

物理宇宙学一共 5 到 6 个讨论主题，每星期各开展 1 个。

我负责了 2 次组长演讲，再加上所有的讨论稿，全都放在这里。

我们不应该在这些没有用的东西上浪费时间。

一、核心观点：“万物皆数”。

1. 宇宙万物都可以通过数学和几何的方式进行描述和解释。数字是万物的本质和实质，它们反映了宇宙的结构和秩序。一切事物的形状都具有几何结构，几何结构与数字相对应：1 是点，2 是线，3 是面，4 是体。
2. 万物的本原是 1，从 1 产生出 2。从完整的 1 和不定的 2 中产生出各种数目。
3. 由数产生出点，由点产生出线，由线产生出面，由面产生出体。由体产生出感觉所及的一切形体并产生出四种元素：水、火、土、气。四种元素以各种不同的方式相互转化，创造出有生命的、精神的、球形的世界。
4. 他们摒弃地心说，为后世阿里斯塔克的太阳心说铺平了道路，他们在宇宙原则上对于数学思想的表达成为天文学最初的思想之一。

二、“黄金比例”

强调几何形状之间的比例关系。

音乐：每个天体在各自发出音调，天体的距离是该音调对应，这些距离彼此和谐，与音程对应，共同产生了运动着的天体的和谐的音乐。黄金比例在建筑、艺术和自然界中广泛应用，被认为具有美学和和谐的特点。

三、研究方法 with 成果

实验几何，推理几何，解析几何。

实验几何：通过观察——分析——归纳来建立空间与平面的各种位置和数量关系。例如，通过对位置、路径、方向等进行抽象、分析，确立了一系列原始的基本几何概念：点，直线，平面，角，平行，等，再通过分析 with 归纳，总结出一系列空间的基本性质：如 “二点定一直线”，“不共线三点定一平面” 等等；

推理几何则在实验几何的基础上再加之推理和逻辑验证。毕达哥拉斯学派勾股定理的发现便是数学史上第一个进行逻辑推理和证明的范例。

1. 毕达哥拉斯定理
2. 证明了 “三角形内角之和等于两个直角”；
3. 发现了正五边形和相似多边形的作法；
4. 证明了正多面体只有五种——正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体和正二十面体。

四、轮值组长补充

毕达哥拉斯学派宇宙观

认为唯有球形可以在自己所占据的空间内自由旋转，因而是最为完美的图形。他们还根据月食时地球投射到月球上的影子是圆形的，进而推断地球也是圆形的，并在正圆轨道上运转。

毕达哥拉斯可能是第一个明确指出地球是球形的。后来，在亚里士多德天文观形成以后，球形天体统一了以前的各种天体形状假说。而毕达哥拉斯学派的正圆形轨道说对天文学产生了极其深远的影响。

1. 球形是一切几何立体中最完善的形体，天体、和宇宙都应该是球形的。在所有的几何图形中，圆形是最完善的。高贵的天体只有绕宇宙中心作匀速圆周运动才是最合理的。
2. 在所有天体中，地球最接近圆周中心也是最贱的天体。离开中心越远的天体越高贵，运动速度也越慢。宇宙中心是一团火地球每天绕着中心火走一圈。由于在地球和中心火之间有一种“反地”的东西存在，因而地球上的人是不能看到中心火的。在地球之外依次是月亮、太阳、行星、恒星。月亮每个月绕中心火走一圈，太阳绕行的周期是一年，行星的周期更长。恒星位于极其遥远的地方，看上去似乎是静止的。
3. 毕达哥拉斯学派不但把数的和谐原则应用于音乐研究，而且还应用到对天体运动的研究。

面积贴合理论

毕达哥拉斯学派的一个很重要的贡献是面积贴合理论。它在希腊几何学中是基本理论，以致后来发展而产生了穷竭法。面积贴合的方法使他们能够说明一个由直线围成图形大于、等于、小于另一个图形。这种把一个图形贴合到另一个图形上去的方法，是试图给面积概念以明确定义的开端。在这种观念中，一个面积的单位被认为是为另一面积以一定的倍数所包容。希腊数学家不是说一个图形的面积，而只是说两个面的比。这样一种定义方法，由于不可公度问题的存在，在数的概念还没有发展到完善的程度以前是无法使之精确化的。它一直到 19 世纪下半叶方才形成确切定义，也正是这样的概念才奠定了整个微积分学的基础。但是，人们之所以认识到需要有这种概念，应该归功于毕达哥拉斯学派的贡献，正是因为他们发现了这种需要，可以说在微积分概念的发展史上跨出了第一步，或者说才使之有了一个开端。

毕达哥拉斯的几何观

汤子凡

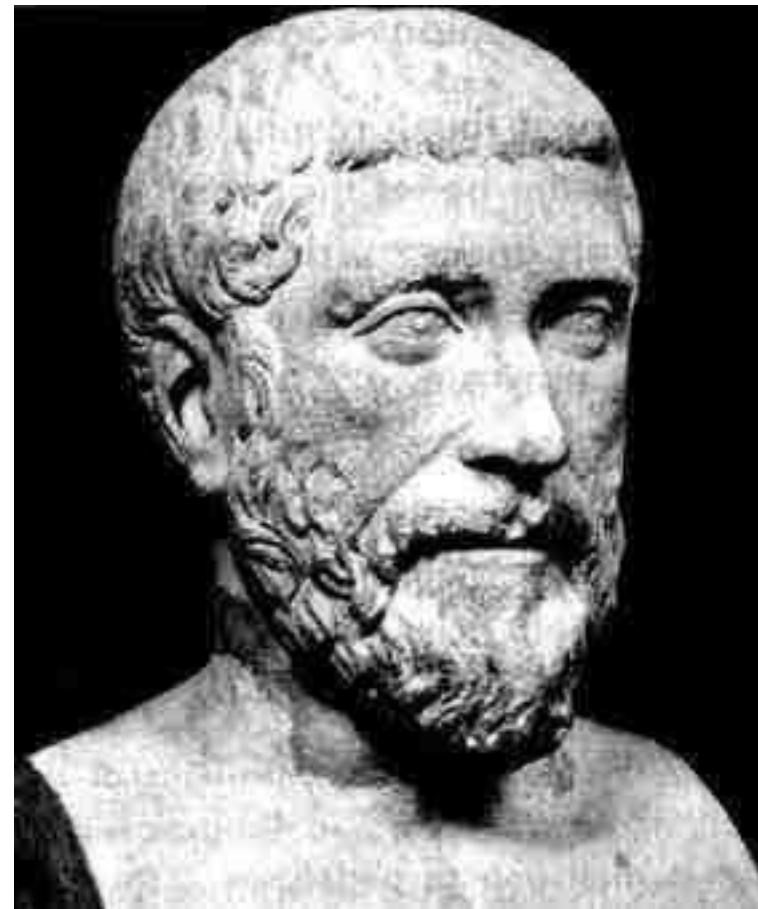
Hongqian Li

李祖骧

刘樱琪

毕达哥拉斯学派

- 毕达哥拉斯学派亦称“南意大利学派”，前600—前500年古希腊哲学家毕达哥拉斯及其信徒组成的学派。他们多是自然科学家，把美学视为自然科学的一个组成部分。
- 认为宇宙可以用单独一个主要原理加以说明，这就是数，美的本质在于和谐。



万物皆数

- 宇宙万物都可以通过数学和几何的方式进行描述和解释。数字是万物的本质和实质，它们反映了宇宙的结构和秩序。
- 一切事物的形状都具有几何结构，几何结构与数字相对应：1是点，2是线，3是面，4是体。
- 万物的本原是1，从1产生出2。从完整的1和不定的2中产生出各种数目。
- 由数产生出点，由点产生出线，由线产生出面，由面产生出体。由体产生出感觉所及的一切形体并产生出四种元素：水、火、土、气。四种元素以各种不同的方式相互转化，创造出有生命的、精神的、球形的世界。

影响

- 摒弃地心说，为后世阿里斯塔克的太阳心说提供了数学工具。促进天文学说的发展
- 在宇宙原则上对于数学思想的表达成为天文学最初的思想之一。

研究方法与成果

- 实验几何，推理几何，解析几何。
- 实验几何：通过观察、分析、归纳来建立空间与平面的各种位置和数量关系。
- 推理几何则在实验几何的基础上再加之推理和逻辑验证。毕达哥拉斯学派勾股定理的发现便是数学史上第一个进行逻辑推理和证明的范例。
 - 1. 毕达哥拉斯定理
 - 2. 证明了“三角形内角之和等于两个直角”；
 - 3. 发现了正五边形和相似多边形的作法；
 - 4. 证明了正多面体只有五种——正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体和正二十面体。

