



普通高等教育“十三五”规划教材
高等学校环境科学与工程专业教材

环境科学与工程综合实验



Comprehensive Experiments of Environmental
Science and Engineering

马 涛 曹英楠 主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位



环境科学与工程综合实验

Comprehensive Experiments of Environmental
Science and Engineering



上架建议：环境科学

了解更多



中国轻工业出版社二维码

ISBN 978-7-5184-1266-2



9 787518 412662 >

定价：36.00元

普通高等教育“十三五”规划教材
高等学校环境科学与工程专业教材

环境科学与工程综合实验

| 马涛 曹英楠 主编 |

图书在版编目 (CIP) 数据

环境科学与工程综合实验/马涛, 曹英楠主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2017. 5

普通高等教育“十三五”规划教材 高等学校环境科学与工程专业教材

ISBN 978-7-5184-1266-2

I. ①环… II. ①马… ②曹… III. ①环境科学—实验—高等学校—教材 ②环境工程—实验—高等学校—教材 IV. ①X-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 326728 号

责任编辑: 江 娟 王 朗

策划编辑: 王 朗 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2017 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 14

字 数: 340 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-1266-2 定价: 36.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

160728J1X101ZBW

本书编委会

主 编 马 涛 内蒙古工业大学
曹英楠 内蒙古工业大学

副主编 张晓晶 内蒙古农业大学
贾永芹 内蒙古农业大学

参 编 王丽萍 内蒙古农业大学
王利明 内蒙古农业大学
卢俊平 内蒙古农业大学
伊三悌 内蒙古工业大学
罗 颖 内蒙古工业大学
孙 英 呼和浩特市环境监测中心站

前 言

环境科学与工程学科是一个庞大的学科体系，是具有较强的交叉性、综合性和实践性的学科。许多污染现象的解释、污染治理技术、处理设备的设计参数及运行方式的确定，都需要通过实验解决。因此在教学中做好实践技能教学，对于培养学生的实践能力和创新能力尤为重要。

环境工程实验是环境工程学科的重要组成部分，是学生、科研和工程技术人员理解和掌握环境污染原因及治理污染的一个重要手段。通过实验研究可以掌握污染物在自然界的迁移转化规律，为环境保护工作提供依据；掌握污染物治理过程中污染物去除的基本规律，以改进和提高现有的处理技术及设备；实现污染设备的优化设计和优化控制；解决污染物治理技术开发中的放大问题。

现阶段，我国高等学校环境工程、环境科学专业的教材主要为理论课教材，专业基础课和专业课实验的内容大多分散于理论课教材中，一般采用各门课程单独使用实验讲义的方式来进行实验教学。课程知识之间比较独立，缺乏系统性和完整性，而且综合性、设计性、思考性实验较少，对于新设备、新技术、新方法等，不能及时在实验教学中加以跟进。加之各个高校环境工程、环境科学专业的基础、着重点、历史沿袭等特色各异，课程设置和培养目标不尽相同。

编制环境工程、环境科学专业实验技术指导教程的宗旨是培养学生理论与实际相结合的操作技能和实事求是、精益求精的科学态度，以及分析问题和解决问题的实践能力。同时，突出环境类专业的学科特色，构建合理的教学体系，提高实验教学的教学水平。

《环境科学与工程综合实验》简单扼要地介绍了实验的基础理论、实验方法、实验设计及数据处理等方面知识。根据实验室的仪器、装备、条件及环境类实验教学需要的情况，编制了环境类相关的基础实验及综合性应用实验。从相关知识的交叉点和整体的学科系统性出发，加入了科研、生产实践中的实验操作方法。内容主要覆盖了环境类专业的专业基础课、专业课的实验内容，含有基础验证、演示实验、综合性实验、设计性实验、开放性实验等内容。实验项目的选择是以多方面的综合要求为依据，整合环境类各门课程的单一实验，以多方面知识点结合为依据，对各门课程所开设的实验项目进行了设置和划分，避免了实验内容的重复性及单一性，并注意联系生产实际中污染监测及关注技术发展趋势。在实验装置设计、实验方法等方面，力求做到开放性、设计性及实验项目的实用性、正确性和科学性，具有系统、科学、实用性强等特点。同时，加入新设备、新技术等方面的分析应用实验，对提高学生的动手能力、开阔眼界、培养学生综合运用所学知识来解决实际工作问题的能力有很大的帮助。

