

ICS 03.180  
CCS Y 51  
备案号 XXXXX-XXXX

JY

# 中华人民共和国教育行业标准

JY/T XXXX-202x

## 平抛运动演示器通用要求

General requirements for Horizontal Projectile motion demonstrators

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中华人民共和国教育部发布



## 目 次

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	1
4	分类和命名	1
4.1	产品分类	1
4.2	型号命名	1
4.3	型号示例	2
5	技术要求	2
5.1	总体要求	2
5.2	计算机实验数据采集系统方式	2
5.2.1	运动轨迹	2
5.2.2	二维直角坐标系	2
5.2.3	测量范围和误差	2
5.2.4	采样频率及实验误差	2
5.3	常规方式	3
5.3.1	频闪轨迹	3
5.3.2	连续轨迹	3
5.3.3	二维直角坐标系	3
5.3.4	配合使用教具	3
5.3.5	实验误差	3
5.4	结构特征	3
5.4.1	平抛装置	3
5.4.2	平抛轨道	3
5.4.3	弹射装置	4
5.4.4	图板	4
5.4.5	坐标线	4
5.4.6	回收装置	4
5.5	软件	4
5.6	各种平抛运动演示器方案示例	4
5.7	环境试验	4
6	试验方法	5
6.1	外形尺寸	5
6.2	图板的平面度公差	5
6.3	横坐标与纵坐标的垂直度	5
6.4	重锤校准	5

6.5	平抛轨道水平段的水平方向	5
6.6	弹射装置的水平方向	5
6.7	频闪频率	5
6.8	计算机实验数据采集系统的测量范围和误差	5
6.9	计算机实验数据采集方式采样频率	6
6.10	实验误差	6
6.10.1	竖直方向下落距离	6
6.10.2	竖直方向加速度	7
6.10.3	水平方向运动距离	7
6.11	软件	8
6.11.1	可靠性	8
6.11.2	功能性	8
6.11.3	易用性	8
6.12	产品构成、结构、外观	9
6.13	环境试验	9
7	检验规则	9
7.1	检验分类	9
7.2	检验项目	9
7.3	组批规则与抽样方法	10
7.4	不合格的判定	10
7.5	复检规则	10
8	标识、标签、合格证、使用说明书	10
9	包装、运输和贮存	10
	附录 B	14
	参考文献	16

表 1	出厂检验和型式检验的检验项目及检验方式	9
-----	---------------------	---

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由全国教育装备标准化技术委员会（SAC/TC125）提出。

本文件由全国教育装备标准化技术委员会（SAC/TC125）归口。

本文件主要起草单位：山东远大朗威教育科技股份有限公司。

本文件主要起草人：



# 平抛运动演示器通用要求

## 1 范围

本文件规定了平抛运动演示器的分类和命名、技术要求、试验方法、检查规则，标识、标签、包装、运输和贮存的通用要求。

本文件适用于教学用平抛运动演示器。

采用其他设备拍摄频闪照片可参照。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1958-2017 规范几何技术规范（GPS）几何公差检测与验证

