

四大基本力的统一理论与应用

袁 军

西安现代控制技术研究所以，西安，中国

Email: ken9527@163.com

收稿日期：2021年8月18日；发布日期：2021年8月20日

摘 要

本文基于电磁近场理论，以银河系为绝对参考系，开展对四大基本作用力进行统一的尝试。首先给出了带电自旋动体的电磁近场动力学模型，基于该模型，对地表物体所受的重力进行了计算，得到了与万有引力理论相同的结论，给出了关于万有引力的基于近场电磁学的物理解释；为进行不同空间尺度上的统一又对宏观与微观物体运行规律的手征对称性进行了讨论，得出了银河系、系内星系、星体及微观系统之间的运行规律是反手征对称及手征对称的，具有拓扑一致性。进而基于相同物理模型对强核力和弱核力值进行了计算分析，得到了与实验结果相吻合的结论，同时给出了强核力的简明估算公式。本文给出的各种结果验证了四大基本作用力本质都是电磁力、自然界宏观与微观系统的运行要达到不同空间尺度上电磁力之间的平衡且受银河系整体运行规律制约的设想。最后对本文理论的潜在应用进行了探讨。

关键词

电磁近场，强核力，弱核力，电磁力，万有引力

Unification Theory of the Four Fundamental Forces and Its Application

Jun Yuan

Xi'an Institute of Modern Control Technology, Xi'an, China

Email: ken9527@163.com

Received: Aug. 18th, 2021, published: Aug. 20th, 2021

Abstract

By selecting milky way galaxy as the absolute reference frame, A unification theory of the four fundamental forces via electromagnetic near field theory is presented. The all-purpose electromagnetic near field dynamics model of a moving charged object with spinning is introduced first and the magnetic forces of objects on the earth are calculated via this dynamics mod. Through

the results we found that the magnetic force is equal to the gravity and the gravity can be endowed a new physical explain. To obtain a accordant coherence for different spatial scales the movement law of milky way galaxies discussed and it is can be found all the celestial bodies and a great number of nucleus are all spinning anticlockwise inverse to milky way galaxy. Strong nuclear force and weak nuclear force are also calculated via the same near field dynamics model and the obtained magnetic force values of the fundamental particles in different nucleus are closed to the experimental results. Simultaneously a concise formulation for estimating the value of strong nuclear force is presented. All the contents discussed in this paper can prove the four fundamental forces are all electromagnetic force and all the macroscopically systems and microcosmic systems in milky way galaxy are driven by the background electromagnetic field and ruled by a same movement law. Finally the latent applications of the unification theory are discussed and we hope it can be useful.

Keywords

Electromagnetic Near Field, Strong Nuclear Force, Weak Nuclear Force, Electromagnetic Force, Gravitation

1. 引言

追求建立相互作用的统一理论是出于对物质世界的统一和谐的坚定哲学信念和要竭力探求事物内在本性的顽强欲望，不仅如此，如果物体之间的所有相互作用都可以通过力学概念进行表达，那么一切都将变得简单，认清各种相互作用的本质对于指导人类各种实践活动也是有极其重要的意义的。爱因斯坦把他的后半生的精力奉献给了这一事业，还有和爱因斯坦一道的大批科学家基于经典场论研究电磁力与引力的统一(即统一场论)，然而截止 20 世纪 30 年代，所有统一电磁力和引力的尝试都没有获得成功。20 世纪 50 年代，统一场论的研究目标扩大，将微观粒子之间的强、弱相互作用纳入研究范围，但也未能获得成功。1954 年杨振宁和 R.米尔斯开辟了用规范原理来统一各种相互作用的新途径(即规范场论)，经过 20 年的努力，电磁作用与弱相互作用的统一理论取得了很大成功，然而规范场论的一大弊端是无法解释质量问题。量子色动力学关于强相互作用的解释取得了成功，从 20 世纪 70 年代中期起开始尝试把强作用乃至引力作用通过规范原理和电弱作用相统一，因此出现了大统一理论，然而迄今为止还没有令人满意的量子化的引力理论。因此截至目前四大基本作用力尚未得到统一，相应的理论之间也没有形成自然而然的自洽，这是令人遗憾的。

本文没有沿袭以上的思想对四大基本作用力进行统一，而是基于经典电磁场理论，更为准确的说是基于经典电磁理论中的近场理论部分，以尽量简单的数学与物理学语言，对四种基本作用力的本质及其一致性进行阐述，文中所述理论的验证目前都来自于常识性的客观存、广为人知的科学定论以及科学实验，现实中部分常识性的客观存在及科学定论依据本文的理论均可以得到很好的解释，然而作者目前的工作仍然是极其有限的，本文理论普适性仍有待更加广泛的讨论和验证。

2. 通用力学物理模型

将要研究的对象置于相同的参考系下进行研究，本文以银河系为绝对参考系，因为截至目前尚没有对银河系外星系运动特征的实验观测结果。对现实中我们要研究的对象，大到银河系内的天体小到原子核，均可以建立如图 1 所示的具备相对运动特点的通用物理模型，本文中认定研究对象都是带电的，包括我们已知的导体、半导体、绝缘体及某些微观粒子，这些研究对象只有带电量大小的不同。2018 年美

国密歇根大学天文学家通过对银河系 6 亿光年内超过 15,000 个星系的观测结果同时结合 1991 年对 8500 多个星系的观察结果进行研究后发现，在宇宙中俯视整个银河系平面时可以发现整个银河系绕银心顺时针旋转，我们以银河系为背景开始我们的讨论。

