

朗道及其在凝聚态理论方面的卓越贡献

徐载通

(苏州大学物理系)

列夫·达维多维奇·朗道是苏联现代最杰出的理论物理学家。他对苏联物理学的发展作出了伟大的贡献；可以说他是一位二十世纪物理学界的杰出人物。朗道思想敏锐，学识广博，精通理论物理学的许多分支。在他的一生中，主要从事于固体物理学、低温物理学、等离子体物理学、流体力学、天文学、宇宙线物理学、核子物理学、量子力学和量子场论等方面的研究，并且都作出了重大的贡献。这主要有：引入了量子力学中的密度矩阵的概念(1927年)；金属电子抗磁性的量子理论(1930年)；铁磁体的磁畴结构和反铁磁性的解释(1935年)；二级相变理论(1936至1937年)；原子核的统计理论(1937年)；液态氦II超流动性的量子理论(1940至1941年)；超导电性混合态理论(1943年)；真空对电荷的屏蔽效应理论(1954年)；费密液体的量子理论(1956年)；弱相互作用的复合反演理论(1957年)。他还有一些引人注目的贡献是：1937年他利用费密气体模型推测恒星坍缩的质量；1946年他在理论上预言等离子体静电振荡不是由于碰撞引起的耗散机制的存在等。过了十八年后，他的这一预言被一些美国物理学家在实验上予以证实。在他研究的这些领域内，有不少术语都冠以他的姓氏，例如朗道阻尼，朗道能级，朗道去磁，朗道(电子)抗磁性等等。由于他创立了凝聚态理论，特别是液态氦理论，荣膺1962年诺贝尔物理学奖金。

生平简介

朗道1908年1月22日出生于巴库。他的父亲是个著名的石油工程师，曾任职于巴库油田；母亲在圣彼得堡受过医学教育，并在那里从事生理学科学工作，后来当内科医生。父母双亲都是犹太人。朗道在幼年就已显露出聪明过人的资质。由于父母亲良好的学前教育，他上小学时，学习成绩特别好，尤其是数学。上中学后，更进一步显露出他的数学才华。当时他被誉为神童。他13岁时中学毕业。那时，他就被精密科学(数学、物理、化学)深深地吸引住了。他的双亲认为他上大学年龄还太小，便让他在巴库经济技术学校学习了一年。1922年秋，年仅14岁的朗道考入巴库大学(现今的基洛夫阿塞拜疆加盟共和国大学)，就读于物理—数学系和化学系；尽管后来朗道没有继续学化学，但他后来一直保持对化学的兴趣。在大学里，他聪明好学，接受能力极强，很快就显露出他的惊人才华，成为巴库大学物理系首屈一指的高材生。由于战乱的影响，当时的巴库大学，无论在师资上，还是在实验设备上都比较差，校方为了造就这位少年大学生，1924年主动提出并把他送到各方面条件都比较优越的列宁格勒大学物理系深造。1926年，刚刚18岁的朗道发表了第一篇科研论文《双原子分子的能谱理论》，阐述了关于双原子分子光谱的理论。1927年，他大学毕业，并且获得了哲学博士学位。1927至1929年，他成为列宁格勒物理与技术学院的研究生，从事量子力学韧致辐射的研究；1927年他发表了题为《在波动力学中的韧致辐射问题》的论文，最先引入“密度矩阵”的概念。1929至1931年，朗道出访德国、瑞士、荷兰、英国、比利时和丹麦。他到过哥

