万有引力的一个特例。重力的大小 $G = mg$ 。重力的方向就是物体自由下落的方向，总是竖直向下的。重力的作用点是物体的重心。

② 实践中，人们对物体所受重力的认识是通过物体拉紧竖直悬绳的拉力或压在水平支承物的压力来了解的。物体对竖直悬绳的拉力或压在水平支承物的压力大小等于重力。这样观察、测量出来的重力大小叫做“视重”。物体由于地球吸引受到的重力叫做“实重”。当物体静止或做匀速直线运动时，视重等于实重。如果物体竖置向上加速运动，这时视重大于实重，这种现象叫做“超重”。如果物体竖直向下加速运动，这时视重小于实重，这种现象叫做“失重”。

（3）弹力

① 发生弹性形变的物体对使它变形的其他物体的作用力叫弹力。物理学中常说的推力、拉力、压力、支持力、打击力、碰撞力、气体和液体对物体的浮力等都是弹力。弹力的产生有两个条件：物体之间有相互接触和物体发生弹性形变。不要一看到两个物体接触就认为它们之间产生了弹力，因为产生弹力的一个条件是发生弹性形变。是否发生形变，

产生了弹力，有时要经过对物体进行力的分析才能得出结论。

② 弹簧弹力的大小 f 跟弹簧伸长或缩短的长度 x 成正比，即 $f = kx$ 。式中的 k 叫做弹簧的倔强系数，倔强系数与弹簧的材料、长度、大小等有关，不同弹簧的倔强系数一般是不同的。虽然不要求运用公式 $f = kx$ 算出弹力 f 的大小，但应掌握根据正比关系算出弹力 f ，算出伸长或缩短的长度 x 的方法。

(4) 摩擦力

① 当两个物体相互接触并具有压力，由于发生相对运动或有相对运动的趋势，所产生的阻碍物体相对运动的力叫摩擦力。两个相互接触的物体，没有相对运动但有相对运动的趋势时，存在于两物体接触面上的摩擦力叫做静摩擦力。静摩擦力的方向沿接触面的切线方向，与相对运动趋势的方向相反。静摩擦力的大小，可为零与最大静摩擦力之间的任一值；它的大小总等于其它外力之和。当其它外力之和增大到超过最大静摩擦力时物体开始滑动，静摩擦消失，这时出现了滑动摩擦力。

② 物体静止不动时，可能受到静摩擦力的作用，也可能没受到静摩擦力的作用；静摩擦力可能较大，也可能较小，甚至等于零。静摩擦力的有无、大小及方向，可以根据物体的运动状态和受力的情况，用物体的平衡条件和牛顿运动定律加以判断，切忌随意猜测。

③ 滑动物体受到的摩擦力叫做滑动摩擦力。滑动摩擦力的方向与相对运动方向相反，滑动摩擦力的大小跟两个物体接触面间的压力的大小成正比，即

$$f = \mu N。$$

式中的 μ 叫做滑动摩擦系数。在中学阶段，可以认为滑动摩擦力的大小与物体的运动速度无关。

④ 滑动摩擦力的大小不仅跟相互接触的两个物体的材料和接触面的情况有关，还决定于接触面间的压力大小。所以，不要一见到某个物体在另一物体上滑动，就认为它一定受到滑动摩擦力的作用。此外，接触面间的压力是与接触面垂直的力，它的大小不一定等于物体的重力，对于每一个问题，压力 N 的大小和方向都要做具体的分析。

(5) 矢量的合成

① 力、位移、速度、加速度、动量、电场强度、磁感应强度等需要由大小和方向共同决定，它们都是矢量。

② 矢量合成的平行四边形法则。以表示两个分矢量的有向线段为邻边，作平行四边形，两有向线段所夹的对角线就表示合矢量的大小和方向。用尺子量出表示合矢量的有向线段的长短和合矢量与一个分矢量间的夹角，就可得出合矢量的大小和方向。如果两分矢量 A 、 B 的夹角 α 为 90° ，如图 1-1，还可根据公式

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad \operatorname{tg} \theta = \frac{B}{A},$$

算出合矢量 R 的大小和方向。这种情况常常会 遇到，应当学会计算。

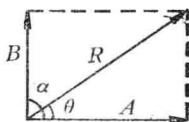


图 1-1

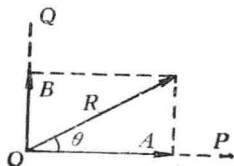


图 1-2

(6) 矢量的分解

① 矢量分解同样遵循平行四边形法则。只是由合矢量求分矢量时，还要有附加条件，即知道两个分矢量的方向或一个分矢量的大小和方向等，否则得不到确定的解。

② 将一个合矢量分解到两个相互垂直的方向上（例如水平和竖直方向，或者与接触面平行和垂直的方向等），应当熟练地掌握其分解方法。例如将合力 R 分解到相互垂直的两个方向 OP 和 OQ 上，如图1-2，求两个分矢量 A 、 B 的大小。首先利用平行四边形法则，得出两分矢量 A 和 B 。然后利用直角三角形，算出 $A = R\cos\theta$ ， $B = R\sin\theta$ 。

