

奋斗 机遇 物理(中)

郝柏林

2019-11-18收到

DOI: 10.7693/wl20200908

9 一直未知的论文题目

哈尔科夫大学是5年制，是有毕业论文的。毕业论文分给我的小导师是Mark Ya. Azbel。他是我们系里当时非常牛的一个年轻人，只比我大5岁。按苏联的制度，读完研究生以后考的一个学位直接翻译出来，英文叫做Candidate of Science，中文译为“副博士”。一般现在都承认这跟美国的Ph.D是相当的。得到这个学位，就可以在大学获得职位，几年后可以当副教授、教授。但是欧洲制度中，还有一个国家博士。这个国家博士就高得多了，很多教授就不是国家博士，白发苍苍了，还在那儿写自己的国家博士论文。而这个年轻的Mark，由于做了个好工作，不光是Candidate拿到，国家博士也都拿到手了。那时候他在系里很牛，有些盛气凌人，非常厉害的一个，系里让他指导我的毕业论文的写作。他是因什么得的国家博士呢？是凭着所谓的Azbel—Kaner金属中的回旋共振实验和理论。在这里讲一点物理。

回旋共振，就是加上一个磁场后，电子会围着磁场转圈；如果再加上一个射频频的场，比方微波的，正好频率与它共振了，就会发生共振吸收。一般情况下，共振吸收可以测量出来。决定回旋共振频率的，有电子的质量。但是对于半导体、金属来说，这个质量不是真正的质量，是跟声子也就是跟整个晶格骨架作用以后的有效质量。而为

了半导体的发展，需要知道有效质量，就是载流子的质量。半导体里的载流子，有电子有空穴，费米表面并不是个球，比较怪。比方说，锗、硅都有一段费米表面，有点像枕头，是凹进去的。顺便说，凹进去的，曲率都是负的。有人想利用这个来造出负质量放大器。在半导体各种器件的理论里，有一种叫负质量放大器，就是利用这个曲率。二阶曲率就是有效质量。这个是可以回旋共振测量的。这方面做得比较出色的，有一篇论文是Dresselhaus的。夫妇俩，两位Dresselhaus，男的叫Gene Dresselhaus，女的叫Mildred S. Dresselhaus。他俩在20世纪50年代关于半导体回旋共振的此篇论文，那个时期搞半导体的人基本上都得细读细抠。女Dresselhaus更厉害，是美国物理学界的强人之一，美国最强的MIT材料实验室的头，担任过美国物理学会主席。但是回旋共振能不能在金属里测量就不是个简单的问题了。金属有一个趋肤效应，指的是电磁波进入金属要衰减，所以只能进入金属表面的薄薄的一层。在那里，电子在旋转时跟电磁场根本没办法碰上，没办法作用，所以金属里能不能做回旋共振是个问题，一般认为做不了，但是又有必要做。这是因为哈尔科夫搞固体理论的人在20世纪50年代的一个重要贡献是对金属费米面的理论。电子能级填充满了以后的最后那个面叫费米表面，在动量空间是个几何表面。如果是自由电子，它

就是个球。但是在固体，在金属里，它有着各种各样的形状。比方说金属铜的费米表面是什么样子呢？基本上，主要部分是个球，但是铜是面心立方，在每一个大的表面地方，长出一个管儿来，跟下一个布里渊区连接起来，所以它是一个复连通的、各个方面连起来的一个架子。如果要测量它的电子，就要加上磁场，磁场加入的方式不同导致最后出来的形状很不一样，有效质量也很不一样，所以如果能够测量回旋共振的话，那会是很好的。想测量回旋共振，但是在金属里没有办法。Azbel想了个简单的办法，这就是懂物理又动脑筋的好处。他说不是有趋肤效应吗？在金属上只有很薄一层有电磁波可以进去，那请你把恒定磁场平行于表面加上，我现在把手臂放平，伸直，恒定磁场沿着我的手臂平行加上以后，电子就在垂直于我手臂的平面上转。就有一批电子每转一圈回到趋肤层一次，在这儿，就可以与电子运动垂直的恒定磁场作用，就可以加速。这是一个真正的单缝回旋加速器。加速粒子用的回旋加速器，一般是双缝的，也有单缝，这里是一个单缝的回旋加速器。Azbel想出了这个主意，做实验的人就按照这个主意把实验做了出来。这还不够，作为理论家，他把理论也做出来了。这个理论不是太简单，所以我要把这个物理理论给大家说一下。

