

## 1. 理論力学的研究对象。学习理論力学的目的和意义。

世界上只有两类科学知識：自然科学和社会科学。它們所研究的是自然界以及人类社会的运动的客观規律。

力学属于自然科学的范疇，它研究物質的各种运动形式中最简单的运动形式——机械运动的客观規律。（恩格斯把所有存在的运动形式归納为五种：机械运动的形式，物理运动的形式，化学变化，生命現象和人类社会的运动。

机械运动是指物体位置的改变——位移，任何更高级的运动形式都包含着“位移”这样一种最简单的运动形式，因此我們可以說研究机械运动是研究其它自然科学的基础，在牛頓力学发展成为完整严密的体系的时候，有人企图将一切运动形式的規律归納为机械运动規律，但是，这种企图失败了。辩证唯物主义认为各种运动形式之間有着质的區別。誠然，高级的运动形式中包含着最简单的机械运动形式，但是，它們各自有着特殊的，不同质的运动規律。在研究其它高级运动形式的規律的时候，机械运动只居于次要的地位。

机械运动是我們日常可以到处見到的一种运动形式，人們經常要搬动桌椅，經常看到地面上車輛，飞机，船只，工厂矿山中各种机器的移动和轉动，行星圍繞太阳的运动，彈簧和耳机中薄膜的振动以及河水，空气和各种各样流体的流动。

事实証明，上述各种形式的机械运动都存在着不以人們意志为轉移的客观規律。掌握了这些客观規律，就能促使生产发展，計自然界馴服地为人类服务。

理論力学所研究的运动形式是如此广泛地存在着，因此研究理論力学有着很重要的普通常識的教育意义，使我們懂得包圍着我們的宇宙里所发生的許多現象。学习理論力学是学习应用力学（材料力学，結構力学等）的基础。特別重要的是在各种建筑工程中，在机械設計中（包括化工机械設備設計）以及在其它方面，所有工程設計都以理論力学的規律为基础，所以理論力学在工程技术中的重要意义是无可置疑的。在化学工厂中，不仅要碰到各

种各样的反应设备，高压容器，高速离心机，空气压缩机，……而且到处要碰到流体的输送等等流体力学问题，因此，理论力学课程对于一个未来的化工机械工程师来说，不仅是进行化工设备和机器设计的基础，而且也是进一步学习和研究流体力学的理论基础。在技术高速度发展中，有不少复杂的新技术问题需要解决，理论力学提供了广泛而扎实的基础，它的意义和作用日益增大。因此对于未来的化工机械工作者来说，学习理论力学的意义也是无可置疑的。

不仅如此，通过理论力学的学习，也有助于我们辩证唯物观的建立。

## § 2 辩证唯物观和理论力学。

哲学或者世界观对于自然科学的发展有着重大的指导作用。诚然，自然科学内容本身并没有阶级性，不少科学家事实上也是自发的唯物论者。但是，不同阶级对于同一自然现象作的哲学解释和哲学结论也是不一样的。因而，在自然科学领域内经常反映着资产阶级的唯心主义，形而上学和无产阶级的辩证唯物主义的斗争。

列宁曾经尖锐地指出：“任何自然科学，任何唯物主义如果拿不出强有力的哲学上的论证，就抵抗不住资产阶级观念的攻击，也阻止不了资产阶级世界观的复辟”。特别是在旧的理论所无法解释的某些所发现的意义还没有彻底弄清楚时，一般没有正确的哲学思想武装的物理学者们，常常被原有理论所遇到的困难所迷惑，不自觉地做了资产阶级唯心主义思想的俘虏。历史上有不少这样的事实。

唯心主义者常常乘这样的机会企图以唯心论与不可知论来代替唯物论，因此，列宁指出：“为要把这个斗争（指对资产阶级观念的斗争——编者）进行到底，而获得完全胜利，那么自然科学家就必须做一个现代的唯物主义者，做一个马克思所代表的唯物主义的自觉信徒，即必须做一个辩证唯物主义者”。

科学的每一个新发现，不仅丝毫也没有动摇辩证唯物观，相

反，更加巩固和証實了辨証唯物觀的正確性。

辨証唯物主义告訴我們世界是物質的，列宁在“唯物論与經驗批判”中給出了物質的最完整的定义：“物質是表明客觀实在的哲学范疇。这种客觀实在是在人們在自己的感覺中獲得的，它不依賴于我們的感覺而存在，而為我們的感覺所复写，摄影，反映。”

