



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

物 理 化 学

上 册 第四版

天津大学物理化学教研室 编

王正烈 周亚平 修订



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

物 理 化 学

上 册 第四版

天津大学物理化学教研室 编

王正烈 周亚平 修订



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是在第三版的基础上,根据教育部 1995 年审订的高等工科院校“物理化学课程教学基本要求”及教学使用情况修订的。本书基本保持原有的框架,在内容上作了适当的更新与调整。重写了热力学第一定律和热力学第二定律,以质量摩尔浓度作为溶液组成的标度,使叙述进一步简化。本书主要内容有气体的 pVT 关系,热力学第一定律、热力学第二定律、多组分系统热力学、化学平衡及相平衡。

全书分上、下册出版。可作为高等工科院校化工类各专业教材,也可供其它有关专业参考。

图书在版编目(CIP)数据

物理化学.上册/天津大学物理化学教研室编.—4
版.—北京:高等教育出版社,2001.12
ISBN 7-04-010161-0

I. 物… II. 天… III. 物理化学—高等学校—教材 IV. 064

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 062865 号

责任编辑	刘啸天	封面设计	张楠	责任绘图	杜晓丹
版式设计	马静如	责任校对	王效珍	责任印制	陈伟光

物理化学 上册 第四版
天津大学物理化学教研室编

出版发行	高等教育出版社		
社址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009
电话	010-64054588	传真	010-64014048
网址	http://www.hep.edu.cn		
	http://www.hep.com.cn		
经销	新华书店北京发行所		
印刷	北京外文印刷厂印刷		
开本	787×960 1/16	版次	1979 年 1 月第 1 版 2001 年 12 月第 4 版
印张	21	印次	2001 年 12 月第 1 次印刷
字数	380 000	定价	17.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第四版序

21 世纪将是科学技术更加高速发展的新世纪。我国在经济上也将高速发展。因此,需要培养大量高素质,具有坚实理论基础、广博的学识及发明创新能力的人才。

物理化学是化工、材料、轻工、纺织、制药等专业学生必修的基础课,历来受到广大师生的重视。由天津大学物理化学教研室编写的《物理化学》第三版自 1992 年出版至今,作为工科化工类等专业的教材在教学中起到了积极的作用。

近年来,我国高等教育取得了较大的发展,教学体系、教学内容的改革对物理化学课程提出了更高的要求。因此在第三版的基础上,根据教育部 1995 年审订的高等工科院校“物理化学课程教学基本要求”,参照近年来广大兄弟院校教师提出的建议及教学研究成果,考虑广大学生的接受能力,进行了修订工作。

这次修订仍以工科本科有关专业,特别是化工类专业的学生为主要对象。本书重点是教学基本要求所规定的内容,力图保持原书逻辑性强、内容精练、简明易懂、便于自学等特点。特别是针对学生初学物理化学可能遇到的难点及易于产生的问题加以深入介绍,以便学生尽快了解和掌握,使本书成为教师便于教、学生便于学的教材。

本书全部十二章的内容适合多学时教学之用,对于中等学时可以不学量子力学基础一章,而对于少学时还可以不学统计热力学初步一章。这两章的内容均有相对的独立性,便于不同学校选择。

本书也编有少量“物理化学课程教学基本要求”外的选学内容,用小字或加“*”标出。

这次修订工作主要有:

1. 重写了“热力学第一定律”、“热力学第二定律”两章。将化学反应的标准摩尔反应吉布斯函数移至“热力学第二定律”一章中,使 pVT 变化、相变化和化学变化的吉布斯函数变集中在一起讨论,突出了热力学基本方程。

2. 国家标准规定可以溶质 B 的质量摩尔浓度 b_B 作为溶液的组成标度,故将稀溶液中溶剂 A 在常压下化学势的表达式由原来的 $\mu_A = \mu_A^\ominus + RT \ln x_A$ 改为 $\mu_A = \mu_A^\ominus - RT M_A \sum_B b_B$, 即溶液的组成变量对溶质,溶剂均为溶质的质量摩尔浓度。并且对真实溶液引入溶剂的渗透因子 ϕ_A 。这样在应用溶剂的化学势推