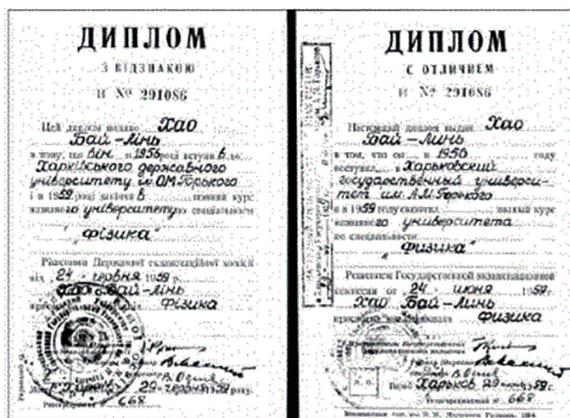
正常趋肤效应中，趋肤深度 δ

比较大, 电子的平均自由程 l 比较小 ($l \ll \delta$)。在趋肤层中电子运动时要碰撞很多次。这样的物理作用是局部的, 就是电子不可能记住比较远处的电场, 它走着走着就碰, 所以稍远点的东西都忘掉了。

局部作用的现象由微分方程描述, 所以描写正常趋肤效应的是微分方程。同学们要学电动力学的话, 这可以是一个习题, 自己去算一下, 趋肤深度是怎么决定的。但是如果把这个不等式翻过来 ($l \gg \delta$), 金属特别干净, 结果平均自由程特别长, 趋肤深度比较短, 这个时候的效应就很不一样。电子走很长的距离没有碰撞, 它可以把这儿的场效应通过自身运动带过去, 所以整个场的作用一路都得加起来。用场论的语言说是有个传播子, 用数学描述的话是有一个积分, 把一路的效果要积分起来, 是一个求和, 所以相应的方程就变成了微分积分方程。不是简单的微分方程, 是又带积分又带微分的方程。这样的方程解起来不是很容易, Azbel 把这个问题的数学也做了, 所以他能够同时拿到国家博士。接到系里的安排后, 我就打电话给他, 我说系里让你做我的小老师, 指导毕业论文。他说我知道, 我问什么时候跟你见面? 他说不必见面, 你先读几篇文章, 读完了以后再找我。他就在电话里告诉我几篇文章的题目, 都是这一派学者关于表面理论的文章。

我在读文章过程中, 读到他与合作者 Kaganov 和 Slezov 的文章, 也是算表面问题、红外波段金属性质等等。对微分积分方程, 他们想

了一个迭代的方法去求解。有个小参数, 零级解得到了以后, 代进去, 再求下一级。许多这类非线性方程, 可以用迭代法去求解。我读这篇文章, 非常仔细, 一抠就抠出问题来。发现只有零级近似的解才满足边界条件, 高级近似的解不满足边界条件, 所以那个解有问题。能够发现问题, 对我们做学问很重要。发现了问题, 还要想办法解决问题。我得想一个办法, 使得做迭代的时候, 每一级都可以满足边界条件。我把这个办法想出来后, 把整个问题重新算了一次。然后就打电话给 Azbel, 定了时间跟他见面。我给他讲了这个事, 他说: “嗯, 对一个本科生, 这些内容写毕业论文就够了, 你把它写一写当论文吧”。所以我到头来也不知道他想给我的毕业论文是什么题目。就是读了几篇文章, 找了个问题自己解了。完了他又把一个研究生叫来了, 让我把怎么做迭代, 每一级的解都满足边界条件的方法告诉那位研究生, 要他用这个办法去解决他的具体问题, 也是属于红外波段问题。大学毕业论文的这组工作最终产生了两篇文章, 一篇文章完全是我的工作, 后来用中文发表在《物理学报》, 题目是“金属在红外波段的表面阻抗和穿透系数”(《物理学报》, 1961, 17: 453—464)。就是由于电子平均自由程很长, 可



郝柏林的优秀大学毕业证书, 左边为乌克兰文, 右边是俄文。编号上面的一行是“优秀”

以把电磁场带进金属深处, 因此一个薄的金属片可以在红外波段变得比较透明, 我的工作计算了这个效应的穿透系数。那位研究生打头的文章后来用俄文发在苏联的《固体物理》杂志(1963)²⁾, 当时这本杂志每期都由美国物理学会翻译成英文。我是作者之一, 主要是因为用了我解方程的办法, 但物理计算我没有参与。

10 高分子半导体大会战

我们回国后在中国科学院物理研究所里, 我的身份是国家科委预留的实习生, 准备两年以后派到苏联再做研究生。所里很认真地给我分配了业务导师和政治导师。业务导师是资深院士李荫远先生, 政治导师是物理所理论研究室支部书记³⁾。我就准备实习了, 但是没实习成, 却参加了高分子半导体大会战。

