

往事片断

陈凯瑞

一年前在一阵晴天霹雳的风暴中猛然将我击倒。当我从昏眩中慢慢苏醒过来，我是那样的茫然。仿佛这个世界突然一切都空了。我慢慢站起来整理自己的思绪。

我站在你像前，久久地凝视着你，你是那么安详，充满深情地向我微笑。好象大地从未有过风暴。你似乎在对我说，我不就在这儿吗。是的，你就在这里，你永远不会从我心中离去。有你在陪伴，我心头永不感孤寂。

从你的眼神就能洞悉你灵魂深处，我们之间何需用语言，尤其是现在。

我知道你希望我生活得快乐，生活得坚强，生活得尊严。我将努力。

你是这个世界上最希望我幸福的人。从我们生活的开始，你就在我心中编织美好的花环。在你病中也不时用微笑来抹去我心头的疑虑和哀伤。

儿子对我说：“妈妈，你应该感到幸福。你和爸爸一起生活了四十年，你们之间那么和谐，相爱，你和爸爸有多少美好的回忆，这有多么可贵，不是每个人都能得到的。”是的，他十分理解。

一点不错，所有和你生活在一起的日子，我都感到充实和幸福。你不也是一样吗。

当然生活的道路并非处处是鲜花。也有荆棘，坎坷。不过在困难时，我们总是相互安慰和鼓励，携手走过一程又一程。

50年代初的北京城多么安宁，假日我们喜欢在景山公园红墙外散步。有时我们也在黄昏时登上北海公园的高处，欣赏落日映照下紫禁城的璨灿辉煌。那时北京城有许多牌楼，城墙还没有拆除。一切显得那么古朴，尤其是民风，使人眷恋。春日的风沙，冬日的飞雪都富有诗意。

我们的生活就在这时开始。

科学界的许多前辈：吴有训先生和夫人，竺可桢先生和夫人，钱三强先生和夫人，赵忠尧先生和夫人以及你的同行好友来祝贺我们。欢声，笑语至今云萦在我耳边，仿佛这一切还在眼前。

这时我们对祖国的未来，抱有多少美好的幻想，对工作全身心地投入，在一起的时间却不多。现在回想，真是有点遗憾。

1956年春，我们第一个儿子诞生了。我住在医

院，你捧着那么多鲜花来看我。你送给我一束红玫瑰，送给儿子一束白玫瑰，还送给为我接生的关大夫一个用康乃馨鲜花装饰的花篮。关大夫很高兴并将它摆放到婴儿室。她还和我开玩笑说：“你的先生每隔五分钟就要来次电话问你的情况。”你当时感到不好意思，连忙说：“真对不起，关大夫，给你添麻烦了。”听了你的道歉大家都笑了。

春日的阳光透过落地窗射进产房，多么温馨。至今回想起来依然感到幸福。

十年后我们两人回忆起这段生活时你对我说，幸好我们的儿子是在56年诞生，要是现在，我连送你一束鲜花都不可能。四人帮当权时，我们国家一片漆黑，那里还有鲜花。

有一次你对我说：“我这个人很幼稚，成熟得很晚，一直怕结婚，尤其怕有孩子。想到小孩晚上的哭声，我就吓死了，第二天怎么工作呢？现在想起来十分可笑。没有家，没有孩子，生活就太不完美了。”你多想再次回顾一下孩子是怎么长大，是怎样站起来迈出第一步，什么时候第一次叫你爸爸。

我在整理一些书信时，重读了你58年从云南寄给我的信，这是大跃进的一年。你信中写道：“小云，离京时你在打麻雀，云南各地也无一例外，真是可怜的小麻雀。

我陪塔姆院士参观了石林，回程时顺道访问了路南中学，因为你青年时代曾在这所中学任教，所以就吸引了我。校园还不小，校园中心有座小石桥，对吗？不知你当年曾多少次往返于这座小桥。真奇怪，你生活过的地方我都想去看看。如果我能去高黎贡山寻找你昔日的足迹，体验你在敌人的攻击下强渡怒江的惊险生活，我该有多满足……”

