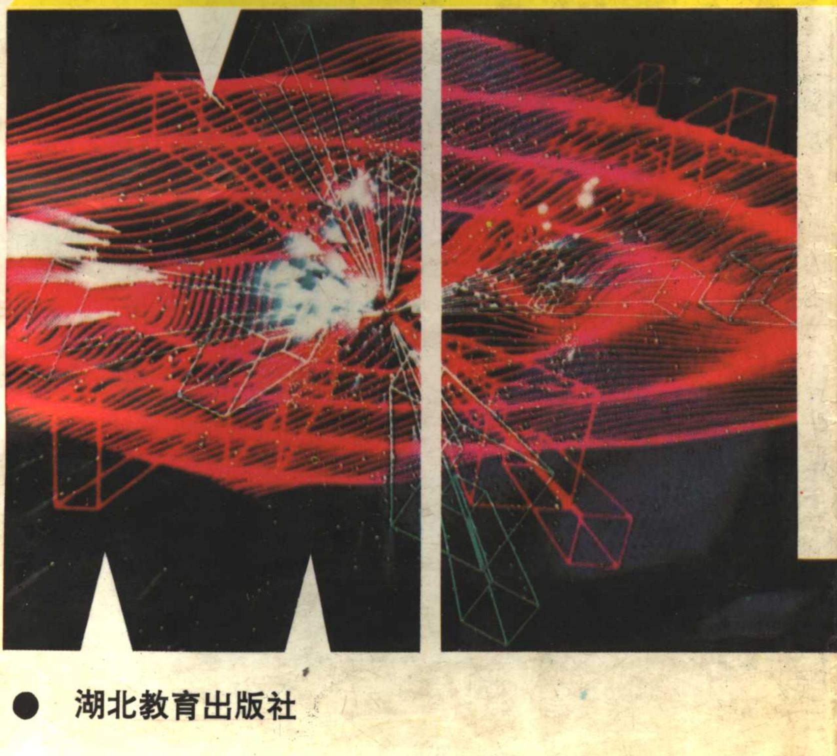
高中物理解题
方法与技巧

徐　辉　江楚桥　龚霞玲　李　健　编

★　数理化解题方法与技巧丛书　★



湖北教育出版社

数理化解题方法与技巧丛书

高中物理解题方法与技巧

徐　辉　江楚桥
龚霞玲　李　健　编

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

数理化解题方法与技巧丛书

高中物理解题方法与技巧

出　版
发　行:湖北教育出版社

汉口解放大道新育村 33 号

邮编:430022　电话:5830435

经　销:新　华　书　店

印　刷:襄樊日报印刷厂　(441021·襄樊市襄城区东街 76 号)

开　本:787mm×1092mm　1/32　12.5 印张

版　次:1995 年 3 月第 2 版　1997 年 7 月第 10 次印刷

字　数:283 千字　印数:146 601—156 600

ISBN 7—5351—0993—4/G·756　定价:10.70 元

说　明

为了帮助广大中学生提高科学思维的能力，熟练运用各种解题方法与技巧，根据现行教学大纲的要求，紧扣现行中学数理化各科教材，我们编写了这套《数理化解题方法与技巧丛书》。

本册《高中物理解题方法与技巧》为这套丛书之一种，本书通过13个专题，对解题方法和技巧进行了探讨，并对各种类型的物理习题进行具体分析，介绍了中学物理解题的一些特殊方法与技巧。这些方法与技巧，不仅新颖、巧妙，应用广泛，而且容易掌握和便于记忆。读者一旦掌握并能灵活运用这些方法与技巧，就能提高分析和解决物理问题的能力。在每种方法后都配有适量的练习题，供读者练习使用这种方法。