1959年12月在北京召开了全国固体物理会议, 这次会议第一次设理论组, 王竹溪老先生是理论组主持人, 还有黄昆、谢希德等。开会

2) 这篇文章是: R.N.Gurzhi, M.Ya.Azbel, B.L.Hao. Surface effect in infrared optics. *Fizika Tverdogo Tela* (俄文《固体物理》杂志), 1963, 5: 759—768 (英译文: *Soviet Phys.-Solid State*, 1963, 5: 554—559)。——刘寄星注

3) 指陈咸亨先生, 他抗战时期在重庆中央大学物理系时就是地下党员, 狄拉克有名的《量子力学原理》中文版就是他翻译的。——刘寄星注



1960年郝柏林、陈春先在北京景山公园合影

期间，新华社在报纸上发了个消息，说苏联科学家研制出了高分子半导体，性能比锗、硅还好，成本很便宜。那时我们国家有两个科委，国家科委和国防科委。两个科委的当家人都是聂荣臻元帅。聂帅的革命家气魄，我们这些人都非常佩服。聂帅说过，我这一生带了一支带枪的军队，我的余生要带出一支科学的军队来。他真是很努力的把这两个科委带下来，把战略武器“两弹一星”都做出来了。聂帅看了报纸，马上打电话给张劲夫，张劲夫是科学院副院长、党组书记。院长是郭沫若，他是历史学家、诗人。管事儿的是张劲夫。聂帅打电话给他说，高分子半导体是怎么回事，我们会做不会做？张劲夫马上到会场来找我们这些人，于是物理所在会场里开个会就决定把我、陈春先一些人调出去，在会场上上了吉普车去化学所，因为是高分子半导体，肯定得有化学所的人，我就这样加入了高分子半导体大会战。这个大会战是绝密级的，我们就在实验室里夜以继日地干。20世纪的60年代我们是在实验室里迎接的，在实验室做到了1960年1月1号天亮。到了6月6、7号，我们真就把

高分子半导体做出来了。

我现在告诉大家，你们到街上去到处去捡各种各样的东西，这些东西最大的可能性是半导体，你别去拾破铜烂铁，那是金属了，一般的很多东西是半导体。问题是你需要用半导体做出能够检波的二

极管、能够放大的三极管。科学院党组给我们下达了一个指标，做一个全高分子半导体的收音机，“五一节”向党中央献礼。那时候都是这么工作的。我们就做这架收音机。二极管不难做，这个你们也可以试验。现在已经不做矿石收音机了。你可以到中药铺里去买一小块自然铜，用小针扎一扎、试一试，就可以有检波效应，可以收听广播的，我们小时候玩那种东西。所以很多这样的石头你们捡来试一试，可以有检波效应，这个不难。

难的是放大效应。大家知道半导体三极管是拿了诺贝尔物理奖的。我们当时是年轻人，上头有两位年长的王先生，我们叫大王先生跟小王先生，王守武和王守觉。他们现在都是资深院士。王守觉是非常手巧的实验家，他居然就做出放大效应来了。靠什么做呢？这种高分子半导体靠的是共轭双键系统，就跟苯环差不多，要想画出来苯环的话，画一个单键一个双键，一个单键一个双键，但是单键双键画哪儿都可以，可以画这儿，可以画那儿。泡令有个说法，叫“共振论”，两种键都有，在共振状态里头都有。要做成高分子半导体的话，得

想办法做比较长的共轭双键的链，这种链一长了以后，首先就开始有颜色，更长了以后颜色变深，最后变黑。整个材料一开始还柔软，之后就变硬，变得根本不溶解。所以溶解加工都很重要。最后摸索了一个办法，就是在它变得还不长的时候，还不黑的时候，就用有机溶剂把它溶解了，变成浆糊一样的很黏的东西。然后拿两个扁的夹纸的那种夹子，从那个里头夹出那么一条来，夹住以后，上头挂着，底下挂把锁，往下拉，把它硬拉成一个膜。拉的过程，中间有加热烘烤。在这个过程中，它逐渐聚合，逐渐变长，颜色变深，最后变黑，变成了一个很脆的膜。这种东西，要放在烤箱里烤。在烤箱里，我们挂了好多这种东西，用不同的温度去做，叫“炒菜”，就是各种方案都要试。有时弄不好，一烤箱都烧了，整个样品就没了。做膜的过程中发现了一个效应，如果去测量这个东西的电阻，拿欧姆表的两个针头，夹着这个膜来量，就靠手的压力的变化，可以看到欧姆表跑了好几个数量级，有这么个压阻效应。王守觉就利用这个效应做了放大，他用了一个小小的电磁的机制，把一根针接触到这个膜上，然后控制沿着膜的电流，这样把那个信号调到这根针头上，果然可以在我们实验室里听中央人民广播电台广播，可惜只能听两、三分钟左右，那个针就把膜扎穿了。扎穿以后，又得王守觉亲自动手，微调这个设备，找到另外一个点，接着再听。我们就把张劲夫请来了，让他看看能不能献礼。张劲夫看完以后说：“不行，这样东西不能到党中央去献礼”。于是就延长了我们的这个试制任务，“五一”不行延到“七一”；“七一”不

