

刘辽文集

刘辽 著

 湖南科学技术出版社

刘辽文集

刘辽 著

 湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

刘辽文集 / 刘辽著. —长沙: 湖南科学技术出版社,
2008. 12

ISBN 978-7-5357-5500-1

I. 刘… II. 刘… III. ①刘辽—文集②广义相对论—文集 IV. 0412. 1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 176061 号

刘辽文集

著 者: 刘 辽

责任编辑: 孙桂均 吴 炜

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

印 刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市青园路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2008 年 12 月第 1 版第 1 次

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 26.5

字 数: 608000

书 号: ISBN 978-7-5357-5500-1

定 价: 80.00 元

(版权所有 · 翻印必究)

刘辽文集



序 言

本书虽号称《刘辽文集》，实乃我与同行师生们三十余年来在有关黑洞理论、虫洞理论以及黑洞量子理论等方面研究工作的一个一般性介绍。管中窥豹，可见一斑也。遗憾的是三十余年来，我们的工作成果仍缺传世之大作，不过细心的读者仍可以从中发现某些智慧的闪光，虽然不一定灿烂，但它们毕竟也是照亮真理海洋的一小束普罗米修斯的圣火！

而星星之火是可以燎原的！

刘 辽
2008 年春

目 录

一、科学论文选

- 一个强子质量的经验公式 /3
- 一个强子质量的经验公式 /5
- 带电球体的一种 Reissner-Nordström 内解 /16
- Dirac 粒子的 Hawking 蒸发 /22
- PSR1913 + 16 的重力辐射 /30
- 在 Kerr-Newman 时空中 Dirac 粒子的 Hawking 蒸发 /38
- 一个 U_4 空间的重力场论 /49
- 迹反常与时间对称性反弹宇宙模型 /54
- 光子在弯曲时空中的等效静质量 /58
- Higgs 粒子、光子和宇宙真空场 /60
- Vaidya-Schwarzschild-de Sitter 黑洞的 Hawking 效应 /62
- Dirac 粒子的 Rindler 辐射与黑洞蒸发 /68
- 费曼路径积分和霍金蒸发 /75
- QUANTUM-GRAVITY INTERPRETATION OF BRANS-DICKE THEORY—THE BACK-REACTION OF THE VACUUM MATTER FIELD UPON THE EINSTEIN SPACE-TIME /82
- THE MONOPOLE PROBLEM AND THE PRIMORDIAL BLACK HOLE PROBLEM IN THE INFLATIONARY UNIVERSE /86
- $SO(10)$ GUT 暴涨宇宙模型 /89
- 瞬时响应的粒子探测器模型 /95
- CARNOT CYCLE AND TEMPERATURE OF HORIZONS /104
- 一个避免奇点的振荡式反弹宇宙模型 /109
- 宇宙创生于真空涨落 /115
- 宇宙创生于真空涨落的一个可能方案 /124

