

朗道百年

郝柏林[†]

(1 复旦大学物理系 上海 200433)

(2 中国科学院理论物理研究所 北京 100190)

2008年是20世纪苏联最杰出的理论物理学家列夫·达维多维奇·朗道(Lev D. Landau)诞生100周年、逝世40周年。事实上,作为理论物理学家的朗道在1962年1月7日的车祸后已经消逝。他在当年被授予诺贝尔物理学奖,并在多方救治之下又存活了6年,于1968年4月1日去世。

四十年来,已经出版了许多关于朗道的书籍和文章。特别是1989年由以朗道命名的俄国科学院理论物理研究所所长哈拉特尼科夫主编的《回忆朗道》文集^[1],相当详细地介绍了朗道科学与生活的方方面面。2008年1月,俄国的高级科普刊物《自然》为朗道百年出版了专辑^[2]。俄国科学院物理学部在2008年1月22和23日举行了纪念朗道百年的学术会议,会议文集已经发表在2008年6月俄国的《物理学进展》杂志第178卷第6期^[3]。加之苏联解体以来,公布了大量过去的秘密档案,使人们对朗道经历中鲜为人知的方面有了较多认识。这篇短文将较少复述公开文献,而扼要介绍一些笔者个人的所知所思。

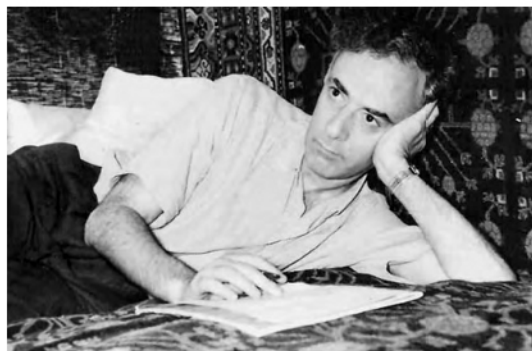


图1 朗道喜欢的工作姿势(1950年代)

1 生平

1908年1月22日,朗道出生在石油之都巴库的一个工程师家庭。他13岁修完全部中学课程,

1922年进入巴库大学,同时上化学系和物理数学系。两年后转入列宁格勒(今圣彼得堡)大学物理系。学生时代即在列宁格勒技术物理研究所参加科研,1927年毕业后成为该所研究生。那里当时在约飞^[1]院士周围聚集了苏联物理学界未来的一代精英。1926年,朗道发表了科学生涯中的第一篇文章,关于双原子分子光谱谱线强度的理论。1927年,他首先在论文中引入密度矩阵,作为比波函数更普遍的量子系统描述方式。

1929年21岁的朗道被派往国外一年半,访问了丹麦、英国和瑞士,特别是哥本哈根尼尔斯·玻尔领导的研究所。玻尔很赏识年轻的朗道,朗道也把玻尔视为自己的老师。在以后数十年里,他们还多有交往。这次访问期间,他发展了金属电子的“朗道抗磁”理论,从“泡利顺磁”分走了三分之一。电子在磁场中的“朗道能级”以及能级的态密度,这些在后来的量子霍尔效应理论中使用的基本概念,都首次出现在这篇文章里。



图2 玻尔和朗道在莫斯科大学(1961年)

1931年,朗道回到列宁格勒,翌年转到哈尔科夫的乌克兰技术物理研究所,担任理论室主任,不久后被聘为哈尔科夫大学理论物理教授。1937年,朗

2008-08-18 收到

[†] Email hao@itp.ac.cn

1) A. F. Ioffe(1880—1960),苏联半导体事业的领导者,对苏联科学政策起过重大作用

道转移到莫斯科,在卡皮查²⁾领导的物理问题研究所担任理论研究室主任。朗道在1946年当选为苏联科学院院士。除了在研究所工作外,朗道还多年在莫斯科大学和莫斯科工程物理学院任教,直至1962年发生车祸。

