**西 安 交 通 大 学 学 生 答 题 纸**

学生姓名： 学 号： 所在班级：

所属学院： 电信学部软件学院 考试课程： 《历史上最伟大的10个方程》导读

考试时间： 2022年11月6日 考试成绩：

**从物理学史看自然科学的发展**

——《历史上最伟大的10个方程》读书笔记

《历史上最伟大的10个方程》一书选取了十个具有重要地位的方程，为我们讲述了这些方程的内容、意义及背后的故事，以使我们感受到方程的深刻意义。恰巧，书中涉及的物理学方程从牛顿运动定律、热力学第二定律到麦克斯韦方程组、广义相对论，对应着自古以来物理学的发展过程，使我们窥见了物理学史的一隅。而物理学作为最古老、最主要的自然科学，我们不难通过物理学的发展过程总结科学的发展和变革过程。

**运动与力**

对于运动和力的认识和讨论，是人类最早认识到的物理现象，关于它们的认识也随着科学家、哲学家们的努力而不断发展。古希腊时期，著名哲学家亚里士多德以哲学的视角对运动和变化进行了系统研究，他区分自然运动和受迫运动，认为物质分为土、气、火、水及天上的一种不变的“以太”，“以太”做圆周运动是不会停止的。显然，亚里士多德巧妙地对当时所观察到的现象做出了一种解释，但这种解释并不能让人满意，它并不能完美地解释所有运动现象。

之后的一千多年间，科学家们提出了原动力的概念，并对阻力、引力、落体、速度等概念进行了进一步思考、形成了更深的认识。期间，约翰·菲洛波努斯提出速度是由力和阻力的相对大小决定的，这很好地解释了天体的运动，因为天上不存在阻力；他也是进行自由落体实验的第一人，证明了亚里士多德世界观里越重的物体下落越快是错误的；让·布里丹提出了原动力，他认为原动力在物体内部起作用，并是物体运动的“因”；牛津大学的布雷德沃丁利用数学提出了瞬时速度、匀速、匀变速等概念，为此后力和运动的量化提供了必要基础；伽利略发现了落体定律，这是第一个真正意义上的自然数学定律。

最终，牛顿在他的著作《自然哲学的数学原理》里总结提出了牛顿三大定律。所有运动和力都遵循着这三条简练精要的定律，它们纠正了延续两千多年的亚里士多德等人关于力的概念的错误观点，为认识力与运动的经典力学奠定了基石。

**热与能量**

自人类发现火开始，人们便开始对热现象进行观察、对热能进行利用，但一直没有成体系的科学规律。18世纪末，随着蒸汽机的广泛应用，人们希望提高热机的效率，但没有科学理论支撑，由此引起了科学家们对热力学的探索与思考。这段时间里，有十几个科学家以不同的途径提出了能量守恒定律和能量转化定律，并最终为人所总结为热力学两大定律。其中，迈尔、焦耳、卡诺、克劳修斯等科学家都做出了卓越的贡献。

萨迪·卡诺指出，热从高温热源转移到低温热源时才能做功，但他认为热量是守恒的，对能量的概念缺乏认识；而迈尔和焦耳提出，自然界的能都是等量转换的，所有能量必定守恒；其后，克劳修斯和汤姆孙等科学家进一步发展并结合了卡诺和焦耳的思想，提出了熵的概念，给出了热力学第二定律的表述和数学表达式。热力学第二定律揭示了自然过程中的基本特征，是经典热力学的最基本定律之一。

**电与磁**

1600年，威廉·吉尔伯特出版了《磁石论》，这是第一部系统阐述磁科学的专著。18世纪上半叶，格雷、杜菲、冯·克莱斯特、富兰克林等人分别进行了电的定性实验，提出了导体、正负电荷等概念。1785年，库仑通过扭秤发现了电荷之间作用力与电荷量和距离的关系，提出了库仑定律，标志着电磁学研究转入了定量研究。1820年，奥斯特因一只偶然偏转的磁针发现了电流的磁效应，引起了诸多科学家对电与磁的研究。

1821到1831年，法拉第经过不断的实验，发现了电磁感应现象，并提出了力线与场的概念。19世纪下半叶，麦克斯韦全面总结创立了电磁学理论，实现了物理学史上的又一次伟大综合。在法拉第的研究基础上，他创造性地提出了位移电流和涡旋电场的概念，后来提出了电磁场的普遍方程组，经赫兹和亥维赛整理成为了著名的麦克斯韦方程组。他还将光学、电学、磁学统合起来，创立了光的电磁理论，预言了电磁波的存在。麦克斯韦的电磁理论是继牛顿三定律后物理学发展史上的又一座丰碑。