“黄金比例”

- 强调几何形状之间的比例关系。
- 每个天体在各自发出音调，天体的距离是该音调对应，这些距离彼此和谐，与音程对应，共同产生了运动着的天体的和谐的音乐。
- 黄金比例在建筑、艺术和自然界中广泛应用，被认为具有美学和谐的特点。

托勒密的宇宙观

汤子凡 物理学 20201050279

1. 人物生平

克罗狄斯·托勒密，约公元90年出生于埃及的托勒马达伊，住在亚历山大，在公元168年左右死于亚历山大。他是希腊数学家，天文学家，地理学家和占星家，“地心说”的集大成者，公元127年，年轻的托勒密被送到亚历山大去求学。在那里，他阅读了不少的书籍，并且学会了天文测量和大地测量。他曾长期住在亚历山大城，直到151年，168年去世。

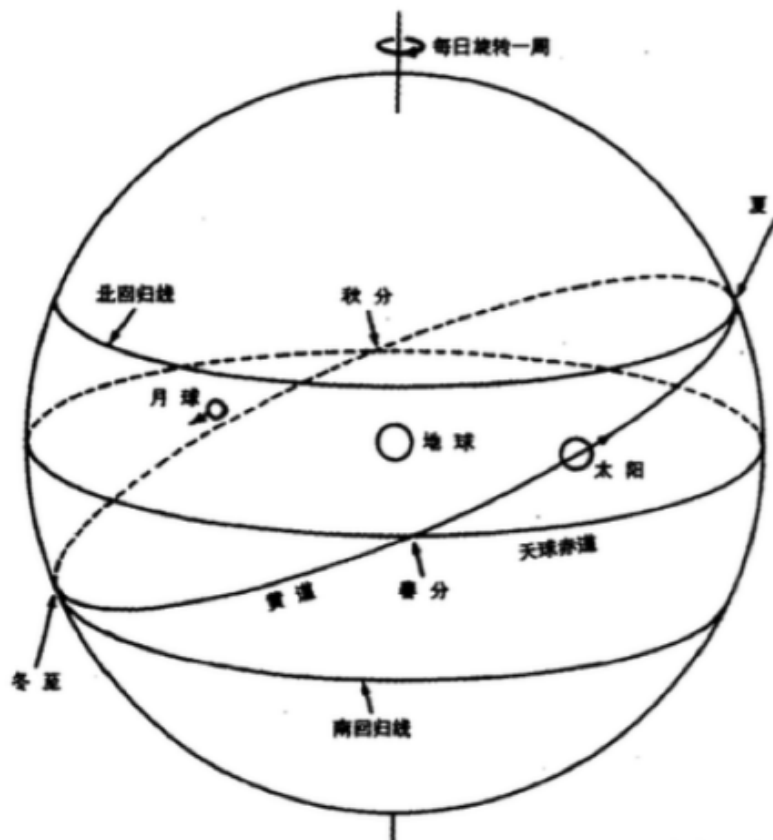
托勒密写了几篇科学论文，其中三篇对后来的拜占庭、伊斯兰和西欧科学很重要。

1. 《天文学大成》(Almagest)
2. 有关地理，这是对希腊罗马人地理知识的全面讨论。
3. 占星论论文，他试图使他的宇宙模型适应当时的亚里士多德自然哲学。俗称占星四书(Quadripartitum)。

2. 地心说的发展

2.1. 欧多克所同心球模型

- 著名哲学家柏拉图深受毕达哥拉斯学派的影响。柏拉图建立了一个几何宇宙模型：地球日月星辰都是球形，都做圆周运动。不过地球处在宇宙中心，恒星所在的天球是宇宙的边界。在它和地球之间，是月亮、太阳和五大行星绕地球运行的圆圈，半径满足1: 2: 3: 4: 8: 9: 27的比例关系。
- 该宇宙模型存在明显的缺陷，不能对一些观察到的现象进行较好的解释。主要是太阳、月亮、恒星、星座会出现规律的整体移动，但是金、木、水、火、土会出现不太规则的运动。比如在午夜观测火星的时候会发现它出现逆行、停留、顺行的现象。为了解决这些问题，柏拉图的学生欧多克索提出了第一个有意义的模型—同心球宇宙模型。

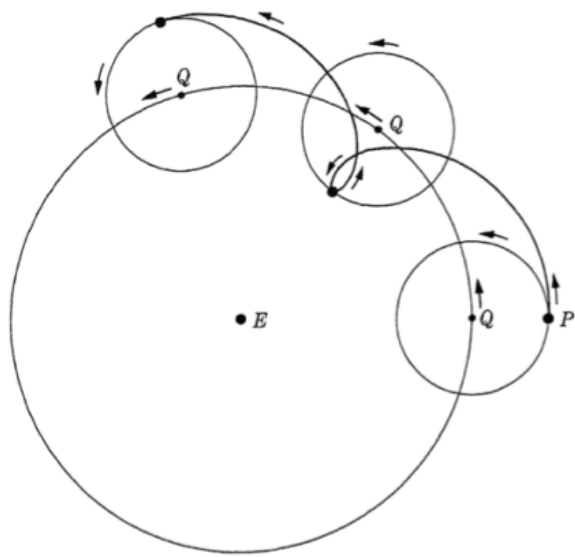


如图1所示，欧多克索的同心球宇宙模型中将地球固定在天球的中心，天球绕垂直的轴自转。天球是一个透明的水晶球壳层，各行星附着在天球的表面做各种运动。地球的赤道也就是天球的赤道面，黄道面也是如此。太阳、月球和行星走黄道，太阳月球运动速度几乎不变，其他的行星运行的方向也不变但是速度差异很大。

- 在当时的条件看来，这套模型具有不少创新之处，大致上也能够符合观测到的一些现象，对之后的天文学理论起到了不少参考作用。
 1. 欧多克索的学生卡利普在原有的27个天球的基础上再增加了7个天球，以获得与天文观测更精确相符的结果。
 2. 亚里士多德则是在卡利普的基础上把同心球宇宙模型改造为一个可以自圆其说的宇宙体系，在亚里士多德看来，天球是真实的物理实体，是由透明而又无重量的以太构成的固体球。诸天球共同构成一个机械联动装置，在最外层天球的带动下一起运动。为了实现诸天球的联动，亚里士多德的宇宙模型比卡利普的又多了22个天球。
- 即便同心球模型得到了很好的继承和发展，但是它仍旧存在一些重大的缺陷。
 1. 每个行星都被放置在以地球为中心的天球上，所以这些“行星”与地球的距离保持不变，但是实际上的观测却发现地球与其他行星的距离是有变化的。
 2. 当某些行星逆行时，按照同心球模型亮度应该降低，但是实际上却变得更亮了。
 3. 如果太阳绕地球做匀速圆周运动，那么一年中四个季节的天数是不相等的，实际却是相等的。
- 以上这几个问题对于同心球模型提出了严峻的挑战，由于模型本身的缺陷，虽然不断有人对其发展和改进，这些问题仍然没有很好地解决。虽然如此，之后的天文学家也是在其基础上不断调整模型，并没有完全跳出“两球宇宙”模型。

