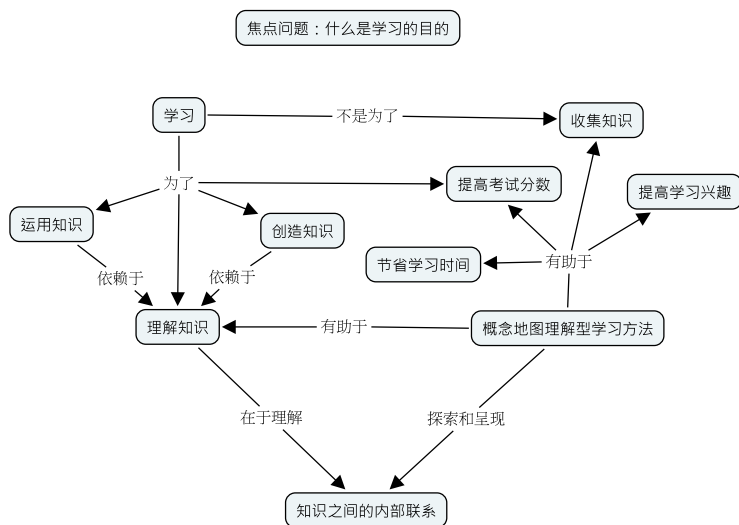

概念地图学习与教学方法

吴金闪



学会知识还是学会学习？

获得一篮子知识还是习得有组织的知识？

如何授人以渔？

Teach Less, Learn More

2015年5月26日

目录

第一章 引论：为什么需要概念地图学习与教学方法	17
1.1 学习和教学需要而且有方法	17
1.2 学什么、教什么	19
1.3 怎么学、怎么教	22
1.4 本章小结	24
第二章 学习的目的：理解知识	27
2.1 知识不是力量，理解了的知识才是	27
2.2 “理解知识”的内涵和形式	28
2.3 理解型学习与提高成绩、节省时间、提高自信心	31
2.4 本章小结	33
第三章 教学的目的：教会学习	35
3.1 以传授知识为目标已经不可能了	35
3.2 授人以渔：学习方法、知识组织方式、知识的理解、情感	36
3.3 本章小结	39
第四章 如何促进理解：什么是概念地图和理解型学习	41
4.1 什么是概念地图	41
4.2 什么是理解型学习	44
4.3 一些关于概念地图和理解型学习的研究结果	47
4.4 我自己的故事	52
4.5 本章小结	56
第五章 概念地图训练：提升自己	59
5.1 Cmaptools 简介	59

5.2	概念地图制作举例	60
5.3	如何进一步提高概念地图制作的能力	72
5.4	本章小结	73
第六章	如何帮助学生促进理解：一个概念地图用于课程教学的体系	75
6.1	以概念地图为基础的课程教学体系	75
6.2	可能的检验这个体系的方法	78
6.3	本章小结	79
第七章	概念地图教学实践：案例	81
7.1	力学的例子	81
7.1.1	力学课程的大图	82
7.1.2	力学课程的几个小问题，小问题的概念地图以及思考	84
7.2	量子力学的例子	87
7.2.1	量子力学知识结构大图	87
7.2.2	量子力学的几个小图的例子	89
7.3	概念地图与网络课程的结合	94
7.4	本章小结	95
第八章	以概念地图为基础的理解型学习	97
第九章	概念地图作为学习体系的基础架构	101
9.1	按照大图景、核心思想来精简内容	101
9.2	视频课程有优点	103
9.3	课程视频的组织方式——从树到概念地图	106
9.4	让学习者明白每一步的目的	108
9.5	尊重学生的选择的权利的学习系统	111
9.6	概念地图为基础架构的学习系统下的学校	113
第十章	一部分学生的反馈	115
10.1	一场学习的革命	115
10.1.1	原只想要改进，却闹了一场革命	116
10.1.2	原只想拥有武器和秘笈，却被要求达到一种境界	117
10.1.3	原只想要开启一扇窗，却又开启了一扇门	117
10.1.4	总结与建议	118

10.2 QM, 与你有关的记忆	119
10.3 还是更喜欢树状图	123
10.4 概念地图与传统框架图的对比	124
10.4.1 初中物理概念图和框架图	124
10.4.2 关于理解式学习和应试教育	126
10.4.3 关于系统科学	127
10.4.4 关于我的学习	128
10.4.5 一些疑问或建议	128
10.5 概念地图学习反馈	129
10.5.1 学习《概念地图学习和教学方法》	129
10.5.2 学习心得	131
10.5.3 总结	134
10.6 《概念地图学习与教学方法》学习总结	135
10.6.1 本书内容概要	136
10.6.2 本书特色	136
10.6.3 评价	137
10.6.4 读后感	137
10.6.5 应用实例	139
10.7 树状图与概念地图的对比	142
10.8 利用概念地图学习方法学习量子力学的体会	145
10.9 关于数学和科学理论与现实的关系以及学习方法的对话	146
参考文献	152
名词索引	153
人名与常用翻译	157
附录 A Novak 所作的本书序的原文	161

插图

1.1	为什么需要概念地图	25
2.1	混乱的头脑	31
2.2	学习的目的	33
3.1	填鸭式的教学	36
3.2	教学的目的	39
4.1	概念地图的概念地图	43
4.2	什么是理解型学习	46
4.3	有关“概念地图”的论文数量	50
4.4	“概念地图”论文的研究主题	52
4.5	汉字关系图	54
4.6	汉字结构网络与理解型学习系统网站	55
5.1	你好，概念地图，第一步，相关概念	62
5.2	你好，概念地图，第二步，基本布局	62
5.3	你好，概念地图，第三步，进一步的概念和关系	63
5.4	你好，概念地图，长程连接	64
5.5	什么是课程设计之一，相关概念	66
5.6	什么是课程设计之二，基本布局	66
5.7	什么是课程设计之三，下一层概念展开	67
5.8	什么是课程设计之四，再下一层概念展开	67
5.9	什么是课程设计之五，进一步的关系	68
5.10	什么是课程设计之六，比较远的关系和再下一层概念展开	69
5.11	什么是课程设计之七，长程连接	70

5.12 什么是网络研究	71
5.13 如何提升概念地图制作能力	72
6.1 吴金闪“量子力学”教学	76
6.2 以概念地图为基础的课程教学体系	77
7.1 力学课程的教学体系之一：大图	83
7.2 力学课程的教学体系之二：运动学	84
7.3 力学课程的教学体系之三：物理学理论的范式	85
7.4 力学课程的教学体系之四：内力和外力	86
7.5 量子力学课程的教学体系之一：大图	88
7.6 量子力学课程的教学体系之二：经典概率论和经典波不能解 释量子行为	90
7.7 量子力学课程的教学体系之三：经典概率论的密度矩阵形式	91
7.8 量子力学课程的教学体系之四：经典和量子系统的测量	92
7.9 量子力学课程的教学体系之五：量子不可克隆定理	93
8.1 用于组织网络研究文献的概念地图	100
9.1 Teach Less, Learn More 系统的基本要求	102
9.2 核心思想大图景决定内容示例	103
9.3 Khan Academy 的视频树	105
9.4 以概念地图来组织视频	107
9.5 教学的目的（作为具体知识的模板）	109
9.6 教授概念地图理念这一部分的教学目的	110
10.1 初中物理光学的知识框架图	125
10.2 初中物理光学的概念地图	126
10.3 高中物理教学中关于相互作用的框架实例	131
10.4 高中物理关于相互作用的概念地图	132
10.5 费曼物理学讲义（第三卷）第 1、3 章概念图版本一	140
10.6 费曼物理学讲义（第三卷）第 1、3 章概念图版本二	141
10.7 费曼物理学讲义（第三卷）第 1、3 章概念图版本三	141
10.8 费曼物理学讲义（第三卷）第 1、3 章概念图版本四	142
10.9 遗传物质的树状图	143

插图

9

10.10 遗传物质的概念地图 144

序

Joseph D. Novak¹

在本书中，吴教授从学术界最近几十年关于教学与学习的研究中收集整理了一些关键的思想。为了优化我们的学生的学习，我们不仅要给我们的教学活动做好计划，还需要尽可能地帮助我们的学生会学习——学会高效率地学习。

今天，大部分的教学活动基本上还是按照行为心理学的原则来进行的：教学活动更多地强调记忆和反复。从 David Ausubel（奥苏贝尔）1963 年的书《意义言语学习心理学》开始，受启发的教育者开始转向一种与记忆和反复不一样的教学方式——这种方式更加强调获得和使用一个学科的基本的概念，然后用这些基本的概念来理解这个学科，而且这样的理解可以使我们更好地更有创造性地运用这个学科的知识。这个要求我们帮助学生理解理解型学习机械式学习之间的不同。理解型学习是指新的概念和新的命题通过与学习者已经有的知识之间的联系与已有知识有机地结合起来的學習方式。相反，机械式学习通常导致学习者的脑子里面基本上没有联系地存储了一些资讯，而这样的方式并不能建立起来一个强有力的知识结构。这样的结果就是很少的通过机械式学习得到的知识可以用于需要创造性的地方，而且大多数时候很快就会被遗忘。

现在，基本上大家已经认识到知识是由概念和命题组成的。把新的概念和命题与已有的知识相结合的过程是构建对知识的理解的核心步骤同样也已经是共识。对信息的机械式记忆有的时候能够帮助你通过考试，但是对于构建知识结构，理解新的知识，进而创造性地运用这些知识，它基本上无能为力。更进一步，学习新知识的动机通常也是只有在以理解和掌握新知识为目的的时候才会被提升，而不是为了简单记住新知识。研究工作表明类似概

¹Novak 教授是概念地图的提出者。40 多年来一直在使用、研究和推广概念地图学习和教学方法。这个序的原文在附录 A 中可见，中文由吴金闪翻译。

念地图等基于研究者对于认知过程理解提出来的的的认知工具的使用能够提升知识学习的质量和数量。概念地图同样可以用在教学之中，制定好更好的教学的计划。吴教授的书总结了这些相关的理念，展示了如何运用概念地图以及其他的工具和思想来提高教学和学习。这本书也展示了如何把一门学科的“大图景”和上面讨论的“如何学习”结合起来，形成进一步学习和开展创造性的思考和研究，这个吴教授提出来的把概念地图学习方法和具体学科相结合的方案。

这本小书还包含了一些使用 Cmaptools 软件的经验。这个优秀的概念地图的制作软件可以从<http://cmap.ihmc.us>免费获得。这个软件允许协作制作概念地图，不同的制作者之间可以交流想法。这个使得教室学习更加接近实际工作环境中的学习过程。学习者可以把他们通过 Cmaptools 制作的概念地图收集起来作为一个知识模型，从而成为他们进一步学习的基础，成为帮助他们用这些知识来解决新问题的指引。这个构建知识模型的过程同时也能够帮助学生理解什么是理解型学习，以及理解型学习在创造知识中的地位和角色。

成功的理解型学习会提高学习者的自信心和进一步学习的动力。吴教授强调在学习和创造知识的过程中情感的因素和认知的因素之间的相互联系。这本书展示了如何帮助学习者成为越来越高效的理解型学习者。这本书还涉及了一些关于概念地图以及其它的一些提高学习和教学的方式方法的使用的研究工作。

帮助学生学会学习同样会使得教师称为更好的学习者和更好的老师。更好地教学和更好地学习是相辅相成的，这个协同关系会使得学生和老师的的能力都得到提升，使得学生和老师的自信心和学习工作的效率都得到提高。任何人，想要成为一个好的老师或者好的学生，这本书都值得拿过来看一看。

献给

我的孩子吴逸兮、吴立心，
也献给所有的孩子。
愿她们一直保留对意义的追寻。

致谢

从一个偶然的进入概念地图学习和教学方法这个领域之后，一直在做研究、使用和推广的事情。期间得到了很多单位和个人的支持。在这里感谢北京师范大学教师发展中心、北京师范大学国际交流与合作处的支持，以及这两个单位的诸位老师的支持，尤其是魏红、单立真、张斌贤、李芒、肖铠的支持和鼓励。把我的这些体会整理成书的想法是李芒提出来的。没有这个计划和设想，就不会有本书。书撰写过程中作者所做的研究工作得到“中央高校基本科研业务费专项资金”资助。本本书的出版得到“XXX”资助。

感谢 Joseph Novak 无私的耐心的教导，无论是上门请教还是通过 email 或者 Skype 请教，Joe 都能够跟我非常及时细心地讨论，甚至事先设计好阅读材料和讨论的话题。感谢 Alberto Cañas 的大力支持，无论多忙，也优先抽出时间来北京师范大学讲授概念地图和理解型学习。感谢我的学生们积极地参与我的实验性教学实践的探索。

感谢阅读了本书的原稿并提出很多有意义的建议的朋友、同事、学生，尤其是裴寿镛、魏红、杨立英、王馨、狄增如、张江、赵国庆、包景东、刘迎春、尹冬冬、姜莉莉，还有系统科学学院 2011 级的学生们（付悦、侯心怡、史依颖、叶佳敏、田桂宁、付涵、幸小云、肖米男、王正礼、李心同、张雪松、李中晋、刘康琳），还有其他的学生们尤其是郭珊珊、秦磊。感谢北京师范大学概念地图教学讨论班的诸位成员一直以来的支持和努力，尤其是赵国庆、朱嘉、辛明秀、马利文、刘京莉、梁前进、尉东英、杨丽娇。

感谢我的孩子们，吴逸兮和吴立心，你们给我很多的学习和教学上的启发。感谢我的夫人冯倩对于我做各种探索的支持。感谢我的岳母姚书君对孩子们的悉心照顾，使得我有更多的时间来做这些探索并完成本书。

本书的电子版以及勘误、讨论都可以从<http://systemsci.org/cmap>找到。

第一章 引论：为什么需要概念地图学习与教学方法

这一章的主要目的是给整本书做一个介绍和概览，也说明一下写作本书的动机。整本书的主要内容和主要思想都在这一章有所体现。对于没有时间细看本书的读者，看完了这一章就基本上了解了概念地图学习与教学方法是什么了，然后，请花一点时间浏览一下第四章和第五章，做一定量的练习来熟悉这个工具，内化这些思想，也能够基本上实现我们的目的了。如果你是教育管理者，或者是正在开展公开课方面的教学改革，推荐你在额外花点时间阅读第九章——关于基于视频课程的教学与学习的一个新体系的讨论。

1.1 学习和教学需要而且有方法

大家都知道学习是需要方法的，可是具体这个方法是什么，就不知道了。一个偷懒的或者无奈的回答是：无一定之规。我们看到很多学习很好的学生并不是把时间基本上都花在学习上。作者自己当学生的时候就是这样一个人。可是，当我们思考，或者被问，到底什么学习方法使我们达到了这个效果的时候，我们通常说不出一个所以然来。我记得我自己曾经给出的答案是多想，随便想，不限制地想。尽管现在我已经知道这个答案其实有道理（这个道理在本书中会用概念地图学习与教学方法来解释），但是，听者和问者能从这个答案里面悟出多少就很难说了。我们还有这样的一些经验或者体会：有些人当她们对一个领域熟悉到一定程度之后，她们可以“灵机一动地”或者“深思熟虑地”建立这个领域与其他领域的联系；还有的人她们可以提出和解决非常深刻非常困难的问题，而且往往这样的解决问题的方法可以成为解决其他问题而不仅仅是原来的问题的基础。我们往往把这

样的人称作创造力很强的人。如果我们问这样的人，什么提升了其创造性，能够说出一个道理来的也不多。作者自己也应该算作这样的人，常常会把不同领域的东西联系在一起，也常常思考一门学科里面最深刻的几个问题中的一两个，尽管已经解答的还不是很多。如果问我，而且我也确实被问过，我的答案也基本上是多想，随便想，不限制地想。可以算是略有小成的物理学家汤超——沙堆模型的原创者之一（汤超的导师，Per Bak，也是沙堆模型的原创者之一，很多人都说，是一个具有非凡创造性的人。可惜，听不到Per Bak关于这个问题的答案了）——也被问过这个问题。他经过几分钟的思考之后，以开玩笑的方式，给出的答案是，多看、多想、多聊。尽管现在我知道这个答案很有道理，但是听者和问者能够从这个答案中悟出真知的人也是少数。所以，高效率的学习和思考都是需要而且有方法的。这个道理大家都明白都同意。可是，方法是什么不知道。

高效率的教学也是需要而且有方法的。教学就是为了让学生会学习和思考，既然学习和思考是需要而且有方法的，那么教学自然也是需要而且有方法的。可是这个问题比前者还要难，可供参考的方法还要少。我们大概都听说过，“教学是一门艺术”。凡是艺术就意味着能够一般化程序化的东西少，个性化的东西多。很多有名的教师，例如Richard Feynman——Feynman物理学讲义的作者、天才物理学家，Leonard Susskind——超弦理论的创立者之一、一系列Stanford理论物理公开课的主讲人，Michael Sandel——Harvard大学Justice公开课的主讲人，Ben Polak——Yale大学Game Theory公开课的主讲人，都不是学教育出身，而是从自身的研究工作和研究领域出发体会出来的。好吧，既然如此，我们有没有一些方法能够提高教学的效率呢？有，但是，一般性的方法很少很少，不过，我们即将介绍的概念地图教学方法就是一个。顺便，我们不得不指出来，教育学作为一门科学，如果不能提高我们老师教学的效率，不能提高学生学习的效率，它就是没有完成自己的本职任务。为什么一般性的方法很少，教育学真正成为科学还有很远很远的路呢？我们已经说过，教学是为了让学生更好地学习和思考，而且是要依靠老师的帮助和引领来达到这个目的。可是学习和思考的规律还没有被发现，提高学生学习和思考的方法也还没有，又如何实现把老师的思考和引领与学生的学习和思考结合起来呢？所以，教育学的根本问题是脑科学。可是问题是现阶段的脑科学大部分还是在关注描述性的问题，还远远不能用来回答发展教育学理论所需要的例如思维如何产生、如何变化、认知结构的物理基础和变化规律等等问题。当然，有一天脑科学能够

回答这个问题了，那么，教育学就是脑科学的应用科学。问题也就解决了。

可是，在没有完善的理论基础之前，我们就不可能有可行的可靠的教学方法了吗？不是的。从物理学研究和复杂性研究中，我们发现，不同的底层的物理结构的系统，可以展现相同的上层结构，而且往往这个上层结构具有底层系统没有的新的物理性质 [1, 2]。这个通常叫做涌现性，或者低能近似（对于包含更基本的相互作用的单元系统，仅仅考虑这个系统在能量比较低的时候的行为。不是智力发展迟缓的意思）。例如，化学作为一门科学，它的基础实际上是量子力学，但是在量子力学发展起来之前，甚至之后，化学都有化学自身作为科学的地位。当然，另一方面，在量子力学建立之后，化学也确实很大程度上依靠和运用了量子力学。那么，同样地，教学方法（注意，这里我避开教育学这个名词。以后在不加说明的情况下，如果我用了教育学，很大的可能是指教学方法，或者说教学学。一个教学学的问题都解决不了的话，教育学就更加不可能存在了）的基础是脑科学，在脑科学完善起来之前，教学方法的研究还是有其自身的价值的。有可能，教学方法这个上层结构有它自身的规律，而且有的方面不需要等待脑科学这个基础科学的研究结果。当然，我们也期待着甚至促进着脑科学的发展完善。

1.2 学什么、教什么

我们这本书要介绍的概念地图学习与教学方法就是从这个层次的研究中——“低能近似”不太好听，我们给取它一个名字，维象研究，就是基本上从现象出发的，基本原理还不太清楚的研究——提出来的有效的学习和教学方法。除了这个提高学习和教学的效率的目标，更具体地，这个方法主要解决什么问题呢？解决学什么、怎么学，教什么、怎么教的问题。千万不要认为学什么、教什么的问题是一个平庸的问题。当然，如果你认为什么都应该学应该教，学生就是应该尽可能地多学点，那么你不是本书的读者。你可以去退钱了（按照我国的法律，网购的比较容易退货，而且希望你看到这里的时候还在你购买本书的七天之内）。学生的总的时间是有限的，学习文化知识的时间更应该是有限的。学生的时间还需要花很大一部分在接触不同的事物，了解和欣赏自然界，交朋友，发呆，爬树，钓鱼，游戏，运动，家庭时间，等等很多很多的事情上。花在任何一本不值得的书上的时间就意味着减少了增加生活体验生活乐趣的时间。

那么学什么、教什么？举个不太恰当的例子，而且正因为不恰当，反而

更深刻。很多家长在孩子们很小的时候就教孩子们算加减法。很多孩子们对于加减法的认识是记忆性的，而不明白加减法的含义。也就是说，孩子们在开始的时候，不知道 $1 + 1 = 2$ 意味着“一个单位的某种东西加上另外一个同样的单位的同样的东西，就是两个单位的同样的东西”这个含义，但是已经能够回答大人们问的问题，“某某， $1 + 1$ 等于几呀？”。某些家长还为此偷偷地高兴很多天。我现在要写下来的论断是：如果仅仅考虑加减法本身，除了为了明白加减法的含义需要一定的练习的计算量，孩子们永远不应该学习加减法的计算。任何加减法，只要孩子们已经能够把实际问题转化成加减法的问题，那么学习的任务已经完成了。当然，为了熟练地在实际问题和数学表达式之间做转换，一定量的练习是必要的。但是，数学绝对不是做算术运算，这些运算的事完全可以交给计算器。同样地，所有的微积分也不要学生去熟练去记忆，只需要学会把实际问题转化成微积分的表达式。转化完成之后，我们有 SageMath¹, Maple²之类的专门的工具来完成它。所以，为了算术而学算术，为了微积分而学微积分，可以休矣。

那么，算术和微积分的运算，需要熟练吗？需要，但是完全是因为其他原因。在数学上有一定造诣的读者会明白，因式分解是重要的思考方法，很多困难的问题可以用因式分解的思路变得更简单。要做好的因式分解，需要对整数的加减乘除具有很好的感觉。熟悉算术运算就是为了培养这个感觉。变量替换和模块化在分析很多复杂的问题中非常重要，足够的微积分运算的训练可以得到一双敏锐的眼睛，提示你做合适的变量替换和把问题模块化。所以，这两个不太合适的例子很好，我很喜欢。也就是说，一个东西值不值得学，值不值得教，除了考虑学生和老师作为个体的兴趣（这个我们不管，有的人就是喜欢做一本百科全书，喜欢去挑战王小丫、李咏、汉字英雄、我爱记歌词，这是他们的自由。对了，这样的人也不是本书的读者。如果你是，那么你也可以去退钱了），最主要的是看学了这个东西可以用来理解或者创造性地运用哪些其他的東西或者解决什么样的问题。当然，我这里假设我们的教学的终极的目标，是培养一个个探索这个世界的人，不管是这个世界的人类行为的还是自然行为的方面。所以，我隐含了我所谈的培养的对象实际上是类似于科学家、社会科学研究者、领导者的人，或者象科学家、社会科学研究者、领导者一样思考问题的人。当然，有的研究表明 [3]，在运用了概念地图学习与教学方法之后，推销员、客服等等的工作

¹SageMath 是一个数学软件，可以做符号计算和数值计算。Sage: Open Source Mathematics Software, <http://www.sagemath.org/>

²Maple 是一个数学软件，可以做符号计算。The Maple Software, <http://www.maplesoft.com/>

表现也有提高，而不仅仅是产品设计部门、员工培训部门的表现。不过，这个更加广义的教学不是这本书的范畴，我们不谈。

回到我们的主题，在学科教学、学校教学的层面，学什么、教什么是个大问题。那么如何确定学什么、教什么呢？我们说要看一个内容在整个知识框架中的地位。那么，如何确定一个内容在整个知识框架中的地位呢？要依靠概念地图。这个是我们将来的主题之一。我们一定要看见，随着技术的进步，电子终端随处可见，搜索引擎越来越准确，人们对于记忆性的知识本身的需求越来越少，作为一个知识渊博的人的需求越来越小，同时创造性地运用和创造知识的需求越来越高。而理解知识是创造性地运用和创造知识的基础。我们学习和教学中的内容应该越来越少地关注能够通过简单提问 Google³或者 Siri⁴就能解决的问题，更多地关注提出以前没有人提出过的问题，回答以前没有人回答过的问题，用新的方式回答问题，给一个问题提供新的答案，关注如何促进人类文明的进步。

再举一个例子来说明新时代的学习内容的变化。考虑你的一次出行。你的目标是从你熟悉的区域 Z ，你需要到达一个你不太熟悉的地点 O 。如果没有地图，你需要请教熟悉这两个地区，甚至中间可能需要经过的所有地区，的专家来制定一个出行路线。而且，这个出行路线在什么地方转弯都需要记下来，在心里或者在一张纸上。而且，我们不能保证经过专家咨询得来的路线是路程最短的还是开车或者走路最方便的。这个没有整体地图，只靠行路的人局部探索和专家的指导的出行模式——这样的指导也基本上依赖于记忆型知识，就是古老的，GPS 定位技术普及之前的，最可靠的出行计划。现在有了地图和电子地图，我们再也不需要能够记住这些区域的纯粹知识型的专家了，我们需要的是及时更新的路况信息和好的路径搜索算法，一个处理地图以及交通信息的“专家”。当然，实际上，我们发现，除了专门研究这样的算法的人，一般人连这个算法都可以用手机上的计算核心以及所运行的程序来替代。也就是说，现在，你只需要一个地图，一个定位系统，一个路径搜索算法，然后你就出门吧。基本上我们就没有任何记忆的需求了。当然，现实的世界中，我们会遇到地图没更新、算法有 bug、算法可能比较慢等等之类的问题，我们还不能完全不识路，少量的路标可能还是需要记忆的。

前两天发生在我自己和我的孩子身上的在商场寻找厕所的事情，可以

³Google 是一个搜索引擎，Google, <http://www.google.com>

⁴Siri 是一个语音控制系统，可以通过自动检索网络和资料回答用户的一些问题。
<https://www.apple.com/hk/en/ios/siri/>

给我们更深刻的学习方法方面的启发。我们需要在一个完全不熟悉的商场寻找厕所。首先，我们看了一下标志牌，没看明白指示。然后，我们问了问路，得知在某一个角落里面有，而且得到了如何“拐弯抹角”的具体路线。但是，非常不好意思的是，路线对我来说比较复杂，没记住。不过，两件事情我记住了：这一层有厕所，而且在那个方向上。于是，我就和孩子一起出发去寻找厕所。经过好多个拐弯——后来发现多走了一些弯路——之后，就找到了厕所。在这个找厕所的事情里面，知道并且相信某个范围内有厕所，而且知道大概的方向，就足够了，而不是记住具体明确的路线。找到厕所的当时，我就想起学习这件事情来，在学习的时候，明白并且相信某个东西——例如课程或者书——里面有值得你学习，你喜欢学习，或者能够解决你的问题，满足你的好奇心的东西，是最重要的。然后，学习的时候要做到有方向感——可以来自于自己的积累、直觉，也可以来自于老师或者同学的启发。就是这个信念和方向感，而不是具体的定义和计算——当然，在真的要理解所学内容的时候，深刻理解这些定义和计算是非常重要的⁵——就能基本上保证你学得懂学得到，尽管可能要走一些弯路。

上面的 GPS 的例子启发是随着时代的进步我们对纯粹记忆型知识的需求会越来越低，而这个寻找厕所的例子则告诉我们信念和方向感对于学习和研究工作来说比具体的知识更加重要。当然，你会问这样的信念和方向感从哪里来。如果有指导老师和学习小组，那么，这个信念和方向感可以来自于这样的先行者。但是，既然我们强调自学，那么在基本上靠自己学习的时候，这样的信念和方向感有从哪里来呢？来自于对自身的兴趣和能力的了解，以及来自于对已经学会的知识的全局性的大图景的把握。那么，如何从所学的具体知识里面把握好大图景呢？这个是下面我们要讨论的怎么学、怎么教的问题。

1.3 怎么学、怎么教

那么，解决了学什么、教什么的问题，下一步就是怎么学、怎么教？这里我们还是用出行计划的例子来讨论这个问题，不过，这里用它的抽象含义，类比含义，而不是真的出行。假设，你的学习目标就是你要到达的尚不熟悉的概念 O 。现在，你需要从你熟悉的领域 Z 出发，学习到 O 。怎么办？如果我们有一个地图，一个关于这些概念之间的关系的地图，我们就可以

⁵关于具体定义和计算的理解的讨论，见 10.9 节，《关于数学和科学理论与现实的关系以及学习方法的对话》

从 Z 开始，通过概念之间的联系来习得 O 。同样地，如果我们面对一个证明题，要证明的目标是 O ，起点是区域 Z 中的已知定理、公理和定义，那么我们需要构建的也是从 Z 到 O 的道路。这个时候，有一个包含了 Z 和 O 以及大部分中间概念的知识的地图就会发挥非常大的作用，大大提高我们学习和思考的效率。正像实际的地图在我们制定出行计划的时候的重要性，对于理解概念、运用知识和创造知识来说，概念地图就是我们认知结构中的地图。所以，怎么教怎么学，还是依赖于这个地图。这个时候，如果我们新建立了一个两个概念之间的联系，实际上就是相当于新建设了一条路。看看一条实际地图上新的路对于整个交通的含义，就可以体会认知结构中这样一个新的联系的价值了。这个时候，概念地图还能够提示你在哪里建，怎么建这样一条新的道路。这个就是我们在上一小结结束的时候提到的：用构建所学知识的概念地图的方法来获得大图景。

同时，这个概念地图可以用来反映概念地图制作者的认知结构，因此，这个制作概念地图的过程，在发现学习和理解中的问题，制定有针对性的个性化的学习方案中，也有重要的作用。因此，概念地图也可以用于教学和评价的诊断。由于概念地图的这个反映制作者的思考和理解的功能，在教学中，运用概念地图能够做到一定程度上个性化的教学。David Ausubel在他的《教育心理学》[4]（中说：

If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.

如果非要我用一句话来概括教育心理学的原理，我会说那是：影响学习最重要的因素是学习者已经了解的东西。了解和考虑了这些东西以后来教。

因此，怎么学怎么教的问题就是两张地图的事儿：学科的核心知识的概念地图——这个学科的概念关系构成的概念地图是客观的，但是实际上呈现出来的学科专家或者授课老师所做的概念地图总是带有制作者的主观色彩的对这个客观关系的一种逼近，学生在相关知识上的已经有的概念地图——这个反映学生在学习阶段对这门学科的概念关系的把握。而且，后者需要在学习的过程中不断地更新。

1.4 本章小结

这个引言部分其实已经阐述了本书的主要内容和主要的逻辑体系。本书的以后的部分，仅仅就是解释如何利用概念地图决定学什么教什么，怎么学怎么教。当然，为了能够实现它，我还需要我的读者能够运用概念地图工具，所以需要一定的练习量来熟悉这个工具和这个思维方式。在这里，实际上，我对于本书的读者提出了非常高的要求。第一，你有搞清楚或者至少有足够的好奇心来了解高效的学习和教学方法的动机。第二，你还留有一颗探索这个世界的心，或者至少能够理解还保留着这样一颗心的人。第三，你愿意挑战和改变自己。哦，还有，你还需要忍受或者享受我不断地对你提出思想上和时间上的挑战。满足了这些要求，那么我基本上能够保证你从本书中获得很大的收获。当然，本书所要讨论的概念地图学习和教学方法不是每一个人都能学会用得好的，但是至少，我认为，可以让更多的不习惯于记忆型学习的人学的更好，更有乐趣，让一部分习惯于记忆型学习的人增加对学习内容的理解。

对于学生，只要你真的能够领会这个思想，转变思考和学习方式，那么，我可以保证你学习的效率和快乐都会大大的提高。对于老师，你必须付出更大的努力，把自己所教的课程与这个教学方法结合好——见第六章和第七章，才能真正发挥出它的作用。尽管说，这个方法的基本的精神是促进对知识的理解，有的时候在以记忆型知识为主的学科，这个方法也能发挥很大的作用。仅仅给学生展示几张甚至很多张概念地图，而不能引领她们深入地思考，对于促进理解是效果不大的。因此，就算老师的思想已经转变过来，技术也熟悉了，真正把这个方法与课程相结合，也是一件创造性劳动。不过，好处是，相对于学生学会这个方法只能够提高自己或者几个人的学习效率，老师一旦运用好了这个工具可以种下很多种子。将来这些种子甚至会长出更多学习效率、教学效果更好的新一代的苗子。

作为对本章的小结，我们呈现一个简单的概念地图，图1.1。请读者尝试在我们正式介绍概念地图之前来读一下这个地图，看一看可以读出来哪些信息。

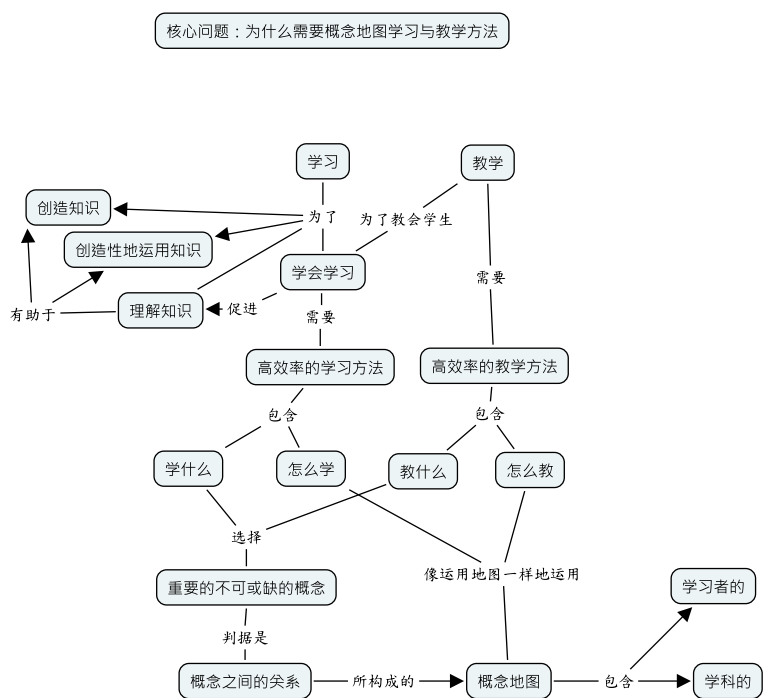


图 1.1: 用一个概念地图来总结一下为什么需要概念地图学习和教学方法。

第二章 学习的目的：理解知识

在引言中，我们提出来，基于学习的目的是理解知识，我们的学习需要方法，而不仅仅是简单收集、记录和记忆。在这一章里，我们要进一步讨论学习的几个不同的目的，以及以概念地图做为工具的理解型学习如何帮助学习者实现这些目的。

2.1 知识不是力量，理解了的知识才是

大家都知道培根的名言“知识就是力量”。但是，这里我想说的是**知识只有被理解和能被运用之后才是力量**。书本里面的、计算机里面的、Google 服务器上的知识的记录，我爱记歌词冠军脑子里面的歌词，绝对不是力量。知识的记录被理解和加工以后有希望成为力量，歌词用来唱歌或者作为加密的密码，或者传递爱情的介质，或者创作新的能够被自己和其他人欣赏的诗或者歌的时候，才是力量。关于知识就是力量有一个来自于 Reddit 的故事¹。Reddit 的一位用户 Lord_Baron 分享了一个故事：他从小就认为这句话是这样说的“知识就是力量，法国就是烤肉”，因为他爸爸在他小的时候告诉他“Knowledge is power, France is bacon”。当然他爸爸实际上告诉他的是“Knowledge is power – Francis Bacon”。这个故事正好说明理解多么重要。这个孩子用了十多年时间来尝试着理解为什么法国就是烤肉，问过老师和很多人，大家就是点点头，一直到他放弃理解为什么法国就是烤肉为止。这个也许是一个编出来的故事。但是，同样说明，除非万不得已，我们自然是追求对事物的理解的。设想一个极端，如果 Lord_Baron 连前面半句都不理解，如何实现引用这句话的初衷——鼓励孩子们学习呢？所以在没有被理解，没有成为认知结构的一部分的时候，知识不是力量。

¹Reddit 是一个新闻、故事、问题、社交、娱乐、社区等等各种内容和功能的聚合网站。
<http://www.reddit.com/>

这个例子仅仅是一句话，很难想象不被理解。但是，实际上，在学生的课业中，学生不理解但是不得不记下来的例子多了去了。我在上学的时候，每一次历史考试都答不对历史事件的时间的题目。有很多很多的学生，他们不得不回答或者非常愿意去回答这样的问题。有的时候，甚至关于历史的解释，某件事可以认为是导致某个事件的原因，某个事件对于什么其它事件有什么意义，都是必须要从历史教科书中记下来的。对于这样的教学和学习，更多的是教学，方式，你能够期望学生将来能够理解知识，创造知识吗？同样的学习方法甚至被用到物理课程的学习。于是，学生在考试之前需要整理和记忆公式，考试的过程就是不断地尝试使用各个公式的过程。这样的教学和学习方式，你能够希望学生将来自主地提出和解决问题吗？我们称收集、记录和记忆知识的方式为集邮票式学习，或者机械式学习。机械式学习也能够学习到知识，但是很难学到知识的理解。

从知识性的考察和考试的视角中跳出来，我们很容易就能够看清楚，学习的目的不是为了考试，不是为了记忆知识，而是为了理解知识，理解逻辑，从体会之前的伟大的头脑的作品来学会思考。当然，这个也同时对于考察和考试的方式提出了挑战：我们能不能少一点记忆性知识的考察，多一点点理解和加工知识方面的考察。这个当然是以后的教学方式和教育制度需要解决的问题。但是，概念地图学习与教学方法与理解型学习的好处，就是，理解了知识之后，就算对于记忆性知识为主题的考察和考试，你的表现也会很好，尽管可能不是最好，因为当前的学校的考察方式还是死记硬背的学生占便宜。

2.2 “理解知识”的内涵和形式

学习的目标是创造性地运用知识和创造知识很容易理解，那么为什么会归结到理解知识呢？在我们了解的所有的知识当中，我们的大脑善于利用我们最熟悉的，已经内化成为我们的思考的素材和思考的公式的那些部分。这一点从科学上当然是需要脑科学的研究来检验的。但是，从现实生活的体验也非常好理解。例如，以乐器学习为例。初学者的注意力在正确的手法的运用以及表达出正确的音符上面。当熟练记住音符、手法也比较熟练之后，乐师可以关注把音乐的内容表现出来。只有当手法完全不用思考之后，才有可能即兴创作。从手法的练习到完全不用思考地运用手法，这个就是把某些知识和技能完全内化，成为像骑车、走路一样简单而熟悉的事情。

