



河南水利與環境職業學院

HENAN VOCATIONAL COLLEGE OF WATER CONSERVANCY AND ENVIRONMENT

水资源与水环境虚拟仿真平台

实

训

手

册



目 录

第一章 概述	1
1.1 概述	1
1.2 主要功能	1
1.3 软件性能	2
1.4 运行环境介绍	2
第二章 系统功能的操作说明	3
2.1 启动系统	3
2.2 采取水样	3
2.3 虚拟实验	6
2.4 水质评价	31
2.5 最小化系统	32
2.6 退出系统	32

第一章 概述

1.1 概述

通过系统内交互性操作，完成叶绿素 a、总磷、生产率等数据的收集与测定，并根据测定数据进行水体富营养化评价及结果分析，完成水资源与水环境虚拟仿真平台。

1.2 主要功能

(1) 基于三维仿真技术，建立河湖水质监测三维虚拟实训场景，所有的实验都基于该场景进行操作。

(2) 系统支持对常见水质监测仪器的认知和交互式操作，认知对象包括：分光光度计、真空抽滤装置、过滤装置、高压消解锅。

(3) 系统支持根据河流规模进行监测断面、采样垂线和采样点的布设，其中断面类型包括：对照断面（污染源上游）、控制断面（污染源下游）和削减断面（污染源更下游）。

(4) 支持用户对采样器和盛样器的选择、采取水样、水样预处理及保存方法进行学习。

(5) 系统支持用户对常见水质指标叶绿素 a、总磷、初级生产力等内容进行互动学习。

(6) 支持对采用三维虚拟互动的方式，总磷采用钼锑抗光光度法（参考 GB11893-89）测定的实验工序操作功能，步骤要求详见总磷测定工序要求。

(7) 支持对叶绿素 a 的测定方法——丙酮+分光光度法（参考 HJ897-2017）的实验工序操作功能。

(8) 支持对初级生产力采用“黑白瓶”法（参考 GB7489-87、SL354-2006）测定的实验工序操作功能。

(9) 支持对测出水质进行综合营养状态评价。

(10) 支持对测出的水质评价和营养状态评价的分级显示。

(11) 支持一键生成实训报告，包括相关的计算参数数值、技术指标等内容。

(12) 系统满足考核、分析、评测等功能，并支持管理员自行导出考核结果。

1.3 软件性能

水资源与水环境虚拟仿真平台使用过程运行流畅，系统运行时占用 CPU 不超过 30%。

1.4 运行环境介绍

操作系统： Windows 7(或以上) 64 位操作系统

硬盘： 建议 120G 以上；

内存： 建议 8G 以上；

最佳显示分辨率： 1920*1080

I5 系列处理器及以上配置

本软件只能运行在中文操作系统上,软件本身为中文版本,不支持其他语种版本。



第二章 系统功能的操作说明

2.1 启动系统

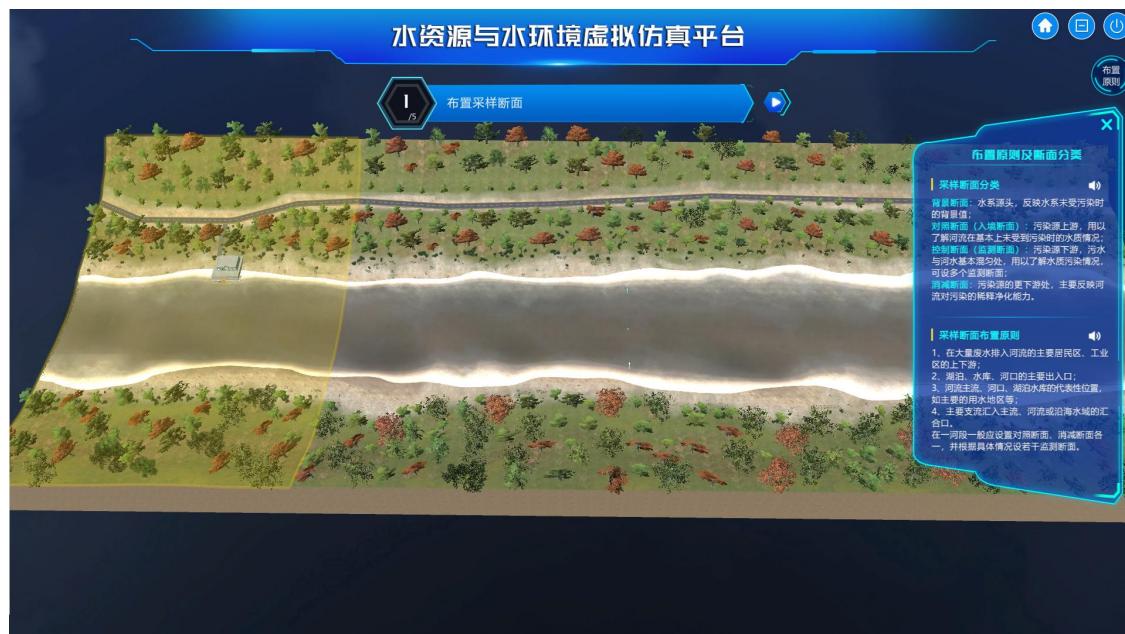
运行“水利水电工程虚拟仿真实训中心”，选择“水利工程虚拟仿真实训系统”工程下的“水资源与水环境虚拟仿真平台”，点击开始学习按钮，进入平台主页面，如下图：



水资源与水环境虚拟仿真平台系统包含三部分内容：采取水样、虚拟实验、水质评价。

2.2 采取水样

进入水资源与水环境虚拟仿真平台主页选择“采取水样”模块进入采水样页面，根据程序提示信息完成操作，如下图：



1、布置采样断面

(1) 采样断面分类:

背景断面: 水系源头, 反映水系未受污染时的背景值;

对照断面(入境断面): 污染源上游, 用以了解河流在基本上未受到污染时的水质情况;

控制断面(监测断面): 污染源下游, 污水与河水基本混匀处, 用以了解水质污染情况, 可设多个监测断面;

消减断面: 污染源的更下游处, 主要反映河流对污染的稀释净化能力。

(2) 采样断面布置原则:

在大量废水排入河流的主要居民区、工业区的上下游;

湖泊、水库、河口的主要出入口;

河流主流、河口、湖泊水库的代表性位置, 如主要的用水地区等;

主要支流汇入主流、河流或沿海水域的汇合口;

在一河段一般应设置对照断面、消减断面各一, 并根据具体情况设若干监测断面。

(3) 鼠标点击页面高亮闪烁区域, 选择断面;



(4)暂停操作: 点击操作步骤后面的 按钮, 可以暂停当前步骤, 点击 按钮继续实验操作。

2、布置采样垂线

(1) 布置原则: 布置采样垂线前, 先查看布置原则;

布置原则

水面宽度	采样垂线	岸边有污染带	相对范围
<50	1条(中)	如一边有污染带, 增	
50~100	左、中、 右3条	3条	左、右设在 距湿岸5~10m
100~1000	左、中、 右3条	5条(增加岸边两条)	岸边垂线 距湿岸边5~10m
>1000	3~5条	7条	

