



同质理论类比下的热力学定律 与空间猜想

天 津 大 学
中低温热能高效利用教育部重点实验室
赵 力
• 2020年9月18日



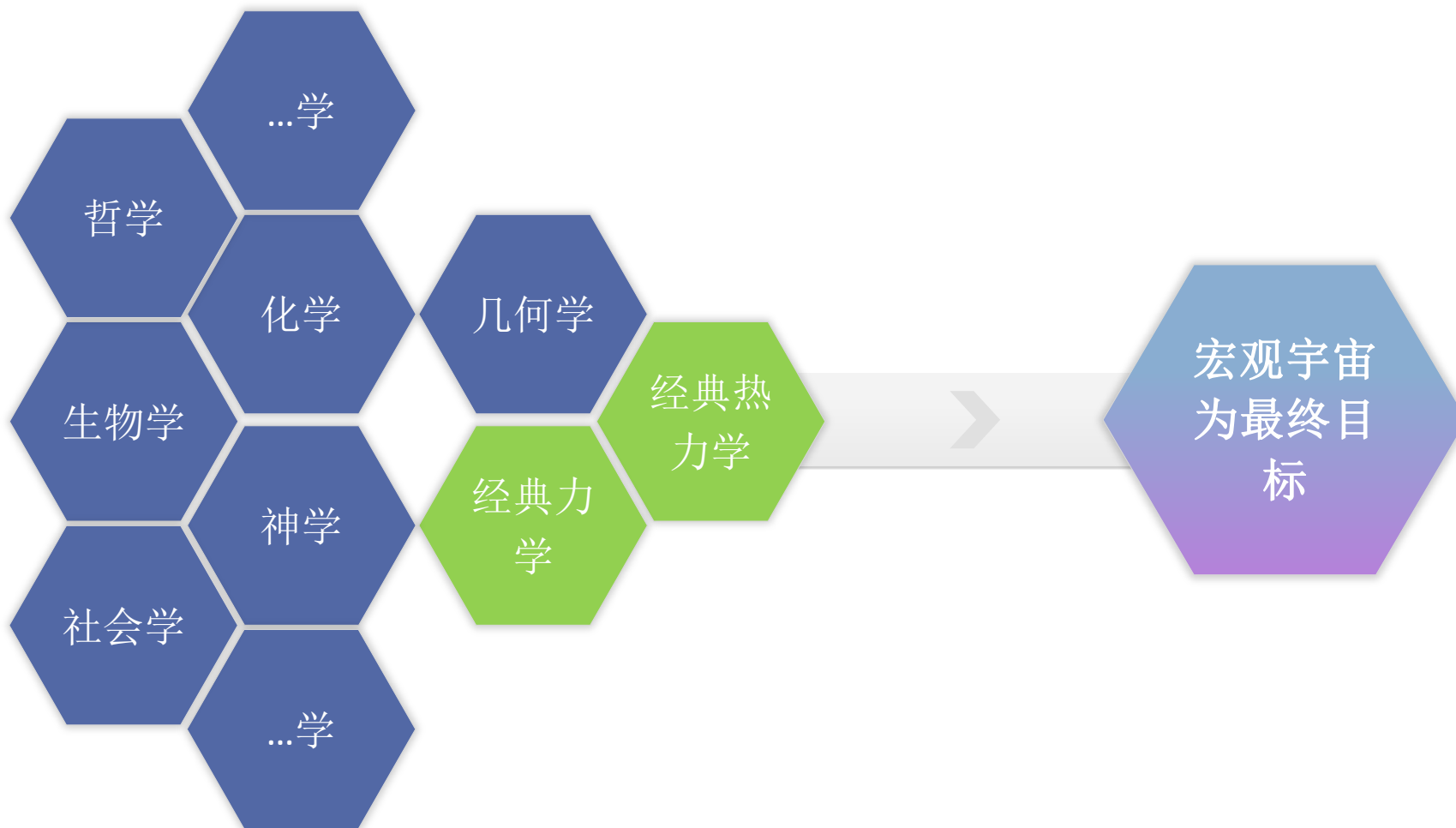
盲人摸象的启示



盲人摸象，意思是比喻对事物只凭片面的了解或局部的经验，就乱加猜测，想做出全面的判断；以偏概全，不能了解真相。出自《大般涅槃经》。

人类对世界的认识，从微观到宏观的所有事物，提出的所有理论，有哪一个不是经过盲人摸象的方式获得的呢？如果研究目标一致，时间足够长，从不同角度得出的结论会趋于一致（一个人摸索大象的外形，一个人归纳大象的痕迹，一个人研究大象的骨骼。），所谓**大道至简**。