QUANTUM COSMOLOGY IN SUPERSTRING THEORY—A TOY MODEL /129

暴涨宇宙中原生黑洞的形成 /133

Bianchi I 有挠宇宙模型 /137

Hawking 效应是坐标尺度变换下的补偿效应 /144

诱导引力中的虫洞解 /151

THIRD QUANTIZATION OF A SOLVABLE MODEL IN QUANTUM COSMOLOGY IN BRANS-DICKE THEORY /159

星系喷流的一种可能能源机制:两个黑洞叠加时的 Hawking 辐射 /163

COMPLEX GEOMETRY, QUANTUM TUNNELING, AND TIME MACHINES /169

THE THERMODYNAMICAL APPROACH TO THE BACK REACTION PROBLEM /174

BUBBLES CREATED FROM VACUUM FLUCTUATION /181

PROPERTIES OF RADIATION NEAR THE BLACK-HOLE HORIZON AND THE SECOND LAW OF THERMODYNAMICS /184

WORMHOLE CREATED FROM VACUUM FLUCTUATION /196

INSTABILITY OF ANTI-DE SITTER SPACETIME /200

Brans-Dicke 理论中的非 Accetta 真空虫洞解 /206

CAN THE VACUUM FOAM STRUCTURE SOLVE THE FLATNESS PROBLEM OF A BIG BANG UNIVERSE? /212

有挠引力量子化初探 /215

CAN EXOTIC MATTER HAVE ANTI-GRAVITY? /225

A NEW TRAVERSABLE WORMHOLE SOLUTION IN VACUUM BRANS-DICKE THEORY /232

时空泡沫结构与量子电动力学中发散的消除 /238

TRAVERSABLE LORENTZIAN WORMHOLES IN BRANS-DICKE'S AND INDUCED GRAVITY THEORIES /244

用热力学方法研究荷电黑洞的反作用 /249

WORMHOLES IN VACUUM BRANS-DICKE THEORY /254

真空 Brans-Dicke 方程一个新的双向可穿越虫洞解 /259

WORMHOLE SOLUTION IN BERGMANN-WAGONER SCALAR-TENSOR GRAVITATIONAL THEORY /263

对 Hawking-Unruh 效应的新认识 /269

考虑 Hawking 蒸发对 Schwarzschild 时空反作用后的静态球对称度规	/275
BACK REACTION OF CHARGED BLACK HOLE	/280
钟速同步的传递性等价于热力学第零定律	/286
源具有质量多极矩的静态引力场稳定性研究	/294
FOAM-LIKE STRUCTURE CREATED FROM (1 + 1) DIMENSIONAL VACUUM FLUCTUATION	/299
CREATION FROM NOTHING: A NEW MODEL	/303
CAN HIGGS FIELD HAVE A COSMOLOGICAL ORIGIN?	/310
GRAVITATIONAL THERMODYNAMICS OF SPACETIME FOAM IN ONE-LOOP APPROXIMATION	/315
SOMMERFELD'S QUANTUM CONDITION OF ACTION AND THE SPECTRA OF QUANTUM SCHWARZSCHILD BLACK HOLE	/320
THERMODYNAMICS OF DE SITTER UNIVERSES	/325
量子史瓦茨黑洞和暗物质	/332
A PRIMARY STUDY ON THE DARK MATTER	/337
QUANTUM DE SITTER SPACE-TIME AND THE DARK ENERGY	/343

二、杂文

(一) 哲学、科普 /349

有生于无——现代量子宇宙学对于老子哲学的回归	/349
“今日适越而昔来”新释	/353
“今日适越而昔至”——由虫洞到时间机器漫谈	/355
试论王立军实验的意义	/363
暴涨宇宙——大爆炸后的 10^{-35} 秒	/368
关于宇宙的无限性问题	/369
黑洞热力学	/374
你能逆着时间去旅行吗? ——时间机器或时间隧道漫谈	/378
引力辐射的第一个定量的验证——评介 1993 年诺贝尔物理奖	/381
爱因斯坦与“EPR 疑难”	/385
回到过去是可能的吗? ——漫谈《时间简史(普及版)》	/387

(二) 散文、杂咏 /389

Aus den Leiden des jungen Werthers(维特序诗) /389

Lyrisches intermezo(抒情插曲) /389

Für Elise /390

困居杂咏 /391

悼亡友石雷兄 /392

To Svetlana /392

游九寨沟 /392

游华山 /393

清明祭 /393

游五台山南山寺 /394

挽以鸿二首 /394

桂子山中小居 /394

游磨山 /394

泛舟漓江 /395

登独秀峰 /395

游蠡园 /395

再游蠡园 /395

独访绍兴沈园不果 /395

参观永泰公主墓壁画 /396

参观法门寺有感 /396

少白先师百年冥诞祭 /396

赠西部歌王——王洛宾 /397

东京杂咏 /397

偕妻携孙游万寿山 /398

蒙招赴申江论学 /398

海滨所见 /398

偶感 /398

剑桥街头逢乐丐 /399

客居 Newcastle Upon Tyne /399

贺 Simon 君生日	/399
离家有感	/399
记梦	/400
其一 猪年元月	/400
其二 伤逝	/400
忆	/400
游小三峡	/401
船过巴东有感	/401
三游洞	/401
悼张阜权先生	/401
亲情	/402
无题	/402
观《水浒》电视剧	/402
游扬州	/403
迟到的祝福——贺良英老八十大寿	/403
双秀园中闻鹧鸪	/403
先父刘朴教授传略	/404
刘辽先生传略	/405
简历	/410
后记	/411