本哈根理论物理研究所和德国、英国以及瑞士等国的物理研究部门学习和工作。在国外期间，使他有幸与一些当代著名的理论物理学家象N·玻尔，泡利，埃伦菲斯特和W·海森伯等接触、交往和共同工作。哥本哈根大学理论物理研究所的学术空气和N·玻尔的为人，给了他深刻的影响。他自认是N·玻尔的学生。在那里，当时欧洲的理论物理学家们都聚集在N·玻尔的周围。朗道和玻尔共同工作，参加玻尔的研究讨论会，大大地开阔了眼界，这对朗道后来的发展起了非常重要的作用。朗道和N·玻尔之间建立了深厚的友谊（朗道于1933年及1944年两度到过哥本哈根，而玻尔于1934年、1937年及1961年访问过苏联，他们多次交换过科学见解）。1930年，朗道同R·皮埃尔斯一起研究了量子力学的大量微妙问题；同年，他还从事金属理论领域中的基础工作，证明了简并性电子气具有抗磁化率（朗道抗磁性）。1931年，朗道返回列宁格勒，仍在物理与技术学院工作。1932年，他被调往哈尔科夫，成为新建的乌克兰应用物理研究所理论物理室的科研领导人；同时他又负责哈尔科夫机械工程学院理论物理教研室的工作，一直到1937年。1934年，他未经论文答辩，便被授予物理与数学科学博士学位。自1935年起，他又负责哈尔科夫大学普通物理教研室工作；同年获得教授职称。朗道所创立的一个庞大的苏联理论物理学派便是在哈尔科夫打下基础的。在哈尔科夫的工作期间，他的科研工作涉及固体物理学、原子碰撞理论、核物理学、天体物理学、热力学的一般问题、量子电动力学、气体运动论和化学反应理论的各种课题，特别是他在关于库伦相互作用情况的动力学方程、铁磁畴结构和铁磁共振理论、反铁磁态理论、核统计理论以及二级相变理论方面做了大量出色的工作。从1937年春起，朗道被调往莫斯科担任当时新建立的苏联科学院物理问题研究所理论部主任，在那里一直工作到去世。在1937至1941年期间，朗道在电子簇射的级联理论和超导体中间态两个方面进行了卓越的工作，基本粒子和核相互作用物理学开始在他的研究工作中占据了重要地位。1941年他详细地研究了液氦II超流动性理论的基本特点。1947至1953年，他研究了电动力学、液氦II粘滞性理论、超导电性的新唯象理论，以及在宇宙线物理学中极为重要的快速粒子碰撞中粒子的多种起源的理论问题。1956至1958年，他创立了费密液体理论，液氦III和金属中的电子都同这种理论有关。1946年，他被选为苏联科学院院士。他曾任莫斯科大学教授（1943至1947年，以及从1955年起）和莫斯科物理与技术学院教授（1947至1950年）。

苏联在1936年开始的“大清洗”运动，从1937至1938年达到了它的顶峰，数百万人（其中有一百多位著名科学家）遭到逮捕，投进监狱；有数十万人被处决。1938年，朗道也被苏联当局以“德国间谍”罪遭到逮捕并判了刑。当时，朗道的挚友П.П.卡皮查曾经设法营救他。当卡皮查营救他的努力失败以后，曾经在监狱里跟朗道作了一次简短谈话，然后他就采用了孤注一掷的手段。卡皮查向当局莫洛托夫和斯大林递交了一份备忘录说，如果不立即释放朗道，他就要辞去一切职务，离开研究所。当时，卡皮查已具有崇高的国际威望，政府明白他在一些关键性研究项目里（某些部分关联到原子物理学）具有无比的重要性。显然，政府也明白卡皮查的话不是随便说说的。于是，不久以后苏联当局就开脱了朗道的一切罪名，把朗道释放了。

1962年1月7日，朗道不幸遭遇车祸造成严重的脑震荡，连续几个月处于垂危之中。为了生存下来，他与病魔进行了长期的拼搏。人们为了抢救朗道的生命作了很大的努力，卡皮查密切配合，全力以赴。卡皮查的外国朋友们象帕特里克·布莱克特，皮埃尔·比奎德，奥格·玻尔以及尼尔斯·玻尔也“为了朗道”想方设法尽快地将急救药物寄到莫斯科。但是，朗道的脑