本书内容丰富、技巧性强、知识面覆盖广，是高中学生学习物理的好帮手，特别适合高中学生物理总复习和中学生物理竞赛训练使用，也可供中学教师参考。

限于编者水平，书中难免有错误之处，敬请读者批评指正。

编　者

1997年7月

于黄冈中学

目　录

一、物体平衡问题的特殊处理方法…………………………… 1
（一）杆件平衡问题的特殊处理方法……………………… 1
（二）绳索悬挂物平衡问题的特殊处理方法 …………… 13
练习一
二、矢量三角形法解题技巧 ……………………………… 30
（一）用力的矢量三角形法巧解物体平衡问题 ………… 30
（二）用位移矢量三角形法巧解运动学问题 …………… 39
（三）用速度矢量三角形法巧解运动学问题 …………… 47
（四）用动量矢量三角形法巧解动力学问题 …………… 51
练习二
三、求解变力做功问题的八种特殊方法 ………………… 59
（一）将变力做功转化为恒力做功 ……………………… 59
（二）用动能定理求解变力做功问题 …………………… 62
（三）用机械能守恒定律求解变力做功问题 …………… 67
（四）用功能原理求变力做功问题 ……………………… 72
（五）利用 $W=Pt$ 求解变力做功问题…………………… 77
（六）用数列求和公式求解变力做功问题 ……………… 79
（七）用图象法求解变力做功问题 ……………………… 83
（八）用平均值法求解变力做功问题 …………………… 86
练习三
四、求解变力冲量问题的四种特殊方法 ………………… 94
（一）用 $I=\overline{F}t$ 求解变力的冲量 …………………… 94
（二）用动量定理求解变力的冲量 ……………………… 97

（三）用数列知识求变力的冲量…………………………106
（四）用图象法求变力的冲量……………………………110
练习四
五、求解物理极值问题的十一种方法……………………113
（一）用二次方程的判别式求解物理极值……………113
（二）用二次函数的配方法求解物理极值……………120
（三）用定积求和原理求解物理极值…………………126
（四）用定和求积原理求解物理极值…………………130
（五）用三角函数求解物理极值………………………134
（六）用几何法求解物理极值…………………………140
（七）用分式性质求解物理极值………………………143
（八）用解析法求解物理极值…………………………148
（九）用条件法求解物理极值…………………………152
（十）用分析法求解物理极值…………………………157
（十一）用归纳法求解物理极值………………………162
练习五
六、对称法解题技巧……………………………………177
（一）巧用运动的对称性解题…………………………177
（二）巧用弹簧的对称性解题…………………………184
（三）巧用对称性求电阻………………………………185
（四）对称性在电磁学中的应用………………………188
（五）对称性在光学中的应用…………………………191
练习六
七、极限思维法及其在解题中的应用…………………194
（一）运用极限思维法提高解题效率…………………195
（二）运用极限思维法探求解题途径…………………197
（三）运用极限思维法寻求解题突破口………………201

（四）运用极限思维法检验解题结果…………………… 202
练习七
八、利用临界条件解题技巧…………………………………… 209
（一）平衡问题中的临界条件……………………………… 209
（二）运动学中的临界条件………………………………… 226
（三）动力学中的临界条件………………………………… 231
（四）波动中的临界条件…………………………………… 241
（五）热学中的临界条件…………………………………… 243
（六）电磁学中的临界条件………………………………… 246
（七）光学中的临界条件…………………………………… 260
练习八
九、图象法解题技巧……………………………………………… 275
（一）力学中的图象………………………………………… 275
（二）热学中的图象………………………………………… 285
（三）电学中的图象………………………………………… 287
（四）光学中的图象………………………………………… 290
练习九
十、等效法解题技巧……………………………………………… 296
（一）模型的等效…………………………………………… 296
（二）重力的等效…………………………………………… 300
（三）等效质量……………………………………………… 305
（四）运动过程的等效……………………………………… 307
（五）等效代换法…………………………………………… 314
（六）状态的等效…………………………………………… 319
（七）等效长度……………………………………………… 323
（八）等效电源……………………………………………… 324
（九）等效电阻……………………………………………… 327

（十）感应电荷的等效计算法……………………………… 330
练习十
十一、假设法解题技巧…………………………………………… 337
（一）矢量方向的假设……………………………………… 337
（二）物理过程的假设……………………………………… 342
（三）临界状态的假设……………………………………… 344
（四）气体状态的假设……………………………………… 346
（五）物理现象的假设……………………………………… 347
（六）假设法作图技巧……………………………………… 348
练习十一
十二、整体法解题技巧…………………………………………… 352
（一）在静力学中的应用…………………………………… 352
（二）在动力学中的应用…………………………………… 354
（三）在热学中的应用……………………………………… 358
（四）在电磁学中的应用…………………………………… 360
练习十二
十三、估算题的类型及解法……………………………………… 370
（一）解物理估算题的要领………………………………… 370
（二）估算题的类型及解法………………………………… 371
练习十三
练习题参考答案…………………………………………………… 382