(2) 鼠标点击页面高亮闪烁区域, 布置垂线。

3、布置采样点

根据水深在采样垂线上布置采样点,为了避免采集到漂浮的固体和河底沉积物, 规定至少在水面以下、河底以上 0.5m 处采样。

水深 (m)	采样	位置	说明
<5	1	水面下 0.5m	水深不足 1m 时, 取 1/2 水深
5~10	2	水面下 0.5m, 河底上 0.5m	
>10	3	水面下 0.5m, 1/2 水深河底	

4、选择采样器和盛样器

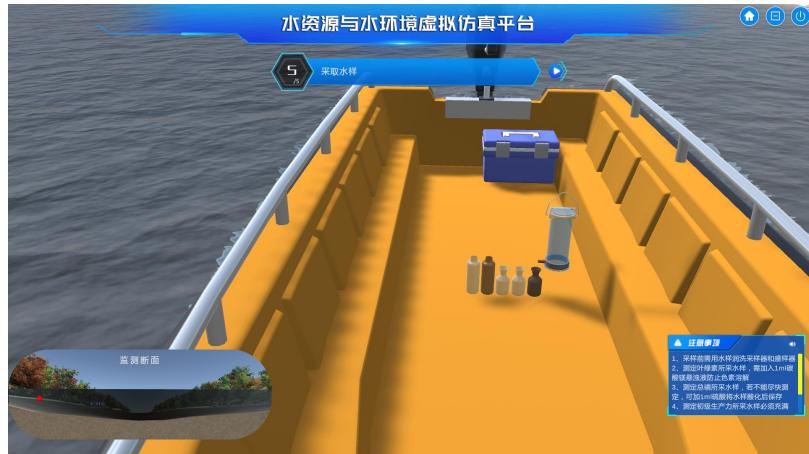
(1) 选择采样器: 根据所要测定的指标选择采样器材质



(2) 选择盛样器: 分别选择测定叶绿素 a 实验、总磷测定、初级生产力测定实验的盛样器。



5、采取水样:



- (1) 采样前需用水样润洗采样器和盛样器;
- (2) 测定叶绿素所采水样，需加入 1ml 碳酸镁悬浊液防止色素溶解;
- (3) 测定总磷所采水样，若不能尽快测定，可加 1ml 硫酸将水样酸化后保存
- (4) 测定初级生产力所采水样必须充满；瓶;水样分为初始瓶、黑瓶、白瓶，初始瓶立即测定，黑瓶和白瓶培养 24h 后再测定。

备注：采取水样步骤自动运行，支持暂停和继续操作，同时系统自动播放采取水样过程中的注意事项内容。

6、采取水样操作完成，点击 按钮，返回实验步骤选择页面。

2.3 虚拟实验

水资源与水环境虚拟仿真平台包含叶绿素 a 测定、总磷测定、初级生产力测定三个实验。选择实验，点击“进入模块”按钮，进入实验主页面。



在实验过程中，点击 按钮，回到虚拟实验选择页面。

2.3.1 叶绿素 a 测定

在实验系统选择页面, 选择“叶绿素 a 测定”实验, 点击“进入模块”按钮, 进入叶绿素 a 测定实验页面。

2.3.1.1 预习模块

1、实验认知

实验认知包含: 实验原理及实验步骤; 实验步骤参考 HJ897-2017, 点击  按钮可以播放步骤语音。



2、实验器材认知

对实验器材进行仿真认知, 了解实验器材的作用、使用范围等信息。



(1) 叶绿素 a 测定实验器材包含分光光度计、比色皿、水样瓶、滤膜、研钵、离心机、离心管、移液枪、蒸馏水瓶、试剂瓶、过滤装置（已装上滤杯、夹子、真空泵）、采样器、针式滤器;

(2) 实验器材模型展示, 鼠标右键旋转实验器材模型, 从不同角度了解实验器材结构;

(3) 实验器材介绍: 实验器材文字描述介绍和图片展示介绍, 通过图片上  按钮, 放大显示图片。

3、预习考核

在三维虚拟环境内, 对实验所需要的的知识点进行考核, 选择正确方可进行下一步操作。



预习考核内容如下:

(1) 水样过滤后, 需要游样品滤膜破碎研磨, 请找出用于研磨的仪器。

选择实验器材: 研钵

(2) 请在三维场景中找出能够提取叶绿素 a 的溶液?

选择实验器材: 丙酮溶液

(3) 能够通过离心使试样分离的设备是什么?

选择实验设备: 离心机

(4) 用分光光度计测量试样的吸光度时, 设置多少个波长?

选择 C: 4 个

(5) 用分光光度计测量试样的吸光度时, 用蒸馏水作为参比溶液是否正确?

选择 B: 错误

(6) 叶绿素 a 是估算浮游植物生物量的重要指标, 可以通过测定水中浮游植物叶绿素 a 的含量, 掌握水体的初级生产力情况和富营养化水平。

选择 A: 正确

2.3.1.2 实验操作

选择“实验操作”菜单, 进入虚拟实验步骤操作页面, 如下图:



实验操作包含以下内容:

- (1) 实验步骤: 进入实验页面, 显示当前操作的实验步骤, 按顺序操作每个步骤; 上一步骤操作完成后, 自动跳转到下一步;
- (2) 实验过程中, 点击实验步骤后面 按钮, 可暂停或继续实验步骤;
- (3) 注意事项: 实验操作时, 可查看该步骤的注意事项内容;
- (4) 数据记录: 实验过程中需要记录数据时, 弹出数据记录对话框, 可输入实验数据;



(5) 操作仪器提醒: 每个实验步骤操作前, 页面上该步骤应操作的仪器高亮闪烁提醒;

(6) 漫游操作: 在实验室内, 支持第一人称任意漫游, 通过键盘 W(↑)/S(↓)/A(←)/D(→) 控制移动, 鼠标右键控制方向; 按下键盘 Ctrl 下蹲、按住空格键可跳跃;



(7) 视角切换: 通过点击 按钮, 切换上下视角;

(8) 实验步骤汇总: 叶绿素 a 测定包含 15 步实验操作步骤。点击“实验步骤”按钮, 查看实验的所有步骤, 如下图:





(9) 数据记录汇总：实验完成后，点击“数据记录”按钮，查看数据记录结果。



(10) 实验步骤操作完成，系统提示“实验已完成”。

叶绿素 a 测定的实验步骤如下：

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1/15 安装过滤装置； | 2/15 取 0.5L 水样混匀后过滤； |
| 3/15 过滤结束，取出滤膜放入研钵； | 4/15 加入 3~4ml 丙酮溶液并研磨； |
| 5/15 样品移入离心管并定容 10ml； | 6/15 试样萃取后放入离心机； |
| 7/15 试样离心； | 8/15 提取上清液 |
| 9/15 过滤上清液； | 10/15 将试样加入比色皿； |
| 11/15 比色皿放入分光光度计； | 12/15 将丙酮溶液作为参比溶液加入比色皿； |
| 13/15 比色皿放入分光光度计； | 14/15 用分光光度计测量试样吸光度 |
| 15/15 实验数据处理 | |