导稀溶液的依数性公式时较简明。同时溶液中溶剂参与的化学反应的平衡常数表达式也作相应的改动。

3. 增加了“量子力学基础”一章。结构化学是物理化学中的重要组成部分。这部分内容按基本要求,编写了包括薛定谔方程,平动、转动、振动能级公式,原子结构,分子轨道理论,分子光谱等最基本的内容,供多学时学生学习之用。

4. 将第三版的“化学动力学基础”和“各类特殊反应的动力学”两章合并为“化学动力学”一章。合并后在保留了原有的基本内容的基础上适当作了删减。

5. 其它改动有:简单介绍了绝对活度;杠杆规则单独成节;精减了原电池的设计;增加了表面相的吉布斯模型。

6. 进一步贯彻 GB3100~3102—93《量和单位》;更改了一些例题及习题等。

第四版由王正烈主编。参加修订的有:王正烈(第二、三、四、五、六、十一章),周亚平(第一、十、十二章),李松林(第八、九章)及刘俊吉(第七章)。

本书第一至第三版主编宋世谟教授仔细阅读了本书稿,提出了很多具体修改意见;本书承蒙大连理工大学傅玉普教授审阅,提出很多修改建议;在此一并表示衷心感谢。并对关心本书修订、提出修订建议和意见的老师和学生们表示深深谢意。

为了配合本书的学习,高等教育出版社将出版与本书配套的教学参考书供学习时选用。

由于编者水平所限,书中错误和不当之处在所难免,希望并欢迎读者提出宝贵意见。

编者

2001-08-08

第三版序

本书是在天津大学物理化学教研室编《物理化学》第二版的基础上,根据国家教委工科化学课程教学指导委员会制订的高等工业学校《物理化学课程教学基本要求》修订的。

本版按照我国的量和单位的国家标准和 ISO 国际标准,作了较为认真的修订。贯彻国家标准不仅涉及国际单位制(SI)的使用,而且涉及到术语、学科体系以及物理量的表示及运算。物理化学是一门严格定量的学科,物理量的正确表示及运算与本学科的严密性息息相关。因此,本版严格地执行了国家标准及 ISO 国际标准关于物理量表示法及其运算规则的规定。

旧的国家标准及国际标准皆将标准态压力 $p^\ominus$ 定为 101.325 kPa,然而,将 $p^\ominus$ 由 101.325 kPa 改至 100 kPa 已为大势所趋,故本书选用新的规定。同时,鉴于旧的文献、手册无法更改,所以本书将不同单位及不同标准态压力间的换算列为基本内容。

本版的另一个重要变动是热力学第二定律的讲授体系。书中引入了“作功能力”的概念,并利用隔离系统作功能力损失导出过程可能性判据。我们认为从作功能力的角度来理解热力学第二定律,并判断过程可能性,是因其与人们的日常经验相吻合,将使该定律由抽象难懂变得直观具体,因而可能易为初学者所接受。同时,作功能力的概念,又是能源合理利用及节能理论中较难掌握但又不可缺少的基本概念。因此,这一讲授体系对工科学生尤为适宜。由于人们对这一新的讲授体系可能不太熟悉,为便于过渡,书中也保留了传统讲法,同时又以小字形式编入了稍为详细的补充内容,以供参考。

这次修订由宋世谟任主编,各章执笔人分别是庄公惠(第一、二章),王正烈(第四、六、七、八章),李文斌(第九、十二章),宋世谟(绪论、第三、五、十、十一章)。全书承蒙大连理工大学李吕辉教授、靳长德副教授和傅玉普副教授详细审阅并提出宝贵的修改意见;全国量和单位标准化技术委员会第五分委员会刘天和主任委员,对本书贯彻国家标准给予了热情帮助,并对书中关于“物理量的正确表示及运算”部分作了详细修改;许多读者曾对本书第二版提出过中肯意见;在此一并表示衷心的感谢。