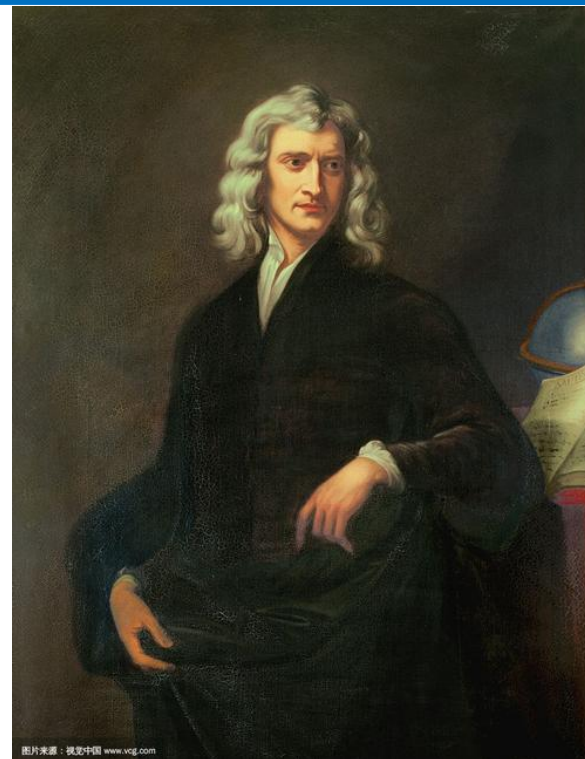
研究对象相同的宏观理论



先向两位伟人致敬



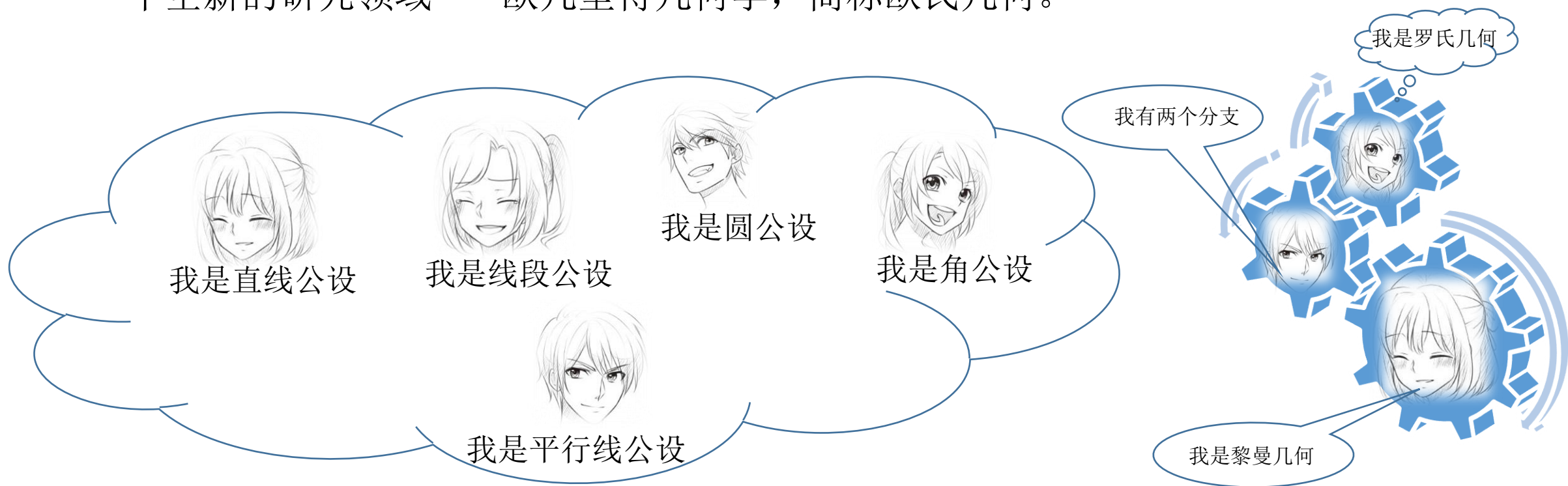
欧几里得（英文：Euclid；希腊文：Ευκλειδης，约公元前330年—公元前275年），古希腊人，数学家，被称为“几何之父”。他最著名的著作《几何原本》是欧洲数学的基础，提出五大公设，欧几里得几何，被广泛的认为是历史上最成功的教科书。欧几里得也写了一些关于透视、圆锥曲线、球面几何学及数论的作品。