只有到了这个阶段，我们才能够自发地运用这些知识和技能。

那么，在知识上，理解就是内化的最重要的也是最有效的一个步骤。当然，除了理解还需要一定量的练习，就好像学习乐器的过程中也需要一定量的练习一样。一门具体学科的知识理解与这个学科自身的内容是密切相关的。所以，很难想象有一个一般的促进理解的方法，尽管把对知识的理解放在第一位这样一个原则已经对学习有帮助了。我们在这里要做的，要找到一个比这个一般原则有更高的可操作性的方法。我们说，对知识的理解的外在形式是一个这些知识的组织方式。所谓知识的组织方式就是搞清楚最基本的概念是什么，哪一些概念可以从这些基本概念导出，提出这些基本概念的动机或者说这些基本概念的原型是什么，这些导出概念说明的什么问题，这个学科研究的基本问题是什么，主要研究方式和方法是什么，有哪一些问题还没有得到回答，哪一些问题的研究已经可以用于指导什么样的实践，等等这些问题。

想象一下一个有大量书籍的图书馆，我们既可以按照首字母或者第一个字（及其笔划、拼音）来组织这些书，也可以按照书籍的内容来分别安放这些书，甚至可以把这些书籍之间的联系也做为一种额外的形式来整理这些书籍。对于简单的检索来说，其实，首字母或者第一个字就不错。但是，除了检索，我们有可能还需要给读者在某一个门类之内自行挑选的服务，这个时候，按照书籍的内容来整理就会很重要。如果有的时候，我们还需要考虑给读者做推荐、建议等高级的服务，甚至面对读者的阅读需求提出推荐书单这样的服务，那么，建立书籍之间的内容上的联系，甚至书籍的被借阅联系（哪些学生一起借阅哪些书籍的关系），就会很有用。例如，如果我们知道某两本书之间内容上的联系，例如了解了 Feynman 的《Feynman 物理学讲义》第三卷曾谨严的《量子力学》[5] 这两本书的特点和关系——前者很多概念和物理过程、思考过程的描述可以补充后者，而后者结构比较完备，可以一板一眼地阅读，那么我们就可以给阅读曾谨严的《量子力学》的读者推荐 Feynman 的《Feynman 物理学讲义》。

我们的知识集合就好像这个大图书馆。我想，没有人是利用概念的首字母或者是第一个字来整理一个人大脑里面的知识的。一个人大脑里面的知识也不可能是完全没有组织结构的。一个只有一条一条的知识，而不考虑知识之间的联系的集合，是不可想象的。除非是大百科全书或者大百科全书式的学者，这样的一条一条的记忆是不可能的。我们总是自然地寻求知识之间的联系来理解和组织知识的。那么对于这个知识的组织方式来说，

最关键的是什么呢？知识之间的联系。例如，当我们初次学习全球的洋流和气流的时候，我们可能需要记住很多关于什么洋上的洋流和气流是什么方向的，低气压与高气压和气流的关系是什么。在这个层次，基本上是记忆为主。但是，一个好的老师，可能会启发你其实洋流和气流和哪一些因素有关，进而把这个地区的地理结构信息、季风、洋流、气候等结合起来，没准还会提到 Coriolis 力的效果（尽管有可能是通过让你先强行记住这个力的效果，关于这个力的理解放到以后在物理学中学到再说）。学习一个没有把地理结构、季风、洋流、气候结合起来的这一部分的地理课程，就好像是把一个图书馆强行地装到学习者的脑子里面一样，而学习一个考虑了这些关系的地理课程就是一种愉悦的理解和思考的过程。前者就是很多学生说的“体育老师”教的地理学。不过，在我自己的学习生涯中，确实出现过数学老师教的地理学和语文老师教的自然课等情况，而且前者还教的不错。有一份企图理解知识的心理准备其实很大程度上就能够保证教的不错。现在看来，我们的数学老师是具备这个心理准备的，缺的就是地理学的具体知识，而教材却正好提供了这样的具体知识。所以，一个了解以概念地图为基础的理解型学习和教学方法的“体育老师”没准也能够教好数学课。回到上面历史事件的年月日的事情。对于历史这个学科，没准非常难，但是，如果有一个绳子可以把历史事件像珍珠一样地串起来，那么对于历史事件的学习和记忆就会深刻和简单很多。如果一条绳子不够，很多条绳子或者一颗可以分叉的树，如果做得到串起来，也是很好的。在这个意义上，大多数我的历史老师，包括大学阶段的，都是“体育老师”，除了其中的一个。我相信其他人的历史老师很多也是这样的。能不能让更多的老师不是“体育老师”呢？有，让他们学会运用串珠子的方法。可惜没有在The University of British Columbia²学习的时候听一听国外的历史老师的课。在这里推荐一本由概念地图的提出者Joseph Novak教授建议给我的一本历史书，Herbert J. Muller的《The Loom Of History》[6]。串珠子的方法的精神就是思考知识之间的内在联系。

那么，有没有一个办法使得这样的知识之间的内在联系显性化，直观化，甚至反过来促进理解知识之间的内在联系呢？有，概念地图——一个用图形表达出来的知识以及知识之间内在联系的集合。这个地图就好像一个世界地图一样，每一个城市就是一个概念，城市之间的公路就是概念之间的联系，而且这样的联系通常有一个反映这个联系的某些属性的名字。关于这

²加拿大温哥华的一所大学，中文有的时候被译做“不列颠哥伦比亚大学”，“卑诗大学”。所以我从“北师大”跑到了“卑诗大”。



图 2.1: 学习的结果是为了得到一脑子的浆糊吗, 还是有组织的知识? 这些图是在网上找的。我没有版权。请找人按照这个想法画一张画。第一张强调缺乏组织的知识, 第二张体现出来有组织的知识。

个地图的细节以及如何制作这样的地图我们会在第四章和第五章作更详细的介绍。注意, 这个地图的最终形式尽管也重要, 但是更重要的是形成和制作这个地图的过程, 这个过程促进了学习者对知识的理解。

2.3 理解型学习与提高成绩、节省时间、提高自信心

前面我们主要关注的是学习的根本目的。其实, 只要考察和考试的方式还存在, 提高考试成绩就是学习者的目标之一, 而且要在尽量短的时间内达到提高学习成绩的目标。我们说, 实现这个目标, 理解型学习也是关键。

对于单纯地提高一门课的考试成绩的目的, 例如大学阶段的某某史课程或者政治经济学等课程, 划重点、突击记忆是好方法, 负担小、见效快, 而且大多数人以后一辈子不需要这些知识。但是, 对于以后有可能会需要, 或者有可能做为其他的课程的基础的课程, 这种突击方法是万万不能使用的。那么, 如何学习才能提高效率, 在更短的时间里面学得更好呢? 这就需要建立知识之间的联系, 让已经有的知识成为学习新的知识的基础。没有联系的知识积累越多, 一个人的大脑的知识结构就会越差, 越容易混乱, 找不着想要的东西, 学习的成本越来越高。如果每一点点知识的学习都是通过与已经有的知识建立联系, 然后拼接到一个知识地图上面去的, 那么学习的成本会随着知识的增加越来越低: 随着知识增加, 边界也越来越大, 于是更多的点可以与新知识建立联系, 建立更多的联系, 更深刻的联系。通过联系来

把握知识就好像是提着一个线头就拉起一串珠子。

国外关于概念地图在中小学的使用的研究表明，就算面对主要考察知识为主的中小学毕业考试，概念地图学习与教学方法的使用也能够大大地提高学生的成绩 [3]。同时，相关研究表明，概念地图及其制作过程也是一个很好的发现学生认知结构中的问题的办法 [3]。在教师的帮助下，运用概念地图来学习，由于增加了理解，提高了学生学习的主动性，还可以增加学习者的自信心 [3]。相反，在以记忆为主的机械式学习中，就很少能够提高，或者说大多数时候实际上是在消灭，学生的主动性和理解事物的成就感。

我 7 岁的孩子经常问我地球是怎么来的，太阳是怎么来的等等的问题。有一天，她问我，既然东西都有一个怎么来的，那什么都没有的时候，一开始那个东西是从哪里来的。我发现在她这个阶段很难讲明白，于是我就为了一个我认为能够保留她的好奇心的说法。我说，这个世界一开始是从一个“大爆炸”的过程来的。至于什么是大爆炸，以及这样的解释对不对，等她长大了以后自己去寻找答案。她想了一会儿，继续问我，“爸爸，那大爆炸是怎么来的？”。我不太明白，我已经告诉她大爆炸之前什么都没有，所以逻辑上已经不能接着再问大爆炸怎么来的问题了。于是，我解释了，“大爆炸之前什么也没有，不从哪里来”。她想了想。过了一会，又回来问我，“爸爸，那大爆炸到底是怎么来的？”。我还是不太明白她的问题。直到第二天，她又问了，“爸爸，那大爆炸到底是怎么来的？”。我开始思考，是不是她有其他的意思。我问她，你觉得大爆炸是什么？她说，爆炸大概是一个东西炸开了。我忽然间明白了。她希望在“大爆炸”这个名词和她以前的知识之间建立起一种联系，却一直建立不起来。因为，她的概念中，爆炸是有一个东西导致的，而她又被告知大爆炸之前什么也没有。也就是说，作为一个成年人，成年物理学家，我已经接受了把“大爆炸”作为一个名词，代表一系列的物理过程，可是，我却没有企图把“大爆炸”这个词的通常含义和这个名词的物理学内涵之间建立起一种联系。反而是一个孩子，她自然地在寻找着对这个词的含义的一种可能的理解，以及对这个词的含义代表的内容和模模糊糊感觉到的我用这个词的时候的物理学含义之间的联系的理解。因此，孩子们是自然的意义的探寻者。

我们的很多孩子由于各种原因，对学习失去了兴趣。这个实际上是学习中最重要的问题。没有兴趣、热情，动力不够，再多的方法也是次要的，不解决主要问题的。我认为，以增加孩子们对世界的理解为目标的学习，是不

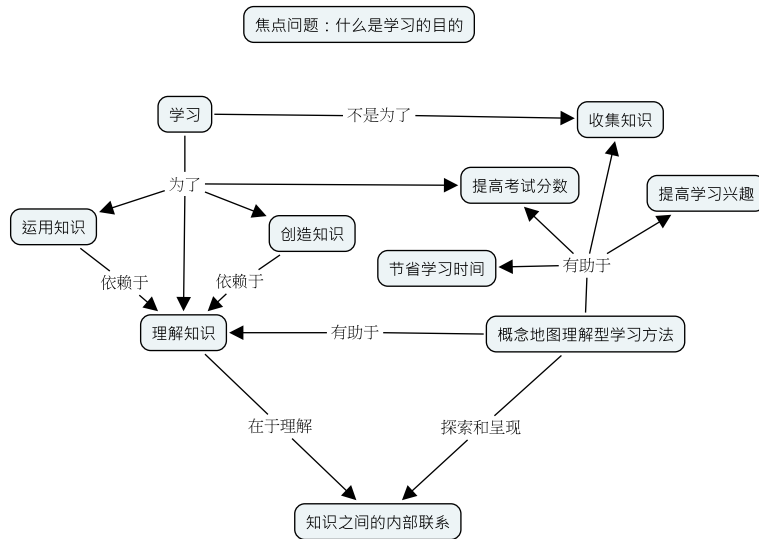


图 2.2: 用一个概念地图来总结一下学习的目的。

会消灭孩子们的学习兴趣的。只有，“你别问了，就这样记住”的回答，或者是这样的知识才是造成学习兴趣缺乏的罪魁祸首。因此，概念地图学习与教学方法，应该很大程度上可以解决这个问题。一个好的老师总是能够做到启发学生的学习兴趣，除了传授知识还传授对知识的理解和情感的。本书以后的部分会讨论如何把这样的有可能是罪魁祸首的不重要的知识挑出去，如何利用概念地图学习与教学方法来学习和传授增进学生对世界的理解的知识。

2.4 本章小结

本章我们主要讨论了学习的目的，以及指出为了实现这个目的我们需要理解型学习方法。学习的根本目的是为了创造和运用知识，而达成这个目的的关键是理解知识，而不是收集知识。集邮不是做学问，而是做机器。同时，我们也讨论了理解型学习在快速获取知识并且增加理解，节省学习者时间的同时提高学习者成绩方面的意义。

作为对本章的小结，我们呈现一个简单的概念地图。请读者尝试在我们正式介绍概念地图之前来读一下这个地图，看一看可以读出来哪些信息。以后，我们会要求我们的读者自己来制作各个章节的概念地图。

第三章 教学的目的：教会学习

我们的古人就知道教学的目的是为了“传道、授业、解惑”，那么传的是什么道，解的是什么惑？道是知识吗？或是某个习题不会做吗？这一章，我们来讨论一下这个问题。这个讨论是为了转变老师的思想从而增加老师对以概念地图为基础的理解型学习和教学方法的学习兴趣和研究动力服务的。一会儿，我们会讨论到提升学习动机也是教学的一个重要目的。

3.1 以传授知识为目标已经不可能了

也许在古代，做一个博学的人是有意义的，老师没准也可以以传授知识为目的。有的人看到了一本书，有的人没看到，这个就已经造成了很大的不同。但是，现在，原则上，基本上所有人都可以看到想看的学术方面的书。保证这一点是有良心的政府和有良心的学校，于是也是学校的出资者，的责任。在这个信息过于丰富的时代，问题不是没有资讯可以看，或者没有知识可以传授，而是太多资讯太多知识。有研究者估计 [7] 现在每年出版的学术论文的数量在 150 万左右。根据Wikipedia¹上的统计全球一年出版的书籍的数量大约在 200 万。其中不同的国家只能够拿到不同年份的数据，所以这个数字是一个粗略的估计。但是，不管如何，每年的论文和书籍都在百万的量级。在这样一个规模的知识以及知识的增长速度下面，以传授知识为目标的教学是完全不可能的。

你可以辩论说，这些知识之中只有很少的部分需要进入教科书和课堂。这个确实是。但是，谁来选择哪些内容需要进入教科书和课堂呢？（关于这个问题，我认为还是要依靠概念地图。不过本书不讨论从论文和书籍中整理知识结构的问题。）一个勤奋的研究生在开始研究生生涯的时候往往能够发现，之前学习的东西和所要解决的问题之间存在一个鸿沟。那么，我们是

¹Wikipedia 是一个开放的百科全书。所有人都可以贡献和使用。 <http://www.wikipedia.org/>



图 3.1: 你希望被当成鸭子填吗，还是象拼拼图一样有机地拓展？这些图是在网上找的。我没有版权。请找人画一张。其中，第一张要体现填鸭式教学，最好是学生的角度，更有张力；第二张图需要把空着的地方和已经有的拼图调换一下，就是让拼起来的图增长起来。

不是就应该给这样的研究生们准备好这些知识呢？一定程度上是的。但是更重要的是，让这样的研究生学会自己来学习，包含选择合适的材料，高效率地挖掘和掌握这个研究方向的信息、思维方法、技术手段。那么，如何来帮助这样的研究生做好这些准备呢？让他/她们学会概念地图学习方法，然后了解这个领域的基本知识结构。也就是说，老师的教学需要整理出来这个领域的基本知识的组织方式——概念地图，然后，让学生学会如何在这个地图的基础上把新的概念、思维方法和技术手段整合到这个地图上面来。这个就是“授人以渔”的方法。

那些以为自己掌握了更多的知识而沾沾自喜的老师们，基本上都可以退休了。只要掌握了方法，学生们的可以拿到的知识的量，绝对不会低于老师们。老师们更强的地方在于对知识的理解和整理。这个才是老师真的可以引以为豪的地方，值得传授给学生的地方。我有一个愿望，我希望所有的以传授知识为目标的老师们都能够提前“退休”，代之以掌握了理解型学习和教学方法的老师，以传授学习方法作为目标的老师，以传授学习方法与知识的组织方式和知识的理解相结合为目标的老师。

3.2 授人以渔：学习方法、知识组织方式、知识的理解、情感

授人以鱼不如授人以渔。这个道理大家都懂，那么在教学上，什么是这个渔呢？学习方法和知识的组织形式。有了学习方法学生就可以自己来学习，而知识的组织结构往往需要一双受过训练的有洞见的眼睛来发现，初学

者往往不具备这样的眼睛。同时，一个老师还需要让学生感受到自己对这门学科的爱。这个爱传出去能够提高学生的动机。所以，我认为，教学的目的是教会学生学习的方法，增加对学科的情感和提高学习动机，构建知识的组织形式以及通过对组织形式的探讨来增加对事物的理解和洞察力。因此，本章的主要任务是把教师的角色从传授知识转变成传授对知识的组织和理解，情感和动机，以及教会学生做理解型学习。

同样，对于学生来说，老师不应该是给你划重点的，不应该是给你做考试培训的，也不是逼着你学习这门课程的。老师是通过这门课程的内容让你体会这门课程的基本思想、基本假设、基本的知识结构，引领你思考，然后让你学会按照这个知识结构来学习这门课程以及其他的类似的课程，甚至把他/她的对这门学科的爱也传递给你的人。因此，对于教师来说，最主要的是清楚地把握所教课程的知识结构，然后是了解学生的现有的关于这些知识的认知结构。有了这两个知识结构我们就可以把这门学科教好。进一步，如果学生掌握了这个从对比这两个知识结构的角度来学习，就可以把学习做好。

在我的本科阶段，北京师范大学物理系有三位教学方面非常出色的老师，教《量子力学》和《电动力学》的裴寿镛老师，教《微分几何与广义相对论》的梁灿彬老师，以及教《力学》的漆安慎老师（杜婵英老师也讲一部分）。我请教过裴老师教学的秘诀，裴老师的主要意思是考虑学生的基础和接受能力，然后把学科知识用最简单、清楚和深刻的方式呈现给大家。实际上，从教学方法上，裴老师有的时候也采用学生报告、学生讨论的方式；同时，裴老师也非常注意与学生的交流和及时的反馈。但是，确实，这些方式方法什么的都是细枝末节，最重要的是对学科知识本身的结构高度把握以及学生的认知结构的一定了解。可以预见，在很长的一段时间内，讲解式教学加上以项目和问题为对象的探索式教学，应该仍然是教学方式的主流。毕竟一位老师对于知识结构的认识一般来说要比学生的深刻。因此，我们能够做的是更好地运用讲解式教学，结合以项目和问题为基础的探索式教学等其他方法。一个好的讲解式教学需要激发学生的思考。如何激发？就要靠对学科知识结构的把握和对学生对相关的知识的认知结构的了解。

梁老师上课的特点是，用梁老师自己的话说，“带着你一起爬山”，所以梁老师的课永远都不是简单的，不是可以舒舒服服坐着喝着茶听明白的，而是要跟着梁老师一起来思考的。爬山就要解决爬什么山，指什么路的问题。解决这两个问题的基础就是脑子里有一个学科知识的结构地图。有的时

候，梁老师会对一个概念试探多个的讲法，有的时候甚至这一年觉得这个讲法好，下一年觉得另外一个讲法好。梁老师对于“抽象矢量”的讲解方法就是这样反复试验和修改了很多次的。为什么要做这样的尝试呢？我认为主要是每一年的学生平均来看对于抽象概念的把握和接受程度不同，然后，从学科概念关系本身来说，抽象矢量也确实存在着以切矢量的概念为基础，以及以一般的矢量空间和映射为基础的，两种表面上差别比较大实际上相互统一的矢量的概念。

梁老师还喜欢把微分流行和坐标变换的语言与量纲分析、Lie 群联系起来。这个就是对于知识之间非平庸联系的把握的具体体现。我还记得这样的联系对于当时做为学生的我的触动有多么地大。当一个老师把他/她创造性的思考呈现给学生，而学生又能明白的时候，这个感触是非常大的。同样的感触发生在学生通过自己的努力把某个新的非平庸的联系建立起来，或者解决一个长期困惑的问题的时候。这些时候的感触就是使得这个学生一辈子坚持下去探索科学的原动力之一。正如当你欣赏过钻石的美不再会注意玻璃的多彩，当你感受过思考的美，你不会拿它来跟其它任何东西的风采相比较。

漆老师的课让我思考最深刻的地方是对牛顿第二定律的处理。漆老师问如果牛顿第二定律这个方程 ($\vec{F} = m\vec{a}$) 是一个定律或者定理的话，首先应该知道这个方程的左边也就是力 (\vec{F}) 的定义——这个定义要独立于这个方程之外，然后明确方程右边的定义——这个倒已经是明确的 $\vec{a} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}$ 。关键是我们不知道一般的力是什么。除了具体的力例如电磁力、引力等等的定义，我们没有一般的力的定义。当漆老师指出这个问题之后，他接着把Newtonian 力学的框架重新建立在了动量守恒的基础之上。尽管对于这个解决方式，我后来渐渐地有了自己的不完全一样的理解，但是当时第一次被这个构建新的逻辑体系，构建新的知识结构的尝试所震撼的感觉现在还能够体会到。

教学上最好的老师，从来都不是因为研究和运用了教学法。对教学法的研究能够锦上添花，能够保证做一个不是很差的老师，但是真正能够让一位老师出众的地方绝对不在于教学法的运用——当然，这个没准以后等到教学学发展起来之后会改变——而是在于对所教知识的结构的深刻把握和对于这门学科的感情。

概念地图教学方法，从这个角度来说，不是一个教学方法，而是一种教学思想。这个思想最基本的精神和一个好老师的朴素认识是一致的：对所教

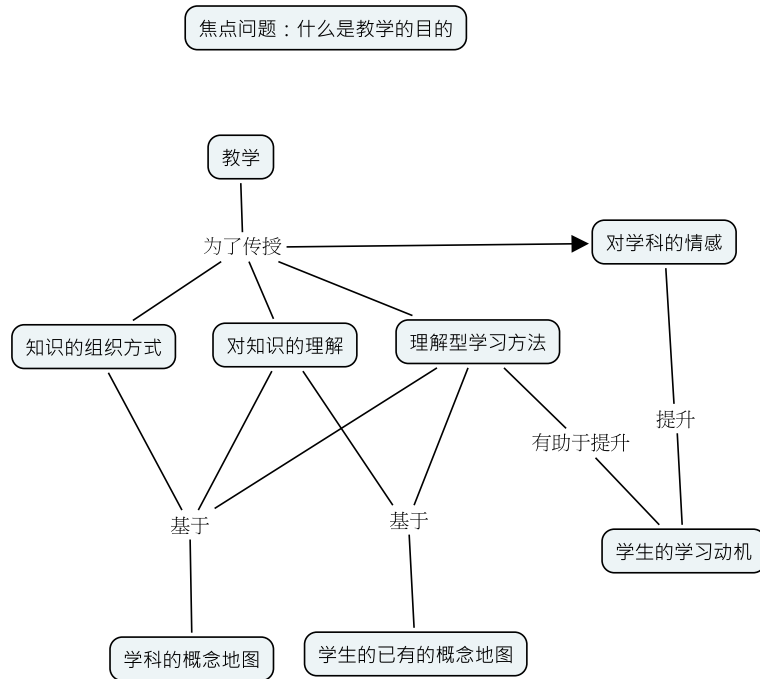


图 3.2: 用一个概念地图来总结一下教学的目的。

内容的结构具有高屋建瓴式的把握——也就是老师在自己的认知结构中构建这门学科的主要概念的概念地图，对于学生的相关概念的认知结构——也就是对学生在学习的各个阶段习得的概念所构成的概念地图有一个了解。

3.3 本章小结

这一章我们主要讨论了教学的目的：教会学生学习，传授对于知识的理解和知识的组织结构，让学生感受老师对这门学科的情感。同时，我们指出来，真正值得注意的也不是教学方法，而是在对课程的知识结构的深刻认识的基础上，帮助学生实现理解型学习。仅仅传授教学与学习方法也是没有意义的。

作为对本章的小结，我们呈现一个简单的概念地图。请读者尝试在我们正式介绍概念地图之前来读一下这个地图，看一看可以读出来哪些信息。

既然学科知识的结构与学生对相关知识的认知结构对于教学非常重要，那么如何来呈现和比较这两个认知结构呢？这个就要靠概念地图了。下一

章，我们开始真正介绍什么是概念地图，以及什么是以概念地图为基础的理解型学习。

第四章 如何促进理解：什么是概念地图和理解型学习

通过前面的两章，我们分别对学生和老师做了心理上的准备，讨论了学生的学习目标和老师的教学目标，并且指出实现这些目标的手段就是以概念地图为基础的理解型学习和教学方法。这一章我们真正开始介绍什么是概念地图，什么是理解型学习和教学方法。尽管语言表达、图的细节等完全不一样，这一章的大部分内容很大程度上参考了 Novak 的《Learning, Creating and Using Knowledge》[3]。

4.1 什么是概念地图

通过前面几章末尾的例子，我们可能已经了解了一点点什么是概念地图了。这一节，我们来正式介绍概念地图。从这一节开始，我们会在正文中大量地使用概念地图作为我们阐述问题的工具。

所谓概念地图，就是一个网络，网络上的顶点是概念（稍等，我们马上就解释什么是概念），网络上的边是概念之间的关系，而且这个关系通常用一个词或者一个短语表示出来。概念通常也可以通过一个词、一个短语或者一个公式、一个符号表示出来。在这里，概念是指（你看，我现在回到了对概念的解释。我们的行文结构必须是线性的，沿着我这个作者选择的思路一步一步走的，不能是多分枝并行的）对关于物体、事件或者逻辑的某种明确的其他人也可以产生相同的认知的某个特性的一种表达。这个概念的定义比普通教科书里面概念的范畴要广。在我们这里，水（通常指 H_2O 在室温下的液体形态）和液体自然是概念，水是液体这个命题必要的时候也可以做为概念。同样的，不仅仅力、位置、速度、加速度可以是概念，牛顿第二定律也可以是概念。例如当我们讨论牛顿第二定律成立的条件的时

候，我们是把牛顿第二定律当作了一个整体的。这是为什么在之前的三个概念地图里面，你可以看见“知识的组织方式”、“对学科的情感”、“收集知识”、“运用知识”等等这样的顶点。一个概念地图最重要的是回答一个明确的焦点问题。例如我们分别用之前的两张地图来回答什么是学习的目的、什么是教学的目的的问题。

在概念地图里面，概念之间的联系，除了画一条线，还通过标注一个概念之间的连词，来表示。这个连词通常是动词性的动词、介词、名词，但是也没有特殊的限制。一个一般的原则是两个概念之间通过连词相连以后基本上构成一句有完整明确含义的话。例如在图3.2中，“教学”“为了传授”“对知识的理解”。再如，“对知识的理解”是“基于”“学科的概念地图”的。一般情况下，这样的完整意思的表达需要在两个概念之内来完成，有的时候也可以利用两个连词、三个概念来构成一个完整的意思。例如，前面的两句话可以合起来理解：“基于”“学科的概念地图”，“教学”“为了传授”（考虑到中文的表达习惯，这里用“可以传授”更通顺，但是意思是一样）“对知识的理解”。在图4.1中，有一句话用到了连续两个连词三个概念：“概念之间的关系”“连接”“概念”“构成”“命题或者陈述”。一般情况下应该尽量避免这样的横跨好几个概念的意义的表达。有的时候，连词和连线上标注了箭头，有的时候没有箭头。这个主要决定于制作者的个人风格。同时，也要保证基本上在没有箭头的时候，连线的方向也是明确的。因此，对于从上到下布局的概念地图，如果其中有的连线需要从下到上，那么还是把箭头标注出来比较好。

简单来说，一个用来回答焦点问题的由连词相连的概念的网络就是概念地图。这里，我们用了两段话来解释什么是概念地图。下面，我们在用一张概念地图来解释概念地图。我们来做一个对比。

一个概念地图通常从一个（通常居于图的中间）或者少数几个根概念出发，沿着主干道（通常在跟概念的直接下方）开始阅读，然后扩展到旁边的分支上。每一个层级基本上都沿着这个阅读方式。制作概念地图的时候一般也遵循这个惯例。但是，从左到右的布局，循环图在必要的时候也是可以用的。一个概念地图主干结构通常是层次性的。也就是说，每一个概念的下方一般情况是对这个概念的解释。如果我们理解了这个概念，我们就可以把这个概念下面的层次收起来，然后我们的概念地图就会变得结构上更简单。或者某些概念之间联系非常紧密，这个时候可以把这些内部联系紧密，与其它概念联系比较少的概念的集合当作一个概念群或者概念集团。但是，

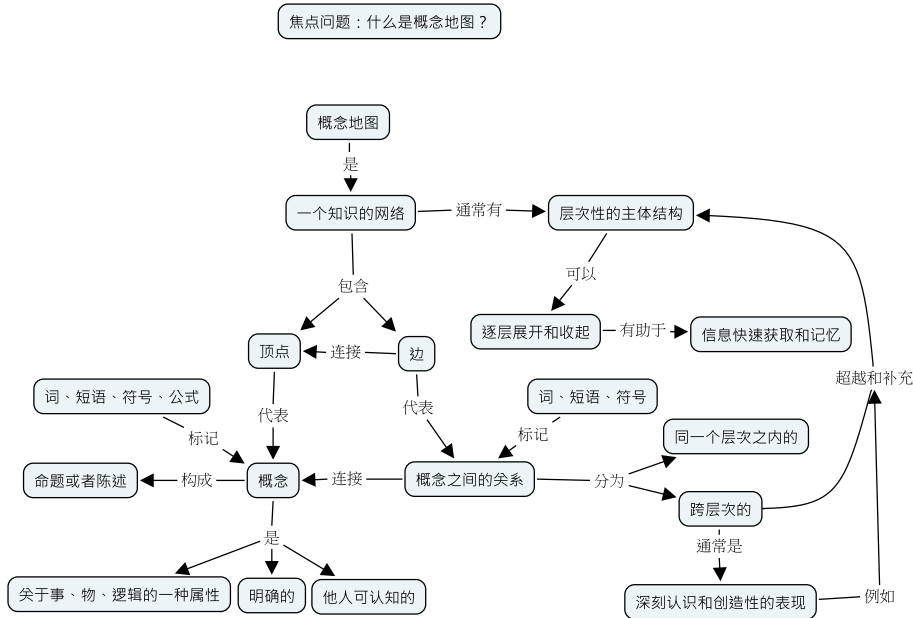


图 4.1: 用一个概念地图来解释一下什么是概念地图。

一个好的概念地图，往往有超越层次性结构和集团结构的地方，称为长程连接。有的概念之间的关系是跨层次的，或者跨越集团的，而这个跨层次或者跨集团的长程连接经常就是这个概念地图最核心的最想呈现给读者的地方。例如，图4.1中，标记着“超越和补充”的连接，就是这样一个从解释什么是“概念之间的关系”到讨论“层次性结构”之间的一个跨层次连接。寻找、发现这样的连接是概念地图制作过程中，也就是实现理解型学习中最重要最能够发挥概念地图对于理解型学习的帮助的一个步骤。

有了这样一个地图，首先我们就有了一个核心的概念的列表，也有了一个核心的命题（概念之间通过连词连起来的一句句的话）的列表。所以，概念地图的制作过程，首先是一个把核心信息从文本中或者大脑中提取出来的过程。这个仅仅是第一步。第二步，更重要的一步是把这些核心概念和核心命题的层次性布局组织好。这一步是整理逻辑结构中最重要的一步。有了整体的层次性结构才能更好地理解和记忆这些核心知识。第三步，寻找和思考概念之间的长程的跨层次的连接。而且要在各个层次之间不停地思考这个问题。这个跨层次跨越的可以是小层次，也可以是大层次，每一个层次之间都有可能存在这样的连接。看见和形成这样的连接越多，那么你对这些

知识的认识就越深刻。

当然，你可以说，只要语言组织恰当，所有概念地图能够表达的内容都可以用语言来表达。最愚蠢的做法不过就是把所有的连词连着的整体意义都用语言写下来，然后等着读者来理解加工这些话就行了。确实是，一个命题的集合所包含的信息量和一个概念地图是一样的。如果读者能够从命题的集合构建一个自身的理解了的认知结构，那么，概念地图确实没有必要存在。理解本身才是最重要的，而不是形式。但是，等等，等等，我们说“构建一个自身的理解了的认知结构”，实际上，我们就是指一个概念地图，或者至少指的是与概念地图差不多的一种理解的显式表达方式。尽管大脑是否以概念地图方式存储理解了的知识是一个有待研究的问题，但是，至少大脑运用的应该是类似的呈现方式。这种呈现方式有可能不是概念地图这样的，但是至少是包含了概念和概念之间的关系这两个基本要素的一种存储方式。相比较于语言的形式，概念地图还有允许非线性化阅读，简洁的特点。因此，我们认为，概念地图和概念地图的制作是呈现和促进理解的一个重要方式。

4.2 什么是理解型学习

一个概念的意义可以从两个方面来建立：内涵是什么，有哪些例子；以及与其他的关系是什么。通常前者通过下定义、举例子的方式来明确，后者通过证明一些命题、定理来明确。如果有充分必要条件的存在，也就是证明了一个充分必要的把概念 A 和概念 B 联系在一起的定理 ($A \Leftrightarrow B$)，那么 A 的内涵式定义就和 A 通过 B 的关系来说明达到了完全的统一。一般情况下，概念 A 可能要通过与多个其它概念 B 的关系才能达到完全反映 A 内涵式的定义所包含的意义。按照 Ausubel 的理论，概念学习的基本方式就是概念形成和概念同化。前者通过接触这个概念的例子，然后逐渐形成这个概念的一个抽象来实现，后者通过理解这个概念与其他概念之间的关系来实现。这些其它概念可以通过概念形成 (Concept Assimilation) 得到的概念，也可以是之前通过概念同化 (Concept Assimilation) 形成的概念。同化这个中文和英文都不是很好，这里的同化既包含通过相似对比也包含通过相反对比，甚至通过其它的更一般的关系，来形成对概念的认知。

学前的小孩子的概念的获得大多数时候是通过基于直接经验的概念形成这种方式。例如，“水”的概念，应该是在孩子能够说话之前，就通过接

触水的各种性质和水的各种实例，形成了的。例如，“水”这个东西可以喝可以解渴，这个是孩子能够直接体验到的。尽管“渴”的明确定义孩子还不清楚，但是“渴”的生活体验是孩子早就能够体会到了。于是，“水”就可以和“渴”这个明确的生活体验结合在一起。同时，孩子还会注意到，“水”这个东西还可以用来玩。这样“水”就和在水中玩这样的生活体验结合在一起。通过一些游戏，孩子还有可能通过生活经验把“水”与“湿”联系在一起。

稍微长大一点的孩子就会进入概念同化的学习阶段，或者说准同化——几个直接体验到的概念联系在一起。例如，通过玩冰块、吃冰块、溜冰等活动，孩子可以接触“冰”的实例从而形成对“冰”这个概念的认识。进一步，通过观察冰化成水、水结成冰的现象就可以把水和冰联系起来。这个时候，孩子对“水”的认识就更加近了一步。

真正了解“水”的本身定义（ H_2O 在各种条件下的形式）以及水的性质（可以通过 H_2 和 O_2 的反应的得来，也可以通过其它包含 H 和 O 的物质的其它反应得来。在不同的温度和压强下有不同的性质）则要等到有指导的设计好的学习，通过进一步的概念形成（探索实验）和概念同化（探讨“水”和其它事物之间的关系）的方式来实现了。

在有设计和有指导的学习阶段，我们还是要利用好概念形成和概念同化这两种不同的方式。在设计探索实验等实际经验以帮助学生实现概念形成的时候，实验设计本身需要考虑概念同化，把相关的，正向的或者反向的对比的，概念和要形成的概念放到一起可能会有更好的效果。同时在做概念同化的时候，也需要考虑学生的直接生活经验，这样概念同化的结果会更好。

概念形成和概念同化的目的是形成对概念的理解，或者说获得概念的意义。学会一个符号或者一个词本身而不是理解这个符号和词代表的意义，不是概念获得。或者反过来说，理解了某个事物的含义以及这个事物与其它事物的联系，即使在不知道这个事物对应的名词的情况下，也是概念获得，例如即使又聋又哑又瞎的人也可以通过概念形成（触觉）获得概念 [8]。当然，对于条件成熟的人，把代表概念的符号和概念的含义一起学习的时候，可能会有相互促进的效果。对于很少的人来说，先掌握代表概念的符号或者词，也就是先死记硬背下来，也能够促进意义的学习，只要其学习的目标还是获得概念的意义。

小结一下，通过概念形成或者概念同化过程获得概念的意义的学习就

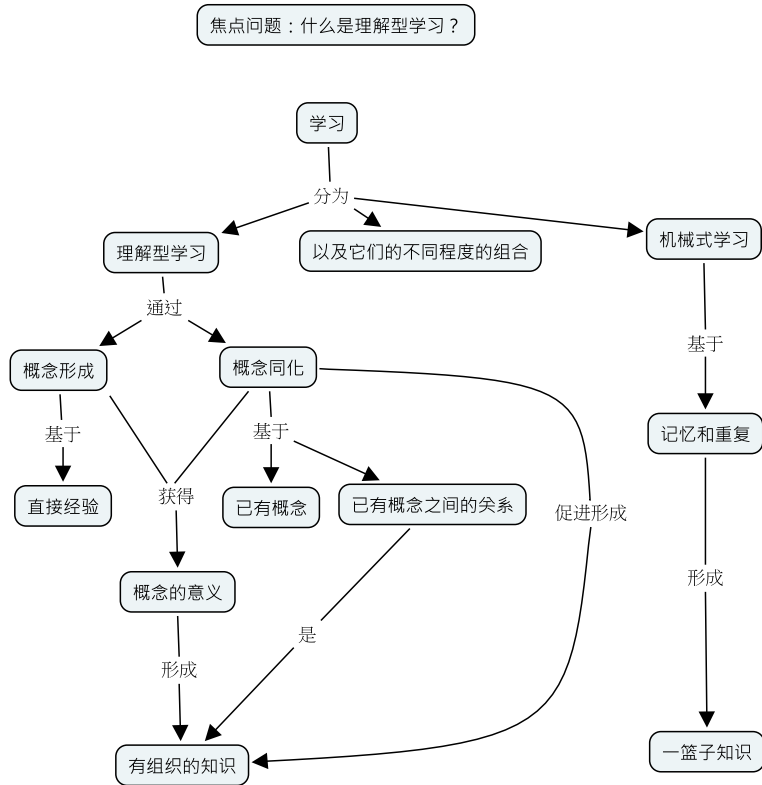


图 4.2: 用一个概念地图来解释一下什么是理解型学习。

是理解型学习。理解型学习在人生的初始的阶段是自然的，基本上通过概念形成的方式来实现。我们也用概念地图的方式做了这个小结，见图4.2。以后，我们不再提示如何阅读概念地图。

那么，既然是自然的，为什么我在这里还要呼吁做理解型学习，获得概念的意义呢？因为在受系统性教育过程中和之后，我们反而会放弃理解型学习而投入机械式学习的怀抱。这是一个很不可思议的事情。既然理解型学习是我们的基本的学习方式，我们怎么会放弃这个基本的自然的学习方式而投入到不以获得意义为目标的机械式学习方式呢？理解型学习的成果是一个概念通过概念之间联系结合起来的一个认知结构，机械式学习的成果是一个筐子的知识。我很喜欢“make sense”这个词组，有时候我们说些什么含义或者说法“make sense”（有说服力的，是对的），或者我们“make sense out of”什么什么东西。直译就是“搞出感觉”或者“从什么什么里面搞出点感觉”。这个就是探索和获得那个什么什么东西或者什么什么说法的