一、物体平衡问题的特殊处理方法

中学物理习题中，存在着大量的平衡问题，归纳起来有如下三类：共点力作用下物体的平衡问题、有固定转动轴物体的平衡问题和一般物体的平衡问题。下面就其中的杆件（刚体）平衡问题和绳索悬挂物平衡问题进行研究，找出处理这类问题的一些特殊方法。

（一）杆件平衡问题的特殊处理方法

任何一个物体受力平衡，至少要受两个力作用，当然也可以受多个力作用。现特别研究受两个力作用的杆件和受三个力作用的杆件平衡问题。因为多个力作用下的平衡问题在一定条件下，可以转化为三个力或两个力作用的平衡问题来处理。

1. 平衡条件

一个可以看作质点的物体，它处于平衡状态是指处于静止或匀速直线运动状态，质点处于平衡状态的充分必要条件是

$$F_{合} = 0$$

刚体的运动既可以是平动，也可以是转动，处于平衡状态的刚体，不具有线加速度和角加速度。所以刚体处于平衡状态的充分必要条件是

$$F_{合} = 0 \quad ①$$

$$M_{合} = 0 \quad ②$$

对于有固定转动轴的刚体，由于有固定转动轴的限制，故不会发生平动，已满足 ① 式，因此有固定转动轴的物体的平衡条

件只要满足 ② 式即可。

在中学阶段，限于所研究的对象是二维空间的平面力系，故 ① 式可以在选定的正交坐标系中写成分量式

$$F_x = 0 \qquad F_y = 0$$

② 式可以写成

$$M_{顺时针} = M_{逆时针}$$

2. 二力作用下物体平衡问题

如果物体(杆件)只受两个外力 F_1、F_2 作用而处于平衡状态，这样的杆件称为“二力杆件”。由二力作用下物体的平衡条件可知：两个力 F_1、F_2 必须大小相等、方向相反，且作用在一条直线上。

若二力作用在杆件的两个端点上时，不难证明，两力的作用线一定与杆件的轴线重合。如图 1—1 所示。

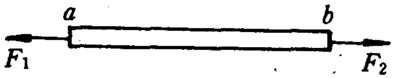


图 1－1

若二力作用在杆件 ab 的两个端点上，力的大小相等，方向相反，但两力的作用线不在一条直线上，可以假设以任一点 b 为转轴，将有 $M_合 \neq 0$，杆件 ab 不可能平衡。如图 1—2 所示。

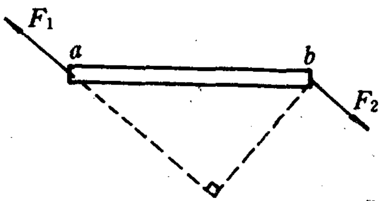


图 1—2

如图 1—3 所示，在不考虑杆件自身重量的条件下，系统均处于平衡状态，每个杆件都只有在两端受到力的作用，因此都为“二力杆件”。

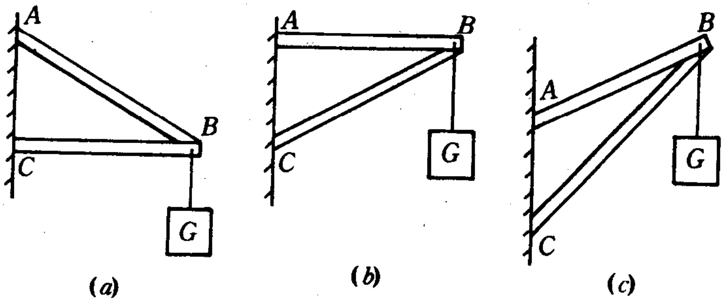


图 1—3

由图 1—3 可知，虽然支架的结构不同，但受力情况均相似，其中 AB 杆都受到拉力作用，而 BC 杆都受到压力作用。

判断方法是：假设 AB 断开，则 BC 杆向下转动，所以 AB 杆受到拉力作用，故此，AB 可以用绳子代替；假设 BC 断开，则 AB 要向下转动，故平衡时，BC 有支撑作用，因此，BC 杆受到压力作用，BC 则不能用绳子代替。