2 对理论物理的贡献

1958年朗道50寿辰时,研究所决定任何人都不要发表空洞演说,而要用独特的方式表示祝贺。原子能研究所的一位院士(I. K. Kikoin)带来一对大理石片,上面刻着朗道推导出的10个公式,称为“朗道十诫”。我们略去公式,列举“十诫”如下(1)密度矩阵(2)电子的朗道抗磁(3)二类相变理论;(4)铁磁畴理论(5)超导中间态(6)原子核统计理论(7)液氦II的超流理论(8)量子电动力学中物理质量与初始质量的关系(9)费米液体理论(10)组合宇称守恒原理。

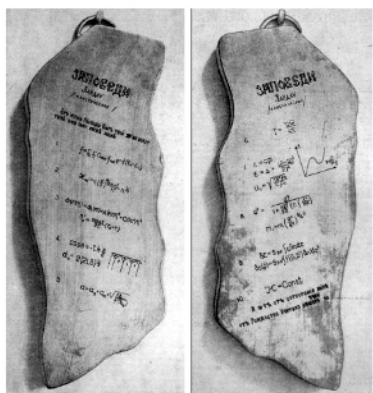


图3 朗道“十诫”(Kikoin制作,1958年)

这里根本没有提到首先引进反铁磁态、无碰撞等离子体中的“朗道阻尼”等重要贡献。“十诫”中有近七项同凝聚态物理有关。1962年授予朗道诺贝尔物理学奖的理由也是“他对于凝聚态物质特别是液氦的先驱性理论”。这些理论并没有冗长繁杂的数学推演,有些甚至是靠物理直觉“猜”出来的。我们只举几个例子。

朗道最初考虑超流液氦中的元激发时,把旋子态能量最低点像光学声子那样画在动量为零处,后来在一次讨论中才把它移到动量不为零处。这样的元激发谱,多年后才被从微观理论推导出来。

朗道抗磁理论还有一项有趣的发展。实验中发现金属铋的电子磁化率随静磁场的倒数而周期性地震荡(de Haas-van Alphen效应)。派尔斯³⁾指出,朗

道在计算抗磁磁化率时,使用泊松求和公式做变换时只保留了打头项,其实振荡效应就在下一项中。朗道推导出描述该效应的公式,请在物理问题研究所访问的英国低温物理学家D. Shoenberg同其实验对比,结果完全一致。这一成果从来没有单独发表,人们只能间接引用Shoenberg发表在伦敦皇家学会会刊上的论文,派尔斯为该文加了一个附录,说明公式的推导过程。

朗道的二类相变理论,统一表述了相变现象的平均场理论。这是现在人们熟知的事实。然而这一理论还有更具体的内涵,即相变前后的物理状态必须遵从若干对称限制。二类相变的群论分析是由栗弗席兹在1940年代初完成的。

铁磁畴理论的物理图象十分简单。由于散发在样品外的磁场能量和磁畴壁表面能的竞争,宏观磁体必定会自发分成磁化方向互相交错的磁畴。这一理论由朗道在1935年提出,而由栗弗席兹等详细实现。

其实,朗道对理论物理的最重要的贡献是他所推崇的理论物理的思维方法和解决问题的方式。他明确区分“技术问题”和“理论物理”,把只谈“技术”的人从讨论班的讲台上撵下去。他厌恶并列各种因素、不突出物理关键的“理论”,把后者称为“消防队长的基本公式”(“火灾原因等于电线短路加煤气泄漏加小孩玩火……”)。在1938年出版的《统计物理学》第一版序言中说:“本书不讨论所谓液体理论,这些理论通常包含足够多的参数,可以把任何不十分野蛮的实验弄得同理论一致”。

3 朗道与苏联社会

朗道思维敏锐、言辞尖刻,不能容忍科学上不正确的观点和生活中的不诚实行为。他在年轻时甚至主动挑战某些不喜欢的人和事。这给他的人生道路带来过曲折。1932年离开列宁格勒,1937年离开哈尔科夫,都有此类原因。特别是在乌克兰技术物理研究所时,因所内人事变动引发的科学方向上的不同意见,曾使他的一位助手短期被捕。朗道亲手写信给城市的保安部门,为这位助手开脱。随后和哈尔科夫大学校长的冲突,促使他下决心离开哈尔科夫去莫

2) P. L. Kapitsa(1894—1984),获1978年诺贝尔物理学奖

3) Rudolf E. Peierls(1907—1995),德裔英国物理学家,朗道访问欧洲时结交的朋友

斯科. 到达莫斯科后, 他写了一纸简短申请给卡皮查, 就成为物理问题研究所的理论室负责人.