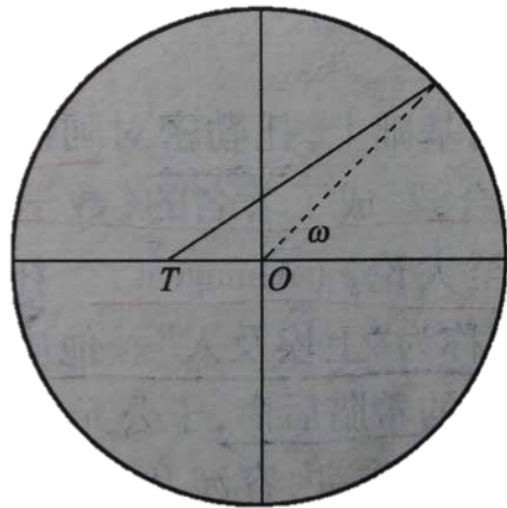
2.2. 本轮-均轮模型

“本轮—均轮”体系是为了解决同心球模型的诸多问题而提出来的一种新的几何模型。



根据托勒密《至大论》的记载，阿波罗尼乌斯最早发明了“本轮—均轮”模型，

- 阿波罗尼乌斯
 1. 如图2所示，在本轮-均轮模型中，地球位于E点，地球所在的大圆是均轮（deferent），均轮的本身以一定的速度匀速旋转。而行星P所在的小圆是本轮（Epicycle），Q是本轮的圆心。
 2. 本轮-均轮的旋转总和使得行星看起来会向后退、停留等现象。对于每一个行星都设计一个“本轮-均轮”体系，通过改变本轮和均轮的相对大小、相对速度，该合成的圆周组合可以很好地定性的解释行星的不规则运动，当行星运行到最接近地球时，即会发生逆行，且在此位置上行星看起来最明亮。
 3. 太阳和月亮不会出现逆行，所以只需要一个均轮即可。
 4. 提出了**偏心圆模型**来表征天体的运行规律。如图3所示，行星P在圆周上相对于圆心O做匀速圆周运动，地球则处于偏离O的一点T上。这样从地球上看来，行星的距离和相对地球的速度都会发生变化。一定条件下，偏心圆模型和本轮-均轮模型等价，但是只有本轮-均轮模型可以描述停留和逆行现象。



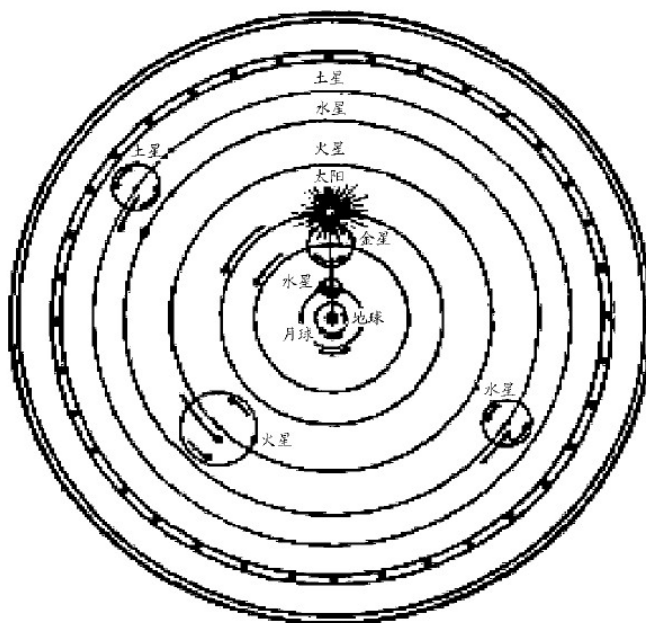
- 希帕克斯

1. 创立了球面三角学，使希腊天文学由定性的几何模型变成定量的数学描述，使天文观测有效的进入宇宙模型之中。
2. 基于原有的“本轮-均轮”模型和偏心圆模型、长期的观测数据，建立了比较完善的太阳和月亮的运动理论。可以实现对日月位置计算的同时，还能够基本准确的预报日食和月食。
3. 根据古巴比伦的观测资料，发现了赤道年（太阳回到春分点）比恒星年（太阳回到同一恒星）略短一点，由此发现了岁差。他还提出这是因为春分点会绕着与黄道面垂直的轴作微小的进动。这个发现对完善同心球模型也有一定的帮助。

阿波罗尼乌斯和希帕克斯的工作至关重要，不过这种几何模型仍然是在同心球模型的体系下进行的，只不过采用了全新的匀速圆周运动的叠加而已。在希帕克斯之后的300多年间，天文学家尚未能利用“本轮-均轮”模型和偏心圆模型构造出能够定量描述行星运动的体系。对于行星运动的规律仍旧处在一个粗略的定性观察的观察阶段。

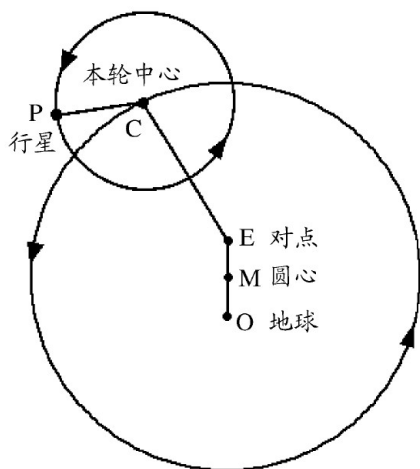
2.3. 托勒密对“本轮-均轮”体系的发展

- 托勒密之前的宇宙模型的问题
月球、太阳以及行星绕着地球旋转的速度并不是均匀的, 而是变化的。
- 托勒密“地心说”认为地是球形的, 地球是宇宙的中心, 其他天体绕着地球旋转, 由近及远把宇宙分为九重天, 分别是:月亮天、水星天、金星天、太阳天、火星天、木星天、土星天、恒星天和最高天 (原动天) .如图1所示为托勒密地心模型的平面图

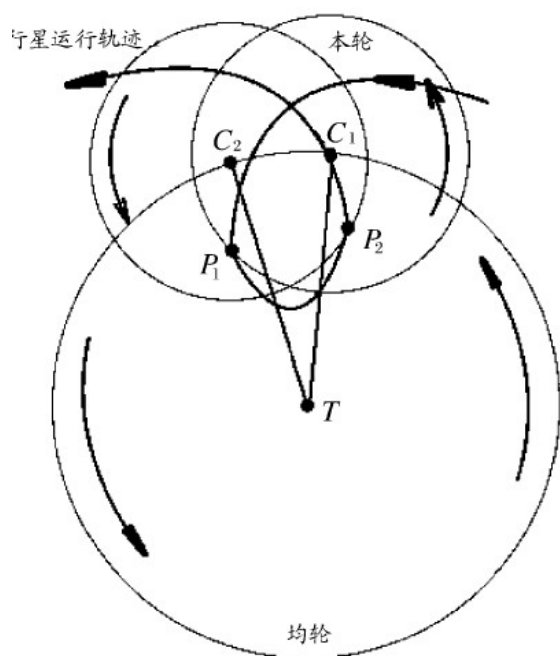


- 为了保证模型的简单性以及天体运行的统一性，托勒密曾指出：解释现象时应采用一种能把各种事实统一起来的最简单的假说。所以在本轮-均轮基础上提出了“对点”(Equant) 的概念。传统的“本轮 - 均轮”模型是让地球处于圆心，但是该模型中地球处在偏心的 O 点。 M 是天体作圆周运动的圆心。连接 OM 并延长至 E 点，使得 $OM = EM$ ，则点 E 为“对点”，因此 C 在均轮 (大圆) 上以有规则的变化着的速

度运行, 使得从对点 E 处看来其运行速度是均匀的。



- 解释了火星等行星的逆行情况。



根据现代技术测量, 地球和火星的周期分别为 365.25 日和 686.98 日, 即

$$\omega_E = 1.990 \times 10^{-7} \text{ rad/s}, \omega_M = 1.058 \times 10^{-7} \text{ rad/s}.$$

在托勒密地心模型中, 火星在本轮上的运行角速度为 $1.983 \times 10^{-7} \text{ rad/s}$, 本轮中心 C 在均轮上的运行角速度为 $1.048 \times 10^{-7} \text{ rad/s}$ 。

由此可见, 计算值与理论值相差很少。

2.4. 托勒密模型的评价

- 优点

1. “对点”的引入大胆冲破了古希腊天文学中对匀速圆周运动传统迷信 (这种迷信纯出于哲学思辩, 圆是最简单的), “对点”同时也使得托勒密的行星模型在某种程度上打开了后世开普勒椭圆运动模型的先声。托勒密的模型是“古代最接近椭圆轨道理论的模型”——石云里 (中国科学技术大学科技史与科技考古系讲席教授, 兼人文与社会科学学院执行院长)

2. 本轮—均轮方法因为设计精巧，适应性强，结构复杂，功能强大，在科学史上直至近代之前一直无出其右，是地心说的集大成者。
 3. 托勒密体系的任何一种形式都没能彻底经受住更精确的观测的检验，但是已经把地球从宇宙中心抽离了出来，客观上启发了哥白尼革命，为日心说铺平了道路。
- 缺点
 1. 托勒密体系有许多变种以至于可以十分精确的预测行星位置，但是这种精确性的获得是以复杂为代价：增添新的本轮或相当的装置，而**不断增加的复杂性只能为行星运动提供更好的近似，但不准确。**
 2. 托勒密假设所有的行星都沿简单的圆周轨道环绕着地球运行，并且是层层相叠加的，这仍然没有跳出同心球模型。

3. 参考文献

- [1] 刘东成, 梁颖思, 邱雅楠,等. 对托勒密地心模型的探究[J]. 湛江师范学院学报, 2010, 31(6):80-83.
- [2] 百度百科：本轮-均轮系统
- [3] https://blog.sina.com.cn/s/blog_40df931a0102wb7h.html
- [4] 葛红芳. 张衡浑天说与托勒密地心说的比较研究[J]. 东华大学学报：社会科学版, 2005, 5(3):4.

