

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

彭加勒



一、童年时代

1854年4月29日，昂利·彭加勒出生在法国南锡。他的祖父在拿破仑军队中供职，隶属于圣康坦部队医院。1817年，祖父在鲁昂定居，并结婚成家，后有两个儿子。大儿子莱昂·彭加勒生于1828年，他是一位第一流的生理学家兼医生、南锡医科大学教授，他因精湛的医术和高尚的医德博得了人们的尊敬和爱戴。二儿子安托万·彭加勒，曾升迁为国家道路桥梁部的检查官。

来昂的妻子是一个善良、机敏、聪明的女性，他生一子一女。儿子就是后来成为伟大科学家的昂利·彭加勒。安托万有两个儿子，一个是昂利的堂弟雷蒙·彭加勒，他曾于1912年、1922年和1926年几度组阁，出任总理兼外交部长，1913年1月至1920年初，荣任法兰西第三共和国第九届总统。安托万的另一个儿子吕西安·彭加勒是中等教育局局长，并在大学担任高级行政职务。昂利就是这个显赫的彭加勒家族中的成员。

据说，昂利不喜欢这个姓，因为这个姓在法语中意味着“点的平方”。当然这仅是传言。

从彭加勒家族成员的显赫名单上，人们也许会想，昂利·彭加勒可能会显示出某些行政管理才能。可是出乎预料的是，他除在童年时代和妹妹以及其他小朋友作政治游戏时做过高官外，从未表现出这方面的能耐。在这些政治游戏中，他总是秉公办事、合理待人，他的一个伙伴都能从他的“衙门”获取应得的报偿。俗话说，从小看大，三岁看老。昂利·彭加勒后来没有象雷蒙那样成为一个显赫一时的政治家，但却是一位诚实、正直、严肃的科学家。

昂利·彭加勒的童年是不幸的。在幼儿时，他的运动神经共济官能就缺乏协调。他的两手后来虽说都能写字书画，但他的字、画都不好看。乍看起来，他也没有什么超人的天才，这可由一件趣闻佐证。当他后来被公认是他所处时代的第一流数学家时，他接受了比尔试验（比尔是法国心理学家），结果他被断定是一个笨人。由于在他的孩提时代，母亲把全部心血倾注到子女的教育上，所以他的智力发展很快，很早就学会了讲话。不过开始还不大顺利，他思考得很快，而迟迟找不到要说的恰当的词语和方法。

5岁时，白喉病把他折磨了整整9个月，从此留下了喉头麻痹症。这次疾病使得他长时期身体虚弱、缺乏自信。他无法和小伙伴们作粗野的游戏了，只好另找欢乐。

他的主要娱乐是读书，在这个广阔的天地里，他的天资通过锻炼逐渐显露出来。当他6、7岁时，他们家的一位好朋友——初级检查员安泽兰经常给他介绍有关基础知识方面的书，也每每提问题让他思考，从而激发了他强烈的求知欲。大约从7、8岁时起，他对博物学发生了兴趣。《大洪水前的地球》一书给他留下了深刻的印象。他读书速度之快令人难以置信，而且过目不忘，往往能说出哪页哪行讲了些什么。他在一生中都保持着这种视觉记忆

能力。他的时间记忆——以不可思议的准确性回忆往事——能力也非常强。大多数的数学家通常都通过眼睛来看记忆公式和定理，彭加勒视力极差，他上课时看不到老师在黑板上写的东西，也不好记笔记，全凭耳朵听，这大大增进了他的听觉记忆能力。到后来，他在头脑中能够完成复杂的数学运算，他能够迅速地写出一篇论文而无需大改。人们对此觉得不可理解。在他看来，这只是自然而然的。这种“内在的眼睛”大大有益于他的工作，因为抽象的数学研究正需要丰富的想像和敏锐的直觉。

幼年的残疾弄得他手指不大听使唤，从而妨碍了实验技巧的训练。尽管他后来教过实验物理课程，也掌握了一些实验技能，但总的说来比较逊色，这也是他后来主要从事理论研究的原因。有人说，假使他在实验科学方面和在理论科学方面的兴趣一样强烈的话，他也许会成为与牛顿相媲美的人。

彭加勒十分喜爱动物。他初次玩来福枪时，无意中射死了一双小鸟。他为此深感内疚，此后再也不愿摸枪支了。9岁时，他写了一篇出色的论文，是一篇“小杰作”。法文老师认为，彭加勒的作文在形式和内容方面都有独创性。这篇作文第一次表明彭加勒将来会成为一个有出息、有成就的人。

彭加勒在初等学校的学业成绩是优秀的，但是他并没有一天到晚趴在桌子上死啃书本，像其他孩子一样，他也乐于游戏和玩耍，他喜欢跳舞，还自编自演过一个诗剧。功课对他来说像呼吸一样容易，他把许多时间用来娱乐和帮母亲干活。从小时候起，彭加勒就具有心不在焉的性格：他每每忘记吃饭，几乎从未记清他是否吃过早餐。这种性格直到成年也未改，比如离开旅馆时，他有时便稀里糊涂地把房间的台布、床单之类的小物件卷进自己的行李中了。

在15岁前后，奇妙的数学紧紧地扣住了彭加勒的心弦。一开始，他就显示出终生的怪僻，当他不停地来回踱步时，那正是在聚精会神地思考数学问题，只有彻底想好了，他才把结果记在纸上。他工作时，各种外界干扰对他来说毫无影响。有一天，一位芬兰数学家长途跋涉到巴黎与彭加勒商讨问题，当女仆告诉彭加勒有客来访时，他似乎没有听到，还在继续来回踱步，整整踱了三个钟头。

其实，彭加勒这种工作专注的特点是从从小就养成的。法国社会心理学家勒邦，谈到这一点时说：“彭加勒对数学有高度的直觉，在南锡大学附校，他的同学就为此感到震惊。……从在附校第一年起，彭加勒就有他的工作方法，他强使自己坐在学习桌旁，无论是嘈杂声还是谈话都不会扰乱他的思考。要使思想集中于一个问题，他不需要其他帮助，只要逻辑思维充满他的头脑就行了。”

1870年，普法战争爆发了，当时彭加勒才16岁。他年幼体弱，没有服兵役，可是也经受了风险。德国侵略者占领了他的家乡南锡，他在战地巡回医院协助父亲工作。后来，他和妹妹随母亲到阿兰瑟的外婆家去，他童年时代最幸福的日子就是在那里度过的。他还清楚地记得，在阿兰瑟的公园里，

他曾和妹妹跟年龄相仿的表兄弟、表姐妹一块儿玩耍，同他们一起跳舞、游戏、猜字谜，他总是扮演活跃的喜剧角色，逗得他们笑得前仰后合。可是现在的阿兰瑟距圣普里瓦战场不远，母子三人忍饥挨饿，在滴水成冰的天气里越过一个个沦为焦土的村镇。到达目的地，映入他们眼帘的只是一片残垣颓壁，侵略者的铁蹄蹂躏了美好的家园，敌人的兽行促使彭加勒终生成为一位热情的爱国主义者。

但他，他从来也没有把敌国的数学和敌国军队的野蛮行径混同起来。正像他的老师埃尔米特（一位法国数学家），没有反对高斯（一位德国数学家）一样，彭加勒也从未敌视过库默（一位德国数学家）。可是，彭加勒的堂弟雷蒙却迥然不同，每当他提起德国人时，总是伴随着憎恨的尖叫声。在战争期间，为了听懂德国兵的交谈和阅读德文报纸，彭加勒通过自学掌握了德语。

按照法国通常的习惯，彭加勒在 17 岁，即 1871 年，进入专业训练前接受了首次学位（文学和理学学士）考试。在考数学时，他由于迟到而心神不安，连证明收敛几何级数求和公式的简单试题都作错了。由于平常成绩优秀，他还是在数学不及格的情况下通过了学位考试。主考人说：“彭加勒是一个例外，若是其他任何学生，无论如何也不会被录取”。