求解方法：以图 1—3(a) 为例说明：通常认为 B 处受到三个力的作用，绳施于 B 点的拉力（大小 $T=G$），AB 杆施于 B 点的拉力 F_1，BC 杆对 B 点的支撑力 F_2。在 B 点，将 T 按力的作用效果分解为拉 BA 的力 F_1'，和压紧 BC 的力 F_2'，如图 1—4 所示。这样 AB、BC 都是二力杆件。先判断出力的方向，然后由共点力的平衡条件 $F_{合}=0$ 求得未知力。再由牛顿第三定律，可知各杆件受到的压力和拉力的大小。

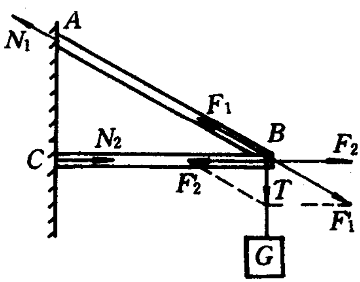


图 1—4

3. 三个力作用下物体平衡的问题

若杆件只受互相不平行的三个外力作用而处于平衡、这种杆件称为“三力杆件”。由物体的平衡条件

$$F_{合}=0 \qquad M_{合}=0$$

可知，这三个力必须共面共点。但“共点”只要求力的作用线交于一点，这一点不一定在物体上，如图 1—5 所示。

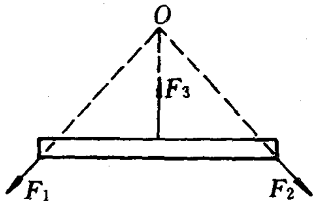


图 1—5

若F_1、F_2共点于O，而F_3的作用线不通过O，如图1—6所示。则以O为轴，F_1、F_2的力矩$M_1=0$，$M_2=0$，但F_3的力矩$M_3\neq 0$，所以合力矩$M_{合}=M_1+M_2+M_3\neq 0$，因此物体不能处于平衡状态。

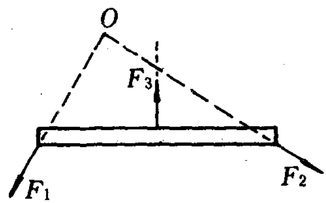


图 1—6

例题 长为L、重量为G的均匀直杆AB放置在光滑的半径为R的半球形容器内，如图 1—7。平衡时，杆与水平方向的夹角为θ $(L>2R)$，求容器对杆的作用力。

解 对杆AB进行受力分析可知，它受重力G，A点的支持力N_1和B点的支持力N_2，物体受三个共面力作用而处于平衡状态，则三个力必共点；也就满足$M_{合}=0$。

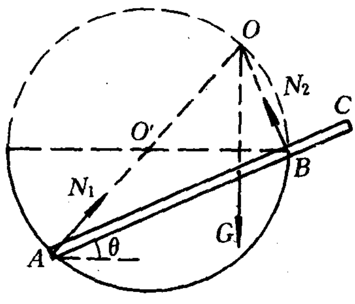


图 1—7

以A为转轴，G与N_2对A点的力矩代数和为零。有

$$N_2 \cdot 2R\cos\theta = G \cdot \frac{L}{2}\cos\theta$$

所以 $$N_2 = \frac{GL}{4R}$$

因为 N_1、N_2、G 共点，故将三力沿力的作用线平移到共点 O 处，建立直角坐标系如图 1—8 所示。由共点力的平衡条件知

$$\sum F_x = 0$$

所以 $$N_1\cos 2\theta = N_2\sin\theta$$

$$N_1 = \frac{\sin\theta}{\cos 2\theta}N_2 = \frac{GL\sin\theta}{4R\cos 2\theta}$$

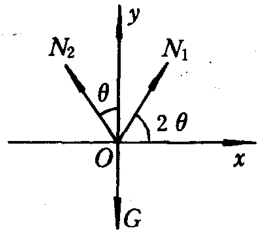


图 1—8

答 容器 A 点对杆的作用力为$\frac{GL\sin\theta}{4R\cos 2\theta}$，容器 B 点对杆的作用力为$\frac{GL}{4R}$。

4. 四力杆件平衡问题转化为三力杆件平衡问题

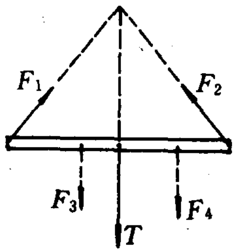


图 1—9

若处于平衡状态的杆件受四个力作用，而其中有两个力的作用线是平行的，这样的四力杆件可以转化为三力杆件。如图 1—9 所示，F_3、F_4 为同向平行力，可以合成为 T，因此，F_1、F_2、T 三力必然共点。