（7）物体受力情况的分析

物体受力分析是解决物体平衡问题的基础，在研究物体处于非平衡状态（例如做变速直线运动或曲线运动）时，也具有重要的意义，它是学好力学知识的关键。

物体运动状态不变（平衡）或运动状态改变（例如做变速直线运动或曲线运动），周围物体对它的作用力必须满足一定的关系。为了解决有关力学问题，应该了解清楚这些力和物体的运动状态。

① 首先应当确定好要研究的物体，并逐个确定它受到的每一个外力。这就是所谓的“隔离体”法。隔离体选择的恰当，能使问题简化，便于求解。在复习中应注意总结这方面的经验。

② 可以根据已知条件从物体受力情况确定物体运动状态，也可以由已知的物体运动状态确定这些力间的关系。例如，已知作用于物体上的合力等于零，则物体一定处于静止或匀速直线运动状态；若已知物体做变速运动，则作用于物体上的合力一定不等于零。

③ 在力学问题中，分析物体受力情况时一般先考虑重

力，其次确定物体是否受到弹力（包括拉力、推力、压力、支持力等），最后根据物体间是否有压力和是否有相对运动或相对运动的趋势来确定是否存在摩擦力。在电磁学中还会涉及到电场力、磁场力等。应当注意，这些力有不同的性质和特点，由有关的定律，例如胡克定律、摩擦力定律、万有引力定律、库仑定律等可以了解该力的性质、大小、方向和作用点。对物体受力情况可画一示意图，便于从总体上掌握受力情况。

④ 根据物体受到的作用力，由牛顿运动定律给出各力之间或力与其它物理量（例如加速度等）的关系，从而解决问题。

进行物体受力情况的分析时，应灵活掌握上述各项，不能死板地硬套，否则会使问题复杂化。例如已知物体在水平面上运动时，就能立即断定在竖直方向上的力总是平衡的（竖直方向上的合力等于零），决定物体运动状况的只是水平方向上的作用力。同理，已知物体沿竖直方向运动时，就能立即断定在水平方向上的力总是平衡的（水平方向上的合力等于零），决定物体运动状况的只是竖直方向上的作用力。此外还应注意，有时某个力只能通过它的反作用力，根据牛顿第三定律求出。例如桌子对地面的压力，常常是通过它的反作用力，地面对桌子的支持力来求出的。

二、例题

〔例题 1〕一物体在 $F = 10$ 牛顿的外力作用下，刚好靠在墙上不滑下，因而处于静止状态。已知力 F 与竖直面的夹角 $\theta = 30^\circ$ ，最大静摩擦力为 3 牛顿，如图 1-3。若想使物体沿墙面匀速上滑，已知物体与墙面间的滑动摩擦系数 $\mu = 0.2$ ，

求力 F 应变为多大?

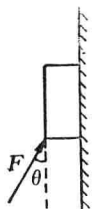


图 1-3

分析：第一种情况是物体处于静止状态，在竖直方向上物体受到的合力一定等于零，在水平方向上物体受到的合力也等于零。把外力 F 分解到竖直和水平两个方向上，分别得到， $F_1 = F \cos \theta$ ， $F_2 = F \sin \theta$ 。在竖直方向上，物体所受的作用力有重力 G ，方向向下；外力在竖直方向上的分力 F_1 ，方向向上；从物体刚好不滑下可以看出，还存在一个方向向上的最大静摩擦力 f_0 。这三个力的合力应等于零，见图1-4。

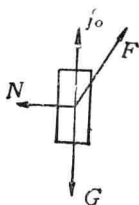


图 1-4

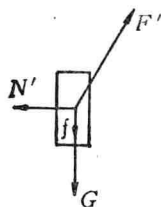


图 1-5

第二种情况是物体匀速上升，所以物体除受重力 G 和外力 F' 在竖直方向向上的分力 F'_1 外，由于相对运动而产生的向下的滑动摩擦力 f 。这三个力的合力也等于零，见图1-5。

解：根据第一种情况的物体受力示意图，在竖直方向上合力等于零，列出方程

$$\begin{aligned} G &= f_0 + F \cos \theta \\ &= (3 + 10 \times 0.866) \text{ 牛顿} = 11.66 \text{ 牛顿} \end{aligned}$$