目 录

绪 论	1
一、实验的教学目的	1
二、实验的基本程序	1
三、实验的教学要求	2
第一章 环境工程微生物学实验	3
第一节 基础性实验	3
一、光学显微镜的使用及微生物形态的观察	3
二、微生物的计数	6
三、微生物的染色	8
第二节 应用微生物学基本知识点	10
一、培养基的制备和灭菌	11
二、微生物的分离、培养和接种技术	16
三、纯培养菌种的菌体、菌落形态特征观察	20
四、紫外线杀菌实验	22
五、水体中细菌菌落总数的测定	24
六、水中大肠菌群数的测定	26
七、空气中浮游微生物的测定	31
八、土壤中微生物的测定	32
第二章 水污染控制工程实验	34
第一节 水处理基础知识	34
一、水处理内容	34
二、水处理的方法分类	34
第二节 基础性实验	35
一、沉淀基础知识	35
二、澄清基础知识	43
三、过滤基础知识	47
第三节 演示性实验	48
一、滤池过滤与反冲洗实验	48
二、普通快滤池实验	51
三、虹吸滤池实验	52
四、软化实验	54

五、气浮法实验	56
第四节 好氧生物处理法基础知识	59
一、活性污泥性质的测定	59
二、完全混合式活性污泥法实验	62
三、清水曝气充氧实验	64
第五节 综合性实验	67
一、活性污泥耗氧速率测定及废水可生化性与毒性评价	67
二、水体富营养化程度的评价	71
第三章 大气污染控制工程实验	75
第一节 基础性实验	75
一、粉尘粒径分布测定实验	75
二、袋式除尘器性能测定实验	80
三、静电除尘器性能测定实验	88
四、碱液吸收法净化气体中的二氧化硫实验	96
五、吸附法净化气体中的氮氧化物实验	104
第二节 综合性实验	108
一、催化转化法去除烟气氮氧化物实验	108
二、室内空气中甲醛测定实验	112
第四章 噪声污染控制工程实验	117
第一节 基础性实验	117
一、噪声测量仪器的使用	117
二、城市道路交通噪声测定	117
第二节 综合性实验	119
第五章 环境监测实验	121
第一节 基础性实验	121
一、废水悬浮物浓度和浊度的测定	121
二、色度的测定	123
三、氨氮的测定	125
四、化学需氧量 (COD) 的测定	127
五、五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定	130
六、水中氟化物的测定	135
七、水中铬的测定	137
八、废水中酚类的测定	140
九、污水中油的测定	143
十、废水中苯系化合物的测定	146
十一、大气中总悬浮颗粒物的测定	148
十二、大气中二氧化硫的测定	150
十三、大气中氮氧化物的测定	153

十四、大气中一氧化碳的测定	156
十五、土壤中金属元素镉的测定	157
十六、环境噪声监测	158
十七、工业废渣渗漏模型实验	160

第二节 综合性实验	161
一、城市区域空气质量监测	161
二、河流环境质量基础调查	162
三、校园声环境质量现状监测与评价	162

第六章 固体废物处理与处置实验	165
-----------------------	-----

第一节 基础性实验	165
一、固体废物热值的测定	165
二、固体废物的破碎筛分实验	171
三、固体废物的好氧堆肥实验	172
四、污泥比阻的测定实验	173
第二节 综合性实验	178
一、土柱或有害废弃物渗滤和淋溶实验	178
二、生活垃圾厌氧堆肥产气实验	181

第七章 环境土壤学、生态学实验	184
-----------------------	-----

第一节 土壤样品的采集与制备	184
一、实验目的	184
二、样品采集方法	184
三、制备方法	185
四、需用仪器工具	185
五、注意事项	185
六、思考题	185

第二节 土壤 pH 的测定	186
一、实验目的	186
二、测定方法	186
三、注意事项	189
四、思考题	189

第三节 土壤有机质的测定	190
一、实验目的	190
二、实验原理	190
三、实验仪器及试剂	190
四、样品的选择和制备	191
五、实验步骤	191
六、结果计算	192
七、注意事项	192