實驗告訴我們，一切物質都处在永恒不停的运动中，宇宙中間的一切現象都是物質的各種不同的运动形式的表現。运动和物質是不可分割的，既沒有不运动的物質，也不存在沒有物質的运动。

自然界的最普遍的两条規健——物質和运动不灭定律是辨証唯物主义的物質和运动觀。这說明物質和运动既沒有产生之日，也沒有消灭、終止之日，这对于力学中的一些概念的正確了解具有重大的意义。

一切物体都在宇宙空間內不断的运动着，运动是不灭的，而且物体不依賴于我們的意識而客觀地运动着，这是絕對的，这时問題的決定性方面。另一方面，我們对于运动的描写，也就是运动在我們意識中的反映，我們对于运动規律的認識，不可能是絕對的，只能是相对的。

我們坐在平穩的海船中，不观察窗外的景物，常常不覺得海船在航行着。但是，當我們观着窗外的景物的时候，就能覺察到海船在航行着。这說明我們要研究描写物体的运动的时候，必須選擇一个参考系統，不然我們就无法研究描写物体的运动規律，選擇不同参考系統自然会得到不同的运动規律的描写，所以我們說这是相对的，（相对于某一参考系統來說）但是必須認識到絕對运动的規律是客觀存在着的，我們的認識虽然是相对的，但是在不断地接近着运动的絕對規律。因而，同認為絕對規律无法認識，因而認識它也是不必要的不可知論的觀點是根本不同的。

在力学中运动和力的概念是分不开的，伽利略和牛頓发现和總結了力对于运动的影响——产生加速度。當我們举起一个重物的时候肌肉會感到一种“力”的作用。那末“力”到底是什么？力到底是怎样产生的？



有的人認為力是上帝賦予的，牛頓曾經搬出上帝來作為“第一推動力”相當有名的亞培爾（曾經一度做過巴黎大學的校長）說：“發現物理現象底真正原因是不可能的，因此我們就滿足於用能夠產生同樣效果的叫做力的虛假原因來代替它們”這樣就是說：力這一概念並不反映客觀實在，只不過是人們頭腦底純粹主觀的產物罷了。這顯然是極端荒謬的。

恩格斯給出了力的概念的正確理解，他說：“如果任何一種運動從一個物體轉移到另一物體，那末只要這一運動是轉移的，只要它是主動的，人們就可以把它看作運動的原因，只要這一運動是被轉移的人們就可以把它看作被動的；於是這原因，這主動的運動，就顯現為力，而這被動的運動就顯現為力的表現。”

這說明力不是別的，它表明的是運動的轉移，轉移的主動方面是力，被動方面是力的表現。根據運動不滅定律，這一點是很易理解的，如果運動不是轉移的而是某種虛假的原因產生的，那末運動將是可以創造的，這是不可能的。

運動從一個物體轉移到另一個物體，即表現為一個物體對另一個物體的作用，這種作用就是力；運動轉移的主動方面和被動方面完全是相對而言的，運動從甲物體轉移到乙物體，甲乙兩物體的運動狀態都發生了改變，我們說乙物體是受到了甲物體的“力”的作用。反之，甲物體也受到了乙物體的“力”的作用，因此力是物體之間的相互作用，必然成對地存在着。

上面我們說明的是理論力學中兩個最基本概念：運動和力的辨證唯物主義的理解。

現在教學革命正在深入一步的廣泛地展開，我們需要徹底批判資產階級的學術思想，計辨證唯物主義的毛澤東的思想紅旗牢牢地插在學術思想領域內，學習力學和學習其它一切自然科學一樣，一方面有助於辨證唯物主義世界觀的建立，更為重要的一面是：必須從辨證唯物主義的觀點來認識一切現象。所以，學習自然科學的人必須好好學習辨證唯物主義，積極參加到批判資產階級學術思想的鬥爭中來，擔負起在思想戰線上捍衛科學，發展科學技術的責任。

### § 3. 理論力学的研究方法：

研究理論力学和研究其它任何科学一样，都是为了認識世界和能动地改造世界，它們的研究方法都是以辨証唯物主义的認識主义为出发的。

辨証唯物主义認識論的精神就是实践与理論的統一。反映客观世界的观察和知觉是我們一切知識的源泉。感觉器官获得的材料，只构成我們知識的基础，只有通过思維，才能获得現象运动規律的知識，这种知識是感觉所不能直接取得的、获得的現象运动規律的知識还要返回到实践中去驗證，所以实践不仅是人类認識的基础，而且是認識的真理性的标准。