他进入福雷斯学校学习，在没有记一页课堂笔记的情况下赢得了一次数学奖金。这使他的同学惊讶不已。他们以为彭加勒是一个吊儿郎当的人，便闹了个恶作剧，哄骗他代表四年级学生参加数学竞赛，解一个十分难对付的数学题。彭加勒似乎没有怎么思考就直接写出了答案，然后扬长而去，那些戏弄者垂头丧气地还在纳闷“他究竟是怎样做出来的？”在彭加勒的整个一生中，其他人经常询问同样的问题。的确，当一个数学难题摆在他面前时，他的答案就像刚刚离弦的箭一样飞来。

1871 年底，彭加勒进入巴黎综合工科学学校深造。据说，在入学考试时，一位主考人得知彭加勒是“数学巨怪”，故意把考试推迟了三刻钟，想用一个经过精心推敲的试题难倒他。结果，彭加勒回答得很出色，得到了最高分数。他尽管在数学上名列前茅，但体育成绩很不好，绘画得了零分。按当时的规定，零分意味着淘汰。主考人熟知他的情况，还是破例录取了他，使他有会深造。

彭加勒于 1875 年从巴黎综合工科学学校毕业，其时 21 岁。他接着到矿业学校学习，打算做一名工程师。他满怀信心地攻读工程技术课程，一有闲空，就劲头十足地钻研数学，并在微分方程一般解的问题上初露锋芒。1878 年，他向巴黎科学院提交了这个课题的“异乎寻常”的论文，为此于第二年的 8 月 1 日，他有幸得到了数学博士学位。

彭加勒并非命中注定要成为一个矿业工程师，但是在见习期间，他却表现出一个真正的工程师的勇气。在一次矿井爆炸时，他奋不顾身地冲进去营救十六个遇难的同事，为此深得矿工们的信赖。然而，这个职业与他的兴趣不相投，他又想作一个职业的数学家。得到博士学位不久，他应聘到卡昂大

学作数学分析教师。两年后，他升迁到巴黎大学作教授，讲授力学和实验物理学等课程。除了在欧洲参加科学会议和 1904 年应邀到美国圣路易斯博览会讲演外，他一生的其余时间都在巴黎作为法国数学界乃至世界数学界的领袖而度过的，一生载有众多的荣誉。

二、数学天才

1789 年的法国大革命推翻了成为社会发展桎梏的封建制度和专制政权，促进了科学的发展，使法国在 18 世纪末和 19 世纪初取代英国，一跃而成为世界科学的中心。在这里，只需提一下拉格朗日、蒙日、拉普拉斯、傅里叶、柯西等著名数学家的名字就可想而知法国科学的盛况了。可是，由于启蒙主义在德国的活跃和以普鲁士为中心的各诸侯国的统一，德国在世界舞台上崭露头角，后来居上，在 19 世纪后半期夺得了科学的主导权。尽管如此，由于彭加勒等人的继往开来，仍使法国有能力自立于世界科学之林。彭加勒被认为是 19 世纪最后 $1/4$ 和本世纪初期的数学主宰，并且是对数学和它的应用具有全面知识、雄观大局的最后一位大师。要知道，当时的许多数学分支都变成了封闭的体系，它们各有其特殊的术语和专门的研究方法，要同时跨越几个领域实在不易，要作个通才，更是难上加难。可是彭加勒就是这样的通才，人们公认他是堪与高斯相媲美的大数学家。

在彭加勒出生后的第二年，高斯就去世了。高斯是德国著名的数学家，被誉为“数学家之王”。他的研究遍及所有数学部门，也是非欧几何学的创始人之一。可以说，19 世纪数学的发展一开始就在数学巨人高斯身影的覆盖之下，而后来却在同样的一位数学大师彭加勒的支配之中。他们两人是最高意义上的广博的数学家，并且都在物理学和天文学上作出重要贡献。事实上，彭加勒在数学的四个主要部门——算术、代数、几何、分析——中的成就都是开创性的。洛夫在评价彭加勒时说过：

他的权威现在已被公认，他能够进入所有时代最伟大的数学家行列之中，未来的几代人将不可能修改这一论断。

彭加勒的首次成功是在微分方程理论方面。这项工作完成于 1876 年 11 月，论文题目是《关于微分方程所定义的函数性质》，其时他只有 22 岁。1878 年，他又完成了同一课题的又一篇论文《自变量的任意个数的偏导数方程的积分》，它涉及到更加困难、更加普遍的问题。这篇博士论文又一次显示了彭加勒卓越的数学才能。论文评审人认为，论文是异乎寻常的，它包含着足以向几篇好论文提供材料的结果，完全值得接受。对于常微分方程的研究促使彭加勒从事超越函数新关系——自守函数——的探讨，自守函数是椭圆函数的推广。彭加勒把自己发现的一类自守函数命名为富克斯函数，但富克斯却没有考虑过，为此克莱因就优先权问题向彭加勒提出抗议。彭加勒的回答是把自己紧接着发现的一类自守函数命名为克莱因函数，因为这类函数正像有人所幽默地注视到的，克莱因从来也未想到过。

1884 年，彭加勒在《数学学报》前五卷发表了关于自守函数的五篇重要论文，这一划时代的发现使不到 30 岁的彭加勒闻名于世。从此，他一生事业的魔杖被抓住了。阿拉丁的神灯（阿拉丁是阿拉伯神话《天方夜谭》中寻获神灯与魔指环的青年，阿拉丁的神灯即如意神灯，此灯可使持有者百事如意）

被擦亮了。可是，当这组论文的第一篇发表后，克罗内克却警告编辑说，这篇不成熟的和隐晦的论文会把期刊扼杀掉。

自守函数的研究和微分方程定性理论的研究一样，促使彭加勒重视拓扑学。1887年，33岁的彭加勒被选入巴黎科学院，像这样年轻的新人进入科学院实属罕见。大多数数学家在签署意见时认为，彭加勒的工作成就超过了通常的赞扬，这必然使我们想起雅科毕描述阿贝尔的情况——他解决了在他之前未曾设想过的问题。事实上必须承认，由于椭圆函数的成功，我们正目睹数学领域里的一次革命，这次革命在每一个方面都可以和半个世纪前出现的革命相比较。

彭加勒说过，数学家具有两种截然不同的倾向。有的人具有不断扩张版图的兴趣，在攻克某个难题后，便抛开这个题目，急着出发进行新的远征。另外的人则专心致志地围绕着这个问题，从中引出所有能够引出的结果。前者像一个乘汽车的旅行家，后者则像一个徒步游客。

彭加勒本人就是这样一个在数学新版图上乘车驰骋的旅行家。法国数学家、彭加勒的传记作家达布谈到彭加勒的这一特点时说：“他一旦达到绝顶，便不走回头路。他乐于迎击困难，而把沿着既定的宽阔大道前进、肯定更容易到达终点的工作留给他人”。彭加勒属于库恩所说的发散式思维的科学家，对于一个科学开拓者来说，这的确是不可或缺的素质。

就这样，彭加勒接二连三地出击，雄心勃勃地进行新的征服。他在函数论，组合拓扑学（又称代数拓扑学）、代数学、微分方程和积分方程理论、代数几何学、发散级数理论、数论、概率论、位势论、数学基础等方面都作出了开创性的贡献，成为后继者拓展和深究的课题，有些至今仍具有诱人的魅力。在数学研究的众多领域中，彭加勒永远走在前面。新问题等待着他，他没有时间仔细琢磨已被攻克的旧问题，他不愿把精力花在那些细枝末节的小问题上，修正、拓广他作过的东西不是他的职责。维托·沃尔泰拉在评价彭加勒这一工作作风时说：“对彭加勒而言，整体即是一切，无所谓细节”。在这方面，彭加勒与高斯迥然不同。高斯的研究成果发表的相对地少，因为他不管作什么工作，都要琢磨修饰，既要求完美，又要求他的证明达到最大限度的简明而不失严密性。关于非欧几何，他没有发表过权威性的著作。而彭加勒却是一位性急而多产的科学家，他甚至说过，他从未发表过一篇既不后悔它的内容、也不后悔它的形式的论文（这当然是自谦的说法）。不过，他们二人有一点则是共同的：他们都没有几个学生，而且都喜欢一人工作。

在数学哲学和数学创造的心理学方面，彭加勒也进行了有意义的探索，发表了富有启发性的看法。彭加勒巨大的权威性，他的文体的优美，以及他打破传统的思想，使他的著作超出范围有限的数学界。有的传记作家估计他的作品有五十万读者，创造了数学界的空前记录，开了一代数学大师的先河。