意义的非常形象的表达——“搞出点感觉来”。只有把一个东西的意义理解了，这个东西和其它东西的关系搞明白了，才能搞出点感觉来。既然如此的自然，为什么学习者会放弃呢？这是一个非常值得研究的问题，不过不在我们讨论什么是理解型学习的范畴之内。我猜想，大概在短期内，很多时候，实现理解型学习的条件不具备，或者代价太大，效果也不如机械式学习快和好。实现理解型学习的过程，很多时候你需要做非平庸的甚至深刻的不轻松的思想，也需要付出比较大时间成本，好处是不容易遗忘，可以成为以后的其它概念学习的基础，以及以后的思考的基础。这个学习过程短期来看，除非你享受不轻松的深刻的思考的快乐，是不如机械式学习的。

在这个意义上，一个好的老师要做的事情，就是尽量让学生能够享受到理解型学习的过程的快乐，然后体会到理解型学习的远远优于机械式学习的成果。解决这个问题需要老师来确定教什么、怎么教。解决这两个问题都需要依靠概念地图。利用学科的概念地图来决定每一个概念和每一个概念之间的关系的相对地位，然后选择最核心最重要最必要的部分作为教学内容。怎么教的问题，也是通过在考虑了学生的已有的认知结构的概念地图之后，在保留下来的包含核心概念和核心的概念之间的联系的概念地图上选择一条适合学生的路径来作为教学的思路。在第六章我们会更加详细地介绍如何在这两张概念地图（学生的现有概念地图和学科核心知识的概念地图）的基础上实现促进学生的理解型学习。

有了概念地图和理解型学习的概念，现在我们回头来讨论我自己对如何学习的回答“多想、随便想、不限制地想”以及汤超对如何做研究的答案“多想、多看、多聊”。其实，这两个答案都在说明一件事情，多建立长程连接，多整理思路，多建立对意义的理解。有的时候，自己看不见的长程连接，可以通过跟其他人聊天或者看和参考其它人的工作来得到启发。

4.3 一些关于概念地图和理解型学习的研究结果

理解型学习的概念应该是朴素的很多人都提出过注意过的。把这个概念与机械式学习强烈地对比起来，并且提出假说 [4] 来说明学习者在学习中如何对概念加工来实现理解型学习的，应该是 Ausubel。但是 Ausubel 的各种概念加工方式都是基于直觉或者说 Ausubel 自身对学习过程的深刻认识提出来的，没有经过脑科学的实验和理论的检验的。而且，尽管 Ausubel 强烈呼吁理解型学习，他并没有提出来如何实现或者促进理解型学习。以概

概念地图为基础的理解型学习是 Novak[3, 9, 10] 提出来的：以学科知识概念地图做为课程设计、教学设计的指导，把每一个学生的概念地图做为诊断学生学习基础和效果、优化个性化学习方式的基础，学生通过制作概念地图来做深入的思考，建立对概念的理解，形成意义。

其实，Novak 提出概念地图的初衷，不是作为一个教学方法，而是一个了解学生认知结构的手段。故事大概是这样的（官方版本将来可以从 Novak 的自传看到，目前也可以从 [11] 了解到一些）。基于自身的受教育经历等因素，Novak 相信，6 岁甚至以下的孩子，如果采用理解型学习，意义学习，是可以理解一部分科学的。于是，在 60 年代开始，Novak 就在做一个从低年级开始实行科学教育的研究。由于师资的限制，在低年级实现对科学的理解型学习不能走寻常路。因此，如何实现好的理解型学习一直都是 Novak 思考的问题。在这个阶段，Novak 以及他的研究生们想到的办法是利用设计好的可操作性很强的实验台，辅以事先录好的磁带来指导学生学习。通过相当数量的个案的研究，Novak 和他的研究生们相信这个方法是能够促进孩子们的科学概念的意义获得的。于是，下一步的问题是如何检验这个效果。他们采用的办法是详细的多次的面谈。通过问学生很多的问题来考察学生对意义的掌握。可是，通过这样的方式他们积累了大量的面试记录，却没有一个好的从面试记录中考察学生对意义的掌握的办法。通过长时间的痛苦、困惑、寻找以后，他们终于找到了这个概念地图的方法：从面试记录中提取概念和概念之间的关系，这个反映了学生的对所学内容的理解。这个阶段的概念地图，对于 Novak 和他的研究生们来说，更多的是一个测量正确概念以及正确命题数量的工具。以此为基础，他们做了包括前面这个持续跟踪了 12 年的低年级学生学科学的研究，以及后续的很多概念地图的基础和应用性研究。

Novak 和他的研究生们以及后来的人的研究表明，这个原来为了度量学生对概念的理解而发明的技术手段，其实在学习和教学上，能够发挥非常大的作用 [3]。例如前面提到的 12 年的跟踪研究得到的结果是与没有接受过 Novak 早期科学教育的对照组相比，在低年级接受过两年多 Novak 开发的课程的被试组，在后来的学习过程中，错误概念的数量要少很多，正确概念的数量要多很多。这个结果表明第一早期科学教育是可行的，第二理解型学习是有效的。当然，这个结果也说明概念地图可以做为一个学生认知结构的探测器。一个来自于 Bascones 和 Novak 的研究 [12] 是关于使用与不使用理解型学习在物理概念学习上的比较。在这个实验研究中，学生被按

照 Raven 智力测试¹的成绩分成了三个层次，两个小组——一个被试一个对照。实验组采用概念提升理解型学习的教学法，对照组采用传统学习方法。考试的方式在所有参与的老师，包含实验组的和对照组的老师，都同意的情况下，采用了更加需要迁移和解题能力的考题，也就是说不是完全依靠机械式学习就能回答的问题。这个实验得到了相当正面的结果：在实验组内不同能力的小组之间差别小于对照组内部的差别，实验组相对于对照组考试成绩存在很大提升。这个结果表明理解型学习方法确实有助于提升知识迁移和提高解题能力，而且这个方法在按照传统方法衡量学习能力有差别的小组上都能发挥比较好的作用。

后来 Novak 就一直在尽力推广这种学习和教学方法。他在 Cornell 大学的《Learning How to Learn》课程 [9] 主要内容就是概念地图和理解型学习。这门课程后来成了非常受学生喜爱的课程，包括 Cornell 的另外几位教授，也学会了概念地图并用于他们的研究工作 [3]。Costa Rica 的 Otto Silesky 学校就是采用概念地图教学方法作为其日常教学的主要手段的学校之一。他们的研究报告 [3] 报道了这个学校从 2003 年到 2008 年的使用情况。2003 年当年，学生的标准化考试通过率下降了（从传统方法的 65% 到这一年的 55%），但是 2004 年以及以后各年都在增加，直到 2008 年基本上达到了 100%。这个结果表明，第一、概念地图和理解性学习很有用；第二、要一段时间才能让这个方法发挥作用。学生和老师的学习和教学的思想都要转变过来，还要在技术上实现。这个都不是可以简单地通过购买和使用新的仪器，增加人员投入来完成的。尤其是老师，要经过一个痛苦的转化过程。

也正是因为这个转化需要比较大的时间、机会、智力成本，真正在日常教学中成系统地使用这个以概念地图为基础的理解型学习和教学方法的老师不是很多。我自己有过交往的除了 Novak，还有 Alberto Cañas, Charles Ault, Jeol Mintzes, Karoline Fuatai, James Gorman。他们大多数不是专门研究教育学的而是把概念地图教学方法与他们的专业领域相结合来做教学和研究工作的。学生，自发地使用这一方法的，倒是经常看见。例如，《Learn More, Study Less》（学到更多，学习更少，中文译名为《如何高效学习》）[13] 的作者 Scott Young 就是这样一个理解型学习和概念地图的自发使用者。Scott Young 在 12 个月的时间內完成了 MIT 公开课中计算机专业的 33 门核心课程的学习并通过了考试。他的学习方法最重要的一条就是“学习就

¹Raven Test 是一个标准化智力测验。Raven's progressive matrices: Raven test, <http://www.ravensprogressivematrices.com/>

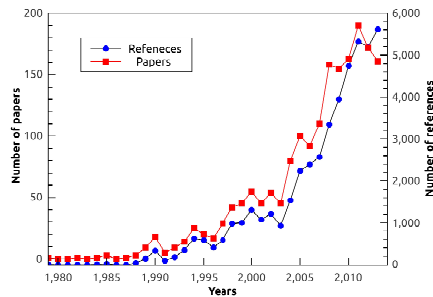


图 4.3: 每一年发表的有关“概念地图”的论文数量和出现在这些论文中的参考文献的数量

像编织一张大网”。这个不就是概念地图和理解型学习最核心的精神吗？

写这本书的目的，就是希望把概念地图和理解型学习介绍给更多的人，更多的学生可以用这个方法学习，更多的老师可以用这个方法教学，更多的研究者可以开展这个方法的理论和实验研究。

为给有兴趣的学生、老师和家长进一步提供一些学习研究和使用的概念地图学习和教学方法，我们整理了一部分概念地图和理解型学习的相关文献。我们从 Web of Science 检索了标题和主题中出现“Concept Map”、“Concept Maps”、“Concept Mapping”的所有论文，得到 1832 条记录。这些记录不是一个完整的概念地图方面的文献列表，有可能有一些研究工作发表的时候既没有在标题中出现概念地图这个词，也没有被 Web of Science 的算法归类到概念地图这个主题。再加上，这些文献记录主要就是包含 Web of Science 收集的范围内的期刊论文，书籍、会议论文等没有被收集在内。为了解决这个问题，我们可以把这个文献列表的引用文献拿出来看一下。图4.3就是这个列表中每一年发表的文章的数量和当年的这些文章引用的所有的参考文献的数量（允许重复，计次）。

从中我们看到，从 70 年代末开始有文章发表，然后，大约到了 90 年代末每年才有数量比较大文章发表。2005 年以后进入非常迅速的增长期。目前，每年有大约 200 篇文章发表。可以看到，这个领域目前还处于非常活跃的发展阶段。不过，我们还要看到这个领域的大多数文献通过书籍的形式发表。所以，这个每年发表 200 来篇文章的总量，对于整个概念地图方面的文献来说，是严重低估的。例如，护理教育是概念地图应用的相当成功和相当普遍的一个领域。一个非常粗略的搜索就可以从 Google Books 发现最近

表 4.1: 概念地图文献类表的所有被引文献中的前 10

被引用次数	文献
449	Novak Joseph D 1984, LEARNING LEARN [9]
204	Trochim WMK 1989[19]
167	Novak J D 1998, LEARNING CREATING US[3]
139	Ruiz-primo MA 1996[20]
126	Ausubel DP 1968, ED PSYCHOL COGNITIVE[4]
102	Novak JD, 1990[21]
96	Ausubel David, 1978, ED PSYCHOL COGNITIVE[4]
86	Novak J D, 1983[22]
74	Mcclure JR, 1999[23]
72	Kinchin IM, 2000[24]

出版的影响还不错的 5 本用概念地图来做护理教育的书 [14–18]。这些书都不在我们的文献列表里面。在这里，我们不是要做一个这个领域的全面的综述。对这个文献列表做一些分析仅仅是为了给这个领域做一个大概的描述。

从这个文献列表挑出了被引次数最高的 10 篇论文或者书籍，见表4.1。这些书籍和文献可以做为这个领域的入门读物，尤其是 Novak 最近的综合了其 50 多年研究经验的《Learning, Creating and Using Knowledge》[3]。

然后我们用自然语言处理的话题发现 Latent Dirichlet allocation(LDA)算法做了粗略的列表中的所有文章的话题分类。我们发现大致说来，它们分为如下几个方向：概念地图用于学生学习和学校教学（主题词：Learn、Science、School、Understand, 约 530 篇），实证研究（主题词：Experimental、Control, 约 270 篇），本体和语义研究（主题词：Ontology、Semantic、InformAtion, 约 260 篇），协作制作概念地图与分享（主题词：Collaborative、Eiviroment, 约 140 篇），护理学（Nurse、Health, 约 160 篇），概念地图用于表现知识（主题词：Knowledge、Structure、Link, 约 120 篇），评价学习（主题词：Assessment、Item response, 约 100 篇），企业管理和培训（主题词：Management、train, 约 70 篇）。各个主题词的相对频率可以从标签云图4.4看到。

对中文文章我们也做了类似分析。然而，正像有的研究者 [25, 26] 指出的一样，中国的概念地图研究基本上是二手资料、三手资料的研究，以及为数众多的教学设计或者稍微好一点个人教学经验，而不是比较严格的教学



图 4.4: 我们把 1832 篇论文按照其摘要做了研究主题的划分。划分的算法 LDA 一定程度上能够找到通过统计每篇摘要的词频来找到文献的研究主题。标签云图中的字体越大表示属于这个主题的论文越多。

实验。一个稍微可靠一点的教学实验需要一定的学生的规模，老师的规模，还需要对照组。这些在中国的概念地图的实证研究中也基本上看不到。另外，概念地图的理论部分的研究，例如脑科学的基础，在中国也没有人研究。因此，除了引用一下这几篇综述和评论文章的主要观点 [25]，

如果单从“概念图”研究论文的数量来看，我们确实应感到乐观，但若以创新观而论，则大打折扣，很多论文属于不用精读或不用读的范围。

在这本小书里面，我们不再讨论中国的概念地图研究。我希望这本小书在促进学生、老师、家长使用概念地图的同时，也能够对促进研究者的真正的踏实的实验或者理论基础的研究。

4.4 我自己的故事

我自己接触和使用概念地图却不是从 Novak 开始的，而是从汉字研究和量子力学教学开始的。做为一个兴趣实在比较广泛的物理学家，我一直在关心网络科学和汉字学习这个问题。网络科学的核心精神就是通过考察一个个体（网络的顶点）跟其它个体之间的关系（网络的边）来考察这个个体

的各种性质。例如，如果一个人是一群人中的领导者，那么从这一群人之间的交往次数、交往的某些特征，就可以推断出来这个领导者。再如，一个接触传染的传染病，或者通过网络访问传播的计算机病毒，传播速度和传播范围等必然与底下的这个人群交往网络或者计算机访问网络的性质是相关的。在这样的网络中，不一定每一个个体或者计算机的地位是一样的，因此通过考察人与人之间的交往关系、计算机与计算机之间的连接关系，有可能可以识别出来关键的节点。实际上，绝大多数现象都是发生在一个多个个体通过某种连接关系——称为相互作用——形成的舞台上的。有的时候甚至舞台也是随着现象的发生演化的（就好像你买咖啡的次数多了没准就和学校咖啡厅勤工俭学的师弟师妹/师兄师姐们发展出来了超越顾客—服务生的关系）。网络就是这样一个描述一般的相互作用的数学结构。

当我把这样一个思路放在汉字的学习上面来的时候，我注意到不同汉字的字形之间是存在着联系的，同一个汉字的字形和字义、字音上面也是有联系的。那么，能不能利用这样的联系来提高汉字学习的效率呢？例如最简单的情况，“木—林—森”之间的联系就非常明确：“林”就是很多“木”，“森”就是很多很多“木”。也就是说，理解了“木”这个汉字以后，只要我们明白这三个字之间的逻辑关系，学习后面两个字就非常简单。那么更加一般的汉字之间是否也能够运用这个想法来提高学习效率呢？我们的研究讨论了这个问题，确实考虑了这些以及其他的一些因素之后的好的学习顺序，可以提高汉字的学习效率 [27]。

于是，我们做了一个汉字结构、含义、读音的关系网络和汉字学习的研究项目。我们首先整理了汉字之间的结构关系，以及这个结构关系在含义和读音上的意义。我们得到了下面这个汉字结构联系图。有了这个汉字关系图，我们可以在以下两个方面发挥作用。第一、在局部的层次，老师来讲解每一个新字的时候，可以介绍这个字和其它字的联系，尤其是那些更简单（或更复杂但是更常见的）的又和这个字存在读音和意义上联系的已经学过的字。这样，可以促进这个新字的学习。第二，在整体的层次，我们可以考虑，对于有一定基础，已经认识一些汉字（或者零基础也行）的学习者来说，是否存在一个优化的学习顺序。例如是不是构字多的字应该先学（这样以后可以靠它们学其它字），是不是使用频率高的字先学（这样可以尽早自己读书），还是最底层的最简单的字先学（这样先易后难，容易接受）？我们建立了一个数学模型把这些考虑的因素整合起来，得到了理论上比较好的学习顺序，和这个理论上比较好的学习顺序的算法。BBC 报道了我们的

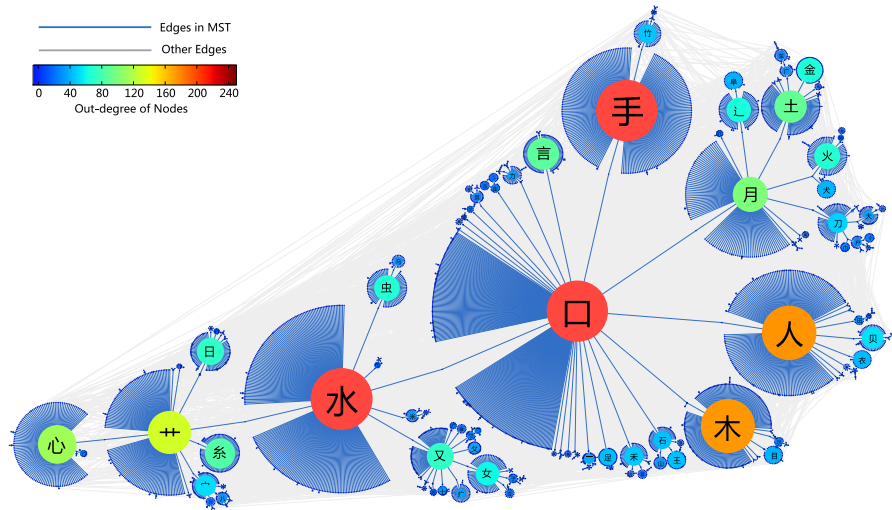


图 4.5: 3500 个常用汉字之间的结构关系图。我们选择了对汉字的含义或者读音有帮助的结构关系。在汉字之间结构关系就分几种，例如表义部分、表音部分、表形部分、指示或者会意构字时候的母体等。因此这个汉字关系图实际上就是一个概念地图，关系连词的种类比较少而已。

工作 [28]。我们也在这个研究工作的基础上建立了一个汉字学习资料网站——“汉字结构网络与理解型学习系统” (<http://www.learnm.org>)。我们在这个网站上公开了我们所有的研究资料和研究结果，并建立了一个能够查看我们的汉字关系图的检索入口：用户只要检索一个汉字，我们的网站就会显示与这个汉字相关的其它汉字。当然，这个研究工作、网站目前都还不完善，基于我们的研究工作的学习资料的开发更加还在进行中，更不要谈学习资料的实验研究。但是，我们相信，这个思路是有意义的，有更一般的意义的，能够有推广的价值的。

完成这个汉字的初始的研究工作之后，我就开始思考这个建立汉字之间的联系，然后局部地和整体地运用这个关系网络的方法，是不是能够用来学习更一般的知识，而不仅仅是汉字。沿着这个思路，我思考这样一个问题：如果汉字之间的字形关系以及汉字本身字形和字义、字音之间的关系可以用来辅助汉字的学习，那么，物理概念之间的逻辑关系是否能够用来提高学习物理的效率呢？我当时正在教《量子力学》的课程，我就企图找到一个办法把量子力学的概念之间的关系找出来，然后思考把这个概念网络用于量子力学的教学和学习。这个时候，非常偶然的我 google 了一下 “concept

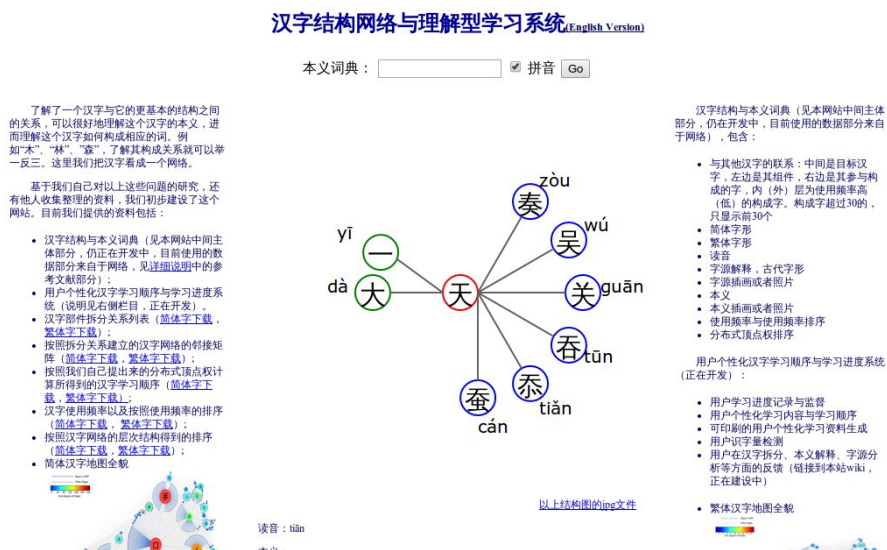


图 4.6: 汉字结构网络与理解型学习系统网站提供了 3500 个常用汉字之间的结构关系图的检索入口。从这里，老师和汉字学习者们可以了解 3500 常用汉字之间的依赖关系，也可以了解我们的汉字研究的进展。

map”，找到了已经在这个方面做了 50 来年的研究和推广的 Novak 教授。其实我之前已经尝试 google 过“知识地图”、“知识图谱”等等多个名称，都不是我想要的东西。于是，我开始从游击队进入了被收编了的游击队的行列。

后来的故事，就是北京师范大学的国际处和教师发展中心给了我们非常大的支持来开展概念地图教学方法的研究和推广。这本书，还有将要出版的我的同事们翻译的 Novak 教授的《Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations》，都有赖于师大的各个单位和各个单位的老师，尤其是国际处和教师发展中心以及这两个单位的老师们的大力支持。在概念地图和理解型学习上面，没准 Novak 可以看作比大家提前了 99 步，我们北京师范大学的这个概念地图团队最多比大家提前了两步。我们非常期待，也非常愿意，各位学生和老师加入我们的行列，一起来推动理解型学习，消灭机械式学习，推翻纯粹记忆性知识在学校知识中的统治地位，让孩子们愿意学，会学，让老师们教的更少，让学生们学习的时间更少，学到的更多。

我们北京师范大学概念地图教学和学习方法团队有一个活动博

客：<http://systemsoci.org/cmap>，我们也有我们自己的概念地图服务器：<http://cmap.systemsci.org:8088>，供老师们分享和讨论地图用，以及上课的时候学生提交地图使用。Teach Less, Learn More（精简教育）是我们的目标。

我自己目前的主要研究方向是非平衡统计物理学、博弈论和科学学。实际上概念地图在科学学中将来有着非常广泛的应用和非常重要的地位。例如，如果我们每一篇文章除了提供一个标题、摘要之外，再提供一张概念地图，那么我们很容易就能够知道这篇文章的主要内容和主要贡献。这样的一个地图对于读者快速从中获取信息是很有帮助的。此外，这样的地图还可以将来用在文献的自动摘要，自动分类上面。自动摘要和自动分类毫无疑问是科学学很多进一步研究的基础。

因此，教学研究，不是我的专门的研究领域。但是，我觉得一个促进意义学习、减少学生负担、节省学生时间、提高学生自信心的教学方法的意義，不比一个科学研究工作上的进展来得小。于是，我花时间把我对这个领域的认识和在这个方面的积累，还有进一步研究的一些想法都整理出来。如果你曾经是我们的综述文章《从统计物理学看复杂网络研究》[29]读者，你就会知道我的想法就是这样：有很多的事情带着一个基本的想法全局的理解和设计来做，和一个没有系统性的思考，完全依赖于挖坑的方式来做，是不一样的；而我认为我是这样一个有系统性思考，有创新性的人，我愿意把自己的这些思考拿出来促进整个领域的发展。

4.5 本章小结

在本章中，我们主要介绍了什么是概念地图以及什么是理解型学习。我们发现这个以概念地图为基础的理解型学习最重要的就是两张概念地图：学科的核心知识的地图，以及学生在学习的过程中任何一个阶段的对相关知识的认知结构地图。当然，在实际教学中，老师、学生、知识结构、情感、考核与评价，都是学习和教学的重要方面。因此教学这个问题确实牵涉到更广泛的教育制度的问题。从这个意义上说，教育学也可以有，但是，这个学问必须是围绕教学学的，为教学学服务的。提高学习和教学的效率是教育这个学科最核心的任务。

在介绍完了这些基本概念之后，本书剩下的部分的重点是展示一个我们正在尝试建立起来的课程教学与理解型学习相结合的体系，然后用实际

课程教学的设计案例来进一步展示这个体系，从而希望更多的人来尝试这个体系。这个体系的效果，由于目前相关的研究工作正在开展中，并没有得到证明。我们也希望有更多的人来开展这个研究。在此之前，我们需要我们的读者花上至少 20 小时的时间来提升自己制作概念地图的能力。

第五章 概念地图训练：提升自己

这一章我们通过几个例子来提高制作概念地图的能力。要让概念地图成为你的思考方式、学习方式、教学方式，你需要把概念地图熟练到完全内化，也就是说，遇到问题，你想都不想直接就用概念地图的思考方式——思考概念之间的联系和知识的组织方式，画概念地图来辅助思考。

提高自己制作概念地图的能力非常重要，如果你自己的思考方式做不到从自身的有组织的认知结构和事物之间的关系的角度来思考，你如何能够教会你的学生这样来学习、理解、组织知识和思考呢？

5.1 Cmaptools 简介

制作概念地图仅需要一张纸、一支笔，还有你的大脑就够了。当然，在我们这个信息年代，我们可以利用计算机软件来帮我们更加快速、方便地制作概念地图。在这里，我们介绍概念地图制作软件Cmaptools。Cmaptools 是一个免费软件，由在 Florida 的 Institute for Human and Machine Cognition（人类与机器认知研究所）的 Alberto J. Cañas 领导的一个团队开发的。Cmaptools 可以运行在 Windows、Linux 和 Mac 平台上，目前 iPad 上的版本正在测试。这个软件除了提供一个普通用户的版本，还提供一个服务器版（CmapServer）。Cmaptools 主要是辅助用户制作概念地图，而 CmapServer 主要是建立一个供 Cmaptools 存储概念地图的空间并能够以网页形式给浏览器访问。这样，这个软件就能够实现概念地图的分享和协作。协作过程中还可以允许用户通过文字相互交流。已经建立的规模比较大的服务器包括 IHMC Cmappers 服务器，几个 IHMC Public Cmaps 服务器，IHMC Sample Knowledge Models 服务器。这些服务器，一旦你安装了 Cmaptools 以后都可以在这个软件的菜单下看到。它们上面有很多其他人制作的概念地图。我们的团队也有自己的北京师范大学概念地图服务

器 (<http://cmap.systemsci.org:8088>)。由于 IHMC 的服务器在国外，访问不太方便，我们设置了我们自己的服务器，主要是供国内概念地图的使用者分享概念地图之用。除了 CmapServer，IHMC 为 Cmaptools 还提供网页形式的服务。例如，从<http://cmap.ihmc.us/>上可以找到网页形式的 FAQ，还有讨论组的地址。learn.cmappers.net这个网站提供给初学者一些学习材料。

本书不是 Cmaptools 手册，所以我们不会介绍太多 Cmaptools 的用法。我们在这里介绍 Cmaptools 和 CmapServer 的这个体系，主要的目的是告诉大家有这样一个软件（但是制作概念地图不一定要用这个软件），第二这个软件由于有背后的 CmapServer 的支援能够做到分享和协作概念地图，第三这个软件加上已经有的服务器上的资源和 IHMC 通过上面提到的几个网站提供的网络服务，实际上是一个系统而不仅仅是一个软件。大家尤其要注意 learn.cmappers.net 这个网站。这个网站用概念地图的形式提供了你学习制作概念地图中需要的绝大多数的材料，包含什么是概念地图，以及一些学习材料，还有 Novak 和 Cañas 的讨论概念地图的视频。目前大部分的材料是英文或者是西班牙文的。我们正在翻译其中的一部分材料。其实这个网站上用到的各种概念地图也可以在前面提到的这几个 CmapServer 上找到。这个体系，是 Cmaptools 系统独有的。这个使得选择 Cmaptools 来制作概念地图比较方便。另外，这个软件的基本功能非常简单，就是双击一下鼠标建立一个概念，点击概念拉一下鼠标建立一个新的概念，还有一个待填进去连词的边。对于初学者来说，制作概念地图，也确实就需要这么一点点操作就够了。对了，还有删除就是选中然后按键盘的删除键。就这么多。在我们下面的讨论中，我们假设我们的读者都能够在 Cmaptools 上实现。

5.2 概念地图制作举例

现在假设大家都已经安装好了 Cmaptools 或者拿出了纸和笔，准备好了开始制作我们的第一个概念地图。我们将要制作的第一个概念地图叫做“你好，概念地图”（真没有创新性！），要解决的问题是：制作概念地图需要什么。确定主题和焦点问题是第零个步骤。真正开始制作概念地图的第一个步骤是：关于这个主题和焦点问题有哪一些概念要交代。不需要完整，仅仅需要一个可以开始思考的地方。对于我们的问题，需要什么，首先想到是画布（纸或者电脑屏幕，以后通称画布），画笔（笔或者鼠标，以后通称画笔），然后需要一个主题或者焦点问题，接着可能还可以想到一个概念地图

的思维方式。这个时候，你就会自然地问自己进一步的问题，什么是概念地图的思维方式。回答这个问题，可能需要引入新的概念，例如概念的集合，概念与概念之间的关系，关系需要用连词来明确，等等。好了有了这样一个可以思考的切入点之后，我们就可以一边思考，一边来制作概念地图了。Cmaptools 软件具有录制制作过程的功能。我把“你好，概念地图”的制作过程都录制下来，放到了我们自己的服务器上，大家可以用 Cmaptools 登录上去访问。由于纸面的静态特征，在这里，我只能截取其中的几个步骤给大家，然后指出其中的要点。

以“你好，概念地图”为例展示概念地图制作的一般步骤：

0. 确定一个主题和一个焦点问题，焦点问题可能不是十分明确，但至少需要比较明确。在这里主题是：关于概念地图的制作，焦点问题是：制作概念地图需要什么。
1. 就这个主题和焦点问题，写下一些相关的概念，多想，不限制地想，以后再区来区分和选择这些概念。这里我们写下来：制作概念地图、画布、画笔、主题和焦点问题、概念列表、连词列表、概念地图思维方式。参见图5.1。
2. 拿着这些概念列表，开始在画布上布局，然后思考连词的具体内容。参见图5.2。
3. 随着制作的过程，进一步思考：哪一些概念还要有，哪一些联系还有待于发现才能够更好地回答这个焦点问题。参见图5.3。
4. 如果基本的骨架确定下来了，思考什么概念或者什么关系你认为你可以呈现给你的读者或者给你自己，但是其他人或者你自己在深入思考之前不容易看到的，也就是这个概念地图的亮点和灵魂是什么。通常这个是一个或者多个长程连接。参见图5.4。
5. 回顾整个概念地图，看一看是不是能够回答焦点问题。做必要的修订。
6. 分享给大家，必要的时候作进一步的修订。期待你来完成。

下面我们再讨论两个例子。第一，“什么是课程设计”，第二，“什么是网络研究”。这两个问题就比“你好，概念地图”有难度的多，需要的思考的深度更深。我们一起来试试。



图 5.1: 我们的第一张概念地图, “制作概念地图需要什么”。第零步和第一步: 相关概念, 思考的起点。

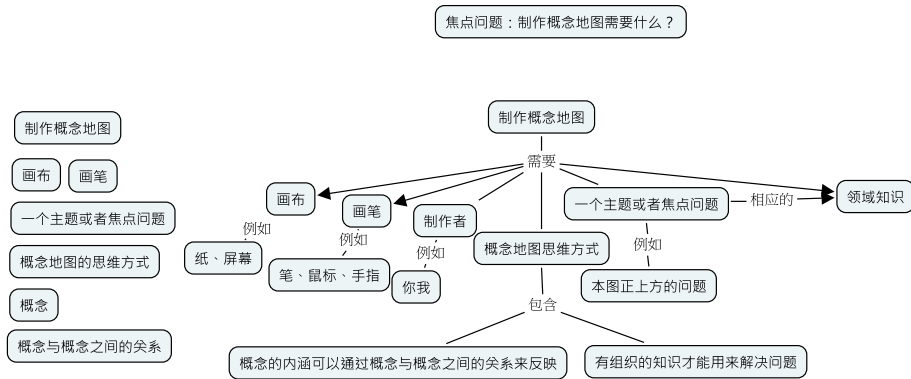


图 5.2: 我们的第一张概念地图, “制作概念地图需要什么”。第二步: 基本布局, 连词, 层次关系, 整体逻辑关系。

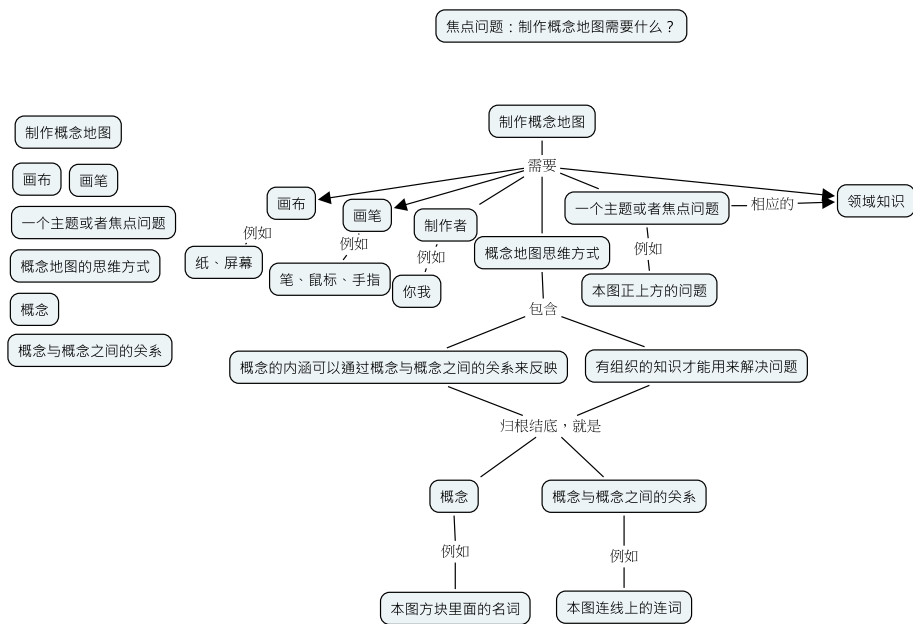


图 5.3: 我们的第一张概念地图, “制作概念地图需要什么”。第三步: 还有哪些概念和哪些关系。

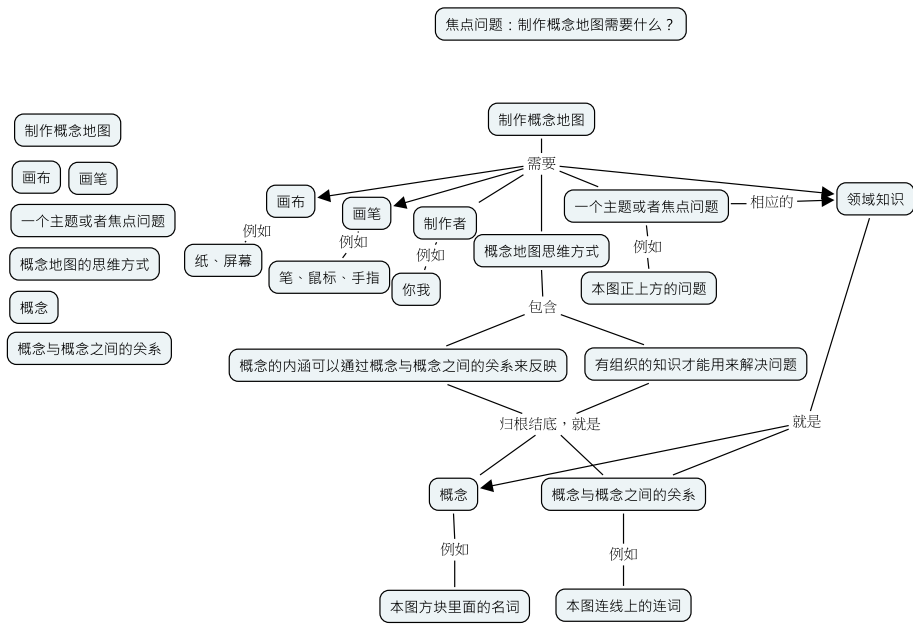


图 5.4: 我们的第一张概念地图，“制作概念地图需要什么”。整体逻辑布局确定之后需要思考亮点、长程连接。整个过程需要反复。

首先，对于“什么是课程设计”这个问题，我们要更明确地定位一下：是讨论一般的课程设计要考虑的问题，而且是关于一门课程的，而不是关于课程体系的。但是，某一门课程的设计肯定与其它课程是相关的。明确了这个问题之后，我们来看知识储备。课程设计的一般方法，一般目标，一般原则这些都是需要考虑的问题。可是，我是一个物理学家，我基本上没有学过课程设计的任何理论，实践倒是有，也考虑过这个问题。那么，是不是应该先学习一下理论呢？这个问题，我们可以先做一张地图，然后，如果以后专门学习和思考过以后，再来画一张地图。对比这两张地图会很有意思的。好了现在，制作这张概念地图的基本要素——焦点问题、概念集合、领域知识、思维方式——是有了。目前的已经有的做为起点的概念集合包含：一般方法、一般目标、一般原则、课程体系、课程内容、考查方式、与其他课程的关系。现在，我们开始做图，在制作的过程中加深我们的思考。制作过程细节的记录在这里我用了演示的模式——把整个概念地图分成好几步呈现在阅读者面前，每点击一次鼠标前进到你设定好的下一步。这个演示每一步的细节可以从北京师范大学的概念地图服务器(<http://cmap.systemsci.org:8088>)上拿到。在本书中，我们就截取了几个中间步骤和最终结果。