2.3.1.3 实验考核

选择“实验考核”菜单，进入叶绿素测 a 定实验考核模块，如下图：



实验考核模块包含以下内容：

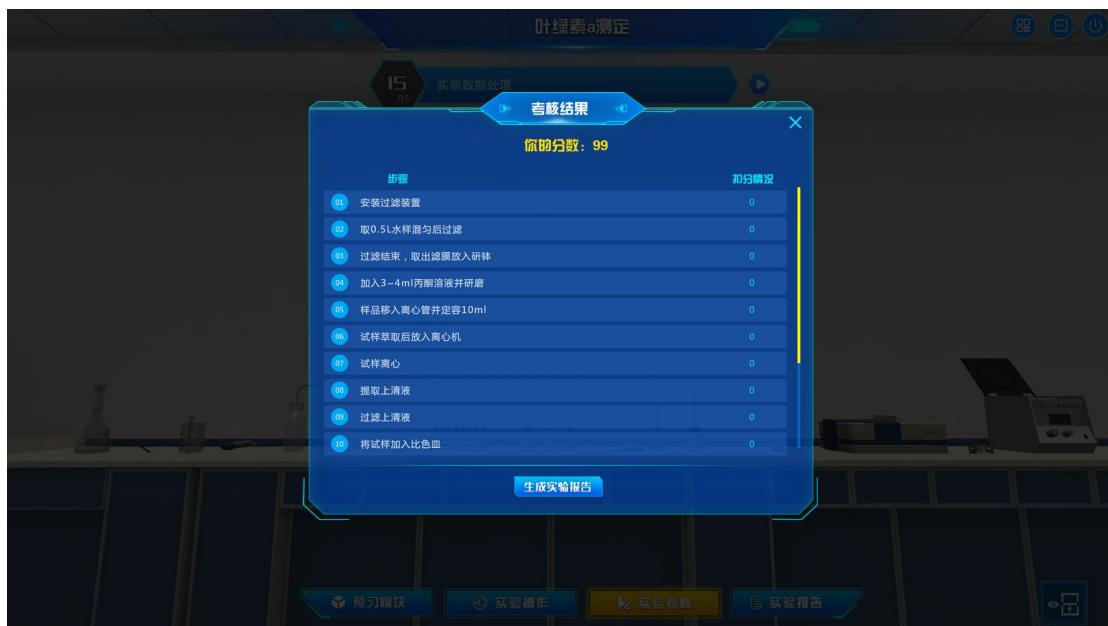
(1) 操作帮助：进入实验考核模块，先瞎看实验操作帮助内容包含场景操作及实验考核说明（每次操作错误或数据填写错误扣 1 分，若能完成考核，最终成绩不低于 60 分，未能完成则不计分。）



- (2) 根据实验步骤，选择实验仪器，进行实验；
- (3) 每一步实验操作步骤只需触发一个实验仪器，选择错误有够分提示，选择正确提示正确，系自动模拟实验操作过程；
- (4) 实验步骤操作完成，进行数据记录并计算，系统支持对计算数据的正确性进行验证；



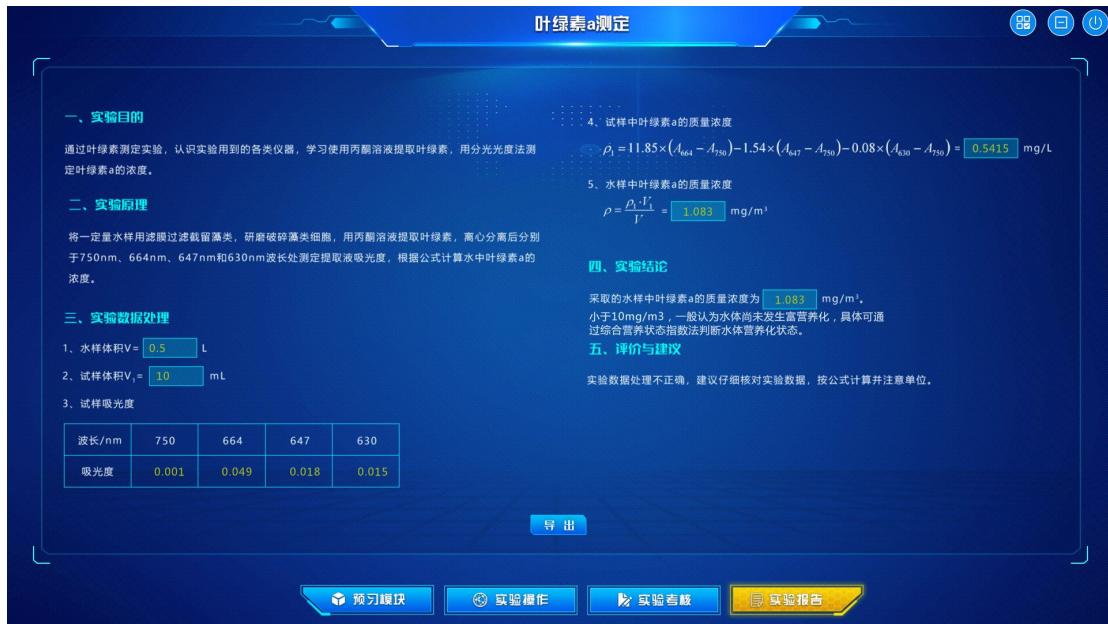
(5) 查看实验结果：实验考核结束，点击“查看结果”按钮，查看当前实验考核扣分情况；



(6) 重新开始实验：实验考核结束，点击“重新实验”按钮可以重新进行实验考核。

2.3.1.4 实验报告

实验考核完成生成实验报告后，才能进入实验报告页面，查看当前生成的报告。



叶绿素a测定

一、实验目的

通过叶绿素测定实验，认识实验用到的各类仪器，学习使用丙酮溶液提取叶绿素，用分光光度法测定叶绿素a的浓度。

二、实验原理

将一定量水样用滤膜过滤截留藻类，研磨破碎藻类细胞，用丙酮溶液提取叶绿素，离心分离后分别于750nm、664nm、647nm和630nm波长处测定提取液吸光度。根据公式计算水中叶绿素a的浓度。

三、实验数据处理

1、水样体积 $V = 0.5$ L
2、试样体积 $V_1 = 10$ mL
3、试样吸光度

波长/nm	750	664	647	630
吸光度	0.001	0.049	0.018	0.015

4、试样中叶绿素a的质量浓度

$$\rho_1 = 11.85 \times (A_{664} - A_{750}) - 1.54 \times (A_{647} - A_{750}) - 0.08 \times (A_{630} - A_{750}) = 0.5415 \text{ mg/L}$$

5、水样中叶绿素a的质量浓度

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot V_1}{V} = 1.083 \text{ mg/m}^3$$

