

天体物理学的初步研究

以及对天体物理学前景的思考

济南市历城二中 彭鲲硕

摘要

《庄子》曰：“上下四方曰宇，往古来今曰宙”。古往今来，宇宙一直是人类永恒的关注点。随着科学技术的不断发展，深空探测、天体运行逐渐繁盛起来，尤其是近代以爱因斯坦的广义相对论为代表的理论物理学的蓬勃发展，更是为广大天体物理学者开拓了一片新天地。本文着重于探讨天体物理学在人类对宇宙的认知过程中的重要影响，以及天体物理学的发展前景。

本文第一章，作为绪论，主要漫谈了天体物理学的发展及其重要性。总体上讲，天体物理学的出现与发展，是天文学蓬勃发展、物理学不断进步，所产生的必然结果。

本文第二章，着重探讨了天体物理学在天文学以及日常的天文观测中的具体应用。以地-月系统为切入点，着重探讨了月球的特殊性，以及对人类生产生活的影响。紧接着，本文以脉冲性的发现及其特性、北极星的更迭为主线，穿插叙述了天体物理学的广泛影响力以及其在自然探索中不可或缺的地位。

本文第三章，笔者斗胆对天文学的前景进行了预测。主要是以近 20 年在天体物理学领域做出贡献的诺贝尔奖得主研究项目为切入点，叙述了笔者对当前世界天体物理学发展和当前国内天体物理学发展的认知与期许。

总之，天体物理学是从天文学、物理学中充分吸取精粹，并“青出于蓝”的学科在自然科学、人类发展层面，起到了不可或缺的作用。

关键词：天体物理 前景预测

第一章 绪论

从古至今，人类对于广袤的天空的认识是从未停歇的。我国浪漫主义诗歌的先行者屈原曾经在《天问》中对上苍发问：“上下未形，何由考之？冥昭瞢暗，谁能极之？冯翼惟象，何以识之？明明暗暗，惟时何为？”，苏轼也曾在其《水调歌头》中称“人有悲欢离合，月有阴晴圆缺”。人们对于各种自然天象的好奇心不断地推动着天文学的发展，而天文学也早已经悄悄渗透到了人们的生产生活当中。

创造尼罗河文化的古埃及人，在多年的农耕经验中发现，天上最亮的恒星天狼星一旦在黎明之前出现在东方的地平线上，尼罗河水就要开始泛滥^[1]。他们据此得知了相当准确的“年”的周期概念；即使逐水草而居的原始游牧民族也懂得根据星象确定方向、位置和季节。

在笔者看来，天文学或许是一门不算十分年轻的学科，但是在当今社会它却被赋予了崭新的意义。现如今，探索深空不再只是为了去了解人类生活的宇宙环境、预测可能会出现的天象或自然灾害，也不再只是为了寻找另一个类地行星作为人类的“第二故乡”，更是为了去更清晰、更有力地解决现如今科研界颇为关注的某些问题——比如通过研究高能天体的本质，对揭示未知物质的状态以及其发展规律和新能源的探索等，都有着不可估量的作用^[2]，而在天文学发展中遇到的新问题，对于自然科学可能就是一个新的突破点。笔者认为，通过发展以天文学，以点带面，共同发展，对于科学理论的统一与延续、科学研究的全方位协同开展有重要的意义。

而放眼物理学，近现代物理学已经不再满足将朴素的生活现象量化出来或者只是揭示人类可听可感的一切，而是着眼于更为“广阔”的未知世界——在相对论打开了现代物理学的大门之后，量子技术所推动的对于新物理现象的预测、微观世界宏观世界的联系、纳米技术、高维空间的理论研究、对于各种基本相互作用的统一等，都是尚未解决且与人类生产生活息息相关的物理问题，引领着一代又一代物理人为之探索。但这一切的都依赖于更为广泛的实验材料、更为准确全面的实验数据、以及更为广阔实验空间——而这些都是地球所无法给予的东西。

总而言之，天文学的发展基础必须要依靠坚实、准确的理论与实践去推动，而物理学恰好可以做这块跳板；而物理所需要的更为广泛的实验环境与理论依据，恰好是广袤的宇宙可以带来的。天文学中存在的物理现象、物理学中存在的天体难题，促使一门交织物理与天文、综合实践与观测、建立在严密的理论之上的理论——天体物理学不断蓬勃发展、焕发生机。