三、天文学的剑客

自牛顿以来天文学向数学提出了许多问题。直到 19 世纪之前，天文学家在处理天文学问题时所用的武器实际上是牛顿、欧拉、拉格朗日和拉普拉斯所发明的武器的改良。但是，从 19 世纪开始，柯西发展了复变函数论，他本人和其他人对无穷级数收敛问题进行了研究，天文学的武库通过数学家的努力正在扩充起来。对于彭加勒来说，他很自然地想到自己的解析学，他把这种从未运用过的数学新武器用来进攻天文学。他所发动的战役在当时是如此地现代化，以致在 40 多年后，还没有几个人能够掌握他的锐利武器。

在 19 世纪，法国在理论物理学和其他学科方面失去了霸主地位，但在理论天文学方面仍然领先一步。彭加勒是这一光荣传统的继承人，他站在他的同胞克莱劳、拉普拉斯、勒维烈这些天文学巨人的肩膀上，当然会看得更远一些。他的主要工作有三个方面：旋转流体的平衡形状（1885 年）；太阳系的稳定性，即 n 体问题（1889 年）；太阳系的起源（1911 年）。

彭加勒对第一个问题的兴趣是被威廉·汤姆逊，即开耳芬勋爵和泰特的《论自然哲学》一书中的一节激起的。此外，他在讲授流体力学时也对标准教材中关于旋转流体的处理感到不满。

彭加勒在 1885 年发表的长篇论文中讨论了由雅科毕椭圆派生出来的、角动量渐增的新体系的平衡形状，这种形状后来称为梨形。彭加勒定性地描述说：

让我们设想一个因冷却而收缩的旋转流体，但是它慢到足以保持均匀，并且在旋转时，它的所有部分都是相同的。起初，它们是十分近似的球形，逐渐变成旋转椭球，旋转椭球会越来越扁。接着在某一瞬间，它将变为三个轴不等的椭球。后来，图形将不再是椭球，而变成梨形，直到最后图形腰部越来越凹进，分裂成两上独立的、不等的物体。

彭加勒认为，这种体系演化的下一个阶段可能是一大一小彼此绕着旋转的两个天体的平衡状态，该假设肯定不能用于太阳系，某些双星必然会呈现出这样的过渡形式。后来，俄国数学家李亚普诺夫和英国天文学家金斯分别在 1905 年和 1915 年证明：梨形是不稳定的。当然，现在有些人不再相信，彭加勒的梨形能在宇宙演化中起任何作用。但是，至今仍然有人研究，流质经过旋转不稳定后发生的分裂可能导致形成双星体系，甚至有人认为地球也是梨形，因而彭加勒处理问题的一般方法也许可能再度得势。

彭加勒在天文学上的最大成功表现在对“ n 体问题”的处理上，这是瑞典国王奥斯卡三世在 1887 年提出的悬赏问题。设 n 个质点以任意方式分布在空间中，所有质点的质量、初始运动和相互距离在给定的时刻假定都是已知的。如果它们之间按照牛顿万有引力定律相吸引，那么在任何时刻，它们的位置和运动速度怎样呢？对于数学天文学来说，一群星系中的每个恒星都可以视为这样的质点，于是 n 体问题就相当于今后天空的情况将是什么样子，

假使我们有足够的观察资料描述目前天空的普遍结构的话。显然，这个天文学问题不仅具有数学特色，而且具有物理学特色。

关于“两体问题”（ $n=2$ ），已被牛顿圆满地解决了。著名的“三体问题”（ $n=3$ ）后来受到人们的注意，因为地球、月亮和太阳就是三体问题的典型例子。自欧拉以来，人们把它视为整个数学领域最困难的问题之一。从数学上讲，该问题归结为九个联立微分方程组（每个都是线性二阶的）。拉格朗日成功地把这个问题加以简化，可是其解即使存在，也不能用有限个项来表示，而是一个无穷级数。如果级数在形式上满足方程组，并且对于变数的某些值收敛，那么解将存在。彭加勒在他 1889 年的论文中提出了一种新的强有力的技巧，其中包括渐近展开和积分不变性，并且对微分方程在接近奇点附近的积分曲线行为作出了根本性的发现。

尽管彭加勒没有解决 n 体问题，但在三体问题上却获得了明显的突破，因此评审团还是把奥斯卡奖——2500 瑞典克朗和金质奖章——授予他。法国政府不顾瑞典国王的阻拦，也授予彭加勒“宪兵团荣誉骑士”的称号。彭加勒在写给奥斯卡奖评审团的信中说：“你们可以告诉你们的君主，这项工作不能看作是对所提出的问题提供了完美的答案，然而它具有这样的意义：它的公布将在天体力学上开创一个新时代，因此，陛下所期望的公开竞赛的结果可以认为是达到了”。

彭加勒在数学天文学方面的早期工作汇集在他的专题巨著《天体力学的新方法》中，接着该书的是 1905—1910 年出版的另外三卷著作《天体力学教程》，它具有更为实用的性质。稍后又有讲演集《流体质量平衡的计算》和一本历史批判著作《论宇宙假说》。

彭加勒的传记作者达布断言，这些著作中的头一部事实上开辟了天体力学的新纪元，它可与拉普拉斯的《天体力学》和达朗贝尔关于二分点岁差的工作相媲美。乔治·达尔文爵士在评论《天体力学的新方法》时说：“很可能，在即将来临的半个世纪内，一般研究人员将会从这座矿山发掘他们的宝藏”。达布在评价彭加勒的这项工作时写道：

在 50 年间，我们生活在著名德国数学家的定理上，我们从各个角度应用并研究他们，但是没有添加任何基本的东西。正是彭加勒，第一个粉碎了这个似乎是包容一切的僵硬的理论框架，设计出展望外部世界的新窗户。

彭加勒的《论宇宙假设》普遍地被这个领域的研究者看作是经典性的，书中对建立在拉普拉斯星云说上的模型的性质作了全面的分析和认真的尝试。这本书作为回顾太阳系起源的各种理论，即使在今天也值得一提，但是由于忽略了二十世纪初其他天文学家提出的一些理论，因而有某些不足之处。彭加勒关于宇宙演化的观点在 19 世纪末是有代表性的：真实世界的进程是渐变的，不可逆的，不连续的变化也明显的发生，但只是在确实需要时才发生，而且不是以大变动的形式。这种观点显然与今天流行的大爆炸宇宙学格格不入。

像一个直觉主义者所作的那样，彭加勒在天文学研究中的不少工作与其说是定量的，还不如说是定性的，这种特点导致他研究拓扑学。在这方面，他发表了六篇著名的论文，使课题起了革命性的变革。拓扑学方面的工作又转而顺利地应用到天文学的数学之中。

通过研究天文学，彭加勒深深体会到：天文学是有用的，因为它能使我们超然自立于我们自身之上；它是有用的，因为它是宏伟的；这就是我要说的。天文学向我们表明，人的躯体是何等渺小，而人的精神又是何等伟大，因为人们的理性能够包含星辰灿烂、茫无际涯的宇宙，并且享受到它的无声的和谐。在它那里，人的躯体只不过是沧海之一粟而已。于是我们意识到我们的能力，这是一种花费越多收获越大的事业，而这种意识能使我们更加坚强有力。

四、物理学的怪才

彭加勒讲授物理学达 20 年之久,他以特有的求全性和充沛的精力完成这项任务,结果使得他成为理论物理学所有分支的专家,发表了不同论题的文章和书籍达 70 种以上,其中涉及到毛细血管引力、弹性学、流体力学、热的传播、势论、光学、电学、磁学、电子动力学以及混沌学,他对每个课题都有深刻的洞察,并揭示其本质。他也能敏锐地集中于一个问题,细致地考察它,善于从各个方面对它进行定性研究。他特别偏好光和电磁理论。彭加勒关于电磁理论的教科书,成为麦克斯韦理论在欧洲大陆得以广泛传播的范本。