列宁說明了認識客观真理的途徑：“从生动的直观抽象的思維，並从抽象的思維到实践，这就是認識真理，認識客观实在的辨証的途徑”（摘自“哲学筆記”）

毛主席在“实践論”中更透彻地通俗地說明了認識的客观各过程：“通过实践而发现真理，又通过实践而証实真理和发展真理。从感性認識而能动地发展到理性認識，又从理性認識而能动地指导革命实践，改造主观世界和客观世界。实践、認識，再实践、再認識，这种形式循环往复，以至无穷，而实践和認識之每一循环的内容都比較地进到了高一級的程度。这就是辨証唯物主义的全部認識論，这就是辨証唯物論的知行統一觀。”

因此理論力学的研究方法（其它学科也大致如此）是：观察，实验，假說和理論。观察和实验是理論力学的基础，观察是就現象发生在自然界中的原来样子加以考察研究。而发生在自然界中的現象往往是錯綜复杂的，相互联系，相互制約着的。在这种情况下，就必须用人为的方法尽可能分离各种条件或因素，使現象在經過簡化的条件下重复发生，並加以研究，这就是实验。

有了足夠的丰富的观察实验資料，經過分析，再經過反复考驗，被証明可以足夠正确地反映某些客观特性时，就引导到定律和理論的建立。在定律和理論的建立过程中，假說常常起着很重要的作用，假說是在一定的观察，实验的基础上概括和抽象出来的，經過不断考驗而被証明为正确的假說，最后就构成定律。

从观察，实验到假说，理论，力学的研究还没有完结。认识从实践开始，经过实践得到了理论的认识，还须回到实践中去，理论是从许多现象中概括和抽象出来的最本质的东西，所以一个人能够正确反映客观实在的理论，不仅能够解释已知现象，而且还能够预言未知现象，指导进一步的实践，推断出尚未发现的新的自然规律。所以列宁说：“物质的抽象，自然规律的抽象，价值的抽象以及其它等等，一句话，一切科学的（正确的，郑重的，非臆说的）抽象，都更深刻，更正确，更完全地反映着自然”。（引自列宁黑格尔逻辑学一书摘要）

如果理论推导的结果得到了新的实验验证，就更加丰富了理论的内容，如果某一理论或从它推出的结果和新的实验事实有矛盾，就必须对这个理论或从它所依据的某些基本假说加以修正，甚至放弃，而在新的实验基础上另外建立能正确反映客观实在的新的理论。

我们必须牢记：实践是理论的基础，是检验真理的标准。

自从牛顿在他的名著“自然哲学的数学原理”中发表运动三大定律后，通过逻辑推理与数学工具的运用，力学发展成为理论严密，体系完整的一门科学。数学一直是力学的有力工具（同时力学也推动了数学的发展）同数学推理得出的结论又受到实验和实践的验证，力学的内容就更加丰富起来。

在力学研究中为了使问题简化，常把研究的物体看成是一个理想模型，如力学中的理想模型：质点和刚体等。在一定条件下使用简化理想模型有利于问题的研究，但不影响问题研究结果的运用且更为普遍化。所以我们必须学会在怎样的条件下进行怎样的简化的方法，这对学习其它的工程技术科学都是有很大意义的。

总之，我们必须在学习和研究理论力学的过程中坚持理论和实践相统一的观点，反对资产阶级的理论与实际脱节的倾向。

#### 4. 理论力学的内容：

就问题的性质而言，理论力学包括静力学，运动学和动力学。动力学研究的是力，质量和运动的关系。静力学研究物体的



平衡的規律。平衡是運動的一種特殊情況，因此靜力學可以作為動力學的特殊情況來處理，但是由於平衡問題對工程技術來說，非常重要，靜力學一般還是和動力學分開來研究。運動學只是從幾何觀點來研究物體的運動狀態，而不考慮決定運動狀態的外因（力）和內因（質量），在動力學中必須運用運動學的知識，因此它是學習動力學的基础，但是機械製造工程中一些問題可以僅用運動學來解決，所以運動學不僅是動力學的基础，也有其獨立研究的價值。

按照它們的歷史發展過程及由簡到繁的程序，我們在本課程中依次地講述靜力學，運動學和動力學。它們是各自獨立又相互聯系的各部分；在學習過程中必須認識，注意它們之間的有機聯系。