你的信使我很感动。我也多么愿意和你一起重温往日的的生活。

你保存了73年我从上海给你写的信：“……我独自来到吴松口的炮台山。因为你曾对我说过。在大学年代，你喜欢独自来这里散步，吹海风。我仿佛看见你坐在小山头上，迎着海风，在思考未来。

我自己也不清楚此行是在寻找你昔日的生活踪影，还是回报你路南之行的深情……”

60年代初，我们全家从苏联回来，那时你工作较繁重，常感身体不适，可能是户外生活太少了。你就下

决心每周去锻炼身体,无论严寒和酷暑从不间断.休假日我总陪你到郊外散步,去爬山,一直坚持了三十年.

当春天到来时,万物复苏,是我们最快乐的日子.我们最早去观赏迎春,它预示着春天的到来.紧接着我们去看山桃,玉兰.接着花期的先后,一样一样去观赏,这时你情绪最好,暂时忘却工作,享受大自然的阳光.你的心仿佛也和春天的脉搏一起跳动.到了郊外,你总是流连忘返.你能这样轻松一下,我真为你高兴.

你喜欢大自然的绿色,喜爱各种花草树木.你欣赏兰花的高雅,牡丹的富丽.但是我知道你更爱生长在贫瘠土地上的小野花.你赞美它们生命力的顽强,能经受风霜.你赞美它们朴实无华,索取的是如此少,一点阳光和雨露.

我记得是70年代的一个初夏,我们两人骑车去植物园,途中我们坐在一棵大树下休息.四周长满了许多野花,有小黄菊,有二月兰;还有些不知名的小花.我很奇怪,你久久地望着这些小花,仿佛陷入沉思.突然你又为自己的突发奇想而开怀大笑.我问你笑什么,你诙谐地回答我说:“我看这些小野花很象中国的知识分子.不管狂风骤雨如何摧残,也不管遭受多少次践踏,他依然默默无闻地生存下来.”

是的,小草,野花多么的平凡,平凡得人们忘记他们的存在.你爱这些野花,正因为它们是如此平凡.你说它们也是万物物种的一员.虽然平凡,每到春天,它们不是也给大地带来勃勃生机.

你记得吗,我指着一朵最小最小的小花对你说:“这朵花就是你.”你望着那朵小花笑了,并将它采下来送给了我.

在家里,你从不和我谈工作,因为我不懂.不过有对你的同事来我们家谈工作时,我也略知一二,当然我知道的不属专业性质的问题.你们这一代知识分子,在这些年的接触中给我留下的印象是比较谦虚,内涵,自我意识比较少.你就是常常更多的看到别人的长处,欣赏别人的优点,尊重别人的成就,在一种平等、融洽的气氛中与别人合作.

大百科全书物理卷出版后,听说在你的同行中才有少有人知道有关同步辐射的理论工作,你早在1947年初就写成文章,1948年2月4日发表在英国皇家学会会志上.不久有位你的同事到我们家谈起此事.他说70年代开始,世界上许多先进国家都纷纷建立同步辐射实验室.这一工作在国际上受到重视.向你建议,把你的文章带到美国去.你没有同意.

直到1988年在中国召开同步辐射国际会议时,才将你的文章印发给了各国代表,时隔整整四十年.

至今我忘不了那时你和我的一次谈话,你说:“在人类历史的长河中,个人的点滴贡献算不了什么.即使做了一点工作,也是继承了前人所积累的劳动.作为我个人是微不足道的.这一工作别人知道或不知道

是我最早提出来的,我都无所谓.如果说这一工作是中国人最早提出来,而且是在首次观察到电子同步加速器放出同步辐射以前提出来的,我就不能不同意将文章分发给代表了.”

听完你的话,我当时感觉到,你把中国人这个名字看得很重.你把国家的荣誉放在首位.你把祖国看作是大海,而自己不过是沧海一粟.

