

# 冷战前期美苏粒子物理 交流与合作(1956~1964)

乔笑斐<sup>1</sup> 路昊明<sup>2</sup>

(1. 山西大学科学技术史研究所 030006; 2. 华东师范大学历史学系 200241)

由于粒子物理与原子物理和核物理的紧密联系,苏联和美国都在战后将其视为十分具有发展前景的研究方向。随着冷战的爆发,苏联的学术研究日益封闭,斯大林-杜鲁门时期的国际科学交流存在着明显的阵营划分。20世纪50年代中期以来,赫鲁晓夫的“三和”外交方针使得美苏关系走向缓和,两国在粒子物理领域的合作成为可能。本文通过梳理1956年至1964年美苏粒子物理交流的历程,简要分析国际形势对科学发展的影响。

## 一、早期的发展与竞争

1922年,苏联镭研究所从列宁格勒物理技术研究所独立后,首任物理系主任列夫·米索夫斯基(Lev Mysovsky)就提出要建造苏联的高能粒子加速器,该提议获得了亚伯兰·约费(Abram Ioffe)和彼得·卡皮查(Pyotr Kapitsa)等人的支持<sup>[1]</sup>。1931年,美国物理学家欧内斯特·劳伦斯(Ernest Lawrence)和斯坦利·利文斯顿(Stanley Livingston)在伯克利实验室(LBL)建成了全球首台回旋加速器。同年,米索夫斯基和乔治·伽莫夫(George Gamow)以伯克利加速器为原型,正式提交了回旋加速器建造方案。这台加速器最终于1937年建成,成为苏联第一台回旋加速器,也是欧洲第一台回旋加速器<sup>[2]</sup>,其直径达到1米,是其对标的伯克利11英寸(27.9厘米)回旋加速器的4倍,能量达到4 MeV。这台加速器在苏联具有开创性意义,但实用性仍不及伯克利的同期装置,伯克利的27英寸(68.6厘米)回旋加速器的能量在1934年已经达到了5 MeV,1937年建成的37英寸

(93.9厘米)回旋加速器更是达到了8 MeV的能量。

1944年,苏联科学家弗拉基米尔·维克斯列尔(Vladimir Veksler)提出自动稳相原理,此理论也由美国科学家埃德温·麦克米伦(Edwin McMillan)于次年独立提出。战后,苏联和美国相继对粒子物理的发展进行了部署,双方都认为粒子物理是非常具有前景的科学领域,自动稳相原理的提出不仅使能量更高的同步加速器成为可能,也使得苏联在加速器理论方面拥有了与美国平起平坐的机会。

冷战初期的氛围十分紧张,双方的竞争也体现在粒子物理领域。1946年8月,杜鲁门签署了《麦克马洪法》,美国原子能委员会(AEC)正式成立,一批新的加速器项目获得资助。1946年11月,LBL的184英寸(4.67米)同步回旋加速器投入运行,195 MeV的能量和4.67米的直径都创造了新的世界纪录。1947年,AEC下属的布鲁克海文国家实验室(BNL)正式成立。不久,AEC决定同时支持LBL和BNL的两个不同规格的弱聚焦质子同步加速器项目。

1949年12月,苏联建成首台同步回旋加速器,直径为6米,加速质子时能量达到480 MeV,改造后提升至680 MeV,在1953年之前一直保持全球能量最高纪录。起初,苏联对于同步加速器的建造只是尝试性的,但同步回旋加速器的成功使得粒子物理获得了更多重视。随后,瓦西里·弗拉基米尔斯基(Vasily Vladimirovsky)的强聚焦加速器方案获得批准,苏联科学院第二实验室更名为苏联科学院原子能研究所,杜布纳联合原子核研究所(JINR)在同步回旋加速器的所在地成立。尽管粒子物理领域的