## § 5. 力學發展簡史：

力學發展的歷史說明了這門科學的發生和發展是有賴於生產的，恩格斯曾經說過：“科學之有賴於生產，更甚於生產之有賴於科學”。

力學是最古老的科學之一，我們現在稱為“簡單機械”的那些機械裝置在很古的時代人們就已經知道了。偉大的工程的建設和著名的古埃及金字塔，需要有着把巨大的重物（石塊）提升得很高，以及作長距離搬運的本領，而在那時，建築者們已經利用槓桿，滑車以及斜面。為了把石塊從采地運到指定的地方，使用了滾子，由滾子的應用，又進一步到利用輪子製造“四輪車”。

我們的民族對於力學的實際應用，表現在建築四物等等方面都有偉大的貢獻，約在四千年前，我們的夏禹治水，使黃河流域的土地適於人民安居，這是水利工程的最古表現。二千二百年前秦惠王時期，李冰及其子二郎在四川灌縣引岷江之水到沱江，作都江堰，利於灌溉。還在公元前四世紀墨子所著的墨經，對力，運動槓桿平衡等已有認識。同時代的公輸般（即魯班）對建築結構和機械製造甚有貢獻。漢代的張衡，三國時代的馬鈞，亦工於機械的製造。南北朝偉大數學家祖沖之造水碓磨和千里船。宋代

的燕肅發明記里鼓車，李仲明著“營造法式”。明代宋應星著“天工開物”描繪各種農具甚詳。我們的民族是勤勞勇敢的，心靈手巧的，但是因為受到了封建社會和近百年來的半封建半殖民地社會制度的壓迫，生產不能發展，科學文化也隨着落后了。

在國外，公元前四世紀（430—347）古代大思想家亞里斯多德在他的著作“天與世界”“物理學”“力學”中談到力和運動的情況，又談到槓桿的平衡，但是亞里斯多德的研究方法是形而上學的，他不依靠觀察和實驗，而企圖通過單純的思考來尋找出現象的產生原因，因而他所得的結論常常與事實不符。例如：他認為在真空中在同一地點重的物體降落較快，輕的物體降落較慢。後來伽利略用實驗證明這種論斷是錯誤的。

阿基米德（希臘，公元前287—212）研究了平面圖形的平衡和重心問題，對槓桿理論作了嚴格的論證，從而奠定了靜力學的科學基礎。阿基米德關於浮力定律的發現，也為液體靜力學奠定了基礎。

中世紀羅馬帝國傾覆之後，力學和其它學術一樣停止發展了。形而上學和經院哲學阻止自然科學的進步。到了文藝復興時代，從十五世紀起，力學又有了發展。意大利的達芬奇（1451—1519）研究機構理論，機器磨擦，斜面運動以及建築工程等。哥白尼（1473—1543）創造了日心宇宙圖以代替地心說。開卜勒（1571—1630）發表了行星運動三定律。斯梯文（1548—1620）總結了平衡定律和力的合成分解定律等。這以前力學的主要發展在研究力的平衡一部門，即靜力學。物體在力的作用下如何運動的問題，尚在混亂的摸索階段。

對於動力學的發展起巨大作用的是伽利略的研究和著作。通過對落體運動和物體在斜面上運動的研究，伽利略確立了勻加速運動的規律和慣性定律（牛頓第一定律）他引進了加速度的概念，並指出力是產生加速度的原因。他還發現擺的等時性定律，力的獨立作用原理和力學相對性原理。伽利略對物體運動的研究所以取得卓越的成就主要是由於他重視觀察與實驗方法。他是實驗科學的奠基者，也是動力學的創始人。



惠更斯(荷兰, 1629—1695)繼承伽利略的研究, 建立了关于物理摆和离心力的理論。他还引用了轉动慣量的概念。

英国的牛頓(1643—1727)总结了伽利略、惠更斯的研究結果, 並加上了自己对于作用力和反作用力的看法于1687年发表了运动三定律, 奠定了經典力学的基础。从1687年牛頓的“自然哲学数学原理”出版时起, 力学現象才从許多片面的零星的認識归結为一种系統的理論。十八世紀和十九世紀的上半世紀可以称为数学与力学的黄金时代。由于强有力的数学工具微积分的应用, 力学研究的方法日趨完善。力学的发展和純数学的发展並駕齐驅。在这一百五十年的黄金时代, 数学和力学的分界線几乎是不存在的。欧拉用数学分析法处理力学問題, 給出了剛体运动的分析理論和理想流体的运动理論。达郎貝尔(法, 1717—1783)把动力学問題看作平衡問題来处理, 得出力学的基本原理——达郎貝尔原理。拍努利在1717年确立的虛功原理是分析力学的基本定律。拉格朗日(法, 1736—1813)以虛功原理作为靜力学基础, 再应用达郎貝尔原理給出了动力学的分析形式的基本方程, 在1788年出版了有名的“分析力学”此后, 在力学中解析法的发展中法国科学家拉若拉斯和泊桑以及德国数学家高斯和耶科比等都有巨大的貢獻。