作为中国的知识分子,在你周围的人看来,你还是算幸运的.在历次运动中没有挨打,没有关押也没有流放.批判和劳动算得了什么.但,我知道,这不能说明你心中没有伤痕,没有遗憾.在过去的年代,中国的知识分子,谁能逃得了有形和无形的惩罚呢.每次政治运动,都使知识界感到惊恐不安.

1957年你的三弟被打成右派,你感到很震惊,而且难以理解.因为他为人忠厚,本分从无野心.虽然很快摘帽,但文革期间也绝不会放过一个摘帽右派.

接着第二年,你的二弟的早逝,那时他才三十九岁,正当年华.你们从小在一起嬉戏长大,手足情深.他经受不了每次运动对他的折磨,58年过早地离开人世.他的死对你震撼太大,太大.

你怀着内疚和痛苦,将自己的一束头发放在他的骨灰里,怀着深深的歉意和感伤,亲手捧着他的骨灰盒,将他埋葬在万安公墓的墓穴里.

从此,我经常陪伴你去万安公墓.你站在他墓碑前沉思,默默无语.墓地有些凄凉和寂静.有一次,我问你在想什么.

你回答说:“我在想,我对自己选择的道路从不后悔.我是中国人,活着就应为自己的国家作出力所能及的贡献.否则就是白活了,这样的人生有什么意义,连粪土都不如.但是,我不能原谅自己,为什么我要叫梦大(二弟)回国效力,为他选择一条不适合于他生存和发展的道路.我错了,我太对不起他,而且无可挽回.”

你自责,内疚和痛苦,我十分理解你的情感,你向来都十分认真,不但是对待工作,对待感情也是一样.

但是,这真是你的错吗,我至今不那么认为.当你满腔热情投奔祖国时,你能预料中国知识分子的前途和命运吗?你能预料1966年会发生文化大革命?几乎把我们国家拖到毁灭的边缘.这是谁也未能预料到的.

这是我们这一时代的大悲剧.梦大只不过是这场悲剧牺牲者之一.你不要过多自责,这副重担怎能由你个人来承受.

在一段相当长的时间,你不但忍受着感情上的痛苦,同时在政治上也受到有形和无形的压力.只有我深切地感受到你内心的隐痛.

中国的知识分子,在那个年代,谁的心头上没有留下痛苦的烙印.

80年代中期,你的一位学生出国前来看望你,继

束有关工作的谈话后，就谈到目前的生活。他说目前物价飞涨，可你们三十年工资没有变，真是苦了你们这一辈人了。你还和他风趣地开玩笑说：“变了，变了，我们不是从臭老九提升为穷老三了吗，穷总比臭好吧。”说得大家都笑了。

接着你又严肃地说：“如果仅仅是为了生活过得好些，我又何必回国呢。国家如果有希望，个人生活暂时困难一点又算得了什么。我刚回国时钱公（三强先生）为我争取到三块木板，两张条凳和一床草垫，我高兴极了，一点也不觉得苦。因为当时大家都感到前途有希望。”

回国后你参加了一系列运动：土改，思改，三反五反，肃反，反右，大跃进，最后来个致命的文化大革命。国家元气大伤。你问，人的一生最好的工作时间能有多少年，怎能经得起这样的折腾。每当你想起失去这么多时间时，你就感到沉重。

在闲谈中，你对我说，57年你去日本时，他们生活还很贫困。时隔二十一年你再去日本访问时，他们就大变样了，从贫穷，落后变成经济大国。你坐在他们的高速火车上，感触太深，太深了。你说这二十一年正是我们57年反右到78年这段中国人民最痛苦的日子。日本人在苦干，奋发图强。我们是在不断地斗，在消耗自己的精力，把国家搞得遍体鳞伤。我知道你一提起这些事，你的心又在隐隐作痛。

你总确信中国人的聪明才智，提起某些有建树的人才时你总说，我们的许多优秀人才，不也是我们自己的专家发现和培养的。你说在美国的华裔和早年也很不一样。他们懂得知识的价值，培养自己的子弟。当今华裔在美国各个重要领域里都有自己的地位。

