



中等專業學校教學用書

工程力學習題集

船舶駕駛科用

И. И. 伊万諾夫著

高等教育出版社



中等專業學校教學用書



工程力學習題集

船舶駕駛科用

И. И. 伊万諾夫著
初吉东 李金城譯

高等教育出版社



本書系根据苏联海运出版社 (Издательство “Морской транспорт”) 出版、伊万諾夫 (П. И. Иванов) 所著“船舶駕駛科用工程力学習題集”(Задачник по технической механике для судоводителей) 1955 年版譯出。原書經苏联海运部学校管理局审定为航海中等技术学校駕駛科教学参考書。

本書內容包括：靜力学、运动学、动力学、应用力学及材料力学五部分。習題都能緊密地和船舶的各种裝置相結合，所以还可以适用于船舶动力裝置和水运管理各專业以及現职駕駛人員参考之用。

工程力学習題集

船舶駕駛科用

П. И. 伊万諾夫著

初吉东 李金城譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 054 号)

商务印书館上海厂印刷 新华书店发行

統一書号 15010·568 开本 850×1168 1/32 印張 52/16

字數 122,000 印數 1—1,200 定价 (10) 羊 0.80

1958 年 12 月第 1 版 1958 年 12 月上海第 1 次印刷

序

本習題集是供航海中等技術學校駕駛學生用的。

工程力學是駕駛科許多專業課(船藝,航海學,船舶原理等)的理論基礎。因之,本習題集中所編選的例題有的與這些專業課的課題直接有關,有的則有助於學習專業課。

由於船藝這門課比工程力學先開,所以在本習題集中,凡是有關於船藝的例子,都不是單純地從船藝中取來,而是編選得使其能引起學生注意到與船舶各種裝置的作用有關的理論規律性。

有一部分習題(吊艙柱、起重機)是以米塞爾斯基^①所著的理論力學習題集為基礎的,但結合了船舶的具體工作條件而有所發揮。

有一部分習題所研究的裝置雖然目前在船舶上已經很少使用,但是通過這些習題(聯桅索、三輪復滑車)的解算,會使學生更好地理解 and 掌握力學上的種種定律。

有關平行六面體的翻轉、球體的滾動以及重心的位移等習題都是有助於學習某些專業課(例如船舶理論等)的,所以學生必須能解這些習題。

本書所收習題的內容和解法都和數學統一教學大綱相適應。靜力學方面的習題主要使用圖解法,或者利用中等數學來解算,僅僅在解復習題時,才需要中等航海學校數學教學大綱範圍內的高等數學知識(極大、極小等)。

① H. B. 米塞爾斯基著,理論力學習題集,蘇聯國立技術理論書籍出版社,1953年版。

在解动力学和运动学的某些习题(求速度、加速度、軌迹形状等)时,也需要数学教学大綱范围内的高等数学知識。由于高等数学的某些部分未包括在数学教学大綱中,所以在有些习题(压板式風力計)中援引了用初等方法,主要是圖解法来解复杂方程式的实例。

在解力学的某些习题(变力的功或力矩的功)时,需要积分学知識。但是也可以利用圖解法来求解,例如本書在解舵机所作的功这类习题时,就采用了这种方法。总之,作者广泛地利用了学生最易接受的直观方法——圖解法。

“簡單机械”和“材料力学”两部分的习题,全与船舶装置有关。

作者尽可能刪减了那些只要把数据代入已知公式就可以得解的习题。重要的是考虑如何使学生能發展他們的智慧,独立地去找最合理的解法并分析所得的結果,有时那些結果驟然一看会使人怀疑其正确性的(如物体的投擲、圓筒的滚动等)。

作者認為本习题集不仅可供学生使用,而且对于駕駛員也有用处,因为其中所选习题,有些是在教科書中所沒有提到的,但在实际工作中常会遇到。

所有对本习题集内容提出改进的意見和推荐有益于駕駛員的习题,作者都将接受并致以謝意。

作 者

目 录

序

静力学	1
1. 随变力系的合成和分解	6
2. 平行力和支承反力	20
3. 平面上的自由力系	20
4. 重心	40
5. 摩擦	40
6. 液体	56
7. 静力学复习题	60
运动学	72
1. 点的运动	74
2. 合成运动	84
3. 运动学复习题	91
动力学	99
1. 基本原理, 惯性力	102
2. 功和功率	110
3. 动能	117
4. 冲量和动量	126
应用力学	130
1. 简单机械	131
2. 传动	142
材料力学	148
1. 拉伸和压缩	149
2. 剪切和挤压	152
3. 扭转	154
4. 弯曲	154
5. 复杂抵抗	157

