

紅專大學函授教材

工 程 力 學

第 一 冊

剛體靜力學

(初 稿)

天津大學理論力學教研室編

高 等 教 育 出 版 社

本書是天津市紅專廣播函授大學用的“工程力學”教材，內容包括理論力學和材料力學兩大部分。

這本第一冊的內容是理論力學部分的剛體靜力學，共分八章，敘述了靜力學的基本概念，各種平面力系，摩擦，空間力系及重心等問題。書中有不少例題，每章之末均附有習題。

本書除可供紅專大學教學之用外，尚可供其他類型的學校，如業餘學校及半工半讀學校，作為教材。採用本書作為自學的材料也很相宜。

紅專大學函授教材
工 程 力 學
第一冊（初稿）

天津大學理論力學教研室編

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第054）

人民教育印刷廠印刷 新華書店發行

統一書號15010·579 開本 850×1168 1/32 印張21 1/8

字數71,000 印數3001—13000 定價（10）¥0.38

1958年11月第1版 1959年1月北京第2次印刷

目 录

緒論	1
第一章 靜力学的基本概念及公理	5
§1. 剛体的概念 §2. 力的概念 §3. 靜力学的基本定义及公理 §4. 約束及約束反作用力 習題一.	
第二章 平面匯交力系	15
§5. 平面匯交力系合成的几何法 §6. 力的分解 §7. 力在軸上的投影 §8. 平面匯交力系合成的分析法 §9. 平面匯交力系的平衡条件 習題二.	
第三章 平面平行力系	27
§10. 同向及反向兩平行力的合成 §11 力对点之矩·伐里賽定理 §12. 諸平行力的合成·平面平行力系的平衡条件 習題三.	
第四章 平面力偶系	38
§13. 力偶的定义·力偶矩 §14. 平面力偶互等定理 §15. 平面力偶的合成 §16. 平面力偶系的平衡条件 習題四.	
第五章 平面力系	43
§17. 力的平移 §18. 平面力系的簡化及合成 §19. 平面力系的平衡条件 §20. 靜不定問題的概念 §21. 物系平衡 習題五.	
第六章 摩擦	58
§22. 滑动摩擦 §23. 有摩擦力存在的物体平衡問題 習題六.	
第七章 空間力系	63
§24. 一力沿空間坐标軸的分解 §25. 空間匯交力系的合成与平衡 §26. 力对軸之矩 §27. 空間一般力系的平衡条件 §28. 空間平行力系的平衡方程式 習題七.	
第八章 重心	72
§29. 平行力系中心 §30. 重心·重心坐标的普遍公式 §31. 簡單各形与物体的重心 §32. 組合形体的重心 習題八.	

第一部分 理論力学

緒 論

在整个自然界客观存在着各种各样的物質。一切物質都按照它自己具有的規律不断地發展和变化着,或者說,一切物質都在繼續不断地运动着。恩格斯就曾經說过:“运动是物質的存在形式,物質的固有屬性,它包括宇宙中所發生的一切变化和过程,从簡單的位置变动起直到思維止。”

由此可知,物質运动的形态是多种多样而且極其复杂的。有簡單的运动形态,例如物質在空間位置的变化;也有高級的复杂的运动形态,例如分子运动,化学变化,电磁現象,生物的生長,發育与死亡,人腦的思維活动等等。由于运动形态的不同,物質就各有自己的特殊規律,因而,我們用来描写和研究这些不同形态运动的方法也就各有不同。

力学是研究物質运动的最簡單形态——机械运动的科学。所謂机械运动是指一个物体相对于另一物体,或者是一个物体的某些部分相对于其他部分在空間位置的变化。这种变化在我們周圍,随时可以遇到。例如:各行星圍繞太陽的运动,地面上各种車輛的运动,工厂矿山中各种机器的运动以及水和空气的流动等等。因而,不难想到,力学对現代自然科学和工程技术起着相当巨大的作用。

我們研究这样一門科学的目的,不仅在于了解机械运动的規律,而是在于更好地掌握这种运动規律来用它为人类服务。所以,很好地學習本門科学是非常必要的。特別是我們处在一天等于二十年这种偉大的时代里,自从党中央提出鼓足干劲、力爭上游、多