按照前面的一般步骤，我们先明确这个焦点问题，写下一些供进一步思考的概念。见图5.5。然后，拿着这些概念，开始在画布上布局，展开顶层的概念，思考连词的具体内容。参见图5.6。随着制作的过程，进一步思考：哪一些概念还要有，哪一些联系还有待于发现才能够更好地回答这个焦点问题。于是，展开下一层的概念。参见图5.7和5.8。必要的时候，把非主干的但是关系比较近的连接先连上。见图5.9。基本的骨架确定下来了，思考你最希望呈现给大家的是什么，也就是这个概念地图的亮点和灵魂是什么。通常这个是一个或者多个长程连接。参见图5.10和图5.11。在图5.10和图5.11这两张图中，我们用了一个比较特殊的做图技术：分别把两个连词“就是这个关系”和“取决于”，还有“按照”和“来确定”连接了起来。在Cmaptools中可以通过同时按住Ctrl+Shift键然后点击鼠标来实现。这样的不太直观呈现方式需要尽量避免，一般情况下通过调整布局，抽出更多的概念节点，总是可以做到了。当然，必要的时候也可以采用。在我们这个图里面，“设计原则”“就是”“课程的主要内容”“取决于”“学科知识体系”“这个关系”，采用的就是这样一种连接两个连词的表现方式。

制作概念地图还有一些其他的小技巧，不过，最主要的就是思考概念之



图 5.5: “什么是课程设计”: 相关概念, 思考的起点。

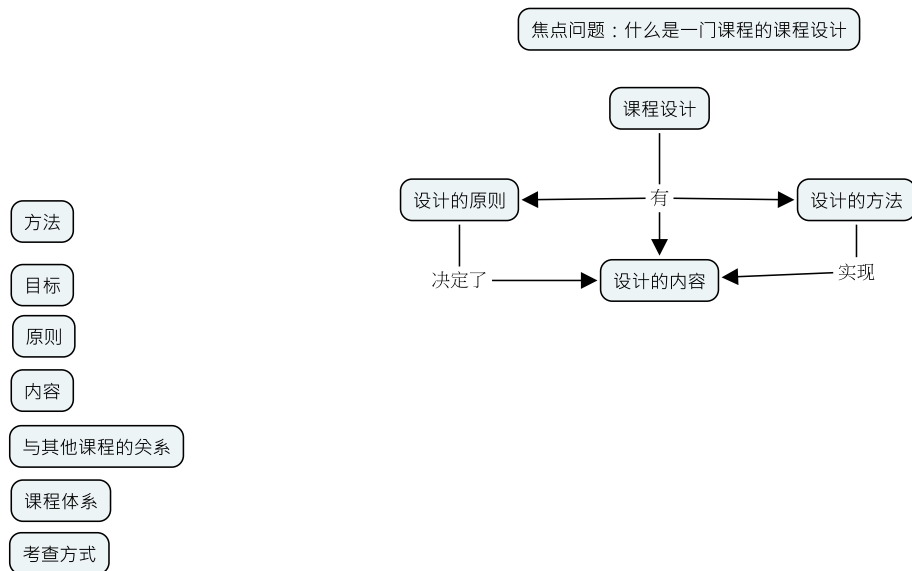


图 5.6: “什么是课程设计”: 顶层概念展开。

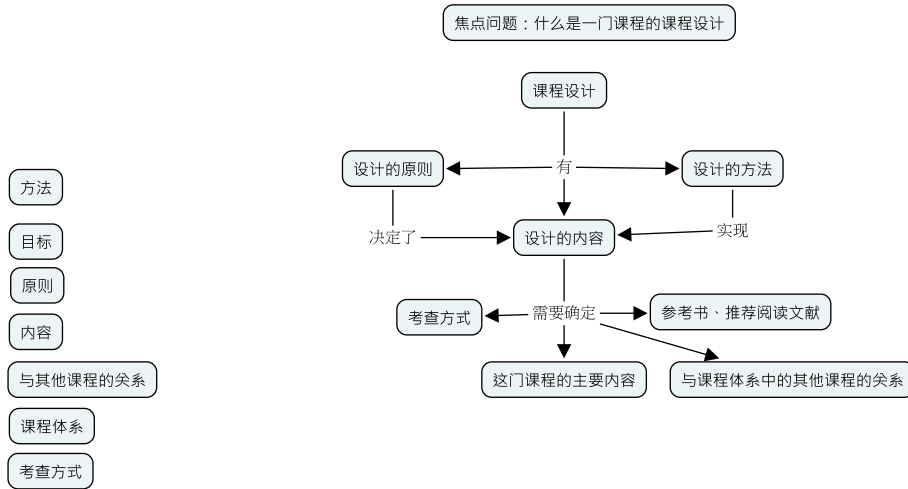


图 5.7: “什么是课程设计”: 下一层概念展开。

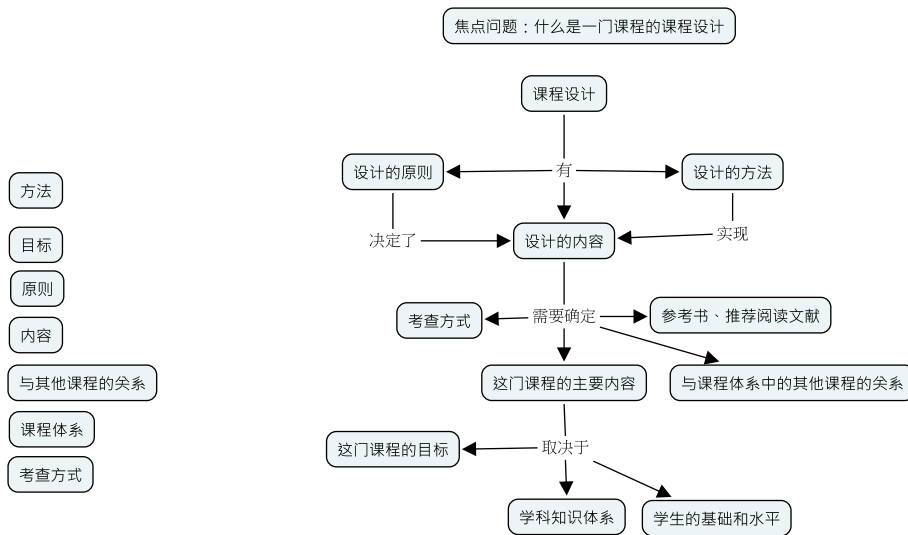


图 5.8: “什么是课程设计”: 再下一层概念展开。

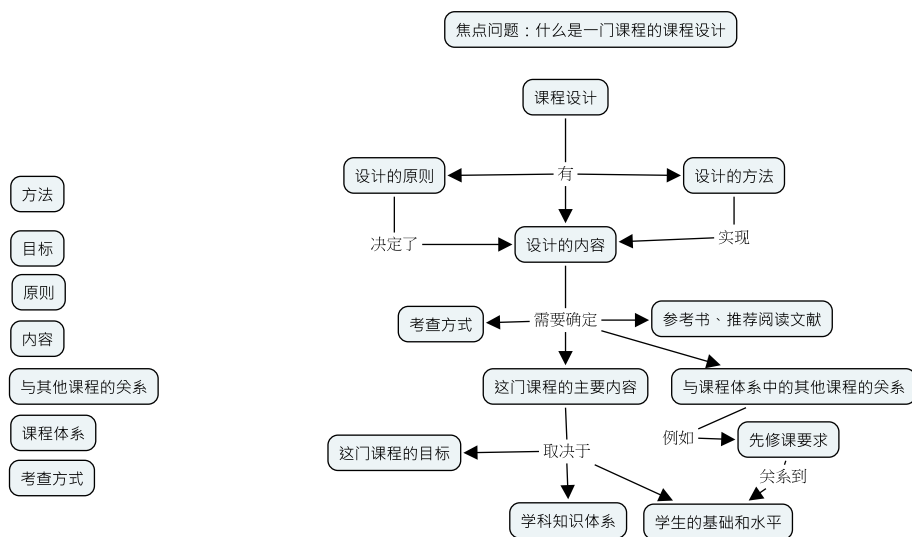


图 5.9: “什么是课程设计”: 比较近的关系的添加。

间的关系以及确定关系连词，其他的例如在合适的地方把一个概念地图分成嵌套的几个概念地图等等微不足道的技巧，你用的到的时候自然会想到，并且做得到。以上的例子，其实不是我真正深入思考的问题，所以，除了做为一个制作概念地图的例子来展示之外，没有太多的价值。为了各种学科背景的读者都能够从本书中读到点东西，我尽量选择大家都可以思考的问题来做为例子。

在本章的最后，我想给大家呈现一个我长时间思考的做了相当数量的研究工作的领域——“网络科学” [29-31] 的概念地图。这样做的目的是：第一、概念地图能构呈现和辅助深刻的非平庸的思考；第二，在研究工作的开展上，制作概念地图也是非常有益的。我的研究生们都被我逼着做了自己的研究课题的概念地图。关于这张图，我不提供太多的进一步的解释，也不拆分步骤。如果你已经对网络科学有一定的了解，或者有了解的愿望，你应该能够自己看出这个图的信息和价值。顺便推荐一下网络科学：网络科学和汉字研究以及量子力学的教学，是我进入概念地图这个领域的原因。其中，网络科学提供的思维方法，是最根本的让我思考概念地图教学法的原因。注意这个概念地图中的分块和层级结构，注意这个图中的看起来不那么长程的“长程连接”。

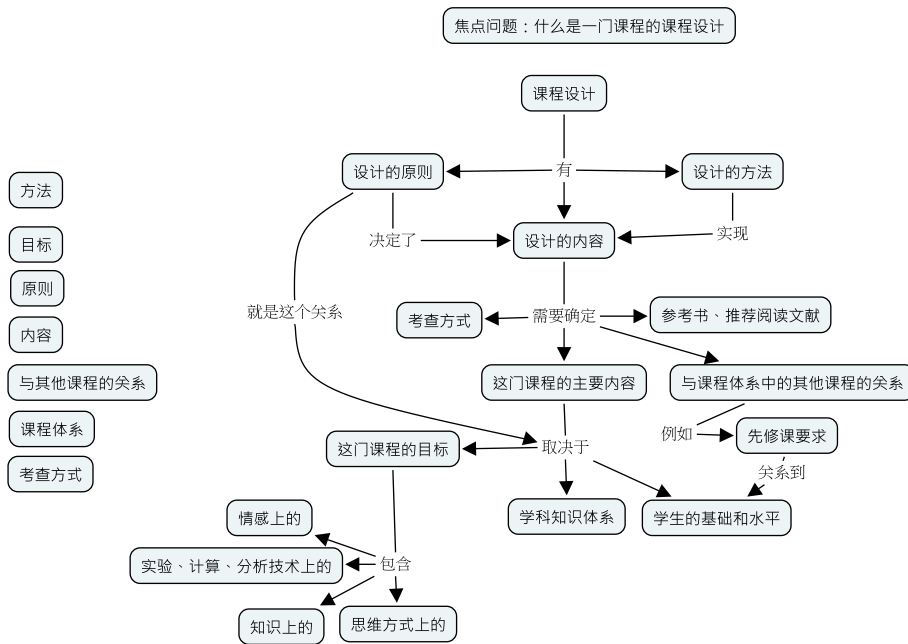


图 5.10: “什么是课程设计”: 比较远的关系的添加和再下一层概念展开。这里用了一个比较特殊的做图技术: 把两个连词“就是这个关系”和“取决于”连接起来。在 Cmaptools 中可以通过同时按住 Ctr+Shift 键然后点击鼠标来实现。

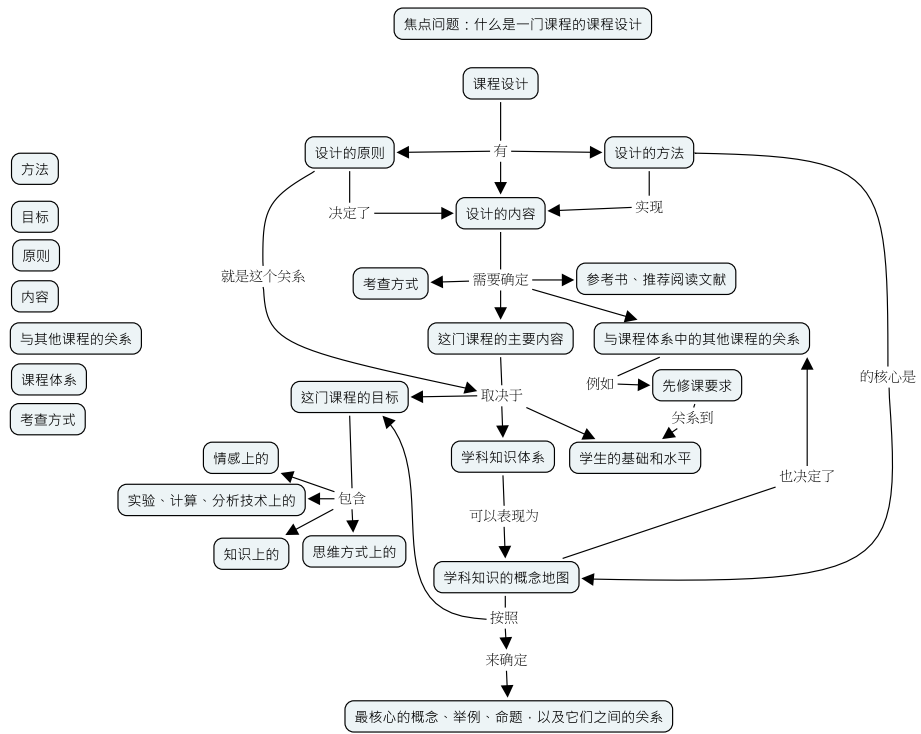


图 5.11: “什么是课程设计”: 长程连接和本图的亮点。这里用了一个比较特殊的做图技术: 把两个连词“按照”和“来确定”连接起来。

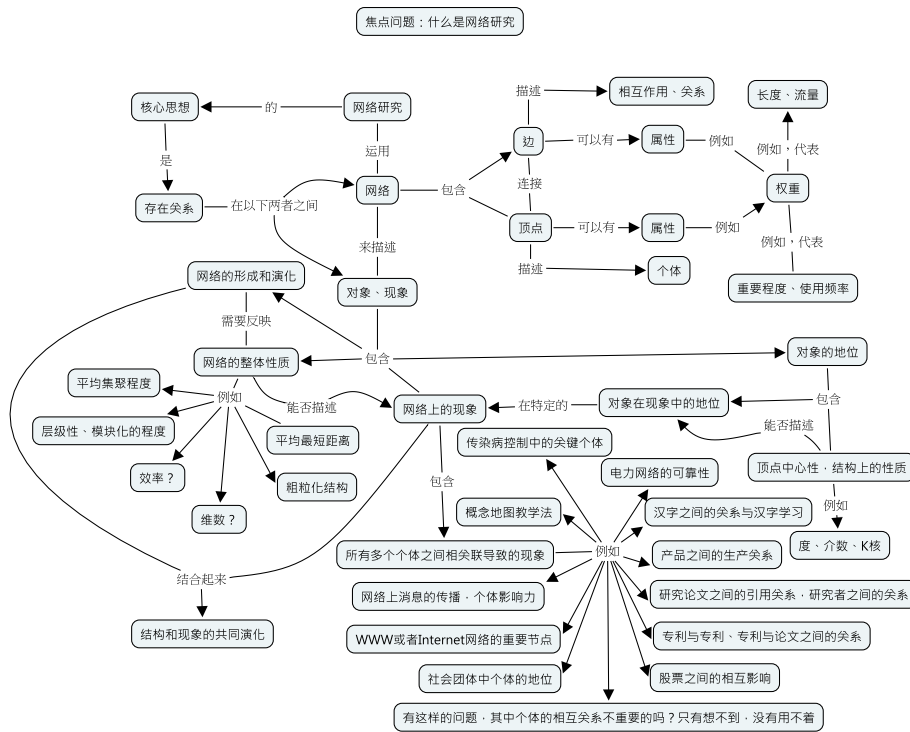


图 5.12: 关于网络研究的概念图。长程连接在这里特意用了曲线来显式。其中的某些曲线可能看起来不太长程。网络科学——只有想不到，没有用不着。

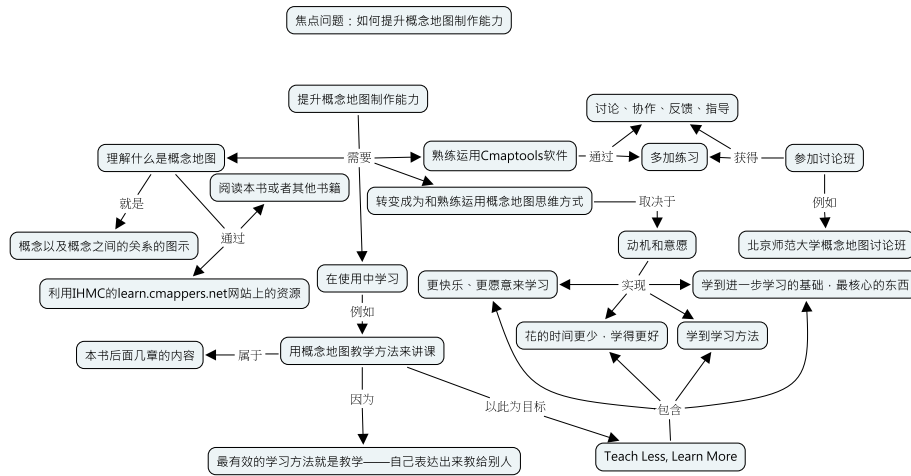


图 5.13: 提升概念地图制作能力的方法

5.3 如何进一步提高概念地图制作的能力

一般来说，20 小时左右的时间，6 个中等规模（例如，有 20 个以上的概念）的概念地图的制作是达到熟练使用概念地图这个工具最少的要求。如果要达到自觉地运用思考事物之间的关系来思考问题，还要更大量的练习。在你使用这个思维方式的初期，你可能需要强迫你自己把你遇到的各种问题，都尽可能地用概念地图的方式来呈现和思考。没有理念，再好的技术都是没有灵魂的零部件；没有技术，再好的理念也是不能成为现实。

总结一下如何提高概念地图制作的技术。我们需要一定量的制作概念地图的练习，需要阅读概念地图的书，有可能的话组织和参加概念地图的讨论活动——例如北京师范大学概念地图讨论班，利用好 IHMC 提供的网络资源还有我们北京师范大学概念地图服务器（<http://cmap.systemsci.org:8088>）上的资源，在制作的过程中需要花时间制作和反复修改概念地图，甚至需要协作。最后，在使用中学习和进步。如果你的课程讲授方法需要你概念地图，那么我保证，你很快就能达到熟练使用的境界，甚至完全把思考方式转变过来。当然，转变思想的难度是很大的。但是，只要你想实现让孩子们学的更快乐，更轻松，更愿意学，学会学习，Teach Less, Learn More, 教是为了不教，那么我认为你会有动力来做这个转变的。图5.13是如何提高概念地图制作能力的小结。

5.4 本章小结

在本章中，我们熟悉了概念地图制作软件 Cmaptools，通过练习提高了制作概念地图的能力。我们希望我们的读者们能够在这一章读完之后，做大量的练习，利用好网络上的资源。例如，每一章的小结的概念地图，都应该按照自己的理解做一遍。然后，跟我整理的小结做一个比较，还可以分享到概念地图服务器（例如<http://cmap.systemsci.org:8088>）上，与更多人讨论。

这一章的整体的概念地图的小结就留给我们的读者做为练习了。这个练习的结果可以上传到北京师范大学概念地图服务器（<http://cmap.systemsci.org:8088>）上，与大家分享和讨论。

第六章 如何帮助学生促进理解： 一个概念地图用于课程教学的体系

通过前面几章，我们在思想上做好了准备——学习和教学需要运用概念地图，也在技术上做了准备——熟悉了概念地图的制作，这一章我们来讨论如何利用概念地图来解决学什么、怎么学和教什么、怎么教的问题。最主要的内容就是拿出我们设计的还不成熟的概念地图教学体系，来供大家讨论、使用和批判。

6.1 以概念地图为基础的课程教学体系

概念地图是一个技术。概念地图学习和教学方法是一个思想。要让这个技术和思想发挥作用，必须把它们和具体的课程教学相结合。一开始，我就提到，学习方法和教学方法的研究和使用不会使你成为好的科学家或者好的老师。对学科知识本身的深刻认识才能成就一个好的科学家和一个好的老师。现在，我们要运用概念地图学习和教学方法到具体的学科中去。以下我将要提出的一般原则和一般体系，是没有经过大量的实践检验的，仅仅是以个人的经验为基础提出来的。欢迎大家使用和检验这个体系。

我提出的以概念地图为基础的课程教学体系的基本原则是：以一门学科的最核心的思想和最基本的概念为教学内容，通过以设计好的问题和项目为目标来制作和讨论概念地图的方式来引导学生思考，帮助学生实现理解型学习。这个体系的具体内容包含：一张包含整个这门课程的核心概念及其关系的大的概念地图，许多张按照问题和项目分解以后的小的概念地图，一个运用这些概念地图的设计方案。这个设计方案要包含：在课程进行的什么阶段布置给学生这些项目和问题集合中的哪一个，如何带领学生一起来制作和讨论概念地图，或者是做为课后做作业布置的话，如何讨论和给予反

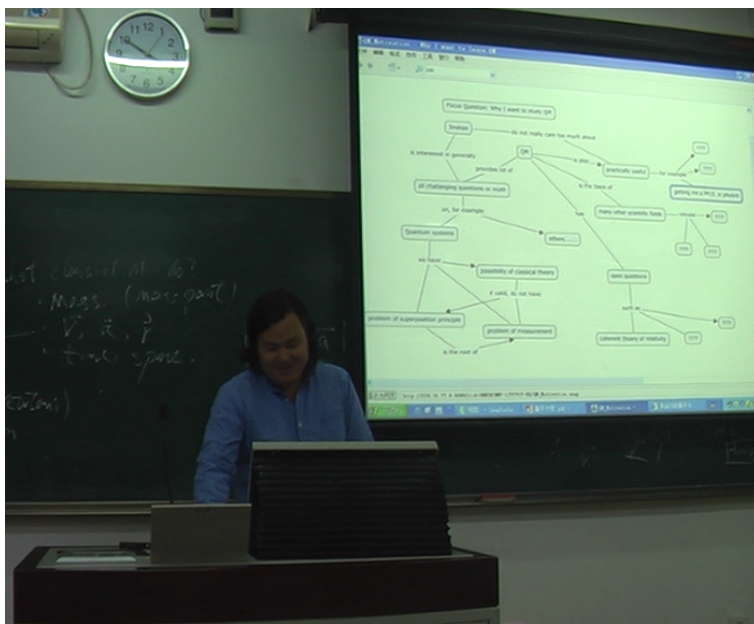


图 6.1: 吴金闪运用概念地图和理解型于量子力学

馈。讨论和反馈，以及教学思路的设计要考虑大图，还要考虑学生在每一个阶段完成的学生版本的概念地图。通过对比学生的地图与大图以及有关问题和项目的小图，可以了解学生的问题所在，做到一定程度上的因材施教。图6.2就反映了这样的—个体系。在这个体系中，最重要的事情就是制作大图，把课程内容分解成小问题、小项目和制作相应的小图，还有设计好—个大概的把这些小问题小项目有机结合起来的思路。在这—之中，无论是大问题还是小问题的提出—定要围绕着这门学科的基本研究对象、基本研究方法、核心问题等“大图景”。在这个体系的设计中，—定要注意实现理解型性学习，让学生明白或者至少思考为什么这样做，让学生有动力和方向。也就是说，要把“大图景”随时体现在小问题—之中，把导论部分——介绍这个学科的主要任务和主要思想的部分——体现到小问题—之中。

在这里，我—定要愤青—下：大的层面的，在学生的个性和特殊才能等方面的因材施教很少的时候能够实现（也有很小的能够实现的机会），可操作性不强；但是小的层面，了解学生认知上的问题在哪里然后采用合适的教学方式和方案，是做得到的，有意义的。所以，我强烈鼓励把大的层面的因材施教去掉，留下小的层面。小的层面才是我们关注得了，而且做完了可能

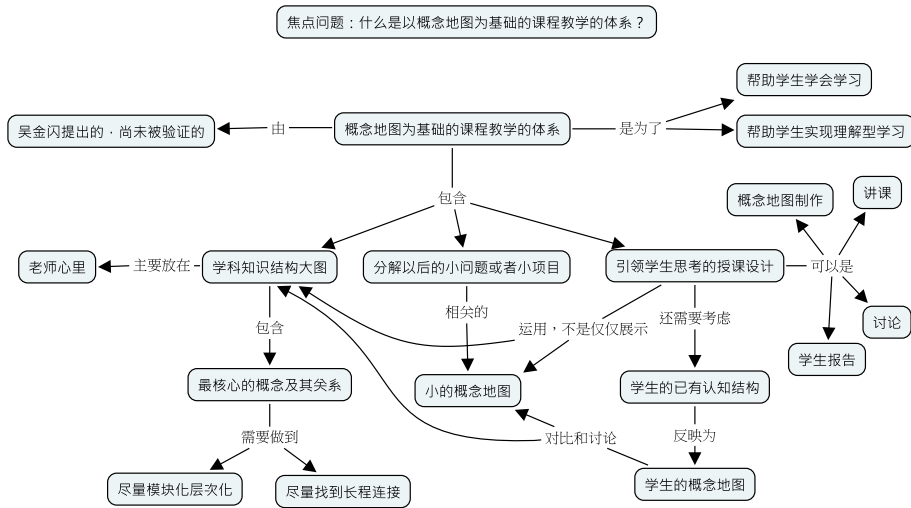


图 6.2: 我们提出的尚未经过大量实践检验的以概念地图为基础的课程教学体系

有意义的，有所不同的。

运用这个体系有一些要求。首先，课程本身需要是能有成为理解型学习的对象的。这个体系不适用于集邮票形式的课程，尽管我不认为这个世界上有或者应该有这样的课程——诸如某某史这样的课程也可以被开成一门了解一些史实以后思考甚至反思的课程而不是记住某年某月某某事情发生。第二个要求是，学生必须是主动的意义追寻者。如果学生学习这门课程主要就是为了通过考试，而且这个考试大部分考查“邮票”知识，那么我们这个体系不适用于这样的学生。当然，我认为这个世界上就没有这样的学生——凡是这样的学生都是在其学习或者生活中被不合格的老师或者家长消灭了其获得意义的本能。没有小孩子对于不能获得意义感到满意。第三个要求是，除去掌握知识和有对知识的深刻的理解，老师必须是真正喜欢甚至热爱这门课程的人。如果没有对这门课程的热爱，没有对这个学科的责任感，就不可能花这么大力气按照我们的一般体系来开发这个门课程的一个系统，并且坚持下去鼓励学生们实现理解型学习。机械式学习，对于老师和学生来说，操作难度要远远小于理解型学习。但是，只有理解型学习，学生和老师才能有成就感、快乐，搞出一个不一样 (make a difference)。第四个要求是，所在的学校或者其他单位，对于课程和老师的考查方式上，要鼓励对课程内容的理解。当然，很多时候，这一条，做为老师的我们没有办法。所以，

我们也希望教育管理者，教育制度的研究者、设计者能够读一读本书，懂得一点点理解型学习——知识的创造性的运用和知识的创造都是建立在理解知识的基础上的。

6.2 可能的检验这个体系的方法

做为一个没有经过大量实践检验的体系，我们需要大家的努力来做一个检验。同时我们也必须要看到，这样的一个检验需要检验者很大的恒心毅力、时间投入，甚至一定的经费投入。在北京师范大学，在教师发展中心、国际处、教务处等单位的支持下，我们正在开展这方面的工作。例如，每一位老师，如果愿意尝试用概念地图教学方法来建设一门课程——其实不仅仅概念地图教学方法，还包括其他教学方法——都可以得到一定的经费支持，而且通过参与讨论班的形式得到一群已经开展类似研究的老师的支持。

那么一个关于这个体系的检验是什么样子的呢？首先，需要一位老师做一些前期准备，包括把目标课程和概念地图教学方法相结合，通过试用，建立起来这样一个体系。然后，我们要有实验组和对照组，同样的课程不同的授课方式来做对比。而且，这个对比，由于有可能是教师的不同造成的，因此需要一定数量的实验组、一定数量的对照组。在实验组内，对比课程的不同阶段的学生的意义获得情况，也是有意义的。一个比较粗糙的还算典型的研究可见 [12]。更细致的研究需要考虑用实验手段区别纯粹鼓励理解型学习的效果，使用概念地图辅助实现理解型学习的效果，按照我们的体系来使用概念地图辅助实现理解型学习的效果。所以，一个比较好的研究可能需要多个层次的实验组。为了把不同教师的影响降到比较低的程度，一个整个学校规模的实验是一个好的选择。为了缩小学生水平差异的影响，学生的样本数量也需要有一定的规模。

目前阶段，应该说，我们北京师范大学概念地图团队的成员，基本上都处于开发建设课程的阶段，已经开展的教学实验研究还不多。我们希望将来有越来越多的全国各个其它学校，尤其是中小学参与进来。一个在小学阶段理解型学习的意愿已经被伤害的孩子，将来重新采用理解型学习的转变难度非常大。所以，在大学阶段实施以概念地图为基础的理解型学习和教学方法教学实践，最多能够把愿意做理解型学习的学生选择和保留下来。对于不愿意做理解型学习的学生，在学生基本已经成年，学习和思维方式基本已经确定的阶段，能做的事情很少。按照 Novak 的说法，大学一年级甚至高中

的学生选择他的课程，大约需要一个学期或者几个月就能够所有转变，但是大学三年级甚至以上的学生，思维方式转变的效果就差很多。所以，无论你是家长、中小學生，我们都鼓励你及早了解和使用理解型学习，无论你是中小学教师、大学老师，甚至幼儿园老师，还是教育管理者，我们都鼓励你及早采用理解型学习和教学方法，并且通过各种方式参与我们的讨论班。至少，你可以在我们的概念地图服务器（<http://cmap.systemsci.org:8088>）上分享你的概念地图，交流你的使用经验。当然，我们更希望，你能够参与对以概念地图为基础的理解型学习，甚至我们提出的这个体系的检验。

6.3 本章小结

本章最主要的是提出了一个以概念地图为基础的课程教学体系——一张大图、一系列分解以后的小问题小项目以及相应的图、小问题小项目小图的组织方式。这里我们再一次强调，这个体系的效果是没有经过大量检验的，目前我们自己正在完善和使用的。我们现在把它呈现给大家，是希望有更多的人可以在这方面做一些探索。我们也希望这个体系能够抛砖引玉，吸引大家提出更有效的以概念地图为基础的课程教学体系，然后结合自身教学来发展和完善这样的体系。

第七章 概念地图教学实践：案例

这一章，我们用两个例子展示一下我们的教学体系。由于专业所限，这里的例子暂时都是来自于物理学的课程。我相信以后我们可以采用来自于其它的我们这个概念地图课程教学体系的使用者的其他更多人可以理解的学科的例子。

7.1 力学的例子

大学物理系的力学在物理学里面是一个非常特殊的课程。从内容上来说，大部分学生在高中阶段已经学过。从学术研究的角度来说，大部分的内容科学上都基本上已经不再前进了。因此，做为单纯的知识类的课程，对于物理学本专业的学生，力学课程实在没有任何必要再开了。于是，有的老师就把这门课直接上成了经典力学的课程，主要内容就是Lagrangian 力学和Hamiltonian 力学。从传授和掌握知识的角度来说，这个内容上面的选择是合理的。但是，力学课程对于物理学本专业的学生来说，绝对不是学习知识而已。更重要的是学习什么是物理学，甚至什么是科学。也就是说，力学实际上还是《物理学导论》课程。那么，作为导论课，学什么呢？学习这个学科的基本研究对象、基本问题、主要解决方式的技术和思想方法等等。力学考虑的问题是：物体的空间状态是什么，空间状态如何随着时间发生变化，发生变化的原因是什么，如何通过实验和分析（数学以及逻辑）的方法来建立一个理论（通常是一个数学模型）。从这个拓展出去，物理学考虑的基本问题是：系统的状态是什么，系统的状态如何随着时间发生变换，系统的状态发生变化的原因是什么，如何用实验和分析的方法建立一个这个系统的这个过程的数学模型。这个基本考虑甚至是整个科学，而不仅仅是物理学，的基础。

所以，力学这门课程的“大图景”是以运动学和动力学为例呈现物理

学和科学的基本问题（描述物体的状态和状态变化以及探索状态变化的原因，找到各种现象背后简单而统一的理论）和基本研究方法（实验、数学模型、理想实验、理想模型）。因此，力学的教学主要分成三个基本的模块：什么是科学、什么是物理学的导论性模块，数学、理想模型等分析技术的模块——例如微积分、变分法、质点等，还有力学基本内容的模块——包含Newtonian 力学、Hamiltonian 力学和Lagrangian 力学及其等价性。同时，在力学的主题内容的模块之内，最好能够给时空观、参考系、守恒律一定的地位。

7.1.1 力学课程的大图

现在，我们来观察我们的力学课程的概念地图，图7.1。这张图的主体结构就是这样三块：左上角、右上角、正下方，正下方的左边主要是运动学，右边主要是动力学。由于考虑到这个地图的可读性，在这个三个模块之间存在的很多连接都没有画出来。例如，变分法这个技术实际上在利用最小作用量原理推导Lagrangian 力学的体系的时候是很重要的，Legendre 变换在证明Lagrangian 力学和Hamiltonian 力学等价的时候是很重要的。画出这样的长程连接会使得我们的地图超过一张纸能够显示的范围。于是，前者，我们就不画出来了；后者我们通过重复“Legendre 变换”的方式来体现。实际上，对于前者，我们也可以通过以下方式来表达：在“最小作用量原理”之后添加连词“通过”概念“变分法”，然后连接到连词“导出”上面。这样，当这个地图的读者把两个出现在不同地方的“变分法”联系起来的时候，就能够看出来这个长程连接了。我们省略掉的其他长程连接在授课教师的脑子里面是要清楚的。

还有一种增加地图可读性，尤其在制作大的地图的时候，的方法是，运用好概念地图的嵌套——就是把与其它部分存在长程连接不多的模块拿出来，单独制作一张这个模块的概念地图，然后做为这个大的概念地图的嵌套地图放进去，而不是直接把这个模块放在大图里面。这个，关于运动学各个概念关系的进一步解释，我们就是这样做的。

需要指出的是，对于一般的物理课程和物理学研究而言，实验是非常重要的。但是，通常情况下，力学的实验课程是单独开设的，一般不在力学课程的范围之内。所以，在这里，我们把实验部分基本上忽略了。实际上，通过Galileo Galilei的实验和理想实验，Tycho Brahe 的天文观测，Johannes Kepler的实验总结，来建立力学的体系是一个非常重要的思考过程。甚至在

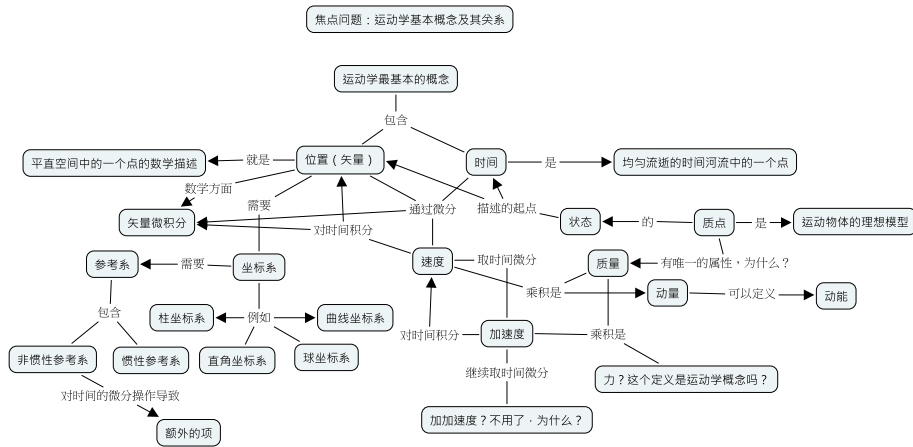


图 7.2: 关于运动学的小图。

分析力学的发展过程中，联动装置、多级摆的运动问题，也是很重要的理论发展的动力。这部分，有必要的话，是可以成为力学课程的主要内容之一的。暂时，我们把自己限制在通用的力学教材以及通常的力学课程的内容的框架之内。从这里也可以看出来，概念地图也可以成为课程体系设计的工具，重新定位和设计一系列课程，而不仅仅是在一个课程体系框架之内做好课程教学的问题。

7.1.2 力学课程的几个小问题，小问题的概念地图以及思考

实际教学过程中需要大量的这样的小问题、小项目，还需要每次授课根据学生的反映情况来调整重点难点。在这里，仅仅给出几个相对来说还比较通用的小问题的例子，以及以此为基础如何引领学生思考，促进学生理解型学习，获得意义。

第一个例子就是我们嵌入的那个小地图：运动学的基本概念及其相互关系。在这个关于运动学的小图中，首先我们整理了所有这些概念之间的层次关系。位置矢量和时间是最基本的，而且是基于它们与Newtonian绝对时空观定义的。然后通过微分或者积分的操作，可以定义其它的状态量：速度、加速度、加加速度等等，进而定义动量、动能等。角速度等我们没有放到这个里面。因为利用这个图，我们最想让学生思考的是“什么是力”。按照定义“动量”的逻辑，我们完全应该把“力”称为“增动量”或者“动增量”，完全是一个运动学的量。为什么会是一个动力学的量“力”呢？

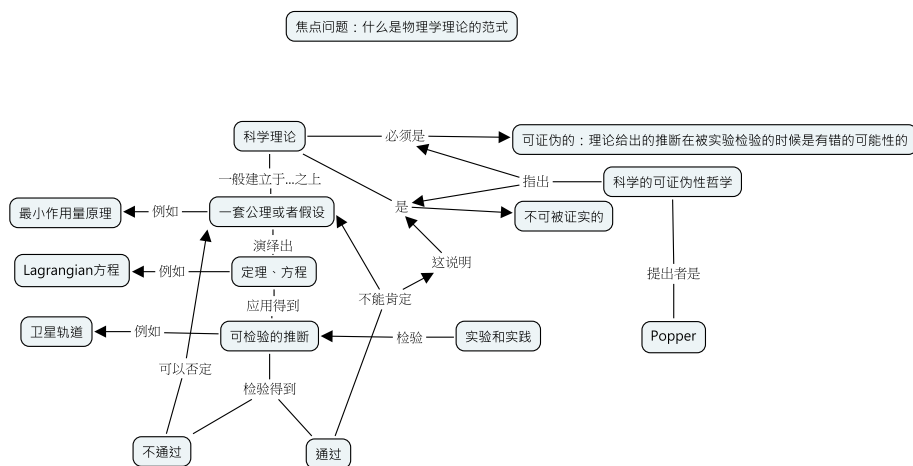


图 7.3: 物理学理论的一般形式和科学的可证伪性哲学。

然后，我们还希望引领学生思考，为什么在我们的概念体系中，一般而言，定义到加速度就够了，不再往下走了。这个问题也是把学生引入下一部分——动力学——的很好的问题。把学生的认知结构中的所有的概念整理出一个层次关系，引领他们思考有关理论结构的深层次问题，这就是这一张概念地图的目的。

