

建构式物理教学的理论与实践: 以气体动力论为例

张慧贞

台湾 台中市西屯区
逢甲大学物理教学研究中心

电邮: wjchang@fcu.edu.tw

收稿日期: 二零零三年十月十一日(于二零零四年四月二十七日再修定)

内容

[绪论](#)

[教学现况与限制](#)

[教学单元实例](#)

[教材内容主题](#)

[教学流程与策略](#)

[学习成效评量](#)

[结论与讨论](#)

[参考文献](#)

[附注](#)

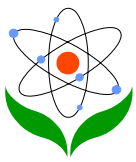
[附注 1](#)

[附注 2](#)

绪论

近年来, 建构主义的蓬勃发展, 不但成为科教研究的主流理论基础之一, 也引领教学实务工作者一个崭新的视野, 进而带动了真实课堂设计的改革, 最主要的改革动向, 就是让教室的重心不仅是教师的讲授, 还包含学生的学习历程。

个人建构学认为学习过程为学习者根据自己过去的既有概念(preconceptions)与经验, 以阐释新的科学概念 (Hewson, & Thorley, 1989)。文献显示(eg., Clement, 1982), 这些既有概念往往与科学知识相异。因此, 学习者在建立新概念的同时,



还须检验其既有概念与新概念间之和谐性, 进而修正其既有概念的瑕疵。另一方面, 个人建构主义也强调提供学习者所熟悉的情境, 是赋予概念意义的必要因素, 而同一概念在不同情境中的应用, 对学习者而言往往是非常具挑战性的 (Gunstone & White, 1981)。

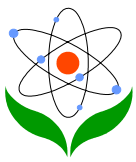
综合而论, 个人建构主义揭示了学习的复杂性, 强调学习者个人认知操作 (cognitive processing) 在概念发展的关键地位 (Hewson & Thorley, 1989; Osborne & Freyberg, 1985)。此种观点突破了先前的传输式学习观, Singham (2000) 和 Zollman (1996) 批评传统课堂中, 许多物理教师将物理学习过程过度简化, 将学生视为被动的接收器, 由老师为其填满课程内容, 导致学习成效低落的窘境。

至于社会建构的观点, 则着眼于学生对科学社群特有文化的融合 (enculturation) 历程, 包含语言、符号、工具、与常规...等, 引导学生逐渐熟悉科学家的观点 (Hennessy, 1993), 因此, 学生难以在所需之学习工具 (语言、图表、数学...等) 与其规则仍不熟悉的情况下, 就独自进行实验探索或思考推理, 来达到科学学习的目的 (eg., Roth & McGinn, 1998; Bell & Cowie, 2001)。教师在教学上除诱导学习参与之外, 提供这些生手在其科学社群的文化融合过程所需之必要协助, 也是重要的教学任务 (Leach & Scott, 2003)。

基于上述两项理论, 学生需要更积极地从一个被动的接收者, 转变为主动思考、探究的参与者, 藉由有经验之同侪或教师的引介 (mediate), 以克服其概念瓶颈, 并逐渐熟悉科学社群的文化、语言、与习俗, 以建构科学概念与知识。而教师的任务除了提供清晰有系统的讲解之外, 还需了解学生在各单元的学习需求, 介绍适用的科学工具, 提供挑战性问题, 并引导学生动脑思考与进行讨论, 以提供学生检验先前概念的瑕疵, 进行修正并建构出适宜的科学概念 (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994)。Scott (1998) 建议, 物理课堂应在教师的演讲 (speech genre) 与提供对话 (dialogue) 间取得平衡。

符合上述学习观的教学流程并非一成不变, 而是需要由教师针对教学内容主题的特性, 以及教学情境之现有条件, 包括学生之知识背景、过去之学习模式、及授课时数...等仔细考量, 才能设计出合适的教学流程 (Millar, 1989)。

