

笛 卡 兒

笛卡兒，R. (Descartes，René) 1596 年 3 月 31 日生於法國圖賴訥 (Touraine) 省拉艾 (La Haye) 鎮 (現名拉艾－笛卡兒鎮)；1650 年 2 月 11 日卒於瑞典斯德哥爾摩。科學方法、自然哲學、數學、物理學、生理學。

笛卡兒之圖像請參閱 The MacTutor History of Mathematics archive 網站

<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/PictDisplay/Descartes.html>

笛 卡 兒

袁 向 東

(中國科學院數學研究所)

笛卡兒，R. (Descartes，René) 1596 年 3 月 31 日生於法國圖賴訥 (Touraine) 省拉艾 (La Haye) 鎮 (現名拉艾－笛卡兒鎮)；1650 年 2 月 11 日卒於瑞典斯德哥爾摩。科學方法、自然哲學、數學、物理學、生理學。

笛卡兒的父親若阿基姆·笛卡兒 (Joachim Descartes) 是布列塔尼省倫諾地方法院的評議員，按現代術語講，他既是律師又是法官。當時涉及法律事務的職位在很大程度上是世襲的；從事這一職業的人在社會上有相當的獨立性和一定的特權，屬於所謂的穿袍貴族階層，其地位介於貴族和資產者之間。其母珍妮·布羅沙爾 (Jeanne Brochard) 出身同一社會階層，1597 年去世，給笛卡兒留下一筆遺產，使他在此後的一生中有了可靠的經濟保障，得以從事自己喜愛的工作。

有關笛卡兒早年生活的資料很少，只知他幼年體弱，喪母後由一位保姆照料；他對周圍的世界充滿好奇心，因此父親說他是“小哲學家”。八歲 (1604 年) 時入拉弗里舍鎮的耶穌會學校讀書，校方出於對他健康的關心，特許他不受校規約束，早晨可躺到願意去上課為止。據說他因此養成了清晨臥床長時間靜思的習慣，幾乎終生不變。該校的教學大綱規定，學生在前五年學習人文學科 (即拉丁語、希臘語和經典作家的作品)、法語 (包括寫作詩歌與散文)、音樂、表演和紳士必備的技藝 —— 騎馬和擊劍。後三年課程的總稱是哲學，包括邏輯學 (亞里士多德 (Aristotle) 的三段論演繹法)、一般哲學 (對亞里士多德的《尼科馬霍斯 (Nicomachus) 的

倫理學》的詳盡分析)、物理、數學、天文學及形而上學(指湯姆斯·阿奎那(Thomas Aquinas)的哲學和天主教學者對此所作的註釋)。在涉及科學的課程中，只有數學和天文學含有較新的研究成果。笛卡兒曾對詩歌懷有濃厚的興趣，認為“詩是激情和想像力的產物”，人們心中知識的種子猶如埋在燧石中，哲學家“通過推理”使之顯露，“而詩人靠想像力令其迸發火花，因而更加光輝。”(見於他的早期著作《奧林匹克》。)笛卡兒後來回憶說，這所學校是“歐洲最著名的學校之一”，但他對所學的東西頗感失望，因為教科書中那些看來微妙的論證，其實不過是些模稜兩可甚至前後矛盾的理論，只能使他頓生懷疑而無從得到確鑿的知識，唯一給他安慰的是具有自明推理的數學。這所學校對笛卡兒的另一個影響是使他養成了對宗教的忠誠。他在結束學業時暗下決心：一是不再在書本的字裡行間求學問，而要向“世界這本大書”討教，以“獲得經驗”；二是要靠對自身之內的理性的探索來區別真理和謬誤。

1612年他從拉弗里舍的學校畢業；1616年獲普互捷大學的法律學位。此後，笛卡兒便背離家庭的職業傳統，開始探索人生之路。當時正值歐洲歷史上第一次大規模的國際戰爭——三十年戰爭時期(1618—1648)，他從1618年起開始了長達十年的漫遊與軍旅生活。他曾多次從軍，在一些參戰的王公貴族麾下聽命。他從戎的目的主要是為了彌補學校教育的不足，並無明顯的宗教或政治傾向。他1618年參加了信奉新教的奧倫王子的軍隊，一年半後又到對立的信奉天主教的巴伐利亞公爵手下服務。笛卡兒自己評論這段生活的用詞是“太空閒、太放蕩”。看來，他不大可能實地參戰，因而有足夠的時間思考。在這期間有幾次經歷對他產生了重要影響。1618年他與荷蘭哲學家、醫生兼物理學家I.皮克曼(Beeckman)相識；據說因笛卡兒在短時間內獨立解決了幾道公開求答的數學難題而引起皮克曼對他的注意。他向笛卡兒介紹

了數學的最新進展，包括法國數學家 F. 韋達 (Viète) 在代數方程論方面的工作；給了他許多有待研究的問題，特別是有關聲學與力學的課題。與皮克曼的交往，使笛卡兒對自己的數學與科學能力有了較充分的認識，他開始認真探尋是否存在一種類似於數學的、具有普遍適用性的方法，以期獲取真正的知識。1619年3月26日，他在給皮克曼的信中說，他腦中第一次閃現出“一種全新的科學，它可能用一種一般化的方法解決所有與量有關的領域中的問題，不論這種量是連續的還是數值的”。笛卡兒在 1637 年出版的《方法論》中，描述了他在 1619 年 11 月 10 日經過獨立思考得出的兩個結論：第一，如果要發現真正的知識，必須靠自己去實行整個研究計劃，正如一件上好的藝術品或一幢完美的建築，總是出自一個能人之手；第二，在方法上，必須從懷疑當時的哲學的所有內容為出發點，並尋找自明的確定的原理，在此基礎上重新構作出一切科學。據笛卡兒的第一位傳記作家、十七世紀的 A. 巴耶 (Baillet) 說，那天笛卡兒“充滿激情”，當晚做了三個夢，增強了他創立新學說的信心：在第一個夢中，笛卡兒由於右腳無力而被一陣狂風吹得立足不穩；第二個夢境是他被颳到一間風力不能施威的屋內被一聲霹靂喚醒，周圍充滿火花；第三個夢裡，他先是拿著字典，後在一本書中讀到“我將追求什麼樣的生活道路？”這樣的字句，最後，一位陌生人給了他幾首拉丁文詩句，他認出那是奧索尼烏斯 (Ausonius) 的兩首詩的開頭幾句。據稱笛卡兒醒來之前已圓了夢，第一夢提醒他過去的錯誤，第二夢表示真理降臨其身，第三夢為他開啟了通向真正的知識的道路。夢後笛卡兒為感謝上蒼，立願去洛雷塔朝拜聖母像 (1624 年他如願以償)。有些學者把這一天定為解析幾何的誕生日。