我们倾向于对于每一个需要深入思考的问题，都有一个概念地图，并引领学生做深入的思考。例如，通常的理学生会偏科学的实用主义哲学，认为经过检验的理论就是正确的。这个时候，了解一点点科学的可证伪性哲学是有意义的。下面这个概念地图，图7.3，就是启发学生思考这个问题的。这个概念地图讨论的时候，可以从左下方的模块开始。同时，这个概念地图的重点应该放在什么是一个物理学理论的角度：理想模型、公理或假设，然后可验证结果的这样一个一般框架。这个基于《几何原本》的一般科学的框架在整个科学中应该具有重要的地位。理解什么是一个科学理论对于完成物理学和科学导论课程的目标是非常有意义的。

除了大图（全局理解）和最核心最关键的关系的理解（例如思考上面的什么是力的问题，还有什么是科学的问题），概念地图教学体系还需要开发一堆很小的问题上的小图用来引导思考。例如，图7.4就是这样一个例子。在这个图中，我们主要让学生思考什么是内力和外力，以及它们与系统的总动量守恒的关系。在这里，我们的重点在于展示内力和外力在什么地方区别导致了一个保证另一个破坏总动量守恒。Newton第二第三定律对于内力

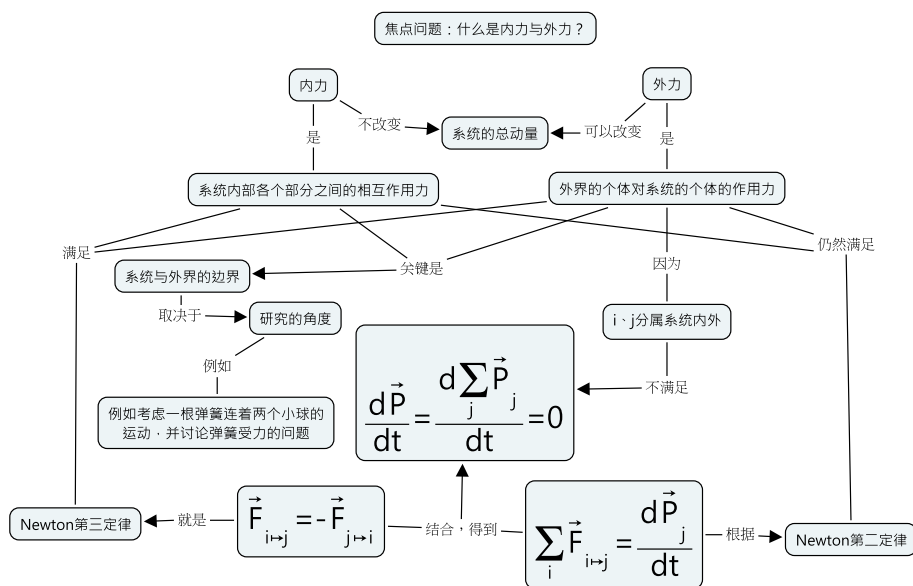


图 7.4: 关于内力和外力还有动量守恒的小图。

和内力都是对的，关键之处在于取和的时候一个所有的个体的变量都在取和号里面，另外一个不是。对于这个问题，概念地图方法并没有特别大的优势。关注意义获得，理解型学习的学生，只要重复一下推导过程，就可以发现，内力和外力之间的差异就在于这个取和号包含还是不包含所有相互作用的个体。不过，用制作概念地图的方法让学生通过自己的思考和制作把这一点体现出来，对于学生更加深入地思考和理解这个问题也是有帮助的。

在整个这个力学课程的概念地图教学体系中，我们准备了 20 来张小问题或者是小项目的概念地图。前者除了展示的这几个之外，还有力学课程中用到的高等数学举例，为什么 Lagrangian 和 Hamiltonian 的自变量分别是 (q, \dot{q}) 和 (p, q) ，守恒律与坐标变换不变性的关系等等；后者例如卫星控制问题中的主要因素是什么、描述一个踢足球的机器人的主要变量有哪些等等问题。我们不再一一列出这些概念地图。等到这个体系相对比较完整、经过几轮试用之后，我们会在北京师范大学概念地图服务器 (<http://cmap.systemsci.org:8088>) 上分享这个体系。目前，仅仅分享了这本书里面提到的这些，还有少量其它的概念地图。

7.2 量子力学的例子

量子力学是一门概念地图学习和教学方法可以发挥非常大的作用的课程，因为这门课程里面需要深入思考获得一定的理解的地方非常多。首先量子力学的理论和经典力学是不一样的，那么我们首先要思考：什么地方不一样。在这里，我们还不得不思考量子力学与概率论的区别与联系的问题。接着，是为什么需要这样一个不一样的理论，什么样的实验结果使得我们必须采用这样的一个数学模型，这样的一个理论体系。于是，我们再一次回到什么地方不一样的问题，从数学上和“人类对物理世界的理解”的角度来更准确地讨论“不一样”的含义。在这里，我们被迫思考量子测量的问题。这样的集中的一系列的非平庸的问题使得理解型学习在量子力学的学习中具有非常独特的地位。所以量子力学的大图景是量子系统的行为和经典系统的行为的异同，量子理论和经典理论的异同。只有搞清楚这些异同，才能对量子力学形成一个深刻的认识。很多人有这样的经验，学过第一门量子力学的课程之后基本上还是不明白量子力学学到了什么东西，而仅仅学会了求解 Schrödinger 方程的几个例子。我们的目标是，让学生学会简单的计算，同时大概明白前面这些问题的答案，而且搞清楚哪一些概念在从经典世界过渡到量子世界以后我们不得不思考改变或者放弃。我们还是先呈现一个量子力学的大的概念地图，然后展示一个小图的例子以及讨论小图怎么用。

7.2.1 量子力学知识结构大图

量子力学的基本知识结构大图——图7.5主要分为三个模块：量子系统的行为（中上），数学（左上和左下），量子力学理论（右侧）。数学部分又分成 Hilbert 空间的抽象矢量的理论（左上）和概率论（左下）。量子力学的理论分为中间居右的关于测量的理论，和最右侧关于演化的理论。这几个部分之间的关系连边非常多。有一部分连边没有在这张概念地图上画出来。在画出来的部分中，我们先来看 Hilbert 空间矢量和概率论的区别。如图所示，Hilbert 空间的一个状态可以通过密度矩阵来描述，而概率论中的一个状态通常通过一个概率分布函数来描述。两者都具有正的对角元。但是，概率密度函数不能做线性变换。能做线性变换的条件是对象之间存在加法。抽象矢量可以相加，但是概率论的事件之间不能相加，仅能够做集合运算。这个两个对象——矢量和事件——在数学结构上的区别是理解量子力学非常重要的。

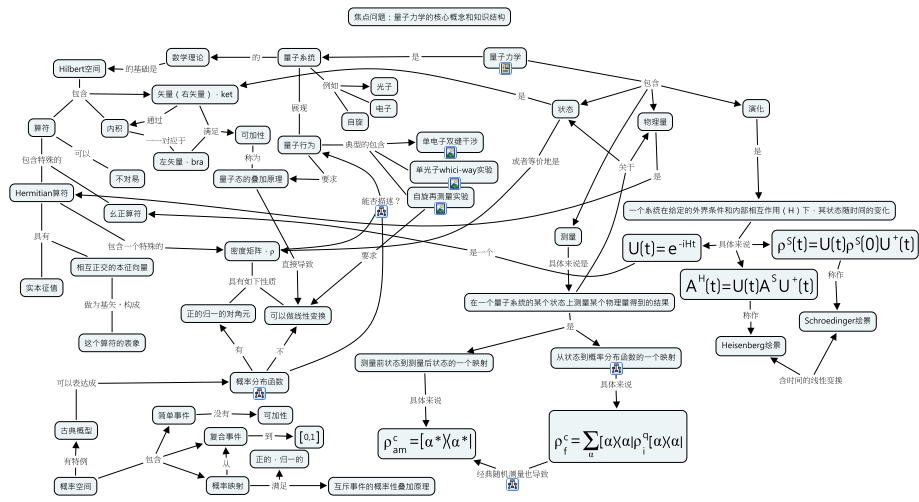


图 7.5: 量子力学的基本知识结构大图：数学、量子行为、量子力学的理论三个主要模块；数学分为 Hilbert 空间和概率论两个模块；量子理论分为测量和演化两个模块。这些模块之间的连接非常丰富使得阅读这个图有一定的难度。再加上受书本的空间所限，这个图的可读性就更有问题了。请访问北京师范大学概念地图服务器 (<http://cmap.systemsci.org:8088>) 来获得这个概念地图的原始文件或者直接阅读本书的电子版 (<http://systemsci.org/cmap>)。

第二个重要联系是 Hilbert 空间中的密度矩阵和概率论中的密度分布函数，哪一个可以描述量子行为。而量子行为指的是单电子双缝干涉、单光子 which-way 实验和电子自旋的再测量实验中出现的非常特殊的行为。关于这个行为和这两个数学对象之间的联系，显然我们需要一个额外的概念地图来进一步阐述。这是为什么在“能否描述?”的下方有一个嵌入概念地图。一会儿，我们也会展示这个概念地图。在那里，我们也会稍微解释一下这些行为在什么地方是特殊的。

第三个重要联系是量子理论运用 Hilbert 空间的数学结构来建立量子行为的数学模型的联系。或者说，其实整个量子理论就是量子行为和数学结构之间的联系。量子理论本身分成了基本上没有什么联系的量子测量和量子演化两块。演化的问题实际上比较简单，除了绘景的问题需要理解一下，剩下的仅仅是一个计算和记忆的任务。所以，我们把注意力放在测量。量子力学说：量子系统的状态就是 Hilbert 空间中的矢量或者密度矩阵，物理量就是 Hermitian 算符，那么，在一个状态上测量某一个物理量得到什么呢？这个就是测量的理论要解决的问题。在这一部分的概念地图上，为了减少长程连接（已经有很多了），我们把好几个“概念”都写成了一个比较长的短语。实际上这些短语可以分解开来表达成为相当数量的与其他概念之间的连边。

7.2.2 量子力学的几个小图的例子

现在，我们举例来讨论几个关键的小问题。第一个，量子系统的行为的什么特点使得我们的经典力学不能用？通过考察一系列的量子实验，包含单电子的干涉实验、单光子的 which-way 实验，自旋的再测量，我们发现，试验结果与按照经典概率论——它遵循概率性叠加原理——得到的结论的不同。一件事情有多种可能性发生，则这件事情的结果是这几种可能性的概率平均。现在，光子无论过哪一条路径，我们都有两个输出。于是，我们得到结论整体肯定是两个输出。可是，实验结果是只有一个输出。我们还发现经典波动力学也不能解释这个现象。波动力学的解释依赖于把光波分成很多个部分，然后经过各种可能的路径之后重新合起来的图景。可是在单光子实验里面，我们只有一个光子，而且这个光子不可再分。当然，我们也可以考虑这样一个图景：单个光子在选择路径的时候也是走所有的可能的路径的。这样做倒是能够解释实验，可是第一，这个图景将来用来解释双缝实验等其它实验的时候，我们需要接受单个光子同时过无穷多个路径的图景。这个也不能算不可接受。第二，这个同时走多条路径的图景和测量的时候光

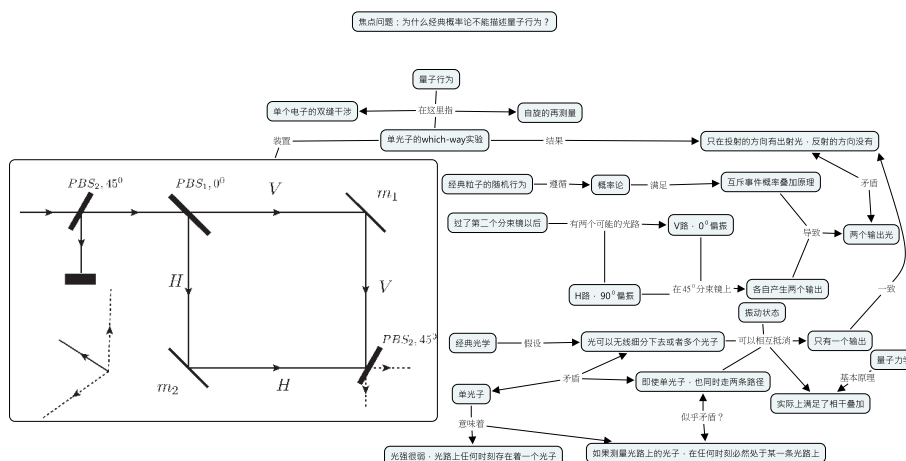


图 7.6: 经典概率论和经典波不能解释量子行为。这里我们用到了 Cmaptools 的一个功能：图片做为概念节点。

子必在其中一条路径上看起来似乎有点矛盾。第三，我们要注意，实际上在这个经典波动力学的解释中，我们运用了相干叠加。这个实际上，是以后量子力学的内容。进一步，我们还可以引导学生思考：在经典波动中，由于波的载体实际上不传播而是振动，传播的是振动的相位。一个点的振动状态是一个矢量，于是，多个源的驱动达到同一个点的时候，自然就可以把这些矢量都叠加起来。可是，在这里，这个弦振动的图景就不对了，没有多个源（单光子）来驱动过了最后的分束镜的那个点的振动了。

第二，概率论的概率分布函数和 Hilbert 空间的密度矩阵的区别和联系是什么？这个问题将来可以用来回答为什么我们需要 Hilbert 空间矢量和矩阵代数做为量子力学的数学语言而不是象经典力学一样通过坐标、动量等实函数来描述。

本图的上半部分以古典概型为例交代了经典概率论的基本数学结构。重点是概率分布和可观测量的概念，以及概率分布的列表或者矢量形式。下半部分，我们引入了 Dirac 符号来表示元素之间的集合并交补运算。通过这个新的符号，并交补运算成了 Dirac 符号之间的加减法。然后，我们把这个加减法看成是 Hilbert 空间矩阵，于是，经典概率论也可以表达成密度矩阵的形式。不过，在这里，这个“密度矩阵”和“算符”都已经是对角的，我们也不能对这个“密度矩阵”做线性变换——事件之间没有形如 $|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle$ 的直接加法。在后续的量子力学的讨论中，我们需要考虑量子系统的经典力

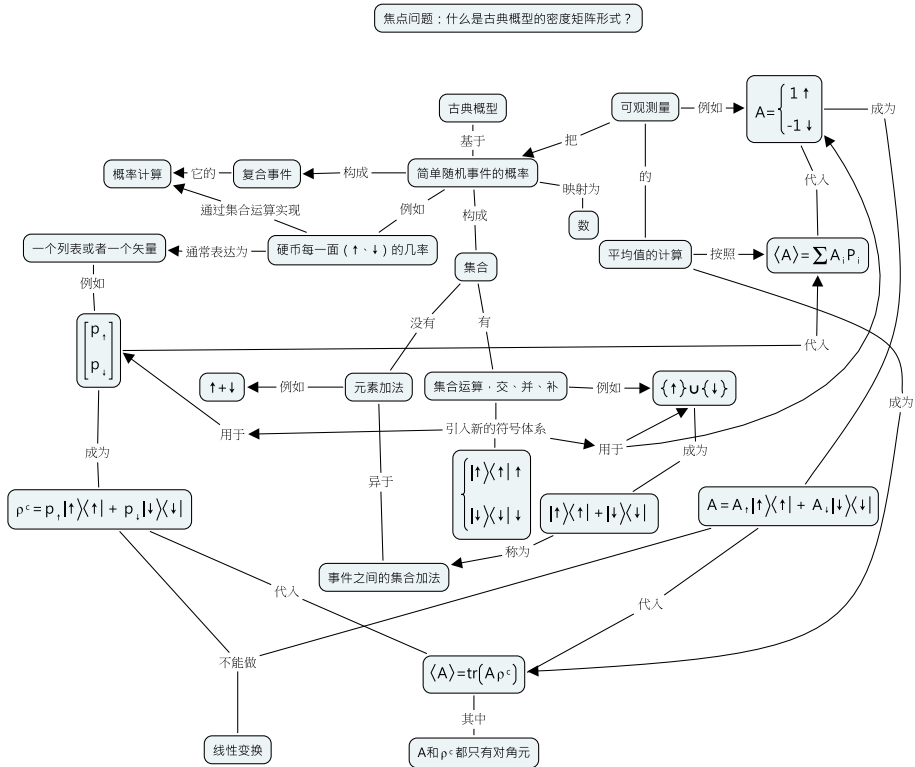


图 7.7: 通过 Dirac 符号，经典概率论也可以在形式上表达为密度矩阵的形式。不过事件之间的直接加法不存在，只能有事件之间的集合运算加法。

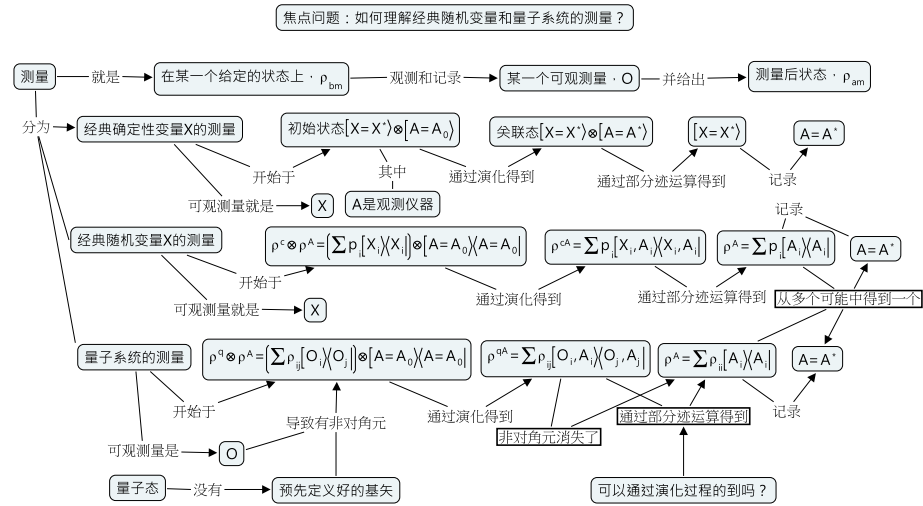


图 7.8: 把经典和量子系统的测量分成三步：通过演化建立关联，通过部分迹操作得到仪器态，通过记录仪器态选择多个状态之一。这三个步骤都能够成为演化过程的一部分吗？

学模型的可能性。在那个时候，形式上统一了的经典和量子的语言是很重要的。

第三个例子，我们来讨论一下经典和量子测量。在图7.6中我们已经注意到一件事情：“即使单光子也同时走两条路径”和“如果测量光路上的光子，在任何时刻必然处于某一条光路上”似乎存在着矛盾。现在我们来进一步分析这个矛盾。实际上，这个矛盾是整个量子力学里面逻辑上的不能够用经典的眼光来理解的地方，究其根源还是量子状态之间存在加法操作。也就是说，所有的围绕着量子力学的理解上的困惑究其本质都是这个“矢量加法”的存在性。所以，我们的很多小问题也是围绕着这个“矢量加法”的意义和后果来设计的。图7.8，就是关于量子测量的理解的概念地图。

在这个图中，我们企图平行地展示经典确定性状态的测量，经典随机状态的测量和量子系统的测量。我们把经典和量子系统的测量都分成三步：通过演化建立关联，通过部分迹操作得到仪器态，通过记录仪器态选择多个状态之一。有一个我们感兴趣的问题是：这三个步骤都能够成为演化过程的一部分吗？另一个有意思问题是通过平行对比，我们发现，量子测量让人困惑的地方不在于“记录”的时候从很多个状态中选择一个——这一步经典随机变量的测量也有，而是在做部分迹运算的时候，非对角元的消失。

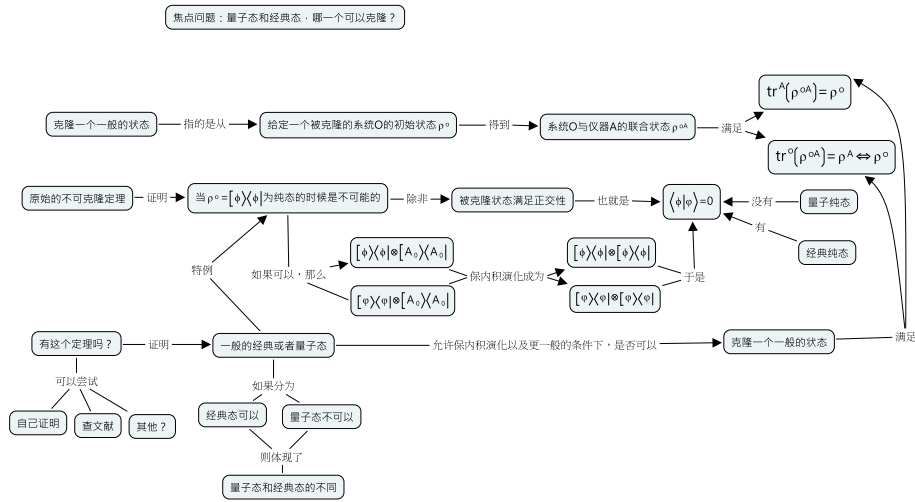


图 7.9: 把克隆的一般概念和原始的量子不可克隆定理做一个对比。

第四个例子，我们来讨论“量子不可克隆定理”。这个是一个课程小项目：

请阅读研究论文或者 Wikipedia 等其他材料了解一下“量子不可克隆定理”(“No-Cloning Theorem”), 思考经典状态是否能够克隆, 以及到底什么量子性质使得这个克隆不能实现。运用概念地图, 以及少量的说明, 把你的思考写下来。

在教学中, 把后来要讨论的一部分内容以课程小项目的形式让学生先通过查阅研究论文或者其他资料, 先有一个了解, 并用自己的话自己的图表达出来, 有的时候是有益的。图7.9是在学生们初步了解不可克隆定理以后, 我们提供给他们的一个提示。在这个图中, 最关键的是, 我们把克隆的一般概念和原始的量子不可克隆定理做了一个对比。通过这个对比我们发现, 其实, 原始的不可克隆定理仅仅证明了一个一般的克隆问题的特例。还有更一般的情况需要考虑, 而且这个更一般的情况有可能可以加深我们对经典物理学和量子力学的差异的理解。

在这个例子中, 其实我们更强调理解型学习而不是概念地图。这个也是我们这个教学方法的初衷, 概念地图是有效的工具, 但是最根本的是学会理解型学习, 永远要思考意义的获得, 而不满足于表面的形式的理解。

在实际教学过程中, 我们还是用了其它大约 10 个概念地图以及相关的小问题来提示和引导学生做深入的思考。在此, 我们就不再一一展示了。我

们讨论这两个例子的目的不是讨论《力学》和《量子力学》两门课程如何教学，而是借此展示一下建立一个以概念地图为基础的理解型学习和教学体系需要怎么做。我们希望我们的读者可以从这两门课的例子中得到一些启发。概念地图教学本质上就是整体知识结构的把握和呈现，以及结合以问题或者项目为基础的教学来分解大图达到引领思考促进理解的目的。

7.3 概念地图与网络课程的结合

网络课程和个性化会在未来的教育形式中占据更重要的地位。在这个方面，概念地图也大有用武之地。

网络课程不仅仅是讲课的视频，还包括视频的组织方式，老师和学生以及学生之间交流的平台，学生的学习进度和学习成果的记录。当然，我们要看到，仅仅提供视频已经能够发挥很多作用。例如有了视频，学生就可以自己决定时间、地点和同学来一起学习，然后可以学习任意多次，按照自己的需要把视频停下来、反复、跳过等等。所以，网络课程的第一个内容就是视频。

仅仅提供视频是不够的，视频的组织方式也非常重要。Khan Academy¹提出了一种把视频按照主题或者问题分解，然后用内容之间的依赖关系组织起来的方式。这个组织方式其实就是概念地图的一个特殊子图——仅包含“需要先学习”这个关系。把这个组织方式推广，用本章前面提出来的一门课程的概念地图的体系（整体大图、局部小图、课程之间的关系），我们可以把视频更加直观和深刻地联系起来。这样，学习者在学习每一个视频对应的内容的时候都可以知道这个内容在整个课程中的地位，还知道如果需要学习某一个内容可以遵循什么样的路径。这个对于学习者来说是很有意义的，方向感更加明确，甚至可以提升学习的动力。

目前，在我自己的课程中，每一节课都是有录像的，所以已经能够达到提供视频给学生自主学习的目的。我准备在以后的教学中更加明确地把视频按照概念地图分解和设计好。这样就能够利用概念地图来组织所有的视频。

概念地图在促进理解型学习、掌握知识之间的联系，尤其是非平庸的联系，等方面，具有无与伦比的作用。但是，概念地图尽管是核心的，却不是万能的。我们一直强调学习是为了创造，创造新的知识或者创造知识的新的

¹Khan Academy 是一个提供免费的网络课程的网站，<http://www.khanacademy.org>

使用方式。那么，对于创造性的培养最重要的是什么，在这些方面概念地图能够发挥什么作用呢？我认为，不怕犯错勇于把知识联系起来、通过熟练或者深入思考形成的直觉、通过理解型学习掌握的深层次的联系（概念地图可以有用）、好奇心、批判性（概念地图可以有用），是创造性的源泉。一个好的老师需要给学生发展这些提供环境。同时学生也要具有实现新想法的技术和工具，以及心理准备——例如坚持不懈。在这些条目中，概念地图能够发挥作用的地方只有上面标出来的深层次联系和批判性，其它的都需要老师运用其它手段来培育和引导。

7.4 本章小结

本章主要是给我们的读者展示一个我们的教学体系的实例：一张大图、一系列以问题和项目为对象的小图、利用小图来上课的一些组织和引领思考的方式上的准备，供大家参考、批判，以及起到抛砖引玉的作用。我们再一次强调，我们的体系没有经过大量实践的检验，需要大家一起来使用、发展和检验这个体系。最后，我们讨论了如何把概念地图和网络课程相结合，以及概念地图在培育创造性方面的作用。

同样，我们不再提供本章主要内容的概念地图，留给我们的读者来完成。请思考这一章的主要内容是什么，每一个内容企图说明什么问题，这些内容之间什么关系。

第八章 以概念地图为基础的理解 型学习

教学的目的是为了不教，为了教会学生学习。因此，前面讨论完了教学的体系，这里我们来讨论如何做以概念地图为基础的理解型学习。原则只有一条：多想，不限制地想，相当于是建立概念之间的连接，尤其是长程连接。

具体怎么做呢？第一，要学会看书。看书首先要想办法把书读薄。运用概念地图可以帮助你把手读薄。看书还要思考每一句话的意思，而不是字面含义。读出声音的做法通常会把读者的注意力吸引到读出每一个字的读音而不是思考意义。随时思考字后面的含义，也是Mortimer Adler和Charles van Doran的书《How to Read A Book》[32]（中译本《如何阅读一本书》[33]）的最重要的建议。在这里我向大家推荐这本书。另外，我自己在读这一本书的时候就不时地用概念地图的方法来做总结。大家可以把这本书做为尝试概念地图学习方法的第一个对象。在这本书里面，两位作者还要求大家在读书的时候思考“这本书里面的内容跟我有何关系”，“我阅读的目的是为了增进理解力或者是某方面知识的理解，还是获取资讯”，“这本书的内容和逻辑有道理吗”，这些问题。实际上，我们发现这些问题就是理解型学习要面对的问题。

第二，要学会用自己的话来表述书本上的内容或者其它人的意思。如果你掌握两门或者两门以上的语言，你就会发现，两门语言之间的转换和翻译只有当你理解了意义以后才做得到。如果你不能很好的把某句话在两门语言之间转换，除了个别情况是词汇的问题（通常这个时候可以换一个说法，所以不是问题），一般情况下，是这句话的意思不明确，或者你还不理解。所以，我特别要求我自己，如果某一句话我不能用两种语言写出来，那么这句话就不应该出现在我自己写出来的文字之中。意义明确，言之有物，这个要求的地位要远远高于华丽的词藻或者漂亮的格式。同样的，在你不理

解书本上的内容或者其他人的意思的时候，你是不可能用自己的话来说的。于是，在你反复尝试用自己的话来说的时候，你就在实现理解型学习。

如果你发现你自己的话和书本上或者其他人的原文比较接近，我建议你去考虑用另外一门语言。如果你暂时还没有掌握两门语言，我推荐你尝试用方言把书本上或者其他人的意思说一遍。如果这些条件都不具备，那么我建议你去考虑下面的方式。

第三，讲给别人听。这一条可以和第二条结合起来使用，也可以专门地有意识地运用。我自己在学习期间，一直是我的同学们的“助教”，基本上同学们有难题或者是难以理解的地方，都来找我。实际上这个也是“同伴教学法”的核心精神：当你需要把东西讲给别人听的时候，你自然会去寻求意义上的理解，实现理解型学习。同时，如果你服务了很多人，那么各种相对来说比较难的问题，你都会遇到，所以你也很少自己去寻找这些难题来提高自己的了。因此，这也是一种高效率的学习方式。因此，有的时候团队学习也是一种值得推广的学习方式，只要每一个成员都尽量做贡献。

第四，适当的时候采用以项目为基础的学习，在使用中学习。某些技能型成份比较多的课程，例如 C 语言，了解了基本概念和基本用法之后（变量、数组、指针、循环、判断、switch 语句），就应该着手来解决一些问题，在实际使用中积累经验。关于 C 语言的学习这个问题本身，还有很多需要注意的地方，例如编程风格的问题，教材的选择等等，在这里我们就不再讨论了，请访问 Jinshan Wu: Big Data, Bigger Physics（吴金闪的大物理学研究小组）下面的“工具、课程与学习资料”这一页面来了解更多的信息。以项目为基础的学习的好处是，面对一个项目，你需要运用的知识和技能是多方面的，整合的，可以内生化的。综合性比教材上的习题要好一些，完成之后你的成就感也大一些。

本章的最后，而不是学习方法的最后，我们要介绍一个要求更高的以概念地图为基础的学习方法。从所阅读的文献和书籍中整理概念地图，并且把文献在概念地图中定位，做为对文献和书籍的记录。也就是说，我们要把概念地图做为一个知识框架，知识模型。文献和书籍中的内容经过整理以后放到这个知识框架的合适的位置。经过这样整理的知识能够发挥的作用比没有整理的要大很多。例如，我在写这一章的时候需要用到《如何阅读一本书》中的内容。如果我没有对书中的内容做一个概念地图的整理，那么，有可能我需要重新看很大一部分才能够把这些体会再一次捡起来。当然，这个仅仅体现了关于一本书的概念地图小结的作用。我有一个习惯，我会

把看到的文献和书籍中的有体会的部分整理在我自己的几个网站上面，其中Jinshan Wu: Big Data, Bigger Physics（吴金闪的大物理学研究小组）居多。例如，在这个网站上面，我专门建立了一个学习资料的整理网页。按照门类做的各种学习资料的整理。实际上，这个就是一个以分叉树为主的概念地图，然后把相应的资源整理到这棵树的各个节点上。不过，现阶段，我确实还没有动手整理我的整个知识结构的概念地图体系。也不知道，是不是有一天我能够有决心和毅力把这件事情做起来。但是，在某些局部的知识体系中，我一直是这样做的。例如，图8.1，就是一个我长期自发地整理的例子。这个概念图的每一个概念上都有大量的文献。为了显示清楚简单，这里我们把大部分文献都去掉了。读者就想象一下每一个概念节点上面连着一个文献列表。通过把文献用概念地图的方式组织起来，我们就能够更简单和准确地定位文献，而且还能够体现不同的文献之间的相关性。这个图实际上就是在图5.12的基础上在恰当的概念节点上加上了文献。我们的综述文章 [29] 其实就是以这个概念地图为基础做的，尽管当年我们写那个综述的时候，我没有管这个地图叫做概念地图，甚至这个图仅仅存在于我的认知结构中而不是纸面上。从大量的信息中抽取有意义的信息，并且把它们按照某种结构组织起来，是一个非常有用的技能。概念地图，能够帮你提高这个技能。

本章没有给大家举很多例子，基本上仅仅介绍了几个方法的原则。本着我们把书读薄的原则，我们这里小结一下这几个方法：运用概念地图把书读薄，用自己的话（方言、其他语言）来表述，讲给别人听，用中学，利用概念地图构建知识模型或者说知识框架来定位各种知识和资源。

最后，我希望指出，如果你在学习过程中一直不断地追寻意义，追寻事物之间的联系，那么，你就是在做理解型学习，在做概念地图，尽管这个时候这些图不一定画在纸面上或者电脑中。如果你已经到达了境界，那么我们的目的就真的达到了。当然，这个时候，最好还是把地图在电脑中显式地画出来，方便存储、交流，另外制作概念地图的过程也是加深思考的过程。

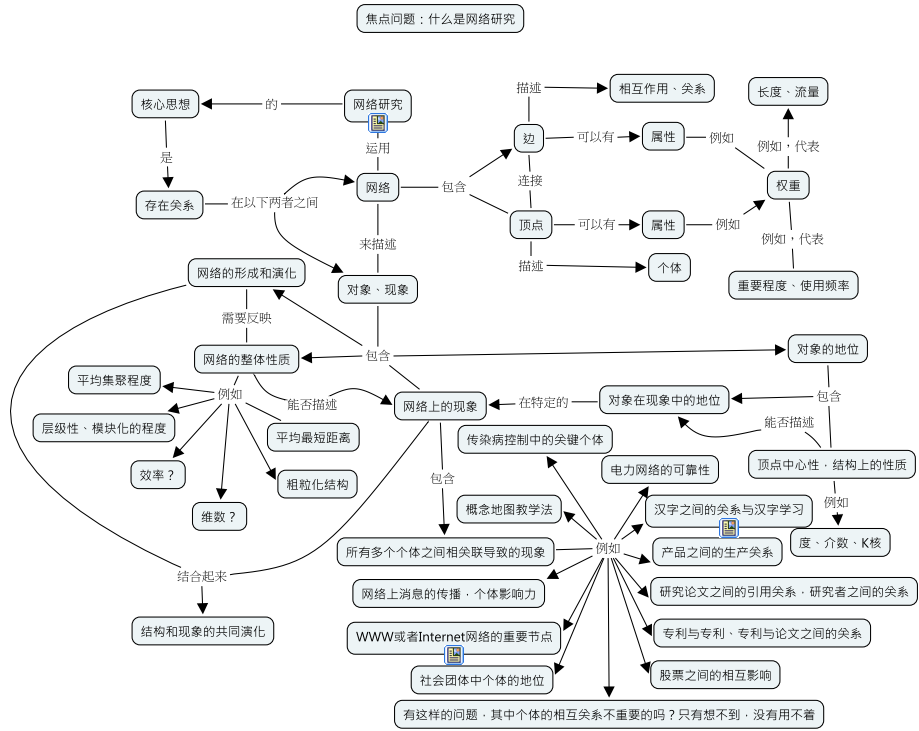


图 8.1: 注意图中的一个概念节点上有资源的图标。这些资源基本上都是文献。把文献放置在概念图的合适的节点上，可以方便文献的定位、查找以及体现文献之间的联系。

第九章 概念地图作为学习体系的基础架构

在这一章里面，我想提出一个理想中的学习体系，还将讨论在这个理想的学习体系中概念地图与视频课程、网络公开课的关系。我希望有一天我们可以真正地建设和实现这样一个系统。这个主题不是写给普通的学生和老师，或者是学生家长看的。本章的设想中的阅读对象是在思考教育体制的老师或者管理者。本章的一小部分，也是这个理想系统的一小部分结构，内容已经在 7.3 节当作学习和教学方法的一部分提到过。但是在这一章里，我们要做更详细的讨论，而且针对的不再是学习和教学方法而是一个新的学习体系的可能性。我把这个体系称为Teach Less, Learn More系统。

9.1 按照大图景、核心思想来精简内容

我们已经说过，学习的目的不是为了习得知识，不能求所传授的知识的全全面性。学习的根本目的是为了创造知识和创造性地使用知识，以及学习者能够下一步自主学习。于是，培养学生对一个学科的品味和方向感，最核心的能够体现这个学科的核心思想的能够用于进一步自主学习的内容，才是课堂上需要覆盖的。有了大图景、核心思想、品味和方向感、核心知识，再加上好的学习方法，其他的更多细节由学习者自主学习的效果和效率都会远远超过课堂讲授，而且节省了课堂活动时间。把老师从求全中解脱出来，变成求精，求大图景、核心思想、概貌，尽管对老师的要求是更高了，但是也使得老师可以尝试各种教学内容和方式方法上的选择了，例如视频课程、翻转课堂的方式。图9.1反映了上面提到的我对这个体系的基本的思考和要求。

那么，如何精简内容，什么是一个学科的大图景、核心思想呢？这个问

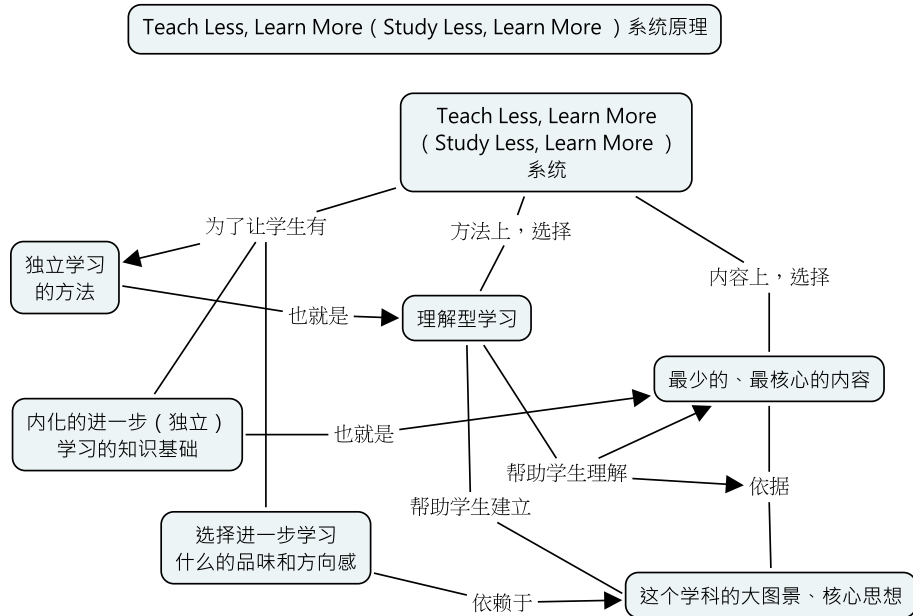


图 9.1: 新体系的目标和操作原则

题很难抽象的回答。一般地来说，就是这个学科的基本任务、基本研究对象、基本研究方法等等问题。我用物理学来举几个例子，见图9.2。其中，我把物理学的大图景定位在：物理学是科学的一部分（因此科学方法论、可测量、可验证、从现实世界到模型的抽象等等是学习物理学的重要目标之一，对科学的理解——关于现实世界的数学模型——也是学习物理的重要目标），物理学的研究一直在问的基本问题是基于机械观的一个问题——一个东西的状态是什么，如何描述，状态如何发生改变，改变发生的原因是什么（因此，通过经典力学的学习来体现），物理学希望用最少的假设来描述最多的事情（大统一理论的梦想。因此，以力学方程的不同形式和相同本质来体现），微观世界与宏观世界的差别（通过学习量子力学来体会）。