应用数学分析以后, 把力学推上了新的发展阶段, 取得了重大的成就。但是, 我們必須看到数学分析仅仅是解决力学問題的一个工具、手段。有人企图把力学的发展看成是單純的数学問題, 必然会将力学引导到一条死胡同中去, 也必然会阻碍它的进步发展。我們认为数学工具的应用不能成为力学发展的根据, 只有生产技术的发展才能成为力学发展的根据。我們必須使力学跟生产更密切地結合起来, 为生产服务。把实验和数学分析結合在一起, 並且利用最新的科学技术成就, (如电子計算技术等)这样才能把力学引向蓬勃发展的正确道路。

十九世紀中叶, 由于生产技术的飞速发展, 适合实用需要的工程力学也开始发展了。二十世紀由于現代航空和工业建設的发展, 彈性力学和流体力学, 气体动力学方面获得了巨大的成就。

在这一科学领域内苏联的学者，如被称为俄罗斯航空之父的儒可夫斯基（1847—1921）以及院士薛·阿·查普雷根，阿尼·克雷洛夫，薄·格·伽辽金等人作出了巨大的贡献。

由于在十九世纪末叶和二十世纪初叶物理学的光辉成就，在本世纪二十年代在爱因斯坦的相对论原理基础上，产生了“相对论力学”。相对论力学带来了古典力学基本定律的根本变革，否定了古典力学中所采用的绝对空间绝对时间的概念和运动物体的质量与其速度无关的概念。虽然相对论力学在科学发展中跨进了新的巨大的一步，然而必须强调指出，古典力学仍然没有丧失它的意义，不仅在工程方面，所有计算都以古典力学的定律为根据，而且，即使在天文学中和物理学中的某些部分也是这样。计算证明，根据相对论力学定律和牛顿力学定律所得的结果，只有当运动速度极大，接近于光速（300000公里/秒）时彼此方有显著的差别。而在小于光速很多的通常情况下，这差别异常之小，在实用上完全可以略去不计，所以在这种情形下，应当应用更为简单的古典力学的定律和公式。

劳动人民的生产劳动创造了世界今日之貌，劳动是一切创造的源泉，劳动人民的智慧是无穷无尽的；在阶级压迫的社会里，劳动人民被剥夺了文化学习的权利，他们被压在沉重的体力劳动的重担之下。只有资产阶级才具备了进行科学活动的一切条件。但是今天在我們社会主义国家中情况已根本不同，广大劳动人民享受到了文化教育的权利。我国要在十五年内实现高等教育普及。社会主义祖国为我們每一个人创造了从事科学活动的条件。只要每一个人坚决贯彻党的教育方针，努力学习文化科学知识，投身于伟大的生产斗争实践中去，就一定能成为社会主义、共产主义建设的伟大事业作出自己应有的贡献。

第一篇 靜力学  
第一章 靜力学基本概念及公理

靜力学主要是研究剛体受力平衡的科学，其中心内容包括下面二个部分：

1. 将作用在剛体上的已知力系簡化与合成。
2. 当剛体受力平衡时，求作用在这剛体上的已知力系应滿足的平衡条件。

我們研究剛体平衡的目的，就是解决以下二类問題：

1. 剛体在平衡时所处的位置
2. 剛体在平衡时的約束反作用力。

其中第一类問題是次要的，第二类問題是主要的。

### § 1—1 力的概念

一物体对另一物体的作用，其結果使該物体发生运动状态的改变，这种作用在力学中称为作用于此物体的力。

例如物体自由下落时，其速度越来越大，这是由于地球吸引周围的物体，使其有下落的趨勢，这种地球对物体的吸引力称为重力。又如火車在制動后其速度越来越小，这是由于铁軌給車輛的阻力，使阻碍火车的运动，此力称为摩擦力。

