

论运动物质的电磁辐射力学

尹陟明

广西柳州市21中, 广西 柳州 545007

摘 要： 辐射是物质。物质有三态：能量态、两性态、质量态。用这统一的物质观建立统一的引力理论。电磁力是物质间交换光子。那宇宙星系间交换各种辐射粒子会产生什么力？物质间有温差，它们交换热辐射粒子（简称辐射）就产生了万有引力。星球正面接收到恒星的各种辐射粒子是斥力，怎么会是引力？星球自身也是中心温度高、外层温度低，因而也会辐射“热辐射粒子”，这样星球正面吸收到的热辐射粒子，加上自身的热辐射粒子。由热力学第二定律可知，这些热辐射粒子都只能到背面空间辐射。因此，任何星球，任何时候到背面的热辐射粒子都大于正面吸收的热辐射粒子，这才产生向心力，这个力就是万有引力。

关 键 词： 辐射力学；热传递；辐射引力场；万有引力；史瓦西解；单向时间；三维空间

On the Electromagnetic Radiation Mechanics of Moving Matter

Yin Zhiming

No.21 Middle School, Liuzhou, Guangxi 545007

Abstract： Radiation is matter. There are three states of matter: energy, amphoteric and mass. Use this unified view of matter to build a unified theory of gravity. Electromagnetic force is the exchange of photons between matter. What are the forces caused by the exchange of radiation particles between galaxies in the universe? When matter has a temperature difference, they exchange heat and radiation particles (called radiation), which creates gravity. The various radiation particles received by the star on the front of the planet are repulsive forces, how can they be gravity? The planet itself has a high central temperature and a low outer temperature, so it will also radiate "thermal radiation particles", so that the thermal radiation particles absorbed by the front of the planet, plus its own thermal radiation particles. According to the second law of thermodynamics, these thermal radiation particles can only radiate to the back space. Therefore, any planet, at any time to the back of the thermal radiation particles are greater than the absorption of thermal radiation particles on the front, which produces a centripetal force, this force is gravitation.

Keywords： radiation mechanics; heat transfer; radiation gravitational field; gravitation; Schwarzschild solution; one-way time; three-dimensional space

前言

万有引力定律自牛顿1687年发现至今300多年来，对它本质的研究，一直是理论物理的重要课题。我学习了牛顿引力论、爱因斯坦的广义相对论，也认识到，引力是由物质间交换粒子产生的。物质间交换各种粒子产生引力的前提是：热、光、各种粒子等统称热辐射的能量形式的物质具有质量。它的质量由爱因斯坦的质能转换定律确定。这就不能适用狭义相对论的洛伦兹变换。解决这一问题，必须从观念上突破。辐射是物质已公认，从水有三态联想：物质有三态：质量态、两性态、能量态。洛伦兹变换只适用于宏观低速运动的质量态物质。这个矛盾的克服就可建立起辐射引力场论。用这可推导万有引力定律，可很简单解出爱因斯坦的引力场方程。得出的解和史瓦西解完全相同。宇宙星系间有辐射它们交换热辐射粒子就产生引力。

广义相对论是一个引力理论。广义相对论预言了引力波存在，然而，引力波是什么？引力场的场物质是什么？本文《论运动物质的电磁辐射力学》解决了这些问题。揭示了几百年来，牛顿万有引力的本质，解决了爱因斯坦引力场方程 $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = -KT_{\mu\nu}$ 所描述的物理实在，从而使广义相对论的时空理论可想象且易于理解，并有了明晰的物理内涵。如果本文被证明是科学真理，那么广义相对论应更名为：广义相对性辐射引力场论。或叫：电磁辐射力学。

一、物质有三态

辐射是物质。光、电、磁是物质。各种物体如铁、地球、太阳等都是物质。这是现代物理学、哲学共识的物质观。用这种物质观，可以这样认为：物质有三态：能量态、两性态、质量态。能量态物质有热辐射波或叫辐射粒子，简称辐射。“所有物体都发射出热辐射，这种辐射是一定波长范围内的电磁波^[1]（本文写的辐射一词都是指这种热辐射，即参考文献[4]“太阳所辐射的功率相当于每秒消耗四百万吨的辐射物质”中的辐射。）。两性态物质有光，光有波粒二象性是现代物理学公认的。质量态物质有元素及由元素组成的单质、化合物乃至生命体。用这统一的物质观，本文建立广义相对性辐射引力场论，它能包容牛顿引力理论，爱因斯坦广义相对论和引力场方程 $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = -KT_{\mu\nu}$ 所描述的物理实在。