于是，我们看见，如果从建立对物理学的概貌的了解，能够像一个物理学家一样思考的角度来说，物理学所要学习的内容不是特别多。当然，我这个大图景还有欠缺，例如关于从微观到宏观的桥梁——统计物理学的部分，我一点都没有涉及。实际上，在物理学中，甚至很多科学中，我们希望把问题不断地细分到微观的层次，同时我们希望了解了微观的细节能够帮助我们回来了解宏观的行为。这个有的时候被称为分析的思想。同时，我们也

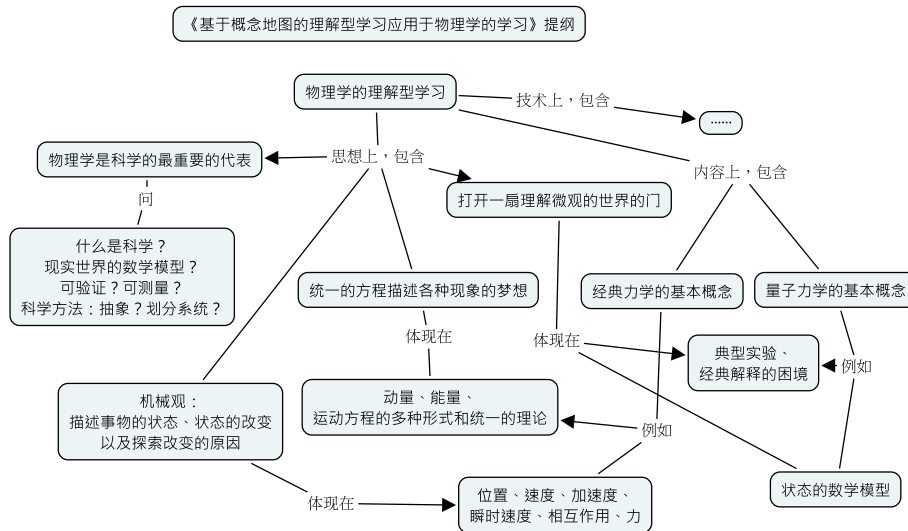


图 9.2: 以物理学为例展示什么是大图景、核心思想, 以及如何以此为准则来做内容选择

有, 从微观再想办法回到宏观, 我们暂时称为统计物理思想, 的思想。这两种思想, 分解和综合, 或者称为分析和统计物理, 在物理学中也占有非常重要的地位。在图9.2中, 我也省略了大部分技术上的内容。实际上, 物理学提供的就是一系列分析和认识问题的技术, 所以, 技术上的内容毫无疑问是重要的。在这里省略或者忽略了这么多内容, 主要的目的是展示一个学科的大图景、核心思想指的是什么, 以及如何围绕着它们来选择内容, 来建设我们的新的体系。

在这个体系里面, 我们希望学生对很少的内容要知其然和所以然, 而且还要理解为什么要选择这些内容来要求知其然和所以然。也就是说, 我们希望学生也能够建立这个学科的核心思想、大图景, 能够从它们开始思考这个学课的问题。以下, 我们来讨论一下这个系统的呈现方式, 以及与现代信息技术的结合的问题。

9.2 视频课程有优点

视频课程或者说以视频课程为基础的网络公开课是有很多可取之处的。先从老师的角度来看。不是每一位老师都能把课上好, 都能够对自己所教授

的东西有深刻的理解，都喜欢自己所教的东西。好的老师是非常稀缺的资源。因此，如果我们的每一门课程都能够由能够把课上好的老师来教，当然就很大程度上提高了学生能够学好的可能性。要每一所学校都达到要求是不可能的。于是，网络公开课就提供了实现这个目标的一种方式。从学生的角度来说，学生可以更加自由和自主地安排时间，可以多次反复地或者跳过学习某一部分内容，甚至对比不同的老师讲授的相同的主题的课程。这些都是实在的课堂里面难以实现的。

但是，也正是由于学生获得的这个高度的自由和自主，学生的学习有可能不如在课堂里面听老师讲课那样有既定的步骤，有明确的压力，有老师在学习方向上的有针对性的指导，能够得到老师的反馈。那么，如何在能保证这些优点的同时避免或者弥补这些缺点呢？

Coursera¹、翻转课堂（Flip Classroom）²和 Khan Academy³的做法值得借鉴。Coursera 的方式是视频课程与实在的课程进度保持一致，有老师、有作业而且是和实在课程一样的有截止时间的作业。Coursera 甚至给视频设定了截止时间。翻转课堂的方式是老师学生在实在课堂里面还是要上课的，但是课上的时间主要用来讨论、答疑，视频用来给学生课后自主学习的时候用。有了这些措施——有截止时间、有老师、有讨论和答疑，就基本上能够解决步骤和压力的问题了，也能在一定程度上得到老师的反馈。不过，如果一位老师想要把握学生在学习和理解课程内容上的比较细节和比较具体的问题，并且在可能的时候提供进一步学习的方向的建议，那么这些措施可能还是不够的。在这方面，Khan Academy 实现了两点很有用的措施：课后小测验以及视频树形图。课后小测验的意图是用来给学生做自我诊断，同时通过网站的后台记录（每一位学生在每一个问题上花的时间，错的次数，所有的学生合起来的某一问题上的平均错误率）也能够让老师一定程度上把握学生的学习情况。当然，实际上，要达到这个目的，小测验的题目要设计得非常好，不能完全就是记忆召回类型的测验。这里我们先不讨论这个问题。视频树形图是如图9.3的一颗树：每一个节点上有一个概念和关于这个概念的视频。通过这棵树，我们就知道，大概来说，学习这棵树的更下层的概念需要先学习它上面的，也就知道了学习了某概念，可以帮助我们学习这个概念下层的生发出去的新概念。

¹Coursera 是一个提供免费的网络课程的网站，<https://www.coursera.org/>

²翻转课堂是一个想法，实现它有很多种方法，也有很多人在尝试。可以从例如这个网站了解更多翻转课堂的信息：<http://flippedclassroom.org>

³Khan Academy 是一个提供免费的网络课程的网站，<http://www.khanacademy.org>

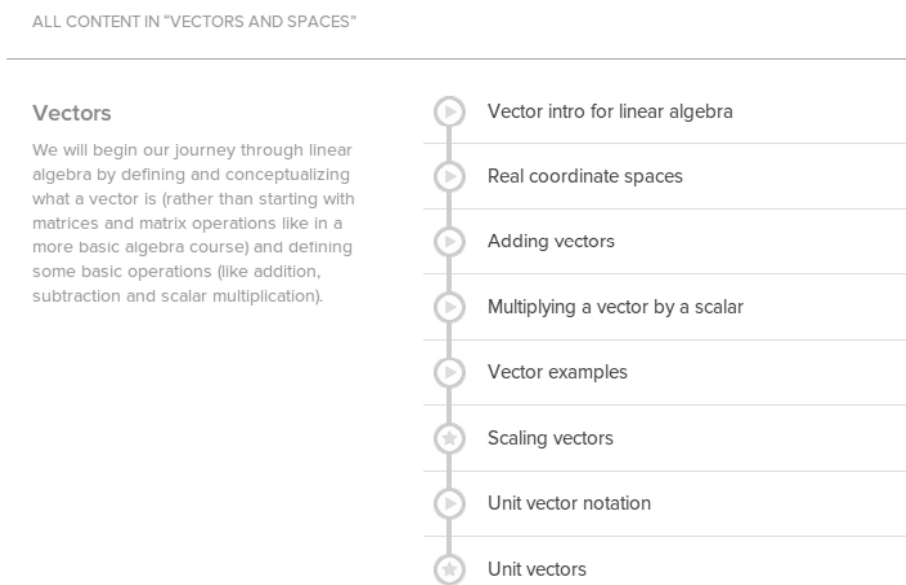


图 9.3: Khan Academy 通过树来呈现视频（以及它们所代表的概念）之间的关系。点击每一个三角形箭头都会打开一个视频。箭头旁边是这个视频内容的主要概念：整棵树是关于“矢量”的视频课程，右侧从上到下分别是“矢量简介、实数坐标空间、矢量加法、数乘、矢量举例、标度矢量、单位矢量记号、单位矢量”。可以看到这个分解已经比较细。细使得学生可以更自由的选择内容、安排时间。学生也能利用这个树形图的信息来做到更有方向感的学习。

在这里，通过考察以上的教学方式，结合我自己的经验——从我任教开始的每一堂课我都有录像，一开始主要给自己看，后来给上课的学生们看，现在考虑给更多的学习者看，我推荐每一位老师把自己的课堂都录下来，至少能够起到帮助学生复习的作用。对于自己没有把握讲好的课程，我认为可以考虑采用其他人的讲课视频作为主要学习材料，实行翻转教学——让老师成为学生学习的辅助者，引导学生讨论、回答学生问题，并且监督作业完成情况。当然，关于这个翻转课堂教学如何开展的细节问题不是这一章的主题。我们要讨论的是从这些技术细节的讨论中扩展出去的一个新的学习体系。在那之前，我们还不得不讨论另外一个技术层面的问题——课程视频的组织方式。然后，我们就可以真正进入到新的学习体系的讨论中去。

9.3 课程视频的组织方式——从树到概念地图

除了采纳要录像、有老师、有作业、有真实课堂的有益经验以外，第一个我提议要实现的技术是在树形视频组织方式的基础上做一个拓展，变成用概念地图来组织视频。在我的实际教学中，我做了一个简单的尝试，把每一节课（45分钟）的视频按照内容放在我整理好的量子力学的主要概念的概念地图上。见图9.4。其中，量子力学的概念地图不是我供自己使用的完整版（见图7.5），而是删除了很多长程连接和细节概念的粗粒化版本。在这张图的某些节点上，有一个视频的小图标，这就表示这个节点上放着一个视频文件。

这张图，尽管已经具有引导学生学习的功能，但是还是太粗放。我设想中的视频概念地图需要把视频分解的更细，然后放在更小的概念节点上。目前的这个，每一个视频的时间还是太长（45分钟），内容还是太多。如果能够做到10分钟左右讲解完一个问题，那么就更理想了。当然，这样分解的方法，会使得讲课的过程中更难以做到前后照应。不过，这个时候正好就是概念地图发挥作用的地方，我们可以专门抽出一个概念节点或者一个长程连接，用来存放这个解释关系的视频，或者用一个连接指出来这个关系的视频在已经存在的讲解其他的某一个概念的视频中。

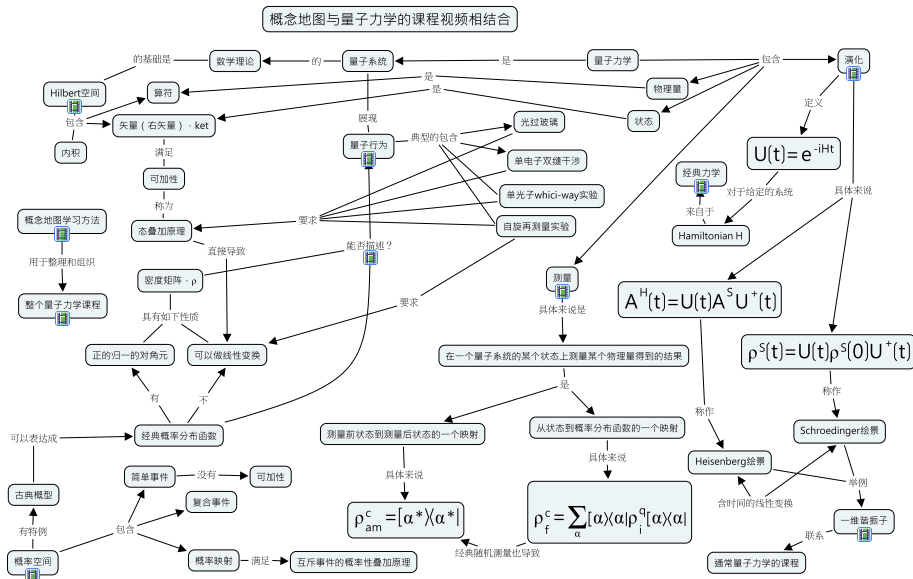


图 9.4: 把 Khan Academy 的视频树推广成为视频概念地图。每一个视频的小图标就表示这个节点上放着一个视频文件。这个图只是一个原型，还没有达到理想的要求——视频时间更短，放在更细节的概念上才是更理想的形式。概念地图的组织方式比树形图更加有助于学生把握学习的方向——学习这个概念有什么用，如果需要学习某概念可以考虑从什么概念学起。

9.4 让学习者明白每一步的目的

这样的一个知识内容的组织方式，除了能够明确地展现知识之间的联系，让学生在具体知识的层面知其然并且知其所以然之外，还能够做到理解老师为什么讲授这一部分，为什么如此讲授的所以然。为了造出一个说法，我把这个叫做“知其然，知其所以然，知其所以所以然”。

在实际教学中，有的老师会注意到，一部分学生可以跟着老师的思路把具体知识的内容学下来，但是缺乏方向感和主动性。这个问题，一方面跟学生的眼界和努力程度有关（这个问题一定程度上可以通过开设一个专业的导论课程、一门课程的好的导入部分来解决。不展开讨论）。另外一方面，而且是主要的原因，是老师的教学中很少去强调学生学习每一部分的目的。当然，有了反应知识之间联系的概念地图，学生就能够在一定程度上了解学习这个部分的知识以及以后学习的关系。因此，概念地图对于让学生明白知识上的所以然，增加方向感，提高主动性，已经是有帮助的了。现在，我要提一个在制作教学中使用的概念地图的更大的要求，通过这样的概念地图，能够让学生更加具有方向感和主动性。这个要求就是——把教学目的明确放到概念地图的相应概念之上。这样让学生明白老师为什么讲这些，为什么这样讲。

在制作“什么是课程设计”（图5.11）这张概念地图的时候，我们强调，设计一门课程首先要明白教学的目的什么，按照这个目的来选择内容和教学方法的原则是什么，然后教学内容之间的关系是什么。目的和原则不明确，具体的事情上就有可能重点详略不明，没有方向感。在这里，我提出制作包含“教学目的”的概念地图，实际上是提出来，学生也需要明白这个目的和原则。当然，小学阶段是否也需要让学生明白这些是可以讨论的。我觉得是更加应该让小学生们明白，或者至少思考，而不是让他们被动地跟着学。

下面，我就用概念地图的理念部分的学习为例，来展示如何制作一个让学生体会到为什么教这些的概念地图。在本书的一开始，我们提到教学的目的是为了教会学生学习和思考，为了传递给学生老师对这门学科的感情，为了给学生准备进一步“自己”学习的基础，也就是图3.2。这里把这张图换一个画法，见图9.5和9.6（后者是前者的例子），作为具体教学环节呈现具体知识的教学目标的模板——也就是说，具体知识的教学的时候在呈现知识结构的同时需要呈现些什么。

图9.5阐述了教学的几个目的：教会学习和思考，为了传递情感和准备

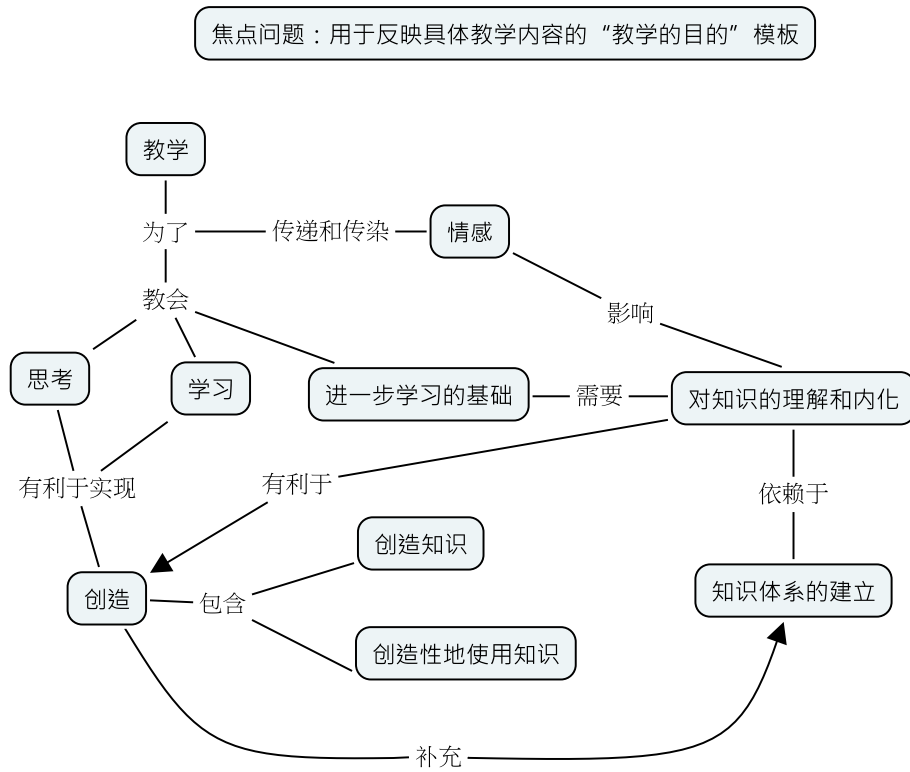


图 9.5: 教学是为了教会学习和思考，为了传递情感和准备进一步学习的基础。这个理念已经反映在图3.2。我们在这里重新制作这个概念地图，作为具体知识教学的时候体现教学目标的一个一般模板。下一张图是这个模板的一个运用举例。

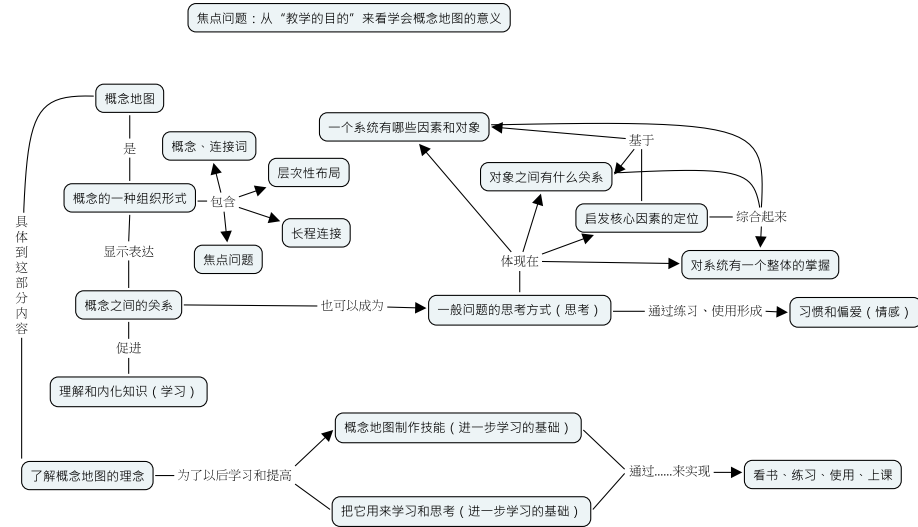


图 9.6: 以概念地图的理念——也就是本书的前四章的主要内容（如果在实际开设的课程中教这些话，就像我自己开设的《学会学习和思考》课程一样）——为例，展示如何让学生明确理解这部分教学的目的。

进一步学习的基础。而学习和思考则有助于创造知识，情感则有助于实现对知识的内化，从而提供更好的学习基础。这里强调这几个目的，就是为了指出来在具体知识教学的环节，制作概念地图的时候需要强调的几个方面。在下图中，我们假设一个开设概念地图和理解型学习的课程的前面几次课的情境。从学会概念地图的制作的角度来说，前面的关于概念地图学习方法的理念的几次课，没有太大必要。我们完全可以让先跟着我们学会概念地图的制作和运用举例，然后，再来讨论背后的理念。在这里，为了让学生更加有方向感，我们假设采取先讨论理念在学会技术的方式。我们的期望是：理解这些理念之后，就算没有相应的后续课程，学生通过自学（看书、练习、使用）也能够掌握技能，并且在学习技能的时候更有主动性和方向感。

在图9.6中，我们很大程度上省略了关于概念地图本身是什么的内容，为了留出空间来阐述教授概念地图理念分布的目的。

不得不说，这样的一个包含教学目的的概念地图和传统教师备课中强调的教学目的是有关联的。区别之处在于，由于这里我们把教学目的和具体的教学内容直接通过“连接词”相连，教学目的的具体体现和具体实现更加明确了，而且，我们主张让学生也思考和理解这个教学目的。这些和传统的

备课的要求并不完全一样。

我打算，下一轮的课程，把讲课内容设计的更细更好，争取做出这样的一个——以概念地图的方式来组织内容、视频，让学生知其然和所以然的——《量子力学》教学系统来，并开发一个网站供其他人使用这个《量子力学》教学系统，甚至使用这种方式来构建自己的课程。

从这个想法开始，我忽然意识到，如果一门学科的所有的课程，乃至一个大学的所有的课程，其实都可以按照这个方式组织起来。如果实现了，那么课程的界限就被打破了。当然由于某些概念之间的关系肯定比这些概念与其它概念之间的关系更加密切，于是，“课程”还是一种值得存在的概念的组织单位。那么，这样的新的方式划分和定义出来的课程，就有了课程之间的依赖关系。也就是说，这个视频的概念地图组织形式，同时可以被粗粒化成为课程之间的依赖关系。

这个课程之间的依赖关系，促使我进一步思考下面要讨论的构建一个新的学习和教学的系统的问题。

9.5 尊重学生的选择的权利的学习系统

在很多的教学和学习系统的实践中，我们企图设计一个足够好的学生培养体系。然后，我们希望或者认为学生能够好好地按照这个体系接受培养，接着成为设想中的人才。这个是一个非常美好的愿望，在设计者和学习者相互能够匹配上的时候，也是一个很有效的系统。例如，一个老师一个学生的情况，这样的体系，尤其是在充分考虑了学生的意见和选择之后建立的这样的系统，是能够很好地发挥作用的。可是，一个适用于大多数学生的系统是不存在的，除非这个系统有一定的自适应性。其实这个自适应性，可以通过学生在有约束和有引导的选择来实现。这个就是我在这里要提出来的学习系统的核心：一个培养单位提供的是一个课程和概念的体系，学生可以在这个课程和概念的体系上自由的选择，只要这些选择满足课程和概念之间的依赖关系——也称为先修课关系。同时，学生接受培养单位的约束，例如物理学学士学位要求多少学分的数学课程，多少学分的物理课程，多少学分的社会科学课程等等等等。培养单位除了提出要求之外，不能限定课程的开设者、开设单位、开设时间等等。唯一剩下的培养单位能够影响学生选择的方式就是树立“典型”——某某某校友是这样学习的成了什么什么人之类的。

有了这个尊重学生的选择的权利的学习系统的设想之后，我回头看我在The University of British Columbia的体验。学校给每一门课程都做了一个编号，这个编号通常对应着一个课程名称以及相应的一个课程大纲。但是，有的时候拥有同样的名称不过在主体内容或者授课深度上有所不同的课程会有两个编号。也就是说，编号才对应着比较具体的课程，课程名称通常情况下指代比较明确的内容，但是有的时候不如编号来得明确。有了这个编号系统之后，学校的课程体系里面，最核心的东西就是先修课关系，也就是指定学习本课程之前必须已经通过某某课程的学习。例如 Phys 170 的要求是这样的：必须已经学过 PHYS 12 和 PHYS 100 两者之一，以及 MATH 100、MATH 102、MATH 104、MATH 110、MATH 120、MATH 180 和 MATH 184 之一，另外以下课程之一如果不是已经学过，必须是同时在学：MATH 101、MATH 103、MATH 105 和 MATH 121。除了先修课关系上的约束，还有在学生毕业的时候可以按照既定的学分要求检查，或者学生有需有的时候提供指导，培养单位是不能干预学生的选择的。

也就是说，除了没有课程视频，以及课程之间的依赖关系远远比我理想中的概念之间的关系来的粗糙之外，这个在国外的学校已经是不值得一提的课程体系，在精神上，完全就是我设想的学习体系。或者，换一种方式来表达，在这个课程体系的基础上，我们再进一步细化，把课程之内的概念地图做出来，然后整合成为所有的课程的概念地图，接着在这个概念地图的基础之上，放好视频文件，那么得到的就是我理想中的学习系统。

这样一个学习系统有什么好处呢？最重要的，就是给了学生在合理约束下的自由选择学习内容的权利——想把自己培养成为什么样的人完全是学生自己的选择，其他人只能提供建议、引导和约束。当然，上面提到的概念地图的好处和视频课程的好处这个系统都具备：学生可以在自己的时间来学习，学习的时候有方向感知道学习这个概念的意义也能够自己选择学习某一个目标概念的路径。千万不要小看了自由选择的影响。学生对所要学习的课程有一个预期，然后又自己决定来学习的，那么他们学习的主动性，韧性都会比被迫学习的好很多很多。我想这个道理大家都明白。这也是自由婚姻背后的道理。从我自己 2013 年和 2014 年的《量子力学》学生的表现来看，自由选择的权利大大提高了学生自己的主动学习和主动探索，甚至做到了能够踊跃地面对我对他们提出的各种具有挑战性的学习任务。

9.6 概念地图为基础架构的学习系统下的学校

有了这个系统，学校就是课程内容的提供着，是学生学位的审批者，也是学生寻求指导和帮助的地方。学校的界限，专业的界限，在这个学习系统下面就模糊了。培养出来的学生可以没有特定的类型或者模板，只有大致的水平和专业的要求。再加上这个系统中的课程，在理想的情况下，都是公开的，在网络上的，那么确实更多的人有了获得高水平教育的机会。是否在某一个实在的学校读书，仅仅决定你在获得指导和帮助的时候是否方便，质量是否比较高，你在毕业的时候要求是否严格。按照所谓的一套既定的（或者好一点多少年能够更新一次的）学生培养方案来培养学生情况再也不存在了。

这样的发展当然对学校的冲击非常大，是好事还是坏事？我们用一个穿衣服和购买衣服的问题来做类比。设想一个这样的社会，在这个社会里面，每一个年龄段的人，从事每一种工作的人，具有不同等级和地位的人，都被规定要穿和年龄、工作、地位相配的衣服。尽管这个系统，如果存在万能的神来把每一个人都放到最合适的位置上去的话，也是一个能够发挥其作用的系统。可是，比较一下，一个这个社会的人，跑到了一个可以自由选择衣服的另一个社会里面，他会有什么感受：终于我能够找到和穿上我自己喜欢的衣服了。既然在服装销售行业，我们已经摒弃了前面那样的系统，为什么在自主性、主动性和创造性更重要的教育领域，我们基本上还坚持着这样的一个系统呢？难怪Ken Robinson认为⁴，学校就是扼杀创造力的地方，学习应该采用更开放更个性化的方式。也难怪Joseph Novak认为⁵美国的教育成果就是扼杀了97%的人的创造力，中国的教育的成果就是扼杀了99.7%的学生的创造力。主动性和深入的理解，不太受限制的思维，是创造力的源泉。在这几个方面，概念地图学习方法以及以概念地图为基础架构学习系统都能够有所帮助。

我真的希望有一天，一个这样的概念地图为基础架构的学习系统，或者被进一步改良之后的，保持基本原则——尊重选择权、引导学生思考和促进学生理解型学习、启发事物之间的联系——不变的类似的系统能够建立起来，不管在中国，还是其他国家。至于作为这个系统的基础构架的放置视频的概念地图，如果不能一步就实现在比较细节的概念的层次上，实现在相当于课程的章节大小的概念群体的层次上也是有意义的。

⁴见TED Talk “Ken Robinson 认为学校扼杀创造力”和“展开学习革命”

⁵Joe 在跟我聊天时候说的，算不得数，校不得真的。

这个将是一场革命，一场教育和学习的革命。

第十章 一部分学生的反馈

在本书的最后一章，我们希望来展示一些学生对于概念地图教学法的反馈。我们布置给学生的任务是这样的：

思考在本课程（指的是以下三门之一《量子力学》、《概念地图学习和教学方法及其应用》、《系统理论基础》）以及其他课程（如果你已经用过）的学习中，以概念地图为基础的理解型学习的作用，谈一谈你的体会。你可以用概念地图的方式来写这个体会——几张图配上一些文字说明。

对收到的报告，我们做了选择，但是没有做任何编辑。下面是几个报告的原文，以及我们的回复或者评论（楷体，在括号中）。这些报告中，为了弥补本书中很多例子来自于不那么容易明白的物理学内容的缺憾，学生们提供了中学物理或者其它中学知识的概念图。

10.1 一场学习的革命

作者：郭姗姗

接到要写这样一篇课程评价的要求的时候心里总觉得很愧疚，甚至觉得没有资格去使用“评价”这个字眼，因为我学的并不轻松，作业也丝毫算不上出色，而这门课恰恰又是自己最喜欢并且又一直想去认真学习的。人世间的种种无奈大致如此吧。其实起初选这门课的动机其实是非常不纯粹的，仅仅是因为自己生命中的一个极重要的人曾经送过自己一本概念地图法学习高中化学的书，并且此人向来做事准确高效，思路清晰明了。我深知自己算不上什么好学生，学习往往也只是有兴趣没章法，但我仍希望能学学他当年所用过并推荐给我的学习方法，相信会有帮助。因而在研究生院推荐这门课程时，我充满感恩毫不犹豫地抓住了这个机会。

目前，这门课程还没有结束，我修完了第一阶段的课程和第二阶段的物理部分（很遗憾因为课时冲突缺了好几节），计划还要修最后的生物部分。总的来说，这门课程目前所带给我的是超过我之前所求所想的，也许学完生物学部分后会有更多更大的惊喜和更深的感悟。以下是我仅针对学过的两部分内容总结一下自己的体会和建议。

10.1.1 原只想要改进，却闹了一场革命

起初，我只是觉得自己学习和阅读的时候没有章法和条理，希望能通过概念地图的学习来帮助我整理下思路。实际上，在第一阶段前几节，我只看到了概念地图实用性的一面：不管是演讲、做总结和综述、还是做读书笔记，绘制概念地图的方法确实很好用。但是经过之后课程的学习，我发现概念地图给我的学习其实给我带来了革命性的转变。第一阶段大作业是四人小组选题，分别从四个不同方面加以阐释。我们小组同学因为所学专业迥异（哲学、法学、教育学、中药学），所以定了“互联网与自由”的题目。结果自以为选题很简单的我们在做图过程中很是纠结。因为我们决定分别从四人的专业角度来谈，所以单单是焦点问题和四个人各自的立题角度就几经修改，又字斟句酌，花了大量时间。而各自的角度定下来后又发现，自己本以为很扎实的专业知识其实千疮百孔，不得不查阅各种资料来恶补。终于做完了又在成果展示的时候发现，自己本以为很完美的图其实有着这样那样的不足，还是需要完善完善再完善。

于是第一阶段学习完后，我们小组一起讨论了心得体会。除了累之外，大家都很兴奋。我们深深地认识到自己所学专业的广度和宽度都是不够的，对于思路的拓展与总结也绝不是那么简单。在做图的过程中，我们需要围绕焦点问题搜寻大量的相关概念，然后再将它们用逻辑关系联系起来，还要保证概念地图的完整、高效、简单、易读。经历了这些，我们早已将所讨论的问题及其相关内容深入理解，烂熟于心，而这些可以说老师并没有教太多，大都是我们自学而来。这难道不是一场学习的革命吗？

第二阶段物理模块的学习更是让教与学的革命推至高潮。吴老师坚持“Teach Less, Learn More”，利用概念地图来清晰地阐释相关概念，每节课坚持只用少量的时间讲解，讲义也是少而精，有的甚至课下需要逐字推敲。之后的作业更是老师精心准备的，但要花很多时间理解和总结，比如看几个视频，用概念地图表达感想；读几本书，用概念地图解释什么是科学研究等等。我相信如果单看布置的作业，没有几个人会相信这原来是出自物理老师

之手。听完讲解，做完这些作业，明白了物理学的思想概貌和与数学及科学的关系后，会惊奇地发现自己对物理学不那么恐惧了，甚至还会觉得有几丝温情。（我很高兴，学生能够从课堂中感觉到这个学科还值得喜欢，这是最高的评价。谢谢。）这种方法的确会比上很难的物理课，再做一大堆习题，应付考试之后全忘光要有效很多。而且会发现自己查资料看视频其实还是学了不少东西的，也会给自己一个小小的赞。由于时间有限，而且只是以量子力学为例来说明应用，故老师对公式推导过程的掌握没有深究（但还是很认真地推导了相关公式）。但是通过这个例子，我们已经有效地掌握了物理学相关知识和用概念地图来学习的方法。所以，将概念地图的教学方法称之为是革命性的教学方法是丝毫不为过的。

10.1.2 原只想拥有武器和秘笈，却被要求达到一种境界

初学概念地图，我和小伙伴们都为这款实用的小软件欣喜不已。简直就是一个酷毙了的小武器！可以帮我们解决好多问题！并且对教学和学习方法的深入探讨和理解又让我们对概念地图的使用如虎添翼。可是，光是拥有刀剑和秘籍是远远不够的。随着学习的不断深入，我们越来越发现做好概念地图不是一件容易的事情。

正如需要刻苦的修炼才能达到“人剑合一”的境界一样。概念地图学习与教学方法也需要我们多多使用反复体会才能得心应手。不仅仅是作图技巧，能把地图与所表述的知识有效结合也是很重要的。需要反复练习对概念的阐述和相关内容的关联。这就是怎么巧用的问题。记得 Alberto Cañas 教授在我们惊异于他总能明白我们要表达的意思，把我们的图几下就修改得简单漂亮时，总是得意而又语重心长地表示：自己已经使用概念地图很多年了。在完成最后一次物理学模块大作业时，吴老师看着我做中药化学大图景时给了我很多建议，让我受益匪浅。在感叹虽然不是同一个专业仍能如此一针见血的同时，我也突然明白了在熟能生巧的背后似乎隐藏着一个方法论的问题，一个所谓“道”的问题。（这个道就是你要把思考事物之间的联系，这样的理解型思考，变成你自然的思考方式。）

10.1.3 原只想要开启一扇窗，却又开启了一扇门

如同所有公选课一样，选这门课之前也很期待会遇见怎样的同学。概念地图学习与教学方法及其应用这门课是特别与众不同的，因为这门公选课不仅仅打通了专业，还打通了年级，而且还是分阶段外语教学。起初曾担心

自己英语水平不高，还很担心会没有本科生表现好很丢人，甚至还会顾虑如果有师兄师姐，会不会课程讨论的时候就不能畅所欲言等等。

后来发现完全是多虑了。我们在一起，就是为了共同成长，见证精彩。虽然人不多，但是大家都很活跃，课堂气氛很好，小组之间也都互相给予帮助，小组之内更不用说。在课堂讨论当中，我们早已结下了深厚的友谊。大家一齐帮你修改斟酌，这是多么地令人感动。另外，通过绘制概念地图成果展示，我对其它专业的知识也都有了一些了解，并且也对不同专业同学的思维特点有了一些觉察。透过概念地图，我们不仅可以看出一个人的专业素养，也可以阅读一个人的思想和内心世界。（是的，这个就是我说的概念地图作为大脑探测器的功能。）

另外就是很庆幸认识了吴老师，他是位有使命感的传“道”之人。他说，不让他分享这么好的东西，是很难受的。老师上课极具感染力，激动的时候连卷发也随着说话一起晃动。这也许就是对知识的情感的最好体现吧。特别同意吴老师所说的，教学的目的，不仅仅在于传授对知识的理解，知识的组织方式和学习的方法，还在于传授对知识的情感。这是经常被忽略的，却是成为好老师的要素之一。而这些知识的情感，又会转化成我们学习知识的兴趣和动力，帮助我们学得更好。

透过概念地图课，我原本真的只想收获些方法，却远远没有想到既结识了良师益友，又拓宽了知识面。我本只想窥探寻求真理的方法，却找到了通往前方道路的大门。

10.1.4 总结与建议

概念地图学习和教学方法及其应用这门课是我在北师自主学习的开场白。在期末的时候，给我最喜欢的课程一个这样的反馈报告竟仍然如平时设计概念地图一样用了5个小时。但我仍觉得很值得，没有什么比思维僵化和固步自封更可悲的了，所以感谢这门课带来了学习与教学的革命，给我带来了许多思考和想法。

唯一的建议是如果能再平衡一下人文科学、社会科学和自然科学在几大模块中的比例就更好了。现在的话明显四大模块中自然科学多些，但是很奇怪这次选课的反倒是理科生少。如果能多模块，短课时的话可能会吸引更多同学的。在最后，感谢吴老师对此课程倾注的全部心血，也感谢千里迢迢来师大上课的外教老师们，感谢在追寻真理和意义的道路上有你们的帮助。

10.2 QM, 与你有关的记忆

作者：付涵

作为本学期也是大学期间最为重量级的一门课的期末报告, 我决定以这样一种轻松的口吻书写和叙说, 以显示其在我心中所占的情感比重。(对于量子力学知识框架的总结, 所有同学的版本也基本相似, 所以本文着重书写感想体会, 知识总结见量子力学完整版的概念地图。)

量子力学的难度和吴老师的乖张性情早在开课之前就有所耳闻, 英文授课更是将难度升高一个级别, 加上还未开课就收到老师的以其严厉不轻松的语气发布的开课广告, 这门课还未开始就已经叫苦不迭。带着新鲜感和忐忑心情上完第一次课, 发觉并没有想象中的那么难, 老师也比想象中的更有亲和力。但这种好感马上被第一次布置的如山一般的作业所打破。任何知识都还没学的我们听那些讲座如同天书, 尤其是 Coleman 先生的讲座, 我直到现在也就只把握了 50% 左右的内容。但还是恭谨的按时写好了所有的报告, 随之对量子力学也有了畏惧的阴影。

第二次课讲授了概念地图的相关内容, 由于之前有过接触, 所以感觉相对轻松。在后续的课程中, 越来越体会到这门课程没有那么可怕, 反而很有趣, 对它的热爱也逐步提升。吴老师也以其独特的教学风格一跃成为我心中 TOP3 老师之列 (绝无阿谀之意)。具体说来, 有以下几点:

1. 老师虽然用英文授课, 但授课内容并不难, 重要的话会重复说几遍, 所以没有语言上的障碍。我个人是比较适合自学的学生, 所以对于老师这种“课上讲解思想理念, 课后自学细节技术” (总结的很好, 我以后借用一下这个说法) 的授课方式感觉非常舒服, 与自身节奏很合拍。我认为大学课堂上很重要的一点就是思想理念的传授, 因为学完一门课程后, 能真正留在心中的不是多么复杂的公式定理, 而是一种思想的潜移默化。在这方面, 说实话, 很多老师的课堂教学是失败的。整黑板的公式推导是无法给学生留下深刻印象的, 相反, 公式背后的道理和思想才能真正说服人。所以, 在这点上, 量子力学这门课程非常符合我的“听课品味”。
2. 老师有一些很好的习惯, 其中包括课后给出课堂讲义、录课堂视频 (很高兴它们能发挥作用) 等。这些习惯使得我们即使课上没听懂, 课后也能达到很好的温习效果, 不至于一节没听懂就落下之后的课程。课后