八、思考题	192
第四节 土壤可溶盐总量的测定	192
一、实验目的	192
二、水浸提液的制备	193
三、可溶性盐总量的测定	194
四、注意事项	196
五、思考题	197
第五节 生态环境中生态因子的观测与测定	197
一、实验目的	197
二、实验仪器	197
三、实验内容	197
四、思考题	198
第六节 叶片缺水程度的鉴定	198
一、实验目的	198
二、实验原理	198
三、实验仪器	198
四、实验内容	199
五、电导率仪操作	199
六、思考题	200
第七节 温度胁迫对植物过氧化物酶 (POD) 活性的影响	200
一、实验目的	200
二、实验原理	200
三、实验仪器	200
四、实验内容	200
五、思考题	201
第八节 盐胁迫对植物的影响	201
一、实验目的	201
二、实验仪器	201
三、实验内容	201
四、思考题	203
第八章 数字模拟技术在实验中的应用与发展	204
第一节 数字模拟技术	204
一、数字模拟技术对传统实验的提升	204
二、多媒体仿真实验	205
三、拓展演示实验	205
四、优化实验方案设计	205
第二节 城市污水处理仿真系统	205
一、工程简介	205

二、运行数据	206
三、污水处理方法及工艺流程	206
四、主要构筑物	207
五、工艺流程、工艺参数与控制方案	208
第三节 环境空气自动监测系统应用	209
一、系统组成	209
二、系统参数	210
三、主要技术指标	210
四、系统功能	211
参考文献	212

绪 论

环境工程是建立在实验基础上的学科。许多污染现象的解释,污染治理技术、处理设备的设计参数和操作运行方式的确定,都需要通过实验解决。例如,污水处理中混凝沉淀所用药剂种类的选择和生产运行条件的确定,以及采用热解焚烧技术处理固体废物时工艺参数的确定等,都需要通过实验测定,才能较合理地进行工程设计。

环境工程实验是环境工程学科的重要组成部分,是科研和工程技术人员解决环境污染治理中各种问题的一个重要手段。通过实验研究,可以解决下述问题:

- (1) 掌握污染物在自然界的迁移转化规律,为环境保护提供依据。
- (2) 掌握污染治理过程中污染物去除的基本规律,以改进和提高现有的处理技术及设备。
- (3) 开发新的污染治理技术和设备。
- (4) 实现污染治理设备的优化设计和优化控制。
- (5) 解决污染治理技术开发中的系统问题。

一、实验的教学目的

实验教学的宗旨是使环境类本科学生理论联系实际,实验教学是培养学生观察问题、分析问题和解决问题能力的一个重要方面。本课程的教学目的有以下几方面:

- (1) 加深学生对基本概念的理解,巩固新的知识。
- (2) 使学生了解如何进行实验方案的设计,并掌握环境工程实验研究方法和基本测试技术。
- (3) 通过实验数据的整理使学生初步掌握数据分析处理技术,包括如何收集实验数据、如何正确地分析和归纳实验数据、如何运用实验成果验证已有的概念和理论等。

二、实验的基本程序

为了更好地实现教学目标,下面简单介绍实验工作的一般程序。

1. 提出问题

根据已经掌握的知识,提出打算验证的基本概念或探索研究的问题。

2. 设计实验方案

确定实验目标后要根据人力、设备、药品和技术能力等方面的具体情况进行实验方案的设计。实验方案应包括实验目的、实验装置、实验步骤、测试项目和测试方法等内容。

3. 实验研究

- (1) 根据设计好的实验方案进行实验,按时进行测试。
- (2) 收集实验数据。
- (3) 定期整理分析实验数据 实验数据的可靠性和定期整理分析是实验工作的重要环

节,实验者必须经常用已掌握的基本概念分析实验数据。通过数据分析加深对基本概念的理解,并发现实验设备、操作运行、测试方法和实验方向等方面的问题,以便及时解决,使实验工作能较顺利地进行。