水肿和全身水肿日趋严重恶化，终告无效，1968年4月1日不幸在莫斯科与世长辞，去世时刚满60岁。

创立二级相变理论

1937年，朗道详细地研究了二级相变（又称第二类相变），创立了二级相变理论（第二类相变理论），深刻地阐明了相变和物体对称性之间的关系。他于1936年与1937年分别发表的两篇题为《相变理论》和《关于相变理论》的著名论文，总结了这方面的科研成果。所谓二级相变，就是在相变点，不仅化学势连续，而且比熵与比容也连续，也就是化学势及化学势对温度与压力的一阶导数也连续（即不存在潜热，也没有比容的变化），但化学势对温度与压力的二阶导数有突变，即物质的比热容、定压膨胀系数和等温压缩系数有突变。我们称这种相变为二级相变。朗道从相变点处的对称性质的变化研究相变点领域的行为，他采用一个序参量 η 来描述相变， $\eta=0$ ，代表一种序比较低即对称性比较高的结晶状态，即无序态； $\eta \neq 0$ ，则代表一种序比较高即对称性比较低的结晶状态，即有序态。 η 是有序程度的量度，可由它所取的两种不同的值：或零，或有限值区分系统处于哪一相，而系统的热力学性质譬如热力学势同 η 有关。在一定的温度 T 和压力 P 之下， η 的平衡值 η_0 同 T 、 P 有关，它由热力学势的极小条件决定，由此解出 $\eta = \eta_0(T, P)$ ，当 T 、 P 连续变到相变点时， η_0 也连续地变为零。所有的相变点应是每个相的稳定性开始遭到破坏，或者稳定性条件开始不适用的点，它处于稳定区和不稳定区的边界区域。对于二级相变来说，由于无共存区，因此，相变点是满足 $\eta_0(T, P) = 0$ 的临界态。由此可画出相平衡曲线。例如铁磁体在居里温度以下，存在自发磁化，这属于在方向上对称性比较低的状态；当温度升高时，有序程度降低，自发磁化变小；当温度达到居里温度时，自发磁化等于零，此时系统处于对称性较高的状态，称为顺磁状态。于是可以把自发磁化作为序参量，它是一个矢量，记作 η_i （ $i=1, 2, 3$ ）。 $\eta_i=0$ 代表顺磁态， $\eta_i \neq 0$ 代表铁磁态， η_i 同 T 、 P 有关，其值由磁介质系统的热力学势 $G(T, P, \eta)$ 极小条件确定。关于超导相和正常相的相变问题，也可应用这种方法。朗道二级相变理论得出的结论不但是正确的，而且具有相当的普遍性。朗道相变理论的创立为他后来和B.П.金兹堡共同创立新的超导电性半唯象理论奠定了基础。

创立超导电性半唯象理论

众所周知，在1950年以前，比较成功地解释超导现象的唯象理论主要是弗里兹·伦敦（Fritz London）和汉斯·伦敦（Heinz London）兄弟在1935年提出的宏观电动力学方程——伦敦方程；荷兰物理学家戈尔特（C.J.Gorter）和卡西米尔（H.B.Gabimir）的热力学理论以及二流体模型。但是，伦敦方程却存在着局限性。根据其理论，外界磁场在样品中的穿透深度与外加磁场强度无关，并且也与样品的大小无关，这只在磁场较弱时才与实验吻合；另外，它们对诸如为什么会出正或负的表面能等问题不能给予解释。

苏联物理学家B.П.金兹堡和朗道在研究了这一问题以后，考虑到现有的超导唯象理论存在着不允许确定在正常相和超导相之间边界的表面张力，因而不能正确描述磁场或电流对超导电性的破坏等问题，所以他们于1950年一起发表了一篇举世闻名的题为《关于超导电性理论》的论文，提出了一种更为精致实用的超导电性半唯象量子理论，称为金兹堡—朗道理论（GL理论）。这种理论是以朗道于1937年所创立的二级相变理论为基础的。他们将它应用于超导体，把超导体的自由能在 T_c 附近按有序化参量 ψ （超导电子有效波函数）的幂展开，应用变分原理进行推导，考虑到有效波函数和磁场对自由能的贡献，并对自由能取极小值后

得到了关于 ψ 和电磁场矢势 A 的两个联立方程式，即金兹堡—朗道方程（GL方程）。这一方程正确预言了临界磁场的大小及随样品厚度减小时相变从一级到二级变化，解决了伦敦方程遗留的问题。