二、万有引力产生的物理机制

牛顿万有引力定律 $F = G \frac{Mm}{R^2}$ 是对宏观天体运动规律的正确描述。它描述了宇宙天体都作圆周运动。为什么恒星系的星球都作圆周运动？牛顿理论没有明确说明。

爱因斯坦认识到引力质量和惯性质量等价，推断出引力和惯性力等效。借助于黎曼几何的弯曲空间描述而得到引力场方程

$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = -KT_{\mu\nu}$ 。本文来回答这些问题。先作定性描述，再作定量推导。

什么是力？从量子力学研究成果可知：一切的力都是通过交换物质实现的。已知的核力，“它将质子和中子的夸克束缚在一起，并将原子中的质子和中子束缚在一起。一般认为，称作胶子的另一种自旋为1的粒子携带强核力^[2]”。而电磁力，“人们将电磁吸引力描绘成是由于称作光子的无质量的自旋为1的粒子的交换所引起的^[3]”。万有引力呢？我认为：由于温差，使物质间传递热辐射粒子波就产生了辐射引力也就是万有引力，或者说：宇宙星系间交换热辐射粒子就产生了万有引力。以下简称引力。下面以太阳系为例来说明引力产生的物理机制。

宇宙间一切有星球运动的恒星系，位于引力中心的恒星温度都很高。如太阳系中的太阳，中心温度高达 10^7 °C 绕它运动的行星表面温度仅有 10^2 °C 或更低。由热力学的第二定律可知：太阳发射的热辐射粒子在太阳系中形成了一个辐射场，太阳不会吸收行星发射的热辐射粒子，这就形成了一个传递热辐射粒子的物理机制。也就是说产生了一个辐射场引力场。行星正对太阳面（正面）吸收太阳的各种辐射粒子，背对太阳面（背面）是太阳辐射场外层空间即行星自身挡住阳光的背面空间，它的温度要低于行星表面即接触面的温度，行星要发射热辐射粒子，释放由正面吸收的太阳热辐射粒子能，这才能达到能量守恒。自然界一切物质都具有能量，能量有各种不同的形式，可以从一种形式转化成另一种形式，从一个物体传递到另一个物体，在传递与转化中能量的数量不变。热总是从高温物体传递到低温物体。热辐射是一定波长范围内的电磁波。这种发射辐射粒子以光速向背面空间传

递，借助于火箭喷射原理可知：行星得到了巨大的向心力。（行星向外层空间辐射粒子的总量是行星正面吸收总量加上行星自身产生的辐射粒子总量的和。因为，行星自身也是中心温度高，外层温度低，因此也会产生热辐射粒子，所以任何行星向外层空间辐射粒子总量总大于正面吸收的总量，这才形成向心力）行星为什么会自转？上文描述了正面、背面交换热辐射粒子使行星得到了向心力。行星两个侧面，行星自身表面温度相比所接触的侧面的太阳辐射场空间。一面即刚从正面转向背面的侧面，行星侧面温度高，向外发射辐射产生切线方向的推力；另一侧面即从背面转向正面的侧面，接近转到吸收阳光的正面，加之行星经过半圆周自转时能量的释放，达到平衡状态或略低于太阳辐射粒子的温度，吸收辐射略大于发射辐射粒子，从而使行星沿这个方向公转且产生与太阳自转方向一致的自转。行星是球体，这种吸收辐射（正面）--发射辐射（侧面）--再发射辐射（背面）--吸收辐射大于发射辐射粒子（另一侧面）--吸收……是连续不停的交换热辐射粒子就使行星周而复始地绕太阳公转和自转。月球为什么会绕地球转动？按现有理论，地球反射太阳光线到月球，月球也反射太阳光线到地球，这就形成了如上所述的物理机制。其他行星的卫星也同此原理，就不多述。宇宙间所有物体都能吸收或发射热辐射粒子，故相互间都存在有辐射引力即引力具有万有性质即万有引力。