读讲义成功地达到了知识强化的效果, 同样的知识以声音和文字的方式二次输入, 使得我们认识的更深刻、理解的更透彻。而且讲义中有一些自学的内容, 虽然看的时候很虐心, 但是自学后理解的效果真的很好 (是的, 自己学会和自己思考得到的比老师教会的, 理解起来要深刻的多)。

3. 老师擅长引导同学的思路, 而不是直白的把知识扔给你, 而是需要你自己去寻找、去摸索。这种讲课方式虽然在前几周的时候让我云里雾里, 感觉思路不清晰、内容不明确。但是在几周的模糊过后, 当整幅图像渐次清晰起来之时, 这种俯视全景的美丽和快感是在其他的课程中无法体会到的。这种感觉就像拼拼图, 在刚刚开始拼的时候, 只能看到一小块一小块的图案, 并不知道和其他部分有什么联系, 也无法看到整个图景的美丽, 这种时候是令人沮丧抓狂的。但是一旦坚持下去, 当你把大多数或者全部小块拼好时, 那种感觉真的无比美妙。

在前几周的学习过程中, 感觉自己学到了很多离散的小块, 比如双缝实验、量子比特实验、狄拉克符号和希尔伯特空间向量等等, 无法建立这些小块之间的联系, 三个报告中习得的知识对我来说也是只言片语。直到有一天, 我知道了所有的实验都满足同样的规则——只要最终状态是不可分辨的, 就要将概率相加, 这时会得到经典物体的概率叠加结果; 只要最终状态是可以分辨的, 就要将振幅相加, 这时便会得到量子世界的实验结果。由此我将费恩曼讲义第三章涉及的所有知识 (包括晶体衍射、全同粒子) 结合第一章的实验全部融会贯通 (详见第三章概念地图)。当学习过有关测量的量子力学公理后, 我又知道, 这些实验现象全部可以通过理论进行推导和解释。当这道实验结果和理论证明之间的最终桥梁建立起来之后, 整个量子力学的图景都变得清晰起来, Susskind 教授的讲座中所涉及的量子比特实验也与其他知识完美融合、保持高度一致。我至今难忘当我通过自己的思考意识到所有零散知识之间的关联、建立统一且一致的知识体系之时的那种心情, 那种看到拼图全景的快感简直要使人高兴地跳起来 (所以说学习是快乐的。你想有这么多出色的前人给你探索帮你铺路, 还不是一件快乐的事情就奇怪了)。

其他很多老师的讲课方式并非引导教学, 或者在课程的开始就把拼图的全景全部给你, 让课程对你无任何神秘感而言, 也就少了去探索发现的兴趣; 或者根本无法让你建立起模块之间的联系, 课程学习到了最后

阶段都还只是零散的知识块,根本无法建立起对这门课程的整体感知。所以从这个角度来说,量子力学绝对是让我印象最深刻、感觉最“痛快”的一门课,虽然过程有些虐心,但结局是美好的,就会觉得过程中的被虐都是值得的。

4. 老师将概念地图的学习方法引入到量子力学的教学中来,这一点是前所未有的。(原谅我偷懒,将概念地图的学习感受融入这一部分。)

概念地图带给我们最直接的好处是,通过建立概念地图,可以方便迅速地查阅以往对知识的理解,因为图形带给人们的视觉印象往往比文字要更直观、更一目了然,这样也可以大大提高学习的效率。其次,通过这种方式可以实现对所学知识的有效整合,通过层次结构的划分加深对所学内容的理解。在概念地图的制作过程中,可以准确地知道自己对这个问题的认知程度,还有哪一部分是需要继续深入挖掘的。并且随着理解的加深可以对已经做过的概念地图不断修正和完善。所以说,每次制作概念地图的过程,都是对所学知识在头脑中重新梳理、整合的过程,都要对知识之间的内部关联与整体构造进行再思考,这对于知识的学习和理解是极其有益的。比如,通过对三个报告的概念地图的不断梳理和修改,三个报告的内容在头脑中逐渐清晰、完整,每次都可以看到自己理解和认识的进一步深入。

从概念地图中,可以习得一种系统化、网络化的思想。有了概念地图后,知识不再是零散的、分离的,而是一张相互关联的网络,代表了一个系统的知识体系。例如,费恩曼物理学讲义第三章的概念地图(这是我本学期做过的最令自己满意的地图),清晰地展现了貌似分立的知识模块之间的关联,这对于知识体系整体的把握和理解是非常有必要的,也会在头脑中留下更为深刻的印象。在学习完全部课程后去看自己完成的概念地图,可以将课程的全景尽收眼底。这种对知识体系的高度概括抽象是对思维能力和逻辑极大的训练,并且这种思维理念的应用是广泛的,可以应用到其他所有学科的学习中去。习惯了这种思维方式之后,处理新的问题会更加有条理,能够更加迅速地捕捉到问题的整体结构和内部关联,可以有效地帮助我们提高学习质量和效率。

然而,在这些好处之外,我也感受到了概念地图的一些局限和不足(有可能是我自己的理解不够深入、技术不够纯熟),比如说,概念地图有些拘泥于形式,有些知识定理的表述并非能够很好的与这种“概念-链

接”的模式相匹配,有时必须将一个句子拆分成若干主语、谓语,还要绞尽脑汁怎样才能用这种形式将整句话表述清楚。在这种情况下,概念地图的可读性较整段文字相比要略逊一筹(这一问题是可以改进软件的操作灵活程度来得以改善的)。另外,并非所有的知识都适合用网络图的形式来表达,有些情况中其他形式的表述可能更为直白、易于把握。比如,在对两个东西的性质做比较时,可能直接列出对比的表格要比概念地图的形式看起来更为直观。

所以我认为,在教学过程中,不必刻意的强调某种知识的展示形式,需要强调更多的是理解型学习和系统性学习的思想(是的,但是矫枉通常要过正,而且有一个可操作的东西比单纯的思想管用多了)。重要的是自己在学习知识的过程中,不能靠死记硬背,而是需要主动积极地通过总结和思考寻找知识之间的关联,对知识做到理解把握,进而对知识体系的整体图像有深入的认知,这对于任何知识的学习都是至关重要的,也是更有效率和效果的方式(很好的总结)。概念地图可以有效促进这种理解型的学习和系统性学习思维的养成,但并非唯一途径。只要头脑中有了这种学习习惯,任何的展现形式都是可行的、有效的。

5. 另外,从知识角度来说,量子力学中学到的知识不仅仅是知识,而且是一种新的人生观、新的看待事情的角度。正如老师所说,量子力学可以为人生打开全新的一面窗,没有学过量子力学的人生是不完整的。学习完这门课程后,我认为“薛定谔的猫”所揭示的量子测量的理念是量子力学的核心。唯一遗憾的是,我觉得自己还没有完全领会量子力学深层次的哲学内涵,还不是特别理解量子世界和现实世界的关联。但是以我这种似懂非懂的水平,在与其他人的日常交流中只要稍稍涉入量子力学的哲学思想,就会立显高大上。还记得奶茶 MM 与京东老总刘强东的事件沸腾之时,章泽天写过一篇文章,其中有这样一句话:为什么文章是写给别人看的,又不想被别人看到,因为有了观测者之后,无限可能的空间就会瞬间崩塌。(当时觉得奶茶 MM 好有文化,而且自己可以读懂,说明自己也好有文化.....) 还有其他的笑话段子,和量子力学扯上关系之后,就会觉得这笑话的品味立升一个档次。总之,量子力学是一门极其高大上的学科,不管是否完全理解把握,总是有人热衷于将量子力学融入对现实世界的思考和理解中,成为和其他人交谈时的谈资,成为奠定自己高大上人格的一块砖瓦(这其中包括我一个)。不管怎样,我非常期待日后有机会能理解量子力学更深层的哲学内

涵, 不作浮夸用, 作完善人生、完善思想之用。

写到这里, 基本也就是我学完这门课程的全部感想。很高兴能在大学期间遇到这样一位好老师, 教授了这样一门好课程。同时也很高兴, 老师并非刻板教条的教书先生, 使得我可以在期末论文中写出这样随意、但饱含心声的话语。写完这份报告, 大学期间的课程学习也基本告一段落, 最重量级的课程恰好成为压轴之作, 像是画上了一个沉甸甸的收笔。这门课程注定在我的人生中留下深刻的印记, 也希望在日后的学习、工作、生活中, 都还能保留着量子力学带给我的知识和思想, 并能将这些知识和思想得到更多的利用。

10.3 还是更喜欢树状图

作者: 付悦

这个学期在量子力学的课堂上简单的接触了概念地图这个概念, 我对它的理解是一个通过呈现概念与概念之间关系来帮助我们加深理解的网络图。

虽然现在才听说概念地图这个名词, 但应该很早以前就接触过与之类似的概念, 那就是老师在讲完一章进行的知识梳理图。记得初中的数学老师每讲完一章就会领着我们画一张本章的知识网络图, 将本章的内容用这张网织在一起。他还告诉我们这一个个知识就是一粒粒珍珠, 我们学完要学会用线把这一颗颗珍珠串起来才能成为好看的项链。而且还告诉我们学习一门课程首先就是把书读薄, 把整本书的内容用几张网络图涵盖进去。然后就是把书读厚, 看着网络图要能够把那些具体的知识想起来。现在看来, 这个应该还不能称之为概念地图, 知识梳理应该是一个思维导图, 因为它一般只是一个树状结构, 从一个中央概念不断往下发散, 而概念地图与之相比的改进的地方就是具有远程连接 (是的, 树状思维导图和概念地图的区别就是远程连接, 还有关系连词)。

加深知识理解的途径可以使运用概念地图把书读薄, 用自己的话表达出来, 讲给别人听。说来惭愧, 一直以来都是不擅长于将自己学过的东西漂亮的表达出来, 看了小说也很难有条理的复述给同学听, 很多题目自己会做但是就是给同学讲解不出来, 以前一直以为是自己的语文没有学好, 条理不清楚, 现在想想也有可能是自己根本就没有真正的理解它们。

老师说过要画好概念地图, 必须要经过多次画概念地图的练习, 其实到目前为止还是只画过几张老师布置的量子力学作业, 也经常是应付了事, 没有真正花功夫去梳理概念之间的联系。但其实我也觉得概念地图并不是很

好用,比如同样是画力学的部分,我就发现别人的图都是密密麻麻的,而我的图显得就是联系很少,我就觉得其中很多联系没必要画出来啊,画的密密麻麻的,概念之间的线交叉的太多,会显得图很复杂很乱,别人反而不知道从何开始看开始理解。而且这样不知道重点在哪里(读者理解深刻,制图者好的布局,可以使得概念地图容易被理解。不过,这个图本来就是给自己做的多于给别人看的,只要你觉得重要的不应该不理解的联系都在上面就是合理的。)。所以我还是喜欢简单的树状图。

10.4 概念地图与传统框架图的对比

作者:刘康琳

概念地图强调将知识以图的形式表达出来,并旨在通过绘制概念地图的形式达到使所有知识融会贯通的目的。它与中小学教辅书上常见的知识框图相比,最大的区别是打破了各个章节之间的局限,能够通过灵活的连线表征看似遥远的概念之间的长程连接,从而使整个知识体系结合起来,更加完整。同时,概念地图中强调的是各个概念之间的联系,能够通过一些通俗、易懂的语言清晰的使学生明确概念的精髓和关键点,而不用到处查找资料,但是,从传统概念框图中,仅仅能够知道有这个概念存在,却并不知这个概念的实际意思和相关点。知识梳理应该是一个思维导图或者说是教材的精简和浓缩,但是它一般只是一个树状结构,从一个中央概念不断往下发散,并不涉及概念之间的相互理解,而概念地图与之相比的改进的地方就是具有远程连接(很好的总结和对比)。

10.4.1 初中物理概念图和框架图

例如,在网上搜索中学物理框图,可以看到,大部分框图都是将课本的内容进行了浓缩和概括,而并不涉及一些其他的改进和概念之间的长程关系。各个章节很独立,几乎没有相互关系,有的地方明明出现了同样的概念,却没有任何迹象将二者联系起来。在章节内部,讲述同一话题的各个部分之间甚至都没有相互的关联,仅仅是并列的关系,而层次和层次之间的递进、以及章节与章节之间的关系更加没有体现出一致性和连接性。例如,一个初中物理的知识框图可以从网上找到¹。这样的框架图基本上都具有各个

¹原始的出处不确定,转自<http://photo.blog.sina.com.cn/photo/7c0b79bftcaafc46e07a5>

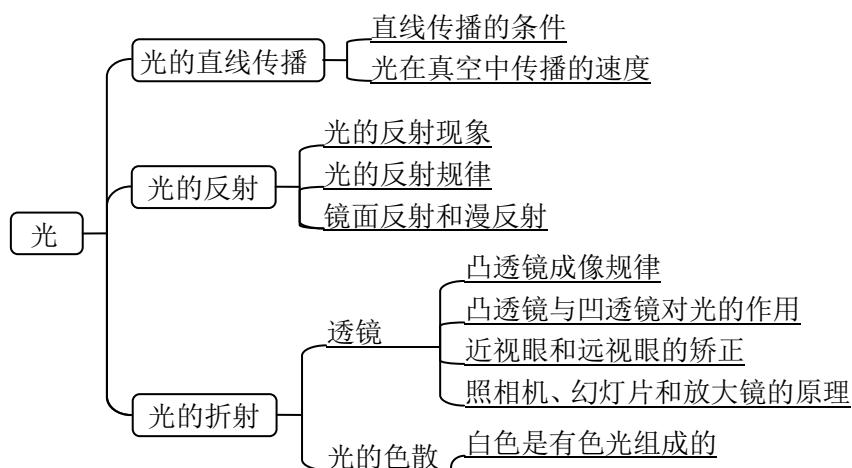


图 10.1: 来自于网上的初中物理知识框架图的光学部分。

章节之间层次分明，结构严谨的特征。但是看似分明的结构却对知识的掌握和消化并没有实质的促进作用，这个框图的意义仅仅告诉大家“学了什么”，而不是让大家明白应该“学会什么、掌握什么”。我们能看出各个章节的小标题，但是不能知道这些小标题之间的联系和意义在哪里。因此，以初中物理为例，我用概念地图的方式尝试重新绘制概念地图，以期找到学习中的更优策略。为了节省空间这里仅对比光学部分。

可以看到，在将各个章节分别由概念地图的形式表示出来时，能够很好的表达各个概念之间的联系，同时保持概念之间的一致性和层次结构，能够很好的展现概念之间的层次结构，一些必要的长程连接十分精炼的表明了各个概念之间的联系，使得学习更加有整体感和层次感。（这张框架图和相应的概念地图，实际上差别很小，多了连词，多了三条长程连接——“对比、对比、决定”。可千万不要小看这三个长程连接。这三个连接正好体现了概念地图的价值。初中光学部分最重要的概念就是反射和折射，而这个反射角和入射角的关系的不同就是两者最核心的不同，其原因就是介质界面的问题。所以这三个地方正好就是理解这几个核心概念的最重要的地方。尽管，我不得不说，制作这张概念地图的制作者技巧还不是非常成熟，但是精神已经完全把握住了。）

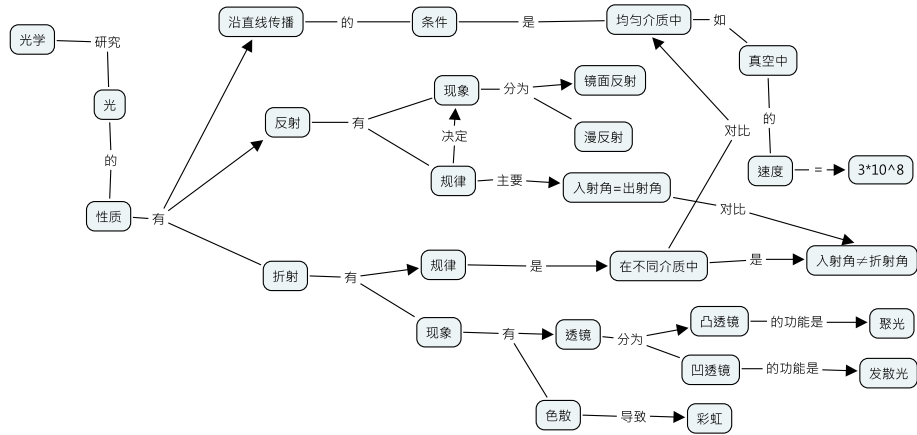


图 10.2: 相同的初中物理光学部分知识内容的概念地图。

10.4.2 关于理解式学习和应试教育

这本书让我理解了概念地图的精髓，也就是老师一直强调的理解性学习。虽然在中学时代的我几乎没有机会体会到理解性学习的奥秘，但希望，至少从现在开始，我能真正做到知识的融会贯通。从头开始浏览，当看到第九页“献给——我的孩子”的时候，一种感动油然而生，这么温情的文字和如此真挚的父爱，从一开始就给我一种很温暖的感觉。老师说过，这本书对与科研生涯没有什么贡献，但是它能够带来的是一种影响力，一种传播知识的思想，一种试图改变世界、改变中国孩子机械记忆、机械应试的有力呼唤。至此，我能感受到一种抗争的力量，一种创新的思想，一种渴望真正帮助孩子快乐成长的父亲的内心独白。

作为应试教育的牺牲品，很惭愧的说，我的中学时代就是由机械记忆和重复训练组成的。我的高中是以高考升学率全国闻名的河北衡水中学，每年从衡中走出的学生大部分进入了理想的大学，我们学校有 100 多个清华北大（占据整个河北省的 90% 以上），95% 的重点大学上线率，而我，只是其中一个再平凡不过的孩子，高考成绩在全班 62 个同学中排名 46，全年级排名 600。高中的三年，我从初中的佼佼者，变的平凡、甚至平庸，成绩跌宕起伏，最终以一个并不美丽的成绩收官……在衡中，没有人不学习，即使你再努力，也会有人比你更努力。在高中，我考过年级前十名，也考过年级 1000 名，无数次的考试，无数次的心情起落，不只是我，爸爸妈妈的心也一直随我一起波动。妈妈在我上中学开始记日记，密密麻麻的写了 10 几本，

最近回家，偶尔翻到，有很多的内容都是关于我的成绩，成绩不好时，妈妈的心情甚至比我还要难过……在衡中，成绩是关乎未来的重中之重，是绝对第一位的（即使现在看来，仍是这样）。

我并不痛恨衡中，更不会像外界说的那样，把这种教育模式当做泯灭天性。应试教育不是学校的错，而是制度问题，我们仅仅是这个时代、这种选拔方式的试验品。甚至，好多衡中毕业的同学能够非常怀念当初的生活，那种只有一个目标，每天活得十分充实、单纯的、激昂的生活。很多同学写过对于衡中的纪念日志，虽然我也怀念当时的同学和老师，但是对于那样的日子，我还是不太想再去经历一次。高考完之后曾有复读的冲动（幸好北师大录取了我），但现在想想，还是默默的说一句“那是我们终将逝去的青春，Never Again”。

很幸运能进入北师大，进入 11 级管理科学班，遇到这样能够对我们像自己孩子一样好的老师。诚然，大学的教学模式跟高中有很大的不同，自由时间多了、课时少了，但三年下来，我的感觉仍然是，大部分同学主动或者被迫选择成为了“学霸”，这事实上与高中的生活别无二致。认识一个读人力资源的姑娘，她说毕业不会考研，要直接工作，因为人力资源这种面向市场的专业，在校园里学习的知识永远都只能是纸上谈兵，成长空间有限，环境极为单纯，即使你的成绩再好也并不意味着你能在职场中有所建树。中国的大学教育就是这样，不管你的生活能力、处事能力如何，只要成绩好，就会得到学校的认可。

我还没有足够高的水平能够规划整个教育体系的转型，但我期待能够有人真正开始倡导这样一种基于理解式学习的教学方法，让孩子们能够远离应试教育的困扰。或许，这种改变可以从考核方式上着手，所谓“没有买卖，就没有杀害”，当终极导向改变时，教学过程自然会随着考核方式的改变而改变。

10.4.3 关于系统科学

我想，概念地图的学习方法对于我们这个交叉学科来说实在是很有用。很多人会疑惑，为什么管理学院的同学会学物理、学编程、学很难的数学，其实如果用一个概念地图表示的话应该是不难理解的。学科之间虽然名义上差别很大，但其精髓都是一种科学的思考方式，各中各样的不同的背景，仅仅是同一知识框架下的不同表现形式。又如，对于系里老师所感兴趣的研究领域，也是五花八门，但除去这些背景，我们还是可以很清晰的认识到，

处理问题的方法是相辅相成的。看似经济学和神经科学有着很大的区别，但是抽象来看，它们实质上都是复杂社会系统，其微观性质可以完全等同，经济学中的每一个的独立经济体和神经科学中的每一个神经元都可以看做一个基本的物理单位，复杂的社会现象无非就是这些基本物理单位之间的相互作用。系统科学系的老师能够从很宏观的层面上看透每一个系统的本质，我想其中一个最重要的因素就是老师们的物理学背景，这是认识世界本质的一个基础科学，一切宏观的复杂的行为都能用简单一致的规律来解释，这也就是我们所追求的最终宏伟目标。“Complex World , Simple Rules”，这样一句简单的描述，却是将整个知识体系融会贯通、归一大同的终极指导。

10.4.4 关于我的学习

于我，能够在管理科学系读书真的是一件很幸福的事。师兄说，自然科学的本科本来就是应该扩展知识面、为自己打基础的时候，涉猎的范围广才能见识广，才能帮助自己在研究生阶段认清自己、帮助自己选择一个真正感兴趣的领域。另外，学的东西多，会让我们在遇到一个问题的时候不只是局限于课本上的东西，而是能够从一个较为新颖的角度切入，并迅速学习其中的一些精要之处，并用来解决实际问题，这一点在我的三次数学建模竞赛中得到了很深刻的验证。我们的思路跟传统的数学系、物理系、计算机系的同学都很不一样，也是因为这样新颖的思路才能帮助我们在竞赛中脱颖而出。所有的知识都是相互联系的，重要的是如何把它们组织起来，内化成自己的东西。我想，如果能把我们大学课程计划里面的课程按照概念地图的方式画出来，对于我们这个专业的理解可能会更加深入，对自己的定位也能够有一个更加清晰的认识。

希望自己以后的学习中能够做到更加全面的理解概念，掌握顶层技巧而不是详细的解题过程。能够学会变通，掌握问题的实质。

10.4.5 一些疑问或建议

1. 有些概念地图实在是复杂，可能与它的内容有关，但是我感觉这样看起来不是很清楚，不知道是否可以像软件工程里面学的数据流图一样，把概念地图分解，分成一级地图、二级地图，每一个是上一个的深入。至于原来概念地图中的长程连接，可以在底层地图中标记。还有，所学的知识实在是很多，到底哪些可以归入概念地图、哪些要做必要的删减，才能使得我们的地图具有 simple yet elegant 的效果

呢? (可以的, 这个方式叫做概念地图的嵌套。不过嵌套之中保留长程连接就不容易了。选择最反映你对这个问题的认识的概念和连接保留下来。)

2. 建议把书的每一张都以该章的概念地图为结尾, 让读者在掌握概念地图核心观点之后能够自由复述并及时复习所读到的内容。(基本上都有, 很少几张留给读者做练习用。)
3. 量子力学的例子是大部分读者没有接触的, 因而可以用来检验概念地图所传授的新知识能让首次接触量子知识的读者理解多少。但是自认为不适宜全部以量子的来描述。如果本书的受众群体是小学或中学老师的话, 可以考虑简单物理、数学知识之间的联系。(是的, 所以你们提供的例子很有意义。)

10.5 概念地图学习反馈

作者: 李心同

学习概念地图的过程, 对于很多中国学生而言, 可能都是一次充满与个性化思想交锋之喜悦和大胆自我剖析之快感的旅程。回顾吴金闪老师在教授概念地图过程中所传达的思想, 大抵可以以两点庇之: TO MAKE SENSE 和 TO MAKE A DIFFERENCE。TO MAKE SENSE 时, 强调的是理解型学习, 这是整个教学法的初衷和根本。我认为在尝试推广概念地图时, 更多的也正是通过个人经历和学习体验介绍一个帮助教师和学者迈出 TO MAKE A DIFFERENCE 的第一步的工具或者操作性指导。因此对读者而言, 如果仅仅将绘制概念地图作为落脚点, 无非是从表面化形式化的学习方式的一处跳到了另一处。积极思考意义的获得, 追求事事处处都“搞出点感觉”, 并愿意投入成本消耗心力“搞出一个不一样”, 才是这个方法包孕的内涵 (总结的很好, 不过还是要学会制作概念地图的, 因为这是实现理解型学习的一种有效的手段。水平高了, 自然可以达到“无招胜有招”的境界。)

10.5.1 学习《概念地图学习和教学方法》

我有关概念地图的知识和理解主要来源于量子力学课堂, 《概念地图学习和教学方法》一书的初稿作为一个系统的总结梳理, 使我受益匪浅。一方面, 从说服教师和学生放弃操作难度更小的机械式学习 TO MAKE SENSE,

甚至要努力保护小孩子追寻意义的本能这一目的来看,本书无疑是雄辩而成功的。另一方面,从提供概念地图作为一种实现理解型学习的工具,进而在中小学阶段得以广泛铺开这一目的来看,本书第七章还需要更加浅近的、基础教育所给出的案例,从而引起期望受众的共鸣。真正在教学实践中可能并可以 MAKE A DIFFERENCE 的主体,无论是多为文科背景的教育学或教学学研究者,还是中小学教师或大学新生,在从力学和量子力学的案例中很难感受到概念地图的方法相比于其以往经验的优越性所在。因此以下结合曾在高中阶段学习到的内容,为时所理解的概念地图学习方法补充几个简单的例子。

知识框架：让知识变得愚蠢？

下面首先给出一个或许更适合作为案例来设计或者说更适合作为靶子来攻击的图示——初中物理中学习相互作用这一章节时所使用的图示。这样的一张图对于很多过来人都是再熟悉不过的了,在中小学教辅中每个概览或小结处必然会出现几个这样的树形结构,名为“xx 梳理”、“知识结构”、“知识框架”等等。“功力深厚”的老师甚至可以将自己的板书组织成这样的形式。然而,这种图显然不是一种概念地图,甚至于就是一个赤裸裸的集邮式学习或者机械学习的例子。如果说概念地图可以教会学生学习方法和知识的组织形式,传达出老师自己对这门学科的理解和热爱,这样的图示则往往是一个将教材目录树形化的过程。或许这样的方法可以辅助记忆,但是毫无疑问无益于理解。

图 10.3 中给出的对力学基础内容相互作用进行总结归纳的方法,现在回过头来看让人难以接受。基于课文标题组织起来的知识结构不仅没有正确的层次关系,模块化的过程也很是牵强,没有概念间必要的长程关联。寻找和思考概念之间的长程的跨层次的连接,对初学者而言往往是极为困难的,要求极强的领悟力和在各个层次之间不停地思考同一问题的辛苦。这个跨层次跨越的可以是小层次,也可以是大层次,每一个层次之间都有可能存在这样的连接。看见和形成这样的连接越多,那么对这些知识的认识才能越深刻。用教材的纲目框住学生建立头脑中认知网络建立的过程,甚至对公理、基本假设、理想模型和技术细节不加区分地顺次罗列,这对学生将所学内化为学科素养是毫无裨益的。不客气地说,这样平庸的知识结构一经搭建,就已经让知识成了愚蠢的面貌。(确实,没有结构的罗列只能使的学习的效果更差,除了提供一个清单的功能。)

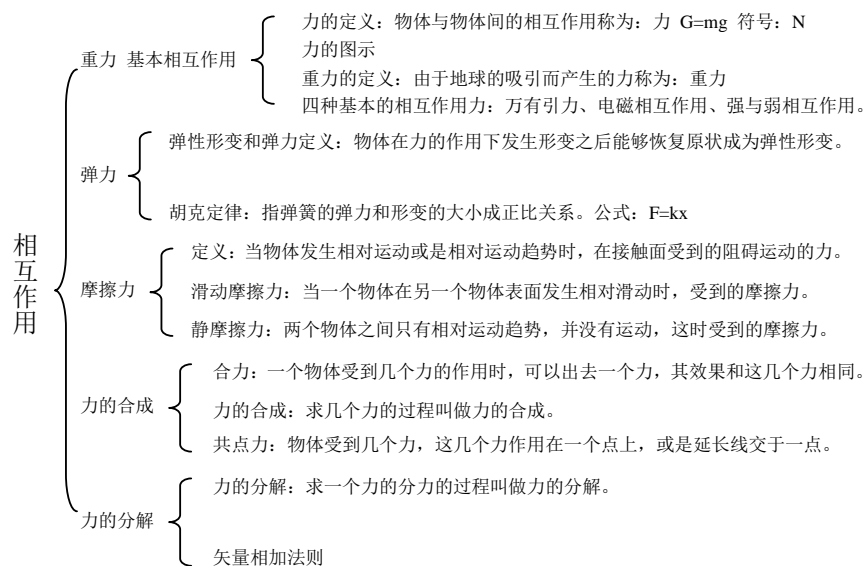


图 10.3: 来自于网上的高中物理知识关于相互作用的框架图²。

从知识框架到概念地图的尝试

当然, 对图 10.3 的批判难免显得求全责备。“是什么”越多而“为什么”越少, 或者换言之道理越简单且推理越显然时, 有效地使用概念地图, 并且能够画出足够精彩的关联就愈加困难。如果仅仅从相互作用的方式给一个分类, 结合合成分解的操作定义的话, 经我尝试可在不扩充信息量的情况下得到如下图 10.4 的小图。由此可见: 一方面, 概念地图中非线性、跨层次及长程关联的实现, 都是依赖于信息量本身的充实为基础的; 另一方面, 类似形式 (相近概念数) 的概念地图和“知识结构”图相比, 能够包含更多的有效信息 (更多的关系连接)。

10.5.2 学习心得

在本书的引论中, 作者首先指出并承认了高效的学习和教学方法往往没有一定之规。然而教学活动作为一门艺术, 并假定以培养探索世界的人为目的, 则离不开可行可靠的方法指导。这样一种方法的指导, 从复杂性研究涌现性的视角出发, 可以通过一些维象的研究初步给出。以出行计划为类比: 我们要学什么或者要先学什么, 教师教什么或者先教什么, 需要取决于一个

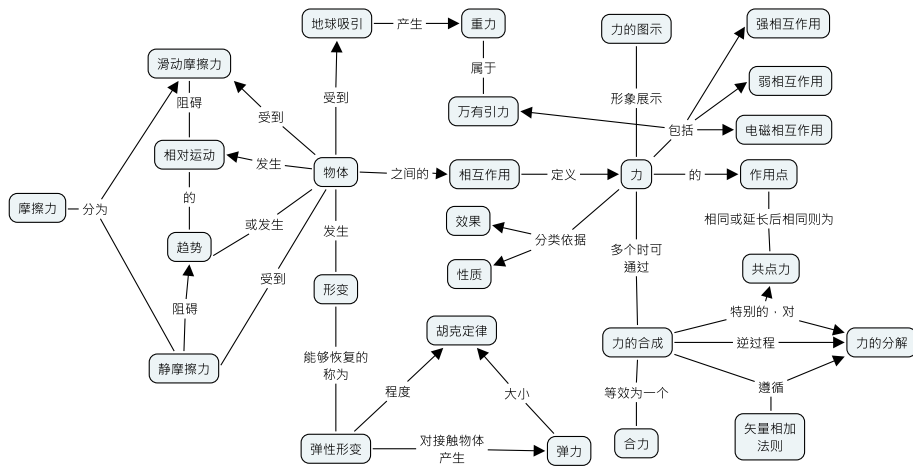


图 10.4: 做为高中物理教学中的知识框架实例改进的相同知识内容的概念地图（其实这张图的结构还可以进一步调整和优化。例如，各种相互作用其实是按照力的性质来分类的。进一步，既然只有这四种力，那么弹力和摩擦力其实是否是其中的一种或者几种呢？当然，就算目前这个阶段，也远远比框架图强很多了。例如重力是来自于地球的万有引力，力的合成和分解遵循平行四边形法则，指出相互作用其实是存在物体和物体之间的。这些都表明了对物理学的理解。）。

内容在整个知识框架中的地位以及与其它内容所形成的关联。正像实际的地图在制定出行计划的时候具有统领全局的重要性,对于理解概念、运用知识和创造知识来说,概念地图就是我们认知结构中的地图。具体地说,基于教的一方所把握的学科的核心知识概念地图和学的一方在相关知识上的已有的概念地图,并确保在教学过程中不断更新,就可以将难于操作的理解型学习过程具体化到两张图上。

在刚刚接触概念地图并且动手整理量子力学课程中的知识时,尽管使用了 Cmaptools 这样一个十分专业且实用的工具,仍然会觉得制作概念地图是一个繁复无聊的工作。对着课本、讲义和笔记,我甚至在想也许当前语义学和人工智能的技术能够完成输入文段篇章,输出概念地图的过程。只要对于同一概念的表述清晰并且前后一致,关联定义足够简捷,则可基本脱离人的参与。然而通过对概念地图发端的了解,我开始认识到正是概念地图中的这种无法为机器所替代的人的个性,使得每张图背后的作者的认知结构得以有效反映。因此,通过这个制作概念地图的过程,教师可以发现学生在学习和理解中的问题,制定有针对性的个性化的学习方案;学生本人也能够通过反观自己的概念地图对自己的学习成果进行阶段性的评价和诊断。

因此使用概念地图,在我看来,与其说是一种展示形式毋宁说是一种与自己对话或者整理思绪、记录顿悟的方法。一张高度个性化的概念地图,对制作人本人的意义往往要大于读图的人。换言之,可借鉴别人的概念地图以完善自己一个节点一条连边亲手画出来的概念地图,却不可期望翻看别人的概念地图记在心间便可速成。这与学习的目的是分不开的——学习的根本目的是为了创造和运用知识,而达成这个目的的关键是理解知识,而不是收集或者展示知识。以概念地图为基础的理解型学习最重要的就是两张概念地图:学科的核心知识的地图,以及学生在学习的过程中任何一个阶段的对相关知识的认知结构地图。尽管从长远来看,理解型学习在快速获取知识、节省学习时间和提高学习成绩等方面都有明显的优势,然而无论是对学生还是教师而言,实现理解型学习并非易事。作者倡导教师在这一变革过程中发挥更加重要的作用,在以教会学生学习为目的的前提下,传授其对于知识的理解和知识的组织结构,让学生感受老师对该门学科的情感。这一切的前提是教授者本身要有对课程的知识结构的深刻认识,在此基础上有可能帮助学生实现理解型学习(所以,推广概念地图教学方法甚至比概念地图学习方法还要困难。所以,你们需要去应用,去影响更多的人。),任何脱离实际领域空谈教学与学习方法的理论对提高效率都是没有意义的。

事实上,将所学所思组织起来是概念地图的方法试图启发的核心技能。是否有纸笔、Cmaptools 甚至概念地图这样一个说法,其带来的区别仅仅如同演算中是否有草稿纸的区别。对于亟待从机械式学习转为理解型学习的教师和学生而言,如果没有可观可感的概念地图而仅仅依赖于僵涩抽象认知结构,无异于妄图通过心算正确加减乘除解方程的初学者,是很难获得理解型学习带来的成就感的。

10.5.3 总结

对于大学三年级的学生,按照 Novak 的说法,思维方式转变的效果会差很多。但是既然“教学的目的是为了不教”,按照本书的观点,很多有益的尝试还是值得我及许多我的同龄人们努力做到的。如果梳理成一条线索,大致可以如下概括:(这个表格综合了这本书的内容,这个作者上课的体会,还有这个作者自身的学习经验。有参考价值。)

1. 明确要学什么

- 以创造性地运用知识和创造知识为目的
- 绘制个人已有知识框架体系
- 确定为完善自己的知识网络或者解决当前遇到的问题应该
 - 利用哪些已有知识领域
 - 建立哪些新的连接

2. 学会读好一本书

- 在学习的整个过程中实时更新概念地图
 - 建立书中知识的小图
 - 尝试将书中知识归入个人知识构架的大图
 - 建立概念之间的连接(着重关注长程连接)
- 多想,不加限制地想
 - 对经典的书试图明白每句话包含的意义
 - 对粗浅的书迅速把握作者想展示的图景
 - 带着质疑的态度而不轻信盲从:内容是否恰当逻辑是否严密
- 多聊,在可能时输出

- 用自己的话表述书上的内容或其他人的意思
- 多种语言多种语境反复尝试 • 表达自己的质疑并倾听他人的相关评价
- 帮助解答别人遇到的问题
 - * 调动已有知识充分运用
 - * 发现自己知识框架中的疏漏

3. 广泛接触相关项目

- 判断学习内容中是否技能型成分比较多
- 找到一些实在并感兴趣的问题
- 搜集问题需要的技能，分项学习、不断整合
- 在实践中不断补充学习内容提升技能
- 获得成就感分享项目成果 (方法产品或应用工具)

4. 将书、文献与项目整合

- 将对书、文献、项目学习过程中使用的概念地图分类归档
 - 将同一领域的书、文献、项目在大图中定位
 - 识别各自的核心内容在领域内的分化
 - 识别公共概念作为链接各模块的结点
- 用几次比较长的时间将大图中的新增关联建立起来
 - 尽可能联想打通各个子块
 - 寻找重要的长程连接
 - 删除平庸的次要的连接

5. 不同领域的分支与融合

10.6 《概念地图学习与教学方法》学习总结

作者：肖米男

10.6.1 本书内容概要

在说明学习和教学需要方法、而且也存在有助于提高学习效率和教学效果的方法的前提下，作者希望能够高屋建瓴地从思维方式的层面探索这种教与学的方法。

作者认为教与学的根本客体是创造性地运用知识和创造知识的能力，而这种能力基于对知识的理解，因此理解知识成为教与学的直接目的和关键。同时，作者认为学习或教学是从现有知识结构出发纳入新知识、构建新知识结构的过程。这种看不见的知识结构被表述为概念地图，即由概念和概念之间的联系构成的网络图形结构。这种概念地图直观而形象，符合人的认知规律，非常有利于理解知识并激发寻求意义的兴趣，因此作者主张无论是学生学习还是教师教学，都应该基于这种概念地图进行。

接着作者详细介绍了概念地图（包括制作方法、制作工具）和理解型学习，以及将二者结合起来的一些研究和自己的亲身经历，并以自己的力学课程、量子力学课程的教学实践为例，展示了正在尝试建立的基于概念地图和理解型学习的课程教学体系。同时，作者也提出了基于概念地图和理解型学习的一些学习原则，希望能够有助于提高和改善学生学习的效率效果。

10.6.2 本书特色

本书介绍的概念地图、理解型学习及基于其上的学习和教学方法，在当前中国学校教育的背景下，就大体而言（不排除个别采用类似方法甚至已经做得相当好的实例），仍然算是一个比较新奇的、具有前瞻性的体系，在中国目前教育水平不断提高、素质教育呼声越来越高的背景下，尤其是考虑到北京师范大学对中国教育的重要意义，这样的尝试和创新更是具有重要的现实意义。

或许是由于本书作者学生时代接受了较多的西方教育，因此本书在语言表达、文字处理方面更加灵活洒脱、不拘一格，口语化的字里行间不乏幽默和激情，有别于一般的说教式的中文学术著作。全书的写作结构没有繁琐冗长的排布铺陈，脉络清晰，直观简单，开门见山，而且在每章末尾均以概念地图作结呼应了本书的主题和写作目的，这也是一种很新奇的而且很好的方式。

10.6.3 评价

本书的作者并非专门搞教学研究和教育的学者，完全基于个人对概念地图和理解型学习的深刻认识和体悟，自己受用匪浅之余不禁大声疾呼，将自己的想法和亲身实践整理成书，兴之所至，字字肺腑。

本书就目前的内容来看，尽管不一定适合作为一本正规的学校教材，但却非常适合作为一本推广高效的学习与教学方法的手册，是学生、教师及家长值得一读的实用性读物。

另外，由于学科背景的限制，作为物理学家的作者以自己的力学课程和量子力学课程作为实践案例，个人觉得阅读难度还是比较高，不太适合本书推广教学方法的定位，也会对方法和原理的理解造成障碍。如果要让读者明白这种学习和教学方法的好处，可以采用稍微简单一点例子。（是的，我们需要更简单的例子。但是，更简单的例子需要我在实践检验之后才能分享给大家。而目前阶段，我个人没有更简单的课程可以用来实验。）

10.6.4 读后感

书中提到的很多观点极具启发性和感染性。下面是读本书时写下的一些想法：

1. “理解型学习是指新的概念和新的命题通过与学习者已经有的知识之间的联系与已有知识有机地结合起来的学习方式。”

2. “多想，随便想，不限制地想。”

这该多么难做到！因为更多情况是，在达到这种状态前，周围的人，不管是老师、同学还是家长，都往往会给予提醒：别钻牛角尖！而繁重的学业也往往不允许我们有多余的时间胡思乱想。

3. “从物理学研究和复杂性研究中，我们发现，不同的底层的物理结构的系统，可以展现相同的上层结构，而且往往这个上层结构具有底层系统没有的新的物理性质。”

题海战术之所以被中学教育作为应试主要战术，就是因为大量做题时便能从中归纳出解题规律。万变不离其宗，只要掌握了精髓，便可以达到举一反三的效果。人和动物的区别从认知上来说在于，人可以透过现象认识本质和规律，而不至于在大量的纷繁的底层现象中迷失方向。

4. “一个东西值不值得学，值不值得教，除了考虑学生和老师作为个体的兴趣，最主要的是看学了这个东西可以用来理解或者创造性地运用哪些其他的东西或者解决什么样的问题。”“理解知识是创造性地运用和创造知识的基础。”

很赞同这句话。学习和记忆都应该是实用主义的，否则就违背了学习和记忆是为了更好更快地解决问题的初衷。知识是拿来理解和应用的，不是拿来记忆和考试的。

5. “怎么学怎么教的问题就是两张地图的事儿：学科的核心知识的概念地图，学生在相关知识上的已经有的概念地图。”

数学上很重要的一个思想就是将不会解决的问题转化为可以解决的问题（数据家做消防员的故事），完全没有已有知识作基础的新概念建立起来就像是空中楼阁。如若说教师在教学过程中扮演了什么角色的话，最主要也最重要的莫过于引导学生在这两张地图间建立起联系。“无师自通”说的则是那种能够在两张地图间自发建立起联系的人，若学生都能做到这样，也就没教师什么事。

6. “知识就是力量，法国就是烤肉”。

不能建立在真正理解了的基础上的记忆是僵化了的记忆，完全不能对学生的知识结构产生任何触动。即使用僵化的方法死记硬背下来，也不能为己所用。

7. “只有当手法完全不用思考之后，才有可能即兴创作”。

Practice makes perfect.