你问，中国何时才能与贫穷，落后，愚昧这些名词脱勾，而和富强，先进与文明连在一起。你从青年时代就苦苦追求。希望祖国强大。你为我们的事业后继无人而着急，你为我们这块博大的土地知识的荒凉而忧心。你常感到困惑，总想问为什么，这是个又简单，又复杂的问题，认识它并不难，要解决它，那就太复杂。你既然知道，何必再问呢。你太累，还是让我们回忆一些轻松的，快乐的往事。

我们的生活也有一些小插曲。1965年春，你的导师布莱盖特和夫人来中国访问。吴有训先生在前门烤鸭店宴请他们。并邀请我们作陪。宴会结束后我和布的夫人走在前面，后面约有二十多人。一出宴会厅我就顺梯而下。那知一下就走到厨房去了。厨师看见我们一大群人下去，以为我们是去参观烤鸭的。很热情地接待了我们。布的夫人也很有趣地参观了烤鸭的过程。按理参观完我就应该带他们原路回去。可就在这时候我看见有一出口，我就毫不犹豫地朝出口走去。原来是后门。如果出后门我朝南走就对了。我却朝北。这时，你发现我又南北不分了。你连忙走到我跟前拍

拍我的头，将我从朝北的方向转向朝南。这样不一会儿就从后门的胡同走到全聚德正门的停车处。你对布莱盖特说：“我的夫人走路有个特点，永远都朝相反的方向走。”他听完你的话，耸了一下肩头说：“呵，这毫不奇怪，我的夫人也一样。”听了他的话，大家都笑了。他的夫人也朝我相视而笑。

回到家你就取笑我说：“小云，我真服你了，你带着浩浩荡荡的队伍乱穿。居然大家还相信你，乖乖地跟着你走。要不是我及早发现，不知你把大队人马带到那里去了。很可惜当年朱老总打游击时没有发现你这位‘天才’。如果那时把你招去打游击，你准会出现在敌人万万料想不到的地方。把敌人搞得稀里糊涂，惊慌逃窜。”你还没说完就为自己的丰富想象力大笑不止。孩子们听了也大乐。还说：“妈妈不认路，爸爸还叫妈妈去打游击。”听了孩子们稚气的话，我们全家都笑弯了腰。

事隔多年，每当谈起这段生活中的小插曲时，你总是忍俊不止。

感情是很奇妙的，我从没想到，连我的弱点也给我们的生活增添了一些情趣。

我经常作些古怪的梦，60年代参考消息报道，喜马拉雅山的一个叫锡金的小王国，被印度将它合并成自己的一个邦。看了这个消息，对这个国家的弱小十分同情。

当天晚上我作了个梦，梦见我们两人在香山玉华山庄休息。有个朋友向我们匆匆走来。我当时感到非常奇怪，就问他：“你不是到锡金去了吗？怎么跑到这儿来了？”

他回答说：“唉，你们都不知道，锡金这个国家太小了，根本就没有星期三。我只好等到星期一再去了。”

在梦中他的话我一点也不觉得奇怪。醒来时才感到这个梦的荒唐。怎么可能锡金这个国家就没有星期三而只有星期一呢。但我仍感到这个梦很有趣。就迫不及待地把你推醒，讲给你听。听完你很高兴，又风趣地和我开玩笑说：“小云，你知不知道你是个了不起的‘天才’。”我说，我只知道我是认路的“天才”。你接着说：“你比爱因斯坦还爱因斯坦。你不需要去苦苦研究，在睡梦中就懂得时空之间有关系。你一定要将你这个梦写到你的日记里。”平时你总不放过机会取笑我对空间认识的糊涂。每当我和朋友外出时，你总认真地关照别人说：“在路上你要注意，凯瑞往东走，你往西准没错。”

今天是不是你又在取笑我这个科盲呢，不过我还是把我的梦忠实地记在我的日记里。因为你喜欢。

1955年冬，我正怀着第一个孩子。因胎儿压迫神经，右腿疼痛难行。正在这时你要陪和大副主席因菲尔德先生去南京，上海访问。

你走了，我梦见我站在街心，右腿不能行走，等待

有人来帮助我。正在这时一架马车走过来，马车走近时，发现你在马车上，我好高兴，便向你招手，希望你立即停下把我带回家去。可是你只望了我一眼，立即将鞭子一抽，马车就飞奔了。我被这声音震醒了。醒来心里有点不好受。