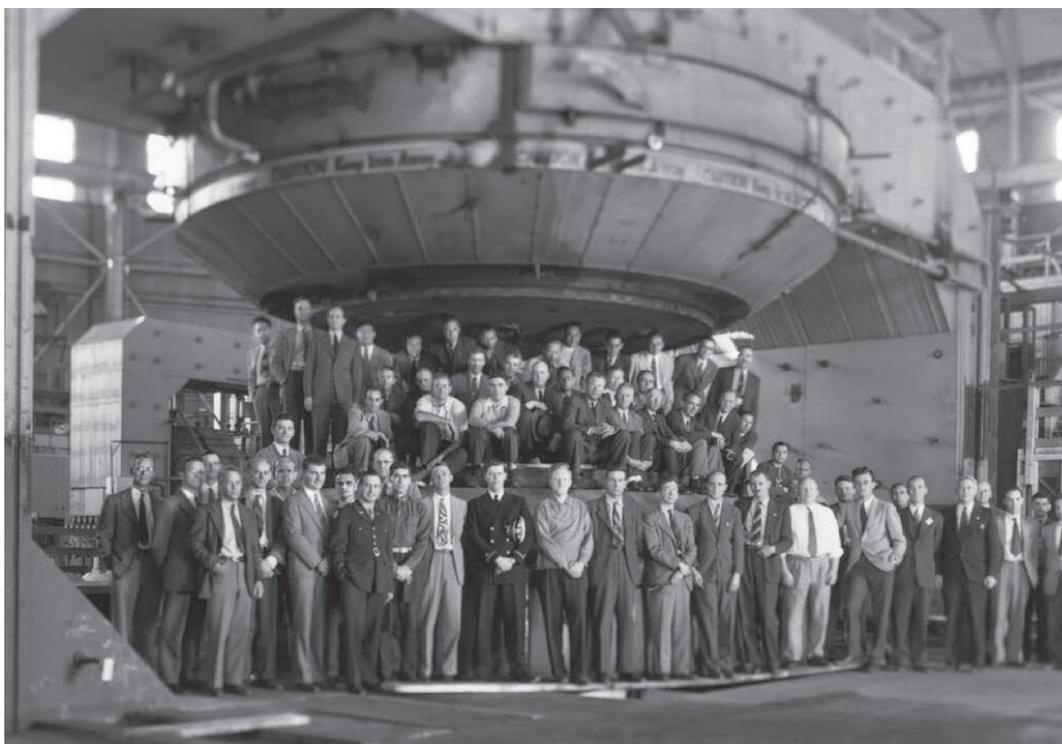


图1 劳伦斯及工作人员在184英寸同步回旋加速器主磁铁前的合影

表1 冷战初期美苏主要粒子加速器

时间	类型和名称	国家	机构	能量
1949	95英寸回旋加速器	美国	哈佛大学	165 MeV
1949	同步回旋加速器	苏联	JINR	480 MeV
1951	170英寸同步回旋加速器	美国	芝加哥大学	450 MeV
1953	弱聚焦质子同步加速器 Cosmotron	美国	BNL	3.3 GeV
1954	弱聚焦质子同步加速器 Bevatron	美国	LBL	6.2 GeV
1957	弱聚焦质子同步加速器	苏联	JINR	10 GeV

竞争自冷战初期就存在,但随着美苏关系的缓和,两国逐步走向了以交流与合作为主的新时期。

## 二、“解冻”的交流与合作:1956~1959

斯大林时期,苏联与西方的学术交流几乎完全停止,即使在粒子物理等非军事领域也不例外。正如德米特里·斯科贝尔琴(Dmitri Skobeltsyn)所说:“冷战的形式,以及对科技间谍的担忧,导致在某些最为前沿的科学领域,保密措施越来越严格。很多前沿的科学成果都无法公开发表,这不仅影响了国际交往,而且也不利于国内学者间的交流,更不利