为方便本书的学习,我们编写了《物理化学解题指南》一书^①,其中包括本书少量典型习题的选解供读者参考。

由于编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

1991年7月

^① 该书将由天津大学出版社出版。

目 录

绪论	1
§ 0.1 物理化学课程的内容	1
§ 0.2 学习物理化学的要求及方法	2
§ 0.3 物理量的表示及运算	4
1. 物理量的表示	4
2. 对数中的物理量	4
3. 量值计算	5
第一章 气体的 pVT 关系	7
§ 1.1 理想气体状态方程	7
1. 理想气体状态方程	7
2. 理想气体模型	9
3. 摩尔气体常数	10
§ 1.2 理想气体混合物	11
1. 混合物的组成	11
2. 理想气体状态方程对理想气体混合物的应用	11
3. 道尔顿定律	12
4. 阿马加定律	13
§ 1.3 气体的液化及临界参数	14
1. 液体的饱和蒸气压	14
2. 临界参数	16
3. 真实气体的 $p-V_m$ 图及气体的液化	16
§ 1.4 真实气体状态方程	18
1. 真实气体的 pV_m-p 图及波义尔温度	18
2. 范德华方程	19
3. 维里方程	22
4. 其它重要方程举例	22
§ 1.5 对应状态原理及普遍化压缩因子图	23
1. 压缩因子	23
2. 对应状态原理	25
3. 普遍化压缩因子图	26
习题	30

第二章 热力学第一定律	33
§ 2.1 热力学基本概念	33
1. 系统和环境	34
2. 状态和状态函数	35
3. 过程和途径	38
§ 2.2 热力学第一定律	40
1. 功	40
2. 热	42
3. 热力学能	43
4. 热力学第一定律	44
§ 2.3 恒容热、恒压热, 焓	45
1. 恒容热	45
2. 恒压热	45
3. 焓	46
4. $Q_V = \Delta U, Q_p = \Delta H$ 两关系式的意义	47
§ 2.4 热容, 恒容变温过程、恒压变温过程	48
1. 热容	48
2. 气体恒容变温过程	51
3. 气体恒压变温过程	51
4. 凝聚态物质变温过程	52
§ 2.5 焦耳实验, 理想气体的热力学能、焓	53
1. 焦耳实验	53
2. 焦耳实验的讨论, 理想气体的热力学能	53
3. 理想气体的焓	54
§ 2.6 气体可逆膨胀压缩过程, 理想气体绝热可逆过程方程式	57
1. 可逆传热过程	58
2. 气体可逆膨胀压缩过程	58
3. 理想气体恒温可逆过程	61
4. 理想气体绝热可逆过程	61
§ 2.7 相变化过程	64
1. 相变焓	65
2. 相变焓与温度的关系	67
* § 2.8 溶解焓及混合焓	69
1. 溶解焓	69
2. 稀释焓	71
3. 混合焓	72
§ 2.9 化学计量数、反应进度和标准摩尔反应焓	73

1. 化学计量数	73
2. 反应进度	74
3. 摩尔反应焓	75
4. 标准摩尔反应焓	76
§ 2.10 由标准摩尔生成焓和标准摩尔燃烧焓计算标准摩尔反应焓	78
1. 标准摩尔生成焓及由标准摩尔生成焓计算标准摩尔反应焓	78
* 2. 溶液中溶质和离子的标准摩尔生成焓	79
3. 标准摩尔燃烧焓和由标准摩尔燃烧焓计算标准摩尔反应焓	80
4. 标准摩尔反应焓随温度的变化——基希霍夫公式	83
5. 恒容反应热与恒压反应热之间的关系	84
6. 燃烧和爆炸反应的最高温度	85
§ 2.11 节流膨胀与焦耳-汤姆逊效应	88
1. 焦耳-汤姆逊实验	89
2. 节流膨胀的热力学特征及焦耳-汤姆逊系数	89
* 3. 焦耳-汤姆逊系数正负号的热力学分析	90
* § 2.12 稳流过程的热力学第一定律及其应用	92
1. 稳流过程热力学第一定律的数学式	92
2. 稳流过程热力学第一定律应用举例	93
习题	94
第三章 热力学第二定律	101
§ 3.1 卡诺循环	101
§ 3.2 热力学第二定律	104
1. 自发过程举例	104
2. 自发过程逆向进行必须消耗功	106
3. 自发过程的共同特征	106
4. 热力学第二定律	107
§ 3.3 熵、熵增原理	108
1. 卡诺定理	108
2. 卡诺定理的推论	109
3. 熵	110
4. 熵的物理意义	112
5. 克劳修斯不等式	112
6. 熵判据——熵增原理	113
§ 3.4 单纯 pVT 变化熵变的计算	114
1. 环境熵变的计算	114
2. 凝聚态物质变温过程熵变的计算	115
3. 气体恒容变温、恒压变温过程熵变的计算	116