三、给出万有引力常数的物理意义

下面先定量给出万有引力常数，再定量推导万有引力定律。万有引力常数是指两个1kg物体在相距1m时产生的引力，数值上是卡文迪许实验测定的： $G=6.67 \times 10^{-11}$ 。按本文，设太阳每秒向外所抛射的辐射能量相当于损失441万吨的太阳质量^[4]。约 4.41×10^9 kg。太阳质量 1.98×10^{30} kg，那么每公斤的太阳质量所辐射的能量相当于损失的质量是 $\frac{4.41 \times 10^9}{1.98 \times 10^{30}} \approx 2.23 \times 10^{-21}$ 公斤。这个量在单位时间的动量 mc/t 就是力。这是现代物理学对力的定义。辐射以光速 c 运动。单位太阳质量在单位时间内对太阳系内物体产生力的量值定义为引力常数 G ，（也就是说：一公斤的太阳质量在单位时间内产生辐射的量值，这个量值在单位时间内的动量就是力，这个力就是引力常数 G ）理论上等于 $2.23 \times 10^{-21} \times 2.99 \times 10^{10} \approx 6.67 \times 10^{-11}$ 。与卡文迪许实验测定的值准确相等。下面来推导万有引力定律。

由引力常数可知，1公斤太阳质量所产生的辐射粒子对太阳系内的物体产生的作用力是 G ，设太阳质量是 M kg，由简单数学推理可得：单位时间内对太阳系内的物体产生的作用力是 GM 。我们设物质都具有同样的属性，即每kg的物质都能吸收或辐射 2.23×10^{-21} 公斤的辐射粒子从而形成热交换产生的力是 GM ，那么 m kg 的物体、星球，它传递热辐射粒子产生的力自然应是 Gm 。物体辐射物质分布密度是以该物体为中心按 $4\pi R^2$ 球面均匀分布。吸收辐射物体与中心物体交换热辐射量遵循与距离 R^2 成反比，这就得到了宇宙间物体与物体间万有引力是： $F = G \frac{Mm}{R^2}$ 。所

引入的假设：物质都具有同样的属性，每 kg 物质吸收或辐射的热辐射粒子的量值约为 2.23×10^{-21} 公斤，不违背现有理论，“所有物体都发射出热辐射，这种辐射是一定波长范围内的电磁波^[1]”。仅对此作定量化的分析而已。

四、解引力场方程

“会当凌绝顶，一览众山小。”我来回答三个问题：1、什么是引力波？2、宇宙中的暗物质是什么？3、关于史瓦西(K.SchwarzSchild)解。

广义相对论预言了引力波的存在。为什么？由文章可知：引力波就是热辐射粒子这种电磁波，它包括一切频段内的电磁波。因为各种电磁辐射粒子都能被物体吸收或发射。这种吸收和发射一对矛盾中就完成了星系间能量（热）的交换——转化和传递。热可以传递能量，为什么不能传递力？！也就是说：宇宙中的恒星向星系辐射热能的同时递传了力，产生了如文中所描述的力。“从根本讲，力与能是一回事，”^[5]。恒星热能量的转化与传递就对星系中物质产生力，这个力就是万有引力。

宇宙中的暗物质就是热辐射波。“散射到太空中去的热必须有可能以某种方法——阐明这种方法将是以后自然科学的课题——转变为另一种运动状态，在这种运动状态中，它能够重新集结和活动起来”。^[6]宇宙中的热辐射粒子将随着时间的延续越来越多，膨胀着的宇宙将会膨胀下去。宇宙中的热辐射粒子，遵循热力学第二定律，与物体进行热交换产生力的效应。这点与天文学观察所得：宇宙中的暗物质都有强引力效应符合得很好。

3.关于史瓦西解：史瓦西解被认为是引力场方程的严格解。下面以本文论点，用广义相对论特有的数学运算来求解引力场方程，其解的结果蕴涵了原史瓦西的严格解。静态球对称引力场特性是任意同心球面上各点时空度规相等。离球心很远处，引力效应可略而不计。取球对称度规一般表达式：

$$ds^2 = -A(r)(dx^0)^2 + B(r)dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \quad \dots(1)$$

r 为径向坐标， $A(r), B(r)$ 为 r 的函数。具体形式由场方程解确定。式（1）给出了度规张量 $g_{\mu\nu}, g^{\mu\nu}$ 的非零分量为：

$$g_{00} = -A(r), g_{11} = B(r), g_{22} = r^2, g_{33} = r^2 \sin^2\theta$$

$$g^{00} = -A^{-1}(r), g^{11} = B^{-1}(r), g^{22} = r^{-2}, g^{33} = r^{-2} \sin^{-2}\theta \quad \dots(2)$$

将这些分量代入联络公式：

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\lambda} = \frac{1}{2} g^{\lambda\sigma} \left(\frac{\partial g_{\mu\sigma}}{\partial x_{\nu}} + \frac{\partial g_{\sigma\mu}}{\partial x_{\nu}} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} \right) \quad \dots(3)$$