说实在的,在物理学方面,彭加勒的运气并不怎么好。为了使他的才能得到体现,他应该晚生 30 年或多活 20 年。恰恰在经典物理学发展到它的顶峰时,他却处于精力充沛的时期,当物理学重新焕发青春——以普朗克 1900 年量子论的提出和爱因斯坦 1905 年狭义相对论论文《论动体的电动力学》的发表为标志——之时,他的头脑却被 19 世纪的经典理论所充塞,以致于在他逝世前,他几乎没有多少时间消化那些令人惊奇的新事物。尽管如此,他还是在物理学革命的三个前沿领域作出了杰出的贡献。

1. 在物质结构研究方面的贡献

1895 年 12 月 28 日,伦琴(1845—1923 年)发现了 X 射线,彭加勒对此感到十分振奋,他在 1896 年 1 月 20 日科学院的周会上展示了伦琴寄给他的 X 射线照片。当贝克勒尔问他射线从管子的哪一部分发出时,彭加勒回答说,射线似乎是从管子中与阴极相对的区域发出的,在这个区域内玻璃管变得发荧光了。

彭加勒还在 1 月 30 日发表了一篇关于 X 射线的论文,他在论文中提出:“是否所有荧光足够强的物体,不管它的荧光的起因如何,都既发射可见光又发射 X 射线呢?”尽管彭加勒的预料并不完全正确,但是它毕竟是导致贝克勒尔发现放射性的直接动因。

对于世纪之交分子实在性的争论,彭加勒基本持中立态度,因为还没有确切的实验事实证明分子是真实的,不过,他早就意识到用实验来验证分子运动论的可能性。他在 1900 年提醒大家注意古伊关于布朗运动的有独创性的概念。他指出:“那些无规则运动的粒子比细密的网孔还要小;因此,他们可能适用于解开那团乱麻,从而使世界逆行。我们几乎能够看到麦克斯韦妖作怪呢”。

1904 年,他在提到运动和热在布朗运动中相互转化而毫无损失时说:“如果情况如此,为了观察世界逆行,我们不再需要麦克斯韦妖的无限敏锐的眼睛;我们的显微镜就足够了”。后来,爱因斯坦和斯莫卢霍夫斯基分别于 1905 年和 1906 年给出了布朗运动的理论,导出了计算分子大小的公式。1908 年,佩兰和他的合作者通过用显微镜观察藤黄树脂微粒的布朗运动,证实了分子

的实在性。彭加勒面对这一事实，坦率地承认：“长期存在的原子假设已是有充分的可靠性”，“化学家的原子现在已经是一种实在了”。

2. 相对论的先驱

早在 1900 年之前，彭加勒就掌握了建立狭义相对论的一切必要材料，并于 1904 至 1905 年间找到了它的数学表示。作为相对论的先驱，他比马赫更前进了一步。

在 1895 年，彭加勒就对当时的以太漂移实验的解释表示不满，他批评洛伦兹过多地引入特设假设。他相信，用任何实验手段——力学的、光学的、电学的——都不可能检测到地球的绝对运动。他已经意识到，采取这种立场相当于在理论上提出一个普遍的物理定律：“不可能测出有重物质的绝对运动，或者更明确地说，不可能测出有重物质相对于以太的运动，人们所能提供的一切就是有重物质相对于有重物质的运动”。

1900 年，他把这个定律称为“相对运动定理”。1899 年，彭加勒在索邦所作的关于电和光的演讲中又提到这一普遍定律。第二年在巴黎的国际物理学会议上，他把相对运动原理表述为：任何系统的运动必须服从这样的定律，不管它是相对于固定轴而言还是相对于作匀速直线运动的轴而言。

在 1902 年出版的《科学与假说》中，首次出现了相对性原理的说法。不过，相对性原理的标准表述是彭加勒 1904 年 9 月在圣路易斯讲演中作出的。他把它作为物理学六大基本原理之一提了出来：

相对性原理，根据这个原理。物理现象的定律应该是相同的，不管观察者处于静止还是处于匀速直线运动。于是，我们没有、也不可能有任何手段来辨别我们是作这样一种运动。

也就是在这次讲演中，他惊人地预见了新力学的大致图景：惯性随着速度而增加，光速会变为不可逾越的极限。原来的比较简单的力学依然保持为一级近似，因为它对不太大的速度还是正确的，以致在新力学中还能够发现旧力学。

在 1898 年的《时间的测量》一文中，彭加勒不仅批判了绝对时间、绝对空间和绝对同时性的概念，而且还提出了建设性的建议：承认光速不变是一个公设，并用爱因斯坦后来使用的术语讨论了远距离的同时性的确定问题。他说：“光具有不变的速度，尤其是它的速度在一切方向上都是相同的，这是一个公设，没有这个公设，就无法测定光速。”彭加勒利用两个观察者（爱因斯坦的讨论只用一个观察者）光讯号和时钟，讨论了时钟同步和同时性的定义问题，得出了与爱因斯坦 1905 年的结论相同的结果。

1904 年后期到 1905 年中期，彭加勒给洛伦兹写了三封信，这三封信的基本思想在《论电子动力学》一文中得到发展。这篇论文的缩写本于 1905 年 6 月 5 日发表，全文则发表于 1906 年。他在文中第一个提出了精确的洛伦兹变换，指出该变换的群的性质。“洛伦兹变换”、“洛伦兹群”、“洛伦兹不变量”等术语，都是他首先使用的。他还得到了正确的电荷和电流的变

换，这样一来，麦克斯韦——洛伦兹方程首次在洛伦兹变换下严格地变成不变量。彭加勒还导出了电磁标量势和矢量势、单位体积的力、单位电荷的力的变换，这些公式甚至在 60 年代前后的文献中也难以找到。尤其是，彭加勒为了利用在具有确定的正度规的四维空间中的不变量理论，还引入了四维矢量，使用了虚时间坐标。他还揭示出洛伦兹变换恰恰是四维空间绕原点的转动，彭加勒的这一工作，对闵可夫斯基后来的四维时空表示法有直接影响。彭加勒也是第一个在他的电子动力学中研究牛顿引力定律的人，他甚至使用了“引力波”这个词。

3. 量子论的积极倡导者和热心研究者

1911 年的索尔维物理学会议，使量子论越出了德国国家的国界。彭加勒应邀参加了这次最高级会议，首次了解到量子论。它在很短的时间内就成为量子论的积极倡导者和热心研究者。

1911 年 12 月 4 日，即索尔维会议一个月之后，彭加勒向科学院提交了一篇改述量子论的长篇论文的缩写本，全文于翌年 1 月发表。他在论文中指出，量子论的出现“无疑自牛顿以来自然哲学所经历的最伟大、最深远的革命。他坚持认为，旧理论不只是在能量能够连续变化的假定上是错误的，而且物理定律本性的概念也要经受根本的变革。他在论文的最后指出，人们必须寻求差分方程，对于不连续的概率函数的情况，它将起哈密顿微分方程的作用。后来，他还就量子论发表几篇文章和讲演。他甚至猜想，任何孤立系统乃至宇宙也像粒子一样，“会突然地从一个状态跃迁到另一个状态；但是在间歇期间，它依然是不动的。宇宙保持同一状态的各个瞬时不再能够相互区分开来。因此，这将导致时间的不连续变化，即时间原子”。彭加勒的工作大大推动了非德语国家的物理学家接受和研究量子论。

五、哲学家

彭加勒对科学和数学的哲学意义一直兴味盎然，他在早年发表了的许多专业论文中，经常涉及到科学哲学问题。

在本世纪初，他认真总结了在科学前沿多年探索的经验，对科学的基础进行了系统的哲学反思，提出了许多有价值的、有启发意义的思想和见解。这集中体现在他于 1902、1905、1908 年出版的《科学与假设》、《科学的价值》、《科学与方法》三本书中，它们既是畅销一时、至今仍富有吸引力的科学哲学著作，也是内容丰富、语言优美的科普读物。在那些年代，经常可以看到工人和店员们在巴黎的公园和咖啡馆贪婪地阅读彭加勒的通俗著作，尽管这些书籍印刷低劣、封面破旧。在法国的图书馆或阅览室，彭加勒的书都被手指翻脏了，显然有许多人借阅过。这些书被译成英、德、俄、西班牙、匈牙利、瑞典、日、中等文字，几乎传遍了整个文明世界。