4. 理想气体 pVT 变化过程熵变的计算	117
§ 3.5 相变过程熵变的计算	120
1. 可逆相变	120
2. 不可逆相变	121
§ 3.6 热力学第三定律和化学变化过程熵变的计算	123
1. 能斯特热定理	124
2. 热力学第三定律	125
3. 规定熵和标准熵	125
4. 标准摩尔反应熵的计算	127
5. 标准摩尔反应熵随温度的变化	128
§ 3.7 亥姆霍兹函数和吉布斯函数	129
1. 亥姆霍兹函数	129
2. 吉布斯函数	131
3. 对亥姆霍兹函数判据和吉布斯函数判据的说明	132
4. 恒温过程亥姆霍兹函数变, 吉布斯函数变的计算	134
§ 3.8 热力学基本方程	137
1. 热力学基本方程	137
2. 由热力学基本方程计算纯物质 pVT 变化过程的 $\Delta A, \Delta G$	138
* 3. 多组分多相平衡系统恒温变压过程中的应用	141
§ 3.9 克拉佩龙方程	143
1. 克拉佩龙方程	143
2. 固-液平衡、固-固平衡积分式	144
3. 液-气、固-气平衡的蒸气压方程——克劳修斯-克拉佩龙方程	145
* 4. 外压对液体饱和蒸气压的影响	147
§ 3.10 吉布斯-亥姆霍兹方程和麦克斯韦关系式	148
1. 吉布斯-亥姆霍兹方程	149
2. 麦克斯韦关系式	150
3. 热力学函数关系式的推导和证明	152
习题	155
第四章 多组分系统热力学	163
§ 4.1 偏摩尔量	164
1. 问题的提出	164
2. 偏摩尔量	165
3. 偏摩尔量的测定法举例	167
4. 偏摩尔量与摩尔量的差别	168
5. 吉布斯-杜亥姆方程	168
6. 偏摩尔量之间的函数关系	169

§ 4.2 化学势	169
1. 多组分单相系统的热力学公式	170
2. 多组分多相系统的热力学公式	171
3. 化学势判据及应用举例	172
§ 4.3 气体组分的化学势	173
1. 纯理想气体的化学势	174
2. 理想气体混合物中任一组分的化学势	174
3. 纯真实气体的化学势	175
4. 真实气体混合物中任一组分的化学势	176
§ 4.4 拉乌尔定律和亨利定律	177
1. 拉乌尔定律	177
2. 亨利定律	178
* 3. 拉乌尔定律和亨利定律的微观解释	179
4. 拉乌尔定律与亨利定律的对比	179
§ 4.5 理想液态混合物	181
1. 理想液态混合物	181
2. 理想液态混合物中任一组分的化学势	182
3. 理想液态混合物的混合性质	183
§ 4.6 理想稀溶液	185
1. 溶剂的化学势	186
2. 溶质的化学势	187
3. 其它组成标度表示的溶质的化学势	188
4. 溶质化学势表示式的应用举例——分配定律	190
§ 4.7 稀溶液的依数性	191
1. 溶剂蒸气压下降	191
2. 凝固点降低(析出固态纯溶剂)	192
3. 沸点升高(溶质不挥发)	195
4. 渗透压	196
§ 4.8 逸度与逸度因子	198
1. 逸度及逸度因子	198
2. 逸度因子的计算及普遍化逸度因子图	200
3. 路易斯-兰德尔逸度规则	202
§ 4.9 活度及活度因子	203
1. 真实液态混合物	203
2. 真实溶液	204
* 3. 绝对活度	207
习题	208