**相对论**

到19世纪末，以麦克斯韦方程组为核心的电磁理论的正确性已被大量实验所证实，但麦克斯韦方程组在经典力学的伽利略变换下不具有协变性，与经典力学中的相对性原理矛盾。为解决这一矛盾，物理学家提出了以太假说，即认为麦克斯韦方程组只对一个绝对参考系（以太）成立，以太是光在真空中传播的基础。根据这一假说，由麦克斯韦方程组计算得到的真空光速是相对于绝对参考系的速度；而在相对于以太运动的参考系中，光速具有不同的数值。为了证明以太假说，物理学界进行了光行差实验、斐索实验、迈克耳孙-莫雷实验等，而实验结果否定了以太假说。物理学家洛伦兹把伽利略变换修改为洛伦兹变换，在洛伦兹变换下，麦克斯韦方程组具有相对性原理所要求的协变性。洛伦兹的假说解决了上述矛盾，但他不能对洛伦兹变换的物理本质做出合理的解释。

爱因斯坦意识到伽利略变换实际上是牛顿经典时空观的体现，如果以“真空光速独立于参考系”这一实验事实为基本原理，可以建立起一种新的时空观（相对论时空观）。在这一时空观下，由相对性原理即可导出洛伦兹变换。1905年，爱因斯坦在论文《论动体的电动力学》中提出狭义相对论，成功描述了在亚光速领域宏观物体的运动。

但是，爱因斯坦感到狭义相对论还存在着无法使自己满意的两个内在缺陷，一是狭义相对论还必须保留惯性系的优越地位，因为它只适用于惯性参照系；二是不可能以自然的方式把引力理论同狭义相对论结合起来。为了能从根本上解决问题，他又大胆地提出了广义相对论原理。广义相对论阐明了引力的本质，揭示了牛顿理论只在低速条件下成立的事实。

**量子论**

20世纪初，新的实验现象不断被发现，其中黑体辐射问题等在用经典物理解释时陷入了困境，史称“紫外灾难”。物理学家维恩和瑞利、金斯分别推导出两个黑体辐射公式，分别在高频、低频与实验结果相吻合，但相反地与实验结果相差甚远。这便是由于该实验与经典物理学理论是矛盾的，而瑞利等人并未能注意到这一点，而是试图将该实验纳入旧理论的框架中，终究没能解决热辐射的问题。

为了解决“紫外灾难”，普朗克采取了寻找两个公式之间的内插公式的方法，而这个公式与实验结果吻合的很好。而根据公式，普朗克成功找到了它背后的物理学实质，提出了能量子假说，叩开了微观世界的大门。

同时，为了解决另一个经典物理学无法解决的实验现象即光电效应，爱因斯坦提出了光量子假设和光电方程，并最终于1914年被密里根用实验验证。事实上，密里根本是抱着证伪该理论的态度进行实验，但结果却验证了光电方程并测出了普朗克常数h。量子论的产生是科学上的一场深刻的革命，而此后形成的薛定谔方程、海森堡不确定性原理等开始为量子世界的大厦添砖加瓦。

纵观物理学的发展历史，不难发现人们总是从观察到的现象中出发，通过一系列实验或推理，得到科学知识以解释现象。科学是一种系统性的知识体系，它积累和组织并可检验有关于万物的解释和预测。现代科学一般可划分为形式科学、自然科学和社会科学，而显然传统意义上的科学就是自然科学，即通过研究科学原理来认识隐藏在自然现象背后的世界的工作规律。自然科学认为超自然的、随意的和自相矛盾的现象是不存在的，假如观察的现象与规律的预言不同，那么要么是因为观察中有错误，要么是因为至此为止被认为是正确的规律是错误的。自然科学的最重要的两个支柱是观察和逻辑推理，由对自然的观察和逻辑推理，自然科学可以引导出大自然中的规律。

科学起源于哲学但区别于哲学，科学必须是客观具体的，而且必须能够被实践所证实或证伪。物理学史上的所有研究成果都是能够被实验验证的，而若是在某种情况下实验违反了研究结论且实验无误，说明这个理论至少在这种情况下不适用。例如，牛顿的绝对时空观由于难以解释迈克耳孙-莫雷实验，被证明在高速条件下不适用，并在该条件下被爱因斯坦提出的狭义相对论所取代。2022年的诺贝尔物理学奖颁发给了阿兰·阿斯佩、约翰·克劳泽和安东·塞林格，就是为了表彰他们利用实验证伪了贝尔不等式，在量子信息科学研究方面做出了卓越贡献。

自然科学的发展史也部分是一部人类对世界的认识偏差的纠正史。不论是从亚里士多德时期“力是物体运动的原因”到牛顿力学体系，还是从经典力学到量子力学，都是人们在逐步纠正物理规律的认知偏差的过程。昔日被奉为铁律的物理定律方程可能并不适用于某些不同的情况，因此，探索自然科学的人永远不应陷入故步自封的误区，维恩、瑞利等人正是因为将眼界局限于经典物理学而未能突破性地发现量子理论。