再根据第二种情况的物体受力示意图，在竖直方向上合力也等于零，列出方程

$$F' \cos \theta = G + \mu F' \sin \theta,$$

解出

$$F' = \frac{G}{\cos\theta - \mu\sin\theta}$$

$$= \frac{11.66}{0.866 - 0.2 \times 0.5} \text{ 牛顿} = 15.22 \text{ 牛顿}。$$

说明：由这个例题可知，求解物体平衡问题的基本步骤是

- (1) 弄清题意，确定好被研究的对象；
- (2) 隔离研究对象，分析它所受的外力，画出物体受力示意图；
- (3) 建立坐标系或确定力的正方向；
- (4) 列出力或力矩平衡的方程并解方程；
- (5) 必要时对所得结果进行检验和讨论。

〔例题 2〕如图 1-6 所示的装置中，水平均匀横杆 AB 重力 $G_2 = 400$ 牛顿， B 端的定滑轮大小及重力都略去不计，绳 BC 与横杆间夹角 $\theta = 30^\circ$ ，重物的重力 $G_1 = 400$ 牛顿。

(1) 人用竖直向下的力 F 拉绳子，使重物 G_1 匀速上升时，求 BC 绳对 B 点的拉力和横杆在 B 端受到的作用力的大小及方向。(2) 如果改用水平方向的力 F' 拉动绳子，使重物 G_1 匀速上升， F' 应等于多大？ BC 绳对 B 点的拉力和 B 端对横杆 AB 的作用力各是多大？

解：(1) 取水平均匀横杆 AB 作为研究对象。它具有

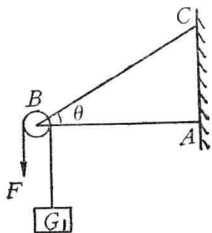


图 1-6

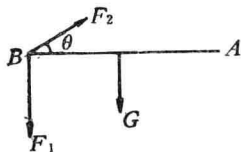


图 1-7

固定转动轴 A ，在人用力 F 向下拉绳子的过程中，在三个力作用下处于转动平衡。这三个力是：向下拉滑轮的力 F_1 ， $F_1 = 2G_1$ ；横杆的重力 G_2 ；绳 BC 拉 B 端的力 F_2 。图 1-7 为横杆受力示意图。设 AB 长为 L ，列出方程

$$F_2 \sin \theta = 2G_1 L + G_2 \frac{L}{2},$$

$$F_2 = 4G_1 + G_2$$

$$= (4 \times 400 + 400) \text{ 牛顿} = 2000 \text{ 牛顿}.$$

方向沿 BC ，由 B 指向 C 。

在求解横杆 AB 在 B 端受到的作用力 F_3 时，因该力沿 AB ，由 B 指向 A ，所以横杆重力 G_2 可以不考虑。所以这一问题成为共点力平衡问题。很容易看出， $F_3 = F_2 \cdot \cos \theta$ 。

$$\text{代入数据得 } F_3 = 2000 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ 牛顿}$$

$$= 1732 \text{ 牛顿}.$$

(2) 改用沿水平方向的力 F' 拉绳子，使重物匀速上升， F' 的大小仍等于 G_1 ，因为定滑轮只改变力的方向，不改变力的大小。但不能认为绳子 BC 对 B 点的拉力和横杆 B 端受到的作用力跟第(1)问的解答相同。因为 F' 的方向变为水平后，在水平和竖直两个方向上的力同以前不一样了，因而要达到新的平衡， F'_2 和 F'_3 都会与前不同。以横杆 AB 这一具有固定转动轴的物体为研究对象，根据平衡条件列出方程

$$\frac{L}{2} F'_2 = G_1 L + G_2 \frac{L}{2},$$

解出

$$F'_2 = 2G_1 + G_2$$

$$= (2 \times 400 + 400) \text{ 牛顿} = 1200 \text{ 牛顿}.$$

求解横杆 B 端受到的作用力时，重力 G_1 和 G_2 都无影响，可列出方程

$$\begin{aligned}
 F'_3 &= F'_2 \cos \theta - F_1 \\
 &= \left(1200 \times \frac{\sqrt{3}}{2} - 400 \right) \text{ 牛顿} = 640 \text{ 牛顿}。
 \end{aligned}$$

显然， F'_1 、 F'_3 与 F_2 、 F_3 有了很大的不同。

〔例题3〕相距2米远的两根竖直杆 AD 和 BC 固定在地面， A 、 B 两端用一条长2.5米的极轻绳子相连。一个24牛顿的重物 G ，用极光滑的钩子挂在绳子上，如图1-8。设挂钩重力可不计，求绳子的拉力。