1938年4月, 朗道同另外两位物理学家, 包括那个前助手, 同一天在莫斯科被逮捕. 卡皮查当天就写信给斯大林, 说明29岁的朗道是苏联天才的理论物理学家, 任何别人都不能代替他的作用, 他年轻气盛但决不会做不诚实的事, 请求斯大林特别关注. 后来知道, 玻尔也曾为此写信给斯大林, 请求释放朗道. 卡皮查后来还写信给莫洛托夫, 信中提到他正在进行的一项重要发现(指超流), 只有朗道这样的理论家才能给以解释. 卡皮查向KGB提出个人担保, 换得朗道继续在物理问题研究所从事研究的自由. 朗道在被释放之后, 绝口不谈监狱生活. 在正式文件里只提到他的研究工作曾经“中断”一年.

据说朗道一直认为哈尔科夫时期的一个同事“告密”陷害他, 但从来没有具体指出过. 在由朗道本人挑选的科学论文集^[4]里, 有5篇早期论文被抽掉. 这5篇文章的合作者都是伊万年科^[4]. 朗道总是以轻蔑的语言提到伊万年科. 任何人如果在朗道面前正面提及伊万年科的工作, 就会损害同朗道的关系.

朗道喜欢对物理学家、科学文章、乃至女性的美丽按对数尺度打分. 第一流物理学家的贡献比第二流多十倍, 第二流比第三流多十倍. 在这个标尺上, 只有爱因斯坦独自处于“第半流”的特殊地位. 朗道最初把自己归入“第二流半”, 据说直到1950年代初, 同金兹堡^[5]写完关于超导(朗道-金兹堡方程)的论文后, 他把稿子往桌上一扔, 叹道: “终于爬到了第二流物理学家的位置”. 朗道还用数学符号对理论物理学家分类: 拉普拉斯算子 Δ 代表头脑尖又坐得住者, 如爱因斯坦; 达兰贝尔算子 \square 代表头脑笨但坐得住者, 如莫斯科大学的某些教授; 他本人由 \diamond 描述, 头脑虽尖但坐不住. 最后, ∇ 代表头脑笨又坐不住的人, 例如伊万年科.

从上世纪90年代以来, 某些人企图把朗道塑造成反斯大林的英雄. 他们的主要根据是不久前被公开的KGB档案. 档案中有朗道被捕后亲手写的关于“反苏活动”的检查材料, 也有在审讯后翻供的记录. 见识过“文化大革命”中各种“逼供信”的中国知识分子, 更清楚这类材料的不可信程度. 在朗道身边工作过的一些学者也不赞成这种违背历史事实的夸张. 例如, 卡冈诺夫在其《朗道学派》^[5]一书中, 用数页篇幅分析这些说法, 并说根本不相信朗道会书写和散发反苏传单.

第二次世界大战期间, 物理问题研究所撤退到

后方. 朗道间接(通过为过去的学生出主意)和直接地参与了某些国防任务的研究. 他本人在被问及时, 往往神秘地一笑了之. 但是, 从1944年初版的《连续介质力学》一书中, 有许多一般物理教科书中不大提及的内容, 特别是燃烧、起爆、爆轰波传播、冲击波与固体碰撞等内容, 可以窥见他在战争年代科学兴趣的拓展.

1945年12月18日, 全面领导核武器研制的库尔恰托夫^[6]院士写信给苏共中央专门委员会负责人贝利亚, 即那个1953年底被处死的KGB头目, 请求让“我国最伟大的理论物理学家朗道”参加领导与原子弹有关的理论工作^[6]. 在库尔恰托夫的坚持下, 翌年2月此项提议被批准. 朗道和他的理论组根据美国最初的实验数据和苏联自己早期实验结果, 推导了原子弹的能量有效系数公式. 此式曾经沿用多年. 1949年10月29日, 苏联最高苏维埃决定为研制原子弹的808位有功人员颁发列宁勋章, 其中包括朗道. 1954年, 朗道被授予苏联社会主义劳动英雄称号.