行延到“十一”。就这样，一直完不成这项任务。

不过我们刚做出来高分子半导体的时候，郭沫若开始请客，那时候四川饭店还在绒线胡同老地方。我跟郭老碰过杯，就是这次。他一桌一桌地，给我们研制有机半导体的有功人员敬酒。国家科委召开了全国的绝密级香山材料会议，刘西尧主持。刘西尧是国防科委的副主任，国家科委副主任，是我们国家搞武器的时候具体在前线指挥的人之一。他主持这个会，由我代表物理所，去报告物理所的高分子半导体工作。我们党委书记给了我指示：“你的报告要做的非常科学，有曲线、有图表，有公式，要有什么，要让听众十分满意，要使他们一无所获”。这件事情到现在还没解决，一个单位搞了点什么新鲜东西，各个单位互相保密，生怕别人摸到你的窍门。我作为年轻人，领导、书记让我怎么做，我就这么做吧。我们当时有个关键的一步，是往有机溶剂里加小分子，这个小分子是什么绝对不能说出来，所以我在那也没有说，人家也不知道我们加的是什么。我那天要说了的话，全国各大城市里这种小分子大概会全部卖完。现在当然可以说了，就是一种简单的小分子，硝酸银。

这里笑话故事多了。我是共产党员，我们的党委书记很有意思。有一天把我们叫去，说你们两个共产党员科学家(其实我们刚毕业)，给我看看这些资产阶级知识分子都在干什么。我们对王先生是很尊重的，因为他们是老师，当然也尊重他们的学问，但是书记让我们去看看他们做什么，我们就去看看回来好给书记讲。他们做什么呢？因

为在有机溶剂里加了小分子，没办法保证里面绝对干燥，所以不知道里头导电的东西是什么？是电子导电，是空穴导电，还是离子导电，因为小分子在里头，电极里头可能有离子，他们在讨论这些问题。回去我们就跟书记一一汇报，说他们在研究是什么东西在导电。这位书记根本不懂物理，他就召开会议宣布：“不管是电子捣蛋还是离子捣蛋，你们谁都不许给我扰乱军心”。大家知道“大跃进”时代，中国人这么工作过。大家不要以为大炼钢铁这些东西全是没意思的，背后有积极的东西，就是人民非常希望国家强大起来，钢铁也多了，科学也上去了。但是当时我们没有那个基础，没有那些知识，不懂得怎么干。所以我从来不用非常消极的态度来评论我们的三年“大跃进”。那里面反映了中国人民的一种愿望。当时的许多指标现在都远远超过。大家可能知道有个口号叫“要把钢铁翻一番”，要在1960年达到钢产1080万吨，因为1959年搞了540万吨。毛主席说明年要翻一番，全国就为1080万吨钢奋斗。当然现在的钢产十倍都不止，上去了，多少亿都上去了。所以要达到目的，是需要认真干的。当时那段历史确实反映了我们想改变“一穷二白”落后面貌的发展愿望。

11 两篇论文的创新点

在做这些事情的时候，几位刚大学毕业的学生还想再做点儿，所以我们就开始了高分子半导体的理论，把这些共轭双链拿来算它的能带结构。怎么做？如果要算苯环的话，量子化学里有现成的方法，叫做Hueckel近似。陈式刚想了个主意，把周期场跟Hueckel近似结

合起来，这样我们算了17种高分子的能带结构。这其中有些发现，我给大家说一下，有点意义。固体的能带理论，电子在运动，能量有一段允许，一段不允许，就是有能带。如果此系统是一维的，能带理论有一个结论：带顶跟带底状态密度有奇异性。这个奇异性是个无穷的尖儿，但是可以积分。

先说布里渊区中间的极值。布里渊区是做了傅里叶变换以后 k 空间里的基本单元。能带有顶有底，就是能量高的地方、能量低的地方，叫能带极值。如果是一维的系统，能带极值只能发生在中心跟边缘，在半截的地方出不了能带极值。有位名叫派尔斯(Rudolf Pierels)的写了一本《固体量子理论》，这本书在20世纪50年代初出第二版，第二版加了个小注，说能带极值只能发生在中心和边上。有人写信说他不，在有些情况下能带极值可以发生在(中心和边上的)中间。大家知道有一种二极管叫“肖特基二极管”，就是这个肖特基写信给派尔斯。说这个地方你说的不完全准确，如果把一些三维原子排成一维，就可能在能带中间出现极值。