由于他的文字才华，彭加勒得到了一个法国作家所能得到的最高荣誉。人们称他为“法国的散文大师”，文学研究院接纳他为会员。一些妒忌心强的小说家心怀不满地散布说，彭加勒作为科学家能够获得这种独一无二的荣誉，是因为文学研究院经常要编辑权威性的法语字典，兴趣广泛的彭加勒显然能在工作中帮助文学研究院的诗人和语法学家，告诉他们自守函数是什么。但是众人却公正地认为，彭加勒已经得到的荣誉并不比他应该得到的多。

勒邦在谈到彭加勒的文字才华时这样写到：

数学家、哲学家、诗人、艺术家的昂利·彭加勒也是一位作家。他的唯一目的是用他的全部诚意表述他的思想，并把他的激情和崇高的热忱传达给他的读者。他以锐利的笔锋写作，因为他的见解是这样精密，他的思维是如此活跃，以致他几乎总能找到它们的完美表示。

极其流畅和变化多端的风格是专家的风格，当时是文豪和诗人的风格，这也是真正的法国作家蒙田、莫里哀、帕斯卡的风格。雅致、简单、清晰、极大的简明，这种风格充满了有趣的妙语（引人发笑的俏皮话），充满了在特殊场合中的尖刻的反语。但是这些妙语对准的是荒谬的事物，而从未对准个人。彭加勒常常巧妙地使日常语言恢复活力，或者通过把它所包含的比喻延伸到结论，或者使所用的修辞手段充满独创性、新颖性和感染力。

彭加勒在科学哲学上继承了马赫和赫兹的传统，并汲取和改造了康德的一些思想，他的哲学思想显然受到数学研究的影响。约定论是彭加勒的一大哲学创造，它后来和马赫的经验论一起成为逻辑实证论兴起的哲学基础，因此彭加勒被理所当然地认为是逻辑实证论的始祖之一。尽管如此，彭加勒从未自诩为哲学家，也没有为哲学著作而写哲学著作。

他的四本哲学著作中的大部分章节，都是他的科学著作的序言、结论，或是会议讲演和学术报告，都是他的科学研究的“副产品”。由于它们是在不同时间为不同的目的而写的，因而相互之间反有松散的联系，有时似乎还

有些矛盾。但是不容置辩的是，它们透露出现代科学的哲学意向和时代的新鲜气息。

在《科学与假设》中，彭加勒坚持实验是真理的唯一源泉。从这种立场出发，他批判了经典力学的一些基本概念和原理。他强调假设在科学中不仅是必要的，而且是合理的，他把假设分为三类进行论述，并指出假设要经常检验和不可滥用假设。彭加勒对科学的统一性和简单性也很感兴趣。在该书中，彭加勒通过对非欧几何学和物理学中一些基本原理的分析，提出了约定论哲学。另外，彭加勒还对世纪之交物理学理论的状况进行了较全面的分析。值得注意的是，爱因斯坦在“奥林比亚科学院”时期读过《科学与假设》，该书给他以极强烈的印象。

《科学的价值》引人注目的有三点：其一是关于物理学危机的论述。彭加勒通过对物理学历史和现状的考察指出，物理学已处于危机之中，这种危机是好事而不是坏事，它能加速物理学的改造，是物理学革命的预兆；其二是比较系统地阐述了他的科学观。他认为科学是一种分类方法和关系体系，科学的发展是非直线的、无止境的，科学走向统一和简单的道路，科学的基本原理具有极高的价值，并倡导“为科学而科学”；其三是明确地表达了他对某些哲学问题的看法，这些看法往往被许多人统统视为唯心主义的胡说。此外，他还就直觉在科学研究中的作用以及时空的本性等问题发表了一系列见解。

在彭加勒逝世后的第二年，还出版了《最后的沉思》，这是彭加勒所希望的第四本科学哲学著作。该书是勒邦集其遗著编辑而成的，它由九个短篇组成。由于彭加勒长期在科学前沿从事创造性的探索和开拓性的奠基工作，因此他不得不经常对科学的哲学基础进行批判性的审查，对已取得的科学成果进行恰当的哲学解释。而且，他所研究的问题的广度和深度使得他的思想不可能限制在狭窄的专业领域，他必须去考察一个更加困难得多的问题，即分析思维的本性问题，否则他就不会前进一步。彭加勒既有“近水楼台先得月”的有利条件，又勇于求索、勤于思考、善于提炼，因此他在谈到自然观、科学观，认识论等问题时，往往鞭辟入里、深中肯正，难怪爱因斯坦称彭加勒这位具有广阔哲学视野的科学家是“敏锐的、深刻的思想家”。

六、与爱因斯坦的交往

爱因斯坦（1879—1955 年）生于德国乌耳姆市，先后在德国的慕尼黑和瑞士的阿劳上中学。他于 1896 年考入苏黎士联邦工业大学师范系学习，1900 年毕业后即失业。1901 年，爱因斯坦取得瑞士国籍。经人介绍，于 1902 年受聘为伯尔尼瑞士专利局的三级技术员，在这里一直工作到 1909 年。在其间的 1905 年，他一举在物理学的三个领域（狭义相对论、光量子论和布朗运动理论）作出了惊人的发现，全面打开了物理学革命的新局面。1909 年 10 月，他离开专利局，担任苏黎士大学理论物理副教授。1911 年 3 月任布拉格德国大学理论物理学教授。

如果说彭加勒是现代科学和现代科学哲学的先驱的话，那么爱因斯坦则是一位现代科学的创造者和现代科学哲学的奠基者乃至集大成者。他们二人都以第一流的科学家的哲学家的眼光，对科学及其基础进行了全方位的、深层次的探讨，发表了一系列的具有真知灼见的论文，对日后的科学哲学进展产生了不可估量的影响。

爱因斯坦与彭加勒的交往主要集中在索尔维物理学会议上。索尔维物理学会议是由比利时知名的工业化学家和社会改革家索尔维出资赞助召开的国际会议，他委托柏林大学教授、著名物理化学家能斯特筹备这次会议。会议于 1911 年 10 月 30 日如期举行，其中心议题是“辐射和量子论”，来自欧洲大陆和英国的 18 位第一流的物理学家出席了会议。

当时，在布拉格当教授的爱因斯坦也应邀出席了会议，他以“比热问题目前的状况”为题作了报告，论证了辐射量子结构的绝对不可避免性。爱因斯坦在会上的表现给人们留下了深刻的印象，会议秘书林德曼后来回忆道：我和爱因斯坦相处得也不错，也许除洛伦兹外，他给我留下的印象最深了，……他说他不大懂数学，也许正是由于这样他才取得了巨大的成功。一年之后，爱因斯坦被选为普鲁士科学院正式成员。

在索尔维会议上，彭加勒也表现相当活跃和明智。会议的报告和讨论大大激励了彭加勒的敏锐思想。事后，会议的科学秘书莫里斯·德布罗意提到，在所有的与会者当中，唯独彭加勒和爱因斯坦与众不同。的确，彭加勒在讨论中充分表现出他的思想的全部活力和洞察力，即使针对全新的物理学问题，他照样侃侃而谈。对量子论这一崭新课题的热情一直持续到他生命的最后一刻。

索尔维会议记录没有记载关于相对论的讨论，但幕后对这个主题却展开了热烈的辩论。爱因斯坦 1911 年 11 月 16 日在给仓格尔的信中谈到，在索尔维会议的讨论中，“总的来说，彭加勒只是进行对抗（反对相对论），他对这一切的尖锐态度表明他对形势没有什么了解”。另外，普朗克也在会上对爱因斯坦的光量子论表示反对。会议对爱因斯坦工作的评价比较客观地反映在会议录中。会议录在简短的叙述了爱因斯坦的狭义相对论后，继续以这样

的笔调写道：

尽管爱因斯坦的这一思想（狭义相对论）表明是物理学原理发展的基础，可是它现在的应用还与测量的限制密切相关。他对于现在处于热门的其他问题的研究已证明对实际的物理学具有重大的意义。这样一来，正是他第一个表明了，对于原子和分子运动能量所作的量子假设的重要意义，从这一假设出发，便可推导出比热公式。虽然这个公式还没有充分详细地予以证实，但无论如何它为新原子运动论的进一步发展提供了一个基础。他通过建立能够用实验检验的新的有趣的关系，也把量子假设和光电的以及光化学的效应联系起来。他也是第一个指出晶体的弹性常数和光学性质之间联系的人。一言以蔽之，人们可以说，在丰富了现代物理学的许多重大问题中，几乎没有一项爱因斯坦没有作出某种显著的贡献。在他的科学生涯中，他有时也打错了目标，比如他的光量子假设就是如此，可是这实在不能过多地责怪他，因为即使在最严谨的科学中，要引入一种真正的新思想不冒一点风险也是不可能的。