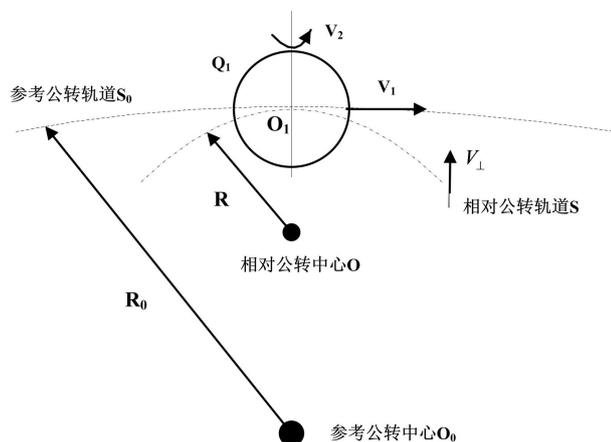


Figure 1. Schematic diagram of charged spinning moving object
图 1. 带电自旋运动物体示意图

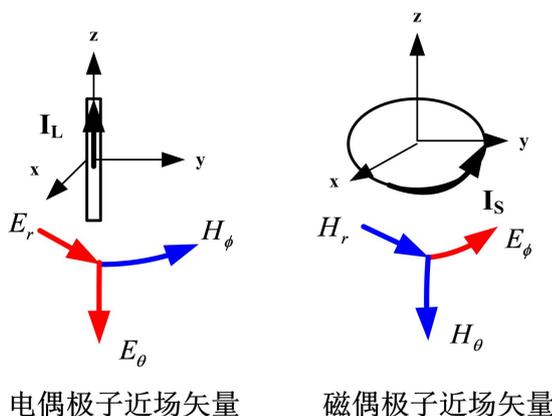


Figure 2. Near field of electric and magnetic dipoles
图 2. 电、磁偶极子的近场

针对银河系中任意尺度上的线性运动及旋转运动的带电体，分别建立线电流及环形电流模型，依据电磁学中的天线理论，振荡的线电流及环电流可等效于电偶极子及磁偶极子，将产生电磁场。在图 2 所示的坐标系中，令 $\eta = \sqrt{\mu_r \mu_0 / \epsilon_r \epsilon_0}$ ，为介质中的波阻抗， μ_r 、 ϵ_r 为介质相对磁导率和介电常数， μ_0 、 ϵ_0 为真空磁导率和介电常数，线性电流源 I_L 与环形电流源 I_S 在空间场点 (r, θ, ϕ) 处产生的电磁场近场如(1)~(4)式[1]

$$\vec{E}_L = \frac{I_L \eta}{4\pi r^2} \left[\frac{1}{jkr} + 1 \right] (2 \cos \theta \vec{e}_r + \sin \theta \vec{e}_\theta) \tag{1}$$

$$\vec{H}_L = \frac{I_L \sin \theta}{4\pi r^2} \vec{e}_\phi \tag{2}$$

$$\vec{E}_L = \frac{I_L \eta}{4\pi r^2} \left[\frac{1}{jkr} + 1 \right] (2 \cos \theta \vec{e}_r + \sin \theta \vec{e}_\theta) \tag{3}$$

$$\vec{H}_S = \frac{2M \cos \theta}{4\pi r^3} \vec{e}_r + \frac{M \sin \theta}{4\pi r^3} \vec{e}_\theta \tag{4}$$

上式中, $M = \pi a^2 I$, 为磁偶极距, $k = 2\pi/\lambda$ 为电磁波的波数, λ 为电磁波波长。

将 I_L 用 $Q_1 V_1$ 代替, 带电体公转产生的电磁近场表达式变为:

$$\vec{E}_L = \frac{Q_1 V_1 \eta}{4\pi r^2} \left[\frac{1}{jkr} + 1 \right] (2 \cos \theta \vec{e}_r + \sin \theta \vec{e}_\theta) \tag{5}$$

$$\vec{H}_L = \frac{Q_1 V_1 \sin \theta}{4\pi r^2} \vec{e}_\phi \tag{6}$$

将 $M = \pi a^2 I$ 用 $Q_2 V_2$ 代替, 且不考虑方向性, 则带电体自转产生的电磁近场表达式变为:

$$\vec{E}_S = -j \frac{k Q_2 V_2 \sin \theta}{4\pi r^2} \vec{e}_\phi \tag{7}$$

$$\vec{H}_S = \frac{2 Q_2 V_2 \cos \theta}{4\pi r^3} \vec{e}_r + \frac{Q_2 V_2 \sin \theta}{4\pi r^3} \vec{e}_\theta \tag{8}$$

相对磁导率 μ_r 的计算, 设 Q_{m1} 、 Q_1 为物体携带的总磁荷与总电荷, 设磁性为带电粒子(如电子)自旋引起的, 则总磁荷与总电荷之比实际上可视为粒子磁荷 q_m 与电荷 q 之比, V_\perp 为物体横向运动速度, 该速度与 V_1 方向垂直。

$$\mu_r = \frac{Q_{m1}}{\mu_0 Q_1 V_\perp} = \frac{q_m}{\mu_0 q V_\perp} \tag{9}$$

(5)~(8)式具有通用性, 任意尺度的线性运动及旋转运动带电体产生的电磁场, 都可以通过这四个公式求解。

3. 地表重力计算与分析

依据上面的理论, 首先证明万有引力也是电磁力。以银河系中心为参考公转中心, 计算地球表面物体所受的重力。采用俯视图, 地球绕银心公转为顺时针方向(形成线电流 I_L), 自转方为逆时针(形成环电流 I_S)。将图 2 中电偶极子坐标逆时针旋转 90° , 磁偶极子坐标逆时针旋转 180° , 可得地球公转及自转形成的近场叠加场如下图所示。

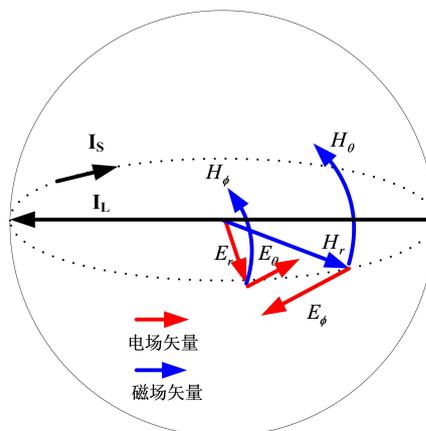


Figure 3. Near field superposition field formed by revolution and rotation of charged body
图 3. 带电体公转及自转形成的近场叠加场

我们首先计算人在地表所受重力。根据公开资料，地球带电量 $Q_1 = 5.0 \times 10^5 \text{ C}$ ，人体带电量 $Q_2 = 4.8 \times 10^{-8} \text{ C}$ ，地球绕银河系中心公转速度 $V_1 = 2.5 \times 10^5 \text{ m/s}$ ，地球自转线速 $V_2 = 4.65 \times 10^2 \text{ m/s}$ ，地球 - 人相对静止态时系统内介电常数 $\epsilon_r = 40$ ，取频率 7.8 Hz ，可得波数 $k = 8.2 \times 10^{-6}$ 。