艾萨克·牛顿（1643年1月4日—1727年3月31日）爵士，英国皇家学会会长，英国著名的物理学家，百科全书式的“全才”，著有《自然哲学的数学原理》、《光学》。在力学上，牛顿阐明了动量和角动量守恒的原理，提出牛顿运动定律。他在1687年发表的论文《自然定律》里，对万有引力和三大运动定律进行了描述。

几何学的历史及欧式几何基本公设 (2300年历史)

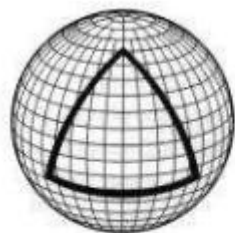
- 最早的几何学兴起于公元前7世纪的古埃及，后经古希腊人传到古希腊的都城，又经毕达哥拉斯学派奠基；
- 欧几里得经过极为艰辛的工作，终于在公元前300年完成了《几何原本》；
- 几何学正是有了它，不仅第一次实现了系统化、条理化，而且又孕育出一个全新的研究领域——欧几里得几何学，简称欧氏几何。





欧式几何的基本公设和分支

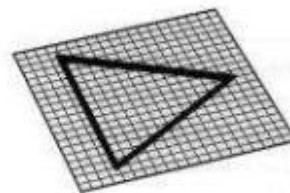
- **公设1:** 从任意的一个点到另外一个点作一条直线是可能的（直线公设）；
- **公设2:** 任一线段都可以从两头无限地延长成为直线（线段公设）；
- **公设3:** 以任一点为圆心和任一距离为半径作一圆是可能的（圆公设）；
- **公设4:** 所有的直角都相等（角公设）；
- **公设5:** 如果一直线与两线相交，且同侧所交两内角之和小于两直角，则两直线无限延长后必相交于该侧的一点（平行线公设）。
- **欧式几何的分支:** 第5条公设可以等价于过直线外一点，可以且仅可以做一条直线与原直线平行。罗巴切夫斯基将其改变成了可以做无数条直线与原直线不相交，从而得到了罗氏几何；黎曼将其改变为做出的任何一条直线都必和原直线相交，从而得到了黎曼几何，如下图所示。



Positive Curvature



Negative Curvature



Flat Curvature

经典力学的基本定律 (300年历史)

- 牛顿第一运动定律：孤立质点保持静止或做匀速直线运动；
- 牛顿第二运动定律：若质点的质量不随时间变化，则质点运动的加速度的大小同作用在该质点上的外力的大小成正比，加速度的方向和外力的方向相同；
- 牛顿第三运动定律：相互作用的两个质点之间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在同一条直线上；
- 万有引力定律：任意两个质点有通过连心线方向上的力相互吸引。该引力大小与它们质量的乘积成正比与它们距离的平方成反比，与两物体的化学组成和其间介质种类无关。

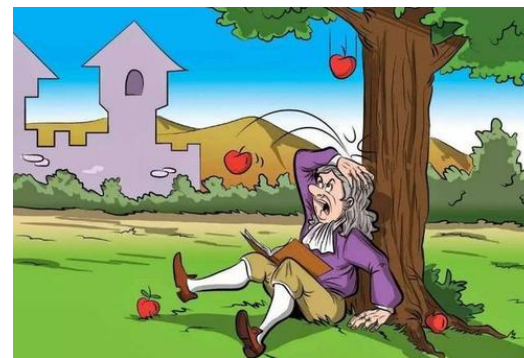
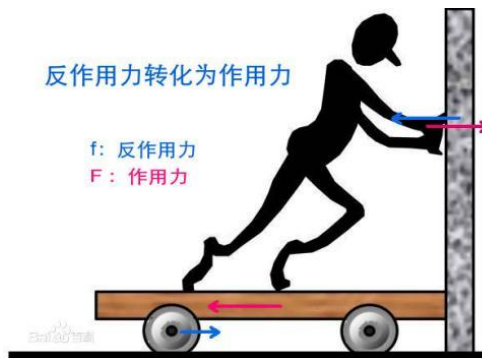