靜力学

符号

F, P, Q —力, 公斤或吨;

T —沿柔体作用的力;

R —合力;

U —平衡力;

α —二力間所成的角;

φ_1, φ_2 —力与合力間所成的角;

F_x, P_x, Q_x, T_x —各力在 X 軸上的投影;

F_y, P_y, Q_y, T_y —各力在 Y 軸上的投影;

$\Sigma x, \Sigma y, \Sigma z$ —諸力在 X, Y, Z 軸上的投影和;

m —力矩或力偶矩;

m_0 —对 O 点的力矩;

f —滑动摩擦系数;

f_k —滚动摩擦系数;

S —面积;

x_c, y_c —重心坐标;

OO_1 —重心位移;

m_x, m_y, m_z —对各軸的力矩。

基本定理和公式

作用于剛体的力的作用点, 如沿此力的作用綫移动, 則力对物

体的作用不变。

沿同一直线的二力,其合力等于二力的代数和。

互成角度的二力,其合力的矢量可用以该二力的矢量为边所成的平行四边形的对角线表示。

互成角度的二力,其合力等于该二力的矢量和:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2。$$

求二力的合力时,其公式为:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}。$$

求合力与分力间所成的角度时,其公式为:

$$\frac{F_1}{\sin\varphi_2} = \frac{F_2}{\sin\varphi_1} = \frac{R}{\sin(180^\circ - \alpha)}。$$

匯交于一点的諸力的合力,其大小与方向等于順次以这些力的矢量所圍成的多边形的封閉边(即由第一矢量的起点到最后一矢量的終点的联线——譯者)的大小与方向。

匯交于一点的諸力的合力,等于該諸力的矢量和:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n。$$

作用力与反作用力的大小相等,而方向相反。

支承反力

物体放在靜止的平面上时,反力的方向就是支承面的法线方向(圖 1)。

一物体与另一物体接触于一点时,反力的方向就是物体表面的法线方向(不考虑摩擦)(圖 2)。

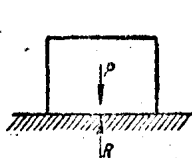


圖 1

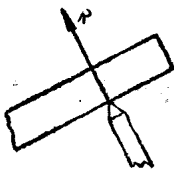


圖 2

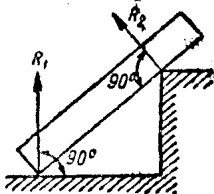


圖 3

物体搁在二面角的棱上时,反力的方向就是接触面的法线方向(圖 3)。

以軟繩懸吊物体时,反力的方向就是繩(或纜、鏈等)的方向(圖 4)。

物体搁在鉸鏈支座上时,反力的方向就是支承的方向(支座不計重量)(圖 5)。

圓筒狀和球狀鉸鏈中的反力通过鉸鏈中心(圖 6)。

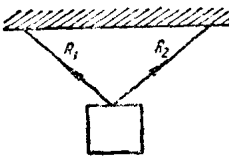


圖 4

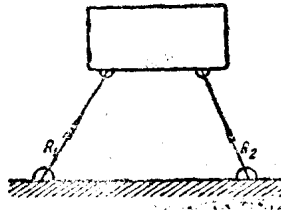


圖 5

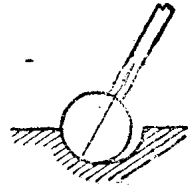


圖 6

力在坐标軸上的投影由下列公式決定:

$$P_x = P \cos \alpha。$$

諸力匯交于一点时的平衡条件:

$$\sum x = \sum P_x = 0, \quad \sum y = \sum P_y = 0。$$

对于一点的力矩,等于力与此点到力作用綫的距离的乘积。

同向二平行力的合力等于此二力的和,其方向也就是二力的方向:

$$R = F_1 + F_2; \quad R \parallel F_1 \parallel F_2。$$

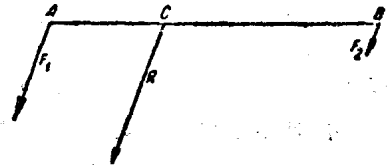


圖 7

其合力的作用点则把此二力間的距离分成与二力的大小成反比的三部分(圖 7):