第五章 化学平衡	213
§ 5.1 化学反应的等温方程	213
1. 摩尔反应吉布斯函数与化学反应亲和势	213
2. 摩尔反应吉布斯函数与反应进度的关系, 平衡条件	214
3. 化学反应的等温方程	216
§ 5.2 理想气体化学反应的标准平衡常数	216
1. 标准平衡常数	216
2. 有纯凝聚态物质参加的理想气体化学反应	218
3. 相关化学反应标准平衡常数之间的关系	219
4. 标准平衡常数 $K^\ominus$ 的测定	219
5. 平衡组成的计算	221
6. 其它的平衡常数	223
§ 5.3 温度对标准平衡常数的影响	223
1. 范特霍夫方程	223
2. $\Delta_r H_m^\ominus$ 为定值时范特霍夫方程的积分式	224
3. $\Delta_r H_m^\ominus$ 为温度的函数时范特霍夫方程的积分式	226
§ 5.4 其它因素对理想气体化学平衡的影响	229
1. 压力对于平衡转化率的影响	229
2. 惰性组分对平衡转化率的影响	230
3. 反应物的摩尔比对平衡转化率的影响	232
* § 5.5 同时反应平衡组成的计算	233
§ 5.6 真实气体反应的化学平衡	236
§ 5.7 混合物和溶液中的化学平衡	239
1. 常压下液态混合物中的化学平衡	239
2. 常压下液态溶液中的化学平衡	240
* 3. 高压下液态混合物中的化学平衡	242
* 4. 高压下液态溶液中的化学平衡	243
习题	244
第六章 相平衡	251
§ 6.1 相律	251
1. 自由度	251
2. 相律的推导	252
3. 组分数	253
4. 几点说明	254
5. 相律的意义	254
§ 6.2 杠杆规则	254
§ 6.3 单组分系统相图	258

1. 水的相平衡实验数据	258
2. 水的相图	259
3. 相图的说明	261
§ 6.4 二组分理想液态混合物的气-液平衡相图	262
1. 压力-组成图	263
2. 温度-组成图	265
§ 6.5 二组分真实液态混合物的气-液平衡相图	266
1. 蒸气压-液相组成图	267
2. 压力-组成图	268
3. 温度-组成图	269
4. 小结	270
* § 6.6 精馏原理	271
§ 6.7 二组分液态部分互溶系统及完全不互溶系统的气-液 平衡相图	273
1. 部分互溶液体的相互溶解度	273
2. 共轭溶液的饱和蒸气压	274
3. 部分互溶系统的温度-组成图	275
4. 完全不互溶系统的温度-组成图	277
§ 6.8 二组分固态不互溶系统液-固平衡相图	278
1. 相图的分析	279
2. 热分析法	280
3. 溶解度法	282
§ 6.9 二组分固态互溶系统液-固平衡相图	284
1. 固态完全互溶系统	284
2. 固态部分互溶系统	285
§ 6.10 生成化合物的二组分凝聚系统相图	287
1. 生成稳定化合物系统	288
2. 生成不稳定化合物系统	288
§ 6.11 三组分系统液-液平衡相图	290
1. 三组分系统的图解表示法	290
2. 三组分系统一对液体部分互溶的恒温液-液相图	291
3. 温度对相平衡影响的表示法	292
习题	293
附录一 国际单位制	300
附录二 希腊字母表	303
附录三 基本常数	304
附录四 换算因数	305

附录五	元素的相对原子质量表(1997)	306
附录六	某些物质的临界参数	308
附录七	某些气体的范德华常数	309
附录八	某些气体的摩尔定压热容与温度的关系	310
附录九	某些物质的标准摩尔生成焓,标准摩尔生成吉布斯函数、 标准摩尔熵及摩尔定压热容	311
附录十	水溶液中某些溶质的标准摩尔生成焓、标准摩尔生成吉布斯 函数、标准摩尔熵	315
附录十一	水溶液中某些离子的标准摩尔生成焓、标准摩尔生成吉布斯 函数、标准摩尔熵及标准摩尔定压热容	316
附录十二	某些有机化合物的标准摩尔燃烧焓	318