4. 实例分析

飞行的歼击机在战斗前抛掉副油箱以减小质量，提高歼击机的灵活性，试分析其原理。



$F = ma$



几何学公设和经典力学基本定律间的对照

经典力学

几何5公设

惯性定律

$$F=ma$$

直线公理

线段公理

相互作用力

圆公理

万有引力定律

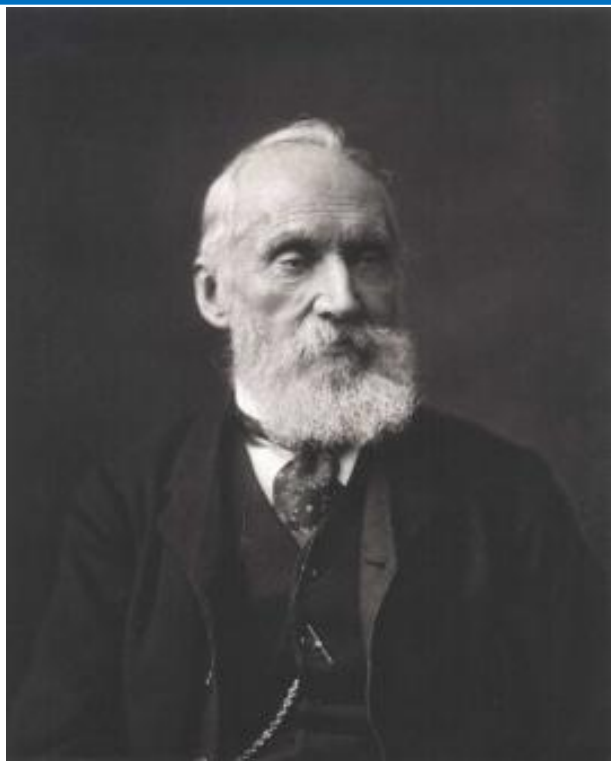
角公理

?

平行线公理

- 线段公设是保持线段斜率的恒定，牛顿运动第一定律则是保持原有的运动状态恒定；
- 几何学中的直线公设的本质就是两点确定一条直线。牛顿第二定律中质量 m 是一个宏观系统的固有物理量，质量 m 保持不变，从而体现出 $y=kx$ 的直线方程特性。
- 几何学中的角公设表述角A、角B等于角C，则角A必然等于角B；经典力学中的牛顿运动第三定律用公式表达为： $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ ， $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$ ， $\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{31}$ 。

再向两位伟人致敬



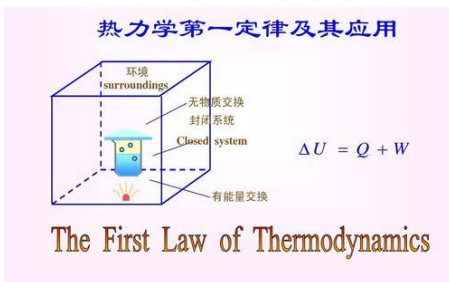
威廉·汤姆逊（1824年6月26日—1907年12月17日），爱尔兰人，物理学家。1848年创立了热力学温标，1851年提出热力学第二定律，1852年发现焦耳-汤姆逊效应，装设大西洋海底电缆。获英女皇授予开尔文勋爵衔，所以后世才改称他为开尔文。



克劳修斯（1822年1月2日—1888年8月24日），德国物理学家和数学家，热力学的主要奠基人之一。他重新陈述了尼古拉·卡诺的定律，把热理论推至一个更真实更健全的基础。1850年首次明确指出热力学第二定律的基本概念。他还于1865年引进了熵的概念。

经典热力学的基本定律 (150年历史)