GL理论是苏联物理学家对世界科学宝库最重大的贡献之一，它在超导研究中有着广泛的应用。朗道和金兹堡从GL方程出发，得到了在一维（超导半空间和薄膜）情况下的解；计算了在超导相和正常相之间的界面能；得出了在薄膜情况下临界场和薄膜厚度的关系；发现当薄膜厚度小于某一临界值，在有外磁场时由超导态向正常态的相变也是二级的，仅当薄膜厚度大于该临界值时，在磁场中的超导——正常相变才是一级的。在很多情况下存在空间不均匀性，如第一类超导体的中间态，第二类超导体的混合态都要用GL方程研究。1957年，A. A. 阿布里科索夫用GL方程研究磁场下第二类超导体的性质，建立了第二类超导体理论；GL理论后来又成了创立超导合金理论（金兹堡—朗道—阿布里科索夫—戈尔科夫理论）的基础。GL理论的巨大功绩在于，它正确地预言了薄膜随厚度减小时相变从一级到二级的变化，而伦敦理论却没有做到这点；另外，伦敦理论提出的两个重要假定，即穿透深度与外加磁场强度无关，也与样品的大小无关。这两个假定构成了伦敦理论的两个缺陷，也都被GL理论自动补充上了；不但如此，GL理论中的一个主要的非线性方程式，也适用于研究量子场论中自发破缺对称性场的理论，《GL类型的拉格朗日函数》的专门名词已经在许多场论著作中出现，很多与超导态物理学有关的重要结论已经在基本粒子物理学中出现。

创立超导体中间态层状结构理论

1937年朗道对低温物理学的超导电性的问题进行过深入研究，创立了超导体中间态的层状结构理论。1937年，他发表了《关于超导电性的理论》的论文；1938年他又发表了《超导体的中间态》的论文；1943年，他所发表的《论超导体的中间态理论》的著名论文，就是对这项科研工作的总结。

我们知道，退磁因子不为零的第一类超导体处于外磁场中时，由于超导体的磁化使磁场分布畸变，结果产生不均匀的表面场。外场增加时，超导体表面某些区域首先达到临界磁场转变为正常态，而其它区域仍为超导态。这种超导态与正常态同时存在的状态称为中间态。第一类超导体的中间态与第二类超导体的混合态，都是正常态与超导态之间的过渡阶段。但它们的内部结构不同。在退磁因子不为零的第二类超导体中，迈斯纳态与混合态共存的状态也称为中间态。

朗道首先分析了无限超导平板在横场中的情况，他认为这时超导体将分成许多交替出现的超导相和正常相薄层（其厚度约为 10^{-2} cm），称为层状结构模型。外场增加时正常相的体积增加，外场达到 H_c 时全部转变为正常相。朗道认为，正常相薄层在超导体表面要变宽并分裂为许多更薄的层，称为分支层状结构。他的这种分支层状结构理论，后来到1947年被A. N. 沙利尼科夫等人用实验所证实。但这只是在很少情况下才能观察到类似于朗道所分析的分支结构。

创立液氮超流动性理论

1940年，朗道深入地研究了液氮II的超流动性现象。1941年，他发表了举世闻名的题为《液氮II的超流动性理论》的论文，创立了液氮超流动性理论。由于他创立了二级相变理论和液氮超流动理论，1946年荣膺苏联国家奖金。后来，他又发表了一系列重要论文：《关于氮的流体动力学》（1944年）、《关于氮的超流动性理论》（1947年）、《在氮中不相干粒

子的运动》(1948年)、《关于超流动性理论》(1948年)、《氦Ⅱ的粘滞性理论, 1. 在氦Ⅱ中元激发的碰撞》(1949年)。

关于液氮超流动性问题, 朗道认为这是由于在液氮中存在着原子间的相互作用, 因而可以把液体看成具有一定量子态和能级的整体。对于处于低激发能级态的低温液体, 可以近似假定每一个能级都是若干准粒子或元激发的能量之和。每一个元激发具有一定动量 P 和能量 $\epsilon(P)$, 并在物体内运动。于是, 可以把弱激发系统看成准粒子或元激发所组成的理想气体, 因而原子之间相互作用的性质被概括到元激发能谱 $\epsilon(P)$ 中。当元激发谱中有一极小值时, 可以有两种类型的元激发, 即声子和旋子。为了说明超流动性, 声子态和旋子态必须被一能隙 Δ 分隔开来(但是朗道没有说明这个能隙存在的理由)。