本文介绍作者在台湾所教授的理工科「大一物理」, 融合上述之建构主义学习观理念, 并权衡现有教学情境之限制, 以「气体动力论」单元所设计之教学流程为实例。文中将介绍各项教学活动与教材内容, 也附上课堂实施过程之录像片段, 并阐述引用这些活动的学理根据, 以及摘述学习之成效, 希望能提供有志提升教学成效之物理教师参考, 在传统的讲授方式之外, 还能引用一些更具启发性的教学策略, 以提升学生的学习参与。



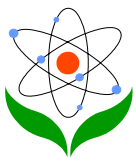
教学现况与限制

作者所任教之逢甲大学是在台湾的一所大型私立大学, 入学学生的程度约为高中毕业生的平均值, 但班级内之学生程度差异则颇为分歧(Chang, 2000, p.151)。然而, 对于大学教师而言, 学习动机低落的问题可能是更关键的挑战, 许多学生并未真正积极向学, 只求这门必修课能蒙混过关 (Chang, 2000, p.143), 这点与国外文献也颇为相似(eg., White, et al., 1995)。因此, 教师除了考量学生的物理背景之外, 如何在教学上加强学生之学习参与动机也是重要之任务。

逢甲大学修习「大一物理」的班级数高达 30 多班, 每班人数约为 50~60 人, 授课进度仅需涵盖既定之共同单元主题, 教师在教学与评量设计上仍可享有相当的自主。本课程包含两学期, 每学期 16 周, 每周授课时数为 3 小时。

与国外的「大一物理」课程相似, 多数教师深深感受到进度的压力 (French, 1988), 因此, 多局限于传统的单向讲授教法(Chang, 2000, p.293)。课堂时间以教师讲解原理、例题为主, 课堂上部分学生努力地跟着抄笔记, 部分学生则分心神游, 也常有令人尴尬的打瞌睡问题, 上课中除了偶而老师指名同学答问之外, 几乎不见任何师生互动。学生的学习在课堂中普遍不受重视, 而仅被期望于课后的习题演练。在教学内容方面, 受到教科书的影响, 大一物理的教材仍以数学公式与计算题的推演为主, 偶而或有生活实例的介绍, 也仅限于验证原理或提升兴趣的辅助地位。因此, 无论从教法或是教材的观点, 多数大一物理的教学设计, 与建构主义的理念都有着严重的分歧。根据建构学习观的理论, 并考量现有的教学条件与限制, 包含授课时数与共同进度的限制及学习者普遍的消极读书态度, 作者实施的建构式教学课程所采取的策略解释如下:

1. 包含删减课堂上计算题推演, 以腾出宝贵的教学时间(约 1/4~1/5)供学生作小组讨论与全班对话, 这项策略的目标是促进学生思考、检验其另有概念, 以符合个人建构之理念; 另一方面, 全班对话与小组讨论中提供一个同侪互动或师生互动的机会, 允许教师或较专精的同侪, 一个引导其它生手的机会, 包含体会科学用语的意义, 及探讨科学原理常用的工具如图、表..等, 以呼应社会建构的精神。
2. 小组之成员为 3~4 人/组, 教师先根据所有学生先前之物理背景筛选出约 18 位程度较好之同学担任组长, 再由其它同学依其意愿并入而组成。此种分组方式一方面顾及学生之意愿, 以利情意成效, 也符合社会建构学中强调师徒实习(apprenticeship), 提供生手所需之学习鹰架(scaffolding) 的理念。
3. 讨论的问题则常以生活化之情境包装成观念性问题: 生活化题材之提供除了可提高学习兴趣, 情境更是是赋予概念意义(intelligibility)的必要因素,



而新颖的情境也能提供认知的挑战, 促进概念之理解。

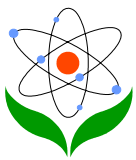
4. 至于删减课堂解题时间, 则必须配合课后指定习题的作业, 在作业缴交的同时并花费 10 分钟抽考, 以杜绝抄袭。另外, 作者也自编上课讲义于课前发下, 省去学生上课抄笔记的时间。此一作业抽考与发讲义的策略, 似乎已发挥其预期的功能, 在现有教学条件之局限之下, 仍能落实建构式教学的实践。