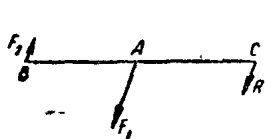
$$\frac{AC}{CB} = \frac{F_2}{F_1}。$$

反向二平行力的合力等于二力之差,其方向就是二力中較大

一力的方向:

$$R = F_1 - F_2; F_1 \parallel R \uparrow \downarrow F_2。$$

其合力的作用点在较大一力的外侧, 它把二力作用点间的距离外分为与二力的大小成反比的两部分(圖 8):



$$\frac{AC}{BC} = \frac{F_2}{F_1}。$$

諸平行力的平衡条件 (Y 軸与作用力的方向平行) 是

圖 8

$$\sum Y = F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0;$$

$$\sum m_0 = F_1 x_1 + F_2 x_2 + \dots + F_n x_n = 0。$$

諸平行力的中心的坐标, 可由下列方程式求出:

$$x_c = \frac{\sum (Fx)}{\sum F}; \quad y_c = \frac{\sum (Fy)}{\sum F}。$$

力偶矩等于构成力偶的一力与力偶臂相乘的积:

$$m = Fh。$$

力偶的平衡条件:

$$\sum M_0 = 0。$$

平面力系的平衡条件:

$$(1) \sum X = 0; \sum Y = 0; \sum m_0(F) = 0;$$

$$(2) \sum X = 0; \sum m_A(F) = 0; \sum m_B(F) = 0;$$

$$(3) \sum m_A(F) = 0; \sum m_B(F) = 0; \sum m_C(F) = 0。$$

同时 A, B, C 三点不在一直线上。

有对称轴的物体的重心在对称轴上。

三角形的重心在三角形中线的交点上。

圆弧的重心在该弧的对称线上, 它与圆心的距离 OC 为

$$OC = R \frac{\sin \alpha}{\alpha},$$

式中 α 是角度, 它等于弧所对中心角的一半。

复杂形状的面积重心可由下列公式求出：

$$x_c = \frac{\sum(Sx)}{\sum S}; \quad y_c = \frac{\sum(Sy)}{\sum S}。$$

滑动摩擦力：

$$F_1 = fN。$$

对于某些物体的滑动摩擦系数：

青铜对铁.....	$f=0.19$
钢对钢.....	$f=0.15$
金属对橡木.....	$f=0.62$
橡木对橡木(顺纤维).....	$f=0.62$
橡木对橡木(横纤维).....	$f=0.54$
皮带对橡木滑轮.....	$f=0.47$
皮带对铸铁.....	$f=0.28$
麻绳对铸铁.....	$f=0.30$
石或磚对磚.....	$f=0.50-0.73$
石对铁.....	$f=0.42-0.49$
石对木.....	$f=0.46-0.60$
罐巴比特合金的轴承.....	$f=0.01$ (有润滑油)

滚动摩擦力：

$$F_2 = \frac{f_k N}{r}。$$

对于某些物体的滚动摩擦系数(r 以公分表示)：

木对木.....	$f_k=0.05-0.06$
软钢对软钢.....	$f_k=0.005$
木对钢.....	$f_k=0.03-0.04$
淬火钢滚珠对钢.....	$f_k=0.001$

作用于卷筒上的软绳的诸力,其平衡条件为

$$Q = Pe^{\alpha},$$

式中, Q —作用在软绳一端上的力,公斤;

P —软绳另一端的拉力,公斤;

α —軟繩繞在卷筒上的角度,弧度。

諸力在空間的平衡条件:

$$\sum X = 0; \sum Y = 0; \sum Z = 0;$$

$$\sum m_x = 0; \sum m_y = 0; \sum m_z = 0。$$

1. 匯交力系的合成和分解

1. 一拖輪拖帶三条駁船,一条接着一條(圖 9)。水对第一、二、三条駁船的阻力各为 900 公斤、700 公斤、600 公斤;水对拖輪本身的阻力为 1100 公斤。求拖輪所需的推进力和拖纜的拉力。