1626 – 1628 年間。笛卡兒居留法國，結交了許多科學界的朋友，深受 M. 梅森 (Mersenne) 神父和貝呂勒主教 (Cardinal de Bérulle) 的影響，梅森神父博學多才，他所在的修道院是當時

科學家們聚會之所，又是探討科學問題的信件的傳遞中心。梅森把笛卡兒的科學思想與著作介紹出去，並收集各地學者的反映與批評轉告給他，成為笛卡兒最忠實的朋友和顧問。貝呂勒是位頗有影響力的主教。據巴耶說，笛卡兒在一次有主教參加的聚會上，用簡明的類似於數學證明的方法，嚴格區分真正的科學知識和那些僅僅為可能成立的命題，從而駁倒一位與會者的“一種新哲學”。貝呂勒深有感觸，專門召見笛卡兒，以上帝代表的身份勸導他應獻身於一項神聖的事業，即用他的充分而完美的方法去研究醫學和力學。為順應天意，笛卡兒決定避開戰爭、遠離社交活動頻繁的城市，尋找一處適於研究的環境。1628年秋，他移居荷蘭，開始長達二十年的潛心研究和寫作生涯，這期間除短期出訪外一直在荷蘭各地隱居。

1628－1630年間，他撰寫了第一篇方法論的論文：《指導思維的法則》(未最終完稿，1701年刊於他的選集中)；1630－1635年間，他從事多個學科的研究，涉及光的本質、折射現象、物質的性質與結構、數學、生理學與解剖學。他的目標在於用他的方法建立一個包羅萬象的知識框架，為此他準備出版一本定名為《世界體系》(*Le monde*)的書，計劃寫“論光”(*Le lumiése*)和“論人”(*L'homme*)兩部分。1633年初稿即將完成之際，梅森寫信告訴他G. 伽利略(Galilei)因宣傳N. 哥白尼(Copernicus)的學說而遭天主教宗教裁判所的審判；笛卡兒遂取消了出版該書的打算，因為書中顯然含有哥白尼的觀點，他甚至未按慣例把手稿全部寄給梅森。其實笛卡兒並沒有放棄自己的基本主張，其後三年中，他專心論證他的新方法具有堅實的哲學基礎，相信自己的形而上學原理最終能被神學家所接受。1637年，笛卡兒發表了《方法論》(*Discours de la méthode*)。這部著作一反當時學術界的常規，用法文而不用拉丁文撰寫，以便普通人也能閱讀。該書正文佔全書篇幅的約七分之一，包含了未發表的《世界體系》中的

重要內容，簡明闡述了他的機械論的哲學觀和基本研究方法，以及他的經歷。書的其餘部分給出了三個應用實例，現一般稱爲三個“附錄”，它們都可獨立成篇，是笛卡兒最主要的科學論著。它們是《折光》(*La dioptrique*)，其中提出了折射定律；《氣象》(*Les météores*)，用於闡釋與天氣有關的自然現象，提出了虹的形成原理；《幾何學》(*La géometrie*)，用於清晰地表明他的方法的實質，包含了解析幾何的基本思想。這部著部的出版引起了一些學者(包括費馬)和他的爭論。1638－1640年間，笛卡兒進一步探究其學說的哲學方面，用拉丁文撰寫了《形而上學的沉思》(*Meditationes de prima philosophia*)，其論點大體在《方法論》中出現過，只是有的觀點更激烈。梅森收集到不少對該書的批評(包括來自英國哲學家T.霍布斯(Hobbes)和法國數學家兼哲學家P.加桑迪(Gassendi)的)。1640年，笛卡兒正式發表此書，並加進了各種批評意見和他的簡要的辯駁。這本書使笛卡兒作爲哲學家的名聲大震，也招致了涉及宗教的紛爭。他被譴責爲無神論者；地方行政當局甚至要傳訊他。後經有勢力的朋友斡旋，才使事態平息。其後九年間，笛卡兒試圖把他的哲學與科學理論完善化、系統化，以期獲得神學界的支特。1644年，他的《哲學原理》(*Principiae philosophiae*)問世，該書除重述其哲學信條外，還試圖把一切自然現象(包括物理的、化學的和生理的)納入一種符合邏輯的機械論模式。其歷史功績在於排除科學中的神學概念和目的論解釋。他的研究綱領是用力學概念解釋一切物理和生理現象，同時將力學與幾何相聯繫，這種藉助某種力學模型研究自然的方式，體現了現代科學的精神。但由於機械論的局限，書中的具體結論不少是錯誤的，或者很快就過時了。

笛卡兒的《哲學原理》題獻給伊麗莎白公主——信奉新教的波希米亞國王腓特烈五世的女兒。他們在1643年相識後成了好友，經常通信，內容涉及從幾何到政治學，從醫學到形而上學的廣闊領域。

域，特別談到人的機體與靈魂的相互作用問題以及笛卡兒的一種並不系統但已初具輪廓的倫理觀點。這些通信的價值不亞於笛卡兒跟梅森神父，以及跟法國神學家 A. 阿爾諾 (Arnauld) 之間的通信。

1649 年，笛卡兒出版了一本小書《激情論》(*Traité des passions de l'âme*)，探討屬於心理生理學的問題，他認為這是他的整個知識體系中不可或缺的部分。同年秋天，笛卡兒很不情願地接受了二十三歲的瑞典女皇克里斯蒂娜 (Christina) 的邀請，到斯德哥爾摩為女皇講授哲學。晨思的習慣被打破了，每周中有三天他必須在清晨五點趕往皇宮去履行教師的職責。1650 年 2 月 1 日，他受了風寒，很快轉為肺炎，十天後便離開了人世。他的著作在生前就遭到教會指責，他死後的 1663 年，更被列入梵蒂岡教皇頒佈的禁書目錄之中。但是，他的思想傳播並未因此而受阻，笛卡兒成為十七世紀及其後的歐洲哲學界和科學界最有影響的巨匠之一。