一、科学论文选

一个强子质量的经验公式

(北京师范大学物理系) 刘 辽

目前通用的强子质量公式是 S. Okubo 提出来的^[1] (简称 GMO 公式), 它的一级和二级形式分别为

$$m^2 = a + by + c \left[\frac{1}{4}y^2 - l(l+1) \right] \quad (1)$$

和

$$m^2 = a + by + c \left[\frac{1}{4}y^2 - l(l+1) \right] + dy^2 + e \left[\frac{1}{4}y^2 - l(l+1) \right] y + f \left[\frac{1}{4}y^2 - l(l+1) \right], \quad (2)$$

式中 l, y 分别表示强子的同位旋和超荷, a, b, c, d, e, f 系待定经验参量.

此式虽对强子的分类和量子数的确定有过重要贡献, 但一直存在一些问题, 例如, 公式中的质量究竟应采用 m, m^2 或 $1/m$, 无法从理论确定. 其次, 由 GMO 一级式所得计算值与实验值有较大偏差, 特别对赝矢量介子和张量介子, 偏差竟达 13% 之多. 若换用 GMO 二级公式, 虽对重子十重态确有改进, 但由于公式的参量竟有 6 个之多, 无法得出任何强子八重态质量关系^[2].

有鉴于此, 我们从 Regge 迹线的线性式出发, 找寻精确度较高的强子质量经验公式可能是有意义的.

我们从有名的 Chew-Frautchi 关系

$$m^2 = [J - J_0(l \cdot y)] \alpha'^{-1} \quad (3)$$

出发, 经过对大量实验数据的分析, 提出一个强子质量的经验公式

$$m^2 = \left[J - \left(A + Bl + Cy + \frac{BC}{A}ly \right) \right] \alpha'^{-1}, \quad (4)$$

式中 α'^{-1} 系 Regge 迹线斜率的倒数, 实验表明, 它近似等于 1 GeV; A, B, C 系待定经验参量.

由 (4) 式可分别得出^[2]

重子十重态质量公式:

$$m^2 = [J - (a + bl^2 + cy^2)] \alpha'^{-1}, \quad (5)$$

重子八重态质量公式:

$$m^2 = [J - (a + bl + cy)] \alpha'^{-1}, \quad (6)$$

介子八重态质量公式:

$$m^2 = [J - (a + bl)] \alpha'^{-1}. \quad (7)$$

由 (5), (6), (7) 可分别得出

重子十重态质量关系:

$$3(m_{\Xi}^2 - m_{\Sigma}^2) = m_{\Omega}^2 - m_{\Lambda}^2, \quad (8)$$

重子八重态质量关系:

$$m_N^2 + m_{\Xi}^2 = m_{\Sigma}^2 + m_{\Lambda}^2, \quad (9)$$

介子八重态质量关系:

$$m_{1/2}^2 = \frac{1}{2}(m_0^2 + m_1^2). \quad (10)$$

(10)式中 $1/2, 0, 1$ 系指同位旋量子数.

(8)式与 GMO 二级式的结果相同,(9)式曾由 R. P. Feymann 等提出过^[3], (10)式与 B. C. Замиралов 得出的结果相同^[4].

(9),(10)两式都比 GMO 公式更接近实验值. 此外,我们的质量公式只需一组经验参量即可把 Chew - Frautchi 图上同一组 SU_3 多重态循环序列(recurrence)中的强子质量计算出来,因而采用我们的质量公式来整理已发现的高能共振态和预言尚未发现的高能共振态并把它编排成不同的 SU_3 多重态循环序列,可能是较方便的^[2].

我们希望进一步的工作能找出所提出的强子质量经验公式的理论根据来.

参考文献

- [1] S. Okubo, *Progr. Theor. Phys.*, 27(1962), 949.
Nuovo Cimento, 34(1964), 776.
Phys. Letters, 4(1963), 14.
- [2] 刘辽,北京师范大学学报(自然科学版),14(1978),24.
- [3] R. P. Feymann, et al., *Phys. Rev.*, D2(1970), 1267.
- [4] B. C. Замиралов, *Вестн. Моск. Ун-та, Физ-Астрон.*, 14-1(1973).

本文原载于《物理》8 (1979) No. 3. 285.