回顾历史，天体物理学一直贯穿在人类对天文学的不断认知中，并不断迸发新活力。从公元前 129 年古希腊天文学家喜帕恰斯目测恒星光度起，1609 年伽利略使用光学望远镜观测天体绘制月面图，1655~1656 年惠更斯发现土星光环和猎户座星云，后来还有哈雷发现恒星自行，到十八世纪赫歇耳开创恒星天文学，这是天体物理学的孕育时期。直到十九世纪中叶，三种物理方法——分光学、光度学和照相术广泛应用于天体的观测研究以后，对天体的结构、化学组成、物理状态的研究，形成了完整的科学体系^[3]。天体物理学开始成为天文学的一个独立的分支学科。而到近现代，天体物理学更是蓬勃发展——广义相对论、六十年代天文学的四大发现——类星体、脉冲星、星际分子和宇宙微波背景辐射，更是在打开一片崭新天地的同时，带来了新的、更高难度的课题。“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索”，天体物理学虽然已经在历史的长河里闪烁了两千余年，前方却依旧是“云遮雾绕”，仅有一缕微光，名为“探索”的微光——而这微光势必会引导一代又一代热衷于物理的求知者不断开拓，最终到达胜利的彼岸。

第二章 天体物理学的应用举例

第一节 从地-月系统谈起

月亮，自古以来一直让人们魂牵梦萦。无论是杜甫的“露从今夜白，月是故乡明”，还是岳飞的“三十功名尘与土，八千里路云和月”，都足以体现出月亮自身承载的文化厚度。月亮一直被当做天空中独一无二的存在，直到现在也如此——地-月系统是太阳系中最为特殊的行星系统，且月球是太阳系中一颗十分独特的卫星——这个结论的由来，则是依靠的天体物理学分析得出的。

太阳系中类地行星的卫星数量普遍比类木行星的卫星数量少得多——木星有 63 颗卫星，土星有六十颗卫星之多。而在众多的卫星中，月球“特殊”的原因，主要在于其与地球巧妙的数据逻辑、以及对地球生物的影响。

月球身为地球的唯一卫星，半径约为 1738 千米，与地球半径 6348 千米相土卫比，成 1:3.65 的比例关系。月球与地球的质量比大约为 1:81，远高于太阳系其他卫星与其行星的质量比，譬如太阳系中半径最大的卫星——木卫三与木星的质量比约为 1:12800，太阳系中半径第二大的卫星土卫六，与土星的质量比大概是 1:4210，都远低于月地的质量比。

而通过观测可以发现，月球一直是以同一个面面向地球的，因为月球自转角速度 $\omega_{\text{自}}$ 与月球绕地球公转的角速度 $\omega_{\text{公}}$ 是相同的，所以两种运行状态的周期都是 27 天 7 时 43 分 11.545 秒。另一方面，在地球上通过人眼观察月球与太阳，两者的圆面大小似乎是一样的，原因就是月球半径 $r_{\text{月}}=1738\text{km}$ 与平均地月距离 $x_{\text{月}}=384400\text{km}$ 所成的比例，与太阳半径 $r_{\text{日}}=696000\text{km}$ 与平均地日距离 $x_{\text{日}}=149,598,000\text{km}$ 所成的比例满足 $r_{\text{月}}:x_{\text{月}}\approx r_{\text{日}}:x_{\text{日}}\approx 1:220$ ，其误差是可以忽略的。

另一方面，月球对地球的影响也是很大的。放射性元素由于自身重量不断下沉，并在核处衰变，导致其可以不断加热后对外放热。由于液态外核的粘度与水相近，随着地核的不断降温放热，外壳会发生剧烈的对流运动，流速每年 10km 左右。总之，地球的内部并不稳定。不并且所有的类地行星，其轨道倾角都是不稳定的，比如火星的倾角就曾在 $0^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 变化——而地球及其倾角本质上是稳定的，其表现出差异极小的平均值，大约为 23.3 ± 1.3 。经计算机模拟，我们发现，即使地球的初始倾斜度非常小，由于共振或混沌行为也可以使其在几百万年内达到 50° ，平均值为 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。而如果由月球作为地球的卫星的话，其倾角就会变得稳定；反过来说，如果月球不存在，或者如果月球小得多，对于地球原始自转速率的许多数值来说，地球的倾角将是混乱的，变化非常大，在几百