于培养年轻的专家,实现学术的传承。”<sup>[3]</sup>这种情况的转变始于20世纪50年代中期的赫鲁晓夫改革。

1956年2月,赫鲁晓夫提出了外交政策的“三和”方针——和平共处、和平过渡、和平竞赛<sup>[4]</sup>,苏联科学家被允许参加国际科学会议,美苏科学交流取得了实质性突破。在粒子物理学领域,以国际高能物理大会(ICHEP)和国际纯粹与应用物理学联合会(IUPAP)等会议为契机,美苏粒子物理学家进行了多次科研人员互访和会议交流。1956年4月,首个苏联代表团前往纽约州参加第六届国际高能物理大会。1956年5月,14位美国物理学家受邀前往莫斯科参加全苏高能粒子物理会议。1956年10月,

美国和苏联签署了《国际原子能机构规约》，成为国际原子能机构(IAEA)的创始成员国。1957年9月，为了“鼓励各个高能实验室之间的国际合作，以确保这些大型的昂贵设施得到最佳利用”，IUPAP成立了粒子物理委员会，并将维克斯列尔和伊戈尔·塔姆(Igor Tamm)推举为委员会委员。

随着强聚焦原理的日益成熟，能量更高的新型加速器成为可能，而高昂的造价也促使美苏开始进一步探索国际合作。BNL的袁家骝小组已经从理论上证明，无需对现有技术做出重大改进，就能够造出能量达到百 GeV 级至 1 TeV 级的强聚焦质子同步加速器，能量上限仅取决于经济因素<sup>[5]</sup>。1959年5月，艾森豪威尔在白宫文件《联邦关于支持粒子加速器的拟定方案》中首次提出：“作为朝着国际合作方向发展新型加速器的第一步，应当鼓励包括苏联在内的其他国家的代表性科学团体与我们会面，以便为新型加速器的合作研究制定计划。美国国家科学院应当就这一目标的实现提出具体建议。”<sup>[6]</sup>随即，时任美国国家科学院长德特列夫·布朗克(Detlev Bronk)召集了罗伯特·布罗德(Robert Brode)、罗伯特·马沙克(Robert Marshak)等多位美国物理学家进行会谈，最终决定在即将举行的第九届国际高能物理大会上向苏联传达这一想法。

1959年7月，第九届国际高能物理大会在基辅召开，这是首届由苏联主办的国际高能物理大会。会上，马沙克的提案“考虑在未来大型加速器的规划和设计方面开展国际合作的可能性，并为其使用创造有利条件”被一致认为“值得进一步深入研究”，并为此提案成立了一个专门研究委员会，成员包括维克斯列尔、爱德华·洛夫格伦(Edward Lofgren)、利兰·霍沃斯(Leland Haworth)、沃尔夫冈·潘诺夫斯基(Wolfgang Panofsky)、韦内迪克特·杰列波夫(Venedikt Dzhelepov)等人。9月，该研究委员会召开会议，就粒子物理学的国际合作达成四点共识<sup>[7]</sup>：

(1) 对于能量超过 100 MeV 的粒子加速器，交换其技术信息。

(2) 在新加速器规划阶段交换关于功能特性的信息。

(3) 以纯科学研究为目标，共同为未来的新型加速器方案提供想法和设计。

(4) 积极开展高能量区的粒子物理科研合作。

同年，时任苏联部长会议第一副主席弗罗尔·科兹洛夫(Frol Kozlov)和赫鲁晓夫相继访问美国，时任美国副总统尼克松访问苏联，缓和形势一片大好。11月24日，时任AEC主席约翰·麦考恩(John McCone)与苏联原子能利用总局局长瓦西里·埃梅里亚诺夫(Vasily Emelyanov)代表两国正式签署了《美苏和平利用原子能合作备忘录》，这是美苏之间首个关于原子能、核物理及粒子物理的合作交流协议。协议规定了非机密信息的交换、科学家的互访、探索非机密项目合作的可行性，并在平等互惠的前提下共同建造新的科学装置<sup>[8]</sup>，这为美苏国际加速器的建造提供了切实可行的机会。随后，AEC召集了由罗伯特·巴彻(Robert Bacher)、罗伯特·威尔逊(Robert Wilson)、乔治·柯斯塔德(George Kolstad)、马沙克和洛夫格伦组成的5人代表团，要求其在半年时间内就新型加速器进行调研，并于次年5月与苏联科学家进行详细谈判。