爱因斯坦在 1911 年 12 月 26 日至贝索的信中，却囿于自身的偏见，对索尔维会议的这种评价基本持全盘否定的态度：

在电子论方面，我没有进展。在布鲁塞尔，人们怀着悲伤的情绪看到这个理论的失败，找不到补救的方法。那里的大会简直象耶路撒冷废墟上的悲嚎。没有出现任何积极的东西。我那些不成熟的见解引起了很大的兴趣，却没有认真的反对意见。我得益不多，所听到的，都是已经知道了的东西。

尽管有爱因斯坦这样的偏见，但他仍然给彭加勒留下了较好的印象。在索尔维会议后，居里夫人和彭加勒给爱因斯坦分别写了推荐信，推荐他担任苏黎世大学联邦工业大学教授。彭加勒在推荐信中，是这样写的：

爱因斯坦先生是我曾经认识的最富创见的思想家之一。他虽然年轻，却已经在当代第一流科学家中间居有崇高的地位。我们应当特别赞赏他的是，他善于灵巧地适应新的概念并知道如何从这些概念引出结论。他不受古典原理的束缚，而且每当物理学中出现了问题，他很快就想象出它的各种可能性。这一点使得他在思想中立即能预言一些日后可由实验证实的新现象。我的意思并不是说，所有这些预言都会满足实验的检验，如果有可能作这些检验的话。相反地，既然他是在各方面进行探索，我们就应当想到他所走的道路之中大多数是死胡同。不过，我们同时也应当希望他指出的方向中，有一个方向是正确的，那也就足够了。这才是我们应当采取的作法。数学物理学的作用是提出问题，只有实验才能回答问题。

考虑到彭加勒主要是一位经典物理学家，考虑到这是一位 57 岁的长辈给一位 32 岁的年轻人所写的推荐信，我们就不难看出，彭加勒对爱因斯坦的评价是够高的了。当然，关于爱因斯坦“所走的道路之中大多数是死胡同”的估价，如果指的是探索的结果而言，无疑是言过其实的。但是，如果它所指的是探索的过程，那么这一估价对任何人都是成立的。何况彭加勒认为只有

一个方向正确就足够了。何况彭加勒认识方向正确与否的问题最终要由实验作出回答。更何况爱因斯坦本人在 1934 年的一封信中也承认：“至于探索真理，我从自己不时撞入死胡同的痛苦的探索中认识到，在朝着真正有意义的事情方面每迈进一步，不管是多么渺小的一步，都是难乎其难的”。

虽然说狭义相对论是爱因斯坦独立完成的，但他或多或少地受到了彭加勒思想的启发。爱因斯坦曾在信中写到：

毫无疑问，要是我们回顾狭义相对论的发展的话，那么它在 1905 年已到了发现的成熟阶段。洛伦兹已经注意到，为了分析麦克斯韦方程，那些后来以他的名字而闻名的变换是重要的；彭加勒在有关方面甚至更深入钻研了一步。至于我自己，我只知道洛伦兹在 1895 年的重要工作——麦克斯韦的电磁理论和动体中的电现象和光现象的理论尝试——但不知道洛伦兹后来的工作，也不知道彭加勒继续下去的研究。在这个意义上说，我在 1905 年的工作是独立的。它的新特点在于理会到这一事实：洛伦兹变换的意义不仅在于它和麦克斯韦方程有联系，而且它还一般地论述到空间和时间的本性。进一步的新结果是：“洛伦兹不变性”是任何物理理论的普遍条件。这对我有特别重要的意义，因为我以前已经发觉，麦克斯韦的理论不能说明辐射的微观结构，因而不可能是普遍有效的。

1902 年—1905 年，爱因斯坦和他的挚友索洛文曾利用晚上的业余时间，一起研读彭加勒的《自然与假设》，并进行了热烈的讨论。据索洛文回忆，彭加勒的书对他们的印象极深，他们用了好几个星期紧张地阅读。有时念一页或半页，有时只念一句话，立即就会引起强烈的争论，当问题比较重要时，争论可以延续数日之久。由此可见这部著作对爱因斯坦科学和哲学思想的形成起了举足轻重的作用。

有理由认为，爱因斯坦也读过或了解彭加勒的《科学的价值》和《科学与方法》。这可以从他的下述言论中得到印证：

我同意昂利·彭加勒，相信科学是值得追求的，因为它揭示了自然界的美。这里我要说的是，科学家所得到的报酬是在昂利·彭加勒所说的理解的乐趣，而不是在于他的任何发现可以导致应用的可能性。

爱因斯坦曾多次坦率地表示，科学中的基本概念和基本原理既不是先验的，也不是经验的，而是约定的。他说：“我们正在寻求的这个体系中，没有一个特点，没有一个细节能够由于我们思想的本性，而先验地知道它必定是属于这个体系的。关于逻辑和因果性的形式也同样如此。我们没有权利问科学体系必须怎样来构造，而只能问：在它已经完成的各个发展阶段上，它实际上曾经是怎样建造起来的？所以，从逻辑观点看来，这个体系的逻辑基础以及它的内部结构都是“约定”。在评价彭加勒的“约定论”时，是通过点评温特尼茨的《相对论和认识论》一本书表现出来的：

温特尼茨和康德一起断言，科学是由思维依据某些先验的原则建立起来的某种体系，我们的科学大厦是而且应当是建筑在某些原则基础上的，而这

些原则本身却不是来自经验，对此当然要毫不怀疑地加以接受。但是，当提出这些原则的意义问题，或者提出这些原则不能替代的问题时，我就发生怀疑了。是否可以认为，这些原则至少有一部分是被安排得使科学同这些原则的随便改变不能并存呢？还是应当认为这些原则是纯粹的约定，就象词典里词的排列原则那样呢？温特尼茨倾向于认为，第一种观点是正确的，而我认为，第二种观点是正确的。

他在康德《导论》读后感中指出：必须把康德所谓的“先验的”冲淡成为“约定的”。

爱因斯坦不仅赞成彭加勒的经验约定论，而且根据他的科学创造的实践，对比作了更为深入、更为明确、更为严格的阐释与发展。

在爱因斯坦看来，完整的科学理论体系是由基本概念、被认为对这些概念有效的基本假设以及由逻辑推理得到的结论（导出命题）这三者构成的。其中在逻辑上不能进一步简化的基本概念和基本假设是理论体系的根本部分，它们是整个理论体系的公理基础或逻辑前提（因此科学理论也可以看作是由两部分构成的），它们“都是自由选择出来的”“在逻辑意义上是自由的约定”。很显然，爱因斯坦肯定了从直接经验上升到公理基础时约定的作用，具体结论则是从公理基础出发逻辑地导出的；而彭加勒则把科学理论分为事实、定律和原理三个层次，认为约定在逐级上升中都起作用，甚至在从未加工的事实过渡到科学事实时也起作用。

从此可见，爱因斯坦的理论体系是通过探索性的演绎法自下而上（由直接经验到公理基础）、自上而下（从公理基础到导出命题）构筑的，彭加勒的理论体系实质上是立足于归纳法，通过约定式的推广，逐级自下而上（由事实到定律，再由定律到原理）得到的。当然，彭加勒也认为可以大胆地从事直接提升到原理。

“要从经验得到基本概念和基本假设，只有通过那种对经验的共鸣的理解为依据的直觉，也可以通过“猜测”、“大胆思辨”、“创造力的想象”、“幻想”等思维跳跃的途径达到。爱因斯坦有一次在信中说。

“因此”，他接着说：“基本概念、基本原理在逻辑上是独立于直接经验的，二者的关系不象肉汤同肉的关系，而倒有点象衣帽间牌子上的号码同大衣的关系。”

但是，彭加勒在直接经验与基本原理中间还加上了实验定律这个中介层次，因此彭加勒的某些原理（由定律推广以及在许多定律中寻求共同点而得到的原理）与经验之间的关系似乎不是充分独立的。