万年的时间里达到 50° 以上，甚至在长期内超过 85° 。而倾角的变化会直接导致地球的气候发生剧变，因此，月球无疑是地球的气候调节器^[5]。

而以上的分析，大多数都基于天体物理学的基本理论、实验或者模拟。而这些数据，或者说上述现象的得出，对人类不断地更新对地-月系统的认识有着可圈可点的作用。而天体物理学的作用不仅可以用来解释已有的现象，对于我们暂时未知的理论知识的预测也有一定程度上的帮助。

仍旧以地月系统为例。通过对地球和月球土壤的分析，两星球的形成年龄大约都在 4.6×10^9 a 左右^[6]——也即是说，两者的形成年代相隔不远。那么月球是怎么形成的呢？当今科学界，大致有以下四种观点^[7]：

（一）分裂说：地球和月亮曾经是同一个天体，由于地球自身转速 $\omega_{\text{自}}$ 太快了，导致太阳的引力分割了一部分熔融状态下的地球。

首先值得肯定的是，对于这个观点而言，它成功地解释了为什么地月的年龄几乎相同。但是它同时存在一个很大的漏洞——当地球处于半熔半凝的状态时，由于组成成分有流体参与，所以其黏度是很高的。如果把当时处于熔融的地球的平均黏度，等效于现在地球的岩流圈的黏度的话，其值大约为 $7.0 \times 10^{19} \text{Pa} \cdot \text{s}$ ，相比于水的黏度 8.94×10^{-4} 而言，大约是水的 7.8×10^{22} 倍。而在这种程度的黏度之下，地球的自转速度无法达到其惯性离心力足以分割地球所要求的转速。

（二）同源说：地球形成后，周围的固体颗粒聚集，形成类似土星的圆环，之后圆环吸积起来形成月球。

这个思路同样也存在问题，因为这无法解释月球中铁的含量十分的少^[8]，并且无法解释地-月系统的角动量竟然如此的高。

（三）俘获说：月球本来是太阳系内的一颗小行星，在太阳系中无序运动而被地球俘获。

这个观点的问题在于，根据月岩中氧的同位素检测，地球和月球两者的相似度高达 94%，应该起源于离太阳距离差不多的地方。并且当一个月球质量的天体接近地球时，几乎没有可能形成一条围绕地球运行的圆形轨道。即使能被地球引力俘获，形成的也是一条椭圆轨道，偏心率很大，并不会如现在一样，接近圆形。

（四）大碰撞说：月球由两个星球相撞而成。该行星撞击地球时，两者均有地幔物质的抛射。

大碰撞说应该是现如今最为广泛接收的理论——或者说只是“所有不完美的理论中最好的一个”。其优点是地球自转和月球公转方向相同、月球曾拥有熔融态的表面、月球拥有较小的铁核且其密度比地球低。但是因为碰撞时那颗外来星星带给地球的动量巨大，经计算机模拟，地球的自转角速度肯定会比现在快得多。

并且该观点在其他方面也存在问题。2007年，来自加利福尼亚理工学院的研究显示，忒伊亚（那颗假设的、撞向地球的行星的名字）与地球有同样同位素的可能性很低，小于1%，因为纵观当今太阳系中的、具有足以在碰撞过程中产生月球的行星，其岩石同位素和地球都是截然不同的。从而他们建议大碰撞过后，地球与原月球处于熔融态，且两者之间存在硅酸盐蒸汽组成的大气，地-月系统借由这片大气的对流进行物质交换。这是唯一能解决“同位素相同”此一问题的假设，然而条件是此过程必须维持至少100年。所以暂时没有模型能对于从发生大碰撞到形成月球的过程作出完美解释。

美国知名天文物理学家罗宾·M·柯娜（Robin M. Canup）针对这种情况，提出了二次碰撞假说^[9]：地球和月球形成于两个行星结构体的大规模碰撞，每个个体都大于火星，并且是再碰撞才形成现在我们所谓的地球；而且再碰撞之后，包围在地球附近的物质结合起来，形成了月球。即两次方向相反的碰撞之后，地球的自转才稳定下来。但同时，柯娜在打开一片新天地的同时，其观点依旧存在着一定的问题——大碰撞所产生的高能量理应形成岩浆海。然而，没有任何证据显示地球曾经有过这种岩浆海洋，而且地球上存在一些从未受岩浆海影响的物质。并且，氧同位素的比率可以非常精确的测量，且太阳系的每个天体都有独特的比率^[10]。如果撞击地球的两颗小行星，曾经均是独立的原行星，它的比率很可能和地球不同，这差异应该在月球上显现。然而月球的氧同位素比率基本上却与地球相同^[11]。