四、实验结论

采取的水样中叶绿素a的质量浓度为 1.083 mg/m³。小于10mg/m³，一般认为水体尚未发生富营养化，具体可通过综合营养状态指数法判断水体营养化状态。

五、评价与建议

实验数据处理不正确，建议仔细核对实验数据，按公式计算并注意单位。

导出

预习模块 实验操作 实验考核 实验报告

实验报告包含以下内容：

- (1) 实验目的：通过叶绿素测定实验，认识实验用到的各类仪器，学习使用丙酮溶液提取叶绿素，用分光光度法测定叶绿素 a 的浓度。
- (2) 实验原理：将一定量水样用滤膜过滤截留藻类。研磨破碎藻类细胞，用丙酮溶液提取叶绿素，离心分离后分别于 750nm、664nm、647nm 和 630nm 波长处测定提取液吸光度，根据公式计算水中叶绿素 a 的浓度。
- (3) 实验数据处理：记录实验考核过程的实验数据和计算数据，包含：水样体积、试样体积、试样吸光度、试样中叶绿素 a 的质量浓度、水样中叶绿素 a 的质量浓度；
- (4) 实验结论：记录叶绿素 a 测定实验考核的实验结论数据；
- (5) 评价与建议：系统根据实验考核过程和数据记录给出相应的实验评价和建议；
- (6) 实验报告导出：点击“导出”按钮，导出当前实验报告保存到本机计算机。

2.3.2 总磷测定

在实验系统选择页面，选择“总磷测定”实验，点击“进入模块”按钮，进入总磷测定实验页面。

2.3.2.1 预习模块

1、实验认知



实验认知包含：实验原理及实验步骤；实验步骤参考 GB11893-89，点击 按钮可以播放步骤语音。

总磷测定

实验认知

实验器材认知

预习考核

一、实验原理

在中性条件下用过硫酸钾使试样消解，将所含磷全部氧化为正磷酸盐。在酸性介质中，正磷酸盐与钼酸铵反应，在锑盐存在下生成磷钼杂多酸后，立即被抗坏血酸还原，生成蓝色的络合物。本标准的最低检出浓度为0.01mg/L，测定上限为0.6mg/L。

二、实验步骤（参考 GB11893-89）

1. 采样：采取500ml水样，可加1ml硫酸酸化至PH<1保存。
2. 试样制备：若水样经过酸化保存，需要加氢氧化钠溶液调至中性；将水样摇匀，取25ml水样（若水样含磷量超过上限，取少部分水样，用蒸馏水定容至25ml）至具塞比色管中；取25ml蒸馏水至具塞比色管中，做空白实验。
3. 高温消解：在试样中加入5%过硫酸钾4ml，盖上塞子，用纱布将管口包紧，将比色管放入大烧杯中，置于高压蒸汽消毒器中加热。待压力达1.1kg/cm²，相应温度为120℃时，保持30min后停止加热。待压力指针降至零后，取出比色管，冷却到室温，试样用蒸馏水稀释至标线（50ml）。
4. 显色：向试样中加入1ml抗坏血酸溶液，混匀；30s后加入2ml钼酸盐溶液充分混匀，室温下放置15min，若室温低于13℃，可在20~30℃水浴上显色。
5. 测量：用试样润洗比色皿，将试样加入比色皿（2/3处），放入分光光度计，将波长调为700nm，测定吸光度，再从工作曲线上查出含磷量。
6. 工作曲线绘制：取数支50ml具塞比色管，分别加入磷酸盐标准使用液0、0.50、1.00、3.00、5.00、10.0、15.0ml，加水至50mL。按4、5两步测出吸光度并绘制曲线。
7. 计算：应用公式计算出总磷的质量浓度。

预习模块

实验演示

实验操作

实验报告

实验考核

2、实验器材认知

对实验器材进行仿真认知，了解实验器材的作用、使用范围等信息。

总磷测定

实验认知

实验器材认知

预习考核

高压蒸汽灭菌锅

分为手提式灭菌锅和立式高压灭菌锅，是利用电热丝加热产生蒸汽，并能维持一定压力的装置。

适用于医疗卫生行业、科研、农业等单位，对医疗器械、玻璃器皿、溶液等进行加热加压、消毒灭菌。

高压蒸汽灭菌锅

水样瓶

烧杯

移液枪

蒸馏水瓶

试剂瓶

量杯

高压蒸汽灭菌锅

预习模块

实验演示

实验操作

实验报告

实验考核

(1) 总磷测定实验器材包含采样器、水样瓶、烧杯、蒸馏水瓶、试剂瓶、容量瓶、移液枪、具塞比色管、高压蒸汽灭菌锅、分光光度计、比色皿；

(2) 实验器材模型展示，鼠标右键旋转实验器材模型，从不同角度了解实验器材结构；

(3) 实验器材介绍：实验器材文字描述介绍和图片展示介绍，通过图片上+/-按钮，放大显示图片。

3、预习考核

在三维虚拟环境内，对实验所需要的的知识点进行考核，选择正确方可进行下一步操作。



总磷测定考核内容如下：

(1) 精确移取液体试剂时用到的实验仪器是什么？

选择实验器材：移液枪

(2) 使用什么实验仪器进行高温消解操作？

选择实验器材：灭菌锅

(3) 请在三维场景中画出分光光度计？

选择实验设备：分光光度计

(4) 使用分光光度计测定总磷吸光度时波长设置为多少？A:665nm

B:700nm C:750nm

选择 B:700nm

(5) 试样放入灭菌锅高温消解，灭菌锅压力达到 0.11Mpa、相应温度为 120℃ 后，保持 30min，请问该做法是否正确？A:正确 B:错误

选择 A:正确

(6) 总磷是水体中磷元素的总含量,是评价水质的重要指标。磷含量过多会引起藻类植物的过度生长,水体富营养化,发生水华或赤潮,打乱水体的平衡。

选择 A:正确

2.3.2.2 实验操作

选择“实验操作”菜单,进入总磷测定虚拟实验步骤操作页面,如下图:



实验操作包含以下内容:

(1) 实验步骤: 进入实验页面, 显示当前操作的实验步骤, 按顺序操作每个步骤; 上一步骤操作完成后, 自动跳转到下一步;



(2) 实验过程中, 点击实验步骤后面 按钮, 可暂停当前操作;

(3) 注意事项: 实验操作时, 可查看该步骤的注意事项内容;

(4) 数据记录: 实验过程中需要记录数据时, 弹出数据记录对话框, 可输入实验数据;

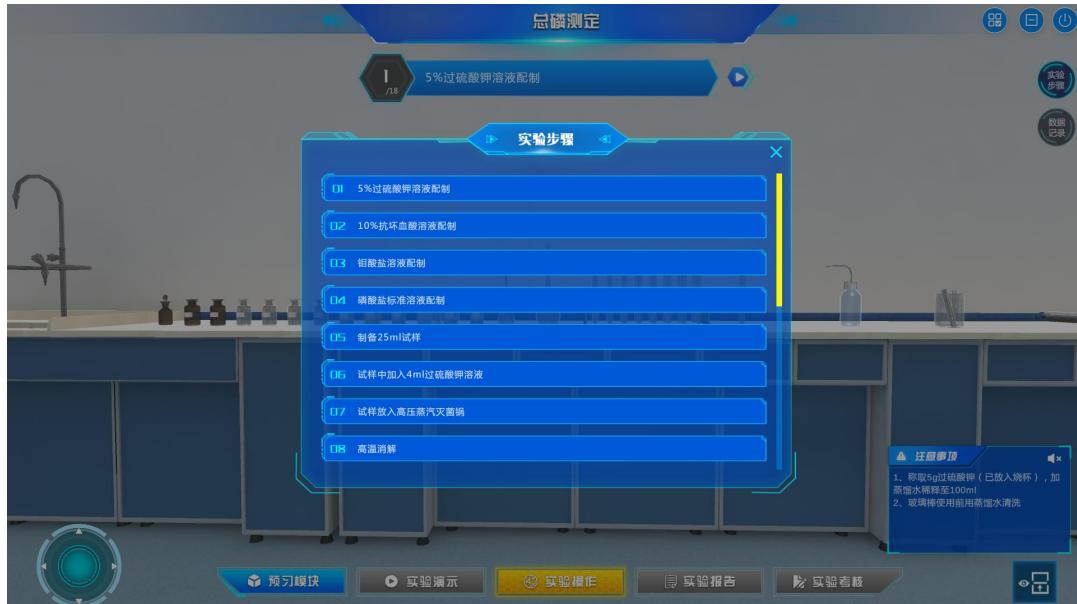
(5) 操作仪器提醒: 每个实验步骤操作前, 页面上该步骤应操作的仪器高亮闪烁提醒;