GB/T 2828.1-2012 计数抽样检验程序第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

JY/T 0001-2003 教学仪器设备产品一般质量要求

JY/T 0002-2003 教学仪器设备产品的检验规则

JY/T 0026-1991 教学仪器和教学设备产品型号命名办法

JY/T 0213-2022 教学用非电工电子仪器环境试验

JY/T 0369-2004 二维时间—空间描迹仪

JY/T 0530-2022 平抛竖落仪

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 分类和命名

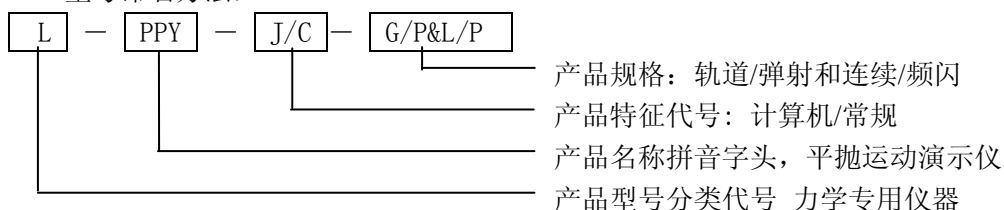
### 4.1 产品分类

按技术方案分为采用计算机实验数据采集系统、常规（含频闪、连续）两类；按抛体驱动方式分为轨道方式和弹射方式两类；按轨迹特征分为连续和频闪两类。

### 4.2 型号命名

4.2.1 产品命名按 JY/T 0026-1991 的规定。

4.2.2 型号命名方法：



### 4.3 型号示例

**型号示例:**

L-PPY-J-G/P: 平抛运动演示仪, 计算机, 轨道/频闪, 力学专用仪器

L-PPY-J-T/P: 平抛运动演示仪, 计算机, 弹射/频闪, 力学专用仪器

L-PPY-C-G/P: 平抛运动演示仪, 常规, 轨道/频闪, 力学专用仪器

L-PPY-C-G/L: 平抛运动演示仪, 常规, 轨道/连续, 力学专用仪器

## 5 技术要求

### 5.1 总体要求

- 5.1.1 应能描绘从开始作平抛运动起需要研究的一段完整运动轨迹。
- 5.1.2 应有二维直角坐标系, 能读取轨迹上所需研究点的坐标值, 坐标单位为厘米。  
坐标值误差应不大于 1mm。
- 5.1.3 轨迹应与坐标配合, 运动轨迹应从抛体开始作平抛运动的位置(零位)记录。
- 5.1.4 轨迹保留时间应不少于完成一个实验, 能在一堂课内应能反复使用。

### 5.2 计算机实验数据采集系统方式

#### 5.2.1 运动轨迹

- 5.2.2.1 运动轨迹应为频闪方式。轨迹应符合:
  - 第一轨迹点与坐标原点重合;
  - 轨迹上各频闪点的间隔时间能调整;
  - 轨迹在竖直与水平方向的长度都不小于 0.3m。
- 5.2.2.2 应能显示各频闪点坐标值, 单位为厘米, 分度值为 1mm;

#### 5.2.2 二维直角坐标系

- 5.2.2.1 坐标方向: 应以抛体运动速度方向为正。  
注: 竖直方向: 向下为正, 水平方向: 抛体前进方向为正。
- 5.2.2.2 应能增加不同颜色的竖直方向和水平方向的记号线, 指示时间间隔相等的逐个记录点位置, 记号线可用固定式或能移动式。  
记号线位置: 在水平方向选  $x$  (宜 4~5) 个相等时间间隔, 在竖直方向应选  $x^2$  个相等时间间隔, 并应在标明的坐标数值中选择。  
注: 加这些记号线的作用是便于演示, 标记等时间的间隔点。
- 5.2.2.3 两个方向的坐标轴应能与轨迹同步缩放。

#### 5.2.3 测量范围和误差

- 5.2.3.1 采集系统的测量范围: 应不小于  $0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$ 。
- 5.2.3.2 采集所得到的坐标值, 误差应不大于 2mm。

#### 5.2.4 采样频率及实验误差



- 5.2.4.1 数据采集频率应不小于 50Hz，并且能调节。
- 5.2.4.2 抛体在竖直方向相等间隔时间的运动距离应符合平方关系，误差应不大于 5%。
- 5.2.4.3 验证抛体在竖直方向的加速度误差应不大于 3%。
- 5.2.4.4 抛体在水平方向相等间隔时间的运动距离应相等，其误差不大于 3.5%。

### 5.3 常规方式

#### 5.3.1 频闪轨迹

- 5.3.1.1 应标出频闪运动体频率。
- 5.3.1.2 频闪频率应为：12Hz~25Hz，宜能调节。

注：调节到轨迹经过纵横记号线的交点，便于读取纵、横坐标值。

#### 5.3.2 连续轨迹

通过调节抛体的水平初速度，应能调节到经过纵横记号线的交点。

#### 5.3.3 二维直角坐标系

- 5.3.3.1 坐标轴应与图板边沿平行，纵、横坐标轴应相互垂直，垂直度应不大于  $1^\circ$ 。
- 5.3.3.2 坐标应与轨迹配合：

——在坐标线上加不同颜色的竖直方向和水平方向的记号线，竖直方向应有 16 个不同颜色的记号线，标记 16 个相等时间间隔的距离；水平方向应有 4 个不同颜色的记号线，标记 4 个相等时间间隔的距离。记号线可用固定式；