我们在做高分子计算的时候，引入了一个量，叫做连通度。什么叫连通度？这个高分子链，如果用剪子把一处绞了，就断开了，连通度为1；如果像梯子一样的东西，你要把它绞断，至少要剪两剪。那么它的连通度为2。我跟陈式刚在工作中发现，这种一维体系，如果连通度为 N ，那么在中心跟边之间，最多可以有 $N-1$ 个极值。因此派尔斯最早讨论 $N=1$ ，中间的能带极值等于零个，但如果要讨论别的，就可能有。这个故事后来又继续了。派尔斯跟理论物理所还有点

关系，是因为我们建所的老所长彭桓武。这位老院士已经过世了，他是“两弹一星”23位功臣名单上的最后一位，因为他的姓氏笔画太多。“二战”结束后，彭先生正在英国，派尔斯曾给了他一个职位，希望他到自己那儿去工作。彭先生没有接受，回国了。他回国的时候只有30岁多一点，不到40岁⁴⁾。

彭桓武、钱三强、王淦昌，他们早在共和国刚成立的时候就讨论到原子弹我们早晚得搞，得做准备，那时他们就开始着手培养人。彭桓武招收的第一个研究生叫黄祖洽，后来让他研究中子输运。所以黄祖洽是我国中子输运跟反应堆理论的大专家，他写有相关专著⁵⁾。第二个研究生是周光召，大家知道他后来当了科学院院长。他们都是彭桓武招来为了将来做武器作准备的。到了20世纪50年代中期，中央真正决定要搞武器了。这几位先生已经把研究室一级的中层干部准备好了，他们带着一些更年轻的人，就开始做武器的工作。派尔斯90年代初，到北京来开世界和平一类的会，他提出要见彭桓武。那时候我在理论所当所长，我安排的这个事，所以两个老头见面时我在场。我趁机跟他讲能带极值的事，告诉他连通度为 N 的话，中间最多有 $N-1$ 个极值。派尔斯告诉我说，现在知道更多的情况。如果考虑的不仅是最近邻相互作用，还有次近邻相互作用，就有可能也出现别的极值。搞固体物理的人知道，总的相互作用要沿着最近邻加起来，写个大 Σ ，底下往往就写“n.n.”，就是nearest neighbor；如果考虑次近邻

的，就写“n.n.n.”，next nearest neighbor。派尔斯告诉我们的，就是要讨论n.n.n.的现象。

我后来注意到，有一些半导体上面的导带和底下的价带接起来，就变成能隙为零的半导体。这类半导体，再想一想可能有一些特别的性质。比方说要想算一个金属的比热，该怎么算？需要先把分布函数写出来，分布函数是费米分布，差不多像个台阶一样的分布，它虽然随温度变化，但是在室温，相当于很低的温度，是很陡的一个台阶。把一些函数写上，乘上分布函数，这个分布函数也不太好积分。那么需要用的技巧叫分部积分，这之后就把这个分布函数变成它的导数。大家知道一个台阶的导数是什么？它的导数是 δ 函数，这样就可以积分了。所以算金属比热时，技巧就是先把式子写出来，先别直接积分，而是做分部积分；然后用 δ 函数把它一下拿出来；这个时候的分布函数、 δ 函数正好落在费米表面上，就是填充的最高的那个地方。半导体中，如果导带下来了，价带上去了，贴起来了，费米面就在这儿，带底和带顶两个都有奇异性。奇异性性和 δ 函数合在一起，奇异性碰上奇异性，这个技术用不了了。因此得比较规矩地，从左面仔细积分，再从右面仔细积分，去做这个事。

我当时明白了这个事理，就把它做出来了。后来发表的两篇文章里把这些结果写进去了，一篇题目叫“能隙为零的半导体的热力学性质”。那个时候我们连研究生都没当过，实际上作为研究所里的实习

员，我们还没转正。工作两年之后，所里给你转正，没转正以前工资53元，转正以后拿56元。但是对于好学生们，特别是选择了把研究作为自己终身方向的人，你们要有发现问题、想问题的习惯，把问题想出来，想办法解决，解决了以后，要想办法把你的结果公布出去，我把这称作“发表欲”。发表欲不是坏东西，但是千万别抄别人，抄袭是很糟糕的。你自己做出来了，觉得已经把事全说清楚了，再提不出问题来了，就应当投出去，跟审稿人“打架”。越好的杂志，审稿越严格。你第一次投就成功，很不容易。打回来，审稿人提了一堆让你气死的意见，但是你还得想，再学，这就是改稿，这样做真正会使你进步。所以我们做科学研究工作到了最后阶段，把文章发表出来，也是工作的一部分。要学会写文章，学会与审稿人互动，最后把自己的文章发表出去。在这个互动过程里，要舍得删去不伤筋动骨的、次要的东西。审稿人对你什么话不满意，你就暂时不说。但是你想守住的、主要的东西，得坚持住。有的时候有人说你为什么不用什么文章，那没准就是他的文章，你看无伤大雅，你就引他算了。你们将来在整个研究过程中，包括最后怎么写文章，怎么投稿，都要锻炼一番。我们这些年轻人那个时候就有这种愿望，总要憋着劲做点事，做完就去投，没别处可投，就投《物理学报》。我们投了《物理学报》以后，审稿人说这篇文章不错，建议送到《中国科学》。那时我这点英文水平，读勉强能读，根本