(6) 漫游操作: 在实验室里, 支持第一人称任意漫游, 通过键盘 W(↑)/S(↓)/A(←)/D(→) 控制移动, 鼠标右键控制方向; 按下键盘 Ctrl 下蹲、按住空格键可跳跃;

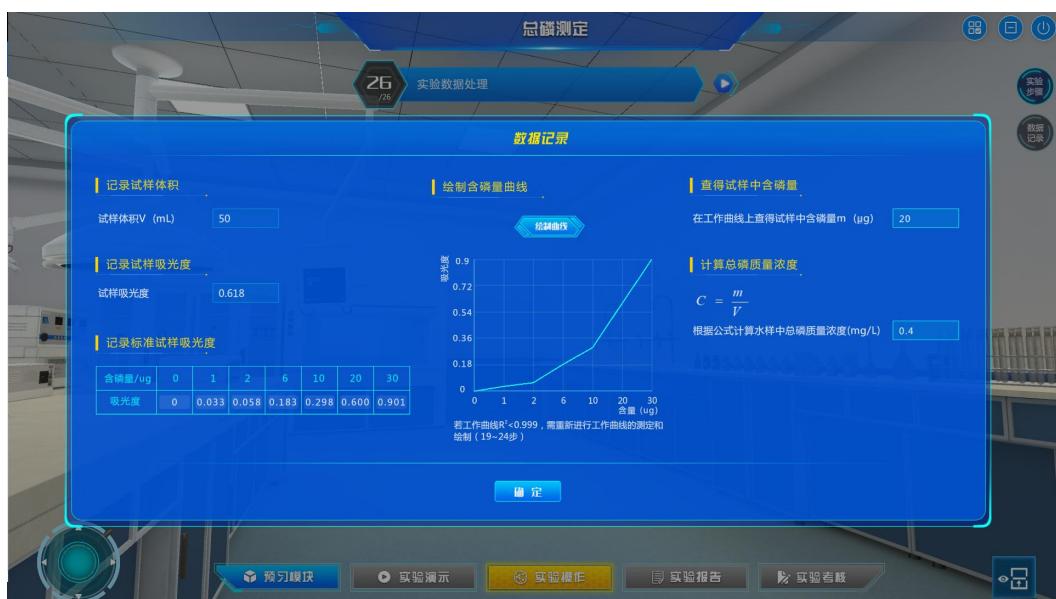


(7) 视角切换：通过点击 按钮，切换上下视角；

(8) 实验步骤汇总：总磷测定包含 18 步实验操作步骤；



(9) 数据记录汇总：实验完成后，点击“数据记录”按钮，查看数据记录结果。



总磷测定的实验步骤如下：

1/18 5%过硫酸钾溶液配置；
2/18 10%抗坏血酸溶液配置

- 3/18 钼酸盐溶液配置； 4/18 磷酸盐标准溶液配置
5/18 制备 25ml 试样； 6/18 试样中加入 4ml 过硫
酸钾溶液
7/18 试样放入高压蒸汽灭菌锅； 8/18 高温消解
9/18 取出比色管； 10/18 稀释试样至 50ml
11/18 试样放入分光光度计； 12/18 用分光光度计测量试
样吸光度
13/18 配置不同浓度的磷酸盐标准使用液； 14/18 试样定容至 50ml
15/18 试样显色； 16/18 试样加入分光光度计
17/18 用分光光度计测量试样吸光度； 18/18 实验数据处理

2.3.2.3 实验考核

选择“实验考核”菜单，进入叶绿素测 a 定实验考核模块，如下图：



实验考核模块包含以下内容：

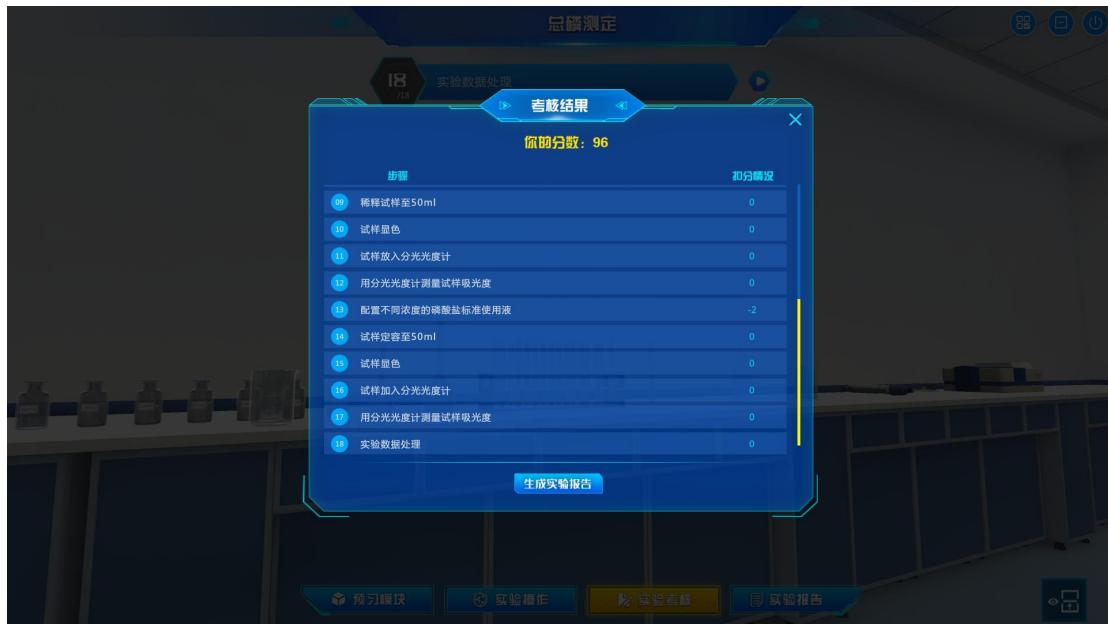
(1) 操作帮助：进入实验考核模块，先瞎看实验操作帮助内容包含场景操作及实验考核说明（每次操作错误或数据填写错误扣 1 分，若能完成考核，最终成绩不低于 60 分，未能完成则不计分。）