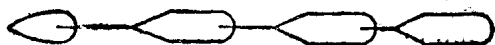


圖 9

[答] 3300 公斤; 2200 公斤。

2. 船用鍋爐的安全閥,其构造如圖 10 所示。蒸汽压力从下方作用于閥盘 A,要把它頂开,而彈簧 B 的作用力則与此相反,从上方把閥压向閥座。閥盘的直徑是 50 公厘,蒸汽的压力是 10 公斤/公分²,彈簧的压力是 216.5 公斤。求尚需增加多大压力才能把閥頂开。

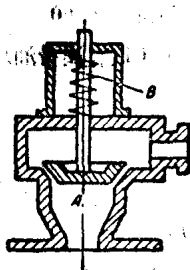


圖 10

[答] 20.3 公斤。

3. 水手站在甲板上利用桅上的定滑車起貨(圖 11)。水手的体重是 64 公斤。求: (1) 水手在起 50 公斤重的貨物时,他本身对甲板的压力多大; (2) 水手所能起动的最大荷重是多少; (3) 在前两种情况下,系結滑車的繩子受力多大。

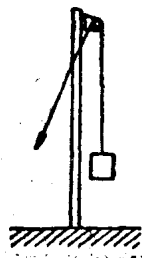


圖 11

[答] (1) 14 公斤; (2) 64 公斤; (3) 100 公斤和 128 公斤。

4. 船用双缸泵的汽缸活塞与水缸活塞装在同一連杆的两端

(圖 12)。已知: (1) 水缸活塞的直徑是 120 公厘, 汽缸活塞的直徑是 140 公厘, 蒸汽压力是 10 公斤/公分², 水在导管中的压力是 11.5 公斤/公分²; (2) 水缸活塞的直徑是 160 公厘, 汽缸活塞的直徑是 110 公厘, 蒸汽压力是 6 公斤/公分², 水的压力是 2.2 公斤/公分²; (3) 如果水缸活塞的直徑是 D_1 , 汽缸活塞的直徑是 D_2 , 水的压力是 p_1 , 蒸汽压力是 p_2 (活塞背压不計), 求活塞的推动力, 并导出求推动力 Q 的通式。

[解] (3) 推动力等于两活塞的压力差, 即

$$Q = \frac{\pi D_2^2}{4} p_2 - \frac{\pi D_1^2}{4} p_1。$$

[答] (1) 22.9 公斤, (2) 127.8 公斤。

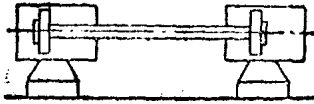


圖 12

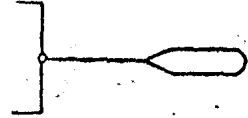


圖 13

5. 水手站在舢舨上, 以 30 公斤的力拉着系在碼頭纜樁上的繩子, 使舢舨靠岸 (圖 13)。如果繩子不是系在纜樁上, 而由站在碼頭上的另一个水手也以 30 公斤的力拉着。問使舢舨前进的力量变不变? 如果两个水手都站在舢舨上拉着系在纜樁上的繩子, 問使舢舨前进的力量多大?

[解] 把纜樁对繩子的 30 公斤的反作用力換成人拉的同样大小的力, 則繩子所受的力并不改变, 即与作用在舢舨上的力相同。

[答] 不变; 60 公斤。

6. 吊貨索通过系在吊杆頂端的滑車后, 其方向与吊杆平行 (圖 14)。求: (1) 作用于滑車系繩上的力 F , 如果吊貨鉤的吊貨量 $Q = 3$ 吨, 吊杆与水平所成角度 $\alpha = 50^\circ$; (2) 对于滑車系繩所受的力与吊杆傾角的通式; (3) 滑車系繩的最大負荷, 如果吊杆傾角

的变化是在与水平成 $10^\circ - 80^\circ$ 角的范围内。

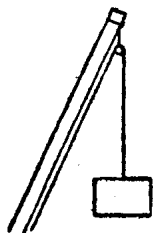


圖 14

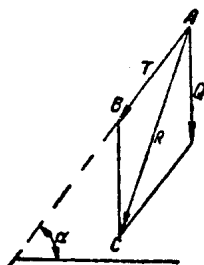


圖 15

[解] 如圖 15, 滑車系繩所受的力是貨重 Q 与吊貨索反作用力 T 的合力。由三角形 ABC 求得

$$R = \sqrt{Q^2 + T^2 - 2QT \cos(90^\circ + \alpha)},$$

如果

$$Q = T,$$

則

$$R = \sqrt{Q^2 + Q^2 + 2Q^2 \sin \alpha} = Q \sqrt{2(1 + \sin \alpha)}$$

或

$$\frac{R}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{Q}{\sin\left(\frac{90^\circ - \alpha}{2}\right)},$$