以太阳为中心的宇宙观

汤子凡 物理学 20201050279

1. 阿里斯塔克斯的日心说

1.1 生平

阿里斯塔克斯(Aristarkhos; 公元前 310 年—前 230 年), 古希腊天文学家, 数学家。出生于古希腊。他是史上有记载的首位创立日心说的天文学家, 他将太阳而不是地球放置在整个已知宇宙的中心, 他也因此被称为“希腊的哥白尼”。

他的观点并未被当时的人们理解, 并被掩盖在亚里士多德和托勒密的光芒之下, 直到大约 1800 年以后, 哥白尼才很好地发展和完善了他的理论。

1.2 理论

阿里斯塔克斯流传至今的唯一著作, 就是关于太阳和月球的体积以及到地球的距离的论著, 是基于地心说的宇宙观的。但是, 通过其他人的引证, 可以知道他还写了另一本书, 在书中他发展了一个变通的日心说模型。

● 月球的大小

阿里斯塔克斯观察到月球穿过地球的阴影需要一个恒星月的时间。因此他估计到地球的直径是月球的三倍。根据埃拉托色尼所计算的 42000 公里的地球周长, 他认为月球的周长应为 14000 公里。事实上, 月球的周长约为 10916 公里。

● 到太阳的距离

阿里斯塔克斯认为太阳, 月球和地球在每个月的首个或最后四分之一时期内, 构成了一个近似的直角三角形。他估计最大角约为 87° 。尽管他应用的几何理论没有错, 但由于观测数据有偏差, 他得出了日地距离是月地距离的 20 倍的结论。事实上, 前者是后者的 390 倍。阿里斯塔克斯指出, 月球和太阳有几乎相同的视角, 因此他们的直径与他们到地球的距离是成正比的。尽管计算结果是错误的, 他的方法却符合逻辑。这指出了太阳明显大于地球, 恰恰可以用来证明日心说模型。

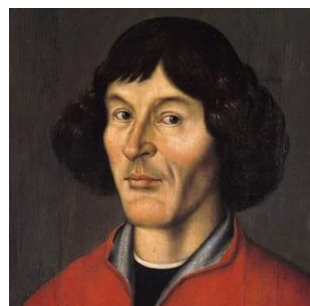
2. 哥白尼的日心说

2.1 人物生平

尼古拉·哥白尼 (拉丁语: Nicolaus Copernicus, 1473 年 2 月 19 日—1543 年 5 月 24 日), 文艺复兴时期的波兰数学家、天文学家, 他提倡日心说模型, 提到太阳为宇宙的中心。1543 年哥白尼临终前发表了《天体运行论》。一般认为他的著作是现代天文学的起步点。它开启了哥白尼革命, 并对推动科学革命有相当大的贡献。

哥白尼革命是天文学领域的一大变革, 指的是人们从原先以静止的地球为宇宙中心的认知 (托勒密天体模型, 即地心说) 转变到以太阳为太阳系中心的日心说的认知。这场革命从哥白尼发表天体运行论开始, 一直持续到艾萨克·牛顿时期。

哥白尼出生于皇家普鲁士, 该地区自 1466 年隶属于波兰王国。哥白尼获得了教会法规博士学位, 同时也是一名医生, 通晓多国语言, 了解古典文学, 能够胜任翻译, 做过执政官、外



交官，也是一名经济学家（后续几项都没有学历学位）。1517 年，哥白尼总结了货币量化理论[2]，成为当今经济学的重要基础之一。1519 年，哥白尼在托马斯·格雷沙姆之前总结出劣币驱逐良币理论的前身。可见他知识渊博，涉猎广泛。

2.2 天文学观点：日心说

1543 年，哥白尼在自己去世前，将主要理论写在《天体运行论》当中。在此，他总结了几十年来的一些理论。

3. 布鲁诺的宇宙观

3.1 生平

焦尔达诺·布鲁诺（意大利语：Giordano Bruno，1548 年—1600 年）是文艺复兴时期的意大利哲学家、数学家、诗人、宇宙学家和宗教人物，1593 年起，布鲁诺以异端罪名接受罗马宗教法庭审问，指控包括否认数项天主教核心信条（如否认地狱永罚、三位一体、基督天主性、玛利亚童贞性、圣餐变体论等）。布鲁诺的泛神论思想也属严重关切之点。宗教法庭判其有罪，他于 1600 年在罗马鲜花广场被处以火刑。

布鲁诺死后获得了可观声誉，尤其被 19 世纪至 20 世纪早期的评论者们当作科学烈士加以纪念。他因坚定支持日心说而为普通大众所熟悉，但日心说是否是他招惹天主教迫害的主要原因存在争议。

3.2 著作与宇宙观

布鲁诺批判经院哲学和神学，反对亚里士多德、托勒密的地心说，主要著作《论无限宇宙和诸世界》支持哥白尼的日心说，并明确指出：“宇宙是无限大的”，“宇宙不仅是无限的，而且是物质的”。他认为宇宙是统一的、物质的、无限的和永恒的，在太阳系以后还有无以数计的天体世界。

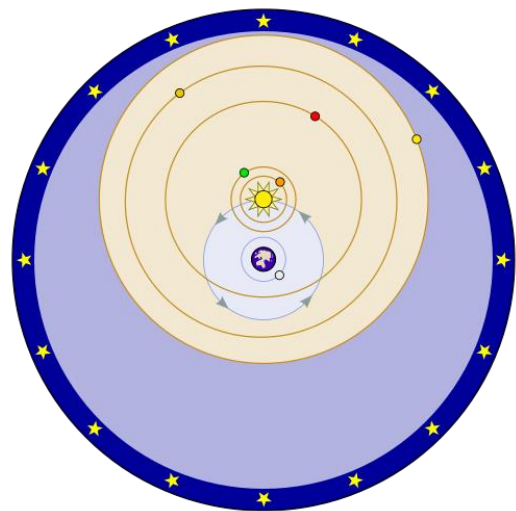
4. 开普勒三定律

4.1 第谷

1583 年，第谷出版《论彗星》一书，提出一种介于地心说与日心说之间的理论，认为地球作为静止的中心，太阳围绕地球作圆周运动，而除地球之外的其他行星围绕太阳作圆周运动。

开普勒曾是第谷的观测助手，他多次尝试令第谷接受日心说，但不成功，第谷相信他自己的理论。中国明朝使用了主要依据第谷的观测结果而编制的时宪历。

虽然第谷的行星模型很快就名誉扫地，但他的天文观测对科学革命来说是个重要的贡献，对第谷传统的看法是，他主要是一个以进行精确和客观的测量树立新的标准的经验主义者。



4.2 开普勒

第谷去世后，开普勒被委任成为他的继任者，负责完成第谷未完成的工作。

《新天文学》是根据第谷的方向进行的火星轨道研究（包括最初两个关于行星运动的定律）发展的顶峰。开普勒运用等分点（哥白尼把这种数学工具排除在他的学说之外）对各种火星

轨道近似值进行重复计算，并最终创造了一个在 2 弧分之内（平均测量误差）基本上与第谷的发现相一致的模型。但是他对这个复合体以及仍然有点不准确的结果感到不满意；在某些点，这个模型与数据的差异达到 8 弧分。一系列传统的数学天文学方法都使开普勒感到失望，他开始尝试为这些数据设置一个卵形轨道。