- (2) 根据实验步骤, 选择实验仪器, 进行实验;
- (3) 每一步实验操作步骤只需触发一个实验仪器, 选择错误有够分提示, 选择正确提示正确, 系自动模拟实验操作过程;
- (4) 实验步骤操作完成, 进行数据记录并计算, 系统支持对计算数据的正确性进行验证;



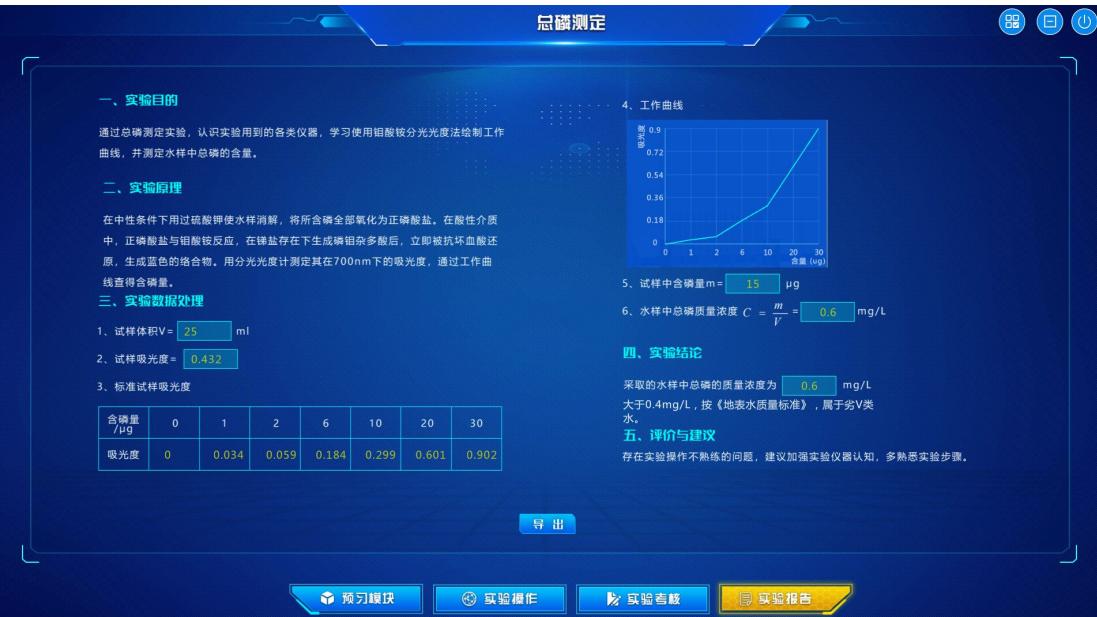
- (5) 查看实验结果: 实验考核结束, 点击“查看结果”按钮, 查看当前实验考核扣分情况;



(6) 重新开始实验：实验考核结束，点击“重新实验”按钮可以重新进行实验考核。

2.3.2.4 实验报告

实验考核完成生成实验报告后，才能进入实验报告页面，查看当前生成的报告。



实验报告包含以下内容：

(1) 实验目的：通过总磷测定实验,认识实验用到的各类仪器,学习使用钼酸铵分光光度法绘制工作曲线,并测定水样中总磷的含量.



(2) 实验原理：在中性条件下用过硫酸钾使水样消解,将所含磷全部氧化为正磷酸盐。在酸性介质中, 正磷酸盐与钼酸铵反应, 在锑盐存在下生成磷钼杂多酸后, 立即被抗坏血酸还原, 生成蓝色的络合物。用分光光度计测定其在 700nm 下的吸光度, 通过工作曲线查得含磷量。

(3) 实验数据处理：记录实验考核过程的实验数据和计算数据，包含：试样体积、试样吸光度、标准试样吸光度、工作曲线、试样中总磷量、水样中总磷质量浓度；

(4) 实验结论：记录总磷测定实验考核的实验结论数据；

(5) 评价与建议：系统根据实验考核过程和数据记录给出相应的实验评价和建议；

(6) 实验报告导出：点击“导出”按钮，导出当前实验报告保存到本机计算机。

2.3.3 初级生产力测定

在实验系统主页面，选择“初级生产力测定”实验，点击“进入模块”按钮，进入初级生产力测定实验页面。

2.3.3.1 预习模块

1、实验认知

实验认知包含：实验原理及实验步骤； 实验步骤参考

GB7489-87\SL354-2006，点击  按钮可以播放步骤语音。

2、实验器材认知

对实验器材进行仿真认知，了解实验器材的作用、使用范围等信息。



- (1) 初级生产力测定实验器材包含采样器、水样瓶、烧杯、试剂瓶、蒸馏水瓶、碘量瓶、容量瓶、移液枪、滴定管；
- (2) 实验器材模型展示，鼠标右键旋转实验器材模型，从不同角度了解实验器材结构；
- (3) 实验器材介绍：实验器材文字描述介绍和图片展示介绍，通过图片上放大按钮，放大显示图片。