得其非零分量：（计算时采用记号 $g_{\nu\sigma, \mu} = \frac{\partial g_{\nu\sigma}}{\partial x_{\mu}}$ ）

$$\Gamma_{10}^0 = \Gamma_{01}^0 = \frac{1}{2A} \frac{dA}{dr} \quad (\mu=0, \nu=1, \lambda=0, \sigma=0); \Gamma_{00}^1 = \frac{1}{2B} \frac{dB}{dr}$$

$$\Gamma_{11}^1 = \frac{1}{2} g^{11} (g_{11,1} + g_{11,1} - g_{11,1}) = \frac{1}{2B} \frac{dB}{dr} \quad (\mu=1, \nu=1, \lambda=1, \sigma=1)$$

$$\Gamma_{22}^1 = -\frac{r}{B} \quad (\mu=2, \nu=2, \lambda=1, \sigma=1); \Gamma_{33}^1 = -\frac{r \sin^2\theta}{B} \quad \dots(4)$$

$$\Gamma_{21}^2 = \Gamma_{12}^2 = \frac{1}{r}, \Gamma_{33}^2 = -\sin\theta \cos\theta$$

$$\Gamma_{13}^3 = \Gamma_{31}^3 = \frac{1}{r}, \Gamma_{23}^3 = \Gamma_{32}^3 = \cot\theta$$

将上面非零分量代入张量公式：

$$R_{\mu\nu} = \Gamma_{\mu\lambda, \nu}^{\lambda} - \Gamma_{\mu\nu, \lambda}^{\lambda} + \Gamma_{\sigma\nu}^{\lambda} \Gamma_{\mu\lambda}^{\sigma} - \Gamma_{\sigma\lambda}^{\lambda} \Gamma_{\mu\nu}^{\sigma} \quad [7] \quad \dots(5)$$

求 $R_{00}, R_{11}, R_{22}, R_{33}$ ，如文中所述时间维是单向独立的（P3图1）

因此求 R_{00} 只能与时间维有关的联络中的非零量： $R_{00} = \Gamma_{00,0}^0 - \Gamma_{00,0}^0 + \Gamma_{00}^0 \Gamma_{00}^0 - \Gamma_{00}^0 \Gamma_{00}^0$ ，因而无法求出 R_{00} 的值。然而 R_{00} 是时间 t 的函数，根据伯克霍夫（Birkhoff）定理，场源物质作球对称运动时 $A(r), B(r)$ 不仅与空间位置 r 有关，同时也是时间 t 的函数，于是（4）式多了三个不为零的分量：

$$\Gamma_{00}^0 = \frac{A}{2A} \frac{dA}{dt}, \Gamma_{10}^1 = \Gamma_{01}^1 = \frac{B}{2B}, \Gamma_{11}^0 = \frac{B}{2A} \quad \dots(6)$$

将（6）式中第一式代入

$$R_{00} = \Gamma_{00}^0 = \frac{c}{2A} \frac{dA}{dr} \quad (\because ct=r, dt=\frac{1}{c}dr) \quad \dots(7)$$

同样道理 $R_{11} = \Gamma_{11}^1 - \Gamma_{11}^1 + \Gamma_{11}^1 \Gamma_{11}^1 - \Gamma_{11}^1 \Gamma_{11}^1$ 根据本文（P3）所述 R_{11} 也是时间 t 的函数故取：

$$R_{11} = \Gamma_{11}^1 = \frac{c}{2B} \frac{dB}{dr} \quad \dots(8)$$

R_{00} 和 R_{11} 是由时间维 ct 和 x^1 对应的矢量来描述， ct 和 x^1 互方向相反， ct 指向外， x^1 指向内，因此有 $R_{00} = -R_{11}$ ，将（7）、（8）式代入得：

$$\frac{c}{2A} \frac{dA}{dr} = -\frac{c}{2B} \frac{dB}{dr} \quad \dots(9)$$

其中光速 c 为常数，故得：

$$\frac{1}{A} \frac{dA}{dr} + \frac{1}{B} \frac{dB}{dr} = 0, \frac{d}{dr}(AB) = 0 \quad \dots(10)$$

