

居家隔离，回不了学校实验室，如何设计利用身边的小物品+智能手机，设计一个简单易操作的小实验？

如：测定小球和地面之间碰撞的恢复系数



恢复系数

$$e = \frac{v_{\text{分离}}}{v_{\text{接触}}} = \frac{v_2}{v_1}$$



方案一

$$v_1 = \sqrt{2gh_1} \quad v_2 = \sqrt{2gh_2}$$



方案二

直接通过视频确定 v_1, v_2 ?

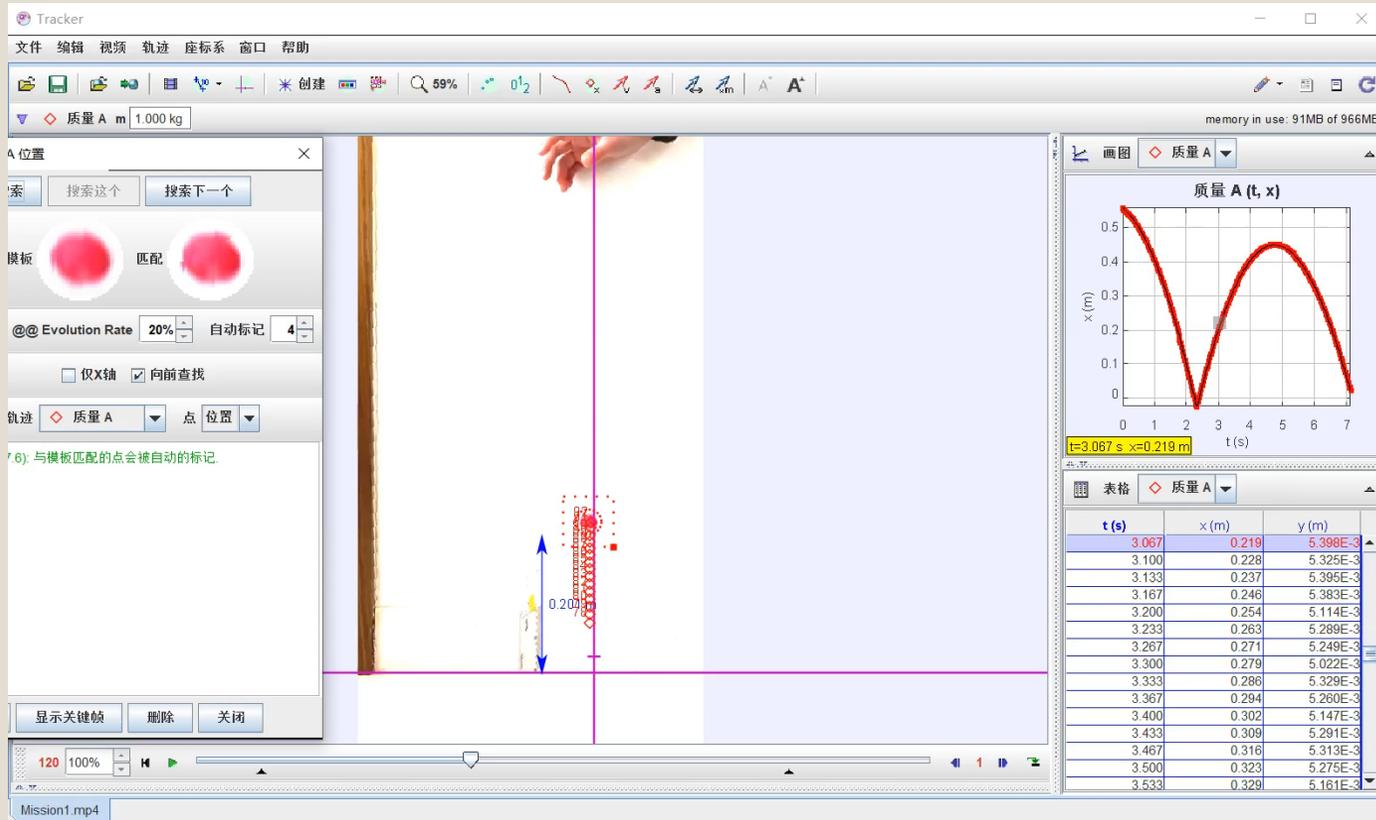
- 如何通过视频确定小球移动速度？
- 如何将视频的帧数和真实时间进行换算？
- 如何将视频中的距离和真实距离换算？

怎么办？

iphone iOS13

慢动作模式；帧率：240fps拍摄

Tracker



- 距离：通过**定标尺**完成视频中距离和实际距离的对应。
- 帧数换算：
240 frames in 1 second
- 方案二、方案一都可以完成

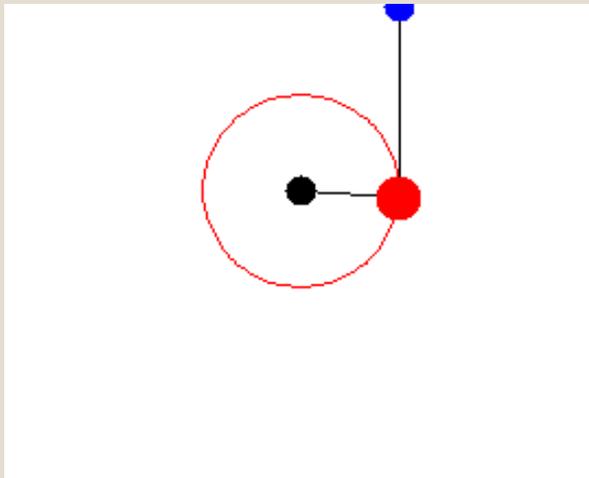
原理：在视频画面中建立坐标系，**逐帧自动定位目标物体**，输出它在坐标系中的位置，获得 **位置-时间变化关系图**

$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

$$\vec{r} = \vec{r}(x, y)$$

What's more?