4. 实验小结

通过系统分析实验数据,对实验结果进行评价。实验小结的内容包括以下几个方面:①通过实验掌握了哪些新的知识;②是否解决了提出研究的问题;③是否证明了文献中的某些论点;④实验结果是否可用于改进已有的工艺设备和操作运行条件或设计新的处理设备;⑤当实验数据不合理时,应分析原因,提出新的实验方案。

三、实验的教学要求

实验的教学要求一般有以下几个方面。

1. 课前预习

为完成好每个实验,学生在课前必须认真阅读实验教材,清楚了解实验项目的目的要求、实验原理和实验内容,写出简明的预习提纲。预习提纲包括:①实验目的和主要内容;②需测试项目的测试方法;③实验注意事项;④实验记录表格。

2. 实验设计

实验设计是实验研究的重要环节,是获得满足要求的实验结果的基本保障。在实验教学中,宜将此环节的训练放在部分实验项目完成后进行,以达到使学生掌握实验设计方法的目的。

3. 实验操作

学生实验前应仔细检查实验设备、仪器仪表是否完整齐全。实验时要严格按照操作规程认真操作,仔细观察实验现象,精心测定实验数据,并详细填写实验记录表。实验结束后,要将实验设备和仪器仪表恢复原状,将周围环境整理干净。学生应注意培养自己严谨的科学态度,养成良好的学习、工作习惯。

4. 实验数据处理

通过实验取得大量数据以后,必须对数据进行科学的整理分析,去伪存真,去粗取精,以得到正确、可靠的结论。

5. 编写实验报告

编写实验报告是实验教学必不可少的环节,这一环节的训练可为学生今后写好科学论文或科研论文打下基础。实验报告包括:①实验目的;②实验原理;③实验装置和方法;④实验数据和数据整理结果;⑤实验结果讨论。

第一章 环境工程微生物学实验

环境工程微生物学的研究对象是：在研究微生物一般特性的基础上，重点研究环境预防与环境治理中的微生物形态与生态、饮用水卫生学、自然环境中物质的循环与转化。环境工程微生物学的研究任务是：充分利用有益的微生物资源解决环境污染问题，包括环境工程微生物净化的原理与方法等研究。

第一节 基础性实验

一、光学显微镜的使用及微生物形态的观察

普通光学显微镜是一种精密的光学仪器。早期的显微镜仅由少数几块透镜组成，难以消除物像的像差和色差。近代的显微镜由一套精密磨制的透镜组成，已能较好地消除像差和色差，并能将物体放大 1500~2000 倍。