一个强子质量的经验公式

(北京师范大学物理系) 刘 辽

20 世纪 60 年代初期,在 M. Gellman 和 Y. Neeman 等人利用 SU_3 群论对强子进行分类的开创性工作之后不久, S. Okubo (大久保) 从理论上找到了强子质量公式的一个统一表述^[1], 即所谓 Gellmann-Okubo 公式 (以后简称 GMO 公式)。

它的一级形式为

$$m^2 = a + by + c \left[\frac{1}{4} Y^2 - I(I+1) \right]; \quad (1)$$

它的二级形式为

$$m^2 = a + bY + c \left[\frac{1}{4} Y^2 - I(I+1) \right] + d \cdot Y^2 + e \cdot \left[\frac{1}{4} Y^2 - I(I+1) \right] Y + f \left[\frac{1}{4} Y^2 - I(I+1) \right]^2, \quad (2)$$

式中 I, Y 分别表示强子的同位旋和超荷, a, b, c, d, e, f 等则是与 I, Y 无关的经验参量。

虽然 GMO 公式对强子的分类和确定强子的量子数有过一些重要贡献,但长期来,它一直存在着一些问题,例如:

1) 公式中的质量究竟应该采用 m, m^2 或 $\frac{1}{m}$, 是不可能从理论唯一确定的,实际上目前仍存在着任意性。

2) 由 GMO 一级公式所得出的计算值与实验值之间有较大的偏差,特别是,对赝矢量介子和张量介子,计算值与实验值间的偏差竟达 13%! 若换用 GMO 二级公式,虽对重子 + 重态,确有所改进,但由于公式的经验参量竟有 6 个之多,它完全不能处理强子八重态。

有鉴于此,我们结合线性上升 Regge 迹线和 SU_3 群论对强子的分类,通过对于大量实验数据的分析,提出一个新的强子质量经验公式

$$m^2 = J - \left[A + BI + CY + \frac{BC}{A} IY \right], \quad (3)$$

等式右边的公因子 $\alpha'^{-1} \approx 1 \text{ GeV}^2$, 我们没有写出。

式中 J, I, Y 分别表示强子的自旋,同位旋和超荷; A, B, C 则是 3 个与 J, I, Y 无关的经验参量,对于如图 1 所示同一个 SU_3 多重态循环序列 (Recurrence), 经验参量 A, B, C , 一经选定就固定不变了。

不难看出 (3) 式右边第二项,即 Chew-Frautchi 关系

$$m^2 = J - J_0(I, Y) \quad (4)$$

中的 J_0 , 它代表 Chew-Frautchi 图中, Regge 迹线在横轴 (m^2 轴) 上的截距, 因此, 我们的强子质量公式是 Chew-Frautchi 关系 (4) 的一个新发展.

对于重子 + 重态, 利用经验关系 $I = 1 + \frac{Y}{2}$ 和重子 + 重态质量公式在权空间镜像变换

$$\begin{aligned} I_3 &\rightarrow I_3, \\ Y &\rightarrow -Y \end{aligned} \quad (5)$$

下的不变性, 可把 (3) 变为^[2]

$$m^2 = J - (a + bI^2 + CY^2), \quad (6)$$

式中

$$a \equiv A, \quad b \equiv B, \quad C \equiv \frac{AB}{4(A+B)}.$$

对于重子八重态, 利用经验关系 $IY = \frac{Y}{2}$, 可把 (3) 变为

$$m^2 = J - (a + bI + CY), \quad (7)$$

式中

$$a \equiv A, \quad b \equiv B, \quad C = C + \frac{BC}{2A}.$$

对于介子八重态, 利用经验关系 $IY = \frac{Y}{2}$ 和介子八重态质量公式在权空间镜像变换 (5) 下的不变性, 可把 (3) 变为

$$m^2 = J - (a + bI), \quad (8)$$

式中

$$a \equiv A, \quad b \equiv B.$$

公式 (6) (7) (8) 就是我们从强子质量公式的统一表述 (3) 出发所得到的有关重子 + 重态, 重子八重态和介子八重态的质量公式.