- 伽利略斜面实验
 - 测定弹簧劲度系数
 - 研究混沌摆运动轨迹 (二维轨迹)
 - 研究抛体运动
 -
- } $\vec{r} = \vec{r}(t)$
- $\vec{r} = \vec{r}(x, y)$



总结: Tracker 的主要功能

Tracking: 自动/半自动追踪视频中像素点的运动, RGB辨认

Modeling: 建立质点/矢量等模型和坐标架 (可伸缩至实际比例)

Data Analysis and Curve Fitting:

分析质点(单体、多体)等模型的运动, 计算其坐标、速度、加速度等信息, 绘制其随时间的变化曲线; 可导出数据/直接进行函数拟合;

Tracker的下载安装

免费、开源 <https://www.physlets.org/tracker/>

点击此处下载更新

The screenshot shows the Tracker website on the left and its installation window on the right. The website features the Tracker logo, a description of its user base, and links to download installers for Windows, OS X, Linux 32-bit, and Linux 64-bit. The installation window is titled '安装 - Tracker' and shows a welcome message in Chinese.

Tracker
Video Analysis and Modeling Tool

Over 1 million users in 26 languages. Completely free and open source.

Upgrade now to version 5.1.3: [Windows](#) [OS X](#) [Linux 32](#) [Linux 64](#)

New to Tracker? Use these Tracker 5.1.3 installers: [Windows](#) [OS X](#) [Linux 32-bit](#) [Linux 64-bit](#)

OSX users: control-click the installer and choose Open from the popup menu rather than double-clicking.

[Installer Help](#) [Change Log](#) [Discussion Forum](#)

Be sure to check out the improved [Tracker Projects](#). Easy to build and save. Easy to browse in the [Library Browser](#) "recent" tab.

安装 - Tracker
欢迎使用 Tracker 安装向导。

Tracker
Video Analysis and Modeling Tool

< 后退 前进 > 取消

Windows(XP以上)/OS X/Linux 点击此处下载installer, 大小100Mb左右, 耐心等待

| | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------|--------|------------|
| <input type="checkbox"/> | tracker-5.0.6.jar | 2018/8/16 3:01 | JAR 文件 | 7,095 KB |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Tracker-5.0.6-windows-installer | 2018/12/8 10:56 | 应用程序 | 100,296 KB |
| <input type="checkbox"/> | trk | 2013/2/20 2:11 | ICO 文件 | 57 KB |

下载完毕, 双击installer (注意: OS X系统要control+点击“从弹出菜单打开”)

按提示进行安装即可

界面简介

可阅读官方帮助文档 (快捷键F1)

放大、缩小视图

已占用的内存 (总额不够, 软件会进行请求)