4) 彭桓武先生1947年底从英国回国，时年32岁。——刘寄星注

5) 黄祖洽、丁鄂江，《输运理论》(第二版)，北京：科学出版社，2007；黄祖洽，《核反应堆动力学基础》(第二版)，北京：北京大学出版社，2014。——刘寄星注

写不了。所以我写了一篇俄文的文章发表在《中国科学》上⁶⁾。当时俄文文章也可以发在《中国科学》上，用英文，用法文、德文、俄文都可以，他们都接受。

12 没有完成的研究生阶段

1961年，我正对高分子相关工作干得欢，学了很多高分子物理、高分子化学，准备一直干下去，这时国家科委想起我们来了。要我们到魏公村报到，这时候俄语学院已经成为语言学院的一部分，准备再到苏联当研究生。不过当时留下的150人，在魏公村报到的时候只剩下15个，因为很多专业苏联不接受了，或者我们不派了。理论物理大概中性一点还可以去。有了这个机会，我就冲着朗道去。朗道应当说是苏联20世纪最强的理论物理学家，他是1962年诺贝尔物理学奖获得者。既然有机会到苏联去做研究生，而且搞理论物理，那我就希望能够跟随朗道工作。苏联的研究所跟我们科学院的研究所不大一样，它不能直接招生，这些人都得在学校里兼教授，然后招在校外学生做他的研究生，朗道也是这样，他在莫斯科大学讲课。我10月30号到达莫斯科大学，这之前找秘书查了工作表，看朗道哪天讲大课。讲大课的时候，秘书带着我在外头等他课间休息时再跟他讲。那时候我俄文当然没问题了。我说想给你做研究生，朗道说，您知道我是不接受没有通过理论物理最低标准的人的。朗道有一套理论物理最低标准，这

套标准由十门考试组成。其中两门高等数学，一门相当于数学分析，一门相当于数学物理方程，八门是理论物理。这八门理论物理，包括他现在的十卷“圣经”都出来了，叫做《理论物理学教程》。有人把这个叫做“朗道势垒”，很多人“穿不过”。对苏联好学生来说，这不是问题。因为他们在大学本科时就开始考试，等当研究生时，这十门考试都考完了。朗道就接收这种考完的人做他的学生。他有个小本子，谁最后通过全部考试，就把谁的名字和哪一年通过考试都记下，什么时候拿到他的candidate(俄文是 кандидат)，他就在后头写个K，什么时候你拿到国家博士，他最后写个D。朗道的小本上，一共有43个名字。我曾在《物理》杂志上发表过一篇文章，题为“朗道百年”，这是2008年朗道百年诞辰，也是他逝世40年的时候写的⁷⁾。文章附录里把43人的名字全列上了，并注明哪些人当选了苏联科学院院士，或某一个加盟共和国院士。43人里，按当时的统计大概有18位当选了院士。获得诺贝尔奖的只有朗道跟另外一个人叫Abrikosov，之后我还会提到这个人。

头一门课就是朗道考我。跟他谈的时候，我说我知道我要通过，他说：“我担心你会落入很被动的局面”。我说：“我试着从这个局面里闯出来”。语气很坚决。朗道说：“好吧，那您就试试吧”。俄文的习惯对生人都要称呼“您”。他就把家里的电话写给我，说：“你什么时候

准备要考了，打电话给我”。我不敢拖延时间，因为我知道中国同学在我之前有几个人试过，但没人真正通过⁸⁾。朗道的43个名字里没有中国人的名字。我考虑清楚之后，就打电话给朗道，他定了11月11号让我去。当天我到苏联科学院物理问题研究所，就是卡皮查当所长的那个所。朗道是所理论室主任。他先让我坐在他的椅子上，拿一张白纸，画个不定积分就让我做，他到外头跟人家聊天去了，过一会回来从肩膀后头看看我做得怎么样，只要看我走上正规了，他就说够了，然后再画个东西让我做。