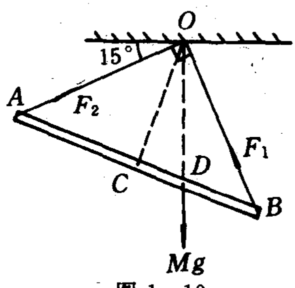


图 1—10

例题 有一条长为 L 的不均匀的木板，将两根等长的细绳

系于 AB 两端、将木板悬挂起来。如图 1—10 所示，平衡时，$\angle AOB$ 为直角，且 AO 边与水平方向成 15° 角。当在木板上距 A 端 $\frac{1}{4}L$ 处放上一质量为 m 的物体时，木板恰好水平，如图 1—11 所示。求木板的质量 M 为多少？

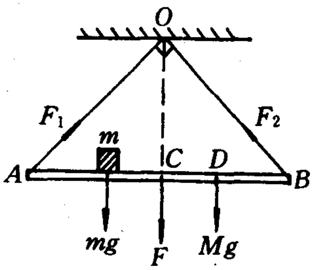


图 1—11

解 没有放 m 时，AB 只受两个拉力 F_1、F_2 和木板重力 Mg 作用，为三力杆件，三力必在 O 处共点，所以不均匀木板的重力的作用线必通过 O 点，然后过 O 点作 AB 的垂线于 C，则 $\triangle OAC$ 为等腰直角三角形，所以 $OC=\frac{L}{2}$，在 $\triangle OCD$ 中，$\angle COD=30°$，所以有

$$
\begin{aligned}
CD &= OC\text{tg}30° \\
&= \frac{L}{2}\cdot\frac{\sqrt{3}}{3} \\
&= \frac{\sqrt{3}}{6}L
\end{aligned}
$$

当放上 m 后 AB 水平，这时 AB 受到两个同向平行力 mg 和 Mg 作用，这两个力的合力为 F。由 AB 又受三个力作用，则力 F 的作用线必通过 O 点，即力 F 的作用点必在 C 处，

以 O 为转轴，由 $M_合=0$ 可知

$$M_1+M_2+M_3+M_4=0$$

因为 F_1、F_2 的作用线通过 O 点，故 F_1、F_2 的力矩均为零，即

$$M_1=0 \qquad M_2=0$$

又因为 $\quad M_3=Mg\cdot CD$

$$M_4=-mg\frac{L}{4}$$

所以 $$M_3 + M_4 = Mg \cdot CD - mg\frac{L}{4} = 0$$

$$M = \frac{\frac{L}{4}}{CD}m = \frac{\frac{L}{4}}{\frac{\sqrt{3}}{6}L}m = \frac{\sqrt{3}}{2}m$$