快好省地建設社会主义的总路綫以后,在全国范围内,已經广泛地开展了技术革命,在技术革命中提出來需要解决的問題越来越多而且越加复杂。因此,就要求我們具有足够的力学的知識,來幫助我們認識客觀事物的規律,进一步提高我們的工作,作出更多的發明与創造。同时,也使我們自己的理論知識与产生实际知識更加充实,很快地成为一个具有高度思想觉悟并掌握科学技术的劳动者,在建設社会主义中發揮更大的作用。

但是,应该指出,力学正如其他科学一样,全部理論知識,都是来自实践,是几千年来劳动人民智慧的结晶与总结。書本上沒有的知識,仍然非常丰富,因而,就需要我們在应用已有的理論去解決問題时,繼續不断創造新的理論,从实践中去繼續發現新的規律,更好地为生产服务。

从力学的发展中可以清楚的看到:任何一門科学的發生与发展,是与生产密切相联系的。因为人类在生产实践中,天天要接触到机械运动,而且必須掌握有关机械运动的知識,所以力学在各种自然科学中是發展得最早的。

在我們偉大的祖国,关于力学理論,远在春秋战国时代,墨子对于力的概念以及杠杆原理就有了正确的論断。在天文方面,汉代張衡創造發明了測量地震的候風地动仪和其他許多觀察天文的仪器;在水利方面,大禹治水,战国秦昭王,惠王(公元前三百年左右)时,偉大的水利学家李冰父子修建都江堰,隋代开凿南北大运河,都是偉大的水利工程。在机械方面,指南車、配里鼓車的發明,以及很早就广泛地利用杠杆、水磨、風車、滑車与輪軸等;在建筑方面,著名的万里長城,无数雄偉壯丽的宮殿与桥梁的建筑等;从这些簡略的介紹中,可以看到我們祖国的人民,不仅非常勤勞勇敢,而且具有高度智慧与發明創造的天才,在力学各个方面,早就积累了丰富的經驗与知識。可是,由于几千年来封建統治,不合理的社会制度束縛了生产力的發展,使得我国劳动人民的可貴經驗得不到系

統的總結與提高，以致中國的科學技術發展受到了極大的阻礙，自從新中國誕生以來，在偉大的中國共產黨和毛主席的英明領導下，我國科學的發展受到了極大的鼓舞與關懷，生產不斷的發展提高，勞動人民的智慧得到充分的發揮，就拿去冬今春全國範圍內大搞水利以及在农村廣泛開展的農具改革運動與現在正在繼續進行的技術革命，都能很好的說明，我國勞動人民是具有豐富的科學知識與勞動勇敢的精神的。我們確信，我國的科學技術（包括力學在內）與工農業生產一定能用比十五年更少的時間趕上並且超過英美帝國主義。

在別的国家里，力學發展可綜述如下：象古代埃及的金字塔等巨大建築中，人們需要搬運和提升很大的重物，因而人們對於簡單機械的運用具有一定的經驗與知識。在力學理論的建立方面，值得提出的是阿基米德（公元前287—212年）在靜力學理論方面有很大的貢獻。他證明了杠杆定律，發現了浮力定律，研究了物體的重心等問題，並且發明了許多機器，其中有螺旋取水機，靜力學可以認為是由阿基米德奠基的。

在中世紀時，由於封建主義以及宗教神權的統治，在歐洲科學發展處於停滯狀態，力學當然也不例外。以後，資本主義商業開始發達；手工業與航海事業有了發展。社會生產力的發展，就向一切科學提出許多亟待解決的問題，這就給科學首先是力學提供了進一步發展的必要條件，在解決問題中，就有力地促進了力學的發展。

在這個時期有許多偉大的科學家對力學有著重要的貢獻。大科學家哥白尼（1473～1543）創立了太陽中心說。後來開普勒（1571～1630）歸納成的著名的行星運行三大定律。伽利略（1564～1642）首先開創重視實際實驗的方法去研究力學，他發現落體運動定律和建立動力學的基本定律——慣性定律，並且研究拋物體運動等等，奠定了動力學的基础。以後，偉大科學家牛頓（1642～