- 热力学第一定律：能量既不能凭空产生，也不能凭空消失，它只能从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到另一个物体，在转移和转化的过程中，能量的总量不变；
- 热力学第二定律：克劳修斯表述：热量可以自发地从温度高的物体传递到较冷的物体，但不可能自发地从温度低的物体传递到温度高的物体；开尔文表述：不可能从单一热源吸取热量，并将这热量完全变为功，而不产生其他影响。熵表述：随时间进行，一个孤立体系中的熵不会减小；
- 热力学第三定律：绝对零度（ $T=0\text{ K}$ 即 -273.15°C ）不可达到，或者绝对零度时，所有纯物质的完美晶体的熵值为零；
- 热力学第零定律：如果两个热力学系统均与第三个热力学系统处于热平衡，那么它们也必定处于热平衡。



$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S = 0$$

几何学公设和经典热力学基本定律间的对照

经典热力学

几何5公设

热平衡定律

直线公理

能量守恒定律

线段公理

$$\Delta E = \Delta ST$$

圆公理

热力学第三定律

角公理

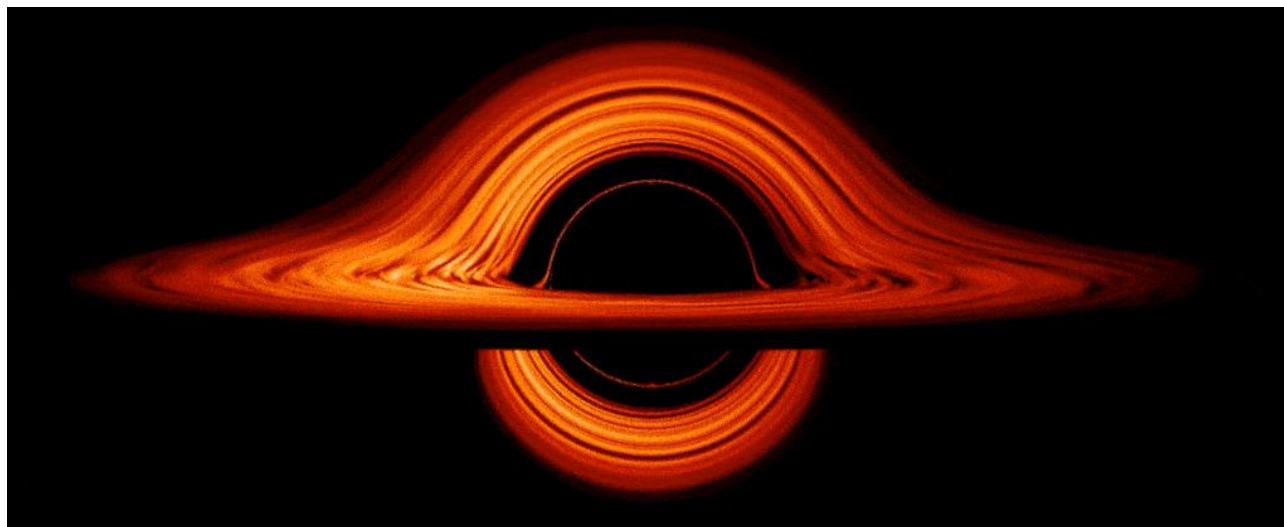
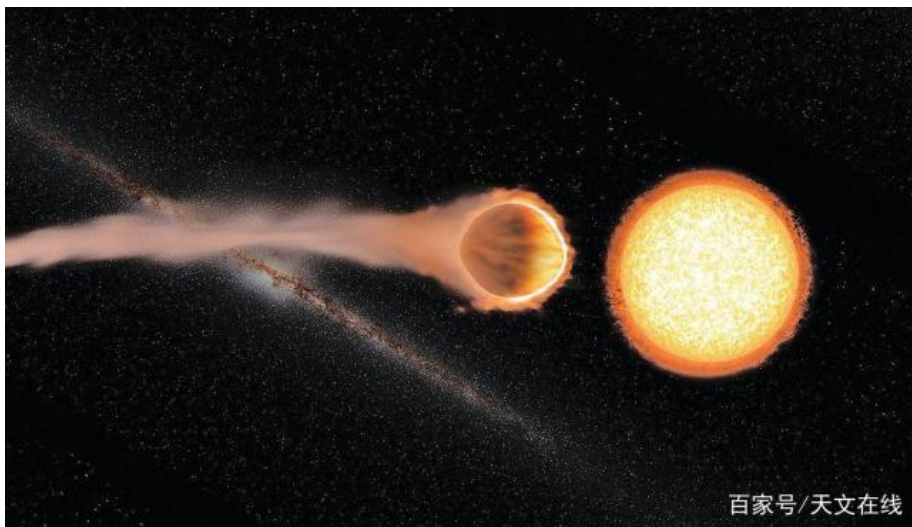
?