3、预习考核

在三维虚拟环境内，对实验所需要的的知识点进行考核，选择正确方可进行下一步操作。



初级生产力测定预习考核内容如下：

(1) 用于滴定的实验仪器是什么？

选择实验器材：滴定管

(2) 碘量法测溶解氧中用于滴定的溶液是什么？

选择实验器材：硫代硫酸钠

(3) 滴定过程中加 1ml 什么溶液会使试样变为深蓝色？

选择 B:淀粉溶液

(4) 用“黑白瓶”法测初级生产力时，采样后需尽快测定的是？

选择 A:初始瓶

(5) 取水样进行溶解氧固定时，将移液枪头插入液面下加 1ml 硫酸锰溶液和 2ml 碱性碘化钾溶液，该操作是否正确？

选择 A:正确

(6) 初级生产力是单位面积(或体积)水体在单位时间内生产有机物的能力，通常指水中初级生产者藻类和光合细菌的光合作用率。

选择 A:正确

2.3.3.2 实验操作

选择“实验操作”菜单，进入实验步骤操作页面，如下图：



实验操作包含以下内容：

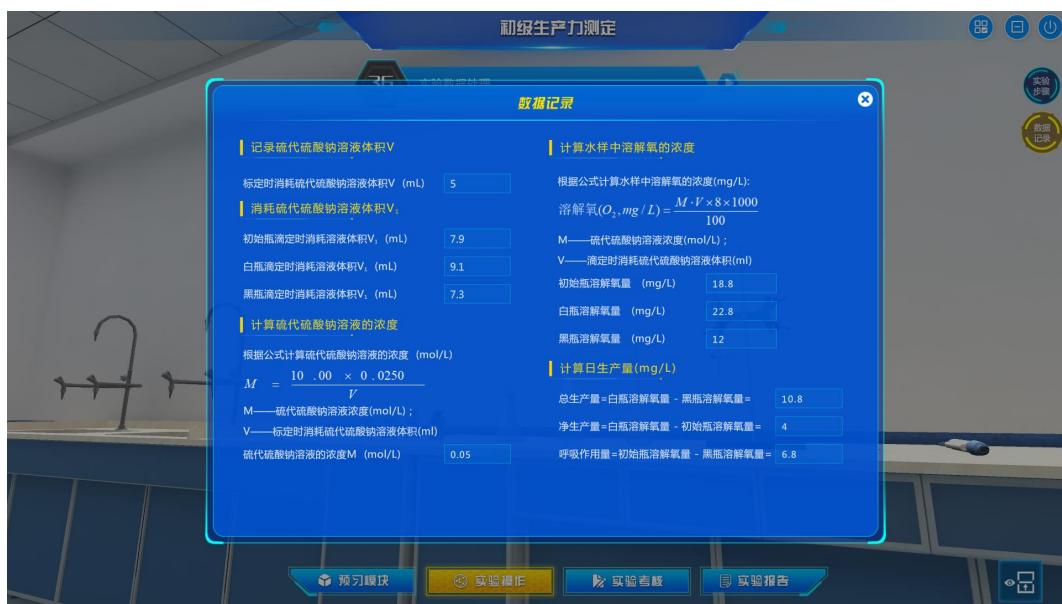
- (1) 实验步骤：进入实验页面，显示当前操作的实验步骤，按顺序操作每个步骤；上一步骤操作完成后，自动跳转到下一步；
- (2) 实验过程中，点击实验步骤后面  按钮，可暂停当前操作；
- (3) 注意事项：实验操作时，可查看该步骤的注意事项内容；
- (4) 数据记录：实验过程中需要记录数据时，弹出数据记录对话框，可输入实验数据；
- (5) 操作仪器提醒：每个实验步骤操作前，页面上该步骤应操作的仪器高亮闪烁提醒；
- (6) 漫游操作：在实验室内，支持第一人称任意漫游，通过键盘 W(↑)/S(↓)/A(←)/D(→) 控制移动，鼠标右键控制方向；按下键盘 Ctrl 下蹲、按住空格键可跳跃；

(7) 视角切换：通过点击  按钮，切换上下视角；

(8) 实验步骤汇总：初级生产力测定包含 36 步实验操作步骤



(9) 数据记录汇总：实验完成后，点击“数据记录”按钮，查看数据记录结果。



(10) 实验步骤操作完成，系统提示“实验已完成”。

总磷测定的实验步骤如下：

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1/36 硫代硫酸钠溶液配置；
100ml 蒸馏水； | 2/36 取 1g 碘化钾溶于 |
| 3/36 加入 10ml 重铬酸钾标准溶液； | 4/36 加入 5ml 硫酸溶液； |
| 5/36 摆匀静置 5min； | 6/36 硫代硫酸钠溶液标定； |

- 7/36 加入 1ml 淀粉溶液; 8/36 继续滴定并记录溶
液用量;
- 9/36 初始瓶中加入 1ml 硫酸锰溶液; 10/36 初始瓶中加入 2ml
碱性碘化钾溶液;
- 11/36 混匀、静置水样; 12/36 水样中加入 2ml 硫酸溶液;
- 13/36 混匀、静置水样 5min; 14/36 取 100ml 水样准备滴定;
- 15/36 硫代硫酸钠溶液滴定; 16/36 加入 1ml 淀粉溶液;
- 17/36 继续滴定并记录用量;
- 18/36 24H 后取出白瓶和黑瓶, 白瓶中加入 1ml 硫酸锰溶液;
- 19/36 白瓶中加入 2ml 碱性碘化钾溶液; 20/36 混匀、静置水样;
- 21/36 水样中加入 2ml 硫酸溶液; 22/36 混匀、静置水样 5min;
- 23/36 取 100ml 水样准备滴定; 24/36 硫代硫酸钠溶液滴定;
- 25/36 加入 1ml 淀粉溶液; 26/36 继续滴定并记录用量;
- 27/36 黑瓶中加入 1ml 硫酸锰溶液; 28/36 黑瓶中加入 2ml
碱性碘化钾溶液;
- 29/36 混匀、静置水样; 30/36 水样中加入 2ml
硫酸溶液;
- 31/36 混匀、静置水样 5min; 32/36 取 100ml 水样准备滴定;
- 33/36 硫代硫酸钠溶液滴定; 34/36 加入 1ml 淀粉溶液;
- 35/36 继续滴定并记录用量; 36/36 实验数据处理

2.3.3.3 实验考核

选择“实验考核”菜单, 进入初级生产力测定实验考核页面, 如下图:



实验考核模块包含以下内容：

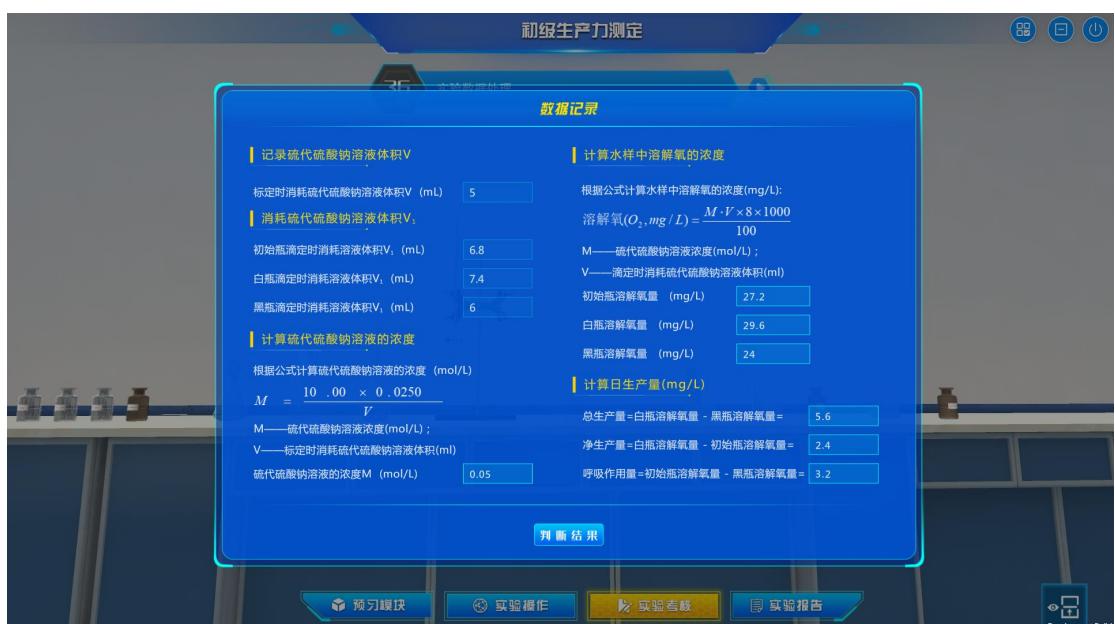
(1) 操作帮助：进入实验考核模块，先瞎看实验操作帮助内容包含场景操作及实验考核说明（每次操作错误或数据填写错误扣 1 分，若能完成考核，最终成绩不低于 60 分，未能完成则不计分。）