然而，美苏关系的缓和依然是有限且脆弱的，自1960年5月的U-2击坠事件和1961年1月肯尼迪出任美国总统以来，两国关系再次进入了紧张状态，原本势头良好的国际合作也在接下来的几年内变得反复无常。

### 三、多变的形势与曲折的合作： 1960~1964

1960年5月1日，一架美国的U-2高空侦察机在苏联上空被击落，驾驶员在跳伞后被当场俘获，即将在巴黎召开的美苏英法四国首脑会议最终流产，美苏关系降到新的低点，AEC代表团于5月11日对苏联的访问也变得非常曲折。

AEC代表团起初顺利造访了多个从事粒子物理研究的苏联实验室，包括JINR、库尔恰托夫原子

能研究所(KIAE)和苏联理论与实验物理研究所(ITEP)<sup>[9]</sup>,直到5月16日赫鲁晓夫宣布苏联退出巴黎四国会议。在访问第四个研究机构——列别捷夫物理研究所(LPI)时,维克斯列尔告诉AEC代表团:“最近的事件会阻碍合作,首脑会议已经全部结束,苏联科学家的处境现在非常困难,我个人和其他苏联科学家会坚定地支持我们的政府。苏联科学院此前已经决定派出代表团参加第十届国际高能物理大会,但现在我不确定这个立场会不会改变。”最终,原定在莫斯科举行的新型加速器谈判被取消,马沙克对此次访问的评价是“彻底失败”(abysmal failure)<sup>[10]</sup>。

三个月后,苏联代表团如期赴美参加了第十届国际高能物理大会,尽管出境人数受到严格限制,但这已经令美国科学家感到惊喜。8月28日,大会举行了关于新型国际加速器的非正式会议,32位来自美国、苏联和欧洲的著名物理学家出席并讲话,其中包括维尔纳·海森堡(Werner Heisenberg)、理查

德·费曼(Richard Feynman)、汉斯·贝特(Hans Bethe)、李政道等7位诺贝尔奖得主,足见国际物理学界对此项目的重视。会上,威尔逊指出:“以不高于2亿的成本,将强聚焦同步质子加速器的能量提升至100 GeV是完全可行的。同理,我们甚至可以考虑以10亿美元的成本建造1 TeV加速器。”<sup>[11]</sup>但由于考虑到成本和实用性,在经过讨论后获得认可的是300 GeV级方案。

9月,美苏粒子物理学家在位于纽约的美国物理联合会(AIP)举行正式协商会议,会上决定两国分别成立研究小组,在接下来的一年内对300 GeV新型加速器进行研究,重点讨论其可行性与设计方案,并计划在翌年9月由BNL举办的国际加速器会议上报告进展。美国小组由约翰·布莱维特(John Blewett)领导,主要成员包括来自BNL、LBL、阿贡国家实验室(ANL)、橡树岭国家实验室(ORNL)等机构的数十人。1961年5月,美国小组公布了初步设计报告,在经多次修订后于8月得出结论:“在人力



图2 1963年5月,美苏代表在莱昂斯基物理和动力工程研究院(IPPE)的合影一排由左至右:彼得罗相茨、西博格、米科拉耶夫(Mikolayev)、罗季奥诺夫(Rodionov)

和资金充足的情况下,可以实现的能量没有明显的上限”,“一台至少 300 GeV 的加速器是可取且物有所值的”<sup>[12]</sup>。

然而,在肯尼迪强硬的对苏政策下,美苏关系剧烈动荡,原定于 9 月由 BNL 举办的国际加速器会议虽然如期召开,但苏联小组拒绝出席,会议变成了美国加速器实验室与欧洲核子研究组织(CERN)的有限讨论,设计方案的信息交换并不完整<sup>[13]</sup>,原先根据《美苏和平利用原子能合作备忘录》规定的美国核反应堆研究小组的访苏计划也被迫取消。直到国际关系在 1963 年改善,科学交流的渠道才逐步恢复。