根据开普勒对宇宙的宗教观点，太阳（父神的象征）是太阳系的动力来源。作为物理基础，开普勒通过类比汲取了威廉·吉尔伯特《论磁石》（1600 年）中地球磁性灵魂的理论以及自己关于光学研究的工作。他**假设太阳发射的动力随着距离减弱，当行星靠近或远离太阳，运动会加快或减慢**。根据对地球和火星远日点和近日点的测量，他创立了一个公式，行星的运动速度与它距太阳的距离成反比。1602 年底，开普勒运用几何学重新阐述了这个比例：**行星在同样的时间内扫过同样的面积——开普勒关于行星运动的第二定律**。

之后，他运用几何速率法则，假定轨道是蛋形轨道，开始计算火星的整体轨道。在经历大约 40 次的尝试失败以后，1605 年初，他最终偶然想到了椭圆形这个概念，他之前认为这个解决方法太简单，以至于早期的天文学家们都忽略了。**在发现椭圆形轨道适用于火星的数据之后，他立即推断出所有行星都以太阳为中心按照椭圆形运动——开普勒关于行星运动的第一定律**。

在著作《世界的和谐》中，开普勒说明了**行星运动第三定律**。之后，他尝试了许多组合，直到发现（近似地）“周期的平方与平均距离的平方成正比”。**虽然他给出了这次发现的日期（1618 年 3 月 8 日），但是并未详细描述他是如何得出这个结论的**。

开普勒死后，《哥白尼天文学概要》成为传播其思想的主要工具。1630-1650 年间，该书成为使用最多的天文学教科书，使许多人改信椭圆为基础的天文学。然而，很少人接受他创建于物理基础上的天体运动的观点。在 17 世纪后期，许多从开普勒的著作产生出来的物理天体学理论——尤其是乔瓦尼·阿方索·博雷利和罗伯特·胡克的理论——开始包含引力（虽然不是开普勒假定的准精神运动类）和笛卡尔惯性概念。而牛顿的《数学原理》则是这些理论的顶峰，在该著作中，牛顿从以力为基础的万有引力定律得出了开普勒行星运动定律。

- **开普勒超新星：**

1604 年 10 月，出现了一颗明亮的新晚星，开普勒进行了观测，并专注于描述这颗新星的天文学属性。他注意到了其逐渐减弱的亮度，推测它的起源，并根据视差的缺失论证它属于固定的星体，进一步削弱了天体永恒性的教义

- **开普勒三定律**

椭圆定律：所有行星绕太阳的轨道都是椭圆，太阳在椭圆的一个焦点上。

面积定律：行星和太阳的连线在相等的时间间隔内扫过相等的面积。

调和定律：行星绕太阳一周的恒星时间 (T) 的平方与它们轨道长半轴 (a) 的立方成正比。

虽然开普勒对三定律的解释是不对的，但是他的猜想方向却是对的，而且这些猜想是建立在他长期观测与计算之上的，单纯用巧合来解释并不合适。

5. 伽利略

伽利略·伽利莱（Galileo Galilei，**1564 年—1642 年**），意大利物理学家、数学家、天文学家及哲学家，科学革命中的重要人物。伽利略被誉为“现代观测天文学之父”、“现代物理学之父”、“科学方法之父”、“科学之父”及“现代科学之父”。

1610 年，伽利略通过改良的望远镜，最先发现了木星的卫星，导致了天文学的一场革命：一个小行星围绕着大行星运转不符合托勒密等人发展的地心说，反而支持了哥白尼的日心说。此外，他还观测了金星，土星，海王星。**他改良的望远镜也协助了同时期开普勒的观测**。在 17 世纪早期，许多天文学家采用了各种地日混合模型，如第谷体系、科普兰或是其改良

版。模型中有的包含了环绕地球运动的模式，有的则没有。这些体系都没有完全否定地心说就恒星视差的预测。从地心说，到地心混合模型，再到完全日心说的发展阶段中，伽利略对金星相位的实验性发现最具影响力。

参考文献

- [1] zh.wikipedia.org/wiki/阿里斯塔克斯
- [2] zh.wikipedia.org/wiki/日心说
- [3] zh.wikipedia.org/wiki/尼古拉·哥白尼
- [4] zh.wikipedia.org/wiki/第谷·布拉赫
- [5] zh.wikipedia.org/wiki/伽利略·伽利莱
- [6] zh.wikipedia.org/wiki/哥白尼革命
- [7] zh.wikipedia.org/wiki/约翰内斯·开普勒

亚里士多德科学衰落的表现及根源

汤子凡 20201050279

1. 亚里士多德生平简介

亚里士多德(Aristotélēs, 前 384 年 6 月 19 日—前 322 年 3 月 7 日), 古希腊哲学家, 柏拉图的学生、亚历山大大帝的老师。他的著作牵涉许多学科, 包括了物理学、形而上学、诗歌(包括戏剧)、音乐、生物学、经济学、动物学、逻辑学、政治、政府、以及伦理学。和柏拉图、苏格拉底(柏拉图的老师)一起被誉为西方哲学的奠基者。亚里士多德的著作是西方哲学的第一个广泛系统, 包含道德、美学、逻辑和科学、政治和形上学。

亚里士多德关于**物理学**的思想深刻地塑造了中世纪的学术思想, 其影响力延伸到了文艺复兴时期, 最终被牛顿物理学取代。在**动物科学**方面, 他的一些意见仅在 19 世纪被确信是准确的。他的学术领域还包括早期关于**形式逻辑理论**的研究, 最终这些研究在 19 世纪被合并到了现代形式逻辑理论里。在**形而上学**方面, 亚里士多德的哲学和神学思想在伊斯兰教和犹太教的传统上产生了深远影响, 在中世纪, 它继续影响着基督教**神学**, 尤其是天主教教会的学术传统。他的伦理学, 虽然自始至终都具有深刻的影响, 后来也随着新兴现代美德伦理的到来获得了新生。今天亚里士多德的**哲学**仍然活跃在学术研究的各个方面。在经济学方面, 亚里士多德对于经济活动的分类与看法持续影响到中世纪与重农主义, 直到被亚当斯密的古典经济学派取代为止。

虽然亚里士多德写了许多论文和优雅的对话(西塞罗描述他的文学风格为“金河”), 但是大多数人认为他的著作现已失散, 只有大约三分之一的原创作品保存了下来。

2. 亚里士多德的哲学观

依照亚里士多德的说法, “自然哲学”一词表示对于自然世界的研究, 这包括了**运动、光、物理定律**。在许多世纪之后这些领域成为了现代科学的根基, 被以科学方法加以研究。在现代, “哲学”这一词通常仅被用于形容形而上学的领域, 而非那些以物理科学方式观察自然世界的研究。相较之下, 在亚里士多德的时代, “哲学”一词包含了所有人类知识的层面。

亚里士多德在唯心论及唯物论之间摇摆。亚里士多德将他的哲学定义为一种“原因”, 宣称他的哲学是“研究真实宇宙原因的科学”。亚里士多德“对外在世界的真实性, 并无怀疑”, 所以接近唯物论; 但又认为: 万物的基础及其内在的本质却是形式, 物质只是它们的第二个基础和本质; 亚里士多德主张形式先于物质, 是唯心论之主张。

有关形而上学和哲学, 亚里士多德将之定义为“对无形事物的认知”, 并称之为“第一哲学”、“理论的科学”、或称为“在最高抽象层次的事物”。而逻辑(或称为“分析”)则被亚里士多德视为是学习哲学的基本阶段, 也因此亚里士多德的哲学可以被分为:

1. **理论的科学(数学、自然科学和后来被称为形而上学的第一哲学)**
2. **实践的科学(伦理学、政治学、经济学、战略学)**
3. **创造的科学(即诗学、修辞学)。**

虽然他的形而上学著作包含了许多对于数字本质的研究, 但他对于数学本身并没有做出原创的贡献。亚里士多德对于科学的贡献大多是理论性的, 而不是数字性的。到了 16 世纪以后

科学家们开始使用数学研究物理科学时，亚里士多德的作品中被发现出许多错误。他的错误主要是来自于对质量、速率、力度以及温度等概念的缺乏，他了解速率以及温度为何，但却缺乏测量它们的数字概念，也只有用过一些基础的实验配备如钟或温度计从事研究。

3. 物理学

在物理学方面，亚里士多德认为各物体运动方式分两种，一种是自然界的“自然运动”，一种是非自然的“受迫运动”，不同于前者，受迫运动只有在一个不断作用着的推动者直接接触下，才能够保持运动。根据亚里士多德的说法，“真空”是不能存在的，因为空间必须装满物质。这样才能通过直接接触来传递物理作用。