在上面一段話中我們可以得出两个关于力的基本概念，即：

1. 力是由于物体間互相作用而产生的，力不能脱离物体而存在，沒有物体作用就不产生力；
2. 力的作用系改变物体运动状态的。

由实验得知，力对于物体的作用——由于它而引起物体运动状态的改变——完全决定于下列三个因素：1. 力的作用点；2. 力的方向；3. 力的大小。

力的作用点为力所直接作用于物体的部分。力的方向即为在此力作用下静止物体所产生的运动的方向，力所在的线。称为此力的作用



終。

力的大小的靜力度量，是指它与某一被定為單位之力的比較而言。在工程單位制中，力的單位定為一公斤。因此，每一力的數值的大小均以若干公斤計算之。

因為，力對物的作用不僅決定於其大小，同時決定於其方向，所以力為向量。



圖 1—1

表示一力有兩種方法，在圖解中。力用一有向綫段表示之，此綫段之始點表示力的着力點；綫段的長度表示力的大小（按照某一比例）綫段上的箭頭則表示力的方向。在論述中，力則用重體字（如  $P$ ）或加箭頭之輕體字（如  $\vec{P}$ ）表示之，如若不加箭頭而僅為“ $P$ ”，則僅表示其模（即其大小）而不表示其方向。

## § 1—2 靜力學的基本假說與公理

### 一、剛體的概念：

在靜力學中，一切物體都被看作為剛體。所謂剛體，即物體內各點間的距離在任何情況下均保持不變；換句話說，若物體受到力作用時不改變它的原有的幾何形狀和大小，那麼這種物體稱為剛體。但是實際上剛體並不存在，因為，任何物體受到外力作用時，都要或多或少地發生變形的。這種把物體看作為剛體的假說，主要因為：1. 正如我們實際上常見到的物體那樣，在外力的作用下雖有變形，但都不甚大，把這些變形略去不計，對於我們的計算結果並無影響；2. 把所研究的物體看作為剛體，會大大地簡化力的平衡條件的研究，因為只有在研究過剛體靜力學之後，才能進一步去研究關於變形體平衡的比較復

杂的問題。

关于变形体的平衡問題，将在材料力学，弹性力学，塑性力学，流体力学等学科中討論，但这些学科也是以刚体静力学为基础的。

### 三 静力学公理：

静力学中的几个基本定义。

作用于已知物体上的力群称为力系。如果物体在已知力系的作用下不改变运动状态，則此力系称为平衡力系。

如果作用于已知物体上的力系可以用另外一个力系来代替而不改变該物体原来的状态，則此二力系互等。如已知力系与一力互等，則此力称为該力系的合力。

由已知力系求其合力称为力系的合成；将一已知力用一組力代替，称为力的分介。

研究静力学必須以静力学公理为基础，它是人类在长期的生活及生产实驗中，对一般力学现象进行观察与分析而得到的基本規律，說明了作用在刚体上的力的基本性質。

公理 1 欲使作用于同一刚体上的两力平衡，其必要与充分条件为：此二力大小相等，并在两作用点的連綫上而方向相反。

在图 1—2 (甲) (乙) 中  $\vec{P}_1$  和  $\vec{P}_2$  两个力互相平衡，可用向量式表示为  $\vec{P}_1 = -\vec{P}_2$ 。

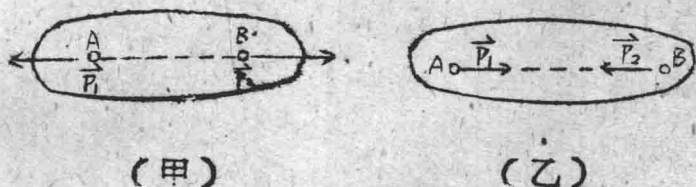


图 1—2

公理 2 在已知力系上可以附加或除去一个任意的平衡力系而不致改变原力系对刚体的作用。

系 可将已知力沿它的作用綫移到任何点，而不致改变該力对

# 剛体的作用。

## 証明

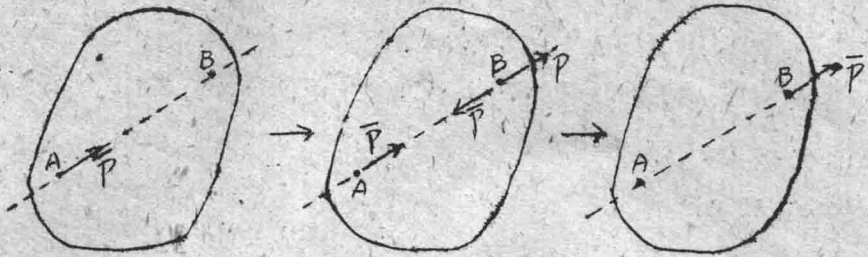


圖 1—3

設有一  $\vec{P}$  力作用于剛体的 A 点。根据公理 2，我們可以在該力的作用綫上任取一点 B，在 B 点加两个相等相反的  $\vec{P}$  力，作用于 A B 方向；然后在 A，B 各点把相等相反的两个  $\vec{P}$  力除去，則不改变原力系对剛体的作用。由此証得：