注 1：水平方向记号线与竖直方向记号线的交点位置在竖直方向记号线的第 1、4、9、16 处。

注 2：加这些记号线的作用是便于演示，寻找等时间间隔点。

注 3：需要经过试验，在平抛轨道上特定位置开始运动，平抛轨迹刚好经过各竖直和水平方向记号线的交点。

注 4：需适合于显示图板高和宽。

——坐标方向：抛体运动速度方向为正。

#### 5.3.4 配合使用教具

连续轨迹：平抛竖落仪（或二维时间—空间描述仪）。

平抛竖落仪应符合 JY/T 0530—2022，二维时间—空间描述仪应符合 JY/T 0369—2004。

#### 5.3.5 实验误差

- 5.3.5.1 抛体在竖直方向相等间隔时间的运动距离误差应不大于 5%。
- 5.3.5.2 频闪方式抛体在竖直方向的加速度误差应不大于 3%。
- 5.3.5.3 抛体在水平方向运动相等间隔时间的距离应相等，其误差应不大于 3%。

### 5.4 结构特征

#### 5.4.1 平抛装置

可用平抛轨道或者弹射装置。

#### 5.4.2 平抛轨道

- 5.4.2.1 平抛轨道应由倾斜段和水平段构成，使用相切的圆弧轨道连接。
- 5.4.2.2 平抛轨道水平段长度应为 70mm~100mm，与立式图板的距离应为 4mm~5mm。