笛卡兒是歐洲近代哲學的主要開拓者之一，黑格爾稱他是“現代哲學之父”；同時又是一位勇於探索的科學家，在物理學、生理學等領域有值得稱道的創見，而其建立解析幾何的數學成就在科學史上有劃時代的意義。其主要學術貢獻可歸納如下。

方法論

十六－十七世紀歐洲社會中新舊思想的對立和鬥爭十分尖銳。科學領域不斷湧現的新發現和新理論，成為新興階級向舊秩序鬥爭的武器。哥白尼的“日心說”世界體系，J. 克普勒 (Kepler) 的行星運動理論和實驗光學，W. 吉爾伯特 (Gilbert) 的磁力說，A. 維薩里 (Vesalius) 的人體解剖學，W. 哈維 (Harvey) 的血液循環學說，伽利略的力學是各專門學科領域中最傑出的成就。而 F. 培根 (Bacon) 和笛卡兒則是提出科學方法論的兩位代表人物。培根稍早於笛卡兒提出必須從根本上剷除經院哲學的舊傳統，要對整個認識

體系重新加以研究；他主張把科學建立在實驗的基礎上。笛卡兒贊同培根徹底破除舊哲學體系的觀念，但強調以理性為主導的認識自然的方法。

笛卡兒的方法論跟他的哲學研究緊密相聯。他把哲學看成一種完整的知識體系，並形象地比喻成一棵大樹：樹的幹是物理學，研究客觀物質世界的形成與本質，屬於自然哲學的範疇；樹的根是形而上學，研究心智（或者說靈魂）、上帝及作為一切推理的出發點的所謂“第一原理”；樹的枝叉代表其它科學，最重要的有醫學、機械學（即力學）和倫理學。笛卡兒認為“我們不是從樹根、樹幹而是從其枝叉上採集果實的”，因此哲學的最終目的在於對具體科學的了解，從而使人類成為“自然的主人”。笛卡兒在對他的哲學的各個組成部分的探索中，發展起他的方法論體系。

笛卡兒指出當時流行的經院哲學及其所屬的知識體系有致命的弊病：它們的結論往往是推測性的，既不清晰又缺乏統一性；造成這種狀況的根源有二：所使用的概念模糊，缺少普遍適用的統一的研究方法。

為了從根本上給科學奠定牢固的基礎，笛卡兒提出一種批判的懷疑方法。他在《方法論》中寫道：“在我的一生中，必須有一次嚴肅地把我以前接受到心裡的一切見解統統去掉，重新開始從根本做起。”他論證說經院中的科學和書本上的學問往往互相衝突，紛亂而無根據，它們只是靠經院的權威和影響強施於人的；由習慣形成的見解往往始於初次的印象或兒時的信仰，虛妄可疑之處比比皆是；由感官獲得的印象常常用假象欺騙人們，人的肌體本身的活動同樣可能在夢中經歷，因此無法準確判定某個對象是夢中幻影還是醒時的經驗所得。笛卡兒的懷疑終止於“我思故我在”這一著名的命題：“當我把一切事物都想成是虛假的時候，這個進行思維的‘自我’必然非是某種東西不可；我認識到‘我思故我在’這條原理十分牢靠、十分確實，懷疑論者的所有最狂妄

的假定都無法把它推翻。於是，我斷定我能毫不猶豫地承認它是我所探求的哲學中的第一原理。”以此為出發點，笛卡兒使用諸如“結論中所含的完善性決不能多於原因中所含的完善性”等屬於經院哲學範疇的準則，推證出完善的上帝的存在；再通過上帝這一媒介，推出物質世界是不依賴“自我”的客觀存在。笛卡兒認為“自我”是一種精神實體，其基本特性是能思維，但無廣延性，不佔據空間；外在客觀世界（包括人的肉體）是一種物質實體，具廣延性而無思維功能。此即笛卡兒二元論哲學的精髓。

笛卡兒的懷疑方法只施於知識領域而不觸及社會問題，他為自己規定了服從法律，篤守宗教信仰及遵照明哲之士共同接受的意見辦事等行為準則，理由是“除了我的思想，沒有一件東西完全在我的能力範圍之內”，同時也為了“能夠儘可能地過最幸福的生活”。

笛卡兒的懷疑方法具有很強的主觀主義特徵，把“自我”這種精神實體的確實性（或者說存在性）放在物質的確實性之前。但正是由於他突出強調了“自我”這種具有理性思維特質的本體在認識中的作用，對後世哲學家注重認識論的研究有極大的影響。

在建立自己的知識體系時，笛卡兒提出了以數學為楷模的理性演繹方法。他認為人們能完全弄清楚的東西，“即便是形體，真正說來也不是為感官或想像力所認識，而只是為理智所認識；它們之被認識，並不是由於被看見或摸到了，而只是由於被思想所理解或了解了”（《形而上學的沉思》）。在研究各門科學時，無例外地要使用所有人共有的同一種理性，這是存在普遍適用的方法的基礎。問題在於如何運用理性，只要能找到並應用能正確指導理性思維的方法，就必然能創立一門協調統一的科學。他強調數學所展示的由最少的極清晰的概念，經確定的推理得到大量確鑿結論的方法，同樣可以在其它科學中實行。他的這一觀念推翻了自亞里士多德以來否認在數學以外的科學中能得到如數學一樣的確實性的觀念。在《方法論》中，他提出四條推理準則：“一、決不把