1963 年 5 月,时任 AEC 主席格伦·西博格(Glenn Seaborg)率领美国代表团访问苏联,在 11 天的行程中访问了位于哈尔科夫、乌里扬诺夫斯克、新沃罗涅日、奥布宁斯克、谢尔普霍夫、杜布纳、莫斯科、列宁格勒的 14 个地点,参观了包括 VVPR-1 核电站和 U-70 质子同步加速器(在建)在内的 10 个苏联大科学装置,以及 JINR、KIAE、约费物理技术研究所、苏联科学院等多个科研机构<sup>[14]</sup>。

此次访问的重要成果是西博格与时任苏联部长会议原子能利用国家委员会(SCAE)主席安德拉尼克·彼得罗相茨(Andronik Petrosyants)在莫斯科签订了新的《美苏和平利用原子能合作备忘录》。新协议在合作的深度和广度上都达到了新的水平,其内容主要包括<sup>[15]</sup>:

(1) 为期 10 至 15 天的短期专家互访。每个专

家团人数不得超过 10 人,具体涵盖热中子反应堆、快中子反应堆、等离子体物理学、可控核聚变、核物理学、高能粒子物理学、低能粒子物理学、固体物理学、放射性废物处理与处置、同位素示踪技术在医学中的应用、神经放射学、带电粒子加速器的设计与利用等相关研究领域。

(2) 为期一年的长期入驻研究。限可控核聚变、核反应堆、高能粒子物理学三个领域每年 2 至 3 人。

(3) 持续的非机密文件互换。一次性交换两国在高能粒子物理学、核物理学、固体物理学、可控核聚变、同位素示踪技术在医学中的应用领域的 40 篇博士论文;每个月交换 10 份书籍、专著和预印本,交换文件的数量和领域可以后续增加。

(4) 同意举办两国专家联席科学会议。约定在苏联举办低能粒子物理学研讨会议,在美国举办放射性废物处理与处置研讨会议,时间安排和参会人数另行商定。

(5) 双方将考虑向对方提供科学仪器的可能性,此类协定仅在两国法律和出口政策允许的范围内进行。

1963 年 11 月 16 日,在西博格的邀请下,由彼得罗相茨、尼古拉·博戈柳博夫(Nikolay Bogolyubov)、伊戈尔·阿夫里坎托夫(Igor Afrikantov)、列夫·阿齐莫维奇(Lev Artsimovich)、奥列格·卡扎奇科夫斯基(Oleg Kazachkovskiy)等人组成的 10 人苏联代表团对美国进行了回访,期间访问了 ORNL、BNL、LBL、ANL 等实验室,参观了橡树岭等时性回旋加速器

表 2 1959 年、1963 年《美苏和平利用原子能合作备忘录》主要内容对比

		1959 年版	1963 年版
专家互访	规模	3 至 5 人	10 人以内
	领域	核反应堆、高能物理、核物理、中子物理、原子核结构研究、可控核聚变	核反应堆、高能物理、低能物理、粒子加速器、核物理、可控核聚变、固体物理、放射性废物处理、放射性同位素、神经放射学、等离子体物理
信息交换	类别	非机密的正式报告摘要、非正式报告摘要、进展报告摘要	非机密的博士论文、书籍、专著、预印本
	领域	核反应堆、放射性同位素	高能物理、核物理、固体物理、可控核聚变、放射性同位素
项目合作	方式	初步探索开展联合项目的可能性,约定 1960 年上半年开会	为期一年入驻对方国家的实验室进行项目合作,每年 2 至 3 人
	领域	可控核聚变、大型新型加速器、放射性废物处理、核数据编评和计算、核标准的制订	可控核聚变、核反应堆、高能物理