上述的力的性質，称为力的可能性。必須注意：力只能在它的作用綫內移动而不能平行地离开它的作用綫。所以力是滑移向量。

**公理 3** 作用于剛体上某点的两个力的合力，它的大小和方向可以用这两个力的向量所組成的平行四边形的对綫表示之，合力的作用綫一定通过二力的作用点，这就是力的平行四边形規則。

設有  $\vec{P}_1$  和  $\vec{P}_2$  二个力作用于剛体上的 A 点， $\vec{R}$  就是它們的合力。若用向量式子来表示，可写为

$$\vec{R} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 \quad \dots\dots\dots (1-1)$$

比尺：1 公分 = 多少公斤

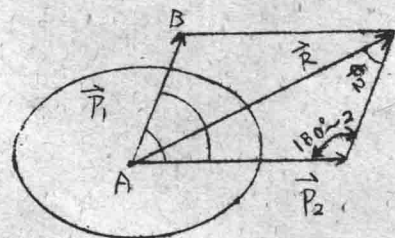


圖 1—4

向量式的合成即按平行四边形的規則相加。



实际上，我們用图介法求二个力的合力时，沒有必要作出整个平行四边形，只須从  $\vec{P}_1$  力的向量  $\vec{A}B$  的末端連上向量  $\vec{B}D$  它应平行且等于  $\vec{P}_2$  力，再从向量  $\vec{A}B$  的始端  $A$  到向量  $\vec{B}D$  的末端  $D$  作一閉合三角形的向量  $\vec{A}D$ ，它就表示  $\vec{P}_1$  和  $\vec{P}_2$  两个力的合力大小和方向，如图 1-5，在此所得的  $\triangle ABD$  称为力矢三角形，用力矢三角形求合力的图介法，称为力矢三角形法。

如果我們先作  $\vec{P}_2$  力的向量，然后在它的末端連上  $\vec{P}_1$  的向量  $\vec{C}D$  則所得的合力  $\vec{R}$  和以前所求得的是完全一样的。

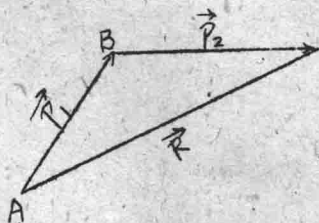
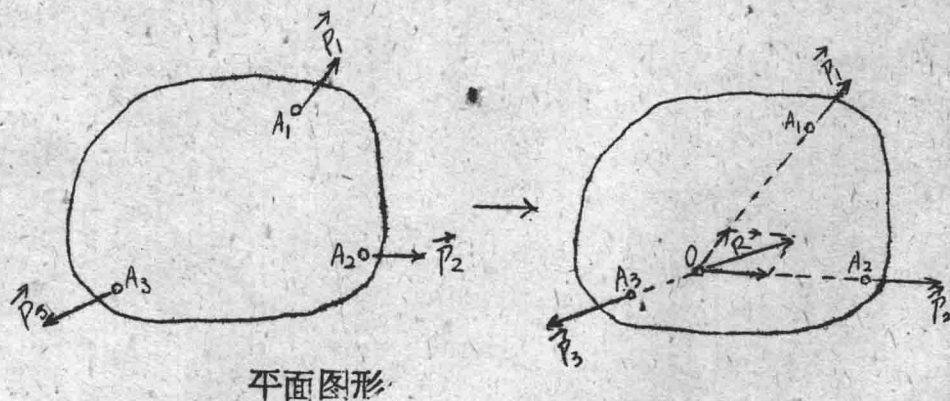


图 1-5

用力矢三角形法求合力时，要注意矢序規則。 $\vec{P}_1$  力和  $\vec{P}_2$  力的向量的箭头是沿着三角形周边同一个方向的，而合力  $\vec{R}$  的向量的箭头則沿着三角形周边相反的方向。

系1 如果在同平面內三个互不平行的力互相平衡，則其作用綫必汇交于一点。



平面图形

图 1-6

証明： 設有三个互不平行的平衡力  $\vec{P}_1$ ， $\vec{P}_2$ ， $\vec{P}_3$  分別作用于某一剛体的  $A_1$ ， $A_2$ ， $A_3$  点，如图 1-6 延長  $\vec{P}_1$  和  $\vec{P}_2$  的作用綫，使它們相交于  $O$  点，再将这二个力移到  $O$  点。並按平行四边形規則相加，得合力  $\vec{R}$ 。今在該体上只有两个力，即  $\vec{R}$  和  $\vec{P}_3$  根据已知