答 木板的质量为$\frac{\sqrt{3}}{2}m$。

若处于平衡状态的杆件受四个力的作用，而其中有两个力作用在杆件上同一点，这样的四力杆件可以转化为三力杆件。

例题 如图1—12，均匀的梯子AB长为$L=3.9$米，斜靠在光滑的墙上，梯子下端距墙脚1.5米，梯子重$G=360$牛顿、求墙和地面对梯子的作用力。

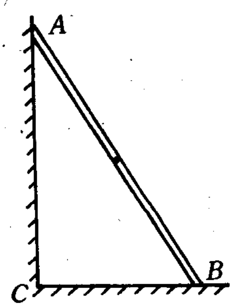


图 1—12

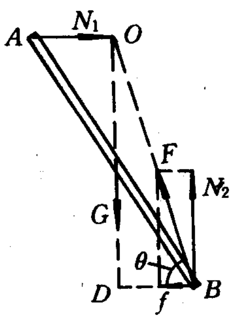


图 1—13

解 对梯子受力进行分析可知：它受到重力G，A处给梯子的支持力N_1，B处有两个作用力，一是地面的支持力N_2，另一个是地面对梯子的摩擦力f，如图1—13所示。

其中f和N_2是作用于B点处，因此梯子受四个力作用可以转化为三力作用。先将f和N_2合成为地面对梯子的作用力F，F的作用线必通

过 N_1 和 G 的作用线的交点 O 处，因此，G、F、N_1 三力共点。

在 $\triangle ODB$ 中，$\angle\theta = \angle DBO$，则

$$\mathrm{tg}\theta=\frac{OD}{DB}=\frac{\sqrt{3.9^2-1.5^2}}{\frac{1.5}{2}}=4.8$$

将 G、F、N_1 沿作用线平移至 O 点处，建立直角坐标系如图 1—14 所示。由共点力的平衡条件可知

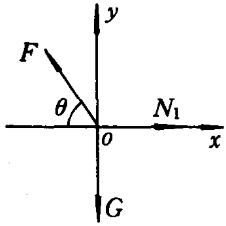


图 1—14

$$\Sigma F_x = N_1 - F\cos\theta = 0$$

$$\Sigma F_y = G - F\sin\theta = 0$$

解得 $N_1 = \dfrac{G}{\mathrm{tg}\theta} = \dfrac{360}{4.8} = 75$ 牛顿

$$F = \sqrt{G^2 + N_1{}^2} = \sqrt{360^2 + 75^2} = 367.7 \text{ 牛顿}$$

答 墙对梯子的作用力为 75 牛顿，地面对梯子的作用力为 367.7 牛顿。

5. 综合运用

例 1 如图 1—15 所示为 ABC 三处用铰链连接的三铰拱，现在 AC 边的 C 点处施于水平力 F，三铰拱处于平衡状态，求支座 A、B 的作用力（拱的重量不计）。

解 由于重力不计，对三铰拱整体而言，只受三个力作用，根据平衡条件可知，这三力必须共点。先分析 A、B 两处受力的方向范围。

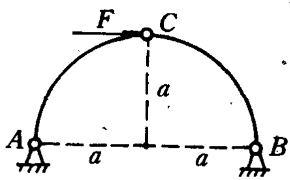


图 1—15

根据整体受力，在 F 作用时，整体平衡，要使整体不向右边平动，则 B 处的受力应向左上方，在 90° 的范围内；而 A 处受到支座的作用力，要使整体不向右翻到，则应向左边拉，方向应在左下方 90° 范围内。由于 N_A、N_B 的方向有一定范围，因此，三力共点一定在 F 作用线之上，如图

1—16 所示，有三种可能性：可能在 C 点，可能在 C 点左侧，也可能在 C 点右侧。

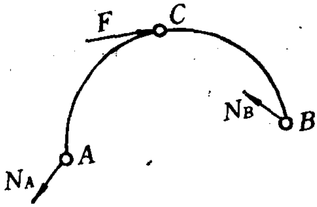


图 1—16

为了确定共点的位置，将三铰拱分成左、右两部分进行受力分析。对右边来说，B 点受力为 N_B，对 C 点来说，受到拱左边对右边的作用力 N' 的作用，因只受两个力作用，需要使 BC 平衡，则这两力必是一对平衡力，大小相等、方向相反，作用在一条直线上，这一直线必在 BC 的连线上，如图 1—17 所示，故 AC 部分受三个力作用，右边对 AC 的作用力为 N' 的反作用力 N，而左边受三个力作用，其中有两个力共点，则 N_A 的作用线也必须通过 C 点，由以上分析可知：三铰拱整体受三个力作用，且共点在 C 处。由整体考虑，N 与 N' 为内力，故将三个力移到一点计算，如图 1—18 所示。

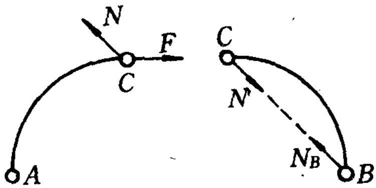


图 1—17

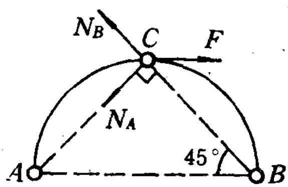


图 1—18

由对称关系可知

$$N_B = N_A$$

$$2N_A\cos 45° = F$$

所以 $$N_A = N_B = \frac{\sqrt{2}}{2}F$$

答 在 A 处支座是拉力，大小为 $\frac{\sqrt{2}}{2}F$，方向沿左下方与水平方向成 45° 角；在 B 点支座是支持力，大小也为 $\frac{\sqrt{2}}{2}F$，方向沿左上方与水平方向成 45° 角。