1727),集前人在力学方面知識的大成总结出动力学基本定律和万有引力定律,奠定了古典力学的基础。

自牛頓以后,力学發展非常迅速,直到二十世紀,由于航空事业以及其他工业建設的飞速發展,彈性力学、流体力学以及空气动力学等都有了很大發展,并且获得了巨大的成就。在这个时期中,俄国及苏联的科学家,向全世界作出了光輝的貢獻。

在俄国及苏联科学家中,應該提到的有被譽称为“俄罗斯航空之父”的尼·叶·儒可夫斯基教授(1847~1921)以及院士薛·阿·查普雷根、阿·尼·克雷洛夫和薄·格·伽辽尔金等人的巨大成就。

十九世紀末叶以来,由于物理学的进一步發展,有很多复杂的物質运动問題,不能引用古典力学的运动規律来加以解釋。爱因斯坦(1879~1955)提出了相对論原理,产生了新的相对論力学,对古典力学的基本定律起了根本的变革,使力学可以适用于接近光速的物体的运动。古典力学虽然被扩展和修正,但是仍然有其实用的价值,特別是在一般工程技术中,物体运动在普通速度的情形下,用相对論力学計算的結果与用古典力学理論所計算得的结果没有什么显著的差別。只有在物体运动速度大到接近于光速(300000公里/秒)时,才有差別。因而在普通工程技术中,皆用古典力学理論解决問題,較為簡便。

由上面力学發展史,可以得出两点結論:(1)力学是生产实践的結晶,它的进展是許多經驗的累結和整理。并非科学家單純孤立地創造;(2)科学的發展(包括力学在內)与社会制度有关,黑暗的社会使科学停滯,光明的社会使科学跃进。

現在所講授的工程力学,包括两部分,第一部分为理論力学,第二部分为材料力学。理論力学又分为三个内容,即靜力学、运动学、动力学。靜力学研究有关物体平衡問題,运动学系从几何观点研究机械运动,动力学研究力与运动的关系。材料力学專研究作

用力与形变之关系。

静力学

第一章 静力学的基本概念及公理

§ 1. 刚体的概念

理论力学的第一部分——刚体静力学——是研究作用于刚体上力的平衡的问题。其中包括两部分：1)将作用于刚体上的已知力系代换为一与之互等的力系；2)刚体在外力作用下处于静止状态的一般条件的推导和应用(作用于刚体上之力的平衡条件)。

在静力学中，我們講到物体的静止，系指相对于地球来说，这个物体的位置是不变的。此外，在静力学中，我們經常遇到的基本概念是刚体的概念与力的概念。

如物体中各点间的距离在任何情形下都保持不变，则这种物体称为刚体。也就是说，在任何条件下，刚体的几何形状永远不变。在静力学中，一般的固体就被认为是刚体。正如大家所知道的，这样理想的刚体，实际上是不存在的，只要在相当条件下，物体或多或少总有变形，例如：金属杆在两端受拉力或压力的情形下，它就要有少许伸长或者缩短；放在两支座上的钢梁，在梁上加以重物，就能使梁弯曲。但是，在以后我們仍旧把物体看成为刚体，理由有二：1)如果在实际问题中，物体的形变不大(这是工程上常有的情形)，对研究的问题，不起决定性的作用，形变在初步近似的情形下可以不予考虑；2)把研究的物体看成刚体，就大大地简化了力对物体的作用以及力所处的平衡条件的研究。只有在研究过刚体静力学以后，才能进一步去研究关于变形体平衡的复杂

問題。

4.2. 力的概念

力的概念是力学基本概念之一。我們对于力的認識最初是从举起重物或者抛擲石塊等由于肌肉緊張收縮的感觉而获得的。例如：用手推車或者用脚踢足球时，手上或脚上会有一种对这些物体施力的感觉，同时我們看到，被推的車或被踢的足球，可以从靜止变为运动，也可从某一速度变为另一种速度。以后，从我們日常生活中对周圍事物的观察，我們逐漸發現，不仅肌肉可以施力，而且两个物体也可相互作用而改变靜止状态或改变速度。例如，火車車廂制动时，由于鉄軌对車輪的摩擦，它的速度逐漸变小，最后变为零，物体向地面落下时，由于地球的吸引力其速度將逐漸增加；棒击壘球时，不仅改变壘球速度的大小，而且改变了它运动的方向。由于上述这些例子以及在日常生活中的許多經驗，我們进一步体会到力的概念。把这些观察得到的現象加以归納，我們得到力的概念如下，即：甲物体对乙物体的作用，其結果使乙物体發生运动状态的改变，这种作用，在力学中称为甲物体对乙物体所加的“力”。