在温度不等于绝对零度时, 液氮Ⅱ并不处于基态, 而是包含有元激发。这种元激发气体的行为象正常气体一样, 具有粘滞性; 当液氮Ⅱ在毛细管或狭缝(约为 $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{cm}$)中流动时, 元激发气体停止运动, 只要液体流速不超过临界速度, 液体中就不会因流动而产生新的元激发, 即液体仍然具有超流动性。因此, 在液氮Ⅱ中同时存在两种运动: 一种是正常运动, 具有与通常粘滞液体运动相同的性质; 另一种是超流动性运动。其中每一种运动属于它所对应的“有效质量”(这两种质量之和等于液体真正的总质量)。这两种运动彼此之间不发生动量的传递。因此, 朗道提出了二流体模型, 这一模型将液氮Ⅱ看做是由相互独立而又互相渗透的两部分流体组成的。通常用这种二流体模型来分析液氮Ⅱ中出现的各种现象。朗道把液氮Ⅱ形式地看成正常部分和超流部分的混合物, 两部分之间没有摩擦。超流部分熵为零和无粘滞性; 正常部分具有正常液体的性质, 熵不为零和有粘滞性。液体的总密度 ρ 等于这两部分密度之和, 即 $\rho = \rho_n + \rho_s$ 。式中 ρ_n 为正常部分密度, ρ_s 为超流部分密度。超流部分处于基态, 正常部分处于激发态。在绝对零度时, 整个体系处于基态, $\rho_n = 0$; 随着温度的增加, ρ_n 逐渐增加, ρ_s 逐渐减小。至 λ 点(氮的 λ 点为 2.17K), 整个流体变为正常流体, $\rho_s = 0$ 。两部分流体的动量之和为整个流体的动量。由此出发得到液氮Ⅱ的一系列流体力学性质, 成功地解释了液氮Ⅱ中的奇特现象。朗道这种液氮Ⅱ中存在正常部分和超流动性部分两种成分的理论, 后来在1948年被 $\Theta. \text{JI. 安德罗尼卡什维}$ 利用实验所证实。

朗道根据自己的超流理论, 不仅对液氮Ⅱ的全部已知性质作了详尽的描述, 而且还预言了液氮Ⅱ的一些全新的特性。例如, 他曾经预言在液氮Ⅱ中除了存在正常的声音以外, 还存在“第二声”。朗道指出: 与主要属于压力振动的正常声(第一声)完全不同, “第二声”中的主要振动是温度振动。所谓“第二声”, 它相应于液氮Ⅱ正常部分和超流部分浓度差的传播。这时, 只有正常部分和超流部分的相对流动, 没有净质量的流动, 不存在密度和压力的变化, 但包含温度的变化, 所以它是一种弱阻尼温度波(热波)。在绝对温度零度附近, 第二声速度接近于普通声速; 在氮由超流态转变为正常态的相变点(λ 点)上, 第二声速度变为零。朗道的这一预言, 后来于1944年被卡皮查的学生 $B. \text{II. 佩什科夫}$ 在实验中发现了这个“第二声”, 其结果与朗道的理论在定量上完全一致, 从而成功地解释了液态氮的许多新奇现象。

为了说明超流动性, 朗道还曾经预言 ^4He 的元激发谱 $\epsilon(p)$ 曲线具有如图1所示的形状: 在开始一段线性上升以后达到极大值, 然后开始下降, 而在某个一定动量 p_0 处通过极小值。在热平衡状态下, 液 ^4He 中所出现的元激发大部分都在能量极小值 $\epsilon = 0$ 和 $\epsilon = \epsilon(p_0)$ 附近, 是于在液氮Ⅱ中可以有两种类型的元激发, 即在 $p = 0$ 附近的声子(其能量和动量成正比,