你不久就回家了，我把这个梦讲给你听。你很难受。你说如果早知道我外出会给你留下这样一个不愉快的梦，我就一定不去了。我也后悔了，为什么我要讲给你听呢。

你对待工作和对待感情同样认真。你追求生活的完美，从不愿意在我们感情生活中留下阴影。那怕是梦，你也希望我在梦中感到温暖和幸福。

你从来对待一切事物非常认真，从科学的角度去分析。在尊重妇女的问题上也不例外。

你对我说，当了爸爸以后，对妇女才有更深的理解。妇女当了母亲后，她的情操发展得更完美。用自己的乳汁喂养他，表现出她对婴儿的无私奉献，责任感和忘我精神。还要考虑孩子的成长。因此，妇女作为母亲应受到社会的特别尊重和保护。因为她们是为人类的延续作出了伟大的贡献。你还认为无视妇女的家庭劳动是极不公平的，是一种愚昧落后的封建思想。

在家中你要求分担一定的家务劳动。洗碗，做早餐。虽然只是煮牛奶和鸡蛋，厨房的案桌上不知放了多少个杯盆。你自嘲说：“我做早餐，比办国宴还认真。”

我夸你在家里没有大男子主义。你说：“我在家中最无能。怎敢有大男子主义。我只有小媳妇主义。”说完就引得我们开怀大笑。

你出生一个月，就将你寄养在外祖母家。与母亲再见面时，你已经十一岁了。你曾为童年失去母爱感到遗憾。

当你步入中年，尤其是进入了老年以后，对母亲的一生才作出客观的评价。母亲出生在19世纪末的一个普通家庭，还是一位缠足妇女，少年时未受过系统教育，靠刻苦自学得到一点文化考进了师范学校，在新加坡任教五年。1922年去德国哈诺威工业大学学习建筑。在六年时间内，学习了高等数学，投影几何，建筑学，绘画和德文。在这期间还生了第三个儿子。你说只有妇女才能承受这样超负荷的重担。母亲回国后在浙赣铁路工作。成为中国第一位女工程师。1938—1949年任教授。

母亲回国后，当了自己的皮大衣，立即将你送到上海东吴附中去上学。认为在河桥小镇不可能受到很好的教育。你四岁入学，小学和初中常在留级的边沿。后进入杭高住校，看见别人用功读书，你才突然觉醒，开始用功了。从此再也没有考过第二名。

你十六岁考入同济大学工程系。觉得功课压力不大，开始阅读各种书籍；古典文学，历史，哲学等。兴趣

广泛，喜欢音乐，体育，真没想到，你的同学说你是学校八百米中长跑的冠军。73年大儿子十七岁。看见他们虚度时光，你不无感慨地说，我在你这个年龄已认真地读完了英文版的《资本论》及《物种起源》等书籍。

抗战爆发你曾想弃学从军。后来还是母亲苦苦哀求，你才把大学读完。你说要不是母亲的劝告不知后来的发展道路将是怎样。

你说母亲一生顽强坚毅，刻苦认真。最终以优异的成绩完成了自己的学业，是旧时期妇女自我奋斗的典范。你对他怀着深深的敬意和怀念。

你爱祖国的河山。但你总是忙于工作。直到古稀之年，我们才有机会外出游览。

1986年我们和集体一起去张家界。当你踏进这片土地时，你大为惊叹。你赞美它峰奇，山野，林密。你爱它不加修饰的雄浑的原始风貌。这儿没有污染。进入张家界立即感到空气清新，与城市的空气截然不同。