5.4.2.3 在图板位置校准后，轨道水平段应为水平方向。

5.4.2.4 平抛轨道水平段应与图板平行，用最大速度抛出物体时，物体不应撞到图板，并且能在图板上留下完全的轨迹。

#### 5.4.3 弹射装置

5.4.3.1 弹射方向应与横坐标平行，与图板的距离和平行度应符合 5.4.2.3、5.4.2.4。

5.4.3.2 弹射装置将抛体抛出后水平速度大小可有不同。

#### 5.4.4 图板

5.4.4.1 图板尺寸宜为 600mm×600mm。图板的平面度公差不大于 1.0mm。

5.4.4.2 安装后，图板应垂直于水平面，有调节纵坐标垂直于水平面的装置。

应使用重垂线指示，重锤的锥尖对准底座上的准尖后应符合：

a) 重锤锤线与图板平面平行，平行度公差不大于 1mm。

b) 重锤锤线在图板上的正投影与纵坐标平行，平行度公差不大于 1mm。

#### 5.4.5 坐标线

5.4.5.1 竖直方向和水平方向的坐标单位应相同（厘米），并有数字。

5.4.5.2 横坐标应与纵坐标垂直，误差不大于  $\pm 1^\circ$ 。

5.4.5.3 坐标线在 0、5、10、…单位处采用粗线，其余单位处采用细线（或用不同颜色的线区分）。

5.4.5.4 使用摄像的图形软件显示的坐标系，应具有坐标系移动，坐标单位能缩放功能。在调节图形缩放过程中能显示缩放比例。

注：使坐标原点移动到频闪照相上抛体开始运动轨迹的中心。

#### 5.4.6 回收装置

回收装置应对运动物体有缓冲、保护作用，且运动物体每次释放均应能准确地被回收。

### 5.5 软件

5.5.1 软件应能安装在 Windows 操作系统的计算机上使用。

5.5.2 软件不应产生对计算机系统的任何负面影响，不应修改操作系统的重要文件。应能自动安装，操作有提示。

5.5.3 软件应适用传感器测量数据或者频闪照相所得到的轨迹点数据。

5.5.4 软件应有如下基本功能：

——记录、描绘抛体整个平抛运动过程中轨迹点及标明坐标值；

——能将轨迹点投影在水平方向和竖直方向坐标轴上；

——能够调节采样频率；

5.5.5 软件应具有易学性、易懂性、易操作性。

### 5.6 各种平抛运动演示器方案示例

各种平抛运动演示器的示例详见附录 A。

平抛运动实验的分析和研究方法详见附录 B。

### 5.7 环境试验

按 JY/T 0213—2022 第 5.1 条表 2 的运输试验（堆码和自由跌落）。

## 6 试验方法

### 6.1 外形尺寸

用钢直尺测量，应符合 5.2.1、5.4.2.2、5.4.4.1 的规定。

### 6.2 图板的平面度公差

图板的平面度公差按 GB/T 1958-2017 附录 C（资料性附录）第 C.8 条中表 C.3 序号 3 的方法试验，应符合 5.4.4.1 的规定。

注：如果底座、轨道、接球板等构件影响图板的平面度试验，将其拆除后测量。

### 6.3 横坐标与纵坐标的垂直度

用分度值为 15′ 的 00 级，直径不小于 300mm 的绘图量角器测量，夹角应在  $90^\circ \pm 0.25^\circ$  范围内，应符合 5.4.5.2 的规定。

### 6.4 重锤校准

按下列步骤试验：

- a) 组装后将产品按工作状态放置；
- b) 调节产品底座上的调平螺钉，使重锤的锥尖对准底座上的准尖；
- c) 重锤锤线与图板的平行度试验：用钢直尺分别测量重锤锤线上下两端与图板面的垂直距离  $Z_1$ 、 $Z_2$ ，测量结果应符合  $|Z_2 - Z_1| \leq 1\text{mm}$ ；
- d) 重锤锤线在图板上的正投影与纵坐标的平行度试验：
  - 1) 用 1 级矩形直角尺或三角形直角尺，将直角尺的测量面紧贴垂线并与垂线保持平行，直角尺的基面紧贴图板，在上下两端作垂线的投影点；
  - 2) 用钢直尺分别测量两个投影点与纵坐标的距离  $X_1$ 、 $X_2$ ，测量时应以纵坐标的同一侧为基准，结果应符合  $|X_2 - X_1| \leq 1\text{mm}$ 。

### 6.5 平抛轨道水平段的水平方向

按 6.4 a)、b) 校准后，将钢球置于轨道水平段，钢球应能随遇平衡。

### 6.6 弹射装置的水平方向

将图板旋转  $90^\circ$ ，横坐标方向向下，用重锤线校准，使图板面与重垂线平行，并且横坐标与重锤线平行，固定。弹射抛体，轨迹应与横坐标平行，并且不撞到图板，应符合 5.4.3.1 要求。

### 6.7 频闪频率

开启频闪器外壳，将 0.1 级频率表接在闪光元件两端测量，频闪频率应符合 5.3.1.2 的规定。

### 6.8 计算实验数据采集系统的测量范围和误差

按下列步骤试验：

- a) 组装后将产品按工作状态放置在工作台上，抛体平面内设有坐标系图板，坐标单位（厘米）；

- b) 将运动抛体放置在坐标原点（抛体的中心点与原点重合），软件设置，坐标值为（0，0）。将物体放在坐标（0，0）和（30，30）处，软件能正常显示抛体所在位置的坐标值，则测量范围符合 5.2.3.2 要求。
- c) 将运动抛体放置到任意坐标值处，通过软件读取对应位置的坐标如（20，20），再将抛体放置到实际坐标值在（20，20）处，用钢直尺测量此位置抛体圆心到实际坐标的距离不大于 2mm，则测量位置的误差符合 5.2.3.2 要求。

6.9 计算机实验数据采集方式采样频率

按下列步骤试验：

- a) 组装后将产品按工作状态放置在工作台上，打开软件；
- b) 让抛体做平抛运动，在下落200mm距离内，软件记录应不少于10个轨迹点。  
注：“200mm距离内”指不含200mm。

6.10 实验误差

6.10.1 竖直方向下落距离

6.10.1.1 计算机实验数据采集系统方式和常规频闪方式按相等的时间间隔确定若干观察点。以下按 4 个观察点为例。试验步骤如下：

注：每两个观察点之间的轨迹点数量相同。

a) 用钢直尺测量第 4 观察点中心的纵坐标  $h_4$ ，按式（2）～（4）计算第 1、2、3 观察点应有的下落距离  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ ：

$$h_1 = \frac{1}{16}h_4 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$h_2 = \frac{1}{4}h_4 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$h_3 = \frac{9}{16}h_4 \quad \dots\dots\dots (4)$$

b) 用钢直尺测量第 1、2、3 观察点的实际下落距离  $h_{1测}$ 、 $h_{2测}$ 、 $h_{3测}$ ；

c) 按（5）式计算  $h_{1测}$ 、 $h_{2测}$ 、 $h_{3测}$  与  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$  的相对误差：

$$\delta_{hi} = \frac{h_{i测} - h_i}{h_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$\delta_{hi}$ ——第  $i$  次竖直方向下落距离相对误差，无单位；