但

$$\sin(90^\circ + \alpha) = \sin(90^\circ - \alpha) = 2 \sin \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cos \frac{90^\circ - \alpha}{2},$$

所以

$$\begin{aligned} R &= \frac{2Q \sin \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cos \frac{90^\circ - \alpha}{2}}{\sin \frac{90^\circ - \alpha}{2}} = \\ &= 2Q \cos \frac{90^\circ - \alpha}{2}. \end{aligned}$$

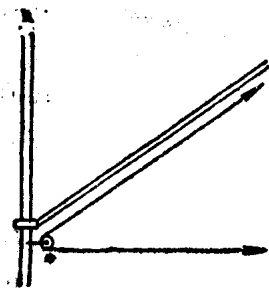


圖 16

7. 吊杆下部的滑車固定在桅

脚上(圖 16), 吊貨索从絞車以水平

方向通到此滑車, 过滑車后便与吊杆平行。如果吊貨索的受力为

$Q=3$ 吨, 而吊杆与水平所成的角 α 变化在 $10^\circ--80^\circ$ 間。求滑車系繩負荷 R 与吊杆傾角的关系; 并求当吊杆成怎么样的傾角时, 滑車系繩上的負荷达到最大及这个最大的值。

【答】当傾角 α 为 10° 时負荷最大; $R=5.97$ 。

8. 以絞車收纜, 并設一开口滑車使纜成所需要的方向(圖 17)。假如絞車的拉力 $P=5$ 吨, 而纜經過开口滑車后与原来方向成 90° 角, 試求开口滑車系繩的拉力 T 。

【答】 $T=7.07$ 吨。

9. 作用在船罗經的磁針上有二力: 一为地磁力 $P_1=0.20$ CGS 制單位, 一为与艙艙面平行的貨物磁力, 此力的水平分力 $P_2=0.06$ CGS 制單位, 它使磁針偏离了子午綫方向(圖 18)。求当航向为北、北东、东时磁針的偏离角度, 并导出航向与子午綫成 γ 角时求磁偏角 α 的通式。

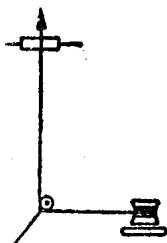


圖 17

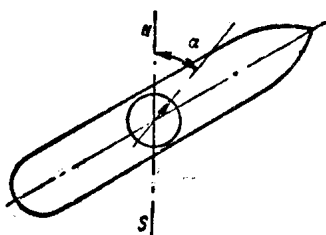


圖 18



圖 19

【解】1. 圖解法(圖 19)。沿鉛直綫方向(北)引地磁作用于磁針的力 P_1 。由力 P_1 的作用点引貨物对磁針的作用力 P_2 , 并与 P_1 成 γ 角。作出其合力。合力与鉛直綫所成的角 α 就是所求的偏角。

2. 解析法。从三角形 OAB 中得

$$\frac{P_2}{\sin \alpha} = \frac{P_1}{\sin(\gamma - \alpha)},$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\sin(\gamma - \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{\sin \gamma \cos \alpha - \cos \gamma \sin \alpha}{\sin \alpha} =$$

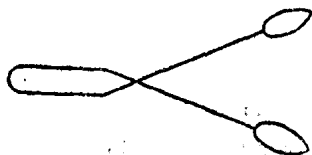
$$= \sin \gamma \operatorname{ctg} \alpha - \cos \gamma,$$

由此得

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{P_1 + P_2 \cos \gamma}{P_2 \sin \gamma}.$$

[答] $\alpha = 0$; $\alpha = 8^\circ 33'$; $\alpha = 15^\circ 15'$.