菜单栏

工具栏

这里会显示关于更新的信息

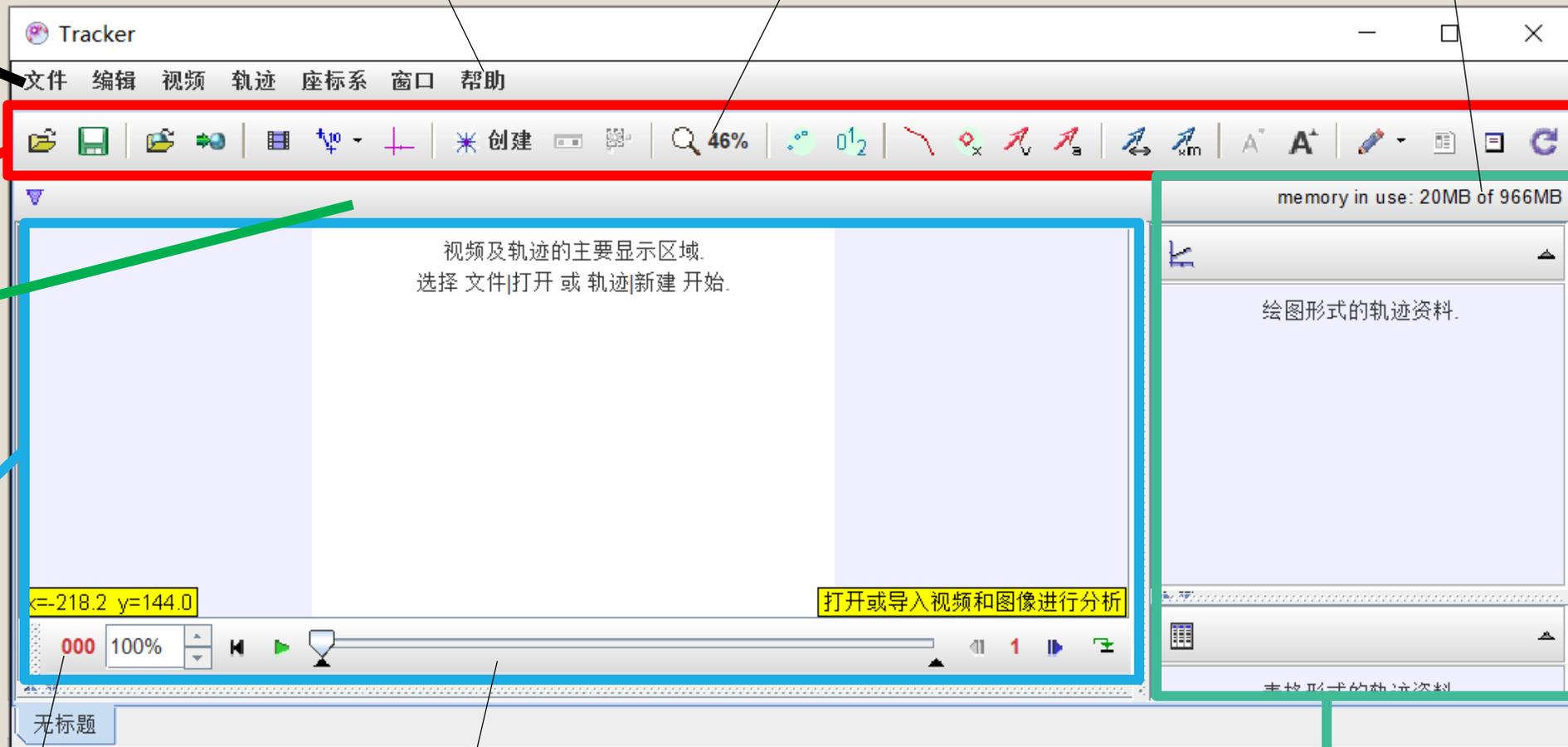
视频播放器

帧数

进度条

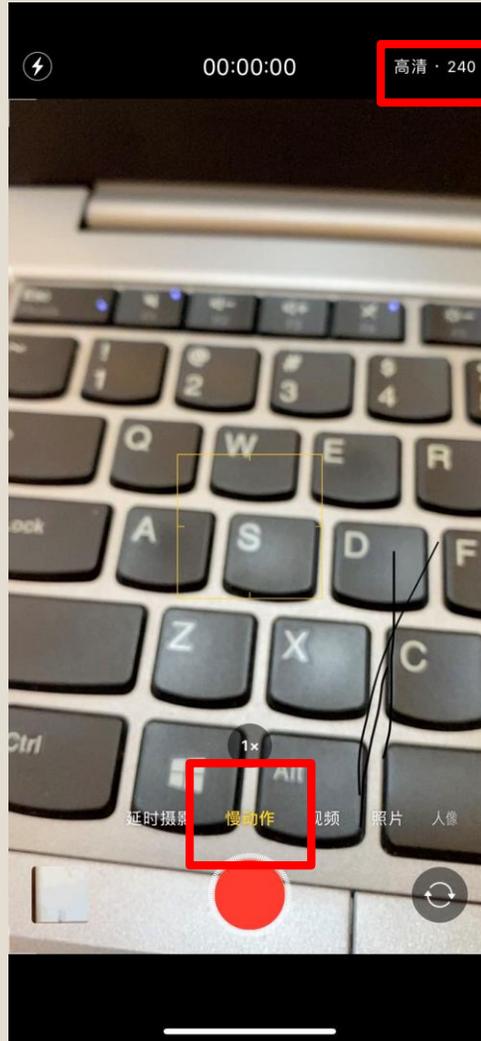
附加视图

绘制的曲线、数据表格会在这里显示



关于拍摄视频

尽量使用慢动作拍摄，一定要明确拍摄的帧率（XXX fps）



iphone

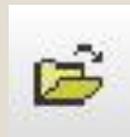
尽量把手机用
自拍杆等固定

物体运动平面和
拍摄平面尽量平行

打开、裁剪视频

可以打开 mp4/mov/wmv/avi/gif 等多种格式的视频和动画

点击工具栏的



按钮打开本地视频；

或点击菜单栏“文件”