任何我沒有明確地認識其爲眞的東西當作眞的加以接受，即小心避免倉促的判斷和偏見，只把那些十分清楚明白地呈現於我的心智之前，使我根本無法懷疑的東西放進我的判斷之中；二、把我所考察的每一個難題，都儘可能分成細小的部分，直到可以而且適於加以圓滿解決的程度爲止；三、按照次序引導我的思想，以便從最簡單、最容易認識的對象開始，一點一點上升到對複雜對象的認識，即便是那些彼此間並無自然的先後次序的對象，我也給它們設定一個次序；四、在探索和審視過程中遇到困難時，應儘量把一切情形都列舉出來，使我確信毫無遺漏。”按笛卡兒的理想，任何具體問題的解答都應從完全確實的概念出發演繹而得。但是在從事具體問題的科學研究時，笛卡兒承認了兩種推理模式的合法性，一種是衆所周知的幾何式的證明，另一種是在力學、光學和天文學中使用的論證。在回答關於他討論折射問題的文章是否不失爲一種證明時，他寫道：“要求我對依賴於客觀世界的事作幾何的論證，等於要求我做不能做到的事。如果限制我使用‘證明’這個詞僅指幾何證明，那麼人們將不得不說阿基米德(Archimedes)沒有證明任何力學問題，威特洛(Vitellio)沒有證明任何光學問題，托勒密(Ptolemy)沒有證明天文學問題等等，這當然不是大家所主張的。”這種非幾何論證的特點是“事先假定某些東西，它們跟經驗沒有明顯的矛盾，作者就可能進行前後一致的論證而不犯邏輯錯誤，即使他們的假設不是絕對真實的”。這裡，笛卡兒實際上提出了用假設模型作系統研究的設想。他本人在對宇宙及人的研究中就採用了這種方法。爲了給這種方法確立理論依據，他提出人造物體和自然界的事物具有同一性。笛卡兒在《哲學原理》中寫道：“機械學中成立的法則肯定在自然界也成立，……(所有人造的東西同時也是自然的)：由這樣或那樣一些齒輪構作的時鐘並不比一棵樹(它是從這一棵或那一棵種子生長出來結出特殊果實的東西)更少自然的成份。”由此他確認：正像可以

根據所見的某種機器或其一部分推論出如何製造未見過的機器或其一部分，他能從自然事物的可見的部分或結果出發，推斷出未見到的部分或原因。他的這一觀念跟當時流行的亞里士多德的看法相悖，後者認為自然之物（無論是有生命還是無生命）跟人造物是絕對不同質的。

實驗方法在笛卡兒的以理性判斷為最高準則的認識論體系中佔有重要地位。他用許多年時間研究解剖學，對狗、貓、兔子、鱈魚、鰐魚作活體解剖，又從屠宰場取來牲畜的眼、肝和心臟進行研究；他描述過關於測量空氣重量及振動弦的實驗；他記述了對虹、霓以及其它光學現象的觀察。他把許多實踐活動和經驗知識收進他的科學體系。對於實驗方法的意義，他認為“自然的力量如此廣大”，作為推理出發點的“原則又如此簡單和一般，以至我很难觀察到一種特殊結果，它不能直接由那些原則以幾種不同的方式推斷出來”，“我最大的困難在於去找出該結果到底依哪一種方式依賴於那些原則”（《方法論》）。他的結論是，實驗能幫他方便地作出選擇。在《哲學原理》的序言中，笛卡兒不無遺憾地寫道：“假如我能做一切必要的實驗來論證和支持我的理論，我一定會努力去完成整個計劃，… 不過，做這些事費用浩大，若無公家資助，以我個人的家產實在難以實現，… 我想我因而未能為後人的切身利益效力，他們是會原諒我的。”

笛卡兒對經由他的方法得到的知識的真理性建立了一條基本準則，他說“凡是我們極清楚、極明白地設想到的東西都是真的”，而且“只要嚴格地把我的意志限制在我的認識限度以內，使它只對理智向他清楚明白地提出的東西作判斷，我就絕不會犯錯誤”。另一方面，在具體的科學領域，他也把理論的應用過程作為檢驗該理論真理性的一種途徑。他說在他的《折光》、《氣象》中，一開始就提出若干假設，這不會使他的證明失效而喪失真理，因為推理過程前後緊密交織在一起，前面的東西也被作為

其結果的後面的東西所論證，而“經驗對絕大多數這類結果作出非常肯定的判決”。

自然哲學

笛卡兒應用他的方法研究自然界，建立了宇宙萬物形成和運行的機械模式，提出了對空間與物質的基本特性的看法，衝破了經院哲學宇宙觀的完全神秘的觀念的羈絆。

他認為就物質實體的本質屬性而言，我們能清楚明白理解的只有廣延性，即物體得以佔據空間的性質；這種廣延性體現在物體的形態、體積和運動中。同時，我們也能清楚地理會形態、體積和運動三者發生變化的原理和規則，“人類的自然知識，皆由這些根源而來”。笛卡兒自始至終運用的原理僅涉及空間和運動兩類。

在笛卡兒眼裡，自然界中的所有物體都是同質的，每一具體事物保有各自恆定的廣延量，它不會因形態或運動狀態的改變而變化。同一物體的體積從廣延的角度看既不會膨脹也不會縮小，我們通常所見到的物體膨脹或收縮，只是組成物體的可分的具廣延性的各部分之間的距離加大或縮小造成的。宇宙間的任何一部分空間，對由什麼東西來佔據它不起任何作用，它對佔據者及其接替者是絕對“中立”的。在笛卡兒的體系中，空間與物質等同，因此不存在純粹的真空。接著，笛卡兒試圖用機械運動這一簡單運動形式來解釋世間千變萬化的物體的共性與個性。為了給運動以無限的活動舞台，他假定物質(即空間)的無限可分性，否定了物質由不可再分的原子組成的觀念。由於笛卡兒沒有假定運動是物質本身的屬性，所以必須藉助上帝的力量。他認為上帝在創世時一次把運動賦予了物質，同時確定了“自然規律”；以後自然界在這些規律支配下便永恆地運動下去，宇宙間的運動總量也永遠不再改

變。

關於什麼是運動，笛卡兒定義說：“運動是指物體的位移，從當時跟它直接相觸的物體旁轉移到當時不直接與它接觸的物體旁。”他又認定一個物體在某一瞬間的位置應是相對同一時刻另一個被認為是靜止的物體而言的，所以運動和靜止都是相對的概念。

根據上述空間與運動的性質，一個物體的運動必然引起一連串物體的運動，它們形成一個封閉的環路。據此，笛卡兒描述了宇宙形成的主要輪廓。太初時期，瀰漫整個空間的原始物質必呈龐大的旋渦狀運動形式，其中有的原始物質因摩擦逐漸成粉塵狀的火，形成太陽和恆星；有的磨損成小球狀，成為氣或以太，是構成星際空間的原料；在宇宙形成過程中，環繞每一物質團有次一級的旋渦狀流，如月球就在地球周圍的旋流中運行。在旋渦中，重的物質向旋渦中心靠攏，輕的物質朝邊緣散開……，笛卡兒的旋渦理論盛行將近一個世紀，直到 I. 牛頓 (Newton) 的宇宙模型取而代之才消聲匿跡。