银河系轨道视为圆形，其向心速度主要由太阳轨道产生，以太阳为相对公转中心，地球近日点和远日点距离分别为 1.47 亿千米和 1.52 亿千米，运行时间为 180 天，由此可得 $V_{\perp} = 3 \times 10^3 \text{ m/s}$ ，电子磁荷 $q_m = 1.6 \times 10^{-18} \text{ A} \cdot \text{m}$ ，电子电荷 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，由 $\mu_r = q_m / \mu_0 q V_{\perp}$ 可求得相对磁导率 $\mu_r = 2500$ 。设人体电荷全部集中在人体中部，人的身高 1.8 m ，可取 $r = 0.9 \text{ m}$ ，由公式(5)~(8)计算可得人体所受电磁合力为 686 N ，如果将此力等效为重力计算人体质量的话可得人的质量为 70 kg ，与根据万有引力定律计算所得的结果十分接近，符合正常人的体重范围。

通过该算例发现，对地表物体约束起主要作用的是地球绕绝对参考公转中心 - 银河系中心公转引起的磁场 $\vec{H}_L = Q_1 V_1 \sin \theta / 4\pi r^2$ ，该磁场为 \vec{e}_{ϕ} 向分量，由磁通密度 $\vec{B}_L = \mu_r \mu_0 \vec{H}_L$ 及磁场中运动带电体所受磁力 $\vec{F}_m = \vec{B}_L V_2 Q_2$ ，经进一步整理可得地表物体所受磁力的简明计算公式为：

$$\vec{F}_m = \frac{Q_{m1} V_1 Q_2 V_2 \sin \theta}{4\pi r^2 V_{\perp}} \quad (10)$$

对上式做进一步深入推导，可以得出更加可喜的结论，对于任意宏观物体 1 (引力施加者)与物体 2 (引力受体)，令(10)式中的 $Q_{m1} = Z_1 q_{m1}$ ， $Q_2 = Z_2 q_2$ ， Z_1 、 Z_2 分别为物体 1 与物体 2 所带的净磁荷粒子(磁性也可视为由旋转运动的带电荷粒子产生)与电荷粒子的数量， q_{m1} 、 q_2 为一个基本磁荷与电荷单位，令 C 为光速， r_0 为质子半径，国际最新测量结果为 $r_0 = 0.8 \times 10^{-15} \text{ m}$ [5]， m_1 与 m_2 分别为物体 1 与物体 2 的质量， G 为万有引力常数，则上式可进一步整理成与万有引力公式对等的形式，即：

$$\vec{F}_m = \frac{q_{m1} q_2 C \sin \theta}{4\pi r_0^2} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \left(\frac{Z_1 V_1 r_0}{C} \cdot \frac{Z_2 V_2 r_0}{V_{\perp}} \right) = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (11)$$

$$\begin{cases} G = \frac{q_{m1} q_2 C \sin \theta}{4\pi r_0^2} = 9.8, (\sin \theta = 1.0) \\ m_1 = Z_1 \frac{V_1}{C} r_0 = 6.98 \times 10^{-19} Z_1 \\ m_2 = Z_2 \frac{V_2}{V_{\perp}} r_0 = 1.30 \times 10^{-16} Z_2 \end{cases}$$

上式中万有引力常数 G 的表达式实际为氦原子核(最简单的含有一个质子与一个中子的原子核)中质子与中子所受的强核力大小，该强核力值可视为强核力的一个基本单位，即一个强核力基本单位具体值为 9.8 N ，这一点将在后面章节详细描述，可以发现微观强核力基本单位值与宏观万有引力常数在数值上相等。引力施加者物体 1 的质量 m_1 的表达式中， $V_1 r_0 / C$ 是在绝对参考系(如银河系)中的旋转角速度映射于原子核尺度的线速度，引力受体，即物体 2 质量 m_2 表达式中的 $V_2 r_0 / V_{\perp}$ 可视为在其局域公转系(如太阳系)中的旋转角速度映射于原子核尺度的线速度，因而物体质量可表示为其总的净电荷数量与电荷在原子核尺度上旋转线速度的乘积，即质量的本质是物质所含净电量在银河系背景电磁场控制下在极限空间内进行的运动所呈现的宏观物理效应。再进一步引申，众所周知物质由原子组成，而原子的质量集中于原子核，原子核的净电荷数量为质子数量，即元素的原子序数，此时 Z_1 、 Z_2 就代表了构成物质的元素的原子序数。透过(11)式，质量同样可以理解为由物质中包含的所有质子在原子核内高速运动而产生的电磁学效应的宏观表现，即质量起源于原子核，这与以往认知具有一致性。

为说明本文模型与方法的普适性，依据公式(5)~(8)计算了地表不同物质所受的磁力如表 1 所示，计算所得单位体积物质所受磁力的数值与牛顿力学重力计算结果吻合良好，计算过程中除物质净带电量外，物质外部介电常数、地物之间磁导率、频率、地球带电量与各种速度等参数取值与计算人体重力时相同，物质净带电量是决定计算结果合理性的关键参数，表 1 中的静电量密度数据来源于作者的实测，根据公开资料显示常见物质静带电量在零点几至几微库仑($10^{-7}\text{C}\sim 10^{-6}\text{C}$)之间[2] [3]，经对比发现本文测试结果处于合理区间，重力计算中物质密度数据全部来源于网络公开数据，重力常数取 9.8。表 1 中选取的典型物质覆盖了导体、半导体与绝缘体，可以发现，密度越大的物质，受重力越大，同时密度大的物质净带电量越高，受磁力也越大，且磁力值与重力值吻合良好。

Table 1. System resulting data of standard experiment

表 1. 标准试验系统结果数据

	物质名称	密度(Kg/m ³)	单位体积重力(N/m ³)	静电量密度(C/m ³)	本文磁力模型计算结果(N/m ³)
导体	单质银	10.53×10^3	10.32×10^4	2.5×10^{-6}	10.31×10^4
	单质铜	8.93×10^3	8.75×10^4	2.2×10^{-6}	8.91×10^4
半导体	单质锗	5.32×10^3	5.21×10^4	1.3×10^{-6}	5.36×10^4
	单质硅	2.34×10^3	2.29×10^4	5.4×10^{-7}	2.23×10^4
绝缘体	天然橡胶	0.93×10^3	9.11×10^3	2.2×10^{-7}	9.07×10^3
	空气	1.21	11.76	2.9×10^{-10}	11.95