(一) 实验目的

- (1) 掌握光学显微镜的结构、原理，学习显微镜的操作方法和保养。
- (2) 观察细菌的个体形态。
- (3) 学习生物图的绘制方法。

(二) 实验内容

- (1) 仪器和材料 光学显微镜、擦镜纸、香柏油、标本片。

- (2) 实验内容及操作步骤

- ①做好实验前的准备工作。

- ②显微镜低倍镜、高倍镜的操作。先用低倍镜观察，旋转转换器换高倍镜，应注意避免与标本片相碰。

- ③油镜的操作。

- ④观察并绘制微生物个体形态简图。

- ⑤擦拭镜头和标本片。

- ⑥将所用仪器归位。

- (3) 显微镜的构造 显微镜分机械装置和光学系统两部分（图 1-1）。

- ①机械装置

镜筒：镜筒上端装目镜，下端接转换器。

转换器：转换器装在镜筒的下方，其上有 3~5 个孔。不同规格的物镜分别安装在各孔上。

载物台：载物台为方形（多数）和圆形的平台，中央有一光孔，孔的两侧各装一个夹

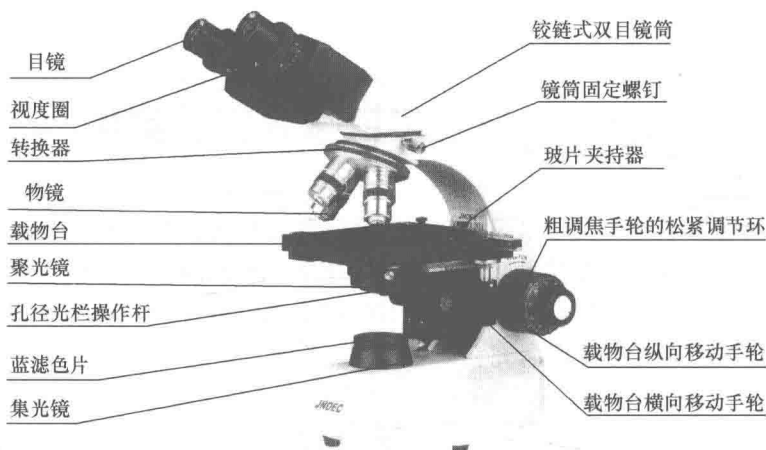


图 1-1 显微镜的结构

片，载物台上还有移动器（其上有刻度标尺），可纵向和横向移动，移动器的作用是夹住和移动标本。

镜臂：镜臂支撑镜筒、载物台、聚光器和调节器。镜臂有固定式和活动式（可改变倾斜度）两种。

镜座：镜座为马蹄形，支撑整台显微镜，其上有反光镜。

调节器：包括大、小螺旋调节器（调焦距）各一个，可调节物镜和所需观察的物体之间的距离。调节器有装在镜臂上方或下方两种，装在镜臂上方的是通过升降镜臂来调焦距，装在镜臂下方的是通过升降载物台来调节焦距，新式显微镜多半装在镜臂的下方。

②光学系统

目镜：显微镜一般备有几个不同规格的目镜。例如，10 倍（ $10\times$ ）、16 倍（ $16\times$ ）。

物镜：物镜装在转换器的孔上，物镜有低倍（ $8\times$ 、 $10\times$ 、 $20\times$ ）、高倍（ $40\times$ ）及油镜（ $100\times$ ）。显微镜的总放大倍数为物镜放大倍数和目镜放大倍数的乘积。

聚光镜：聚光镜安装在载物台的下面，反光镜反射来的光线通过聚光器被聚集成光锥照射到标本上，可增强透明度，提高物镜的分辨率。聚光镜可上下调节，它中间装有光圈，可调节光亮度，在看高倍镜和油镜时需调节聚光镜，合理调节聚光镜的高度和光圈的大小，可得到适当的光照和清晰的图像。

反光镜：反光镜装在镜座上，有平、凹两面，光源为自然光时用平面镜，为灯光时用凹面镜。

蓝滤色片：需用滤光片时，可将滤光片放在聚光镜下可变光栏拖架上。

(4) 显微镜的操作

①低倍镜的操作

- a. 置显微镜于固定的桌上。
- b. 旋转转换器，将低倍镜移到镜筒正下方，和镜筒对正。
- c. 打开灯光，同时用眼对准目镜，使视野亮度均匀。

d. 将标本片放在载物台上,使观察的目的物置于圆孔的正中。

e. 孔径光栏的调节。通常,当孔径光栏开启到物镜出瞳的70%~80%时,就可以得到足够对比度的良好图像。要观察孔径光栏像,可取下目镜,从空目镜筒中往下看物镜出瞳。具体如图1-2所示。