教学单元实例

教材内容主题

为了提供读者对建构式教学的特征有具体的认识, 本文以气体动力论单元的教学流程作介绍。首先, 将简介此一单元所包含的原理主题, 本单元涵盖课本某一章之全部, 共三项原理主题, 个别之授课重点依教学顺序简述如下:

1. 理想气体方程式($PV=nRT$): 学生对其原理概念并不陌生, 对大一物理课程而言, 教授之重点着眼于强化同学体会此一定律在热力学的重要性, 在需要的时候能主动运用此定律, 并能正确地做单位换算。
2. 气体动力论: 探讨微观物理量与宏观物理量间的关系, 如分子平均动能与温度之关系。多数学生在中学物理所学, 似乎仅局限于背诵公式计算的层次, 未能完整进行数学推导并理解公式的物理意义。故此一任务即成为大一物理之重点。此重点所涉及公式之数学推导与物理意义之了解, 份量与难度都偏高, 故此一主题将是本单元之教学重点。
3. 膨胀系数: 探讨固体与液体的热膨胀现象, 因热胀冷缩之概念在高中教材即已详细探讨, 原理之难度也较低, 故此一主题采取「先问后教」的策略, 原理之讲解安排在小组讨论之后, 提供学生检验先前所学的机会, 以提高课程挑战之策略以刺激学生之思考(Chang & Bell, 2002)。实施建构式教学的目的之一, 是期望学生不只是能被动地理解所讲授的物理原理, 也能主动联想学过之物理原理, 应用于新颖的题目情境中。另一方面, 藉由此一主题也可引导学生体会固、液体的热膨胀原理与气体之不同点, 压力的变因通常在前者被忽略, 但在后者则扮演着重要的角色。
4. 限于授课时数的限制, 此一单元仅允许 3×50 分的授课时数, 在这三节课中, 除了教师讲授与示范实验之外, 还包含小组讨论与全班对话, 以及课后作业小考的时间。考量教学任务与时数, 作者之设计流程与其背后之目标叙述如下, 并配合课堂实况之剪辑片段, 以利读者之了解。



教学流程与策略



首先, 作者以探讨热气球上升原理为题, 引导学生主动联想到过去所学过的定律: 理想气体方程。此一全班性的对话不仅为了强化物理概念理解, 也具有「暖身」与「聚焦」的功用, 引起全班之注意力, 并刺激学生回顾先前之热学知识。此一全班之对话在学生主动说出相关原理: $PV = nRT$ 后结束, 共花费 3 分钟。(片段一)

问题: 热汽球如何提起重物? 相关的原理为何?

当热汽球喷出之气体温度越高, 则热汽球所受的浮力应越大、越小、不变、或无法判断? 为什么?

接着, 作者再花费 10 分钟, 针对此公式之使用条件与适用单位体制作讲解。

其次, 作者的讲解则进入气体动力论, 从解释推导之目标开始, 利用牛顿力学定律 $\bar{F} = \frac{d\bar{P}}{dt}$, 引入巨观之气体压力与微观之平均速率之关系, 再引到温度与分子动能、与方均根速率之关系, 一系列的数学推导共花费 35 分钟, 结束第一节课。

从摘录的课堂实况显示, 长达 35 分钟的数学推导过程, 完全由教师讲授, 未见师生间的互动, 似乎令部分学生逐渐感到吃不消, 注意力逐渐降低, 甚至有人已趴下休息, 值得教师警惕。(片段二)

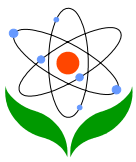
第二节课由教师带领同学浏览手上讲义开始, 对前段之数学推导做一回顾与概念之总结, 费时 8 分钟, 至此, 教师的讲解暂告一段落。(片段三)

接着, 教师穿插一项示范与提问之活动, 再度将课堂之重心引至学生, 刺激其检验先前学过之数项概念, 并强化所学其概念间之统整。首先, 作者利用示范器材提问, 引导全班进行对谈, 但未立即给答, 而是进行示范实验观察, 这段活动用了 5 分钟。(片段四)



问题: 高矮蜡烛一起在密闭室内燃烧, 何者将先熄灭? 理由为何?