条件，该体处于静止状态，故这两个力的大小必须相等，方向相反，且在同一直线上（公理1）因此， $\vec{P}_3$ 力的作用线必须通过O点，这就是所需要证明的。

系2 将一力分介为两分力，这两个分力仍为向量，它们对于物体作用的效果和合力相同。

(1) 分介已知力 $\vec{R}$ 为两个方向已知的分力：

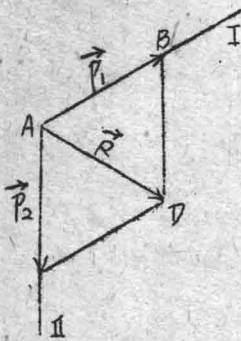


图 1-7

分力的方向为直綫 I 和 II，如图1-7，为此，只須从已知力 $\vec{R}$ 的末端D作两条和已知直綫 I 和 II 相平行的直綫，并使这两直綫和已知直綫 I 和 II 分別相交于 B 及 C 点，則向量 $\vec{AB}$ 和 $\vec{AC}$ 就是所求的两个分力 $\vec{P}_1$ 和 $\vec{P}_2$ 。

(2) 分介已知力 $\vec{R}$ 为两个分力，其中一个分力 $\vec{P}_1$ 的大小与方向均为已知，如图1-8。

从已知力 $\vec{R}$ 的始端 A，作向量 $\vec{AB} = \vec{P}_1$ ，联接 BD，作  $\square ABCD$ ，則向量 $\vec{AD}$ 就是所求的另一个分力 $\vec{P}_2$ 。

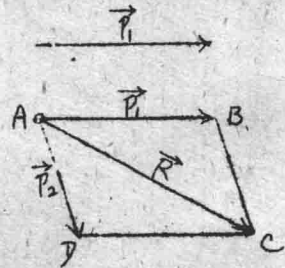


图 1-8

(3) 力沿直角坐标轴的分介。

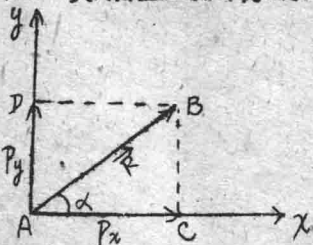


图 1-9

将P力分介为沿直角坐标轴 X 及 Y 方向的分力，其大小就等于该力在二轴上的投影值 AC 和 AD。

$$\left. \begin{aligned} P_x &= AC = P \cos \alpha \\ P_y &= AD = P \sin \alpha \end{aligned} \right\} \dots (1-2)$$

必須注意，力的分力是向量，而力在軸上的投影是標量；因此，當採用直角坐標時，一力沿某軸的分力的大小，加上適當的單位向量符號，才等於該力在該軸上的投影。

公理 4 不論任何作用，總是同時有與之大小相等，方向相反的反作用存在。這就是作用和反作用相等定律。

應該指出，作用與反作用永遠是作用在兩個不同的剛體上的兩個力。因此，不能與公理 1 混淆而說：作用與反作用能互相平衡。

### § 1—3 基本概念

#### 一、力對點的矩

一個力  $\vec{P}$  對於一點  $O$  的力矩，參閱圖 1—10，能引出受力體繞該點作轉動的趨勢。從實驗得知，轉動趨勢的大小與  $\vec{P}$  力的大小和該力的作用綫到  $O$  點的垂直距離  $a$  均成正比，若以  $M_O(P)$  表示  $\vec{P}$  力對  $O$  的力矩，則得

$$M_O(P) = P \cdot a$$

在此  $a$  名以力臂，單位為（公尺）。

因此得力矩的單位為（公斤公尺）

力矩按照它的轉動方向有正負的分別，通常規定如下：轉向為逆時針方向者為正，反之為負。

由於力矩有它的數值和轉向，因此它也是一個向量，但在實用時常當作它為代數量。

由上述的力矩定義，不難得出下列的重要結論：

(1) 力對於已知點的矩不因力在其作用綫上移動而改變，因為，這種移動並不改變力的大小和力對已知點的力臂。

(2) 當力的作用綫通過已知點時，該力對於該點的矩為另。因為，此時力臂等於另。反之，若已知大小不等於另的一力對於某點的矩為另，則該力必須通過該點。

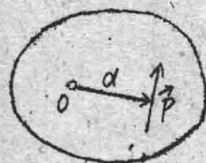


圖 1—10