在这里我們应该提出的，远在春秋战国时代，我国偉大的科学家墨子(公元前 468~376 年)在他所著的“墨經”中写道：“力，形之所以奋也”。形字表示物体，奋字表示由不动变为动，因此墨子的意思是說，作用在物体上的力，使物体由靜止变为运动，可見在两千多年以前，我們的古代科学家已經从实际观察中，初步認識了力的概念。可是比較晚一些的年代里，希腊著名的哲学家亞里斯多德(公元前 385~322)，还錯誤地認為力是維持物体速度的原因，这种不正确的概念沿襲到十六世紀，經意大利学者伽利略的實驗才認識到，作用在物体上的力，不是維持速度的原因，而是改变速度的原因。

从力的概念中，我們應該強調指出，力不是脫离物質而存在的

抽象概念，力是由物質產生的，沒有物質也就沒有力，例如，地心引力、蒸汽壓力、彈簧的彈力等等。其次力的作用是改變物體運動狀態的原因。

在理論力學中，我們只研究物體上受力的作用所產生的效果，不需要考慮力的物理本質，也就是說，作用在物體上的力究竟是重力、蒸汽壓力、或者是帶電體的引力與斥力等等，我們並不需要考慮。

由實驗得知，力對物體的作用——由於它而引起物體運動狀態的改變——完全決定於下列三個因素：1)力的作用點；2)力的方向；3)力的大小。

力的作用點為物體上受力所直接作用的部分。力的方向即為靜止質點^①在此力作用下所產生的運動的方向。力所順沿的綫稱為力的作用綫。

力的大小的靜力學測量方法，是把它和某一被定為單位的力相比較。在工程單位制中力的單位定為1公斤。1公斤的力是指在緯度為 45° 的海平面上，一塊鉑銻合金制的圓柱體(原器)受到地球的引力的大小。這個原器保存在巴黎附近的國際度量衡局中。通常我們用的測力計是彈簧秤，它是根據彈簧伸縮的原理製成的，在相等大小的力的作用下，彈簧產生相等的伸長或縮短。在力學中，我們常遇到兩種物理量，一種量只有大小，如長度、溫度等，我們稱之為無向量；另一種量，不僅有大小，而且有方向如：速度、加速度，等等，我們稱之為向量。

由於力對物體的作用不僅決定於它的大小，同時還決定於其方向，因此，力是向量。

表示一力有兩種方法。在圖解中，力用一有向綫段 $\overline{AB}$ 表示之(圖1)。此綫段的始點A為力的作用點；綫段的長度按一定的

^① 在力學中，質點這個名詞，應該理解為沿任何方向之度量均為極小的物體，但是它仍有一定大小的質量。

比例表示力的大小,按照圖 1 上的比例,量得力的大小等于 4.5 公

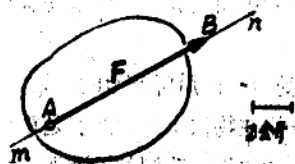


圖 1.

斤;綫段上的箭头表示力的方向;与 AB 重合的直綫 mn 是力的作用綫。在論述中,常用黑体字 F 或用加箭头的白体字 $\vec{F}$ 表示之;如不加箭头而仅为 F ,那么只能表示力的大小。

§ 3. 靜力学的基本定义及公理

如果同时有若干力作用于一个物体上,則这些力合称为力系。

若有一力系作用在一物体上,物体保持靜止或不改变此物体原有的运动状态,則此力系称为平衡力系。平衡力系中的任一力对于其余的力來說称为平衡力。

設有甲、乙两力系,已知在甲力系作用下物体处于靜止或者具有某一运动,若换成乙力系作用于該物体,物体仍然处于靜止或者具有与在甲力系作用下相同的运动,則甲、乙两力系称为互等力系。如已知力系和一个力互等,則这个力称为該力系的合力,而力系中的每一力称为这个力的分力。