综上所述，以银河系为参考系时，地球上的重力可表示为地球所带静电荷与物体所带静电荷之间的一种高动态下的电磁相互作用，更确切的说是地球绕银心运动产生的磁场对物质所有原子核中的质子产生的磁力作用，即重力本质仍是电磁力，这一结论可进一步推广到银河系内的所有天体。

4. 宏观与微观物理一致性分析

4.1. 关于宏观与微观能量交换规律的讨论

为方便进行宏观与微观的统一，首先首先需要讨论一下宏观与微观能量交换规律的问题，依据电动力学理论我们还可以得出以下结论，银河系内任何带电物体或系统性结构，均可与银河系整体运动提供的宇宙背景电磁场进行电磁能量交换，不考虑质量因素，则回旋半径越小的带电体，吸收与转换宇宙背景电磁能量的能力越强，回旋带电体通常会将吸收的较低频率(尤其静态场)的宇宙背景电磁能量转换为更高频率的局部电磁能量。以地表的原子为例，设原子内的原子核与核外电子团都在静止状态下受到大小相同的背景电磁场作用力并开始原子内做回旋运动，那么由于原子核绕其旋转中心的回旋半径远远小于电子绕核回旋半径，也即原子核回旋频率 f 远大于核外电子的，根据普朗克定律 $E = hf$ ，原子核在相同条件下获取的宇宙背景电磁能量将远大于核外电子，两者至少相差 10^5 量级(由原子核与原子半径决定)，且原子核吸收的能量会转换为高频振荡并快速作用于核外电子，这也是原子核拥有源源不断强大能量的原因。以上结论对于微观能量的发现、获取与应用至关重要。

4.2. 关于宏观与微观能量运行规律的讨论

还有必要再讨论一下宏观与微观系统运行规律之间的关系。整个银河系绕银心顺时针旋转，假设银河系总体呈现负电性，以电流环模型则银河系将形成如图 2 右图的场，可以发现电场为 Φ 向，假设星体

也带负电，则该电场将使星系中的星体沿顺时针方向绕银心旋转，“ r 向和 θ 向磁场的作用则是对星体产生相对银心方向的磁约束力”，星体若要悬浮于太空并运行稳定，其所受合力必须是趋近于零的，则其绕小公转中心公转及自转产生的电磁场必须能够消弱甚至抵消绕银心公转产生的电磁场，即也遵循类似量子力学中的“能量最低/不相容”原理，因此局域公转及自转方向必须与绕银心大范围公转方向相反，而事实上地球绕太阳公转及自转也都是逆时针的，太阳系行星也基本都遵循此运行规律。

接下来再讨论微观的原子内部情况，首先观察地球表面原子的核中的一个质子，质子带正电，在地球约束下随地球在银河系中顺时针公转，同样为抵消绕银心公转产生的电磁场，质子绕原子核中心需要逆时针公转(原子核自旋大多为正值，自旋为正值可视为逆时针)，同时自旋也是逆时针，质子具有 $1/2$ 自旋恰好证明这一论点；观察原子内电子同样也是绕银河系顺时针公转，为抵消电子绕银心公转产生的电磁场电子绕原子核公转及自转也必须均为逆时针，同样电子具有 $1/2$ 的自旋也是很好的证明；中子可视为质子与电子的组合，同样可以得出中子逆时针自旋，中子自旋也是 $1/2$ ；夸克也是如此，自旋也是 $1/2$ ，可视为逆时针自旋。继续推演，可发现以上规律适用于所有自旋为正数的微观粒子。

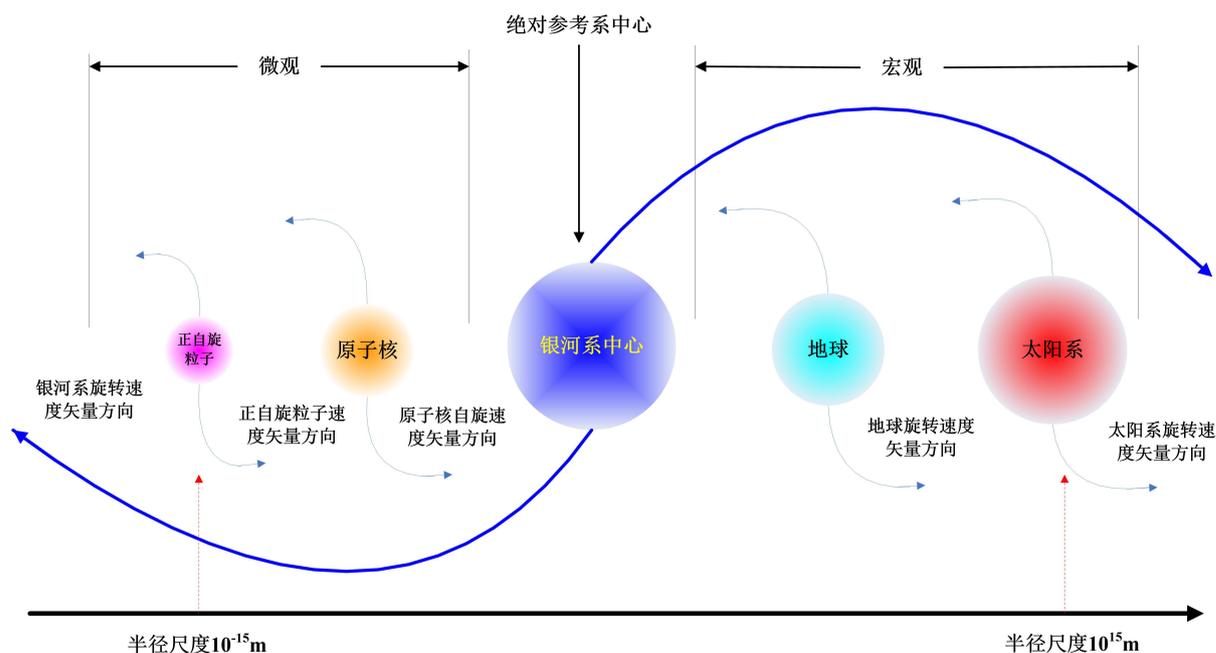


Figure 4. Motion law of macro structure and microstructure in the Milky way
 图 4. 银河系内宏观结构与微观结构运动规律