(ORIC)、交变梯度同步加速器(AGS)、零梯度同步加速器(ZGS)、国家反应堆试验站(NRTS)、哈勒姆核电站(HNPF)等设施。

在苏联代表团访美期间,发生了令世人震惊的肯尼迪遇刺事件,约翰逊继任美国总统。在约翰逊的越战扩大化政策下,越南问题成为了改善美苏关系的最大障碍,美苏在科技、贸易等领域的交流与合作在1965年陷入全面停滞,第三份《美苏和平利用原子能合作备忘录》也迟迟未能达成。同时,勃列日涅夫上台以后,苏联政府愈发认为继续支持国际加速器项目和新的加速器建设可能会影响苏联的其他国家计划,关于建造国际联合加速器的合作在1964年陷入中断<sup>[6]</sup>,1967年建成的U-70质子同步加速器也成为了苏联的最后一个大型加速器项目。

#### 四、总结

美国和苏联在粒子物理领域的合作是冷战时期科学交流的典范,促进了粒子物理及相关学科的持续快速发展,两国共同为人类探索物质世界的前沿做出了贡献。通过对合作过程进行梳理,不难发现国际政治形势是美苏粒子物理政策演变的主要推动力。

几年间的友好交流与合作,其原因首先是苏联新一任领导人的外交政策转变,从斯大林时期的针锋相对调整为主动交流,在政治环境上为粒子物理等诸多科学领域的学者创造了交流的空间,但这种暂时的妥协终究是脆弱的。事实上,每份《美苏和平利用原子能合作备忘录》都只规定了此后两年的交流与合作内容,即自1959年以来,本应在20世纪60年代的1961年、1963年、1965年、1967年和1969年分别续签五次,但实际只在1963年和1968年完成了签署。同时,合作协议本身还受到其他限制,例如苏联对科学家出境的管制和审查,美国科学家的访苏日程完全由苏联政府安排等等。

冷战时期,美苏在粒子物理领域的初次交流与合作始于1956年,结束于1964年,尽管时间不长,

但对于两国的科学交流和粒子物理学学科的发展具有重要意义,也为20世纪70年代缓和时期更深入的国际合作做了铺垫。在苏联停止建造加速器以后,美国的国际加速器方案衍生出了两个新的项目:威尔逊的200 GeV加速器主环(Main Ring)和布莱维特的800 GeV对撞机ISABELLE<sup>[17]</sup>,前者构建了致力于国际合作的费米实验室(Fermilab)并在20世纪70年代成为了美苏粒子物理合作的新阵地,后者则推动了著名的超导超级对撞机(SSC)项目。

正如威尔逊所说:“在建造和运营国际加速器实验室时,我们不仅会探索自然,还可能会探索和平的一些要素。”<sup>[18]</sup>两国在冷战时期形成的合作传统也一直延续至今,我们至今仍能在大型强子对撞机(LHC)的ATLAS和CMS等实验中看到美俄粒子物理学家合作的身影。国际科学合作源于和平的外交政策,同时也成为了一种维系和平的力量,它跨越国界,代表了全人类的共同追求。

#### 参考文献

- [1] Есаков В Д. Эпизоды из истории атомного проекта[J]. Природа, 2003(10): 51-58.
- [2] 刘金岩. 如何评价苏联时期的科学发展[N]. 中华读书报, 2019-06-19(016).
- [3] 俞紫梅. “冷战”与“解冻”: 双重背景下苏联对外科学文化政策的调整(1953-1964年)[J]. 俄罗斯研究, 2019(06): 91-109.
- [4] 沈志华. 冷战国际史二十四讲[M]. 北京: 世界知识出版社, 2018: 185.
- [5] BNL. Design Study for a 300-1000 BeV Accelerator[R]// BNL-5701. Upton: Brookhaven National Laboratory, 1961: 1-4, 119-120.
- [6] AEC. Annual Report to Congress of the Atomic Energy Commission for 1959[M]. Washington: US GPO, 1960: 534.
- [7] Marshak R E. The Rochester conferences: The rise of international cooperation in high energy physics[J]. Bulletin of the Atomic Scientists, 1970, 26(6): 92-98.
- [8] AEC. Major Activities in the Atomic Energy Programs: January-December 1959[M]. Washington: US GPO, 1960: 97-101.
- [9] Kolstad G A, Lofgren E J. Visit of U.S. high-energy physics team to USSR[M]. Oak Ridge: Office of Technical Information of AEC, 1960: 7-9.
- [10] Marshak R E. The Khrushchev détente and emerging internation-