以上四种主流的观点，均存在一定程度上的不足，而这些不足的由来则是通过分析数据、建模检验、同位素检验、实地观测等得出的——所有的一切都离不开天体物理学的统筹分析、逻辑演算。13年坐落在海南博鳌的第二十六届全国空间探测学术研讨会上，来自江西钟萃相教授提出了“月球演进理论”因其对于某些其他问题——比如地球和月球的岩石同位素相似性以及为什么月球上没有挥发性的解释，比起以上四种理论都要更加简洁、可靠，照亮了一片新的天地。月球的成因之谜，定会在将来的某一天在一代又一代物理人的努力下刃迎缕解。

浩瀚的星河，地-月系仅是浩荡大海里的一粒小尘埃。“寄蜉蝣于天地，渺沧海之一粟”所描绘的，恐怕也不能说尽宇宙的浩瀚。广袤无垠的宇宙，我们或许不去期望着所有未知的面纱都会解开，不去期望着所有的难题都迎刃而解。我们要做的，或许只是手中握好天体物理学这件兵器，奋勇向前，不断探索，成功一定会在静候在彼岸。

第二节 浅析部分天文现象与天体物理学的关系

（一）脉冲星现象

脉冲星 (pulsar)令人着迷的原因,大致是其可以凭一个稳定的周期,不间断地向地球辐射脉冲。比如 M1 的中心天体,它每隔 33 毫秒对地发射一次辐射脉冲。那么为什么会产生这样的现象呢?

1968 年,有人提出脉冲星是快速旋转的中子星。因为中子星具有强磁场,运动的带电粒子发出同步辐射,形成与中子星一起转动的射电波束。而由于中子星的自转轴和磁轴一般并不重合,每当射电波束扫过地球时,就接收到一个脉冲。这便是脉冲星的原理。

那么有什么证据可以直接证明脉冲星是一类中子星呢?其最直接的证据,就是脉冲星的自转周期十分的短——如“脉冲星之母”贝尔发现的第一颗脉冲星,每两脉冲间隔时间是 1.33730119227 秒,其他脉冲还有短到 0.0014 秒(编号为 PSR-J1748-2446)的,最长的也不过 11.765735 秒(编号为 PSR-J1841-0456)。而达到这种自转速度,并且对外大量辐射的天体,也就只有中子星了。

到 2000 年为止,人类一共发现了 1000 多颗脉冲星。而这些脉冲星甚至可以充当太空航行的“计时器”,因为其精确度甚至可以媲美原子钟。

蟹状星云最早记载于 1045 年的《宋史》,当时被称之为“客星”：“至和元年五月己丑,出天关东南可数寸,岁余稍没。”这是人类史上第一次有记载的超新星爆发。当时虽然已经发现了 M1,却并没有任何方法去更深入地观测,从而错失了观测的最佳时机——但这种对古人“责难”是没有意义且不负责任的——毕竟当时连天文望远镜都还没有问世;而当走进天体物理学迅速发展的近代时,脉冲星的发现、观测、研究,整个流程可以说是“行云流水”,一脉相承。可见,天体物理学的发展,可以极大加快人们对宇宙的认知进程,保证人们可以最大限度地抓住最好时机去进行观测,而不至于再次失去宝贵的机会。

（二）北极星的更迭

北极星由于其独特的地理位置,以及其耀眼的光辉,一直让我国古代劳动人民心驰神往。《论语·为政》中曾说到过“为政以德,譬如北辰,居其所,而众星拱之”,诗经《尔雅·释天》中也曾说到过“北极谓之北辰”。然而,北极星的位置曾经却经过数次变更。例如三千年前美索不达米亚人(Μεσοποταμία)曾经观测到的北极星,是属于天龙座的;而现在的北极星则是小熊座 α ——小熊座中最亮的那颗星。

北极星改变的原因何在呢？对于恒星的定义是“恒星是由引力凝聚在一起的一颗球型发光等离子体”，那么理论上北极星也应该属于这个范畴。而恒星自行的运动速率却不会这么高。所以我们推断：是地球的自转轴指向变了。