根据人們長期地对周圍事物的相互作用的效果的观察和分析,人們發現了关于力的作用效果方面的一些最根本的規律。这些規律表述成下面的一些公理。而这些公理,則构成了整个靜力学的基础。

公理 1 欲使作用于同一剛体的两力平衡,其必要与充分的条件为:此两力大小相等,并在两作用点的連綫上而方向相反。

公理 2 在已知力系上附加一任意平衡力系,或从其中取出任意平衡力系,并不改变此力系对物体的作用。

推論 可以将已知力沿其作用綫移至任何点而不改变此力对于物体的作用。

証明 設力 F 作用于物体上一点 A (圖 2, a)。在这力的作用綫上任取一点 B , 并在此点加上两个大小相等的, 方向相反并且与 F 在同一作用綫上的两个力 F_1 与 F_2 , 并讓 $F_1 = F_2 = F$ (圖 2, b)。因为 F_1 与 F_2 組成平衡力系, 根据公理 2, 加上平衡力系并不改变力 F 对物体的作用。但是, 从另一方面看, F 与 F_2 亦符合于二力平衡的条件, 也是平衡力系, 因而根据公理 2 可以将 F 与 F_2 去掉, 即成为如 (圖 2, c) 所示, F_1 作用在 B 点, 与 F 力的效果互等。这就是所需要証明的。如用等式表示, 則:

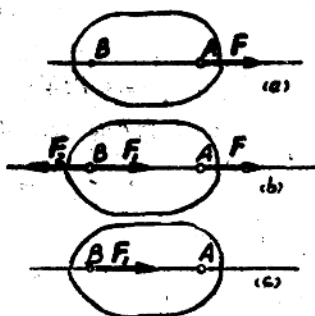


圖 2.

$$(F, F_1, F_2) \equiv F$$

$$(F, F_1, F_2) \equiv F_1$$

$$\therefore F \equiv F_1$$

式中 (F, F_1, F_2) 表示这三力組成的力系; “ $\equiv$ ” 表示二者对物体的作用互等的意思。

由上述所得出的力的性質, 称为力的可傳性, 正是由于这样的性質, 所以我們在說明一个力时, 不必明确指出其作用点, 而仅說明其作用綫的位置即可。

必須注意, 公理 2 及推論, 只适用于剛体。

公理 3 作用于物体某点的两力, 其合力的大小和方向, 由这两力所組成的平行四边形对角綫表示之。而这合力的作用綫, 則通过該

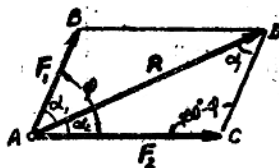


圖 3.

二力的作用点(这就是力的平行四边形規則)。

如圖(3)所示, 已知兩力 F_1 与 F_2 及其合力 R 。根据三角學中的余弦定律, 从三角學 ADC 中得:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(180^\circ - \varphi)}$$

但 $\cos(180^\circ - \varphi) = -\cos \varphi$ 故

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \varphi} \quad (1)$$

用此公式可求出合力 R 的大小。此合力的方向, 可根据正弦定律, 得

$$\frac{F_1}{\sin \alpha_2} = \frac{F_2}{\sin \alpha_1} = \frac{R}{\sin(180^\circ - \varphi)} \quad \text{因 } \sin(180^\circ - \varphi) = \sin \varphi$$

由此得: $\sin \alpha_1 = \frac{F_2 \sin \varphi}{R}$, 与 $\sin \alpha_2 = \frac{F_1 \sin \varphi}{R}$ (2)

由公式(2)可确定 α_1 及 α_2 的大小, α_1 或 α_2 一經确定, R 的方

向也就确定。在特殊情形中, 如 F_1 与 F_2 兩力方向相同时(圖4), 則 $\varphi = 0$, $\cos \varphi = 1$, 根据公式(1)不难得到:



圖 4.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cdot 1} = \sqrt{(F_1 + F_2)^2} = F_1 + F_2$$

也就是說, 同作用綫同向兩力的合力, 它的大小等于二力之和, 方



圖 5.