平行线公理

- 热平衡定律，即A体系和B体系的温度与C体系相等，则A体系和B体系的温度也相等；而几何学中的角公设也可扩展为角A、角B等于角C，则角A必然等于角B，用直角进行表述是其中的一种特例；
- 热力学第一定律和几何学中的线段公设本质上都是系统在不外界影响的前提下，保持原有状态的性质；
- 在斜率不变的前提下， ΔQ 和 ΔS 具有线性关系，直线上的各点都有实际物理意义。几何学中的直线公设的本质就是两点确定一条直线。

热力学新定律的猜想

- 根据爱因斯坦质能方程，能量和质量具有相同的本质，所以可以试想能量可以体现出质量的性质。质量不为零的物体和宇宙中的其他有质量的物体之间存在万有引力，热量是能量的一种表现形式，是否也会具有引力的特性呢？
- 霍金利用量子力学成功证明了黑洞具有温度，存在霍金辐射，这也是关于“热引力空间”性质的第一个具体迹象。
- 热力学新定律的物理意义有可能是表征引力。



热引力基本推导

牛顿第二定律: $F=ma$

爱因斯坦质能方程: $\Delta E=\Delta mc^2$

熵方程: $\Delta E=\Delta ST$

热引力: $\left. \begin{matrix} F = ma \\ F' = m'a \end{matrix} \right\} \xrightarrow{\text{做差}} \Delta F = \Delta ma = \frac{\Delta E}{c^2} \frac{\Delta v}{\Delta t} = Z \frac{\Delta ST}{c^2} \frac{\Delta T}{\Delta S} = Z \frac{T \cdot \Delta T}{c^2}$

热引力量纲表达式应为: $F = Z * \left(\frac{T}{c}\right)^2$

其中Z为有量纲的常数

附: $\Delta E=\Delta ST=\Delta mc^2$, 当T为普朗克温度时, 取几何单位制有: $\Delta S=\Delta m$, 在大爆炸初期, 熵增的来源于质量。



热引力方程的合理性和疑问

和万有引力方程、圆面积方程有完美一致性

公式具有简洁的表征

符合狄拉克对物理美学的要求“我们应当把数学美作为我们的指引灯塔，去建立一些有意义的理论——首先它们得具备数学美”