$h_i$ ——第  $i$  点应有的下落距离，单位为米（m）；

$i$ ——次数，1、2、3 次。

$h_{1测}$ 、 $h_{2测}$ 、 $h_{3测}$  的误差应不大于 5%。

6.10.1.2 常规连续轨迹方式调节抛体初速度，使轨迹经过观察点纵横记号线的交点。测量第 1、2、3 观察点的纵横记号线坐标，按（5）式计算误差。

6.10.2 竖直方向加速度

6.10.2.1 数据采集

6.10.2.1.1 常规频闪方案

实验步骤如下：

——根据 6.7 条测得的频闪频率，按（6）式计算下落时间；

——按（6）式计算下落时间；

频闪间隔时间：

$$t = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$t$ ——频闪间隔时间，单位为秒（s）；

$f$ ——测得的频闪频率，单位为赫兹（Hz）。

再乘以在第 4 观察点处从开始运动共有轨迹点的数量（见 6.10.1.1），得出  $t_4$  的值。

6.10.2.1.2 计算机实验数据采集系统方案

用相对误差不大于 0.1% 的光电门传感器测量从开始运动到第 4 轨迹点的下落时间。

6.10.2.2 计算误差

按（7）、（8）式计算竖直方向加速度相对误差：

竖直方向加速度：

$$a = \frac{2h_4}{t_4^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$a$ ——抛体在竖直方向运动的加速度，单位为每秒每秒米（ $m/s^2$ ）；

$h_4$ ——第 4 点的纵坐标，单位为米（m）；

$t_4$ ——从开始到第 4 点频闪间隔时间，单位为秒（s）。

加速度相对误差：

$$\delta_a = \frac{a - g}{g} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$\delta_a$ ——竖直方向加速度相对误差，无单位；

$a$ ——抛体在竖直方向运动的加速度，单位为每秒每秒米（ $m/s^2$ ），按(7)式计算结果；

$g$ ——重力加速度，取  $9.8m/s^2$ 。

加速度误差应不大于 3%。

6.10.3 水平方向运动距离

6.10.3.1 计算机实验数据采集系统方式和常规频闪方式试验步骤如下：

a) 用钢直尺测量第 4 观察点中心的横坐标  $S_4$ ,按式 (9) ~ (11)计算第 1、2、3 观点应有的水平运动距离  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  :

$$S_1 = \frac{1}{4} S_4 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$S_2 = \frac{1}{2} S_4 \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$S_3 = \frac{3}{4} S_4 \quad \dots\dots\dots (11)$$

b)用钢直尺测量第 1、2、3 观察点的实际水平运动距离  $S_{1测}$ 、 $S_{2测}$ 、 $S_{3测}$  ;

c) 按 (12) 式计算  $S_{1测}$ 、 $S_{2测}$ 、 $S_{3测}$  与  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  的相对误差:

$$\delta_{Si} = \frac{S_{i测} - S_i}{S_i} \times 100\% , \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$\delta_{Si}$  ——第  $i$  次水平方向运动距离相对误差, 无单位;

$S_i$  ——第  $i$  点应有的水平方向运动距离, 单位为米 (m) ;

$i$  ——次数, 1、2、3 次。

$\delta_{S1}$ 、 $\delta_{S2}$ 、 $\delta_{S3}$  最大应小于 3.5%。

6.10.3.2 常规连续轨迹方式调节抛体初速度, 使轨迹经过观察点纵横记号线的交点。测量第 1、2、3 观测点的纵横记号线的坐标, 按 (12) 式计算误差。

## 6.11 软件

### 6.11.1 可靠性

分别在 Windows 操作系统的终端上安装, 符合 5.5.1、5.5.2。

### 6.11.2 功能性

按以下步骤试验:

a) 观察软件界面, 应有:

——整个运动过程的轨迹点及坐标值 (宜用数据表格);

——能将轨迹点投影在两个坐标轴上;