笛卡兒還提出了三條運動定律。1. 物體的運動或靜止狀態的改變需要有原因，如不發生跟另一物體的接觸而受到作用，原物體的狀態保持不變；2. 運動的基本形態是直線運動，作曲線運動需要在原來使物體作直線運動的原因之外持續附加另外的原因。這兩條定律合起來，相當於四十年後牛頓得到的運動的慣性定律。3. 碰撞定律。“一個運動物體碰上另一物體，如它沿直線繼續運動的量小於另一物體阻止它前進的量，則它並不損失運動，而只是改變運動方向；如果前者使另一物體運動的量大於後者阻止它前進的量，則它要失去一些運動，失去的正好等於它給予另一物體的。”由於笛卡兒拒絕引入他認為是超自然的質量概念，而在實際上用體積代替了質量，使他無法研究物體的動力學性質。他甚至錯誤地堅持，一個硬物撞上另一個體積比它大的靜止物體時，將

被反彈回去而不損失任何運動。這是導致他的具體的力學研究成果甚微的原因。

笛卡兒在研究自然界中的有生命物時，全部採用解釋無生命物體時使用的原理，把它們看成是自然界中的機器，如蜘蛛只是一種自然的織機，鼴鼠則是一種自動挖掘機，只不過它們的活動比人造的機器更複雜多樣罷了。對於人，笛卡兒認為這是一種精神與物質的聯合體：即由具廣延性而無思想的肉體（包括腦）和有思想而無廣延“自我”（居住在腦中松果腺內）結合而成，它們之間的相互關係成為笛卡兒生理學的研究對象。但就肉體而言，它只是一部受機械運動原理支配的機器。

笛卡兒的機械論自然觀在歷史上起過重要的啓蒙作用。在他生活的時代，流行的自然觀把自然界的物體看成異質的，它們分成各種等級，處於宇宙邊緣的上帝是至高無上的，接著是位於天上的各種等級的天神天使，下面是地上的各種不同等級的人、動物、植物和礦物。笛卡兒強調無機界與有機界的同質性，為破除關於自然界的等級觀念。客觀地研究自然奠定了基礎。另一方面，中世紀的人們普遍認為上帝參與宇宙每日每時的活動，派各級天使推動天體運行，隨時觀察並指導地球上的一切事件，極大阻礙了去科學地了解自然。笛卡兒明確地、一貫地堅持自然界在整體上由規律所支配，因而推動了真正的自然科學研究。

數學

笛卡兒的數學成就與他的數學觀有密切聯繫。他對數學的看法散見於他的哲學與方法論著作，而其主要數學成果則集中於《幾何學》。

笛卡兒認為，希臘人的綜合幾何只研究一些非常抽象而看來無用的問題；它過於依賴圖形，束縛了人的想像力；它雖給出了大

量真理，但並未告訴人們“事情為什麼會是這樣的，也沒說明這些真理是如何發現的”。對於當時流行的代數，他覺得它完全從屬於法則和公式，不能成為一門改進智力的科學。他對三段論邏輯的評價是它不能產生任何新的結果。因此，他在《方法論》中提出必須把邏輯、幾何、代數三者的優點結合起來而丟棄它們各自的缺點，從而建立一種“真正的數學”，“普遍的數學”。他發現在帕波斯 (Pappus) 和丟番圖 (Diophantus) 的著作中有這種數學的蹤跡。笛卡兒明確指出數學應研究“一切事物的次序和度量性質”，不管它們是“來自數、圖形、星辰、聲音或其它任何涉及度量的事物”，因而在實際上提出了科學數學化的任務。

關於具體數學對象的本質，笛卡兒接近柏拉圖 (Plato) 的觀點。以三角形為例，他說：“我想像一個三角形的時候，雖然在我以外的世界的任何地方也許沒有這樣一種形態，甚至從來沒有過，但是這種形態畢竟具有明確的本性、形式或本質，這種本性是不變的、永恆的，不是我捏造的，而且不以任何方式依賴我的心靈”，三角形的性質如三內角和等於兩直角等是“如此清楚，因此不會是純粹的虛無，而具有真實性。”

笛卡兒的具體數學研究，首先著力於尋求有普遍適用性的符合推理形式。韋達在笛卡兒之前引入了符號化的代數，並應用代數方法解幾何問題。但他的符號代表的只是數；同時，為了保持方程中各項的幾何意義，他書寫的方程必須是齊次的。笛卡兒引進了本質上可代表任何一種量的符號體系。在《幾何學》中，他用字母表中的小寫字母 a 、 b 、 c 等代表已知量； x 、 y 、 z 等代表未知量，這種用法一直延續至今。

為了使代數方法在幾何中順利應用，他設計了一種辦法最終取消了要求方程必須是齊次的限制。他用數字上標代替過去數學家們使用的“平方”、“立方”這些詞語表達法。他認為這樣做避免了“平方”、“立方”這些詞語在維數方面的內涵給運算帶來的困難：

因為在幾何中，平方這個詞指面積，立方指體積，它們跟直線有質的不同；而對於一個量而言，其平方或立方跟該量本身並無質的區別。他先引進所謂的單位量和比例式 $1 : x = x : x^2 = x^2 : x^3 = \dots$ ，他說在這個式子中， x 只通過一個“關係”(指比)跟單位量聯繫在一起， x^2 則要通過兩個“關係”與單位量發生關係，其餘依此類推。因此數字上標僅表示跟單位量聯繫所需的“關係”的數目，而不再具有維數方面的意義。據此，他毫不猶豫地把算術語言引進幾何，定義了直線段的加、減、乘、除、乘方和開方。以線段相乘為例。對於兩根線段 a 、 b 的積，過去的數學家只把它理解為以 a 和 b 為邊的矩形；而笛卡兒可用“關係”概念把 $a \cdot b$ 仍看成一個線段：選定一單位長，其它的長度可以此為參考畫出，據 $1 : a = b : ab$ ，立即可作出兩個相似三角形而得到 $a \cdot b$ 的長度(圖 1)。