和热力学第三定律与平行线公设的对应关系有内在一致性

万有引力具有超距性，热引力差可以弥补

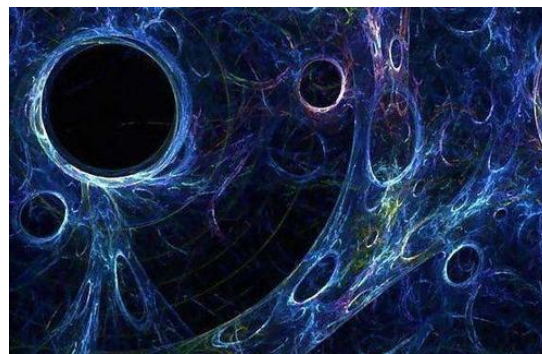
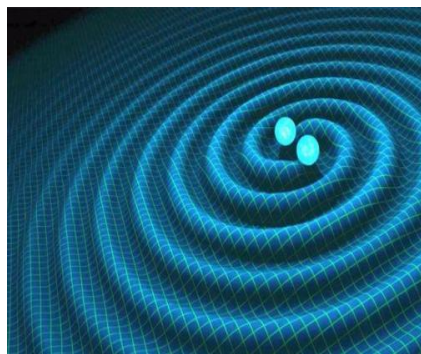
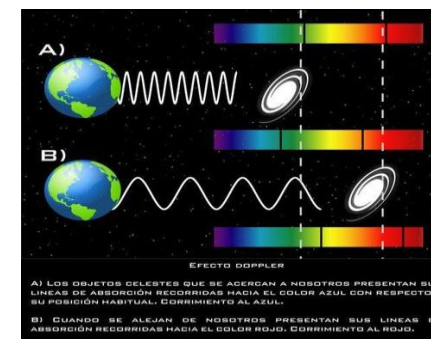
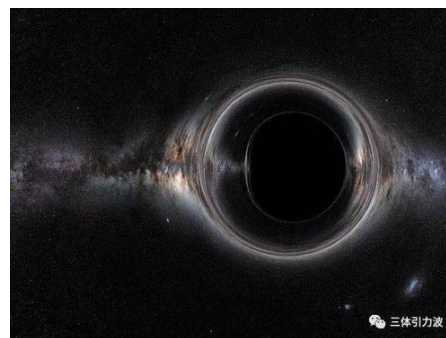
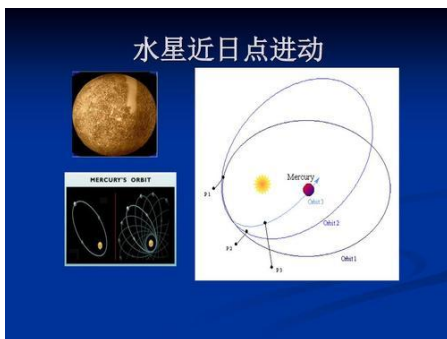


热引力方程的其他问题

热引力方程系数的获取

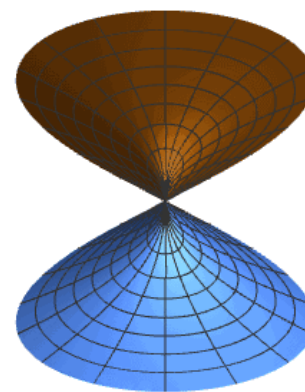
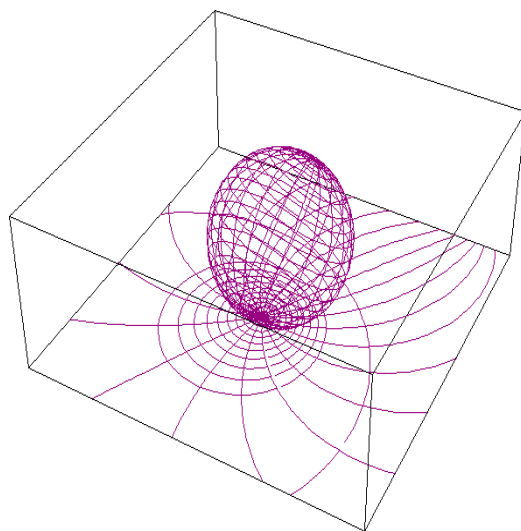
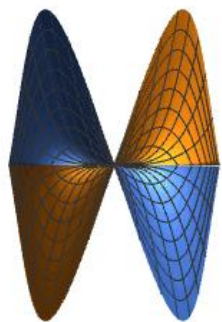
热引力方程的验证

热引力方程的作用



热力学空间符合什么几何空间？

- 根据上述几何公设和热力学定律间的对应关系，得出热力学第三定律会和平行线公设相类似的结论。
- 绝对零度（ $T=0\text{ K}$ 即 -273.15°C ）不可达到；黎曼将其改变为过直线外一点做出的任何一条直线都不会和原直线平行（必相交），从而得到了黎曼几何。
- 猜想热力学空间是黎曼空间。热引力为空间的弯曲提供了支撑。
- 在普朗克温度附近（ $1.42 \times 10^{32}\text{K}$ ），热力学空间的弯曲性表现的最明显。



总结

牛顿经典力学

经典热力学

几何5公设

惯性定律

$$F=ma$$

相互作用力

$$F=G(m/r)^2$$

?