我们住在三招。地势很好，在半山风景圈内，非常安静。有宽阔的走廊，可以望见群山。

清晨，溪流淙淙，风声，雨滴和鸟鸣。这大自然的和谐乐声，轻轻地把我们睡梦中唤醒。我们披上衣服向山间小道走去。不知是云还是雾，不停地在山间起伏缭绕。你为这神秘的大自然而倾倒。你说能让我在这里住上半年载该有多好。那时我一定要踏遍所有的山头。

我们登上了黄师寨，南天门。你还登上西海的最高处。我们同游了金边溪，沿溪流来回走了三十里。溪流清澈透明见底，两岸风景秀丽。在金边溪任何一个地方，抬头就可看见耸立的群山，气势磅礴。又有97%的植被真使人心旷神怡。

你听人介绍张家界是以山奇而著称。而九寨沟以水美而闻名。

1990年中秋时节我们两人同游九寨沟。当我们进入九寨沟之前，就听见它的呼唤。我们随声而前往，远远就望见咆哮的瀑布在奔流。有的排成宽阔的行列滚滚而下。有的激起高高的白色浪花，相互撞击，发出轰鸣声，奔腾不息。浪花四溅，十分壮观。

数不清大大小小的海子（湖泊），都各具独特的色彩。湖边上各色多姿多彩的花木和红叶的倒影，在湖中摇摆荡漾，相互辉映，分外妩媚。把九寨沟装扮成童话般的神奇世界。

我感谢九寨沟给你美的享受，精神得到松弛，洗涤了你长年的劳累。

我们在这里度过了结婚纪念日，度过中秋佳节，度过了我的生日。

我们到湖边散步，赏月，九寨沟中秋之夜特别美。不仅月亮明媚。有意思的是大大小小的海子都漂浮着一轮明月，真是奇景，令人惊叹，给我们留下难忘的回

中微子在介质中的共振振荡

裴永祥

(新疆师范大学物理系, 乌鲁木齐 830053)

根据强、弱和电磁相互作用的大统一模型, 如果中微子的质量不为零, 就可能混合——在弱相互作用中产生的中微子的态 ν_e, ν_μ, ν_τ 是质量分别为 m_1, m_2, m_3 的中微子 ν_1, ν_2, ν_3 的正交组合, 混合的结果是中微子的振荡——一种中微子周期性地转变为另一种中微子的过程. Mikheyev 和 Smirnov 指出, 中微子在介质中振荡时, 其混合角由于受物质的影响而“共振放大”, 出现更强的振荡现象, 称为“共振振荡”, 为消除太阳中微子实验和中微子振荡实验的矛盾提供了新的理论.

一、两种中微子在真空中的振荡

中微子 ν_e, ν_μ 在真空中的混合形式为

$$\nu_e = \cos\theta\nu_1 + \sin\theta\nu_2, \nu_\mu = -\sin\theta\nu_1 + \cos\theta\nu_2$$

θ 为真空混合角, ν_e 转变为 ν_μ 的几率为

$$P_{\nu_e \rightarrow \nu_\mu} = \frac{1}{2} \sin^2 2\theta \left(1 - \cos \frac{\Delta m^2 r}{2E} \right)$$

$\Delta m^2 = |m_1^2 - m_2^2|$, E 为中微子能量, r 为中微子源到观测处的距离. 由此可见, 转变几率大体上是一个周期函数, 且与中微子 ν_1, ν_2 的质量平方差和混合角 θ 有关.

在量子力学中, 粒子被描写为有一定相速度和群速度的波包. 混合中微子 ν_1, ν_2 就是两个这样的波包, 由于二者质量不同, 因此有不同的相速度, 在传播过程中二者之间的相位差 $\Delta\varphi$ 单调地变化, $\Delta\varphi$ 变为 2π 的长度叫中微子的振荡长度, 在真空中的振荡长度 $l_0 = 4\pi E / \Delta m^2$, 于是转变几率

$$P_{\nu_e \rightarrow \nu_\mu} = \frac{1}{2} \sin^2 2\theta \left(1 - \cos 2\pi \frac{r}{l_0} \right),$$

当 $l_0 \gg r$ 时, $P_{\nu_e \rightarrow \nu_\mu} \approx 0$, 观测到中微子振荡的条件显然是 $l_0 \lesssim r$.