还应当提到, 朗道在1939年由卡皮查担保从监狱中出来. 早在1940年, 卡皮查就准备提名朗道为苏联科学院院士候选人. 由于朗道的特殊“保释”地位, 卡皮查特地写信给莫洛托夫征求意见, 指出学术界一致认为朗道是强有力的院士候选者, 并说如果周末之前得不到答复, 他就会行动. 莫洛托夫没有回信, 于是卡皮查开始正式提名. 1946年朗道当选为科学院院士, 没有经过通讯院士的阶段. 1958年, 在物理问题研究所为朗道50寿辰举行的庆祝会上, 所长卡皮查说, 多年以来我对我的理论室主任非常满意, 也努力为他创造各种条件; 只有一件事我做不到, 那就是为他提供出国机会, 不过你们知道我自己也无法出国.

以朗道的锐敏, 他不可能不觉察到苏联社会政治生活中存在的问题. 然而, 他是一个爱国者, 曾经出色完成过各种国防任务, 毕生致力于提高苏联的理论物理水平和培养理论物理人才. 用我们过去的政治术语, 他是一位走“白专道路”、被“控制使用”的杰出学者. 在他周围, 有过卡皮查、库尔恰托夫这

4) D. D. Ivanenko(1904—1994), 朗道在列宁格勒和哈尔科夫时的同学和同事. 曾在1935年被捕并流放到西伯利亚. 自1943年以后一直是莫斯科大学教授.

5) V. L. Ginzburg(1916—) 2003年获诺贝尔物理学奖.

6) I. V. Kurchatov(1903—1960), 从1943年起领导苏联核武器的研制.



图4 朗道和卡皮查(1948年)

些勇于承担责任、坚持真理的科学家,为他撑起保护伞,尽量发挥他的聪明才智。这不能不说是苏联物理学界的一件幸事。

4 理论物理教程

朗道在哈尔科夫工作期间,开始筹划在从低到高的几个层次上撰写普通物理和理论物理的读物。他同别人合作撰写的《大众物理学》曾经有过汉译本。影响最大的著作当然是朗道和栗弗席兹合著的《理论物理教程》。从开始酝酿到栗弗席兹在朗道身后坚持完成计划,前后历时40多年。这是一部空前而且很可能“绝后”的巨著。

按朗道的设想,这套书用统一的“理论物理”风格,描述了一个理论物理工作者应当具备的基础知识。不论今后在哪个方向发展,全面掌握理论物理的基础都是必要的。书中除了正文的系统论述,还有大量习题。许多习题本身就曾是研究成果。

按照栗弗席兹的最后筹划,全书包括以下10卷,俄文版总量超过4600页。我们在括号中给出早期的出版年份,后来的年份不尽完备:

(1)《力学》(1940版是朗道与毕季哥尔斯基合著,1958,1965,1973)

(2)《场论》(1941,1948,1960,1962,1967,1973)

(3)《量子力学(非相对论部分)》(1948,1963,1974)

(4)《量子电动力学》(1968,1971,1980)

(5)《统计物理学I》(1938,1940,1951,1964,1976,1995)

(6)《流体力学》(1944,1954,1988)

(7)《弹性理论》(1965,1987)

(8)《连续介质电动力学》(1957,1982)

(9)《统计物理学II凝聚态理论》(1978)

(10)《物理动理学》(Physical Kinetics,实为非平衡统计物理,1979)

第四卷由别列斯杰茨基、栗弗席兹和皮达也夫斯基合著,初版题为《相对论量子理论》,分为上下两册。最后两卷由栗弗席兹与皮达也夫斯基合著。《流体力学》和《弹性理论》在1954年之前原为一册《连续介质力学》。

这套巨著中的多册曾在不同时期有过汉译本。最近高等教育出版社着手组织,从俄文原著全套重新翻译出版。希望这件能促进我国理论物理教育事业的好事能善始善终。



图5 物理问题研究所理论室成员合影(1956年)(前排自左至右为L. A. Prozorova(此照片中唯一的实验家),A. A. Abrikosov, I. M. Khalatnikov,朗道,栗弗席兹;后排自左至右为S. S. Gershtein, L. P. Pitaevsky, L. A. Wainstein, R. G. Akhchipov, I. E. Dzyaloshinsky)