后世的物理学家艾萨克·牛顿指出了亚里士多德这一论断的谬误，指出了“力不是保持物体运动的直接原因。力只能改变物体的运动状态。”1687年他发表《自然哲学的数学原理》，阐述了万有引力和三大运动定律，由此奠定现代物理学和天文学。他通过论证开普勒行星运动定律与他的引力理论间的一致性，展示了地面物体与天体的运动都遵循着相同的自然定律；为太阳中心学说提供了强而有力的理论支持，是科学革命的一大代表。

在《自然科学史》中记载，荷兰人西蒙·斯特芬首次在1586年使用2个重量不同的铅球在代尔夫特教堂塔顶做了类似于传说中的比萨斜塔实验，证明了亚里士多德的理论是错误的。

根据亚里士多德的物理学，力的持久作用是保持物体匀速运动的原因。但是伽利略的实验结果证明：物体在引力的持久影响下并不以匀速运动，而是每次经过一定时间之后，在速度上有所增加。物体在任何一点上都继续保有其速度并且被引力加剧。如果没有了引力，物体将仍旧以它在那一点上所获得的速度继续运动下去，这就是惯性原理。这个原理阐明物体只要不受到外力的作用，就会保持其原来的静止状态或匀速运动状态不变。

4. 天文学

4.1 亚里士多德的宇宙观

亚里士多德认为由于宇宙的中心是土原素的自然地点（natural place），地球必然位于宇宙的中心。它是一个静止的球体，有多层的天体环绕它运行，最接近地球的是月球，之后是太阳和五个行星，最后是无数的固定星星。更清楚地说，这些天体是依附在多个以地球为中心转动的透明球体上运行的。距离地球最远的星星只有一个天球，至于其他天体，每一个都需要一组天球才能解释它复杂的实际运行情况。

4.2 衰落的表现

1543年，尼古拉·哥白尼出版《天体运行论》，提出与托勒密相对的地心说模型，导致对亚里士多德物理学的质疑。

1573年，第谷·布拉赫出版De nova stella《论新星》，否定了亚里士多德天体观中的永恒、不变的宇宙，以及月亮之上的以太空间。

开普勒超新星

伽利略在1604年观测并讨论开普勒超新星。由于这颗超新星没有明显的周日视差，伽利略

认为它是一颗相距遥远的天体，因此否决了亚里士多德对天体恒定的观点。

木星

1610 年 1 月 7 日，伽利略通过望远镜观察到了当时被描述为“三个固定天体，因为渺小而几乎看不见”，它们都靠近木星，成一条横跨的直线。第二天晚上观测的结果是那些木星旁边的天体改变了位置。1 月 10 日，伽利略发现它们其中的一个消失了，他认为天体藏到了木星的背后。几天后，伽利略得出结论：**它们在环绕木星运行**。伽利略发现了木星四个卫星中的较大的三个，并于 1 月 13 日发现的最后的一个。

伽利略就木星卫星的发现导致了天文学的一场革命：**一个小行星围绕着重行星运转不符合亚里士多德的宇宙观，后者认为所有天体都围绕着地球运转**。许多天文学家和哲学家最初都否认伽利略的发现。他的发现日后被克里斯托弗·克拉维斯证实。伽利略在随后的 18 个月中继续观察，到了 1611 年中他已经总结出相当精确的卫星运行周期。

太阳黑子

在最先发现太阳黑子的欧洲人中，伽利略算是其中的一位。虽然开普勒在 1607 年意外地观测到了这一现象，却将其误认为是正在经过的水星。**正统的亚里士多德天文物理学认为所有天体完美不变，而太阳黑子的存在令其难以解释。**

月球

伽利略时代，有人注意到在月亏处有“奇怪的斑点”，伽利略意识到这些光斑与阴影组合实际上是一些月球的地形结构。伽利略绘制了月球的地形图表，估测这些山峰的高度。月球由此不再是之前如亚里士多德所认为的半透明的、完美的球体。

5. 衰落的原因（个人总结）

1. 虽然他的形而上学著作包含了许多对于数字本质的研究，但他对于数学本身并没有做出原创的贡献。数学工具的缺失导致了亚里士多德无法对科学问题进行精确和定量的研究。
2. 制造技术不够成熟导致观测设备不够先进，使得亚里士多德的宇宙论出现严重错误。
3. 亚里士多德在唯心论及唯物论之间摇摆。他认为万物的基础及其内在的本质是形式，而如今的马克思主义哲学认为物质决定意识。只有像后者那样秉持客观的认识论，才能进行正确的科学研究。
4. 唯物辩证法认为，事物不断地前进和上升，新事物会产生，旧事物会灭亡。所以古老的亚里士多德的理论终将会被以牛顿运动定律为代表的现代科学所取代。

牛顿宇宙观和无限宇宙观

汇报人：汤子凡

目录

1. 牛顿
2. 爱因斯坦
3. 中国古代天文学思想
4. 总结

01

牛顿

01

牛顿

人物生平

艾萨克·牛顿爵士（**1643年1月4日—1727年3月31日**）

英格兰政治人物、物理学家、数学家、天文学家、自然哲学家和炼金术士。

1687年《自然哲学的数学原理》：万有引力、三大运动定律

- “绝对空间，就其本性来说，与任何外在的情况无关，始终保持着相似和不变。”
- “绝对的、纯粹的数学的时间，就其本身和本性来说，均匀地流逝而与任何外在的情况无关。”

01

牛顿

绝对时空观

- 绝对静止的空间，绝对不变的时间：

- 时间 均匀，时间间隔是绝对的

$$\Delta t = \Delta t'$$

- 空间 各向同性，长度是绝对的

$$\Delta L = \Delta L' ;$$

时间和空间是相互独立的，彼此之间没有任何直接联系。

01

牛顿

宇宙观

- 牛顿：宇宙无限。无数的恒星和行星在万有引力的作用下相互吸引，形成了一个巨大的、稳定的系统。
- 没有宇宙中心，任何时空点平等。
- 原因：
 - 实验观测结果
 - 如果宇宙只是一个有限的区域，每个物体向中心聚集。无限宇宙中的每个物体都会受到其他物体的引力作用，这种引力的影响传递到无限远的地方，因此物体之间的相互作用不会受到限制。
 - 哲学信仰和天主教的信条。

01

牛顿

缺点

- 难以描述微观高速运动规律
- 不存在绝对的“虚空”：伊壁鸠鲁式的宇宙
- 宇宙不完全均匀的，而是存在结构和组织，例如星系团、星系群等。

在某种程度上，宇宙存在边界，它可能并不是完全无限的。（12Mpc 的尺度下平均看相对密度涨落的数量级为 1。即宇宙是不均匀的；）

01

牛顿

评价

- 挑战了当时主流的观点，促进了人们进一步探索宇宙。
- 数学工具有限
- 时间和空间割裂，物质运动

02

爱因斯坦的相对时空观

02 爱因斯坦的相对时空观

迈克尔逊—莫雷实验

以太：初期，光波需要弹性介质。在远离天体的范围内，这种以太是绝对静止的，可以用它作为绝对参照系，

- 但迈克尔逊—莫雷实验结果表明：
 - 以太不存在。
 - 光速与地球的运动状态无关。

与牛顿力学和绝对时空观发生严重矛盾。

02 爱因斯坦的相对时空观

彭加勒的时空观

1895年，相对性原理：物理学的基本规律应该不随坐标系变化。

1904年彭加勒正式表述了相对性原理：

- 无论对于固定的观察者还是对于正在作匀速运动的观察者，物理定律应该是相同的。因此没有任何实验方法可以用来识别我们自身是否处于匀速运动之中。”
- 没有跳出绝对时空观的框架
- 爱因斯坦：“我认为，从永恒的观点来看，彭加勒是对的。”

02 爱因斯坦的相对时空观

狭义相对论

1905 年，《论动体的电动力学》，狭义相对论原理：

1. 光速不变原理：光在真空中以确定的速度 c 传播，同光源的运动状态无关，与观察者所处的惯性系无关，各向同性；
2. 狭义相对性原理：一切物理定律（？）在所有惯性系中，在洛伦兹变换下保持形式不变。