二、中微子在介质中的共振振荡

当中微子穿越介质时, 就要与它路径上的物质发生相互作用——向前弹性散射. 这些散射的相干迭加的结果就象波在介质中的折射一样. 由于介质中有 e 电子而没有 μ 子, 电子对 ν_e 和 ν_μ 的散射幅度不同, 在

穿过 $l \sim \frac{1}{n_e}$ (n_e —电子浓度) 路程时, ν_e 和 ν_μ 会产生 2π 的相位差而发生振荡. 这一长度 l 与中微子能量无关, 它确定了物质对中微子影响的线度. l 远远小于吸收中微子的长度, 特别是在低能情况下更是如此, 所讨论的物质效应对中微子来说是透明的.

Wolfenstein 得到了描写介质中混合中微子的演化方程. 他求解得出, 在介质密度为常数时, 均匀介质中的振荡特征与真空中振荡特征一样, 改变的只是参数——振荡长度和强度; 物质中的混合角 θ_m 与真空混合角 θ 不同, 它与介质的密度 ρ 有关. 1985 年, Mikheyev 和 Smirnov 研究了密度 ρ 是变量的情形, 发现 $\sin^2 2\theta_m$ 与 ρ 的关系有“共振”的特征.

1. 中微子在介质中的混合

中微子 ν_e 和 ν_μ 在介质中是本征态 ν_{1m} 和 ν_{2m} 的混合. ν_{im} ($i = 1, 2$) 是包括物质中所有相互作用的总哈密顿的本征态, 因而 $\nu_{im} \approx \nu_i$. ν_{im} 的质量平方 $M_i^2 \approx m_i^2$, 介质中的混合角 θ_m 满足

$$\sin^2 2\theta_m = \sin^2 2\theta \cdot R(l, l_0^{-1}, \theta)$$

其中 $R = [(\cos 2\theta - l_0 l_0^{-1})^2 + \sin^2 2\theta]^{-1}$, θ 是真空混合角, $l_0 l_0^{-1} \sim \rho E$.

2. 共振振荡

当 $l_0 l_0^{-1} = \cos 2\theta$ 时, R 有极大值 $R_{max} = \sin^{-2} 2\theta$, 于是 $\sin^2 2\theta_m = 1$. 可见无论真空混合角多小, 物质的影响使混合角变为最大: $\theta = 45^\circ$. 与真空相比, 几率 $P_{\nu_e \rightarrow \nu_\mu}$ 会增大很多, 称为强振荡转变或“共振振荡”, 这个角也叫“共振混合角”.

发生共振振荡的物质密度 $\rho_R \propto \cos 2\theta \cdot \Delta m^2 / E$, 与它对应的是中微子在介质中的振荡长度 l . 我们知道, ν_e 和 ν_μ 是有“味”的, 通过逆变换, ν_{im} 是 ν_e 和 ν_μ 的正交组合, 这表明 θ_m 确定“味”——即介质中质量本征态 ν_{im} 中的 ν_e 和 ν_μ 分量. θ_m 与密度 ρ 有关, 因而 ν_{im} 的味也就与密度 ρ 有关. 若 $\rho \ll \rho_R$, $\theta_m \approx \theta$; ρ 增大时 θ_m 随之增大, ρ 增到 ρ_R 时, $\theta_m = 45^\circ$, $\cos \theta_m = \sin \theta_m = 1/\sqrt{2}$, 说明共振时 ν_{im} 的两种

忆.

我们从九寨沟归来, 你对我说, 你想去湖北的神农架, 想去天山, 还想爬高黎贡山, 想去儿子插过队的茨顶. 还有祖国的许多名山大川, 你都想去看看.

但生命不是无限的. 不过, 你不要遗憾. 我会陪你一起去的. 待到春天到来时, 大地洒满阳光. 我们一起乘着幻想的翅膀. 飞向你所向往的壮丽河山. 飞向长满野花的原野, 飞向你心灵所系的地方.