此题的解答与封闭盒之体积有关, 较小之容器, 上下温差明显, 须利用理想气体方程式, 以解释二氧化碳因热上升之现象; 而若选用够大之容器, 则温差效应可忽略, 不同气体密度之差异所造成之影响则会显现, 两种不同的情境将导致原理与结论的分歧。故本题除强调先前所学概念的统整之外, 更验证了社会建构主义其中一



项重要论点: 科学理论并非追求绝对的真理, 而是对所探讨的情境提供一合适的诠释, 情境的差异可以导致不同适用之理论, 以阐述其现象之分歧。

示范与提问之后, 接着作者发下预先准备好之题组, 共 6 题(包含蜡烛燃烧示范题)给每位学生(附注 1), 请他们进行小组讨论, 历时 20 分钟。过程中, 作者巡视各小组之进展, 一方面适时给予提示, 另一方面也督导学生用心参与讨论。(片段五)

讨论进行约 10 分钟后, 作者抽点其中之数组上台作答。当部分学生上台作答时, 其余同学仍继续讨论, 作者则一方面与小组对话, 一方面催促上台作答之进度。(片段六、片段七)

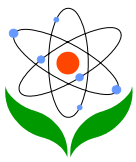
下课前 13 分钟, 迫于时间的限制, 当部分学生仍在台上作答的同时, 作者开始带领全班检讨台上之解答, 复习较困难之概念并补充相关之科普知识, 花费 10 分钟, 留下 2 题尚未讨论。(片段八)

最后的 3 分钟, 则是交代课后需缴交之习题, 以及解释一题挑战题(附注 2)。习题每人皆须缴交, 选自课本每章之后的 **problems**, 需要基本物理概念理解与数学推导。而挑战题则为作者精心开发之题目, 难度颇高, 需要统整不同单元之概念及多重能力的整合, 此种题目是为程度较高, 且愿意接受更多挑战的同学所设计, 采自由参加, 额外加分之计分法。以本题为例, 解释九大行星大气组成的规律性, 需先将行星依其气体组成归纳出三类, 并统整气体动力论与万有引力之两项原理。(片段九、片段十)下课后, 可见数字学生自动驱前向老师请益, 其问题皆为课堂中所探讨的生活化观念题, 显示此课程似乎能达到诱导学生推理与思考之既定目标。(片段十一)

上述之教学流程共享了 2 节课, 本单元剩余的第 3 节课堂时间, 则用于讲解剩余的讨论题, 并引到热膨胀系数之原理, 共约为 24 分, 以及 14 分钟的作业测验与 8 分钟之讲解。

最后, 本单元所含三节课的教学流程与重点总结如下表:

表一: 教学流程与重点		
教学(课堂)活动	主题	时间长度(分钟)
提问、聚焦、引入主题	热汽球之上升原理	3
原理讲解	$PV = nRT$	10
	气体动力论	35
	课间休息	
检视讲义/ 原理总结		8



概念检验, 全班对话	蜡烛燃烧示范	5
小组讨论/ 黑板作答/ 介入教学	生活化观念题组	20
检讨作答/ 原理回顾		10
指定课后作业	习题与挑战题	3
课后咨询	热汽球之原理	
	五天之后	
检讨题组/ 原理推导	热膨胀系数	24
作业小考		14
作业考检讨		8

学习成效评量

作者曾对此建构式教学之学习成效, 包含学业成就与情意成效, 做过多年期的评量(1999~2002), 并与传统教学做比较, 详细内容已发表在作者先前之论文(Chang, 2003; 张慧贞, 2003), 现摘述如下:

由过去三年来之学生问卷显示, 作者在「鼓励课堂讨论」、与「引进生活化题材」两方面, 均明显优于其它班级达 $P < 0.01$ 的显著水准。此结果显示, 作者的教学设计, 的确有其异于传统教学的特征。

学业成就方面, 无论在力学或电磁学的标准化测验, 参与评量的建构式教学共八班, 其前后测成绩增益为 13%~29%, 而由其它五位教授任教之八班传统班的增益则仅为 -1%~10%, 明显低于建构教学班。至于情意成效方面, 从建构教学实施较趋成熟的第二、三年度的学生问卷中, 建构班在学习兴趣方面皆优于传统班达 $p < 0.001$ 的显著差异。在开放式问题中, 学生则叙述了建构式教学对促进学习的各项特点, 例如:

满生活化的, 比高中的那些教学, 公式一大堆好太多了! 生活乃物理之基本;

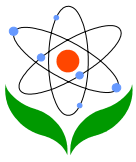
可以和同学讨论, 这样可以促进和同学之间的默契, 且在讨论中可以知道不同的观念理念, 并了解自己的缺失;

很有互动的课, 让我动脑想了许多;

经由同学间小组讨论与互动, 激发学习的兴趣;

上课很有活力, 因为讨论非常有深度。

因此, 不论是在学业成就或情意成效方面, 建构式教学似乎都比演讲式来得优越。这点与美国类似的革新课程相关文献是相当一致的(eg, Crouch & Mazur, 2001; Gautreau & Novemsky, 1997)。



结论与讨论

回顾上述之热力学单元教学流程, 本建构式教学有以下特征:

首先, 在教学活动方面, 除了教师讲授之外, 还包含了学习参与过程(讨论与作答), 与督导学习(作业与小考)三者。其分配之时间比例依序为: 68% : 20% : 12%。这项比例是考量前述之建构教学理论, 并因应多数学生被动消极的学习态度, 还需如期完成教学单位所制定的进度等三项因素下制定的。相对的, 传统班级的教学重心则几乎集中在教师的讲解之上, 多数物理教师执着于传输式学习观, (张慧贞, 2002), 将注意力集中于教学表现, 至于学生的学习参与则被严重地忽略了。

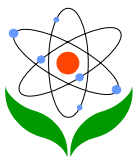
至于教材内容, 本革新课程则补充了许多的生活实例, 如热气球上升、星球之大气结构、蜡烛燃烧...等。先由学生所熟悉的生活情境为题, 引出相关之物理原理, 之后再进一步诱导学生能主动将所学到之原理应用于其它之实例中。利用生活实例与原理的交叉探讨, 以赋予所学之物理原理意义, 并提供检验概念理解、应用、与统整之机会, 这些策略都是与个人建构理论相呼应的。另一方面, 为了探讨这些真实问题的解答, 小组成员间需使用大量的对话, 并在过程中逐渐体会相关术语的意义, 甚至摸索情境对原理适用性的影响等, 则是符合社会建构学理论之精神。

另外, 在学习目标方面, 本课程兼顾观念理解与数学计算, 课堂内的教学着重于物理概念的澄清, 而课后之作业则包含概念理解之检验与数学计算能力的练习。

最后, 在评量方面, 考量普遍存在的学习动机低落的问题, 作者采取了较严格的督导态度与策略, 如作业考的实施。但仍适量采用弹性之机制, 提供自我期望较高的同学额外之挑战机会, 以兼顾督促多数学生的学习与鼓励少数同学追求高成就的多元目标。

简言之, 本例中之建构式教学为藉由生活化题材, 并提供学生之学习参与机会, 以促进有意义之学习。与传统教学相比, 本课程在教材内容、方法、目标、评量等方面都显得较为多元与弹性, 且着重于学习者之参与与动机。由作者与多数西方国家之文献均显示, 课堂内着重学习互动的教学设计, 似乎有益于学习成效的落实 (eg, Chang, 2003; Hake, 1998)。