而事实上，其根本原因是，地球的自转轴指向因为重力作用，导致在空间中缓慢且连续的变化，即**地轴进动 (Earth's Axis Precession)**。由于太阳引力的原因，地轴会围绕着与**黄道面 (plane of the ecliptic)** 进行转动。地轴的运动轨迹大概是一个圆锥体，旋转一周的周期大概是 25,800 年。这导致每年的**回归年 (tropical year)** 与**恒星年 (Sidereal year)** 并不相同。其原理大概是：地轴自西向东顺时针进动的同时，同时黄赤交线所决定的春分点会不断西移（逆时针旋转），而地球却是自西向东（顺时针旋转），导致由两个相邻春分日所决定的回归年变短^[12]。

正因此，地球的北天极不会固定在一个点，而是围绕一个比较小的圆进行运动。北极星也就会不断更迭了。

纵观这个现象，其原理并不是“阳春白雪”。而这也同样是天体物理学范畴中的一部分，即行星物理学。或许对于人们来说，认知到北极星的更迭只是一个过程——一个天文学演进的必经之路，一个人类对宇宙的认知发展所必经的节点。但是经过这条道路、度过这个节点，所花的时间代价是巨大的——在没有科学的条件下。而科学的目的是为了简化这个过程。天体物理学就如同化学反应中的正催化剂，推波助澜一样地，推动着人类文明不断地欣欣向荣。

综上，在笔者看来，天体物理学的蓬勃的发展，所伴随着的，不仅是人类对世界认知的不断更新，而且是人类对自我认知的不断更新，更是人类永续发展的必经之路。

第三章 浅析天体物理学的发展前景

略观近二十年的诺贝尔物理学奖获奖情况，我们或许可以发现天体物理学发展的一些端倪。在刚刚步入二十世纪之初，对天体物理学领域有直接贡献的伟人，分别是：2002 年来自美国的雷蒙德·戴维斯 (Raymond Davis, Jr.) 和来自日本的小柴昌俊 (小柴 昌俊/こしば まさとし)，他们得奖的原因是“for pioneering contributions to astrophysics, in particular for the detection of cosmic neutrinos (在天体物理学领域做出的先驱性贡献，尤其是探测宇宙中微子)”以及同年获奖的、来自美国的里卡尔多·贾科尼 (Riccardo Giacconi)，其得奖原因是“for pioneering contributions to astrophysics, which have led to the discovery of cosmic X-ray sources (在天体物理学领域做出的先驱性贡献，这些研究导致了宇宙 X 射线源的发现)”。2006 年同样来自美国的乔治·菲茨杰拉德·斯穆特三世 (George Fitzgerald Smoot III) 和约翰·克伦威尔·马瑟 (John Cromwell Mather) 发现了“the blackbody form and anisotropy of the cosmic microwave background radiation (宇宙微波背景辐射的黑体形式和各向异性)”。

而 2010 年以后的，则有在 2011 年，来自美国的索尔·珀尔马特 (Saul Perlmutter)，和亚当·盖伊·里斯 (Adam Guy Riess)，以及来自澳大利亚的布赖恩·保罗·施密特 (Brian Paul Schmidt)，共同因为“the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae (透过观测遥距超新星而发现宇宙加速膨胀)”而获得诺贝尔奖。之后便到了 2017 年，来自美国的三位科学家莱纳·魏斯 (Rainer Weiss)、巴里·克拉克·巴里什 (Barry Clark Barish) 以及基普·斯蒂芬·索恩 (Kip Stephen Thorne) 因为在 LIGO (激光干涉引力波天文台) 成功探测引力波方面做出了决定性贡献而荣获诺贝尔奖。

放眼以上几位科学家的发明，其中既包含了对宇宙微观结构的分析 (2002 年)、以 X 射线辐射为主要研究手段的 X 射线天文学的启程 (2002 年)，也包含了对宏观宇宙的分析、对时空理论的突破性发现 (2017 年)，还包含了细心观测的宝贵成果——借对 Ia 超新星的观测得到的宇宙加速膨胀特性 (2011 年)，甚至还有对上世纪 60 年代的 3k 辐射的延续——更全面、更精确地揭示出了宇宙加速膨胀的特性——具有黑体形式和各向异性 (2011 年)。每一项成就都是天体物理学理论的飞跃。而据笔者推测，天体物理学接下来 20 年的发展方向，将继续延续之前的理论成果，并做出更扎实、更有成果、更富有决定性的