应着重指出, 一般说, 强子质量公式 (3) 在权空间镜像变换 (5) 下, 并不一定具有不变性, 仅对重子 + 重态和介子八重态, 变换 (5) 才是正, 反粒子变换, 因而粒子质量才不变, 故对公式 (3) 应首先运用重子 + 重态和介子八重态的特殊经验关系 $I = 1 + \frac{Y}{2}$ 和 $IY = \frac{Y}{2}$, 然后再施加变换 (5), 反过来, 是不允许的.

值得注意的是, 在公式 (6) 中 $C = -\frac{ab}{4(a+b)}$, 在公式 (7) 中, 可令 $C = 0.42$, 所以实际上, 我们的强子质量公式只需要 2 个待定参量, 对比 GMO 一级和二级质量公式分别需要 3 个和 6 个待定参量, 可知, 这无疑是我们的质量公式的一个优点.

利用质量公式 (6) (7) (8), 我们曾对一个重子 + 重态循环序列 $\delta\left(\frac{3}{2} + 2n\right)^+$, 四个重子八重态循环序列: $\alpha\left(\frac{1}{2} + 2n\right)^+$, $\beta\left(\frac{1}{2} + 2n\right)^-$, $\gamma\left(\frac{3}{2} + 2n\right)^-$, $\delta\left(\frac{3}{2} + 2n\right)^+$ 和三个介子八重态循环序列 $(2n)^-$, $(1 + 2n)^-$, $(2 + 2n)^+$ 中的强子质量进行过计算, 结果见附表 1~8. 由附表可知, 除极少数例外, 绝大多数强子质量的平方的计算值均在实验误差范围内, 特别是对于三个介子八重态循环序列, 计算值与实验值的符合良好是令人吃惊的, 唯一的例外出现在附表 6

中的 $\eta(549)$ 介子上,鉴于我们的介子质量公式(8)的良好的普适性,我们推测,可能 $\eta(549)$ 介子不应列入 0^- 介子八重态,它的位置应属于某个质量为 688MeV 的未知介子 $\eta^x(688)$,果真如此,这将是我们的质量公式的一个成就.

下面,把我们的强子质量公式与GMO公式比较一下,看看哪个比较符合实验数据.

首先考虑重子+重态

不难由(6)得出质量关系

$$3(m_{\Xi}^2 - m_{\Sigma}^2) = m_{\Omega}^2 - m_{\Lambda}^2. \quad (9)$$

此结果与GMO二级公式(2)所推得的结果完全相同,但由于以下两点理由,即

1)我们的重子+重态质量公式仅含有2个独立的经验参量(GMO二级公式的经验参量是6个!).

2)对于同一个重子+重态循环序列中的任何一个+重态而言,我们的经验参量一次选定后就固定不变了,而GMO公式,由于不符合Chew-Frautschi关系(4),对上述循环序列中每个+重态,参量都得重新选定.

可见,我们提出的重子+重态质量公式仍优于GMO二级公式.

其次,考虑重子八重态

由于GMO二级公式含有6个经验参量,对于重子八重态,根本得不出任何质量关系,所以只好把我们的质量公式与GMO一级公式比较,由(1)和(7)可分别推得如下两个不同的质量关系:

$$m_N^2 + m_{\Xi}^2 = \frac{1}{2}(m_{\Sigma}^2 + 3m_{\Lambda}^2) \quad (10)$$

和

$$m_N^2 + m_{\Xi}^2 = m_{\Sigma}^2 + m_{\Lambda}^2. \quad (11)$$

它们与实验的比较见表1.

由表1可知,对于 $\alpha\left(\frac{1}{2}\right)^+$ 八重态,我们的公式仍略优于GMO公式,对于其他几个八重态,虽然两个公式的计算值均在实验误差范围内,我们猜想,可能由于粒子质量测量上的不准量太大,目前尚无法据以判定两个公式的优劣.

最后考虑介子八重态

由于同样的理由,GMO二级公式不适于处理介子八重态,因此只好把我们的质量公式与GMO一级公式来比较.

若令 $m_1^2, m_{1/2}^2, m_0^2$ 分别表示同位旋 $I=1, \frac{1}{2}, 0$ 的介子质量的平方,不难由(1)和(8)分别推得如下两个不同的质量关系

$$m_{1/2}^2 = \frac{1}{4}(3m_0^2 + m_1^2) \quad (12)$$

和

$$m_{1/2}^2 = \frac{1}{2}(m_0^2 + m_1^2). \quad (13)$$