然而, 教学改进应是一条永续的任务, 根据本单元之实况录像, 作者获得几点省思, 提供未来教学改进之依据。第一、以生活实例提问为开场白的方式, 费时少、成效佳, 值得未来多加开发与引用; 第二、冗长的公式推导对学习者造



成极大之负担, 教师可斟酌在推导过程中加入简短之师生问答, 以提振注意力; 第三、气体动力论是根据碰撞的动量变化引入作用力的概念, 此一原理可加入弹性球弹跳之简易器材示范, 利用实体观察, 使学生不再感觉抽象与陌生, 促成概念之建构; 第四、与先前的实施经验相较, 以学生在黑板上的作答作为教师检讨答案之依据, 较能引起全班同学之注意力与共鸣, 因此, 虽然要求学生上台作答, 可能对小组讨论之持续进行造成某些程度之干扰, 但权衡优缺点之下, 此一作答之策略仍值得采行; 第五、讨论题组的实施, 包含小组讨论、作答、讲解三过程, 教师必须掌握时间管理与学生现况, 以期能在有限的时数内能顺利完成。

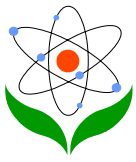
藉由本建构式教学实例的介绍, 作者希望能提供读者针对传统的演讲式教学一个改进的参考方向, 并能对建构式教学之学理基础与实践有更深的体会。然而, 本文并无意引导读者完全根据上述之流程, 依式套招引用至个人的教学情境中。毕竟不同的教学情境与学生, 资源、限制、与需求都不同, 教师必须在真实课堂中实施, 并持续地根据学生的表现与响应作修正, 以发挥建构式教学之特点, 达成预期的目标。建构式教学的实践是一条值得推广的改革方向, 但教师需要具备长期耕耘的决心。根据作者过去四年来的实施与研究显示, 促成教学改进包含三要素: 课堂中师生互动的经验、教师对学习理论的了解、以及持续的课程修正(Chang, 2003)。

致谢

本文内容承蒙国科会项目研究计划(NSC-90-2511-5-035-001-), 与教育部「提升大学基础教育计划」(90M503)补助, 仅此志谢。

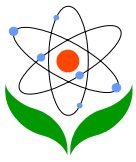
参考文献

- 张慧贞 (2002). 由教授与学生对教与学观感探讨其学习观。载于 Yeung, Y. Y. (ed.) *Innovative Ideas in Science Teaching Theories and Exemplars*. (pp. 73-81). Hong Kong: New Concept Design Production Company.
- 张慧贞 (2003). 由哈佛到逢甲: 普通物理互动教学的实施与成效, 科学教育学刊 第 11 卷第 4 期, 第 391-406 页.
- Bell, B. & Cowie, B. (2001). *Formative Assessment and Science Education*. The Netherland: Kluwer Academic Publishers.
- Chang, W. (2000). *Improving Teaching and Learning of University Physics in Taiwan*. Unpublished Ph D. Thesis, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Chang, W. (2003). The rewards and challenge of teaching innovation in university physics:



Four years reflection. *Proceedings of the 2003 National Association for Research in Science Teaching (NARST) Annual International Conference.*

- Chang, W. & Bell, B. (2002). Making content easier or adding more challenge in year one university physics? *Research in Science Education*, 32(1), 81-96.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Crouch, C. H. & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.
- Driver, R., Asoko, H. Leach, J., Mortimer, E., and Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- French, A. (1988) Some thoughts on introduction physics courses, *American Journal of Physics*, 56(2), 110-113.
- Gautreau, R. and Novemsky, L. (1997) Concepts first-A small group approach to physics learning, *American Journal of Physics*, 65(5), 418-428.
- Gunstone, R. F. & White R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65(3), 291-299.
- Hake, R.R. (1998) Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Hennessy, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: implications for classroom learning . *Studies in Science Education*, 22, 1-41.
- Hewson, P. W. & Thorley, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11(5), 541-553.
- Leach, J. & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12, 91-113.
- Millar, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education. Special Edition*. 11(5), 587-596.
- Osborne R. J. & Freyberg P. (1985). *Learning in Science: the Implications of Children's Science*. Auckland: Heinemann
- Roth, W-M. & McGinn, M. K. (1998). Graphing: Cognitive ability or practice? *Science Education*, 81(1), 91-106.
- Scott, P. H. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32, 45-80.
- Singham, M., (2000). Want to buy my lecture notes? *The Physics Teacher*, 38(1), 58.
- White, R., Gunstone, R., Elterman, E., Macdonald, I., Mckittrick, B., Mills, D., & Mulhall, P. (1995). Students' perceptions of teaching and learning in first-year university physics. *Research in Science Education*, 25(4), 465-478.