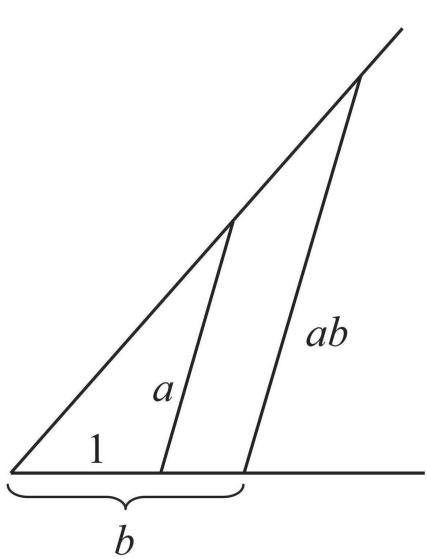


圖 1

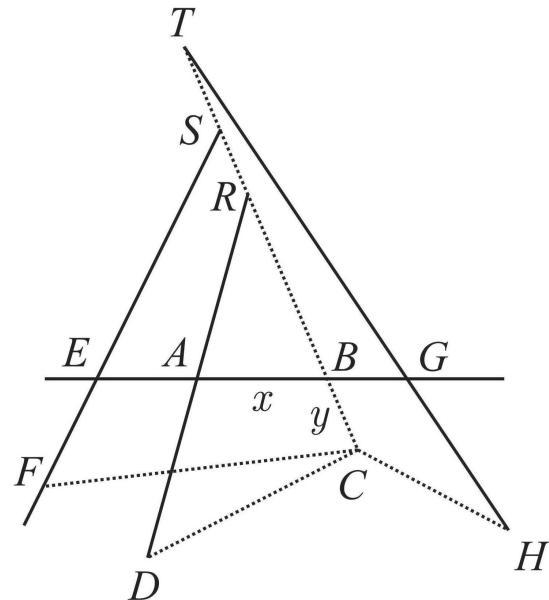


圖 2

在《幾何學》的第一部分中，笛卡兒利用上述觀念解答“僅需直線和圓的作圖問題”。辦法是先假定解已得到，並賦予作圖時所用到的每一條線段一個符號(不論它們是已知的還是未知的)；然後不區分已知與未知線段，“用最自然的辦法表出這些線段間的關係，直到能找出兩種方式表達同一個量，這便得到一個方

程。”在導出方程解的表達式後，再用幾何辦法畫出解所對應的線段。這部分內容在韋達及其他一些學者的工作中已出現過，只是笛卡兒用的符號和他的觀念更先進。

笛卡兒在《幾何學》的第二部分中，用“不確定的”代數方程表示並研究幾何曲線。這是他於 1631 – 1632 年間研究三線和四線帕波斯問題時形成的重要方法。四線帕波斯問題可簡述如下：設給定四條直線 AB 、 AD 、 EF 和 GH ，要求找出滿足下列條件的點 C 的軌跡：從 C 引與四條已知直線成給定交角（四個交角不一定要相等）的直線 CB 、 CD 、 CF 和 CH ，使得 $CB \cdot CF = CD \cdot CH$ （見圖 2）。

笛卡兒的解法包含了解析幾何的主要思想。他先假定 C 點已找到，並令 AB 為 x ， CB 為 y ；對各線段間幾何關係的分析，用已知量表出 CD 、 CF 和 CH ，代入 $CB \cdot CF = CD \cdot CH$ ，就得到形如 $y^2 = \mathcal{A}y + \mathcal{B}xy + \mathcal{C}x + \mathcal{D}x^2$ 的方程，其中係數是由已知量組成的簡單代數式。於是，任給一個 x 的值，可用直線和圓規畫出對應的 y 。當 x 變化時，相應直線段 y 的端點 C 就畫出一條曲線。笛卡兒在這個問題中為確定 C 點的位置，選直線 AB 為基線（相當於一根坐標軸），取點 A 為度量線段長的起點（相當於坐標原點）， x 的值是從 A 沿基線量出的的線段長， y 值表示另一根線段的長，該線段從基線上出發與基線成給定的交角（相當於另一坐標軸），具體位置隨 x 的改變而平移。這是一種斜角坐標系。在《幾何學》中，笛卡兒根據問題特點選用他的軸系，但沒有出現過標準的現稱笛卡兒坐標的直角坐標系。

笛卡兒順著用代數方程研究曲線的思路，得到一系列新穎的想法與結果：曲線的次數與坐標的選擇無關；軸系的選取應使曲線對應的方程儘量簡單；定義幾何曲線為那些可用 x 和 y 的有限次數方程表出的曲線；據代數方程的次數對相應的幾何曲線分類；求平面曲線的法線的方法等。笛卡兒的這些成就為牛頓、G.W. 萊布

尼茨 (Leibniz) 等一大批數學家的新發現開闢了道路。

笛卡兒對方程的純代數理論也有著重要貢獻。在《幾何學》的第三部分中，他把方程中所有的項移至等號的一側，另一側則為 0。相當於把方程記作 $P(x) = 0$ 的形式。他經由歸納得出如下結論：每一個 n 次方程皆可表成 $(x - a)(x - b) \cdots (x - s) = 0$ ，其中 a, b, \dots, s 是方程的根，由於每個根必出現在其中的某個二項式因式中，為使 x 的最高次幕為 n ，就要求有 n 個這樣的因式。笛卡兒在這裡相當於提出並直觀論證了代數基本定理 — n 次方程有 n 個根 (A. 吉拉爾 (Girard) 首先於 1629 年敘述過該定理)。他還首次給出了一般形式的求代數方程正根和負根個數的法則 (現稱笛卡兒符號法則)。在一系列的例子中，他說明如何能改變一個方程的根的符號，怎樣使方程增根或減根，並給出消去 n 次方程中 x^{n-1} 項的方法。

笛卡兒的數學觀也造成了他在具體研究中消極的一面。他堅持亞里士多德關於“直”和“曲”有本質區別的觀念，因而拒絕任何求曲線長度的探索，認為費馬的極大極小方法和切線法則違反了嚴格的演繹推理的要求。