向与分力 F_1 及 F_2 的方向相同。如兩力方向相反时(圖5), 則兩力的夹角 $\varphi = 180^\circ$, $\cos 180^\circ = -1$, 根据公式(1)可得:

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2} = \\ &= \sqrt{(F_1 - F_2)^2} = F_1 - F_2 \end{aligned}$$

(此处 $F_1 > F_2$)

由此可知, 合力 R 的大小等于二力之差, 其方向与較大的一分力方向

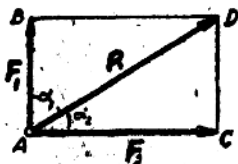


圖 6.

相同。圖(5)所示合力的方向应与 F_1 的方向相同。

如 $\varphi = 90^\circ$ (圖 6), 即 F_1 与 F_2 两力互相垂直, 則按公式(1)得:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 90^\circ} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

其次, 由直角三角形 ADC 中, 可知

$$\tan \alpha_2 = \frac{F_1}{F_2}; \quad \alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1$$

合力的大小及方向就完全确定。

由于上述这些討論, 可知合力的大小不仅与分力之大小有关, 并且与此两分力的夹角有关。

推論 如果在同一平面內的三个不平行力互相平衡时, 則其作用綫必匯交于一点。

証明 設有三个互相平衡的力 F_1 、 F_2 与 F_3 作用于同一物体上的 A_1 、 A_2 与 A_3 点(圖 7)。延長 F_1 与 F_2 的作用綫至其交点 B ; 将 F_1 与 F_2 移至 B 点, 并按照平行四边形規則, 得其合力 R 。用 R 代替 F_1 与 F_2 的作用, 現在作用在物体上只有两个力 R 与 F_3 。根据已知条件, 物体处于平衡状态, 故这两力大小必須相等, 在同一直綫上而方向相反(公理 1)。因此, F_3 的作用綫必定与 R 的作用綫重合并通过 B 点。所以 F_1 、 F_2 、 F_3 三力作用綫必匯交于一点。

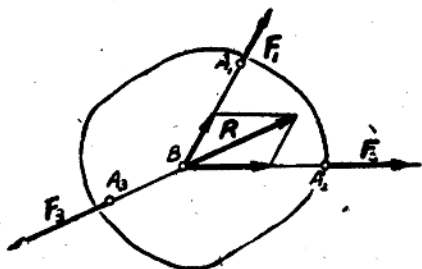


圖 7.

公理 4 对应于任何作用力, 总是同时有与之大小相等, 方向相反的反作用力存在。

应该指出：作用力与反作用力永远是施于两个不同的物体上的两个力。如图 8，物体 A 给 B 以 F 力的作用，则 B 物体给 A 以 F' 的反作用。不能与公理 1 混同起来，因为公理 1 是指同一物体

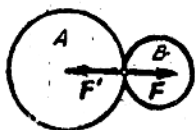


圖 8.

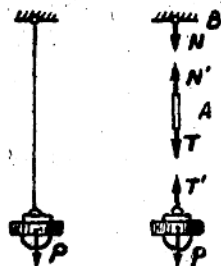


圖 9.

上受两个力，作用与反作用不在同一物体上，因此，不能說成是互相平衡。为了更好地了解，再举一例如图 9 所示，电灯受地心引力 P 的作用，与此同时，电灯给地球以反作用 P' （圖上未画出）。由于电灯挂在电綫 A 上，给电綫 A 以作用力 T 则电綫 A 给灯以反作用力 T' ；同样，电綫的上端给天花板 B 以作用力 N ，天花板则给电綫 A 以 N' 的反作用力。圖上的 T 、 T' 是作用与反作用的关系，不能說成二力平衡。但就电灯一个物体受到的重力 P 与綫的拉力 T' ，使灯处于静止状态而言， P 与 T' 可以說成是二力平衡。