点击“打开URL”可以打开在线视频

点击工具栏的



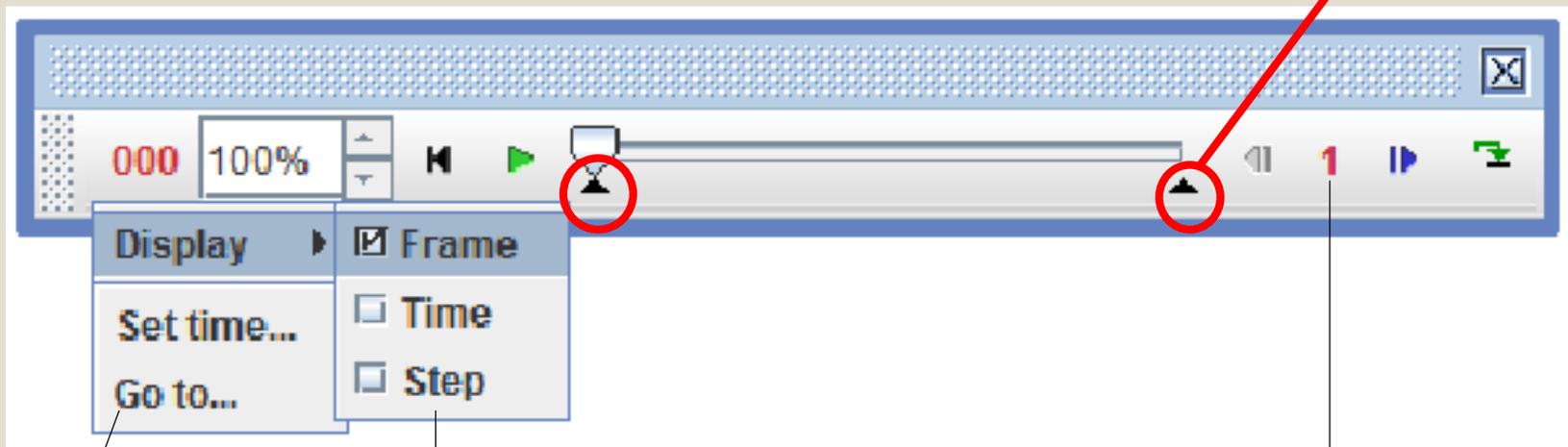
按钮进行视频裁剪和帧率选择



将这个帧率
设置为拍摄
帧率

播放器的使用

裁剪视频的始末位置



可以选择步长（现在是一步两帧）

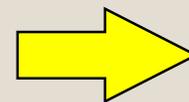
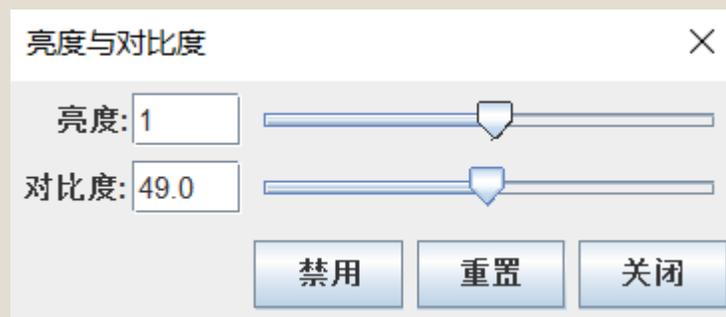
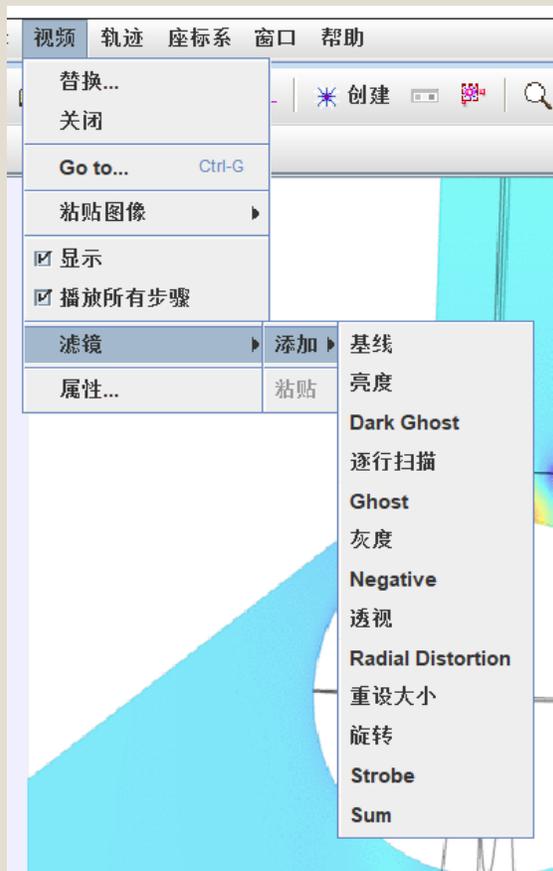
可以选择横轴代表帧、时间、步长