——有数据分析与计算功能, 得到竖直方向的加速度大小及水平速度大小。

b) 调节软件采样频率, 调整运动过程中采集数据的多少;

c) 根据使用说明能独立完成实验。

本项试验应由三名未使用过本软件的学生参与。

### 6.11.3 易用性

由非计算机软件人员并第一次使用本软件的物理教师安装和在实验中使用, 应能顺利安装和进行各项操作。

本项试验应由三名教师参与。

## 6.12 产品构成、结构、外观

感观检验，应符合第 5.1.1~5.1.4、5.2.1、5.2.2、5.3.1~5.3.3、5.4.2~5.4.6。

## 6.13 环境试验

按 JY/T 0213—2022 第 6.9 和 6.12 条。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

检验分为出厂检验、型式检验。

### 7.2 检验项目

出厂检验和型式检验的检验项目和检验方式按表 1。

表 1 出厂检验和型式检验的检验项目及检验方式

项目序号	检验内容	技术要求条文号	试验方法条文号	出厂检验	型式检验	缺陷分类
1	总体要求					
1.1	起始部分完整轨迹	5.1.1	6.12	○	▲	A
1.2	直角坐标系	5.1.2	6.1、6.12	○	▲	A
1.3	轨迹与坐标配合	5.1.3	6.12	○	▲	A
1.4	一堂课内能反复使用	5.1.4	6.12	○	▲	A
2	计算机实验数据采集系统方式					
2.1	运动轨迹	5.2.1	6.1、6.12	○	▲	A
2.2	二维直角坐标系	5.2.2	6.3、6.12	○	▲	A
2.3	测量范围和误差	5.2.3	6.8	●	▲	A
2.4	采样频率及实验误差	5.2.4	6.9、6.10	●	▲	A
3	常规方式					
3.1	频闪轨迹	5.3.1	6.7、6.12	●	▲	A
3.2	连续轨迹	5.3.2	6.12	○	▲	A
3.3	二维直角坐标系	5.3.3	6.3、6.12	○	▲	A
3.4	实验误差	5.3.5	6.10	●	▲	A
4	结构特征					
4.1	平抛轨道	5.4.2	6.5、6.12	●	▲	A
4.2	弹射装置	5.4.3	6.6、6.12	●	▲	A
4.3	图板	5.4.4	6.1、6.2、6.4、6.12	●	▲	A
4.4	坐标线	5.4.5	6.3、6.12	○	▲	A
4.5	回收装置	5.4.6	6.12	○	▲	A

表 1（续） 出厂检验和型式检验的检验项目及检验方式

项目序号	检验内容	技术要求 条文号	试验方法 条文号	出厂检验	型式检验	缺陷分类
5	软件					
5.1	与操作系统的兼容性	5.5.1、5.5.2	6.11.1	○	▲	A
5.2	基本功能	5.5.3~5.5.4	6.11.2	○	▲	A
5.3	易学、易懂、易操	5.5.5	6.11.3	○	▲	B
6	环境试验	5.7	6.13	○	—	B
注：表中“●”表示全数检验项目；“○”表示抽样检验项目；“▲”表示应检项目，“—”表示不作检验项目						

### 7.3 组批规则与抽样方法

7.3.1 出厂检验按交货自然批组批，型式检验按库存数组批。

7.3.2 出厂检验和型式检验的抽样方法按 JY/T 0002。

7.3.3 出厂检验时先对全数检验项目作检查，在全数检验项目合格品种抽样，对抽检项目检验。

### 7.4 不合格的判定

7.4.1 抽样检验的判定按 JY/T 0002—2003 第 4.2 条。

7.4.2 单件样品不合格判据按 JY/T 0002—2003 第 4.3 条。

其中外观、其它功能和其它性能指标的累计不合格判定数为 2 以上（含 2）。

7.4.3 对全数检验项目检验时按单件样品不合格判据判定。

### 7.5 复检规则

7.5.1 不合格批、品可以经过返修后再次提交检验。

7.5.2 因抽样检验的不合格项目，在复检时该项目应按 GB/T 2828.1—2012 第 9.3 条执行转移规则，按加严检验，一次抽样方案，一般检查水平 III，AQL 值为 2.5。