10. 两拖轮拖一货船出港, 其拖力各为 $T_1 = 4$ 吨, $T_2 = 3$ 吨,



而其拖缆与货船的船艏面所成的角各为 15° 和 18° (图 20)。求拖动此货船的合力 P 及此力与货船船艏面所成的角度。

图 20

[答] $P = 6.7$ 吨; $\alpha = 1^\circ$ 。

11. 吊杆与桅在 A 点由铰链连接, 吊杆吊有重量为 $Q = 2$ 吨的货物, 这吊杆连同其所吊货物又被通过桅端上滑车 B 的端吊索吊起 (图 21)。吊杆与桅成 α 角, 与端吊索成 β 角。已知: (1) $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 90^\circ$; (2) $\alpha = 20^\circ$, $\beta = 60^\circ$; (3) $\alpha = 80^\circ$, $\beta = 50^\circ$ 。求吊杆所受的力 P 与端吊索的拉力 T (摩擦不计)。

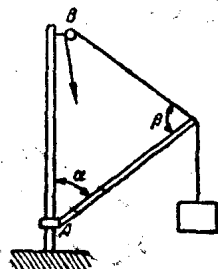


图 21

[答] (1) $P = 1.37$ 吨; $P = 1.48$ 吨。

12. 为了加速装卸货物, 把一根吊杆装在舱口上方, 另一根伸出舷外, 两杆的吊索共系一吊钩。工作时, 一根吊杆先把货物吊起, 而后放松这一吊索, 收另一吊索, 把货物移到另一根吊杆之下, 然后卸下。如果货物处在两吊杆之间, 两吊索所成的角 α 为 40° 、 60° 、 90° 和 120° , 货重 $P = 5$ 吨 (图 22)。求吊索所受的拉力。

[答] (1) 2.6 吨; (4) 5 吨。

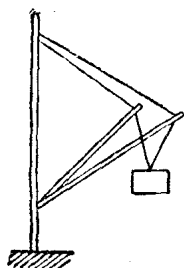


圖 22

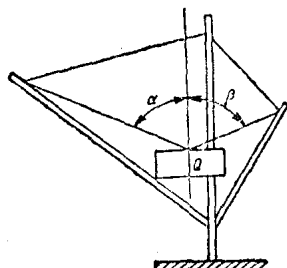
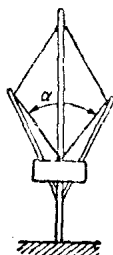


圖 23

13. 上題如用两根吊杆起 5 吨重的貨物，当貨物由一吊杆向另一吊杆移动时，其两吊索与铅直線所成的角各为 α 和 β (圖 23)。求两吊索的荷重 T_1 与 T_2 ，設已知：(1) $\alpha=0^\circ$, $\beta=40^\circ$; (2) $\alpha=15^\circ$, $\beta=35^\circ$; (3) $\alpha=30^\circ$, $\beta=30^\circ$; (4) $\alpha=0^\circ$, $\beta=80^\circ$; (5) $\alpha=30^\circ$, $\beta=60^\circ$; (6) $\alpha=60^\circ$, $\beta=60^\circ$ 。

[解] 1. 圖解法。沿鉛直線方向画两个作用力，根据吊索的方向作成角度 α 与 β 。把作用力 Q 沿吊索方向分成两个分力，就得到所求的拉力 T_1 与 T_2 (圖 24)。

2. 解析法。由力三角形 OAB 得

$$\frac{T_1}{\sin \beta} = \frac{T_2}{\sin \alpha} = \frac{Q}{\sin(\alpha + \beta)},$$

于是就有

$$T_1 = \frac{Q \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; T_2 = \frac{Q \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

[答] (2) $T_1=1.7$ 吨; $T_2=3.6$ 吨。

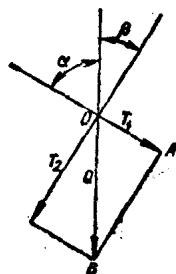


圖 24

14. 为了給一艘船立桅，把这船停放在另外两船之間，另外两船的桅上各装有滑車 A (圖 25)。把要安装的桅用通过两滑車引出的繩索来悬吊并进行安装。假如繩間所成的角 α 是 90° 、 120° 、 150° 和 160° ，而桅重是 200 公斤，試求繩所受的拉力。

[答] (1) 141 公斤; (2) 200 公斤。

15. 两个桶各用長 1.5 公尺的吊桶繩吊着。桶的直徑为 800