对（10）式求积分得：（（10）式反过来证明了 c 是常数）

$$A(r)B(r) = N \quad \dots(11)$$

由极限条件 $r \rightarrow \infty$ 时黎曼空间转化为欧氏空间后有：

$g_{00} = -A(\infty) = -1, g_{11} = B(\infty) = 1$ ，代入（11）式得到积分常数 $N=1$ ，故得到：

$$A(r)B(r) = 1, A(r) = \frac{1}{B(r)} \quad \dots(12)$$

下面来求 R_{22}, R_{33} 。如文所述，这两个量是用垂直于 x^1 与球面相切的矢量来描述，因而它应是对应于 r 即 x^1 的有关量才符合修正了的四维时空，故得：

$$R_{22} = \Gamma_{21,2}^1 - \Gamma_{22,1}^1 + \Gamma_{12}^1 \Gamma_{21}^1 - \Gamma_{11}^1 \Gamma_{22}^1 \quad \dots(13)$$

其中 Γ_{11}^1 是由 $\mu=1, \nu=1$ 求得，与 R_{22} 中 $\mu=2, \nu=2$ 矛盾，因此非零量只有第二项，故得：

$$R_{22} = -\frac{\partial \Gamma_{22}^1}{\partial r} = -\frac{d}{dr} \left(-\frac{r}{B} \right) = \frac{1}{B} - \frac{r}{B^2} \frac{dB}{dr} \quad \dots(14)$$

（现有理论中含有 -1 项，它是由： $\Gamma_{23,2}^3 - \Gamma_{22,3}^3 + \Gamma_{23}^3 \Gamma_{32}^3 - \Gamma_{33}^3 \Gamma_{22}^3$ 求得， $\Gamma_{23}^3 \Gamma_{32}^3 = \cot\theta$ 。 $\Gamma_{23,2}^3 = \frac{\partial \Gamma_{23}^3}{\partial \theta} = \frac{d}{d\theta}(\cot\theta) = -\csc^2\theta = -1 - \cot^2\theta$ ；两项合并得 -1 ，其中 Γ_{23}^3 是由 $\mu=2, \nu=3, \lambda=3, \sigma=3$ 求得，代入求 R_{22} 时是 $\mu=2, \nu=2$ ，两者指标不对应统一。在修正了的四维时空中，时间坐标和空间坐标不同权，故不能对指标循环求和），按此求 R_{33} ，将（4）式代入：

$$R_{33} = \Gamma_{31,3}^1 - \Gamma_{33,1}^1 + \Gamma_{13}^1 \Gamma_{31}^1 - \Gamma_{11}^1 \Gamma_{33}^1 \quad \dots(15)$$

其中只有第二项符合 $R_{\mu\nu}$ 和 $\Gamma_{\mu\nu}^\lambda$ 中四个指标是对应统一的，(即 R_{33} 是与 r 即 x^1 有关) 故得：

$$R_{33} = -\frac{\partial \Gamma_{33}^1}{\partial r} = -\frac{d}{dr} \left(-\frac{r \sin^2 \theta}{B} \right) = \left(\frac{1}{B} - \frac{r}{B^2} \frac{dB}{dr} \right) \sin^2 \theta = R_{22} \sin^2 \theta \cdots (16)$$

(16) 式表明球的对称性：球面的弯曲程度和矢量在球面的对称性质不会因为平移而改变，也不会因为球处于静止或作球对称运动而改变。它只与 r 有关。对 (12) 式取 $\frac{1}{B} = A$ 代入 (14) 式得：

$$R_{22} = A + r \frac{dA}{dr} = \frac{d}{dr}(rA) \quad \cdots (17)$$

有引力场存在的黎曼空间 $R_{22} \neq 0$ (现有理论在 (17) 式中多了一项 -1 为 $R_{22} = -1 + \frac{d}{dr}(rA)$ ，而设 $R_{22} = 0$ 求得 $A = 1 + \frac{H}{r}$ ，这里用了 $R_{22} = 0$ 欧氏空间假设来求出黎曼空间度规)。设 $R_{22} = K$ 代入 (17) 式得：(k 为任意常数，应由实验确定)

$$\frac{d}{dr}(rA) = K, \therefore A = K + \frac{H}{r} \quad \cdots (18)$$

H 为积分常数，由边界条件确定。在球对称引力场中，引力势函数 φ 与 r^{-1} 成比例，离球心很远处，温差引力场的辐射波面与外层空间的温差很小，为弱场，所以 A 必趋于 $\left(1 + \frac{2\varphi}{c^2}\right)$ 得：

$$A = 1 + \frac{H}{r} = 1 + \frac{2\varphi}{c^2} = 1 - \frac{2GM}{c^2 r} \quad \cdots (19)$$

$$H = -\frac{2GM}{c^2}, K = 1, B = A^{-1} = \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)^{-1} \approx 1 + \frac{2GM}{c^2 r} \text{ 代入 (1)}$$