## 8 标识、标签、合格证、使用说明书

产品标识、标签、合格证、使用说明应符合 JY/T 0001—2003 第 11 章。

使用说明书应有详细的操作步骤，学生应能根据说明书独立操作。

## 9 包装、运输和贮存

包装、运输和贮存应符合 JY/T 0001—2003 第 12 章。



附录 A  
(资料性)  
各种平抛运动演示器方案示例

## A.1 采用计算机实验数据采集系统的方案

### A.1.1 轨迹

采用频闪轨迹。

### A.1.2 采集数据

由计算机自动采集数据。图像与坐标能同步放大，计算机采集的坐标数据与图线坐标一致。

### A.1.3 坐标

按5.2.2。

### A.1.4 数据分析

有两种数据分析：

a) 竖直方向间隔相同的单位时间内的运动距离符合平方关系，在水平方向是线性关系；

注：说明抛体在竖直方向是匀加速直线运动，水平方向是匀速直线运动。

b) 通过计算运动时间和相应的运动距离，抛体在竖直方向的加速度是重力加速度。

注：说明抛体在竖直方向是自由落体运动。

### A.1.5 平抛装置

采用平抛轨道或者弹射装置。

## A.2 常规方案

### A.2.1 频闪方案

#### A.2.1.1 频闪轨迹及显示

频闪的远紫外LED光（或蓝色激光）照射在光影画布上激发荧光。

注：荧光显示一段时间后自动消失，可重复使用。

频闪与开始运动同步启动。

频闪频率为10Hz~12Hz，误差0.1Hz。

注1：配合5.4.3的图板尺寸。

注2：达不到误差要求时，须使用A.2.2.5的配套教具

#### A.2.1.2 坐标系

固定在显示图板上的二维直角坐标系，坐标原点在抛体开始运动位置的中心。坐标单位为厘米(cm)。

#### A.2.1.3 轨迹与坐标系的配合

调节频闪频率，使坐标上各光发光点位置在标记线交点上。

注：演示实验便于观察和读数。

#### A. 2. 1. 4 平抛装置

采用平抛轨道。

#### A. 2. 2 连续轨迹

##### A. 2. 2. 1 连续轨迹及显示

连续轨迹可采用连续的远紫外LED光（或蓝色激光）照射在光影画布上激发荧光，或者磁板显示（磁板背面磁方式消除轨迹）。

##### A. 2. 2. 2 坐标系

同A. 2. 1. 2。

##### A. 2. 2. 3 轨迹与坐标系的配合

调节抛体水平运动初速度。

注1：抛体在平抛轨道倾斜段的高度影响水平初速度。

注2：使轨迹通过标记线交点，便于演示实验。

##### A. 2. 2. 4 平抛装置

采用平抛轨道。

##### A. 2. 2. 5 配套教具

平抛竖落仪。

二维时间—空间描迹仪。

注1：连续轨迹无时间信息，无法验证抛体在竖直方向是自由落体运动。

注2：产品标准分别为JY/T 0530—2022、JY/T 0369—2004。

#### A. 2. 3 采用其他设备拍摄频闪照片

##### A. 2. 3. 1 生成照片

方案一：采用频闪光源与数码照相机生成频闪照片。

在频闪光源的频率与误差符合要求时使用频闪光源的时间信息，拍摄平抛运动的频闪照片时背景需有标度尺，以指示实际距离。

方案二：采用数码照相机的摄像功能，在强光（例：阳光）下摄像。用软件将图像软件分解为单帧图像，再合并（重叠），生成类似于频闪照片的图像，在计算机中显示。

##### A. 2. 3. 2 坐标系

用软件方式在计算机中重叠添加在图像上，坐标原点能移动，坐标线间距能缩放。调整到与频闪轨迹上的显示点位置一致。

##### A. 2. 3. 3 实验方法

A. 2. 3. 3. 1 在抛体轨迹位于每相同时间间隔的坐标处，观察抛体在竖直方向的运动距离和时间间隔符合平方关系（匀加速运动），在水平方向符合线性关系（匀速运动）。

**A.2.3.3.2** 频闪光源不符合5.3.1时以及连续轨迹需要通过平抛竖落仪（或二维时间—空间描述仪），得出抛体在竖直方向是自由落体运动的结论。

## 附录 B

(资料性)