物理學

十六—十七世紀物理學的發展主要集中於力學、光學、磁學等領域，笛卡兒重點涉足光學與力學研究。

笛卡兒的光學理論與應用主要見於《論光》、《方法論》及其三個附錄中。他在 1619 年讀了刻卜勒的光學著作後，一直關注著透鏡理論；並從理論和實踐兩方面參與了對光的本質、反射與折射律以及磨製透鏡的研究。他把光的理論視為整個知識體系中最重要的部分。

笛卡兒認為光是一種“運動趨勢”，一種“瞬動的衝擊”，靠充

滿宇宙間可見物體之間的微粒傳到人的眼睛，這種傳遞是沿直線在瞬時內實現的。他把光的傳播比喻為盲人的手杖：凡它觸到的對象所發出的作用和壓力，能立即傳給盲人，使他“看”到對象本身。這是接近光的波動說的一種解釋。但是在探討光的反射和折射現象並試圖作定理描述時，笛卡兒又採用運動中的球碰撞平面這種光的粒子模型。他首先區分了刻畫球的運動的兩個因素，一是“速度”(相當於我們現稱的速率)；二是與速度相伴的所謂“限定量”。這後一概念本身是含糊的，笛卡兒藉助它討論“速度”的方向與分解，因此他在對速度進行具體運算時，實際上把速度看成爲向量。

笛卡兒這樣分析光的反射機制。想像一個球在點 A 離開球拍，沿直線勻速運動至 B ，與堅硬且保持不動的物體表面 CE 相撞(圖 3)。由於表面不動，因此球不損失“速度”，經過跟從 A 到 B 所需的相同時間 t_1 ，必將到達以 B 為心， AB 為半徑的圓周上。又因物體表面不能穿透，球必反彈。至於朝那個方向反彈呢？笛卡兒考慮運動球在碰撞前的“限定量”可分解成兩部分，一部分與 CE 面垂直(即 AC)，一部分與 CE 面平行(AH)，碰撞後只有垂直分量發生改變，水平分量仍等於 AH ，故經時間 t_1 球還應到達直線 EF 上(與 BH 的距離正好等於 AH 的直線)。由此

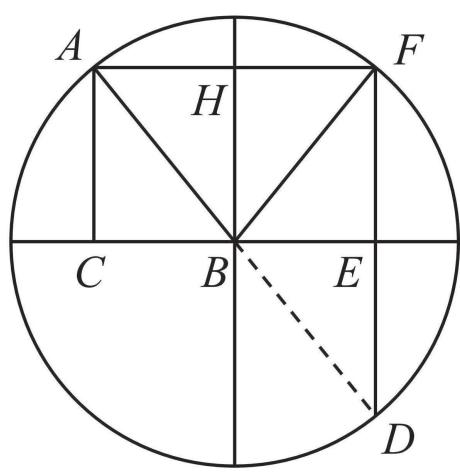


圖 3

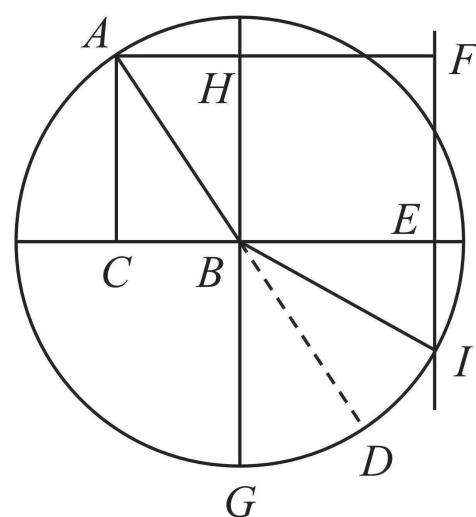


圖 4

推出，球應到達圓周與 EF 的一個交點 F 處。據相似三角形性質知，入射角 ABH 等於反射角 HBF 。

當光線射到透明物體上時，笛卡兒採用球穿過碰撞面損失一部分“速度”的模型分析折射現象(圖 4)。他設球在碰撞前後的“速度”比為 $p : q$ 。由於始終保持勻速運動，球從 B 再次到達圓周上的時間跟經過 AB 所需的時間之比亦為 $p : q$ ，即要花費較多的時間才能到達圓上，故笛卡兒考慮碰撞後的“限定量”的水平分量應比碰撞前的長，即 $FH : AH = p : q$ 。由此推出球到圓周的精確位置應是圓與直線 EF 的交點 I 。

當碰撞界面兩邊的介質密度不同時，笛卡兒認為光通過稠密介質的能力強。就光的模型而言，若碰撞面下的介質比上面的更稠密，則球在碰撞時像又被球拍擊了一下，因而獲得了額外的“速度”。根據與上面類似的論證，球將發生偏離現象。

總之，無論上述哪種情形，碰撞前後的“速度”比依賴於介質的相對密度，就固定的兩種介質而言， $p : q$ 等於常數。由 $FH : AH = BE : BC = p : q$ ，得

$$\frac{BE}{BI} = \cos \angle EBI = \sin \angle IBG$$
$$\frac{BC}{AB} = \cos \angle ABC = \sin \angle ABH$$

於是

$$\frac{BE}{BI} : \frac{BC}{AB} = \sin \angle IBG : \sin \angle ABH = p : q = \text{常數}.$$

這就是著名的折射定律。由於笛卡兒使用“限定量”這種不明確的概念，他的分析很難令人信服，但結論是正確的。笛卡兒到底如何得到他的折射定律仍是值得探討的謎。W. 斯耐爾 (Snell) 曾在 1621 年發現了折射定律的結論，笛卡兒在他的結果發表之前很久就得到自己的這條定律 (1626 年)。

笛卡兒的其它光學研究包括：對人眼進行光學分析，解釋了視力失常的原因是晶狀體變形；設計了矯正視力的透鏡；根據太陽光在球狀水滴中的折射與內部反射，解釋了主虹與副虹形成的原理，並用定量方法導出虹出現的條件；設計了能完全聚焦的透鏡，透鏡所呈曲面由現稱笛卡兒卵形線的曲線旋轉而得。