$\varepsilon(p) = Cp$, C 为声速, 实验值为 239 ± 5 米/秒, p 为动量), 以及在 $p = p_0$ 附近的旋子(其能量 $\varepsilon(p) = \Delta + (p - p_0)^2 / 2m^*$, 式中 Δ 为能隙, m^* 为有效质量)。[$\varepsilon(p)/k - p/h$ 图就是根据实验值画出的, 其中 k 是玻耳兹曼常数, $h = h/2\pi$, h 是普朗克常数。

朗道的这一预言, 后来由帕列夫斯基等人借助于慢中子非弹性散射实验而直接证实。一个在液态氦中受到散射的中子, 只有通过产生激发才能失去能量, 而轰击中子所受到的能量损失, 已发现严格地对应于朗道理论所假定的旋子, 1941年, 朗道在苏联杂志《实验物理学和理论物理学》第Ⅱ卷上所发表的那篇《氦Ⅱ的超流动性理论》的著名论文, 已经反映了他在这方面的卓越研究成果。这篇理论性论文, 已被公认为物理学的经典著作。他为一门崭新的物理学科即量子液体物理学的诞生奠定了基础。

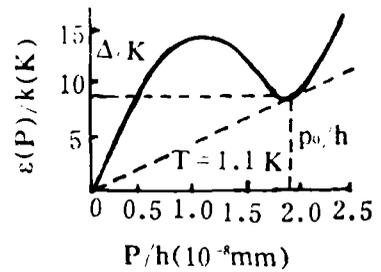


图1 ^4He 的元激发谱

创立费密液体理论

1956年, 朗道深入地研究并且创立了量子性的费密液体的普遍理论。1956年, 朗道在苏联《实验物理学和理论物理学》杂志上发表了一篇题为《费密液体理论》的著名论文。费密液体理论是一种对费密粒子所组成系统半唯象描述的理论, 它引进了准粒子概念和准粒子之间的有效相互作用。它把液体 ^3He 描述为具有弱相互作用的简并费密气体。按照朗道的费密液体理论, 在较强地相互作用着的液体 ^3He 系统中, 设想在每一个 ^3He 原子周围聚集着其它原子的“屏蔽云”, 从而变成了具有有效质量 m^* 的准粒子, 它们是自旋 $\frac{1}{2}$ 的费密子。由于相互作用大部分包括到了准粒子之中, 准粒子之间的相互作用就很弱了。于是液体 ^3He 可以看成是弱相互作用的费密气体, 这完全类似于描述正常金属中电子行为的模型, 与解释金属超导电性的BCS理论类比, 在 ^3He 准粒子系统中, 通过液体 ^3He 本身的自旋极化, 准粒子之间可以产生吸引的间接相互作用, 从而使费密面附近动量相反的两粒子形成束缚对, 而且束缚对之间具有很强的关联, 束缚对的总自旋为零, 不受泡利不相容原理的限制, 都凝集到能量较原来低的状态, 在费密面附近形成能隙 Δ 。由于束缚对彼此关联, 都以同样的质心动量运动, 破坏任一束缚对都需要 2Δ 的能量, 因此在超流相中束缚对不被散射, 没有粘滞损耗。和金属的超导电性不同的是, 在液体 ^3He 中, 粒子之间具有很强的近距排斥作用, 形成束缚对的两粒子相对运动的轨道态不可能是 $l=0$ 的S态, 而是 $l=1$ 的P态。这时轨道波函数是反对称的。为了保证费密子总波函数的反对称性, 自旋波函数必须是对称的, 所以配对的两粒子的自旋必定是平行的, 可以有三种可能的状态。通常称之为自旋三重态。

实验表明, 在 0.1K 以下的低温, 液体 ^3He 正常相的性质可很好地用朗道提出的费密液体理论来说明。朗道的费密液体理论曾经预言, 即使在一个周期之内, 准粒子之间没有任何碰撞, 内部分子场的存在, 仍然可以传播疏密波, 但其衰减常数不同于普通的声波(即第一声, 通常的声学压缩波, 它所传播的是密度的涨落), 不是正比于 $1/T^2$, 而是正比于 T^2 , 称为零声波; 这是一种密度波, 但它是一种“无碰撞的”集体运动方式。另外, 应用朗道的费密液体理论还可以说明比热和温度 T 成比例, 粘滞系数和 $1/T^2$ 成比例, 以及自旋磁化率与温度无关等性质。