## 平抛运动实验的分析和研究方法

## B.1 分析和研究过程

分析和研究过程如下：

- a) 综合运用所学物理知识，观察平抛运动轨迹。
- b) 分析物体被抛出后的运动特点：水平方向不受合外力作用，依靠惯性运动；竖直方向受到地球引力作用；提出猜想：水平方向是匀速运动，竖直方向是匀加速运动，并且是自由落体运动。
- c) 使用教具验证猜想。

## B.2 知识基础

所学物理知识如下：

- a) 位移与速度的关系；
- b) 匀速直线运动，匀变速直线运动，自由落体运动的路程与时间的关系；
- c) 牛顿第一定律：物体在合外力等于零时总保持静止或匀速直线运动状态；
- d) 牛顿第二定律： $F = ma$ ；

第一定律是第二定律的特例：在第二定律的表达式  $a = \frac{F}{m}$  中，当  $F = 0$ （物体受到的合外力为零），

那么  $a = 0$ （没有加速度，即匀速运动），就是第一定律；

- e) 曲线运动。物体做曲线运动的条件：存在使物体运动改变运动方向和作加速运动的力；
- f) 运动的合成与分解，每个分运动都是独立的，都单独遵守物理定律，运动的合成与分解遵从矢量运算法则。

## B.3 分析物体做平抛运动的过程：

观察平抛运动演示器的结构和物体做平抛运动的过程，作如下分析：

- 在水平方向：物体由于本身没有动力，从轨道上被抛出后由于惯性继续向水平方向运动；
- 在竖直方向：物体被抛出后受到地球引力，因此做曲线运动，运动方向朝竖直方向偏转，并且加速度不为零；
- 平抛运动轨迹是合运动的轨迹，根据合运动分解的规律，竖直方向的加速度  $a$  应等于重力加速度  $g$ ，并且由于地球引力（物体的重力）大小始终不变，因此加速度  $a$  大小不变，因此是匀加速运动；
- 重力在水平方向（ $90^\circ$  方向）的分力为零，因此物体被抛出后在水平方向没有合外力，因此水平方向的加速度  $a$  等于零；
- 据上述分析得以下猜想：平抛运动在竖直方向的分运动是自由落体运动，在水平方向的分运动是匀速直线运动。

## B.4 验证猜想

### B.4.1 频闪轨迹

实验步骤如下：

- a) 建立直角坐标系，坐标原点在物体在平抛轨道上即将被抛出位置的质心；
- b) 在轨迹上得到时间间隔相等的移动距离：读取轨迹上各点的纵坐标和横坐标，
- c) 分析这些纵坐标和横坐标的值，得到结论：

——在竖直方向下落距离与时间是平方关系，说明是匀加速运动；

注：匀加速运动不一定是自由落体运动。

——在水平方向运动距离与时间是线性关系，说明是匀速运动。

- d) 按频闪的间隔时间和在纵坐标上读取的下落距离，计算加速度的值：

$$a = \frac{2h}{t^2} \dots\dots\dots (B1)$$

式中：

$a$ ——竖直方向加速度，单位为每秒每秒米（ $\text{m/s}^2$ ）；

$h$ ——下落距离，单位为米（ $\text{m}$ ）；

$t$ ——下落时间，单位为秒（ $\text{s}$ ）。

- e) 计算结果加速度  $a$  等于重力加速度，说明抛体在竖直方向是自由落体运动。

达不到误差要求时，需按 A.2.2.5 使用平抛竖落仪（或二维时间—空间描述仪）得出结论。

### B.4.2 连续轨迹

实验步骤如下：

- a) 建立直角坐标系，同 4.1 a)；
- b) 在轨迹通过纵坐标是平方关系（例：1、4、9、16、…）处读取横坐标，发现各横坐标间距相等，说明抛体在竖直方向是匀加速运动，在水平方向是匀速运动；

注：竖直方向作匀加速运动不一定是自由落体运动。

- c) 使用平抛竖落仪（或二维时间—空间描述仪），得到抛体在竖直方向是自由落体运动的结论。

注：连续轨迹没有时间信息。

参考文献

- [1] JY/T 0530—2022 平抛竖落仪
  - [2] JY/T 0369—2004 二维空间—时间描述仪
-