钟慢尺缩

02 爱因斯坦的相对时空观

狭义相对论的意义

1. 否定了经典力学的绝对时空观，建立了相对的时空观。

把时空和物质运动密切联系起来，认为空间和时间总是随着物质形式和运动状态的改变而改变。

2. 质量可变

3. 质量与能量相互转换

02 爱因斯坦的相对时空观

狭义相对论的问题

1. 引力无法被纳入框架
2. 惯性系、非惯性系？

02 爱因斯坦的相对时空观

广义相对论

1916 年

1. 等效原理：局部的均匀引力和惯性力是等效的。

基础：引力质量与惯性质量。

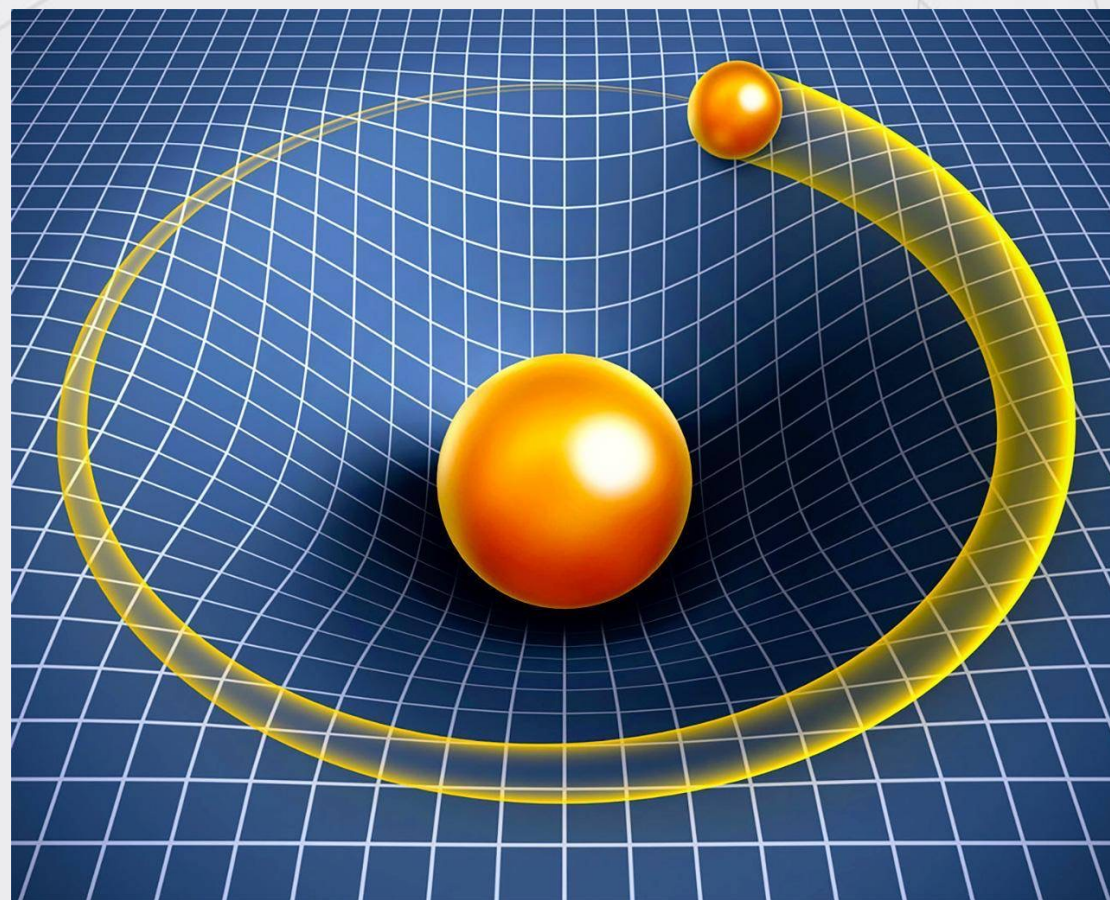
2. 广义相对性原理：物理定律的形式在一切参考系都是协变的。

02 爱因斯坦的相对时空观

广义相对论的意义

- 联系了时空性质与物质的存在，时间和空间不能脱离物质世界而独立存在。不是物体存在于空间之中，而是这些物体具有空间的广延性。

“物质告诉时空怎样弯曲，时空告诉物质怎样运动。”



03

中国古代天文学思想

03

中国古代天文学思想

宣夜说

- 东汉秘书郎郗萌正式提出。
 - “天了无质，仰而瞻之，高远无极，眼瞽精绝，故苍苍然也”。
 - 宇宙无形亦无质，空间是虚空的和无限的，日月星辰在这个无限高远的空间里，不需要什么依靠，只浮于“元气”或“刚气”之上自由运动，各有各的规律。
- 东汉的黄宪：人们观察所及之处只是日月星辰的活动范围，日月星辰之外在的“太虚”是无限的。

03

中国古代天文学思想

宣夜说

- 英国著名学者李约瑟：*“宣夜说的理论，显然具有道家的气味”*。
- 源于道家学派，继承并发展了道家关于宇宙无限的思想。这是非常具有突破性的宇宙认知，把人们引向一个无限广阔的宇宙空间，是人类认识天体的又一次飞跃。
- 与大多数古代思想一样，缺乏定量研究与实验，而只是推理思考

04

总结

04 总结

- 牛顿的绝对时空观和无限宇宙观
- 爱因斯坦的相对论
- 中国古代天文学思想-宣夜说

牛顿宇宙观和无限宇宙观

汇报人：汤子凡

维多利亚（19 世纪）时期的宇宙模型

20201050279 汤子凡 物理学

1. 星云假说

1.1 发展史

伊曼纽·斯威登堡在 1734 年首次提出星云假说的一部分。1755 年，伊曼努尔·康德在斯威登堡所做工作的基础上更进一步，发表《自然史和天空理论》，认为气体云星云缓慢的旋转、由于重力逐渐崩溃和合并，最终形成恒星和行星。

类似的假说由皮埃尔-西蒙·拉普拉斯独自发展出来。在 1796 年，他设想太阳原来是扩展在整个太阳系的炙热气体，因为冷却和收缩，它旋转得更快和变得扁平，投掷出一系列的气态圆环和物质；并且依他说，行星都从这些材料中形成。他的模型，除了更详细和规模更小，其它都与康德类似。

1.2 缺点

拉普拉斯的星云模型在 19 世纪占了主导地位，但它也遇到一些困难。主要的问题是太阳和行星之间的角动量分配。行星占有 99% 的角动量，而此一事实不能用星云模型来解释。因此，这个理论的行星形成部分在 20 世纪初有很大程度被放弃。

拉普拉斯模型的失败激发科学家寻找它的替代品的。在 20 世纪期间提出了许多新的理论，在 1978 年，安德鲁·普伦蒂斯复活了最初的拉普拉斯关于行星形成和发展的想法，发展成现代拉普拉斯理论。但这些企图都没有完全的成功，许多提出的理论都只是描述性。现在被广泛接受的行星形成理论是太阳星云盘模型（solar nebular disk model, SNDM），其发展可以追溯到苏联天文学家维克托·萨夫罗诺夫。

1.3 拉普拉斯的其他贡献

拉普拉斯，法国数学家和天文学家，1794~1825，在 1796 年出版的《宇宙体系论》中具体提出了太阳系起源的星云假说。

他把牛顿的万有引力定律应用到整个太阳系。1773 年解决了一个当时著名的难题：解释木星轨道为什么在不断收缩，而同时土星轨道又在不断膨胀。拉普拉斯用数学方法证明（尽管是近似的），行星的轨道大小只有周期性变化。这就是著名的拉普拉斯定理，从此开始了太阳系稳定性问题的研究。

1784~1785 年，他求得天体对其外任一质点的引力分量可以用一个势函数来表示，这个势函数满足一个偏微分方程，即著名的拉普拉斯方程。

他长时间内主要从事大行星运动理论和月球运动理论方面的研究工作。在总结前人研究的基础上取得大量的重要成果，使得这些天体的运动理论系统化。他的主要研究成果集中在 1799~1825 年出版的五卷十六册巨著《天体力学》内。这部著作第一次提出了天体力学的学科名称，是经典天体力学的代表作。

2. 提丢斯-波得定则

行星同太阳平均距离的经验定律。1766 年，德国人提丢斯提出，取一数列 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192……，然后将每个数加上 4，再除以 10，就可以近似地得到以天文单位表示的各个行星同太阳的平均距离。1772 年，德国天文学家波得进一步研究了这个问题，发表了这个定则。这个定则可以表述为：从离太阳由近到远计算，对应于第 n 个行星（对水星而言， n 不是取为 1，而是 $-\infty$ ），其同太阳的距离 $a_n = 0.4 + 0.3 \times 2^{n-2}$ (天文单位)，提丢斯-波得定则也可以写成另一种形式：