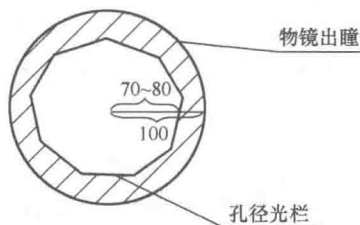


图1-2 孔径光栏的调节

f. 转轴式双目镜筒调节

瞳距调节:转轴式双目镜筒的瞳距标志在上表面的黑色圆形刻度板上,瞳距范围为55~75mm,以满足不同操作者的瞳距要求,使左、右目镜中的图像合并。

视度的调节:转动视度圈,使视度圈上的零刻度线与其下端的白点对齐,此时是零视度位置,对于左右眼视度不等的操作者,调节视度,可达到双眼同时看清图像的目的。

g. 将粗调节器向下旋转(或载物台向上旋转),眼睛注视物镜,以防物镜和载玻片相碰。当物镜的尖端距载玻片0.5cm处时停止旋转。

h. 左眼向目镜里观察,将粗调节器向上旋转,如果见到目的物,但不十分清楚,可用细调节器调节,至目的物清晰为止。

i. 如果粗调节器旋得太快,使超过焦点,必须从g步重调,不应正视目镜情况下调粗调节器,以防没把握的旋转使物镜与载玻片相碰撞坏。

j. 观察时两眼同时睁开(双眼不感疲劳)。单筒显微镜应习惯用左眼观察,以便于绘图。

②高倍镜、油镜的操作

a. 如果用高倍镜观察目的物未能看清,可用油镜。先用低倍镜和高倍镜检查标本片,将目的物移到视野正中。

b. 在载玻片上滴一滴香柏油(或液体石蜡),将油镜移至正中,使油镜头浸没在油中,刚好贴近载玻片。如果有气泡进入油层,会使像质变差,要驱出气泡,可转动转换器若干次或再加一点油,再使用调节器微微向上调(切记不能用粗调节器)即可。

c. 油镜观察完毕,用擦镜纸将镜头上的油擦净,另用擦镜纸蘸少许二甲苯擦拭镜头,再用擦镜纸擦干。

(5) 显微镜的维护与保养

显微镜的光学系统是显微镜的主要部分,尤其是物镜和目镜。

①避免直接在阳光下曝晒。

②避免和挥发性药品或腐蚀性酸类一起存放,碘片、酒精、盐酸和硫酸等对显微镜金属质机械装置和光学系统都是有害的。

③透镜的清洁最好用柔软的刷子或纱布,更多的较顽固的污迹可以用干净的软棉布、镜头纸或纱布蘸上无水酒精轻轻地擦去。欲从油浸物镜上擦去浸油,应使用镜头纸蘸上二甲苯轻轻擦去。同时注意不要用二甲苯清洗双目镜筒底部的人射透镜或目镜筒内的棱镜表面。纯酒精和二甲苯均易燃烧,在将电源开关打开或关闭时特别要当心着火。

④不能随意拆卸显微镜,尤其是物镜、目镜、镜筒。机械装置经常加润滑油,以减少因摩擦而受损。

⑤当显微镜不用时,要用塑料罩盖好,并贮放在干燥的地方以免发霉。

⑥为保持显微镜的性能,建议进行定期检查。

(三) 微型后生动物个体形态的观察

1. 仪器和材料

(1) 显微镜、擦镜纸、吸水纸。

(2) 酵母菌、霉菌示范片、藻类培养液及活性污泥混合液(内有原生动物和微型后生动物)。

2. 实验内容和操作方法

(1) 严格按显微镜的操作方法,用低倍镜和高倍镜观察酵母菌和霉菌的示范片,绘制形态图。

(2) 用压滴法制作藻类、原生动物和微型后生动物的标本片。制作方法如图1-3所示。取一片干净的载玻片放在实验台上,用一支滴管吸取试管中藻类培养液于载玻片的中央,用干净的盖玻片覆盖在液滴上(注意不要有气泡)即成标本片。用低倍镜和高倍镜观察。

(3) 用压滴法观察活性污泥中的原生动物和微型后生动物。

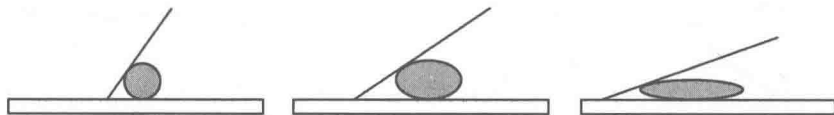


图1-3 压滴法制作标本的过程

(四) 思考题

(1) 简述显微镜包括哪些部分?

(2) 使用油镜前为什么要先用低倍镜和高倍镜检查?

二、微生物的计数

(一) 实验目的

(1) 掌握细菌的直接计数法技术。

(2) 学会几种细菌直接计数法的应用。

(二) 实验原理

细菌直接计数法包括计数板法、涂片染色法、比例计数法等,计数板法最为常用。该法是根据测定对象选用特制的载玻片(即计数板),其上刻有已知面积的大小方格(即计数格),当盖上盖玻片后,盖玻片与计数格间的高度为已知,因此计数格的容积为一定。根据在显微镜下测得的该计数格中的微生物个数,可换算出单位体积待测液中所含微生物数。

(三) 实验仪器

显微镜、血球计数板、吸管、盖玻片等。