教学研究硕果累累

朗道的一生不仅在理论物理领域的研究中作出了重大的贡献, 而且在理论物理教学研究

方面也结出了硕果。他任教多年，桃李满天下，为苏联培养了许多优秀的科学工作者。朗道在哈尔科夫工作时，曾为自己制定了一个基本的教学原则。他认为要想在理论物理学的任何一个领域内进行创造性的独立工作，首先必须充分掌握理论物理学各个分支的知识。为了达到这个目的，他提出了一个著名的《理论物理学的最低要求》，这是为有志于学习物理学的学生们准备的一份必须掌握的专业学习提纲，对当时的青年物理工作者起了相当大的指导作用。由于他对科学无比热情，并且具有渊博的学识，所以他吸引了许多青年，特别是他的学生。向他请教的人非常之多，既包括年轻人，也包括比较成熟的科学家。他有伟大的同情心和善良的愿望，不管谁取得任何成就都会得到他由衷的称赞。他团结了一大批科学家、物理工作者和青年学生，形成了一个庞大的世界闻名的苏联理论物理学派，这个学派在当今的世界科学界占据着一个令人羡慕的地位。在他的学生中有不少已经成为苏联卓越的科学家，工作于理论物理学的各个不同领域。

论文与著作

朗道一生发表了一百余篇学术论文，包罗的范围非常广泛，除了前面所提到的论文以外，还涉及到他所研究的理论物理学的其它各个领域。他所出版的著作有《理论物理学问题》（与E.栗弗席兹和J·罗津凯维奇合著，1935年）；《金属的导电性》（与A.科姆帕涅兹合著，1935年）；《力学》（与J.皮亚季戈尔斯斯基合著，1940年）；《普通物理学教程，第一部分力学、分子物理学和电学》（1949年）；《原子核理论讲义》（与Я.斯莫罗金斯基合著，1955年）。朗道对近代物理学的造诣令人信服地体现在他和他的学生E.M.栗弗席兹合著的颇负盛名的教科书《理论物理学教程》里。这部巨著共有《力学》、《场论》、《量子力学》、《统计物理学》、《连续媒质力学》、《宏观电动力学》、《物理动力学》《量子统计》和《量子场论》九卷。它们均以精辟独到的方法阐述了该学科各个方面。这是一部在理论物理学方面最基本最完善的论著，由于书中论述的独创性和所包罗材料的广博，在世界各国都是极为罕见的，因而这部全集获得了极高评价，朗道本人被誉为理论物理大师。1962年他荣膺列宁奖金。这部巨著在朗道的遗著中占有非常重要的地位，是世界科学文献宝库中最优秀的著作之一。它已经由10种以上的文字全部或部分地翻译出版，已为全世界所周知；它对理论物理学本身的发展和对年轻理论物理学家的培养起了重大作用，被公认为人们从事理论物理学研究的必备参考书。我国也早已翻译出版了这套教程，并且作了多次印刷。朗道的所有著作均以论述精确、科学资料丰富和对物理概念格外透彻表述为特征。

由于朗道在理论物理领域内的研究成就卓著，因此受到了苏联政府的高度评价和奖赏。他曾经于1946年、1949年和1953年三次荣膺苏联国家奖金；1962年荣膺列宁奖金；1953年荣获社会主义劳动英雄称号；三次荣获苏联国家勋章；1962年荣获列宁勋章。

朗道是苏联物理学会荣誉研究员，又是许多外国科学院和学会的成员。1951年和1956年他分别被选为丹麦科学院和荷兰科学院外籍院士；1959年英国物理学会吸收他为会员；1960年成为英国皇家学会会员；同年，他被选为美国国家科学院和美国文理科学院外籍院士；并因从事低温物理学的研究成就卓著而荣获F.伦敦（F.London）勋章（美国），还获得马克斯·普朗克勋章（西德）；1960年，他荣获第三届伦敦低温物理大师奖；朗道也是美国艺术与科学学院荣誉院士。