跟朗道考试，事先我跟苏联同学打听过了，有谁说了“再见”的问题。如果哪道题憋住了，做不下去了，你就得跟他客气地说“再见”，同时请求有机会能够再考。一般朗道会给人一次到两次机会，可以再试。如果再试通不过的话，就没机会了。所以要通过朗道考试的话，每门考试有一两次机会。另外一个情况是他说“再见”，这是好兆头，就是到他给你出了几道题以后，他觉得够了，就要对你说“再见”了。我就出现了这个情况，他走到屋子一角，拿了几张纸出来，都是打字机打的，递给我，然后跟我说“再见”。这些纸里的一张印着他的十门考试都由谁来考，那个时候已经不是他亲自考了，他只考头一门和最后一门。最后一门是量子场论，头一门就是高等数学，中间的几门考试已经分配给他过去的徒弟，这些人基本上都是教授级，也

6) 这篇由郝柏林、陈式刚、刘德森联合署名的文章，题名为“长共轭键链的 π 电子能谱”，中文发表在《物理学报》，1961，17：289—303，俄文版发表在《中国科学》，1961，10：653—676。——刘寄星注

7) 郝柏林，“朗道百年”，《物理》，2008，37(9)：666—671。——刘寄星注

8) 此说似不确，其实1957年曾有一位中国学生通过了朗道的全部考试，但朗道没有接收他做研究生，详情见：刘寄星，“怀念卓益忠同志”，《物理》，2017，46(11)：764—766。——刘寄星注

在朗道那个研究所里。谁负责、考什么、联系电话都印在纸上，你什么时候准备好了，自己安排，先考什么再考什么，你就打电话去。另外那几张纸上写着当你准备考试时，他《教程》的哪些章节可以不念，因为有些东西他大概觉得书里写了，但是作为一项基本训练，可以不考。我拿到这个以后，当然第一关就算过了，开始考别的东西。不幸的是，很快到1962年初，一次车祸影响了他的工作能力，再也没有恢复。朗道是苏联的国宝，当时请了外国大夫、苏联大夫，用各种办法，把一个撞碎了的人重新拼起来。他伤得非常重，他坐在小汽车的后座，在冬天的结冰道路上爬坡，很意外一辆卡车从后面撞上来，被撞后伤得最重的偏偏就是他。

车祸之后诺贝尔奖委员会抓紧时间赶紧给他颁发诺贝尔物理学奖。从他的贡献来讲实至名归。如果朗道生前没得诺贝尔奖将会是一种遗憾。诺贝尔奖委员会大概有个名单，如果今年没有什么特殊的事情发生的话，就按照那个名单把谁提上来发奖。朗道可能已经在名单上，所以那年就给他发了奖。但是他已经不能亲自去领了，是瑞典驻莫斯科大使到病房里去，把诺贝尔



1963年5月，郝柏林在列宁山上，背景是莫斯科大学主楼

奖的这些证件给他。所以我之后的考试得跟别人考。最后一门换成A. A. Abrikosov (2003年诺贝尔物理学奖得主)来考。考完以后我向Abrikosov提出，我能不能跟你工作啊，他同意了。我们一起做了一件事。苏联的学校有一堆形式上的规定，一个研究生，答辩之前要通过三门正式考试，就是副博士考试，要国家委员会来考，必须有几个人组成国家委员会，大家都要签名，必须把这个签了名的国家委员会考试的成绩，上面写着问了什么问题，回答的怎么样，最后的分数，所有的委员签字，送到系里去，你才能答辩。朗道是根本不管这茬的，他就要考他那十门，都是口试，什么记录都没有，通过了就完了，没通过就再试。

等我都考完了，Abrikosov拿出这些空表格来了，说我们来造国家委员会的决议吧，你还记得哪几门课问你什么东西吗？我那时候年轻，都记得。我就挑我答得好的、最顺利的，说了几个，然后我们就把这些基本上都是我写的填在里头。Abrikosov说请谁来做国家委员会的委员呢？他就想一想，他办公室里谁今天来上班了，他就填了几个名字，出去一趟回来，字都签好。我给Abrikosov看了我唯一的一篇文章。Abrikosov第二次见我时说：“看来你这个人不怕化学”，因为里头写了很多化学式，高分子。“我们开始研究生物膜吧”，他提出了这个建议。这是个非常好的建议，如果能够从1962年就开始生物膜的研究，也许到现在能做出点很重要的工作。那时搞理论物理的人还没有几个人去考虑膜的问题。Abrikosov告诉我，朗道最初是不懂

量子场论的，但是重整化这些事情热闹起来以后，他感兴趣，就让哈拉特尼科夫跟Abrikosov两个大弟子去抠场论，抠了给他讲、讨论。他们联名的文章都是这样出来的。Abrikosov给我描述后，说：“我去找一下科学院里搞膜的人，让他们给你介绍一些文章和书，你去读，读了以后给我讲，我们就这样去研究生物膜”。