5 朗道“势垒”理论物理最低标准

也是在哈尔科夫工作期间,24岁的朗道为希望追随他工作的研究生们制定了“理论物理最低标准”,即后来有人称为朗道“势垒”的一套考试。按照以后规范化了的要求,“最低标准”由一门数学和八门理论物理面试组成。后八门是理论力学、经典场论(包括狭义和广义相对论)、统计物理、非相对论量子力学、连续介质电动力学、物理动理学、连续介质流体力学和弹性力学、量子场论。考试中注重解决具体问题的能力,而不是抽象的理论框架。朗道有一次对年轻学生说,有准备的人应能在三个月里通过“最低标准”,如果需做准备也应在一年内完成。朗道的许多自立门户的学生,也曾先后按“最低标准”录取学生。其实,对于有志于理论物理研究的俄国学生,

“最低标准”谈不上是个“势垒”，他们通常在大学本科就开始闯关。

最初朗道自己主持每次考试，后来由他的教授级的助手们分担大部课程，但第一门数学和最后一门量子场论总是由朗道本人出面。朗道备有一个笔记本，他亲自记录下最终通过考试的人名和年份。从1933年到1961年底，总共有43个名字记录在案（见附录）。据不完全统计，这43人中至少有18人后来成为苏联或加盟共和国科学院院士或通讯院士，有一位获得诺贝尔物理学奖。名单中唯一的非苏联公民是1935年在哈尔科夫通过考试的匈牙利人Lszl6 Tisza，他比朗道大一岁，1941年移居美国，在麻省理工学院执教到退休，现仍健在。还有少数人在通过“势垒”之后，精疲力尽、心力交瘁，从此销声匿迹。

笔者1959年6月从哈尔科夫国立大学物理数学系的理论物理专业毕业。当时该校的理论物理教研室由I. 栗弗席兹(Ilya M. Lifshitz)主持。他是同朗道一起撰写《理论物理教程》的E. 栗弗席兹的弟弟。由于独立奋斗，他在1960/1970年就当选为苏联科学院通讯院士和院士，而其兄在1966/1979年当选。我在1958年初在栗弗席兹那里通过了“最低标准”中的理论力学。后来由于提出把大学四、五年级并在一起修完的“跃进”计划，未再继续考“最低标准”。毕业回国不久，我就卷入了高分子半导体“大会战”，根本忘记了国家科委要我同另外150位归国同学在国内实习两年，再到苏联读研究生的任务。1961年秋，150人中的15人被通知到外语学院报到。

1961年10月27日我到达莫斯科大学物理系，提出要做朗道的研究生。系秘书查了课表，三天后在大课教室外面，等候朗道课间休息。我对朗道说明来意后，他说：“您知道，我不接收没有通过理论物理最低标准的学生”（俄语习惯对生疏者称“您”）。我说，知道，我会通过。他又说：“我担心您会落入极其困难的境地”。我说：“那我就尝试从那种境地里面闯出来”，用的是俄语中最坚决的表达方式。朗道说，“好吧，那您就试试吧”，并给了电话号码，要我准备好就打电话定考试时间。我又问，可以参加您的讨论班吗？他说，每星期四上午11点，任何人都可以自由参加。

我知道有几位中国同学曾经试考过最低标准，但没有人真正通过。于是稍事准备后就打电话到朗道家里。考试定在11月11日上午，在物理问题研究所理论室朗道自己的房间里。他让我坐在办公桌前，

拿一张白纸写了个不定积分，就到走廊中去同别人谈话。过一会儿，他进来从后面看了一下，看到已经走上正路，就说，够了，够了，又写了另一个问题。记得有一道题是要简化一个比较复杂的矢量分析表达式。由于我的数学知识基本上源于自学，解题实践不足，于是采取了最有把握的办法，把矢量关系全部用单位对称和反称张量写出来，再按爱因斯坦规则缩并指标。朗道看到以后，大笑了几声，告诉我怎样走捷径。