以上分析说明银河系运行规律制约地表宏观及微观物质世界的运动，宏观及微观运行规律可以用同一个电磁学模型描述，银河系整体顺时针旋转，可以作为一个绝对参考系，银心为旋转参考点，局域的星系及星体、微观系统则围绕临近公转中心逆时针旋转，同时自旋也是逆时针，这是具有稳定的统计意义的结论，其它现象可视为暂态微扰。需要特别指出的是地球本身及其表面物体符合“逆时针准则”，与银河系整体运动呈现镜像关系，即绝对与相对参考系之间的相对运动是反手征对称的，银河系内星系、星体及其约束下的更微观系统之间，即相对参考系之间的运行则具有同手征性；同时银河系内运行规律符合“电荷量与空间尺度上的平移与缩放”原则，该结论适用于 $10^{-15} \text{ m} \sim 10^{15} \text{ m}$ 的空间跨度，即从基本粒子到太阳系均适用。用 \vec{V}_0 、 \vec{V}_i 与 \vec{V}_j 分别表示银河系及其内部任意子系统 i 、 j 的速度矢量， \vec{a}_i 、 \vec{a}_j

分别为子系统运动轨迹在银河系中的对称中心， a_i 、 β_i 、 χ_i 分别为子系统 i 的电荷、距离与速度幅度值相对银河系的变换比例系数，下标 j 的参量为银河系内子系统 j 的对应参数。则反手征性与手征性关系可分别表示为(12)式，第一个公式代表银河系运动规律与其各子系统运动规律之间的反手征关系，第二个公式表示银河系内各子系统运动规律之间的同手征关系。

$$\begin{cases} \bar{V}_0(Q, \bar{r}) = \frac{-\bar{V}_i(Q'_i, 2\bar{a}_i - \bar{r}'_i)}{\chi_i} \\ \bar{V}_i(Q'_i, 2\bar{a}_i - \bar{r}'_i) = \frac{\bar{V}_j(Q'_j, 2\bar{a}_j - \bar{r}'_j)}{\chi_j} \end{cases}, \quad i, j \in (1, \infty) \quad (12)$$

$$\begin{cases} Q'_i = Q/a_i \\ Q'_j = Q'_i/a_j \\ r'_i = r/\beta_i \\ r'_j = r'_i/\beta_j \\ \bar{a}_i = [x_{ai}, y_{ai}, z_{ai}] \\ \bar{a}_j = [x_{aj}, y_{aj}, z_{aj}] \end{cases}$$

5. 核力计算与分析

5.1. 强核力

对于核力的研究，本文将区别于传统范式[4]，在表述上尽量简明，而且已有研究大多处于高能区，这就容易导致对核力值做出过高估计，与已有的某些实验结果不符。本文采用更加浅显直观的方式进行描述，对核力采用经典力学语言进行定量描述，以使读者有更直观的认识。

仍然采用第三节地表物体受力模型与公式(10)计算强核力大小，即设原子核内部运行规律及相互作用符合第四节所述。首先以最简单的 1 号元素氢的同位素氕的原子核作为分析对象(氢核只有一个质子不适合做为分析相互作用的研究对象，而氘核中含有质子与中子各一个)，以中子为观察对象时，由于中子不带电，因此只考虑极化中子在质子沿银河系中心回旋产生的磁场中的受力，文献[6]中给出中子自旋磁矩 $-1.9 \mu\text{N}$ ，质子与中子间的磁库仑力(即根据磁库仑定律进行计算的力)与回旋产生的磁力相比可以忽略不计，设质子产生的磁场为 $\bar{H}_1 = Q_1 V_1 \sin \theta / 4\pi r^2$ ，被观察中子磁荷为 Q_{m2} ，则中子所受磁力表达式为：

$$\bar{F}_m = \bar{H}_1 Q_{m2} = \frac{Q_1 Q_{m2} V_1 \sin \theta}{4\pi r^2} \quad (13)$$

Q_1 为质子电荷量，中子磁荷 Q_{m2} 与电子相同， V_1 在原数值上还要叠加上光速 C (将原子内部粒子运动速度近似视为光速)， V_1 原数值相对光速为小量可忽略，可以用 C 代替，暂不考虑方向性，则由(13)式计算所得磁力峰值为：

$$\bar{F}_m = \bar{H}_1 Q_{m2} = \frac{Q_1 Q_{m2} C}{4\pi r^2} = 9.8(\text{N})$$

再用(10)式计算中子对质子的作用力， V_1 、 V_2 与 V_\perp 同样可用光速代替，带入(10)式，可得：

$$\bar{F}_m = \frac{Q_{m1} Q_2 C \sin \theta}{4\pi r^2} \quad (14)$$

可以发现(14)式与(13)式有着对偶形式，由(14)式可得质子受到的来自原子核的磁力峰值同样为：

$$\bar{F}_m = \frac{Q_m Q_2 V_1}{4\pi r^2} = 9.8(\text{N})$$

通过对氦核的分析可以发现，无论采用质子还是中子是研究对象，得出的核力峰值均为 9.8N，需要说明的是，应用这种方法分析更为复杂的原子核时，将不会得出质子与中子所受核力相同的结果，因为以质子为分析对象时，需要考虑库仑力的干扰，计算的核力值相对偏小，但通过氦核计算的核力值，无论是以质子还是以中子为分析对象，不存在任何干扰问题，得出的核力值大小完全相同，由此得出的 9.8N 可视为强核力的一个基本单位。

为验证普适性，下面再以更复杂的 2 号元素氦(4He)的原子核为分析对象，国际上对氦核半径及结构等基本参数有最新精确测量结果[5]，首先计算原子核大小尺度上氦核中由两个质子与一个中子组成的团簇(类似 3He 核，电荷数 2，实测自旋磁矩 $-1.9 \mu\text{N}$ ，与一个中子磁矩相同)对另外一个中子的作用力，此时电荷 Q_1 为两个质子电荷量，同样暂不考虑方向性，则由(13)式计算所得磁力峰值为 19.6 N。再计算由一个质子与两个中子组成的团簇(类似氦核，电荷数 1，实测自旋磁矩 $2.9 \mu\text{N}$)对另外一个质子的作用力，氦核磁矩为中子的 1.5 倍，可认为氦核具有 1.5 倍的中子磁荷，用(14)式可得质子所受磁力峰值 14.7 N。通过以上分析发现，氦核的质子比中子所受核力少 4.5 N，为中子所受核力值的 77%，这一差别在于质子之间存在库仑斥力作用而以中子为观察对象时则不存在该问题，为避免库仑力的干扰，在复杂原子核分析中均采用中子为分析对象，由此可取氦核核力核力值为 19.6 N。