对于基本概念和基本原理的选择的自由，爱因斯坦与彭加勒在索尔维会议期间发生争论。

“对基本概念和基本原理的选择的自由是一种特殊的自由，这种选择的自由完全不同于作家写小说时的自由。它倒多少有点像一个人在猜一个设计得很巧妙的字谜时的那种自由。他固然可以猜想以无论什么字作谜底；但是

只有一个字才真正完全解决了这个字谜。相信为我们的五官所能知觉的自然界具有这样一种巧妙隽永的字谜的特征，那是一个信念的问题。迄今科学所取得的成就，确实给这种信念以一定的鼓舞。”显然，这种特殊的自由是在科学创造过程中的思维方式的自由，而作为思维最终成果的东西则应是客观的。

“理论体系的逻辑应该是约定的”。彭加勒说。

“尽管如此，但是它们之所以能站得住脚，在于这个体系在事实面前的有效性，在于它的思想的统一性，也在于它所要求的前提为数很少，而不是很多。”

这次谈话结束以后，尽管彭加勒身体日渐衰弱，但与爱因斯坦的通信来往仍频，爱因斯坦受彭加勒的影响因通信的愈频而深厚。

有一次，彭加勒谈到了科学向统一性迈进的问题时说：“这种迈进原因在于自然界是统一的，科学由于约定的原因，就不得不具有主观性色彩和人为成分。”

爱因斯坦答复道，科学作为一种现存的和完成的东西，是客观的；而科学作为一种尚在制定中的东西和追求的目的，则是主观的。”当一个人在讲科学问题时，‘我’这个渺小的字眼在他的解释中应当没有地位。但是，当 he 是在讲科学的目的和目标时，他就应当允许讲到他自己。因为一个人所经验到的没有比他自己的目标 and 愿望更直接的了。

这两位巨匠的交往，因为彭加勒的去世而中断，但现代物理学却因他俩的交往而日渐精深和发达。

七、与马赫的私交

马赫 1838 年生于奥地利帝国边境上的一个小镇。他 22 岁时毕业于维也纳大学并获得博士学位。1867—1895 年，他在布加格大学任实验物理学教授，并两次担任校长职务。1895 年，马赫应聘到母校负责专为他设立的“归纳科学的历史和理论”讲座，成为世界上第一位科学哲学教授，1916 年去世。

19 世纪后期，当动摇经典理论的新实验和新发现还未大量涌现时，当物理学家还沉浸在盲目乐观的情绪之中时，马赫就洞察到经典力学理论框架的局限性。他在《力学史话》中指出：绝对时间无法根据比较运动来量度，无法与经验观测相联系，因此，“它既无实践价值，也无科学价值”，是一种无用的形而上学概念。不久，彭加勒就加入了这场对经典力学的批判，被当时人们称为批判学派的成员。

早在 1898 年，彭加勒在一次讲演中就明显地表现出对牛顿的绝对时空观的不满。

他明确表示：

①没有绝对空间，我们能够设想的只是相对运动；可是通常阐明力学事实时，就好像绝对空间存在一样，而把力学事实归诸于绝对空间。

②没有绝对时间；说两个持续时间相等本身是一种毫无意义的主张，只有通过约定才能得到这一主张。

③不仅我们对两个持续时间相等没有直接的直觉，而且我们甚至对发生在不同地点的两个事件的同时性也没有直接的直觉。

接着在下一次的讲演中，彭加勒又对牛顿的力学自然观提出质疑。“那些对牛顿力学自然观持有偏爱的人们，是想把自然界弯曲成某种形式，但是自然界并不是那么柔顺的”。

他通过分析得出结论说；

如果不能满足最小作用原理，就不可能有力学解释；如果能够满足，就不仅有一种力学解释，而且有无数的力学解释；由此可得，只要有一种力学解释，就会有无数其他的力学解释。

而且，这还不够，

要使力学解释是有效的，它必须是简单的；要在所有可能的解释中选取有效的解释，除了作出选择的必要性外，还应当有其他理由。可是，我们迄今还没有一种满足这个条件后而有某种效用的理论。

在批判牛顿力学的过程中，彭加勒与马赫结识了，在结识后的交往过程中，他们之间的同中之异也暴露出来。

为了达到统一科学的目标，马赫设想一个物理和心理共同的经验“要素”，作为统一解释的基点。他说：

如果在最广泛的、包括了物理的东西和心理的东西的研究范围里，人们坚持这种观点，就会将“感觉”看作一切可能的物理经验和心理经验的共同

“要素”，并把这种看法作为我们最基本的和最明白的步骤，而这两种经验不过是这些要素的不同形式的结合，是这些要素之间的相互依存关系。这样一来，一切妨害科学研究前进的假问题便会立即销声匿迹了。

正是从这一前提出发，马赫提出了“物是感觉（或要素）的复合”的命题，而彭加勒在谈到外部对象或客体时则说：

为了称呼外部对象，人们发明了客体这个词，外部对象是真实的印象，而不是稍纵即逝的现象，因为它们不仅是感觉群，而且是用不变的结合物粘接起来的群，正是这种结合物，而且只有这种结合物才是客体本身，这种结合物就是关系。

这次争论之后，彭加勒与马赫因科学上的分歧而视如路人。但不可否定的是，彭加勒、马赫是世纪之交颇负盛名的科学大师和哲学大师，他们的科学思想是 20 世纪新科学的先导，他们的哲学思想是 20 世纪新科学哲学的先声。马赫扫清了思想障碍，彭加勒的经验约定论和综合实在论则在某种程度上为现代科学的发展铺设了道路，而且它们都成为从经典科学哲学通向现代科学哲学的桥梁。如果说马赫的科学哲学还未根本脱离经典科学窠臼的话，那么彭加勒的约定论和较强的理论性则具有了现代科学的哲学意向。

从马赫到彭加勒，再联系到从彭加勒到爱因斯坦，我们可以看出现代科学发展的潮流，也可以看出现代科学哲学发展的潮流。

这个潮流不仅极大地影响了本世纪 20 年代兴起的第一个真正的科学哲学运动，而且也影响到当代科学哲学的某些方面。当代科学哲学的发展也打上了他们的认识论和方法论的烙印。

马赫、彭加勒、爱因斯坦就是这条纽带上的纽结。他们三者，后者对前者有所继承，更重要的是要看到，后者对前者有所突破、有所发展、有所创新。

尤其是彭加勒和爱因斯坦，他们二者都是以第一流的科学家和哲学家的眼光，对科学及其基础进行全方位的、根本性的研究的榜样。

他们怀有坚定的信念、充沛的激情、执着的追求，在科学前沿忘我地进行开拓性的探索，力图以最适当的方式勾画出一幅简要的和易于领悟的世界图象，力图谱写出思想领域内最高超的音乐。

他们以敏锐的头脑、明晰的思想、深刻的眼力，经常对科学理论的基础作批判性的思考，他们的思想已深入到一个相当困难的问题，即科学创造的心理机制和日常思维的本性命题。

彭加勒活跃于世纪之交，爱因斯坦在本世纪才开始崭露头角。他们一身二任，他们使科学与哲学密切结合，相互促进，这种传统对后来年轻一代的科学家和哲学家产生了举足轻重的影响，这也是当代科学和哲学发展的一个值得注意的动向。

彭加勒和爱因斯坦的榜样也说明，伟大的科学家，特别是那些长期在科学前沿进行理论探索的科学家，最有条件成为有新见解的、有影响的哲学家。

这主要是因为，作为哲人科学家，他们的哲学思想萌生于科学的沃土，深深扎根于科学的大地，又与人文文化相沟通。可以预期，随着时间的推移，那些对科学一窍不通或一知半解的所谓伟大哲学家将会销声匿迹，而伟大的科学家却越来越多地成为伟大的哲学家。彭加勒与马赫、爱因斯坦的交往也说明，在科学发展的进程中相互借鉴、相互发展的现象是正常的，最主要的是在这相互借鉴、相互发展中推动了整个科学哲学界不断的前进。