分析：本题看上去似乎无法解，因为杆高、两绳与竖直方向的夹角都不知道，所以无法计算。只要仔细分析一下就会发现，关键在于 AB 绳上各处拉力都相同，而且整个系统又是平衡的。由以上两点可以判断出， AP 、 BP 两段绳子与水平方向的夹角一定是相等的，否则 AP 和 BP 两拉力在水平方向上的分力会不同，挂钩将向夹角小的一侧滑动，直到两夹角相等，才会处于平衡状态。

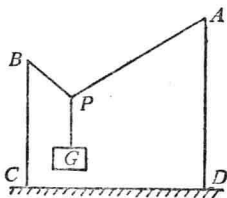


图 1-8

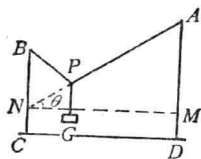


图 1-9

解：以 P 点为研究对象，它受到绳的拉力 F_1 、 F_2 和重力 G 的作用处于平衡状态。 F_1 和 F_2 与水平方向的夹角都等于 θ 。由图1-9可知， AP 的延长线与 BC 的交点 N ，作水平线与 AD 相交于 M ，角 ANM 也等于 θ 。 $PN = BP$ ，所以 AN 的长为2.5米，又因 $NM = 2$ 米，可以算出 $AM = 1.5$ 米。列

出共点力平衡的方程

$$F_1 \sin \theta + F_2 \sin \theta = G,$$

如 $T = F_1 = F_2$, 则

$$2 T \sin \theta = G_0$$

因为

$$\sin \theta = \frac{3}{5},$$

所以

$$2 T \frac{3}{5} = G,$$

$$T = \frac{5}{6} G$$

$$= \frac{5}{6} \times 24 \text{ 牛顿} = 20 \text{ 牛顿}.$$

〔例题 4〕跨过定滑轮的极轻的绳子两端各拴一物体, 如图 1-10。物体 A、B 的重力都是 10 牛顿, 拉力 F 为 4 牛顿, 物体 A、B 都处于静止状态。

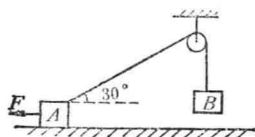


图 1-10

试分析物体 A 受几个力的作用, 各力的大小和方向如何? 滑轮轴受到两绳的作用力的大小和方向如何?

解: 以 A 为研究对象, 讨论它受力情况。按重力、支持力、拉力、摩擦力的顺序进行受力分析。物体 A 受到重力 $G_A = 10$ 牛顿、地面给 A 的支持力 N 、水平拉力 $F = 4$ 牛顿, 绳对 A 的拉力 $T_A = 10$ 牛顿。至于 A 是否受到地面给予的摩擦力 f 的作用, f 的大小及方向, 则不能简单地由题目给出的条件直接来回答, 它是由物体 A 受到的力和它的运动状态的关系来决定的。应当作一下分析: A 处于静止状态, 在水平方向受到的作用力之和应等于零。将绳对 A 的拉力 T 分解到水平和竖直

方向上去，得到水平分力为 $T_2 = T_a \cos \theta = G_b \cos 30^\circ = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$ 牛顿 = 8.66 牛顿。由于拉力 $F = 4$ 牛顿，它小于 T_2 ，所以 A 必然还受到一个水平方向向左的静摩擦力 f ， $f = 4.66$ 牛顿，否则 A 便不能保持静止状态。

在竖直方向上 A 也处于平衡状态，合力应等于零，所以支持力 $N = G_a - T_a \sin 30^\circ = 5$ 牛顿，沿竖直向上的方向。各力如图 1-11 所示。

再以滑轮为研究对象。两绳的拉力都是 10 牛顿。将这两个力合成，得到的合力就是绳子对滑轮轴的作用力。两分力 T_a 和 T_b 的合力 T ，如图 1-12 所示。由于 $\angle \alpha = \angle \beta = 30^\circ$ ，所以 $T = 2 T_a \cos 30^\circ = 17.3$ 牛顿。于是，滑轮轴受到两绳的作用力的大小为 17.3 牛顿，拉力指向两绳之间，与两绳都成 30° 角的方向。

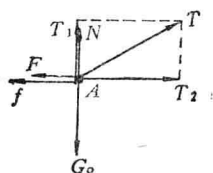


图 1-11

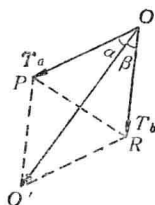


图 1-12

〔例题 5〕有两个完全相同的，半径都是 5 厘米的，重力都是 G 的光滑小球 O_1 和 O_2 ，放在均匀的，长为 50 厘米的，重力是 G_3 的光滑金属板与墙壁之间。板的 A 端用光滑铰链固定在墙上，另一端 B 用绳子水平拉住，固定在墙上的 C 点，板与墙间的夹角 $\theta = 60^\circ$ ，如图 1-13。求 (1) O_1 和 O_2 两