§ 4. 約束及約束反作用力

如已知物体在空間所有的方向都可以作位移，則此物体称为自由体，如果物体处于某些限制下，由于这些限制，使物体在某些方向的位移变为不可能，則这种物体称为不自由体。例如：挂在天花板上的电灯，要想落下就不可能，除非我們破坏限制它下落的电綫。同样放在一平面上的物体，只能在平面上运动，它不可能进入到平面里面去。象电灯及平面上的物体都是不自由体，而阻碍着物体运动的限制，在靜力学中我們称它为約束。在靜力学中所遇到的約束，是由于該物体相連系或是相接触的物体所造成的。約束作用于物体上并阻碍着物体在某些方向运动的力称为这約束的

反作用力或简称约束反力。

约束反作用力的方向，与约束所阻碍的物体运动的方向刚好相反。在工程实用上，最常见的约束有下列几种。

1) 光滑面约束 在这一种约束下，物体沿着光滑面的表面方向可以运动，但光滑面约束对于物体具有约束反力，作用在物体与约束的接触点上，作用线顺沿被约束物体和约束二者公切面的垂线，并指向被约束物体。图 10 中 A 表示被约束物体， B 表示约束， N 表示约束反力。

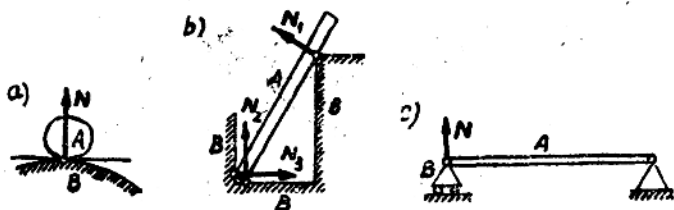


图 10.

2) 柔软约束 用柔软物体如线、绳、钢丝、链条等所造成的约束。这种约束的反力作用在被约束物体与约束的连接点上，方向沿着约束线的方向，并且只能是拉力。如图 11 所示：

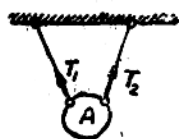


图 11.

3) 铰链约束 铰链系由一圆环与一圆形插销所组成(图12)。通常我们把铰链中圆环与插销的表面看作绝对光滑，因此可知，铰链约束

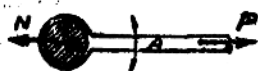


图 12.

反力位于销轴的垂直面内，并通过铰链中心，至于究竟指向哪一方向，必须针对具体问题，具体确定。如图 12，铰链轴 B 固定不动，外套圆环只能绕 B 转动；如果在 A 上作用一向外拉力 P ，则铰链

軸就給 A 以約束反力 N ，通過 B 的中心，方向向外與 P 共綫。反之，如果在 A 上作用一向里的壓力 P' ，則 N' 的方向亦與 N 的方向相反。總之，鉸鏈反力的方向必須針對具體問題，才能確定。

作為例題，我們試確定一下圖 13 所示鉸鏈 A 對 AB 橫梁的約束反力的方向。 AB 梁本身的重量為 P ，方向鉛直向下， B 端受一繩之拉力 T 沿 BD 方向，在鉸鏈 A 處，我們知道反力 N 通過 A 的中心，此時 AB 梁受到三力的作用而處於平衡， P 與 T 的延長綫相交於 C 點，因此根據公理 3 的推論，我們知道鉸鏈反力必通過 C 點，但又須通過 A 點，連接 AC ，就是 N 的作用綫。



圖 13.

習題一

I. 試回答下列各問題：

1. 什麼叫剛體？為什麼這樣假想？這種假想是否正確？
2. 決定力的作用的三要素是什麼？根據日常生活中的實例對这三要素加以印證。
3. 什麼力系被稱為平衡力系？互等力系？互等力系是否一定是平衡力系？

4. 二力平衡與作用、反作用有何根本區別？小球重 P 公斤，放在平板上，給平板以壓力 F ，被給球一 F' 的力如圖 14 所示，那兩個力是作用、反作用？那兩個力互成平衡？



圖 14.

5. 隨交二力的合力其大小可以大於每一分力也可以小於每一分力，但合力最大不能大於兩分力之和，最小不能小於兩分力之差，這種說法是否正確？
6. 三力平衡時，一定隨交在一點，對不對？如果不在同一平面隨交的三个力是否能够平衡？

II. 畫出下列各圖中之約束反作用力(不考慮摩擦)：