仍以氦核为分析对象，我们再从力学做功的角度进行分析，设一外力 F_n 与核力相等，那么该力在核直径 $2r$ 的力程上对原子核做功 W_n 将使原子核碎裂，即该外力的作用贯穿原子核，使核结构发生临界变化，则该力的值刚好与核力相等，由此则核力可表示为：

$$F_n = \frac{W_n}{2r} \quad (15)$$

式中 W_n 为氦核核反应阈值(发生核反应所需的最低能量)，这是一种可基于实验数据进行检验的直观方法。这里取中子与氦核的核反应，实际应用中氦计数器中子能谱量程范围大多从 0.2 MeV 开始(计数器开始有效率) [6]，因此取入射氦核的中子最低能量为 0.2 MeV，则(15)式计算的核力值为 20.0 N。由此得出氦核的核力下限范围为 20.0 N，这个范围可视为是依据大量实验结果得出的，可信度极高，而依据本文模型给出的 19.6 N 与该实验值十分接近。再反观对氦核的分析，氦核核力为 9.8 N，应用该方法时对应核反应阈值 98 KeV，根据氦 - 氦低能量核反应截面实测结果， ${}^3\text{He}(n,p)\text{T}$ 反应截面确实在该阈值附近开始显著提高，这两个参数值可作为强核力及反应阈能峰值的基本单位。

在计算中发现一个规律，即多种元素的核力值及其对应的核反应阈能均与其原子序数 Z 成比例关系，再考虑到方向性，即 $\sin \theta$ 取值($0 < \sin \theta \leq 1$)，则某种原子序数的核素中粒子所受核力大小或核反应阈能大小可采用以下一组公式计算

$$\begin{cases} F_{S\min} = 9.8Z \cdot \sin \theta (\text{N}) \\ E_{S\min} = 98Z \cdot \sin \theta (\text{keV}) \end{cases} \quad (16)$$

为方便用实验结果进行验证，接下来用(16)式中的第二式(与第一式等效)对 70 种核素的核反应阈能 $E_{S\min}$ 进行了计算，这 70 种核素均有实测核反应阈能数据[6] [7]，经与实测结果进行对比发现(16)式可以很好的解释强核力规律，即各种元素中单个质子或中子所受核力值峰值(方向性函数取值为 1)为原子序数与强核力基本单位 9.8 N 或 98 keV 的乘积，现实中部分元素强核力值由于作用方向性并未处于峰值(即 $\sin \theta < 1$)，具体值为峰值与正弦方向性函数的乘积，具体结果如表 2 所示。

Table 2. Comparison of nuclear reaction thresholds of various elements with measured values
表 2. 本文方法计算的各种元素核反应阈值与实测值对比

原子序数	核素	本文结果(MeV)	$\sin \theta$ 值	实测结果(MeV)	实测采用的核反应
1	^2H	0.098	1	0.09	$\text{D(d,n)}^3\text{He}$
2	^3He	0.196	1	0.20	$^3\text{He(n,p)}\text{T}$
3	^7Li	0.294	1	0.30	$^7\text{Li(p,}\alpha)^4\text{He}$
4	^9Be	0.392	1	0.42	$^9\text{Be}(\alpha,\text{n})^{12}\text{C}$
5	^{11}B	0.490	<1	0.22	$^{11}\text{B}(\alpha,\text{n})^{14}\text{N}$
6	^{14}C	0.580	1	0.66	$^{14}\text{C(p,n)}^{14}\text{N}$
8	^{17}O	0.78	<1	0.00	$^{17}\text{O}(\alpha,\text{n})^{20}\text{Ne}$
10	^{21}Ne	0.98	<1	0.00	$^{21}\text{Ne}(\alpha,\text{n})^{24}\text{Mg}$
11	^{23}Na	1.08	<1	0.00	$^{23}\text{Na(n,}\gamma)^{24}\text{Na}$
12	^{25}Mg	1.18	<1	0.00	$^{25}\text{Mg}(\alpha,\text{n})^{28}\text{Si}$
14	^{28}Si	1.37	1	1.77	$^{28}\text{Si(d,d')}^{28}\text{Si}^*$
15	^{31}P	1.47	<1	1.00	$^{31}\text{P(n,p)}^{31}\text{S}$
16	^{33}S	1.57	<1	0.75	$^{33}\text{S}(\alpha,\text{n})^{36}\text{Ar}$
17	^{37}Cl	1.67	1	1.64	$^{37}\text{Cl(p,n)}^{37}\text{Ar}$
19	^{41}K	1.86	<1	1.25	$^{41}\text{K(p,n)}^{41}\text{Ca}$
20	^{46}Ca	1.96	<1	0.25	$^{46}\text{Ca}(\alpha,\text{n})^{49}\text{Ti}$
21	^{45}Sc	2.06	1	2.79	$^{45}\text{Sc(p,n)}^{45}\text{Ti}$
22	^{50}Ti	2.16	1	1.92	$^{50}\text{Ti}(\alpha,\text{n})^{53}\text{Cr}$
23	^{51}V	2.25	1	2.45	$^{51}\text{V}(\alpha,\text{n})^{54}\text{Mn}$
24	^{53}Cr	2.35	<1	1.40	$^{53}\text{Cr(p,n)}^{53}\text{Mn}$
25	^{55}Mn	2.45	<1	1.18	$^{55}\text{Mn(p,n)}^{55}\text{Fe}$
26	^{57}Fe	2.55	<1	1.40	$^{57}\text{Fe}(\alpha,\text{n})^{60}\text{Ni}$
27	^{59}Co	2.65	<1	1.89	$^{59}\text{Co(p,n)}^{59}\text{Ni}$
28	^{60}Ni	2.74	1	2.80	$^{60}\text{Ni(p,n)}^{60}\text{Cu}$
29	^{65}Cu	2.84	1	2.16	$^{65}\text{Cu(p,n)}^{65}\text{Zn}$
30	^{68}Zn	2.94	1	2.65	$^{68}\text{Zn(d,p)}^{69}\text{Zn}$
31	^{71}Ga	3.04	<1	1.03	$^{71}\text{Ga(p,n)}^{71}\text{Ge}$
33	^{75}As	3.23	<1	1.67	$^{75}\text{As(p,n)}^{75}\text{Se}$
34	^{78}Se	3.33	1	3.30	$^{78}\text{Se(n,p)}^{78}\text{As}$
35	^{79}Br	3.43	<1	2.70	$^{79}\text{Br(p,n)}^{79}\text{Kr}$
37	^{87}Rb	3.63	<1	2.00	$^{87}\text{Rb(p,n)}^{87}\text{Sr}$
39	^{89}Y	3.82	1	3.60	$^{89}\text{Y(p,n)}^{89}\text{Zr}$
42	^{98}Mo	4.12	<1	1.10	$^{98}\text{Mo(n,}\alpha)^{95}\text{Zr}$
40	^{90}Zr	3.92	<1	1.40	$^{90}\text{Zr(n,p)}^{90}\text{Y}$