热平衡定律

能量守恒定律

$$Q=\Delta ST$$

热力学第三定律

$$F=Z*(T/c)^2$$

直线公理

线段公理

$$S=\pi r^2$$

角公理

平行线公理

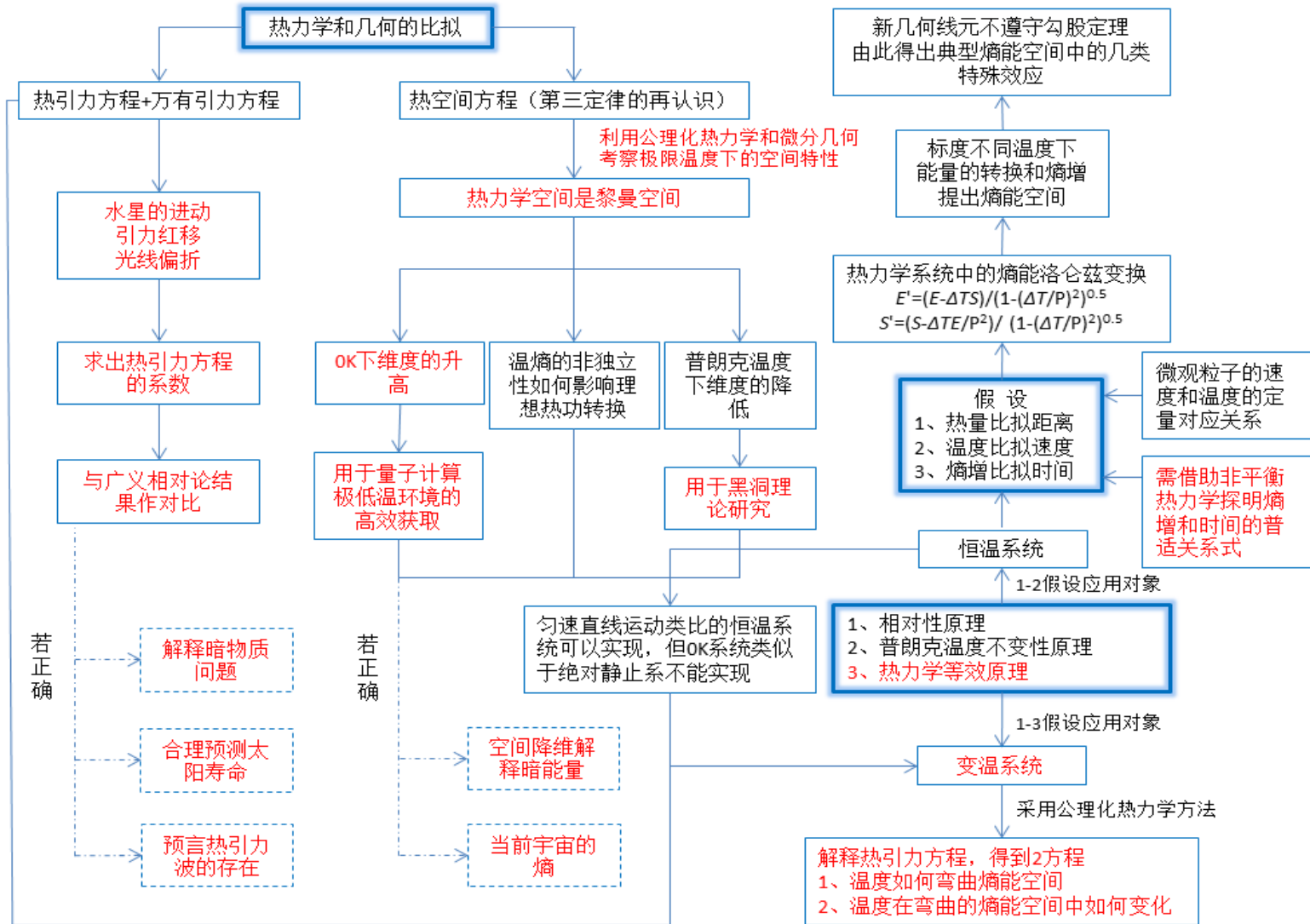
总结

描述这个三维宇宙的本构方程组包括：

- 一个平衡方程
- 一个守恒方程
- 一个空间方程
- 一个直线方程
- 一个抛物线方程

大 学 简 单 平 衡 天 威
谢 云

热力学思考的整体框架





敬请批评指正



中低温热能高效利用教育部
重点实验室



天津大学赵力教授课题组



中低温热能高效利用教育部重点实验室（天津大学）

Key Laboratory of Efficient Utilization of Low and Medium Grade Energy, MOE, Tianjin University