自然科学的一种发展方式是还原，例如牛顿运动定律即是探索复杂系统背后隐含的深层次规律，广义相对论是寻求了狭义相对论背后更深层次的内涵。理论还原是使科学理论走向统一和深化的一种方法，但它并不是唯一的方法。从科学哲学的角度看待，不能因陷入还原论而要求将生物科学还原为化学和物理学，因为我们不能要求从低级运动形式的规律中导出高级运动形式的规律。

自然科学的另一种重要发展方式是整合，具有代表性的有热力学定律的总结和麦克斯韦电磁理论的形成。不同于还原，整合往往是将问题放到更加广阔的脉络中寻找对它们的统一的或系统性的理解。因此，整合的结果，往往是产生理论的融合、合并乃至产生新的综合性的新学科。例如，在达尔文进化论出现以前，在比较解剖学、胚胎学、古生物学、生物地理学、分类学等学科中有许多现象和问题，被各门学科各自分别地研究着，或至少是被注意到了，甚至还发现了这些领域中许多规律的相似性。而达尔文把这些现象和问题以及已有的知识，放到了更加广阔的脉络中试图寻找它们的统一的、一致的或系统性的理解，建立了以自然选择理论为杠杆的全新的生物进化理论，事实上是解剖学、胚胎学、古生物学、生物地理学、分类学甚至生态学的一次伟大综合。当然，热力学定律和麦克斯韦电磁理论也是同样的道理，克劳修斯等综合了卡诺和焦耳等人的能量守恒定律和能量转化定律，从而总结出了普适性的热力学第二定律。

自然科学的另一种重要发展方式是纠偏，具有代表性的有牛顿定律、相对论、量子论的产生。正如前述自然科学的可证伪性，任何一个理论都有它的适用范围，也有可能在某个实验中被推翻；但自然科学的发展史就是我们不断纠正错误的认识、完善自然科学理论的历史，我们必须要采取纠偏的方式来实现自然科学的发展。事实上，科学革命非常有利于自然科学的进步。当规范面临了严重的反例或反例的积累，或是出现了某些思想敏锐的科学家对该规范进行了深人透彻、危及根基的批判，或是出现了与之竞争的新规范，威胁到其统治地位，此时旧规范就有可能陷入“危机”，即使人们对旧规范产生信心动摇。此时，该学科中的新假说将会雨后春笋般地涌现。这些新假说由于摆脱了旧的思维定向，并造成了新的思维定向，因而会引导人们去探索种种新的问题，提供种种新的思路，去从事种种新的实验和观察，会导致大量的前所未有的新事物新理论的发现。其中的一个或几个有力竞争者将会引人瞩目，并吸引众多科学家对其进行研究、补充、评价，从而将其改进为更加强大的竞争者，由此导致了科学的跨越式进步。

整合和纠偏是自然科学史上重大发现的主要发现方式，但无论是通过整合的方式还是通过革命的方式，亦或只是简单的科学发现，都离不开许多人共同的智慧。事实上，自然科学的大厦是由从古至今的科学家们一点一滴盖成的，不可能有人能在牛顿定律诞生前提出量子假设。正如牛顿的经典名言，“如果说我看得比别人更远些，那是因为我站在巨人的肩膀上。”，任何科学理论的形成都是建立在先前科学理论的基础上的，而通过整合方式得到的科学理论更甚。显然，科学成果是人类共同的瑰宝，人类共同的智慧往往比单一个人的智慧要强得多。

同时，科学研究需求着科学家们的创造力。哪怕科学家是对先前的科学理论进行整合，也并不是单纯的将几种理论写在一起，而是寻找和提取他们的共同点和不同点，并通过自己独特的方式将之凝练，以形成一个系统的理论体系。否则，整合的理论仍是一团散沙。而通过纠偏的方式则更甚，了解到先前理论存在的问题后，需要通过自己的思考创新性地想出对理论的哪个方面进行改进，又应如何改进。所以，科学研究对创造性的要求是巨大的。

通过对《历史上最伟大的10个方程》的阅读，我们能够通过时间脉络串联出物理学的历史，即运动与力、热与能量、电与磁、相对论直到量子论的发展史，并由此总结出自然科学的规律。自然科学是从观察到的现象中出发，通过一系列实验或推理，得到科学知识以解释现象的科学，它具有客观性、实践性和可证伪性。自然科学的发展方式可以总结归纳为还原、整合和纠偏三种不同的发展方式，但无论是哪种发展方式，都离不开诸多人智慧的结晶和科学家的创造力。探究科学特别是自然科学，给人以“我了解了这个世界”的快乐，使我们瞥见自身与大自然的联系，感到惊奇又熟悉、神秘又亲近。这就是自然科学的魅力之所在。

**参考文献：**

[1]历史上最伟大的10个方程.Robert P. Crease[M]人民邮电出版社,2010;

[2]简明物理学史.沙振舜,钟伟[M]南京大学出版社,2015;

[3]科学-维基百科[DB/OL] <https://zh.wikipedia.org/wiki/科学/>;

[4]科学理论的演变与科学革命.林定夷[M]中山大学出版社,2016