跳转到指定时间/帧

滤镜的使用

为了实现自动追踪，目标物体需要和背景具有较高的辨识度

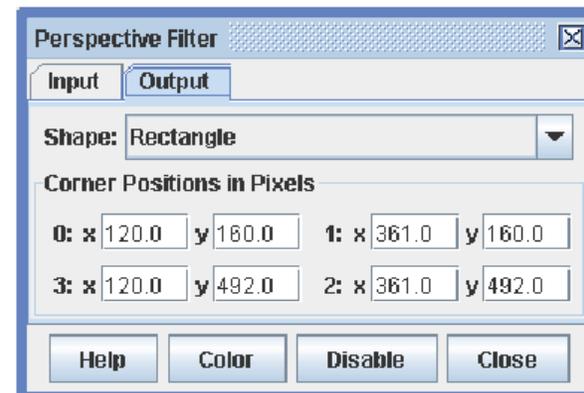
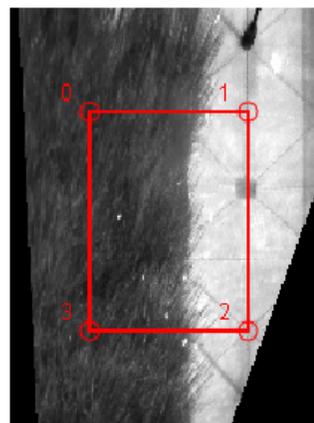
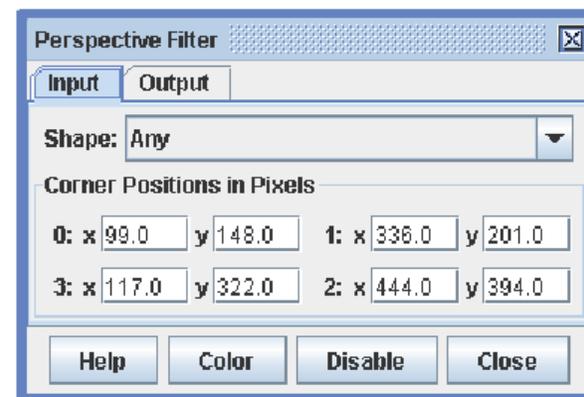
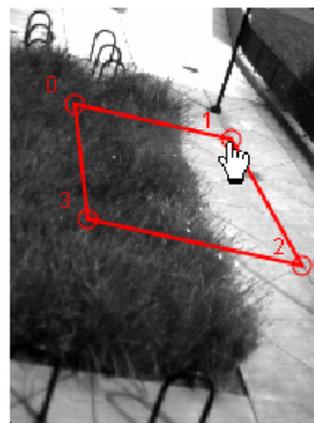
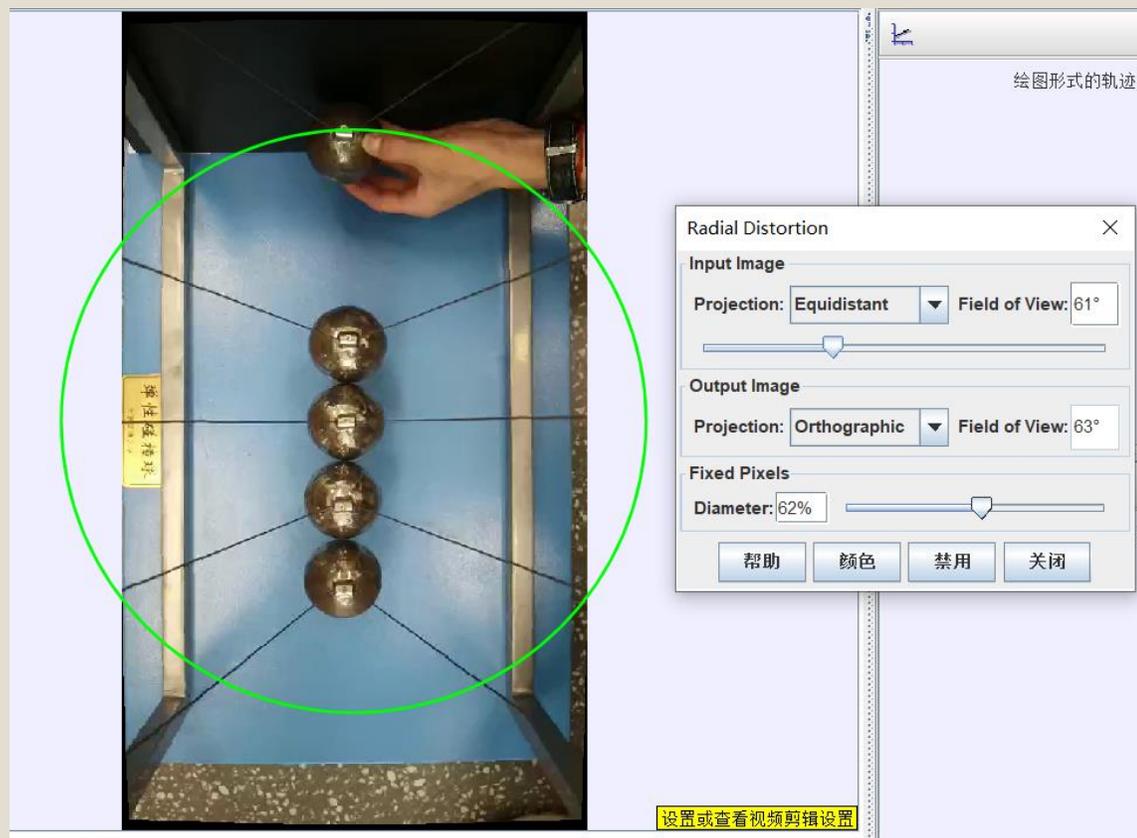
若难以识别，可以给视频**加上亮度、对比度等滤镜**，让物体轮廓更为清晰