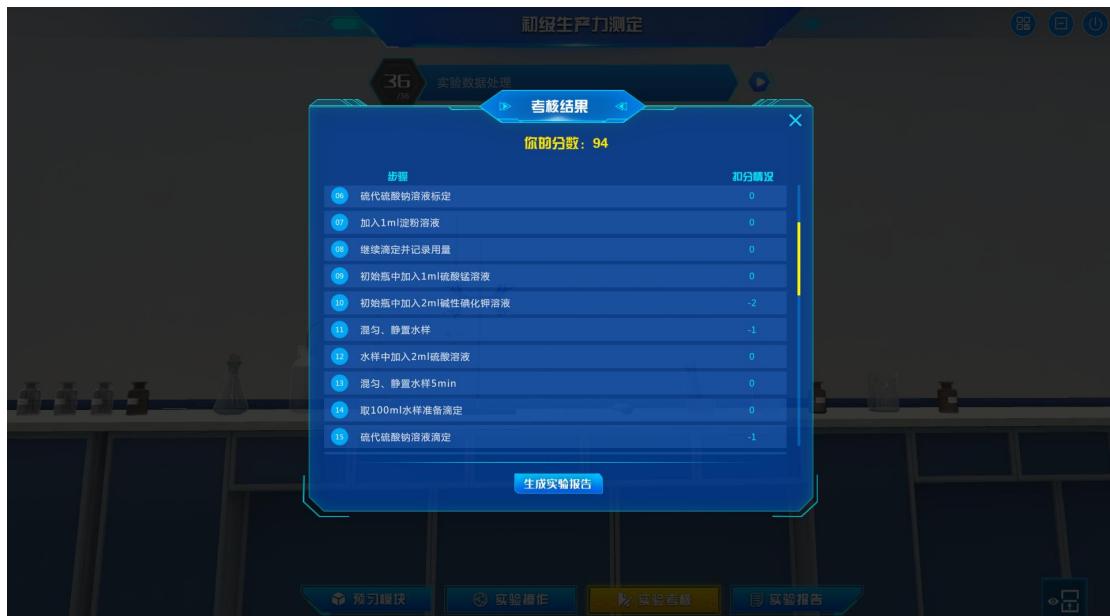
(2) 根据实验步骤，选择实验仪器，进行实验；
(3) 每一步实验操作步骤只需触发一个实验仪器，选择错误有够分提示，选择正确提示正确，系自动模拟实验操作过程；



(4) 实验步骤操作完成，进行数据记录并计算，系统支持对计算数据的正确性进行验证；



(5) 查看实验结果：实验考核结束，点击“查看结果”按钮，查看当前实验考核扣分情况；



(6) 重新开始实验：实验考核结束，点击“重新实验”按钮可以重新进行实验考核。

2.3.3.4 实验报告

实验考核完成生成实验报告后，才能进入实验报告页面，查看当前生成的报告。



实验报告包含以下内容：

(1) 实验目的：通过初级生产力测定实验，认识实验用到的各类仪器，学习使用碘量法测定溶解氧，并用黑白瓶法测定水样的初级生产力。

(2) 实验原理: 植物通过光合作用, 将太阳能转化为生物能, 吸收二氧化碳, 转化为有机碳并释放出氧气的过程, 称为初级生产。通过比较一段时间内有无光照的条件下, 水中氧气浓度的差别, 可计算出植物光合作用形成的初级生产量。

(3) 实验数据处理: 记录实验考核过程的实验数据和计算数据, 包含: 标定时消耗硫代硫酸钠溶液体积、初始瓶滴定时消耗硫代硫酸钠溶液体积、白瓶瓶滴定时消耗硫代硫酸钠溶液体积、黑瓶瓶滴定时消耗硫代硫酸钠溶液体积、硫代硫酸钠溶液的浓度、初始瓶溶解氧量、白瓶溶解氧量、黑瓶溶解氧量、总生产量、净生产量、呼吸作用量

(4) 实验结论: 记录初级生产力测定实验考核的实验结论数据;

(5) 评价与建议: 系统根据实验考核过程和数据记录给出相应的实验评价和建议;

(6) 实验报告导出: 点击“导出”按钮, 导出当前实验报告保存到本机计算机。

2.4 水质评价

水资源与水环境虚拟仿真平台主页选择“水质评价”模块, 进入水质评价页面:



综合营养状态指数法常用于湖泊(水库)的富营养化评价, 包含5个评价指标: 叶绿素a (chla)、总磷 (TP)、总氮 (TN)、透明度 (SD)、高锰酸盐指数 (COD_{mn})

一、综合营养状态指数计算公式为: $TLI(\sum) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$

式中: $TLI(\sum)$ —— 综合营养状态指数
 W_j —— 第j种参数的营养状态指数的相关权重
 $TLI(j)$ —— 代表第j种参数的营养状态指数
以chla作为基准参数, 则第j种参数的归一化相关权重计算公式为:

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}$$

式中: r_{ij} —— 第j种参数与基准参数chla的相关系数
m —— 评价参数的个数

中国湖泊(水库)的chla与其它参数之间的相关关系 r_{ij} 见下表:

参数	chla	TP	TN	SD	COD _{mn}
r_{11}	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
r_{12}	1	0.7056	0.6724	0.6889	0.6889

二、各营养状态指数计算公式为:

$$TLI(chla) = 10 \times (2.5 + 1.086 \ln chla)$$

$$TLI(TP) = 10 \times (9.436 + 1.624 \ln TP)$$

$$TLI(TN) = 10 \times (5.453 + 1.694 \ln TN)$$

$$TLI(SD) = 10 \times (5.118 - 1.94 \ln SD)$$

$$TLI(COD_{mn}) = 10 \times (0.109 + 2.661 \ln COD_{mn})$$

式中: chla单位为mg/m³, 透明度SD单位为m, 其他指标单位均为mg/L

三、营养状态分级

采用0~100的一系列连续数字对营养状态进行分级:

$TLI(\sum) < 30$	贫营养
$30 \leq TLI(\sum) \leq 50$	中营养
$TLI(\sum) > 50$	富营养
$50 < TLI(\sum) \leq 60$	轻度富营养
$60 < TLI(\sum) \leq 70$	中度富营养
$TLI(\sum) > 70$	重度富营养

在同一营养状态下, 指数值越高, 其营养程度越重。

水质评价包含以下内容:

(1) 计算公式展示: 包含综合营养状态指数计算公式、各营养状态指数计算公式、营养状态分级。

(2) 水质评价指标: 综合营养状态指数法常用于湖泊(水库)的富营养化评价,包含 5 个评价指标:叶绿素 a(chla)、总磷(TP)、总氮(TN)、透明度(SD)、高锰酸盐指数 (COD_m) 。

(3) 富营养化状况计算: 点击“练习”按钮, 进入计算页面, 如下图:



水质评价计算时, 点击左上角  按钮查看计算公式, 计算完成后, 系统给出参考结果。

(4) 导出实验报告: 计算完成后, 点击“导出报告”按钮, 导出实验汇总报告, 包含叶绿素 a 测定、总磷测定和水质评价内容。

备注: 完成叶绿素 a 测定、总磷测定、水质评价计算才能导出汇总报告。

2.5 最小化系统

在任意页面, 通过点击  按钮, 系统默认最小化显示在任务栏。

2.6 退出系统

点击“退出系统”按钮, 弹出确认退出页面, 如下图:





- (1) 选择“确定”按钮，退出水资源与水环境虚拟仿真平台；
- (2) 选择“取消”按钮，取消退出水资源与水环境虚拟仿真平台。