笛卡兒對力學的主要貢獻是提出了宇宙的機械運動模式（見自然哲學部分）。對於日常所遇見的力學現象，笛卡兒由於缺少實驗與定量研究，只依據他的某些自然哲學原理作判斷，導致了若干錯誤的結論。如由於他否認真空的存在，進而否定了伽利略關於真空中的擺與自由落體運動的定律。他本人曾根據他的碰撞律，闡述了彈性體沿同一直線運動並相撞時的七條定性法則。其中只有第一條是顯然的：兩個大小相等的同樣的堅硬物體，以相同速度接近並相撞，每一物體將沿直線反彈回去而不損失“速度”。其餘六條都和經驗不符。

笛卡兒的力的概念是指引起運動的作用；他定義擺心為擺動物體上力達到平衡的點；他把離心力解釋為物體保持其“限定量”的一種趨勢。這些概念在科學上沒有價值，但為像 C. 惠更斯 (Huygens) 這樣的科學家提供了研究課題和超越前人的舞台。

笛卡兒還研究過一些靜力學問題，像如何用較小的力舉重物，他認為將 a 磅物體提升 b 英尺所需的力能將 na 磅的重物提升 b/n 英尺。

生理學

十五－十六世紀解剖學（包括人體解剖）的發展為生理學研究奠定了實驗基礎。用機械原理解釋人體局部功能的科學家也不乏例證：L. 達文西 (da Vinci) 把動物骨骼的運動視為槓桿運動；哈維把血液運動歸於心臟肌肉收縮這一機械原因等。笛卡兒則系統地把

動物和人體看作一種生物機器，這一觀念對十七世紀生理學研究產生過直接的重要影響。他關於動物和人的功能的主要見解載於《法則》、《論人》、《方法論》、《哲學原理》和《激情論》等著作中。

笛卡兒特別關注對人的研究，他認為人是具廣延性的肉體和不具廣延性但能思想的“自我”的聯合體，是動物中最複雜的一類。但因為他“對動物還沒有充分的認識”，說不準其發生、成長的全過程，於是只研究一種模型，一種上帝製造的世間機器。它像真人一樣由心臟、腦、胃、血管、神經、骨骼組成的肉體，它們是用像製造鐘或水磨一樣的原理製造的，不過更加精密和完善；這種“人”還有居於腦中松果腺內的非物質的心靈。

笛卡兒用機械論的觀點仔細分析了“人”的生理過程。他認為一種無光的發熱的“火”是人體的原動力，它能經由呼吸得到不斷的更新。空氣在進入心臟的“左凹處”之前與血液混合，使它的熱增加；接著血液通過連續不斷的循環把能量帶給身體的各部分。身體各部分還需要營養，營養物微粒在所經過的路徑碰到適合它進入的細孔，便進入相應的器官。“人”的神經遍佈全身，是一種中空的細絲狀管道，內部充滿一種他稱為“動物精氣”的極精微的物質。這種精氣能流入肌肉，此時肌肉便脹大，拉緊兩端，引起肌肉收縮。

在討論外界刺激與“人”的知覺關係時，亦即“人”對客觀世界的認識時，笛卡兒表明他在某種程度上主張反映論的觀點。他說“除非外界對象在我們神經中引起某種局部運動，我們便無從知覺它們。”即使極遠的恆星亦如此。以視覺為例，笛卡兒認為外界物體的光經晶狀體到達由視神經末端組成的視網膜，接著，能產生光和色的感覺的微粒引起神經末端輕微的晃動，這種晃動經神經傳到腦部，引起腦內部的晃動，從而導致腦中某種精氣流的發生，居於松果腺內的心靈能辨認出精氣流的模式，便形成

有關形狀、顏色、遠近等知覺。此時，心靈又獨立地控制松果腺中精氣的運動，使它沿另外的神經引起肌肉的運動，從而對外界刺激作出反映。笛卡兒還用相似的辦法解釋了“人”如何知覺人體內部各器官所產生的自然慾望(如飢、渴等)以及情感上的喜、怒、哀、樂等。

按照嚴格的二元論哲學，精神與物質這兩種不同質的本體是不能相互作用的。當笛卡兒不得不解釋人與客觀世界的關係時，他承認了它們的相互作用。但笛卡兒並沒說明這種作用的細節。他曾說：“我們可以發現自我與肉體的結合，但卻無法理解它。”

爲了使生理學的機械理論趨於完善，笛卡兒曾對動物的繁衍十分注意。他的一些通信及手稿表明，他甚至試圖通過解剖來了解動物的生殖問題。在去世不久，他完成了“胎兒的形成”一文(1664年發表)。文章闡述的機制十分含混，很少科學價值，但確實反映了笛卡兒徹底的機械論世界觀。

文 獻

原始文獻

- [1] C. Adam 和 P. Tannery 編, *Oeuvres de Descartes*, Vol.1 – 12, Paris, 1897 – 1913 。
- [2] C. Adam 和 G. Milhaud 編著, *Descartes, Correspondence publiée avec une introduction et des notes*, Vol.1 – 2, Alcan ; Vol.3 – 8, PUF, Paris, 1936 – 1963 。
- [3] E.S. Haldane 和 G.R.T. Ross 編譯, *The philosophical work of Descartes*, Cambridge Univ. Press, 1912 ；其中包括 *Regulae*, *Discourse*, *Meditation* 和 *Principles* 。
- [4] M. Latham 和 D.E. Smith 注譯, *The Geometry of René Descartes*, Dover Publication, Inc., New York, 1954 。
- [5] A. Kenny 編譯, *Descartes : Philosophical letters*, Clarendon Press, Oxford, 1970 。

研究文獻

- [6] L. Roth, *Descartes' discourse on method*, Oxford, 1937。
- [7] N.K. Smith, *New studies in the philosophy of Descartes*, Macmillan Co. LTD., London, 1952。
- [8] J.F. Scott, *The scientific work of Rene Descartes*, Taylor and Francis, London, 1952。
- [9] C.B. Boyer, *A history of analytic geometry*, Scripta Mathematica, New York, 1956。
- [10] B. 索科洛夫，笛卡兒，生活・讀書・新知三聯書店，1956
- [11] A.C. Crobie, M.S. Mahoney and T.M. Brown, *Descartes*, 見 *Dictionary of Scientific biography*, Vol. 4, 51 - 65。
- [12] G. Sebba, *Descartes and his philosophy : A bibliographical guide to the literature*, 1800 - 1958, Athens. Ga., 1959。