八、一生贡献及晚年岁月

彭加勒认为，热爱真理是伟大的事情，追求真理应该是我们活动的唯一目标和唯一的价值。彭加勒言行一致，为追求真理，他一直奋斗到生命的最后一息。勒邦指出，在科学问题上。彭加勒唯一专注的事情就是探求真理。他不关心荣誉，不喜欢用自己的名字命名他的任何发明，直接面对面地深思真理是他唯一的报偿，这在他看来是最值得努力的。同时，他也受到强烈的正义感的支配。

彭加勒富有创造力的时期是从 1878 年的博士论文开始的。在短暂的 34 年的科学生涯中，他写出了近五百篇论文和 30 本科学专著，这些论著囊括了数学、物理学和天文学的许多分支。当我们考虑到那些开创性工作的种种困难时，不能不钦佩他高度的创造性和坚韧不拔的毅力。由于他的杰出贡献，他赢得了法国政府所能给予的一切荣誉，也受到英国、俄国、瑞典、匈牙利等国政府的奖赏。

进入 20 世纪，彭加勒的声望剧增。1906 年，他当选为巴黎科学院主席；1908 年，他被选为法兰西科学院院士，这是一个法国科学家所能达到的最高地位。他是科学院唯一的一位因其研究而能参加所有学科小组的成员。当时，他蜚声国际学术界，受到同行们的称颂，一些有志干一番事业的年轻人都想拜他为师。特别是在法国，他被视为大智者，他越来越多地被邀请对范围更大的听众作各种主题的讲演。他对这些“杂事”似乎并没有表现不乐意，也许他觉得这是向公众普及科学知识的好机会。他在各种问题——从科学到哲学、从政治到伦理——上的见解总是直率的、明快的，被公众当作决定性的意见而接受。

在最后的四年中，除了恼人的疾病外，彭加勒的生活总的来说是安定的、幸福的。他有一个美满的小家庭：温厚的贤妻、一个儿子和三个女儿。他喜欢他的子女，特别是当他们还是小孩子的时候。

可是，彭加勒既没有沉湎于小家庭的脉脉温情，更没有躺在荣誉和地位上高枕无忧。作为一个永不满足、永远进击的学者，他忘我地向新的未知版图挺进。在生命的最后征途中，他依然留下了坚实的足迹。

在 1908 年的罗马国际数学会议上，彭加勒因病未能宣读激动人心的讲演：《数学物理学的未来》。他的病是前列腺肿大，意大利的外科医生为他作了手术，这似乎可以看作是痊愈了。回到巴黎后，他象以往那样不知疲倦地工作着。但是到 1911 年，他觉得自己身体不适，精力减退，他说他在世上的日子不会长了。可是，他不愿放下手头的工作去休息，他头脑孕育的新思想太多了，他不愿让它们和自己一块葬入坟墓。他也许认为，向人类传播他的思想，而不是把它们隐藏起来，是他的天赋的职责。

1911 年 10 月 30 日至 11 月 3 日，彭加勒应邀参加了在布鲁塞尔召开的第一届索尔维会议，会议的中心议题是“辐射理论和量子”。在这之前不久，

彭加勒对量子论是完全陌生的，通过参加会议，他变成新理论的倡导者和发展者，从而在量子论的历史上留下了光辉的一页。洛伦兹后来回忆说：彭加勒在讨论中表现出“他的思想的全部活力和洞察力；人们佩服他精力充沛地进入那些对他来说是全新的物理学问题的才干”。

从布鲁塞尔返回巴黎后，奇异的量子使彭加勒难以安静下来，在生命的最后时刻里，他完全沉浸在这个奇妙的世界里，他以难以置信的毅力和速度从事这项困难的研究。彭加勒向科学院提交的论文在物理学界引起很大反响。

与此同时，彭加勒还在思考一个新的数学定理，这就是把狭义三体问题的周期解的存在问题归结为平面的连续变换在某些条件下不动点的存在问题，这可能是分析中根据代数拓扑学所作出的存在性证明的第一个例子。他悲痛地预感到，自己没有时间和精力证明这个定理了，于是在 1911 年 12 月 9 日一反通常的习惯，写信给《数学杂志》的编辑，询问是否能接受一篇未经深究和修改的专题论文。

他在信中写道：

……在我有生之日，我无法解决他们了。不过，它们的最后结果能够把研究引向新的未曾料到的路线上，在我看来，它们似乎具有十分充分的发展前途。不管他们使我遭到什么蒙骗，我仍将顺从地把它们奉献出来……

在彭加勒的这一“未完成的交响乐”发表后不久，所需要的证明由美国年轻的数学家伯克霍夫在几个月之后解决了。在彭加勒的整个学术生涯中，他总是慷慨地把自己的新发现作为一种公共财富给予那些具有巨大才智的人，使他们能够从容地利用它们。他总是毫不迟疑地敞开他的新思想，而不介意它们是否完全成熟。对科学的发展来说，这无疑是幸事。

1912 年春，彭加勒再次患病，可是他还是顽强地奋斗着。同年 4 月，在法国物理学会的一次讲演中，他又谈到量子论问题。他要求人们不要为推翻根深蒂固的旧见解而烦恼。就在当月公开发表的一篇评述性文章中，他再次强调：把不连续性引入自然定律，这样一个非同寻常的观点能够成立。他说，尽管量子假设面临着一些困难，我们也必须拯救它，否则我们就不会有可供建筑的基础了。他对普朗克的“倒退”感到困惑，认为坚持最初的观点是比较合适的。彭加勒猜想，宇宙万物像电子一样，都应当经历量子跃迁，由于在普遍的跃迁之间的不运动状态内具有无法区分的瞬时，因此必然存在着“时间原子”。这都是他逝世前三个月，彭加勒在头脑中酝酿的大胆思想。5 月 4 日，彭加勒又在伦敦大学作了题为《空间和时间》的讲演。在这次讲演中，他论述了一个可检验的物理学相对性原理之所以可检验，是因为这个原理参照近似孤立体系的经典力学。他还论证了他的引力理论，指出它与水星近日点的运动观测值不一致。他还就当前理论物理学的发展作了评价。

临终前三周，即 1912 年 6 月 26 日，彭加勒抱病在法国道德教育联盟成立大会上发表了最后一次公开演讲。他说：“人生就是持续的斗争”，“如

果我们偶尔享受到相对的宁静，那正是因为我们的先辈顽强斗争的结果。假设我们的精力、我们的警惕松懈片刻，我们就将失去先辈们为我们赢得的斗争成果。”

他还指出：“强求一律就是死亡，因为它对一切进步都是一扇紧闭着的大门，而且所求的强制都是毫无成果的和令人憎恶的”。彭加勒本人的一生就是自由思考、持续斗争的一生。维托·沃尔泰拉中肯地评论道：“我们确信，在他的一生中，他没有片刻的休息。彭加勒永远是一个朝气蓬勃的、健全的战士，直到他的逝世。”

7月9日，医生为彭加勒施行了第二次前列腺手术，手术是成功的。7月17日，他在穿衣时因栓子（使血管发生栓塞的堵塞物）出现问题而突然地去世了。紧张的工作过早地把他虚弱多病的身体推向了危险点，超额的负荷过早地把他引向死亡的大门，这一切似乎又是他心甘情愿的。不过，令人遗憾的是，他仅仅活了五十八岁，这正是他的能力的高峰时期。

在茫茫的夜空中，一颗“智多星”陨落了。这颗“智多星”发出了他所能发出的熠熠光亮，给人类带来了一线光明，即使在他坠入大地时也要把最后一道余光毫无保留地奉献出来。彭加勒的所作所为，得到了能够鉴赏他的成就的人的赞誉。据说有这样一件轶事。在第一次世界大战期间，英国一些军官问他们国家的大数学家和大哲学家罗素：“谁是当代最伟大的人？”罗素不假思索地回答：“彭加勒”。“噢，是那个人！”这样对科学一窍不通的军官以为罗素指的是法国总统雷蒙·彭加勒，一个个兴奋地呼叫起来。当罗素得知他们呼叫的缘由时，便解释道：“我指的并不是雷蒙·彭加勒，而是他的堂兄昂利·彭加勒”。由此可见，彭加勒这位伟大的科学家在人们心目中的地位。

彭加勒的逝世不仅是法国数学界的巨大损失，也是物理学界、天文学界、乃至哲学界的重大损失。