绪 论

§ 0.1 物理化学课程的内容

化学是研究物质性质与变化的科学。自然界的物质是由大量的分子、原子等构成的,所以,从微观上看,化学所研究的物质变化,实质上就是分子、原子间相互作用、相互结合方式及运动方式的变化。这些分子、原子相互作用及相对运动均具有一定的能量,故相互作用及运动方式的变化亦引起能量形式的变化,因而物质变化的化学现象常常伴随着热、电、光、声等物理现象。作为化学学科的一个分支,物理化学就是从化学现象与物理现象的联系去寻找化学变化规律的学科。物理化学要用物理的理论及实验方法来研究化学的一般理论问题。正是由于它所研究的是普遍适用于各个化学分支的理论问题,所以物理化学曾称为理论化学。

物理化学的主要理论支柱是热力学、统计力学和量子力学。热力学适用于宏观系统,量子力学适用于微观系统,统计力学则为二者的桥梁。原则上用统计力学方法能通过个别分子、原子的微观数据来推断或计算物质的宏观性质。

物质通常呈气、液或固三种聚集状态。物质的任一均匀状态均称为相。物理化学主要研究物质的相变化及化学变化,可统称为物理化学变化。

研究物质的相变化及化学变化,主要是研究变化的可能性和变化的速率这两个基本问题。所谓变化的可能性指的是一定条件下变化可能进行的方向,以及变化可能达到的限度。一定条件下物质变化的限度是该条件下的平衡状态,简称平衡态。物质总是向着平衡态的方向变化,达到平衡态就达到了变化的限度。所以研究可能性问题归根结底就是研究平衡问题。化学热力学的主要任务就是研究物质变化引起的能量转化及变化可能性问题,亦即平衡问题。

一定条件下有一定的平衡态,条件改变时平衡态也要改变。研究变化可能性,实际是研究条件改变前后平衡态之间变化的可能性。所以经典热力学研究的可能性问题并不涉及变化所需的时间,若想知道变化所需的时间,就必须再研究变化的速率,而化学反应的速率问题则属于化学动力学的研究范畴。

为了进一步揭示物质变化的内在原因,还需要从微观角度研究分子、原子结

构及微观粒子的运动规律,这就属于结构化学及量子化学问题。所以物理化学由化学热力学、化学动力学和结构化学三大部分组成。

由于气体是气、液、固三态中最简单的一种聚集状态,气态物质的变化在物质变化中最有典型意义,所以物理化学课程一般都由气态的学习开始,然后再学习化学热力学基础。后者包括热力学第一定律和第二定律两个基本定律。此外,还要学习热力学第三定律,以便为化学平衡的计算打下基础。随后再应用这些定律来具体地研究相平衡和化学平衡以解决相变化及化学变化的可能性问题。

物质的变化与能量形式的转化是同一事物的两个不同侧面。前面关于相平衡和化学平衡的研究中所涉及到的主要是化学能与热能间的转化。此外,化学能与电能及界面能之间的转化具有特殊的意义,所以本书单列电化学及界面现象两章来讨论这些问题。

自然界的物质常以高度分散的状态而广泛地存在于生产过程及日常生活之中,这种分散系统具有另外一些特殊的规律,这些规律将在胶体化学一章中介绍。

变化的速率问题是与变化可能性问题并列的重要内容。研究化学反应的速率,主要是研究浓度、温度、催化剂、光照射、扩散等因素对反应速率的影响。而要深入了解这些因素影响反应速率的本质,则须进一步研究反应机理及反应速率理论,这些重要问题都是化学动力学的研究范围。

为了学科体系的完整性,本课程还包括了量子力学基础和统计热力学的初步知识。通过这方面的学习,可学到沟通微观规律和宏观现象的统计力学方法,这些内容是深入研究化学热力学及化学动力学的重要基础。

§ 0.2 学习物理化学的要求及方法

如上所述,物理化学是一门研究物质性质及物质变化规律的基础理论课程,因此,凡是要促使物质发生变化以转变为具有优良性质的产品的众多专业,如化工、材料、轻工、冶金等都必须把物理化学课程的学习放在十分重要的地位。

为了学好物理化学课程,每位初学者都应该根据自己的经验摸索出一套适合本身特点的学习方法。下面所建议的方法可供读者学习时参考。

为了学好物理化学课程,首先要联系实际进行思考,并努力学会运用所学理论解释及解决实际问题。

初学者往往感到物理化学的概念、理论太抽象,难以捉摸。其实这些概念、理论都是从客观实际中概括、归纳出来的,学习时如能时刻都联系客观现象进行