8. “如果有一个绳子可以把历史事件像珍珠一样地串起来，那么对于历史事件的学习和记忆就会深刻和简单很多。”

历史书一般是按照时间顺序编写的，先后串起来时可以看到前因后果，前面的事件会对后面的事件形成解释，后面的事件会对前面的事件形成呼应。这样完整的知识结构建立起来以后，记忆便可以事半功倍。

9. “学习的根本目的是为了创造和运用知识，而达成这个目的的关键是理解知识，而不是收集知识。”

这话说的很丰满，中国的教育现状很骨感，因为即使到大学，对于我们学习情况的考查多数时候仍然是考试，仍然停留在对知识点记忆的

考查。我们的图书馆收集了大量的知识，却只有被应用后才能为人类创造价值。

10. “概念学习的基本方式就是概念形成和概念同化。前者通过接触这个概念的例子，然后逐渐形成这个概念的一个抽象来实现，后者通过理解这个概念与其他概念之间的关系来实现。”

所以我们量子力学的学习只能通过前者进行咯？（不是的，有一些概念还是应该和经典对应结合起来对比起来学习的。）

11. “利用学科的概念地图来决定每一个概念和每一个概念之间的关系的相对地位，然后选择最核心最重要最必要的部分作为教学内容。怎么教的问题，也是通过在考虑了学生的已有认知结构的概念地图之后，在保留下来的包含核心概念和核心概念之间的联系的概念地图上选择一条适合学生的路径来作为教学的思路。”

基于概念地图的教学方法的核心

12. “通过对比学生的地图与大图以及有关题和项目的小图，可以了解学生的问题所在，做到一定程度上的因材施教。”

这个问题，就我们所做的概念地图的作业来说，没有得到反馈，所以现在我也不知道自己对概念的理解到底对不对。但是从另一个角度讲，反馈的目的是什么？是为了把学生制作的概念图，都调整到接近或完全等同于包含整个课程核心概念的大图吗？每个人的知识结构是不一样的，这样做很不现实，也有悖于个性化的思考。若学生自己构建的概念图能够自圆其说，则大可听之任之。反馈是为了纠错，不是为了消灭异端。（所以我的反馈没有标准答案，只有建议，以及少数供参考的我自己做的概念地图。）

10.6.5 应用实例

本书介绍的概念地图和理解型学习跟“教育心理学”中奥苏贝尔的“同化”的概念非常相似。应该说，概念地图并非一个新的东西，但要将其应用到教学过程中，就比较具有挑战性了。

下面以个人在学习量子力学过程中使用概念图的两个例子，谈谈自己对以概念地图为基础的理解型学习的体会。第一个例子是自学费曼物理学讲义第三卷第1、3章，共四个版本：

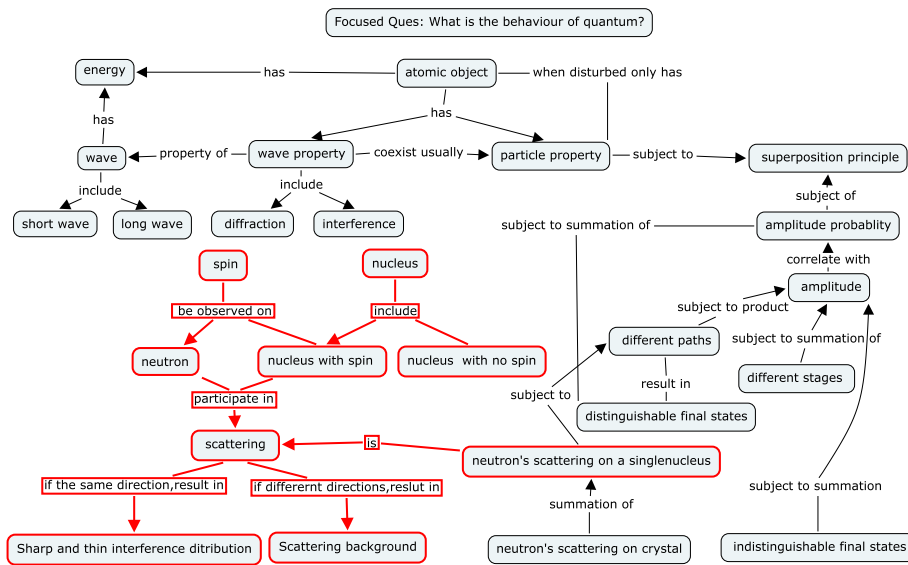


图 10.6: 费曼物理学讲义 (第三卷) 第 1、3 章概念图版本二。

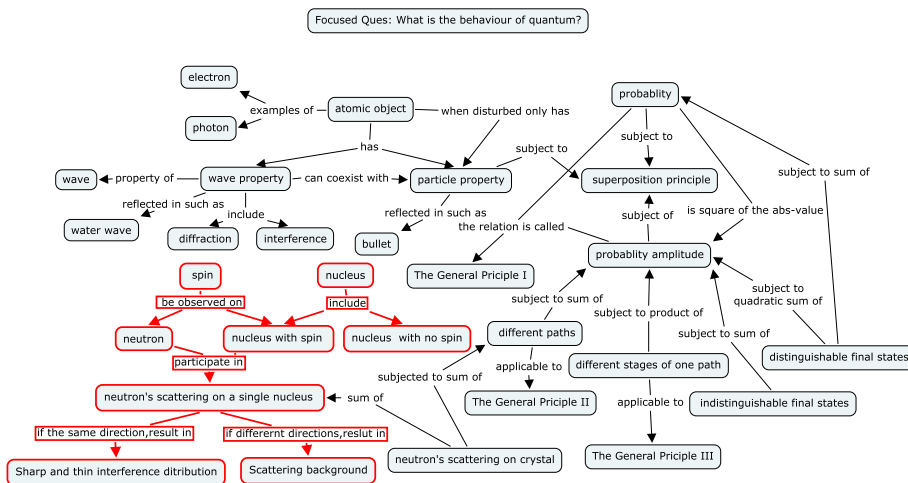


图 10.7: 费曼物理学讲义 (第三卷) 第 1、3 章概念图版本三。

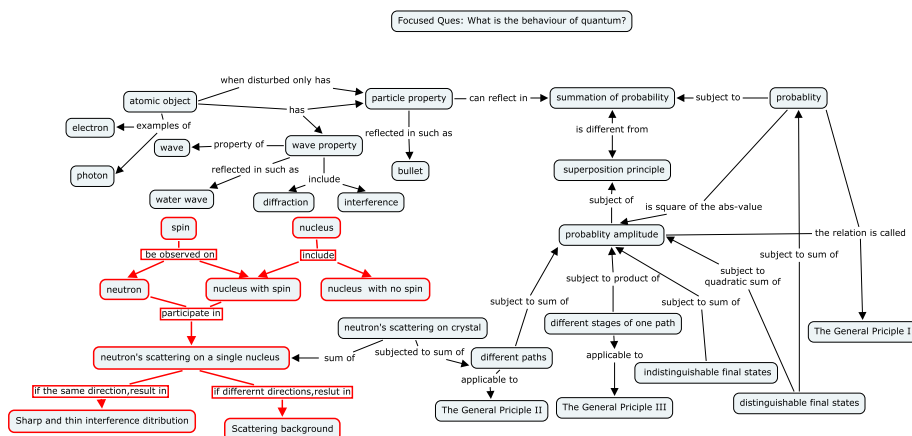


图 10.8: 费曼物理学讲义（第三卷）第 1、3 章概念图版本四。

接，这些连接都是个人通过思考后加上去的，体现的是个人理解。在“可区分终态”和“概率”之间以及“概率”和“振幅”之间分别添加了数量关系。同时将不同路径和不同阶段、可区分终态和不可区分终态的概率和振幅分别满足的运算规则与三大普遍原理做了对应，使整个结构既有详略兼备、更加紧凑有层次，也更有利于把握图中阐述的物理规律的本质。

经老师指出，终于在这张图中撇清了经典概率和振幅分别满足的所谓“叠加”原理的关系。粒子性可体现在可对概率进行求和上，而概率满足的是“求和”运算，振幅满足的概是“叠加”原理，这两者是不一样的。同时删掉了“波性”和“粒子性”之间共存的关系，因为这两者并非总是共存，只有在量子客体身上才是。

至此，对于费曼物理学讲义（第三卷）第 1、3 章的内容的概念图便建立起来了，尽管仍然可以继续不断完善，但也已经比较能够说清楚所有的事情了。在这个不断建立、修改、完善概念图的过程中，自己在脑海里也不断地建立、修改、完善着自己的知识结构，可以说，是概念图将脑海中的这个过程呈现了出来，并因此不断加深对量子力学概念及其之间的关系的理解，从而得以更好地学习量子力学。（我很高兴看到你的这个体会，非常高兴。）

10.7 树状图与概念地图的对比

作者: I Physics

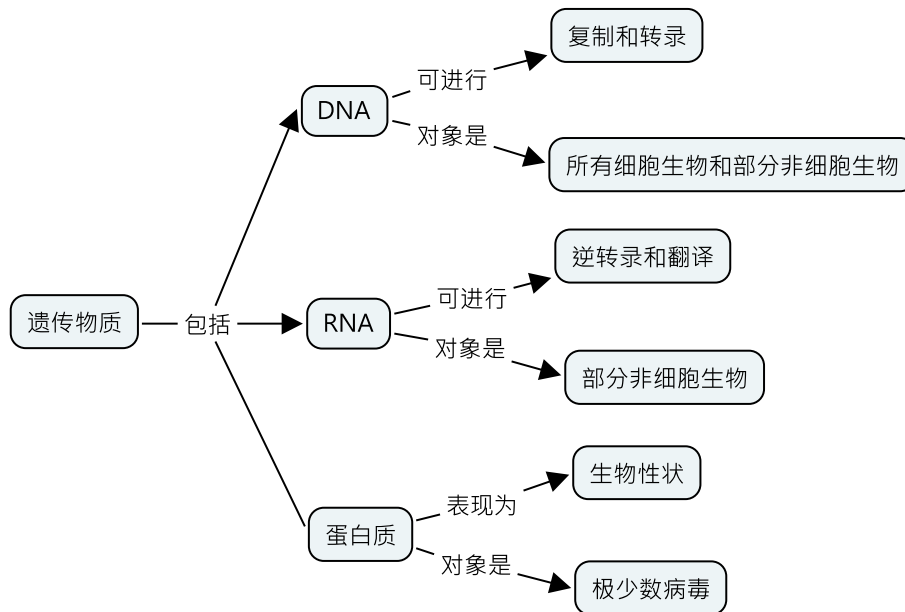


图 10.9: 关于遗传物质的树状图。

第一次听说“概念地图”这个词是在打听量子力学课程内容的时候，当时以为它是和量子力学同样高深的一个领域，后来接触后才发现并非如此，其思维我们在之前学习中可能也经常使用，以便更好地理解所学内容，换句话说，概念地图是“理解型学习”的一个重要而有效的手段。

首先，概念地图很符合人们认知学习的过程。教育心理学中有一个认知理论，认为学习是将新知识同化到已有的认知结构中，如果无法纳入，便调整已有认知结构或建立新的认知结构。这里要说明的是，由于现实中各种概念的复杂关联，这种结构不应该仅仅是简单线性或者树状的，这里，我们以高中生物遗传学遗传物质的部分知识为例，用树状结构对知识点进行简单梳理：

但实际上，DNA、RNA 以及蛋白质之间是通过复制、转录和翻译紧密联系在一起，但从上面图中我们却不得而知。于是，我们可以看到这种结构应该是一个交错纵横的网状结构，我们可以对上图进行改进，得到下面一个较好的概念地图：

从该图我们便直观清楚地看到概念之间的关系，而在概念地图中加入新的概念并建立相关连接的整个逻辑与之是很符合的，建立地图的过程就

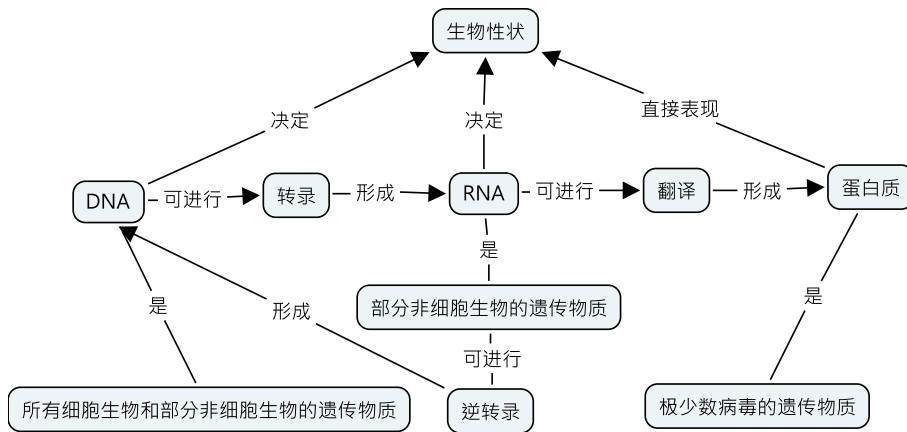


图 10.10: 关于遗传物质的概念地图。

是思考和学习的过程，而一张张概念地图便构成了我们的认知结构。（对比这两张图，我们发现，通过加入连边，概念地图很好地解释了什么是转录、逆转录、翻译，同时把生物性状作为一个概念提取出来，更好地说明了遗传物质的含义——能够控制生物性状的（可被复制和遗传的，这部分没有在图中反映出来）物质。这样的图，其实不复杂，边也没有多多少，但是大大提高了对内容的理解。这个就是概念地图的作用。）

其次，概念地图很考验概念的准确性。绘制概念地图不但需要你能够在研究的问题中找到相关的概念，并对其含义有准确的理解，而且对于诸多概念，大多数情况下要自己花大量时间思考其之间是否有联系，联系是什么，而且概念地图很锻炼全局观，这一点主要体现在长程连接的建立上，只有对知识有整体真正透彻的理解，才有可能考虑清楚这个大问题和另一个大问题、这个领域和另一个领域间的联系。

最后，就是如果想绘制一个好的概念地图，你是无法偷懒的，必须把每个环节搞得清清楚楚，不能有半点含糊，否则就极有可能建立错误的连接或是漏掉重要连接，从这个角度，概念地图本身提供一种反馈，引导我们寻找新的连接，发现自身的知识漏洞，因为概念就摆在那，要知道有没有联系你就只能去多看，多想，而这个建立连接的过程恰是重要的学习、理解和思考过程。

10.8 利用概念地图学习方法学习量子力学的体会

作者：王正礼

学习了一个学期的量子力学，说实话，在前期的学习阶段颇为吃力，一方面是跟不上老师的全英文授课，很多知识点都是根据自己的理解去猜；另一方面，在课堂上有很多知识点没有明白。不明白的地方只能暂时放一放，等课后自己翻看讲义，尝试去理解，确实不明白的再问老师。不过，在后来的学习中，随着学习内容的增多，自己也越来越适应量子力学课程，学习起来也更加得心应手，7、8周过后，虽然相对于其他课程，这门课会占据相对多的时间，但是自己已经开始享受思考一些问题并得到答案的乐趣，开始学习时的悲观已经不存在了。

老师曾说过“没学过量子力学的人生是不完整的”。在经历过一学期的学习之后，从开始的吃力、沮丧，到后来逐步适应，再后来基本上是得心应手，不仅得到了知识上的收获，在心态上也得到了一次洗礼。

下面结合自己一学期的学习，谈几点自己在学习上的体会。

1. 把握知识点间的联系

各章节中很多知识是前后对应的，通过对比记忆，可以加深对知识点的理解，下面结合三个例子加以说明。

比如第四章是关于离散状态的概率论，主要是讲用 Dirac 符号对已经学过的概率论进行描述。在第六章的第 2、4 两节也是关于经典概率论的知识，这两部分的内容大致相同，可以对照理解记忆。第五章主要是讲利用 Hamilton 方程、Lagrangian 方程把经典力学问题转化成微分方程进行求解，第八章利用量子力学的方法求解单个谐振子的状态方程，如果把量子力学代数解法的 Shrödinger 方程、Heisenberg 方程与经典力学的 Hamilton 方程、Lagrangian 方程对比来看，则更容易理解记忆。第一章通过单光子过玻璃的实验，单电子的双缝干涉实验，单光子 which-way 实验，单电子自旋 which-way 实验展示了通常的经典粒子和经典波都不能解释量子系统的行为，引出量子力学的内容。第六章在 Dirac 符号体系下，具体讲述了单光子 which-way 实验，给出了量子力学的合理解释。与第一章形成了很好的呼应。

不难看出，前面的章节为后面章节的很多内容留下了伏笔，前后形成了很好的照应，如果能够前后对照来看，则能够更深刻地理解本书作

者（这里指的是吴金闪的《二维系统的量子力学》[34]，不是概念地图这本书。）的精心设计，也有助于读者更深层次地把握相关的知识点。

2. 用好概念地图

对于某门课、某本书或者某个章节的众多知识点来说，乍一看纷繁复杂、凌乱无章，但是当我们深入理解了各个知识点，并试图用概念地图的形式梳理各个知识点之间的联系，当一张概念地图完成后，我们就会构筑起一个知识框架，能够深沉次地理解把握知识，并且内化成自己的东西。另外，概念地图一般不是一次就能够达到完善的，随着自己对相关知识的理解不断加深，对知识点间的脉络和关联有更加明晰的认识时，通过修改概念地图，逐步完善知识点的联系，这本身既是一个思考的过程，也是一个记录的过程。此外，一张自己制作的概念地图在以后可能用到的复习中也是非常有用的。

3. 启发式教学与学习

在大的教育环境下，大多中国的学生从小接受的是填鸭式的教学，对新生事物的兴趣逐渐被抹杀。改变这种情况，一方面需要老师的引导，不是你问我问题，我就直接给你答案了事，而是通过逐步引导学生加深对问题的认识，然后一步一步地自己去解决，这样通过自己逐步的努力得到答案的过程会让学生自己收获更多，在量子力学这门课上，老师也在一直这样引导着大家。另一方面，我们自己也要举一反三，真正地理解透彻一个问题，浅尝辄止的学习，则很难把握到一门课程真正的内涵所在。

10.9 关于数学和科学理论与现实的关系以及学习方法 的对话

作者：秦磊、吴金闪

从讨论对某些网络上的几何量的定义开始，我和一个学生做了下面的对话。这个对话不是完全忠实的记录，但是主要的意思没有变。

问了学生这样一个问题：给定一群人的身高数据，并且从中能计算出平均值和标准差，你能告诉我什么？

学生答：我给出一份报告上面写着均值和标准差，如果有必要可以给出更高阶矩的值。

问：如果你的老板非常聪明，但是没学过统计学，不了解拿到均值和标准差的含义怎么办？例如你的老板在考虑设计一个梯子，需要最短最长的数据，为了够着一个长度为 3 米的东西。

答：不知道，还是给均值、标准差，以及各阶矩，然后说明一下：均值表示平均身高，标准差表示离散程度等等。

问：这是不足以用来做决策的，怎么提升报告和所面对的任务的直接相关性？

答：不知道。

问：举个例子，一把弹簧秤，一块豆腐，经过一套程序（把豆腐挂钩上，然后读数），可以得到一个叫做豆腐重量的东西。如果现在有人来买豆腐，你怎么办？

答：取一块豆腐，称重量，乘以单位重量的价格，然后收相应的钱。

问：为什么以上定义的重量可以这样用？如果我想知道这块豆腐的热量和各种营养成份，怎么办？

答：不知道为什么可以这样用。但是热量和营养成份的计算也是重量乘以相应的单位重量的热量和单位重量营养成分含量百分比。

问：实际上，这里能够用来计算应付款、热量、营养成份，都是因为重量反映了这块豆腐里面物质的量的多少。也就是说，准确理解了定义，以及对这个定义将来有什么用，也就是用在什么样的具体问题中有一个认识，是能够把“重量”用在以上三个不同地方的原因。并不是因为有人告诉你可以这样用，才用的。具体的应用还有好多其他地方，例如还可以放到“月球”上去压宇宙飞船（这个更深刻，需要理解质量和重量之间的关系，以及造成这个关系的原因）。现在回到身高均值和标准差的例子，给老板一个怎样的报告？

答：没有很好地理解重量实际上反映了物质的量，是不能灵活和迁移运用的原因。那么，也就是说，没有很好地理解均值和标准差的概念。

问：不仅仅如此，还有不理解整个这两个统计量背后的假设的原因。这个统计先假设人群的身高符合高斯分布。接着，以一定的置信度，从样本均值和样本标准差估计真实群体的均值和标准差。然后，得到判断，随便遇到一个人，其身高介于均值和左右一个标准差之间的概率是 68%，左右三个标准差之间的概率是 99%，这时候如何写报告？

答：从样本均值和样本方差估计出群体的真实均值、真实标准差，并给出计算结果的置信度，然后报告，99% 的人身高介于均值加减三个标准差之间，68% 的人身高介于均值加减一个标准差之间，而且这个结果的置信度是相应计算出来的值。

问：前后两份报告，差别在哪里？

答：前者仅仅知道均值、标准差的定义；后者明白这个统计的基本假设以及熟悉高斯分布。

问：什么原因造成这个差别？

答：前者为了学习定义而学习定义，后者思考运算和定义的假设和动机，并思考将来可能的应用。

问：这种差别又是如何造成的？

答：前者为了学习数学而学习数学，为了学习理论而学习理论。后者在深刻理解概念的同时，关心概念提出的动机以及可能的与现实的联系。

总结：也就是说，后者一直企图把理论和定义与现实联系起来（或者间接地通过其他概念与现实相联系），而前者就是简单地记住定义。本质上，后者是科学家——理解定义，思考其与现实的可能联系与检验；前者是被动接受定义，最多了解一下其他人如何使用这个定义。本质差别是：

- 是否明白科学就是企图找到现实的数学结构；
- 是否明白科学理论的最终检验标准是现实（实验与实践）；
- 学习的时候是主动地寻找知识之间的联系，知识与现实之间的联系，还是被动接受知识。

参考文献

- [1] Anderson P W. More Is Different[J]. Science, 1972, 177(4047):393–396.
- [2] 吴金闪. 《系统理论基础》讲义 [M]. 北京: 尚未出版, 2014. <http://systemsci.org/systemsciwu/>.
- [3] Novak J. Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps As Facilitative Tools in Schools and Corporations[M]. New York and London: Taylor & Francis, 1998.
- [4] Ausubel P. Educational Psychology: A Cognitive View[M]. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1968.
- [5] 曾谨言. 量子力学教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [6] Muller H. The Loom of History[M]. New York: Harper, 1958.
- [7] Björk B, Roos A, Lauri M. Global Annual Volume of Peer Reviewed Scholarly Articles and the Share Available Via Different Open Access Options[C], Proceedings ELPUB 2008 Conference on Electronic Publishing. .[S.l.]: [s.n.] , 2008:178–186.
- [8] Kristensen E. Mutual communication between an adult with congenital deafblindness (with physical and mental disabilities) and his partners[J]. Presentation at the 13th DBI World Conference on Deafblindness, Toronto, Canada, 2003.
- [9] Novak J. Learning How to Learn[M]. New York: Cambridge University Press, 1984.

- [10] Novak J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them[J]. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008.
- [11] Novak J. Results and Implications of a 12-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning[J]. Research in Science Education, 2005, 35(1):23–40.
- [12] Bascones J. Alternative instructional systems and the development of problem solving skills in physics[J]. European Journal of Science Education, 1985, 7(3):253–261.
- [13] Young S. Learn More, Study Less (如何高效学习) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [14] Schuster P. Concept Mapping: A Critical-Thinking Approach to Care Planning[M].[S.l.]: F a Davis Company, 2007.
- [15] Carpenito-Moyet L. Understanding the Nursing Process: Concept Mapping and Care Planning for Students[M], M - Medicine Series.[S.l.]: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- [16] Ulrich D. Interactive Group Learning: Strategies for Nurse Educators, Second Edition[M], Springer Series.[S.l.]: Springer Publishing Company, 2005.
- [17] Schmehl P. Introduction to Concept Mapping in Nursing: Critical Thinking in Action[M].[S.l.]: Jones & Bartlett Learning, 2014.
- [18] Dossey B. Holistic Nursing: A Handbook for Practice[M].[S.l.]: Jones & Bartlett Learning, 2013.
- [19] TROCHIM W. An Introduction To Concept Mapping For Planning And Evaluation[J]. Evaluation And Program Planning, 1989, 12(1):1–16.
- [20] RUIZ-PRIMO M, SHAVELSON R. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment[J]. Journal Of Research In Science Teaching, 1996, 33(6):569–600.

- [21] NOVAK J. Concept Mapping - A Useful Tool For Science-education[J]. Journal Of Research In Science Teaching, 1990, 27(10):937-949.
- [22] Novak J D, Bob Gowin D. The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students[J]. Science Education, 1983, 67(5):625-645. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730670511>.
- [23] MCCLURE J, SONAK B, SUEN H. Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity, and logistical practicality[J]. Journal Of Research In Science Teaching, 1999, 36(4):475-492.
- [24] KINCHIN I, HAY D, ADAMS A. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development[J]. Educational Research, 2000, 42(1):43-57.
- [25] 张丽萍, 吴淑花, 何琪. 我国概念图研究概览 [J]. 现代教育技术, 2007, 17(7):34-37.
- [26] 祝成林, 张宝臣. 我国概念图研究述评 [J]. 大学 (研究与评价), 2008(4):24-27.
- [27] YAN X, FAN Y, DI Z, 等. Efficient Learning Strategy of Chinese Characters Based on Network Approach[J]. PLOS ONE, 2013, 8(8).
- [28] Ball P. A Better Way to Learn Chinese?[缺文献类型标志代码].
- [29] 吴金闪, 狄增如. 从统计物理学看复杂网络研究 [J]. 物理学进展, 2004, 24(1):18-46.
- [30] 汪小帆, 李翔, 陈关荣. 网络科学导论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [31] Barabási A L. Network Science[M].[S.l.]: 尚未出版, 2014. <http://barabasilab.neu.edu/networksciencebook/>.
- [32] Adler M. How to Read a Book[M]. New York: Touchstone, a Division of Simon and Schuster, 2011.
- [33] Adler M. 如何阅读一本书 [M]. 北京: 商务印书馆, 2014.

- [34] 吴金闪. 《二维系统的量子力学》讲义 [M]. 北京: 尚未出版, 2014.
<http://systemsci.org/qm/>.

名词索引

B | C | E | F | I | K | L | M | N | P | R | S | T | U

B

北京师范大学概念地图讨论班 北京师范大学开展概念地图教学的老师们组织的定期活动, <http://systemsci.org/cmap>. 66

脑科学 研究大脑如何运作以及（最终）思维如何产生和运动的科学. 16, 17, 24, 44

C

概念地图 Concept Map. 37
CmapServer 概念地图服务器软件/概念地图服务器. 53
Cmaptools 一个概念地图制作软件. 53
层次性/层次结构 Hierarchical Structure. 38
概念 Concept. 37
概念地图的制作 Concept Mapping. 39, 40, 55, 66
连词/概念连词 Linking Phrase. 38
焦点问题 Focus Question. 38
长程连接/跨层次连接 Cross-link. 38
课程设计 按照教学目的和科学知识的结构来构建一门课程的内容. 55

E

教育学 不知道研究的主要任务是什么的学科. 16, 17, 46, 51

- 涌现性 Emergence. 17
- F
- 法国就是烤肉 France is bacon (Francis Bacon). 23
- I
- 教学学 研究提高老师的教学的效率的学问. 17, 34, 51
- K
- 知识就是力量 Knowledge is Power. 23
- L
- 学习的目的 学习是为了理解知识, 从而创造性地使用和创造知识. 23, 24, 28
- 低能近似 Low Energy Effective Theories. 17
- M
- 质点 Mass Point. 76
- 理解型学习 Meaningful Learning. 41
- 概念地图教学体系 吴金闪提出来的把概念地图教学方法用于具体学科的课程的教学的一个系统: 一个大图、一系列小图以及和小图相关的小问题和小项目. 69, 79, 80
- 概念地图作为基础架构 吴金闪提出来的用概念地图的方式来组织基本的概念以及这个概念相关的视频, 以及组织课程以及课程的视频并反映课程之间的依赖关系, 进而仅仅在这个依赖关系之上规范学生的学习, 尊重学生的选择权, 而不是传统的基于设计好的学生培养方案的人才培养模式. 101

- 概念同化 Concept Assimilation. 40
- 概念形成 Concept Formation. 40
- 概念地图学习方法 Concept Map-Based Learning. 32, 91
- 概念地图学习与教学方法 Concept Map-Based Learning and Teaching. 15, 17, 18, 24, 28
- 概念地图教学方法 Concept Map-Based Teaching. 16, 34, 45, 46, 50, 72
- 力学 Mechanics. 75
- 经典力学/分析力学 Classical Mechanics. 75
- Hamiltonian 哈密顿量. 80
- Hamiltonian 力学 哈密顿力学, Hamiltonian Mechanics. 75, 76
- Lagrangian 拉格朗日量. 80
- Lagrangian 力学 拉格朗日力学, Lagrangian Mechanics. 75, 76
- Newtonian 力学 牛顿力学, Newtonian Mechanics. 34, 76
- 量子力学 Quantum Mechanics. 81
- N
- 网络科学 Network Science. 49, 62
- 非线性化阅读 不一定随着文字的进程来阅读, 允许跳跃, 并行, 分支. 40
- P
- 维象研究 Phenomenological Studies. 17
- 同伴教学法 Peer Instruction. 92
- R
- 机械式学习 Rote Learning. 24, 28, 41, 44, 45, 50, 71
- S

集邮票式学习 主要以收集和记忆各种事实为主的学习方式. 24

加减法的含义 加减法需要同样的性质的东西, 需要统一的单位. 17, 18

T

Teach Less, Learn More 精简教育. 50

教学的目的 教学是为了不教, 为了传授对知识的理解和知识的组织方式, 学会学习方法. 31, 33, 35, 91

TED Talk TED: Ideas worth spreading. TED 是一个在网上免费提供各种值得传播的简短讲座/报告视频的组织. 101

U

The University of British Columbia 不列颠哥伦比亚大学/卑诗大学. 26, 100

人名与常用翻译

A | B | C | D | F | G | K | L | M | N | P | Q | R | S | V | Y | Z

A

Adler 艾德勒 Mortimer Adler. 91
Ault Charles(Kip) Ault. 45
Ausubel 奥苏贝尔 David Ausubel. 20

B

Bacon 培根 Francis Bacon. 23
Brahe 第谷 Tycho Brahe. 76

C

Cañas Alberto J. Cañas. 45

D

杜婵英 北京师范大学力学教师. 33

F

Feynman 费曼 Richard Feynman. 16
Fuatai Karoline Fuatai. 46

G

Galilei 伽利略 Galileo Galilei. 76

Gorman James Gorman. 46

K

Kepler 开普勒 Johannes Kepler. 76

L

梁灿彬 北京师范大学微分几何与广义相对论教师. 33

M

Mintzes Jeol Mintzes. 46

Muller 穆勒 Herbert Joseph Muller. 26

N

Newton 牛顿 Isaac Newton. 79

Newtonian 牛顿/牛顿的. 78

Novak 诺瓦克 Joseph Novak. 26, 101

P

裴寿镛 北京师范大学量子力学教师. 33

Q

漆安慎 北京师范大学力学教师. 33

R

Robinson 罗宾逊 Ken Robinson. 101

S

Sandel 桑德尔 Michael Sandel. 16

Susskind 萨斯金 Leonard Susskind. 16

V

van Doran 范多伦 Charles van Doran. 91

Y

Young Scott Young. 46

Z

曾谨严 北京大学量子力学教师. 25

附录 A Novak 所作的本书序的原文

Professor Wu has gathered together key ideas based on research studies of teaching and learning over the past few decades. To facilitate optimal learning for our students, we must not only do better in planning our teaching activities; we must also make every effort to help our students learn how to learn more effectively.

Most teaching still operates under the old behavioral psychology ideas that placed an emphasis on memorization and repetition. Beginning with David Ausubel's 1963 book, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, enlightened educators began to move toward instructional practices that placed an emphasis on acquiring and using basic concepts that help us understand a discipline in ways that allow us to use knowledge in novel ways. This requires that we help students to understand the difference between meaningful learning where new concepts and propositions are consciously and deliberately integrated with relevant knowledge the learner already knows. In contrast, rote memorization usually leads to almost random storage of information in our brain, and this does not result in building powerful knowledge structures. The consequence is that little information learned by rote can be applied in novel settings, and most is soon forgotten.

Currently there is widespread agreement that knowledge consists primarily of concepts and propositions. There is agreement that the process of integrating new concepts and propositions into our existing knowledge is key to building understanding of knowledge. Rote memorization of information can sometimes serve to pass course exams, but such learning does little to

build the complex knowledge structures required to gain an understand of new knowledge thus gaining the ability to use this knowledge in new ways. Moreover, the motivation for new learning is best enhanced when teaching and learning activities focus on acquisition and understanding of new knowledge. Research has shown that the use of metacognitive tools, such as concept mapping, can enhance the quality and quantity of new learning. Concept maps can also be used in planning better instruction. Professor Wu' s book summarizes some of these ideas and shows how to use concept maps and other tools and ideas to improve teaching and learning. It also shows how combining the teaching of "big ideas" in a discipline with learning to learn ideas forms a solid foundation for further learning and creative work in any field.

The Handbook also presents instruction in how to use CmapTools software. This excellent software for making concept maps is available at no cost at: <http://cmap.ihmc.us>. The software allows for collaboration in building concept maps and encourages small group exchange of ideas. This allows classroom learning to be more like real world learning in most workplaces. Learners can archive the knowledge models they build with CmapTools and use these as a starting point for future studies in a given area. The archived knowledge models can also guide them in applying this knowledge to novel problems. The building of knowledge models also helps students to understand the nature of meaningful learning and its role in the creation of new knowledge.

Successful meaningful learning leads to enhanced self-confidence and enhanced motivation for further learning. Professor Wu stresses the important connections between emotional factors and cognitive elements in learning and creating knowledge. The book shows how to help learners become increasingly proficient meaningful learners. It also presents some of the research on the use of concept maps and additional resources that are available to enhance teaching and learning.

Helping students learn how to learn also helps teachers to become better learners and better teachers. There is a synergy between better teaching and better learning, and this synergy can lead to the empowerment of both

teachers and learners, enhancing the self concept and effectiveness of both teacher and learner. This book should be studied by anyone who wishes to be a better teacher and a better learner.