滤镜的使用

可以用滤镜中的**Radial Distortion**修正广角镜头的视角偏差

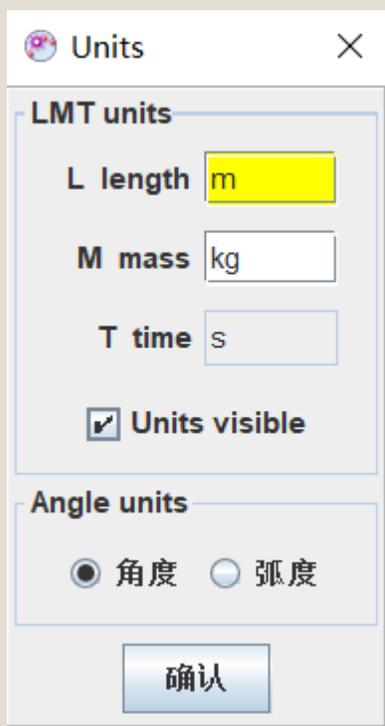
用**透视(Perspective)**滤镜修正平面偏差



坐标系的建立

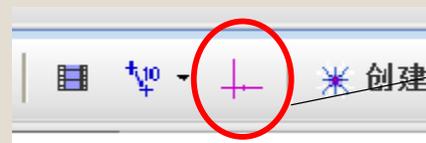
菜单栏点击“坐标系”可以选择建立固定/动坐标系

并设置单位制



选择参照物

“默认”代表原点在视频中心的静止参考系



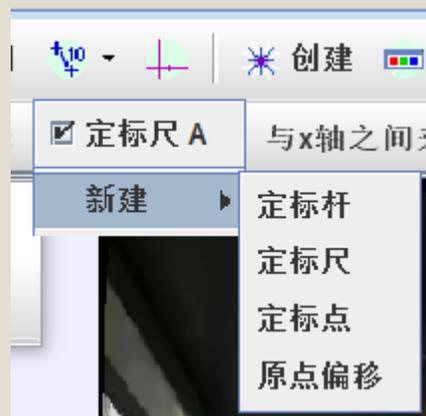
点击工具栏这个按钮，坐标系就显示出来了



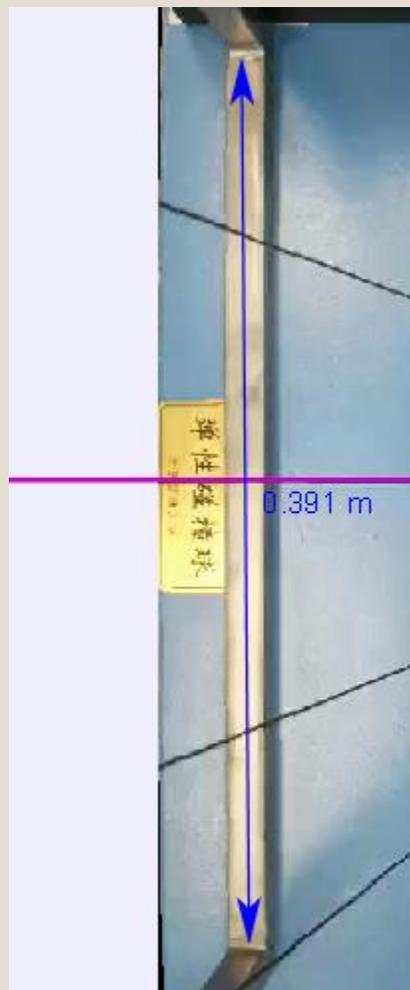
这里调整轴的原点、指向等参数

坐标系的建立

此时还需要定标，使得视频中的长度对应真实长度



如图，选择工具栏的定标工具



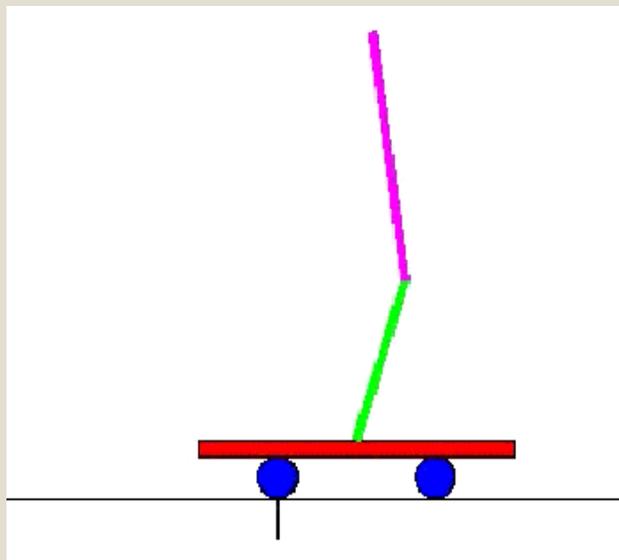
比如，使用装置一旁的栏杆长度作为定标尺；实验中测得其长度为0.391m；于是，将定起点、终点标尺拖动到相应位置，此时，坐标系中的其它物品的长度就按比例伸缩到了真实长度

建立质点并追踪其运动

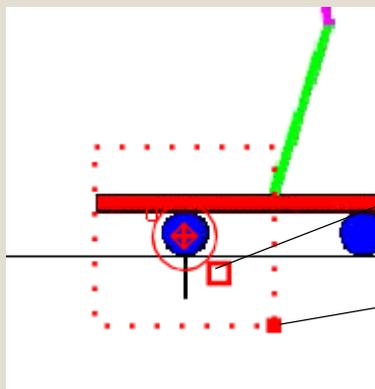
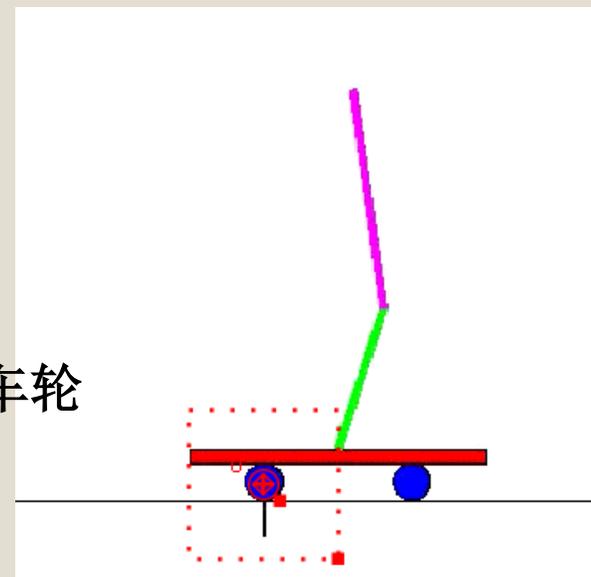
Tracker 的主打功能在于可以 **自动地** 识别、追踪像素点的运动



在工具栏创建“质点”
除此之外的模型详见帮助文档



按住 **Control+Shift**
左键点击要追踪的车轮



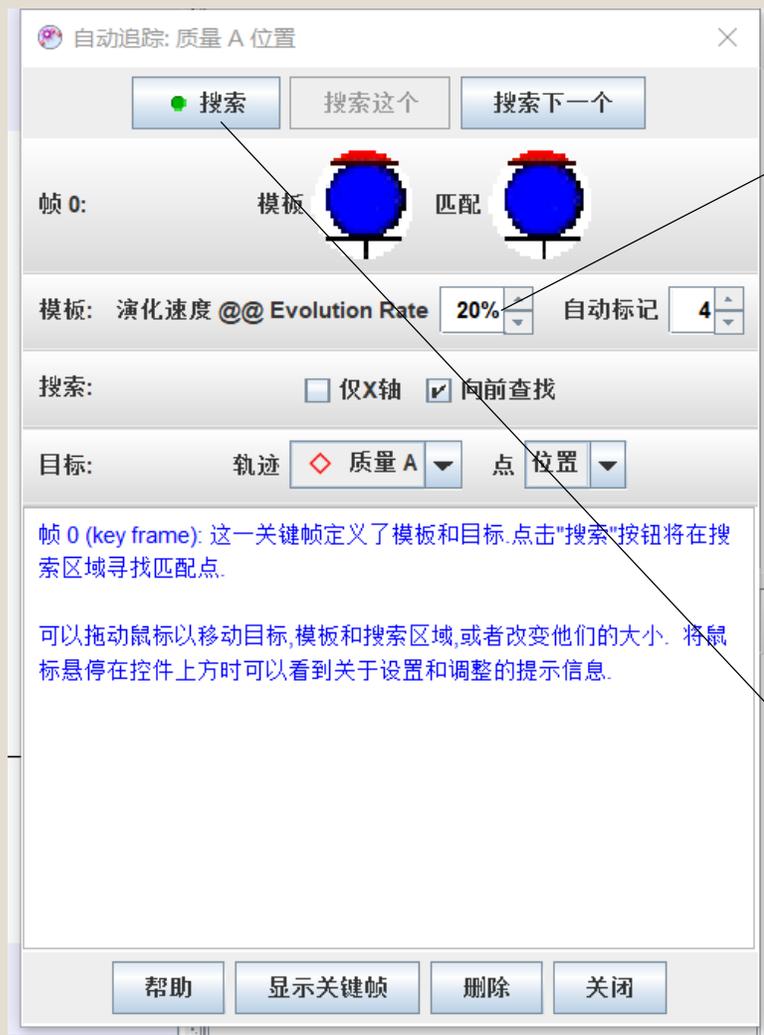
样本框：作为在下一帧识别的样本

最大搜索范围框



拖动右下角的按钮调节
这两个框的大小

自动搜索



“演化速度”相当于模板和下一帧匹配图像之间的“容错率”