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 + \left(1 + \frac{2GM}{c^2 r}\right) dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2) \quad \cdots (20)$$

这结果就是史瓦西严格解。(20) 式取 $K=1$ ，而与现有的理论没有任何区别。作者认识到，在求解场方程时，如果在数学运算形式上约束 $R_{\mu\nu}$ 和 $\Gamma_{\mu\nu}^\lambda$ 中四个指标 ($R_{\mu\nu}$ 是由 $R_{\mu,\sigma\nu}$ 通过指标缩并得到，而 $\Gamma_{\mu\nu}^\lambda = \frac{1}{2} g^{\lambda\sigma} (g_{\sigma\nu,\mu} + g_{\mu\sigma,\nu} - g_{\mu\nu,\sigma})$ 故这两个量都隐含有四个指标) 对应统一时，变得更简单，且同样得出了正确的解。这个约束使时间独立了，与间隔平方式中时间是单独项完全对应了。这个约束使作者去考虑修正广义相对论的“四维时空”，时间是单

向独立的，且不可逆的。空间是三维的。我相信：大道从简，万有引力是物质间交换各种粒子 (统称“热辐射”) 产生的。最后用牛顿的一句名言“自然界喜欢简单化”作为本文的结束语。

五、附录：《论运动物质的电磁辐射力学》的名词和说明

热辐射：最早提出热辐射概念是瑞典化学家舍勒 (c.w.scheele .1742---1786)，他在 1777 年指出：“热辐射可以穿透空气，可被金属反射。所谓热辐射就是辐射的质和量完全由温度决定的辐射。”(物理学大词典，p134)。又：“固体、液体和气体由于它们具有一定的温度而辐射的能量叫做热辐射，这种辐射具有电磁波的形式。它覆盖整个电磁波谱。从波谱的无线电波段到红外区、可见光、紫外线、x 射线、 γ 射线各个波段。”(物理百科全书 p965：热辐射 (heat radiation) 美 s.p 帕克主编)。又：heat radiation (radiant heat)：Energy in the form of electromagnetic waves emitted by a solid liquid or gas a result of its temperature .It can be transmitted through space .if there is a material medium this not warmed by the radiation except to the extent that it is absorbed Although it covers the whole electromagnetic spectrum .the highest proport of this radiation lies in the infrared portion of the spectrum at normal temperature .(牛津物理学词典 p179, 上海外语出版社，2001 年第一版，责任编辑：孙玉)。

《论运动物质的电磁辐射力学》所指的热辐射 (简称辐射) 就是指：以光速 c 运动，能覆盖整个电磁波谱，宇宙中的任何物质都能吸收和发射的以电磁波形式传播的能量。(文章称为：能量态物质，有学者提出：能量态物质和质量态物质如何区分？按 $v = c$ 和 $v < c$ 来区分。)。这个对热辐射的理解和应用于文章的各种解释，与已知的文献中，如上所列的三个关于热辐射的定义是一致的。因此，热辐射、热辐射波、热辐射粒子事实上都是这里所说的热辐射。文中单纯讲热辐射容易让人误解为热胀冷缩中的热。从上面三条关于热辐射的定义可知：热辐射包括热、光、各种射线、各种粒子。

参考文献

- [1] 周世勋，量子力学，上海科学技术出版社 P_2 (61 年版)。
- [2] 史蒂芬·霍金，时间简史，湖南科学技术出版社 P_{69} (十年增订版)。
- [3] 史蒂芬·霍金，时间简史，湖南科学技术出版社 P_{68} (十年增订版)。
- [4] B·A 福克，空间*时间和引力的理论，科学出版社， P_{438} 。
- [5] 张国栋，张元东，宇宙寻踪，中国少年儿童出版社， P_{163} 。
- [6] 恩格斯，自然辩证法，人民出版社 56 年版 P_{20} ，71 年版 P_{23} 。
- [7] B·A 福克，空间*时间和引力的理论，科学出版社 P_{284} 。
- [8] B·A 福克，空间*时间和引力的理论，科学出版社 P_{271} 。
- [9] 周世勋，量子力学，上海科学出版社 P_{129} (61 年版)。
- [10] B.A 福克，空间、时间和引力的理论，科学出版社， P_{272} (58.02 式)。