- alism in particle physics[J]. Physics Today, 1990, 43(1): 34-42.
- [11] Wilson R. Ultrahigh-Energy Accelerators: Eventually physicists will push into the domain of superintensity as well as that of superenergy[J]. Science, 1961, 133(3464): 1602-1607.
- [12] Blewett J P. Developments in ultra-high energy accelerators[J]. Electrical Engineering, 1962, 81(2): 130-134.
- [13] Livingston M S. Early History of The 200-GeV Accelerator[R]// NAL-12. Batavia: National Accelerator Lab, 1968: 2-3.
- [14] AEC Division of Technical Information. Technical Books and Monographs sixth edition[M]. Oak Ridge: AEC Technical Information Center, 1968: 4.
- [15] AEC. Atomic Energy in the Soviet Union: Trip Report of the U.S. Atomic Energy Delegation May 1963[M]. Oak Ridge: AEC Division of Technical Information Extension, 1963: 80-82.
- [16] Kolb A, Hoddeson L. The Mirage of the “ World Accelerator for World Peace” and the Origins of the SSC, 1953-1983[J]. Historical studies in the physical and biological sciences, 1993, 24(1): 101-124.
- [17] Courant E D. John Paul Blewett[J]. Physics Today, 2001, 54(2): 76.
- [18] Wilson R. Toward a World Accelerator Laborator[R]// TM-811. Winfield Township: Fermilab, 1978: 13.



## 她用物理的情趣,引我们科苑揽胜; 她用知识的力量,助我们奋起攀登!

### 欢迎投稿,欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会,由中国科学院高能物理研究所主办,是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。

科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼。《现代物理知识》旨在普及科学知识、弘扬科学精神,设有物理知识、物理前沿、科技经纬、科学源流、教学参考、中学园地、科学书屋、科学正听和科苑快讯等栏目。诚邀在物理学及相关领域工作的科技、教育和科普等方面的专家学者,以公众喜闻乐见的文字,深入浅出、图文并茂地与读者分享现代物理知识、科学前沿成果和大科学装置进展等精彩故事,共襄“两翼齐飞”之盛举。投稿时请将稿件的 Word 文档发送至本刊电子信箱 mp@mail.ihep.ac.cn, 并将联系人姓名、详细地址、邮政编码,以及电话、电子信箱等联系方式附于文章末尾。

所投稿件一经本刊录用,作者须将该篇论文各种介质、媒体的版权转让给编辑部所有,并签署《现代物理知识》版权转让协议书(全部作者签名),如不接受此协议,请在投稿时予以声明。来稿一经发表,将一次性酌情付酬,以后不再支付其他报酬。

2023年《现代物理知识》每期定价15元,全年6期90元,欢迎新老读者订阅。

需要往期杂志的读者,请按下列价格付款:  
2010~2021年单行本每期10元;2022年单行本每期15元;2010~2019年合订本每本60元。

#### 订阅方式

- (1) 邮局订阅 邮发代号:2-824。
- (2) 编辑部订阅(请通过银行转账到以下账号,并在附言中说明“现代物理知识\*\*年\*\*期”) 名称:中国科学院高能物理研究所 开户行:工商银行北京永定路支行 账号:0200004909014451557
- (3) 科学出版社期刊发行部:联系电话 010-64017032 64017539;
- (4) 网上购买:搜淘宝店、微店店铺名称:中科期刊; 淘宝购买链接:



淘宝网购刊



微信购刊