我事先从苏联同学处听说，同朗道考试，要看谁先说“再见”。如果一道题做不上来，你就得说“再见”，以后还有机会再试一两次。如果朗道主动说“再见”，那是个好征兆。我做了5道题后，朗道拿出三张打字纸，并且说“矢量运算您稍慢一些，不过会习惯的。再见”。那三张纸上印着接受其他各门考试的人名和他们的电话，还开列了研读《教程》准备考试时可以略而不读的章节。那时，10卷《教程》还没有出齐，《物理动理学》（现《教程》第10卷）用的是古列维奇的专著。

1962年朗道受伤之后，讨论班停了约两个月，从3月22日起继续，不过朗道的座位始终空着。6月7日我考过连续介质电动力学。这时朗道不可能在短期内恢复已成定局，量子场论改由阿布里科索夫⁷⁾主考。原准备在7月间考掉这最后一门，但由于阿氏休假，推迟到9月20日才考完。以后就随阿氏从事研究。

未能由朗道本人把名字写进通过“最低标准”的名单，是一件憾事。因此，我从来不说自己是朗道的学生。然而，趁年轻精力充沛，集中10来个月研读《理论物理教程》和通过“最低标准”，确实终生受益。

6 感想

撰写这篇短文，不能不对我国理论物理学乃至整个自然科学基础研究的发展历程有所思考。

朗道虽然可以称为天才，但他绝未独善其身，而是团结和教育了大批理论青年，形成了名副其实的“朗道学派”^[5]。同一时期在苏联还有团结在塔姆⁸⁾、玻戈留博夫⁹⁾等人周围的理论团队，他们的竞争和

7) Alex A. Abrikosov(1928—)，2003年获诺贝尔物理学奖

8) I. E. Tamn(1895—1971)，1958年获诺贝尔物理学奖

9) N. N. Bogoliubov(1909—1992)，杜布诺联合核研究所理论室的创建和领导者，乌克兰科学院理论物理研究所以其命名

合作使得苏联理论物理学称雄世界数十年. 在理论物理这样的精确科学领域, 不会产生科学观点各异的学派, 他们的差别在于个人风格和教育治学之道的不同. 这种学术多样性的出现有其历史和当代的原因.

就历史而言, 沙皇俄国的数学和物理已经相当发展, 出现过国际知名的学者. 朗道、塔姆和玻戈留博夫都曾受到前辈的提携. 苏联的科学领导部门从来没有以“一刀切”的方式干预基础科学研究, 更没有用“经济杠杆”来贯彻官员们的意志. 物理问题研究所是预算不受限制的单位, 它的所长显然享有重要人事的决定权. 苏联科学院研究所的工作时间从未受到政治运动冲击. 朗道每星期四上午 11 点的讨论班, 从 1930 年代到 1968 年, 没有改过日期. 卡皮查、库尔恰托夫这些学者的科学成就和道德品质都高大到足以迎着政治强风而为科学事业张开保护伞的程度. 他们的个人勇气令人钦佩! 我国前辈学者钱三强“解放生产力”^[10]、“举贤不避亲”, 亦可与之比拟.

朗道在列宁格勒大学时是少年“三剑客”之一, 另两人是伊万年科和伽莫夫^[11]. 评点相对论、切磋量子化, 这三位本科生当时就颇引人瞩目. 其中伽莫夫的科学天份或许并不逊于朗道, 他在 1933 年趁出国参加会议而滞留于外, 1940 年成为美国公民, 身边已经不可能团聚大批有为青年. 他和朗道同年辞世. 盖棺而论定, 其差别则明矣. 爱国心显然是科学家的重要品格.

致谢 刘寄星博士协助广为搜集资料, 特别是关于苏联核武器研制的情况和朗道门生们的去向, 他对全文组织提出过许多根本性建议. 周海军和施郁博士对手稿提出过宝贵意见. 本文插图全部取自俄国《自然》杂志 2008 年 1 月号^[2]. 在此一并致谢.