Zollman, D. (1996). Do they just sit there? Reflections on helping students learn physics. *The American Journal of Physics*, 64(2), 114-119.

附注

附注 1: 热学现象讨论题组

1. 月球表面有许多的坑洞, 试问(a)造成的主因为何?(b)与热力学有何相关?
2. 长笛分段有何原因或目的?
3. 地球上的第一代大气层距现在约为 45 亿年, 当时大气层的主要成分为 H_2 , He , Ne 气体。第一代大气层仅在地球上存在约千万年的"短时间"即消失。(a)试推测当时地球上之环境, 与现今有哪些明显区别? (b)由此环境上之区别推论第一代大气层消失的主因?
4. 铁轨间的缝隙有何目的? 大陆北方的铁轨每段约为 12.5 公尺这长度是如何推算而得的? 若在南方, 则铁轨每段应大于, 小于, 或等于 12.5 公尺?
5. 中空之铁环因温度升高产生热膨胀后, 其中空之直径应增加或减小? 理由为何?
6. (示范)高低两相同蜡烛, 点燃置于密闭容器内, 则哪一蜡烛将会先熄灭? 其先后关系是否受容器大小的影响? 为什么?

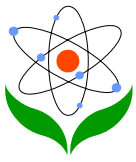
附注 2: 行星大气结构 挑战题:

请根据下列资料归纳出太阳系行星的大气结构的规律性并解释其原理:

水星是距离太阳最近的行星, 直径只有 4880 公里, 大约是地球的 38%, 质量小, 相当地球的 0.05 倍。因水星表面没有大气的调节, 所以昼夜温差达 600 度 (白天约 400°C, 夜晚 -200°C), 由于没有大气的保护, 水星表面留下许许多多流星撞击的痕迹, 布满大大小小的坑穴。

金星的直径为 12104 公里, 比地球略小, 质量是地球的 0.82 倍, 而且它有很厚的大气。由于金星拥有浓密的二氧化碳大气层, 虽然只有少量的阳光能透过大气层到达金星表面, 但是温室效应使金星的表面温度能维持在 450°C 左右, 其大气压力则比地球大 90 倍。

火星直径 6794 公里, 约比地球小一半, 质量是地球的 0.107 倍。火星的大气层



主要是由二氧化碳组成, 但云层很薄, 它的大气压力只有地球百分之一。火星的表面温度从赤道 20°C 到极区的 -140°C 左右, 二氧化碳再回到大气层中。

木星是九大行星中最大的一颗, 直径 142,984 公里, 约为地球的 11 倍。体积比其它各行星的总和还大得多, 质量比地球大三百倍以上。木星表面主要是氢与氦组成的气体。

土星的直径为 120,536 公里, 比木星略小, 体积比地球大 755 倍, 质量相当于地球的 95 倍, 是第二颗大行星, 它的构造跟木星很相似。土星大气以氢与氦为主, 其表面也有云雾状的带纹和赤道平行, 公转周期为二十九年半。

海王星其赤道直径约 49528 公里, 体积是地球的 58 倍, 质量则为 17 倍多, 表面温度约 -216°C 。海王星也是一颗蓝色的行星, 由于其上层大气主要是甲烷 (CH_4)。