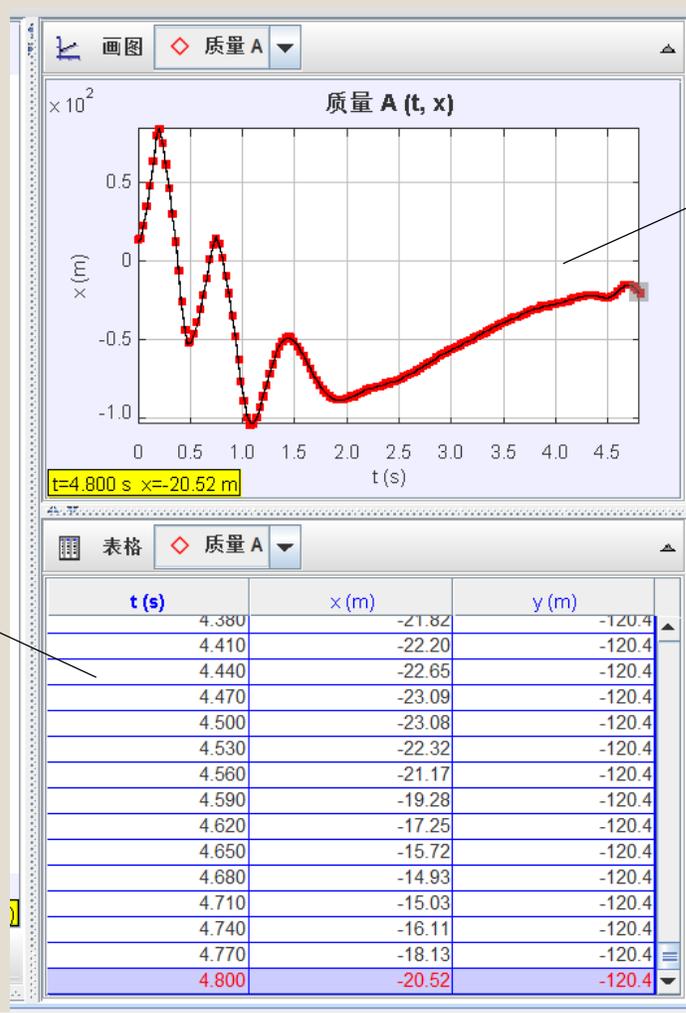
一旦模板和匹配之间的差距超过了这个容错率，自动追踪就会停止，这时需要手动调整追踪框，调整之后再继续进行追踪

调整好之后点击开始自动搜索

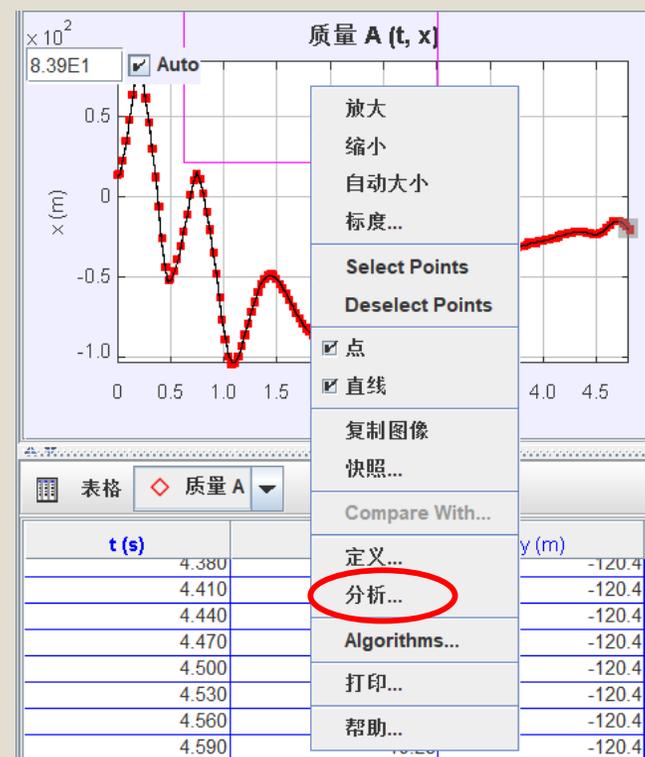
数据的分析、导出和拟合

自动搜索完成后，在附加视图中就可以得到追踪物体的运动曲线

表格中数据可以直接
copy至Origin等软
件中进行数据分析

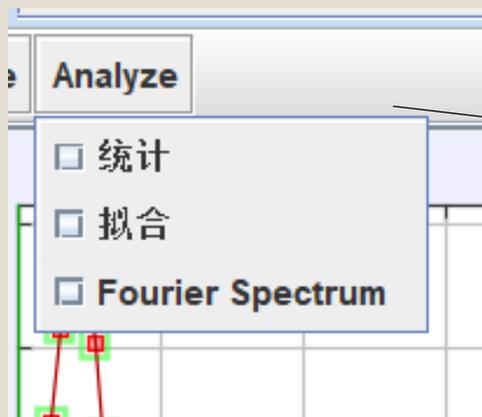


右键点击图像，可以选择“分析”