科研创新。但在天体物理学的自然理论和科学真理不断被发现的同时，在深空探测的领域的新型发明领域却逐渐变的无人问津。这个世界在需要更多的理论物理学家的同时，更需要实践物理学家的杰出发明和创造。而这重担，俨然已经交到了我们手中。

纵览中国近几年的科学成果，虽然可喜可贺，但是也仍然与科技强国存在着一定的差距。这不仅要求国家要对科技更加重视，更是要求中国科学界的前辈、后生以及即将迈入科学界的我们，拿出有成效、科技含量高、有科学态度、有个人态度的科学创造。现如今中国的学术界，需要更多权威的有志之士献身到科技中，拿出高质量的论文，高科技的创造。而这无疑是我辈需要为之不懈努力的伟大目标、长远蓝图。

主要参考文献

- [1] 苏宜.天文学概论.北京: 科学出版社, 2009.3
- [2] 孙菁菁.浅谈天文学研究对人类发展的意义.科技风, 2015,18: 209
- [3] 黄河意.天体物理学的发展与历史, 2014
- [4] 陈晋阳、郑海飞、曾贻善.地核研究的新进展.中国科学基金, 2001,1: 28-31
- [5] J. Laskar, F.Joutel & P. Robutel. Stabilization of the Earth's obliquity by the Moon.nature,1993,361: 615-617
- [6] 欧阳自远.月球地质学.地球科学进展, 1994,9(2)
- [7] Christopher Knight & Alan Butler. Who Built the Moon?.北京: 光明日报出版社, 2011.40-49
- [8] 钟萃相.月球的起源和演进.大观周刊, 2012, 606(46): 7-8
- [9] Robin M. Canup. Origin of Terrestrial Planets and the Earth-Moon System. Planetary Discovery, 2000
- [10] Scott, Edward R. D. Oxygen Isotopes Give Clues to the Formation of Planets, Moons, and Asteroids. Planetary Science Research Discoveries (PSRD). December 3, 2001
- [11] Wiechert, U.; 等. Oxygen Isotopes and the Moon-Forming Giant Impact. Science (Science (journal)). October 2001, 294 (12): 345 - 348
- [12] 苏宜.天文学概论.北京: 科学出版社, 2009.50-55

致谢

笔者热衷于物理学，尤其热衷于天体物理学。笔者认为，天体物理学可以比作不可或缺桥梁、纽带，也可以比作年轻的血液、跳动的心脏。每当夜幕降临，一个人望向静谧的深空，繁星闪烁跳动，在引起无数联想的同时，让人感到无限的和谐——每一颗星辰都依照自己的物理属性、十分和谐有序的运行——“野马也，尘埃也，生物之以息相吹也”所描述的场景，也不过尔尔。而当意识到在那繁星背后更有着数不清的谜题尚未破解，就宛如注入了新鲜的血液，催人奋进、催人探索。

本次是笔者第一次斗胆以学者的身份进行学习活动——虽然只是一篇论文，但是我能感受到科技钻研、学术探究的不易与艰辛。在 Google 学术上翻阅着一篇篇论文，会因为看到好论文而欣喜，也会因为无法领略科技界前辈的广博学识与内涵而困顿。但无论如何，这条路是“机遇与挑战并存”的，值得我辈奉献出所有精力。贾岛曾作《剑客》：“十年磨一剑，霜刃未曾试。今日把示君，谁有不平事”，其中经过多年刻苦磨炼，最后终于铸成剑的喜悦、激动，正是我辈所期盼的生活与科研状态——用汗水与泪水，换取最终的胜利。

在这里，我想感谢我的父亲，在我写论文时给了我莫大的鼓励。而本次经历，也将深刻地影响我之后的学习习惯与思维方式。

朗费罗有诗曰：“静思伟人生平，吾人岂能不求活得高尚。离去时留下足迹一行，在时间的平沙上”过去的事情已经过去，面对明天，我将更加努力！

牛顿曾经说过：“如果说我比别人看得更远些，那是因为我站在了巨人的肩上”。我愿意珍惜学习物理学的每一秒，站在巨人的肩膀上，走向充满更多机遇的明天！