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \beta$$

式中 β 为一常数，约等于 1.73
按此式得出的计算值与观测值的比较见下表，括号内是当时未知的行星和小行星。

行 星	a_n 观测值	a_n 计算值	n
水星	0.387	0.4	$-\infty$
金星	0.723	0.7	2
地球	1.000	1.0	3
火星	1.52	1.6	4
(谷神星)	(2.7)	2.8	5
木星	5.2	5.2	6
土星	9.5	10.0	7
(天王星)	19.2	19.6	8
(海王星)	30.1	38.8	9
(冥王星)	39.4	77.2	10

提丢斯在当时就预料，在火星和木星之间距太阳 2.8 天文单位处应该有一个天体。1801 年，意大利天文学家皮亚齐果然在这个距离上发现了谷神星；此后，天文学家们又在这个距离附近发现许多小行星。但该定则也有一些不足之处，如对海王星和冥王星的计算值与观测值不符，而且对水星 n 不取为 1，而取为 $-\infty$ ，也难理解。

1781 年，F.W.赫歇耳偶然地发现了天王星。此后四十年中，它的计算位置与实际观测始终不符。人们设想这是因一颗未知行星对天王星摄动的结果。1844~1846 年，J.C.亚当斯和勒威耶各自独立地进行了计算，加勒根据勒威耶的推算，在 1846 年 9 月发现了海王星。因此人们开始注意并努力在这条定则所指出的木星和火星之间的空隙寻找未知天体。此后发现的小行星逐年增加，到 1876 年已达 172 颗。

3. 奥伯斯佯谬

2.1 佯谬

海因里希·奥伯斯（1758 年~1840 年，德国天文学家、医生及物理学家）

奥伯斯于 1823 年提出，于 1826 年修订了奥伯斯佯谬。假如宇宙是稳恒态而无限，而且有无数平均分布的发光星体，则无论望向天上哪一位置都应该见到一粒星体的表面，星与星之间便不应有黑暗的位置，黑夜时整个天都会是光亮的。更确切的表述是，如果宇宙是稳恒，无限大，时空平直的，其中均匀分布着同样的发光体，由于发光体的照度与距离的平方成反比，而一定距离上球壳内的发光体数目和距离的平方成正比，这样就使得距地球距离——全部发光体的照度的积分不收敛，黑夜的天空应当是无限亮的。

2.2 被接受的解释

奥伯斯佯谬有两种解释：

1. 宇宙的年龄是有限的；这个解释指出有限速度的光要游遍宇宙的空间本身就是矛盾的，当我们遥望远处的空间，其实就是在回顾历史。最后，我们仍只能观察到有限年龄的宇宙。

2. 红移现象。

以有限的宇宙年龄所提供的星光来照耀天空时，导出了另一个问题：为什么看不见任何一点大爆炸的贡献？这原因是大爆炸本身的辐射因为宇宙膨胀的缘故，已经红移到微波的波长，成为宇宙的微波背景辐射。

2.3 其它解释

也有人提出另一种解释（奥伯斯本人就曾这样解释），指宇宙并非透明，远处星光会被宇宙间黑暗的星体，尘埃和气体阻隔，令极远处的光线只可以传播一段有限的距离而不能到达地球。然而这并不能解决问题，因为根据热力学第一定律，能量必定守恒，故此中间的阻

隔物会变热而开始放出辐射，结果导致天上有均匀的辐射，温度应当等于发光体表面的温度，也即天空和星体一样亮，然而事实上没有观察到这种现象。

分形学权威本华·曼德博提出了另一种不需基于大爆炸理论的解释。他指出若星体是以分形方式在宇宙间分布（例如类似康特尘埃），不用大爆炸理论也能解释奥伯斯佯谬。但他的理论是用于展示分形理论多于解释夜黑问题，从天文学观测亦没有证据显示星体以分形模式分布。

2.4 奥伯斯其他贡献

在 1802 年，奥伯斯发现并命名了智神星，5 年后，再发现灶神星。在 1815 年 3 月 6 日，他又发现了一颗周期彗星：13P/Olbers（奥伯斯彗星）。

奥伯斯提出第一个小行星起源的假说，认为小行星是一颗大行星崩溃后的碎片。

4. 银河系模型

英国赖特（1750 年）、德国康德（1755 年）、朗伯特（1761 年）等人都提出了恒星组成一个有限的呈扁圆盘状的银河系，而且银河系外还有别的星系的思想。从十八世纪八十年代开始，F.W.赫歇耳首创用统计恒星数目的方法来研究银河系结构。他计数了从赤纬 -30° 到 $+45^{\circ}$ 的 117, 600 颗星。1785 年，他接受了银河系为扁圆盘状的假说。他的儿子 J.F.赫歇耳曾到好望角计数恒星，再次证实了北半球的统计结论，并进而提出了**银河平面**（指银河系主要的质量形成的盘状平面，垂直于银河平面的方向指向银极），把它作为恒星系的基本定标平面。1887 年，斯特鲁维（天文学世家）从银河系是个固体的假设出发，分析恒星的自行，得出**银河系自转的结论**；不过，所得出的角速度值很不准确。

5. 常数测定

5.1 纽康（1835~1905，美国天文学家，美国科学院院士）

纽康的科学研究活动主要在天体力学、天体测量学和航海天文学方面。他曾利用 1677~1881 年水星凌日的数据，求得水星近日点进动的超差为每世纪 $43''$ 。又根据前两个世纪的四次金星凌日的数据，于 1895 年算出太阳视差是 $8.''797$ 。他把此值与英国天文学家吉尔整理的数值 $8.''802$ 综合起来，得出修正后的值为 $8.''80$ 。这个**太阳视差值，连同岁差常数、章动常数、光行差常数**，为 1896 年在巴黎举行的国际基本恒星会议所采用。以后国际上又陆续决定采用其他一些天文常数，构成**纽康天文常数系统**。这个系统虽有其缺点，但是行用了数十年。纽康还于十九世纪末整理了一百多年来的观测记录，求得**水星、金星、地球、火星和天王星、海王星等的摄动数据**。它们成为以后数十年编算这些行星历表的根据。

5.2 小赛斯·卡罗·钱德勒（1846~1913，美国天文学家）

钱德勒摆动（Chandler wobble），又译为钱德勒震颤，是地球自转轴相对于地球表面的小幅度运动，由美国天文学家赛斯·卡罗·钱德勒发现于 1891 年。该运动以 433 日周期在地球表面摆动。钱德勒摆动和另一个周期一年的运动结合，使地球的极移周期为 7 年。

钱德勒也在天文学其他领域进行研究。他发现了北冕座 T 新星，改善了光行差的计算，以及计算小行星和彗星的轨道参数。

6. 星表与恒星光谱分类

星表是天文学上的目录。在天文学中，许多恒星都只有在星表中有简单的编号；而为了许多不同的目的，有许多巨大的星表在费时多年后才编辑完成，但其中仅有少数的会经

常被引用到。

在 17、18 两个世纪中，天文学家编制了许多星表，其规模越来越大，精度越来越高。

1859~1862 年发表的《波恩巡天星表》，载星 324, 000 多颗。直到二十世纪五十年代，国际天文学联合会还要求重印这份星表及其所附星图。1872 年纽康编的 N1 星表和 1879 年、1883 年德国天文学会分两次发表的《奥韦尔斯基本星表》(FK 星表)是两个重要的基本星表系统的开端。

研究恒星大气物理的进展使人们逐渐认识到，绝大多数恒星光谱的差异，主要不是由化学成分的不同形成的，而是在不同温度和压力下由恒星大气物质的激发和电离状态的变化形成的。1890 年，美国哈佛大学天文台发表了第一份《亨利·德雷伯星表》(HD 星表)，将恒星按温度递降次序分为 O、B、A、F、G、K、M、R、N、S 各类 (Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me.)。这个系统的判据是光谱中的某些特征谱线和谱带，以及这些谱线和谱带的相对强度，同时也考虑连续谱的能量分布。HD 星表在二十世纪继续扩充，成为包括全部 8 等以上的恒星和很多暗达 11 等的恒星的著名星表。