Continued

44	⁹⁹ Ru	4.31	<1	2.40	⁹⁹ Ru(p,n) ⁹⁹ Rh
45	¹⁰³ Rh	4.41	<1	0.05	¹⁰³ Rh(n,p) ¹⁰³ Ra
46	¹⁰⁶ Pd	4.51	<1	2.70	¹⁰⁶ Pd(n,p) ¹⁰⁶ Rh
47	¹⁰⁹ Ag	4.61	1	4.10	¹⁰⁹ Ag(n,p) ¹⁰⁹ Rh
48	¹¹⁴ Cd	4.70	<1	3.00	¹¹⁴ Cd(p,n) ¹¹⁴ In
49	¹¹⁵ In	4.80	<1	0.00	¹¹⁵ In(n,γ)
50	¹²⁰ Sn	4.90	<1	0.00	¹²⁰ Sn(n,α) ¹¹⁷ Cd
51	¹²³ Sb	5.00	<1	0.70	¹²³ Sb(n,p) ¹²³ Sn
52	¹²⁶ Te	5.10	<1	1.00	¹²⁶ Te(n,p) ¹²⁶ Sb
55	¹³³ Cs	5.39	<1	1.00	¹³³ Cs(p,n) ¹³³ Ba
56	¹³⁴ Ba	5.49	<1	1.20	¹³⁴ Ba(n,p) ¹³⁴ Cs
57	¹³⁹ La	5.59	<1	1.47	¹³⁹ La(n,p) ¹³⁹ Ba
58	¹⁴² Ce	5.68	<1	3.50	¹⁴² Ce(p,n) ¹⁴² Pr
59	¹⁴¹ Pr	5.78	<1	0.21	¹⁴¹ Pr(n,p) ¹⁴¹ Pr
62	¹⁵⁰ Sm	6.08	<1	4.00	¹⁵⁰ Sm(n,p) ¹⁵⁰ Pm
64	¹⁵⁷ Gd	6.27	<1	0.00	¹⁵⁷ Gd(n,γ) ¹⁵⁸ Gd
65	¹⁵⁹ Tb	6.37	<1	0.20	¹⁵⁹ Tb(n,p) ¹⁵⁹ Gd
66	¹⁶⁰ Dy	6.47	<1	1.00	¹⁶⁰ Dy(n,p) ¹⁶⁰ Tb
68	¹⁶⁶ Er	6.66	<1	1.00	¹⁶⁶ Er(n,p) ¹⁶⁶ Ho
69	¹⁶⁹ Tm	6.76	<1	0.45	¹⁶⁹ Tm(n,p) ¹⁶⁹ Er
71	¹⁷⁵ Lu	6.96	<1	0.30	¹⁷⁵ Lu(n,p) ¹⁷⁵ Yb
72	¹⁷⁷ Hf	7.06	<1	0.28	¹⁷⁷ Hf(n,p) ¹⁷⁷ Lu
74	¹⁸³ W	7.25	<1	0.20	¹⁸³ W(n,p) ¹⁸³ Ta
75	¹⁸⁵ Re	7.35	<1	1.00	¹⁸⁵ Re(n,p) ¹⁸⁵ W
77	¹⁹¹ Ir	7.55	1	7.80	¹⁹¹ Ir(n,2n) ¹⁹⁰ Ir
78	¹⁹⁴ Pt	7.64	<1	1.40	¹⁹⁴ Pt(n,p) ¹⁹⁴ Ir
79	¹⁹⁷ Au	7.74	<1	0.00	¹⁹⁷ Au(n,γ) ¹⁹⁸ Au
80	¹⁹⁹ Hg	7.84	<1	0.35	¹⁹⁹ Hg(n,n') ¹⁹⁹ Hg ^m
81	²⁰³ Tl	7.94	<1	0.30	²⁰³ Tl(n,p) ²⁰³ Tl
82	²⁰⁸ Pb	8.04	1	8.00	²⁰⁸ Pb(γ,xn)
83	²⁰⁹ Bi	8.13	<1	0.20	²⁰⁹ Bi(n,p) ²⁰⁹ Pn
90	²³² Th	8.82	<1	1.17	²³² Th(n,γ) ²³³ Th
91	²³¹ Pa	8.92	<1	0.40	²³¹ Pa(n,γ) ²³² Pa
92	²³⁵ U	9.02	1	9.20	²³⁵ U(n,γ) ²³⁶ U
93	²³⁷ Np	9.11	<1	0.40	²³⁷ Np(n,γ) ²³⁸ Np
94	²³⁹ Pu	9.21	1	9.40	²³⁹ Pu(n,γ) ²⁴⁰ Pu

实测结果与计算结果的对比分析进一步说明了本文方法的有效性，同时也给出了一个重要启示，即对于任意原子序数的元素，总有一种其对应的核素及一种恰当的核反应可用于测定其强核力值，(16)式对于现实中估算强核力或核反应阈能有指导意义。