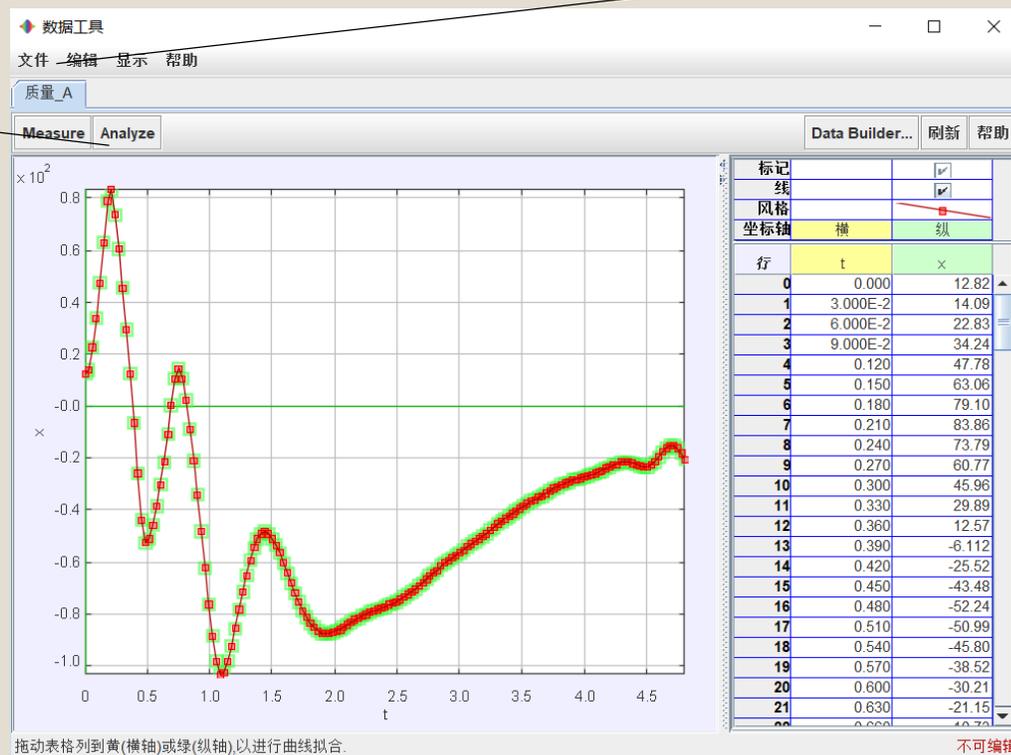


数据的分析拟合

点击“分析”后，可以用自带的工具进行数据分析拟合

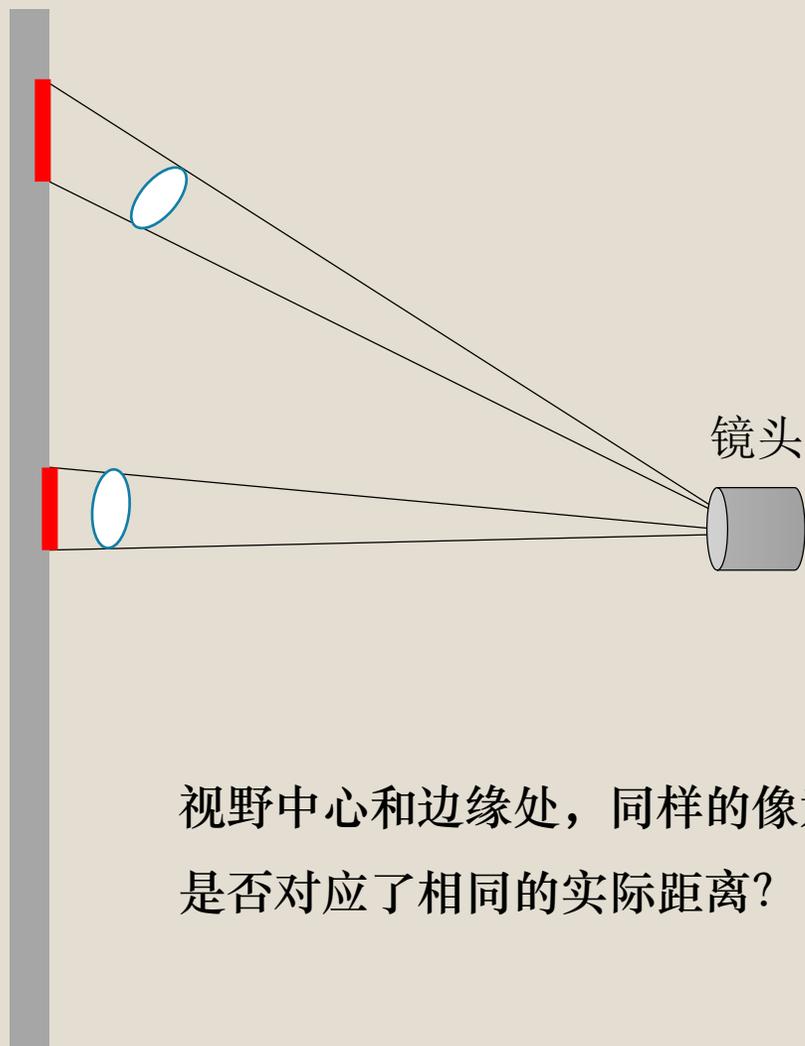


点击Analyze，可以进行函数拟合、FFT



点击“文件”可以导出处理之后的数据

思考：如何分析不确定度？



视野中心和边缘处，同样的像素是否对应了相同的实际距离？

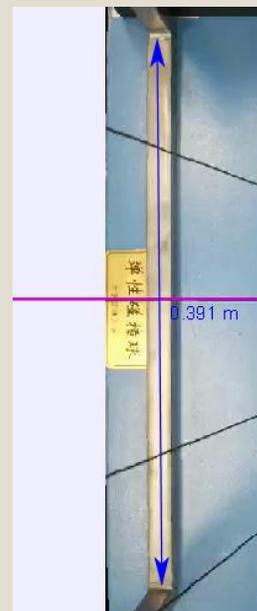
运动平面



追踪的物点大小如何？

“搜索区域”大小如何？

追踪点是否保持在物点中心？



定标的物体精度如何？

是否位于运动平面？

定标尺的始末段是否与定标物体重合？

Tracker的更多玩法，可以按F1在自带的帮助文档中查找