参考文献

- [1] Khalatnikov I M ed. Landau. The Physicist and the Man. Recollections of L. D. Landau, Pergamon Press, 1989
- [2] Andreev A F *et al.* Special Issue to the Centennial of L. D. Landau *Priroda* (Nature), 2008(1): 2—95 (12 篇俄文文章)
- [3] Andreev A F *et al.* Scientific Session of Division of Physics, Russian Academy of Science, devoted to the Centennial of L. D. Landau, *Uspekhs Phys. Nauk*, 2008, 178(6): 611—668 (7 篇俄文文章)
- [4] Lifshitz E M, Khalatnikov I M eds. Collected Works of Landau. Nauka, Moscow, 1969 (两卷俄文); Ter Haar D, ed. Collected Papers of Landau. Pergamon, Oxford, 1965
- [5] Kaganov M I. The Landau School. What I think about It. “ Troviant ” Press, Troitzk, Moscow Province, 1998 (俄文)
- [6] Goncharov G A, Ryabev L D. Building the first soviet atomic

bomb, *Uspekhs Phys. Nauk*, 2001, 171(1): 79—104 (俄文)

- [7] Janouch F. CERN Preprint, CERN 79-03, 28 March 1979
- [8] Kora Landau-Drobantzeva, Academician Landau. How We Lived, Zakharov-AST, Moscow, 1999, ISBN 5-8159-0019-2 (俄文)
- [9] Ioffe B L. Landau 's theoretical minimum, Landau 's seminar, ITEP in the beginning of the 1950s, arXiv hep-ph/0204295, 25 Apr 2002

附录: 朗道笔记本上的 43 人名单

(顺序为: 姓名, 年份, D 为科学博士, K 为副博士, 这两个字母是朗道本人在 1961 年底以前写的; xxxx/yyyy 是当选通讯院士/院士年份(刘寄星协助核查). 朗道笔记本中只有俄文姓氏, 名字缩写是 2008 年 2 月 17 日 M. I. Kaganov 在 Belmont 家中应郝妍请求加上的.)

- (1)Kompaneets A. S. , 33 D (2)Lifshitz E. M. 34 , D , 1966/1979 (3)Akhiezer A. I. 35 , /1964, Ukrainian AS (4) Pomeranchuk I. Ya. , 35 , D , 1953/1964 (5)Tissa Laslo , 35 ; (6)Levich V. G. , 37 , 1958/ (7)Berestetskii V. B. , 39 , D ; (8)Smorodinskii Ya. A. , 39 , D (9) Khalatnikov I. M. , 41 , D , 1972/1989 (10)Khutsishvili Givi , 41 , D , 1967/ Georgian AS (11) Ter-Martirosyan K. A. , 47 , D 2000/ (12)Abrikosov A. A. 47 , D , 1964/1987 (13)Ioffe B. L. , 49 , D , 1990/ (14) Zharkov V. N. 50 , K (15)Lapidus L. I. 50 , K (16)Sudakov V. V. 51 , K (17)Kagan Yu. M. 51 , K , 1970/1984 (18)Gershstein S. S. , 52 , K , 1984/2003 (19)Gor 'kov L. P. , 53 , D , 1966/1987 (20)Dzyaloshinskii I. E. , 53 , K , 1974/ ; (21) Arkhipov R. G. , 54 , K (22)Balashov V. V. 54 , K (23)Vedenov A. A. , 55 , K , 2003/ (24)Maksimov L. A. , 55 , 1997/ ; (25)Pitaevskii L. P. , 55 , K , 1976/1990 (26)Sagdeev R. Z. , 55 , K , 1964/1968 (27)Bekharevich I. L. 55 , K (28)Ivanchik I. I. , 56 , K (29)Bychkov Yu. A. , 57 , K (30)Shapoval E. A. , 58 (31) Fal 'kovskii L. A. , 59 (32)Andreev A. F. 59 , 1981/1987 (33)Kondratenko P. S. , 59 (34)Rusinov L. I. , 59 (35)Marinov M. S. , 60 (36)Berkov A. V. , 60 (37)Melik-Barkudarov T. K. 60 (38)Moskalenko V. A. 61 (39)Ignatovich V. K. 61 (40)Bud 'ko ?, 61 (41)Man 'ko V. I. , 61 ; (42)Malkin V. B. , 61 (43)Kolabasov V. M. , 61.

10) 1960 年代初钱三强争取若干因种种原因未能发挥作用的科学工作者参与国防任务

11) George Gamow(1904—1968), 宇宙背景辐射和氨基酸三联码概念的提出者. 1932 年当选苏联科学院通讯院士, 1938 年被撤销, 后俄罗斯科学院又追认