5.2. 弱核力

对于弱核力 F_w 的计算，我们以典型的氚核 β 衰变为例进行分析。氚核电荷数量为 1，自旋磁矩为 2.9 μN ，同样可以视为带 1.5 倍磁荷，设氚核内产生了一个电子，与质子运动规律相同(V_{\perp} 方向与质子相同)，电子带负电，所受核力仍可依据(14)式计算，计算结果与质子所受强核力大小相同，不同的是力的性质相反为斥力，定义为 F_{mr} ，因此电子在该斥力作用下获得一个初始动能，呈现的是脱离原子核束缚逸出的趋势，在脱离原子核的过程中，由于电子横向运动方向发生改变(V_{\perp} 反向)，将受到原子核的引力作用，该引力大小仍可以按照(14)式计算，大小与电子所受斥力相同，定义为 F_{ma} ，该引力的作用就是使电子脱离原子核逸出的同时刚好消耗完获得的初始动能，因此电子逸出原子核的整个过程中所受合力可视为接近零，该合力其实就是所谓的弱核力，目前科技界的共识也是弱核力不超过 10^{-38} N 量级，极其微弱，依据电磁力模型的弱核力可重新表示为

$$F_w = \Delta F_m = F_{ma} - F_{mr} \rightarrow 0, \quad F_{ma} \approx F_{mr} \quad (17)$$

至此我们可以发现强核力与弱核力同样可以通过本文给出的电磁力学模型进行解释与定量计算，由此得出的结论与已经得出的实验结果及共识相一致，说明电磁力、强核力与弱核力可以统一到相同的理论框架下。

6. 应用展望与结束语

综上所述，通过应用本文理论及方法，电磁力、强核力、弱核力与万有引力获得了统一，即四种基本力本质都是电磁力。需要特别指出的是，本文的工作除了改变已有认知以外，同样有着实用价值，下面我们对本文理论的应用价值在持久能源、能量应用与运载这三个至关重要的领域进行有限范围的讨论。

1) 可以引发能源革命

基于 4.1 节的讨论，可以发展新的原子能能源，例如采用特殊设计的外加脉冲电场电离空气介质，使外加电场对电离出的电子进行减速直至其彻底失去动能，那么这一过程电子的能量将会交给外加电场，可对该外加电场能量进行放大，这种现象已经被实验发现[8]，脉冲电场消失后，由于原子核获取宇宙背景电磁能量的能力远大于电子，电子彻底失去动能时原子核还具有很高的能量，仍可对电子施加作用，因此失去能量的电子会被原子核再次俘获并被原子核赋予能量重新复合为原子。当下一个脉冲来临及撤去时又会重复以上能量交换过程，通过以上方式可源源不断的从原子中提取宇宙赋予其的能量，从而实现自持性电能源。

2) 可以引发能量运用方式的革命

基于 4.2 节的讨论及核力也是电磁力的结论，可以通过施加特殊的电磁能量直接或间接的使原子核的结构形态发生改变。如采用电磁方法控制轻子的自旋对原子核进行注入可改变原子核的能态从而构建新型核能材料[9]；再如通过特殊电磁方法进行控制的高能粒子对撞可诱发更高能量水平的新型核能释放[10]；还可以通过电磁方法控制重子自旋来改变核裂变及核聚变反应的发生条件从而提升人工核反应能量增益[11]，而 5.1 节给出的核力或阈值估算方法则有助于现实中进行恰当核反应的选择及相应核设施建设规模的控制。通过电磁手段进行的人工核反应最大的优点是可以使用常规材料，在利用核能的同时完全避免放射性重元素带来的持久性核污染风险，使核能的运用方式发生改变，对核能技术的发展带来深远影响。

3) 可以引发飞行与运载技术的革命

基于电磁力与万有引力的统一结果，可以发展新的飞行原理与技术，比如在率先开发出自持能源的基础上，如果将飞行器推进部分做成强流回旋加速器的方式，那么在强大自持能源驱动下使回旋加速器持续产生与地球绕银河系公转产生的磁场反向的人工磁场，对前者进行大幅度消弱或抵消，就可实现飞行器的自由悬浮与移动，进一步发展出完全不依赖于空气动力学的“场”推进技术。2011年诺贝尔物理学奖得主安德烈·海姆(Andre.Geim)的强磁场实验中不但实现了金属的磁悬浮，而且实现了有机生命体-活体青蛙的磁悬浮，充分证明磁悬浮技术不仅适用于导体，同样适用于有机体，为本文的论点提供了实验支撑[12]。

参考文献

- [1] Bhag Sing Guru 著，周克定等译，《Electromagnetic Field Theory Fundamentals》，机械工业出版社，2000.
- [2] 收集静电，能不能取代三峡电站，中科院中国科普博览，2019-05-10.
- [3] 肩负着高达万伏静电的我们为什么没被电晕，中国大百科全书数据库，2021-02-09.
- [4] 宁平治，核力研究新进展及前沿问题，物理学进展，Vol. 28 No. 4,Dec. 2008,pp432-455.
- [5] Julian J. Krauth, KarstenSchuhmann, Marwan Abdou Ahmed ,etal , Measuring the α -particle charge radius with muonic helium-4 ions, 《Nature》, Vol 589, 28 January 2021, pp527-531.
- [6] 汲长松，《中子探测》，中国原子能出版社，2013.
- [7] 孙汉城，杨春祥著，《实验核物理》，哈尔滨工业大学出版社，2013.
- [8] I. Thiele, E. Siminos, and T. Fülöp,Electron Beam Driven Generation of Frequency-Tunable Isolated Relativistic Subcycle Pulses, PHYSICAL REVIEW LETTERS 122, 104803 (2019).
- [9] C.J.Chiera, J.J Carroll, M.P.Carpenter, etal, Isomer depletion as experimental evidence of nuclear excitation by electron capture, 《Nature》, Vol 554, 8 February, 2018, pp216-225.
- [10] MarekKarliner& Jonathan L. Rosner, Quark-level analogue of nuclear fusion with doubly heavy baryons, 《Nature》, Vol551, 2 november,2017, pp89-91.
- [11] Jun Yuan, Ping-an Liu, eatl , Prediction Estimation on the Results of Totally Polarized Proton Collisions Via Magnetic Charge Model, Advances in condensed matter physics,2018,7(2),76-83..
- [12] M.V.Berry, A.K.Geim, Of flying frogs and levitrons, European Journal of Physics,18-307, 1997.