这个问题就不那么简单了。我们出国研究什么方向是国家规定了的，我的研究方向是固体电子理论，要转去研究生物膜，我心里虽然很愿意，但是我的组织纪律性很强，一定得去请示。于是我写了报告给大使馆，使馆给留学生党委批复说坚持国内分配的方向，我就不得不向Abrikosov撒谎，说：“我对生物膜没有兴趣，我更感兴趣的是量子场论方法在统计物理中的应用”。那时候他的新书刚出来第一版，他还冒了一句，他说：“研究膜未必就用不上场论吧”。不过他说，那好吧，那你去研究一下高压状态的一些天体内部的物质状态。他那时正在研究这类问题，Abrikosov后来担任了一段时间苏联科学院高压物理研究所所长。所以我就跟他去做这件事儿。不过这事没做完。我们那时候对学位等等也不大重视。后来中苏关系越来越紧张，1962年发生了中印边界自卫反击战，苏联完全站在印度方面。苏共中央宣传员到莫斯科大学来给学生做报告，说中华人民共和国成立的时候，中国政府根本不知道自己的边界在哪。这么攻击我们，当时我在礼堂里坐在那听着，他讲到这个程度，作为学生干部，我就从椅子上跳起来，当场跟他辩论。

我可以告诉大家，这场辩论是

中共中央宣传员跟苏共中央宣传员的辩论。在刚解放后不久，中共中央通过一项决议，建立宣传网的决议，在党的文件里可以查到，这是学苏联的办法。宣传员不一定是党员，作为积极的学生干部、团干部，我已经被吸收为第一批中共中央宣传员。我在北京市地安门的店工人工人中做他们的工作，给他们讲抗美援朝等等，做过很多这种事儿，所以我也是个小宣传员。过去的那些苏共中央宣传员到莫斯科大学去的，是一些很有经验的干部，直接跟他们就吵起来了。那时候的俄文也可以，吵架也没问题。就变得每天要干这些事儿，念书就没什么时间。另外还得注意人身安全，叫做“二人同行原则”。原则上讲，得两个中国同学一块，不许单独外出，独自出去是违反纪律。这么一种政治形态下，心情相当不愉快。

可以讲一下“反修”斗争。那个时候很多非洲国家的留学生对中国很支持。大家知道毛主席说过，是非洲黑人兄弟把我们抬进联合国去的。中国进联合国，这些第三世界国家起了很大作用。20世纪60年代初，对中国“批修”他们很支

持。有一次这些外国学生来到莫斯科大学开大会，内容实质上是“批修”的，要求中国学生代表也发言，我们的学生方面决定让我去发言，就得准备发言稿，发言稿一定要大使馆审查批准。这是内部规

定，别人不知道。当时中国驻苏联大使是刘晓。作为中共中央委员的刘晓在中苏关系紧张以后已经回国，大使馆所有的事务都是由代办安致远来负责，我们去找安致远审查我的俄文发言稿，发言稿里的话都必须是从《人民日报》批苏联的文章摘抄并翻译出来的，不允许有我自己的任何一句话。其中有一些已经有现成的俄文翻译，所以我要做的是搞一个很长的发言稿，然后在旁边注明每一段是从哪篇文章里抄来的，再拿给安致远审看。安致远顺着检查了一遍，觉得我找的这些文件基本上都对，文章他也知道，于是批准了。我就根据这个去发言，居然赢得了非洲学生们的热



朗道(前排右二)和他的同事们

烈掌声。由于每天去做这类斗争，书就越念越少了。

上方相片是从2008年俄罗斯科学院《自然》杂志纪念朗道诞生100周年那一期下载的，前排右起第2位就是朗道，第1位是跟他一块写书的E. M. Lifshitz，这是他一一辈子的搭档，第3位是哈拉特尼科夫，朗道比较早期的学生，后来创办朗道理论物理所并担任了第一届所长。第4位就是Abrikosov，他现在在美国化工实验室，2003年获得了诺贝尔物理奖，其实他杰出的工作在50年代已经基本上有了，就是II类超导体的理论。

(未完待续)

读者和编者

《物理》有奖征集封面素材

为充分体现物理科学的独特之美，本刊编辑部欢迎广大读者和作者踊跃投寄与物理学相关的封面素材。要求图片清晰，色泽饱满，富有较强的视觉冲击力和很好的物理科学内涵。

一经选用，均有稿酬并赠阅该年度《物理》杂志。

请将封面素材以附件形式发至：physics@iphy.ac.cn；联系电话：010-82649029。

《物理》编辑部