

教育技术应用

利用手机连拍设计物理实验的几点思考

张黎

(中山市华侨中学 广东 中山 528400)

(收稿日期:2021-08-16)

摘要:手机在教学中的用途越来越广,其连拍功能也越来越多地用于物理实验和实验题的设计.但有些实验题的设计没有考虑到连拍功能带来的系统误差,导致一些科学性的错误.另一方面,手机的连拍周期是否稳定,是否可以用连拍代替频闪照相?本文对以上问题做了分析和探究.

关键词:手机 连拍 实验

1 问题的提出

在高中物理实验中,利用频闪照相研究物体的运动是一种常见的方法.相较于打点计时器,频闪照相避免了纸带的摩擦,大大提高了精度.但用频闪照相技术做相关实验对拍摄环境和设备的要求比较高,日常教学中很少直接用到.随着智能手机的普及,很多人想到用手机相机的连拍功能代替频闪照相做相关实验.在命题中,也出现了很多基于手机连拍功能研究运动实验题.该操作有哪些问题值得思考?我们以一道常见的实验题为例展开.

【例题】某同学新买了一台手机,发现有连拍、全景摄影功能.他想知道相机1 s内能连拍多少张(即连拍频率)相片,为此设计了一个实验:一个同学将小球从与课桌表面等高处的O点静止释放,另一个同学将手机固定在合适位置并开启连拍功能,之后在电脑上将照片合成处理成一张照片,如图1所示.

(1) 现有相同大小的塑料球和钢球两个,实验时应选用_____做实验.

(2) 关于按快门和释放小球的先后顺序,正确的做法是_____.

(3) 用刻度尺测得小球在初始位置1与9间的距离 $h = 35.00 \text{ cm}$,若当地的重力加速度为 9.80

m/s^2 ,则相机连拍频率为_____ Hz.

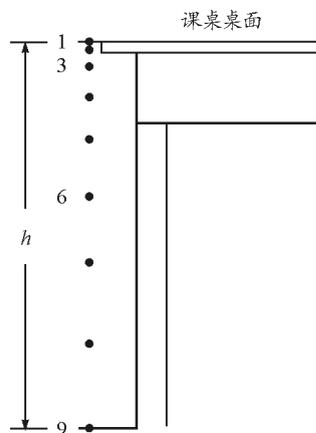


图1 照片合成后的示意图

参考答案:(1) 钢球;(2) 先按快门再释放小球;(3) 30.

命题的意图是用自由落体运动来探究相机连拍频率,所以操作时先按快门再释放小球,这样拍摄小球的初速度为零.设相机的拍摄周期为 T ,利用

$$h = \frac{1}{2}g(8T)^2$$

得

$$T = 0.0334 \text{ s}$$

故连拍频率

$$f = \frac{1}{T} = 30 \text{ Hz}$$

2 思考一 小球下落的时间是否为连拍周期的整数倍?

由于先开始拍摄,再自由释放小球,所以第一张照片小球速度一定是零,但是第一张与第二张照片的时间间隔是 T 吗? 我们作一个时间轴如图 2 所示.



图 2 时间轴

相机拍照的时刻是 $0, T, 2T, 3T$ 等时刻,但小球开始下落的时刻不一定是这些时刻. 假设小球释放的时刻处于 $T \sim 2T$ 之间, $2T$ 时刻小球已经在运动,故 $2T$ 时刻照片定为运动的第二张照片,反推 T 时刻的照片定为释放小球的初始照片,这样处理的结果是照片 1, 2 之间的时间间隔一定小于 T . 虽然释放小球的时刻也有可能恰好对应拍照的 $0, T, 2T$ 等时刻,但这种概率是很低的.

理论上分析,按照题设的条件小球运动时间为 nT ,但实际运动时间是 $(n-1)T \sim nT$ 之间的某个值,故 $T_{\text{测}} < T_{\text{真}}$,当误差最大时

$$nT_{\text{测}} = (n-1)T_{\text{真}}$$

最大相对误差

$$\delta = \frac{T_{\text{真}} - T_{\text{测}}}{T_{\text{真}}} = \frac{1}{n}$$

故理论上相对误差: $0 \leq \delta \leq \frac{1}{n}$,而这种误差是完全随机的,也是未知且不可控的. 例题中位置 1 与 9 之间对应 $n=8$,误差范围为 $0 \sim 12.5\%$,这是无法忽略的系统误差,甚至是一种错误. 只有当下落时间足够长, n 足够大,才能将系统误差控制在允许范围以内.

因此,如果是测量连拍频率,系统误差(或者说是一种错误)难以避免. 但是另一种情况,若用已知固定拍摄周期的闪光照相法研究物体运动则是完全可以实现的. 例如粤教版必修 1 研究自由落体运动呈现的一张照片如图 3 所示^[1],曝光时间 $\frac{1}{30}$ s 即为闪光周期.

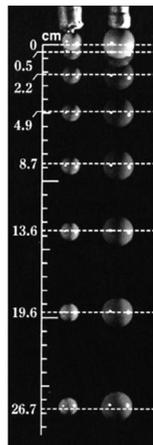


图 3 自由落体的频闪照片(曝光时间 $\frac{1}{30}$ s)

这张照片的拍摄可以用以下两种方法避免系统误差:

(1) 根据 $h = \frac{1}{2}gT^2$,代入 $T = \frac{1}{30}$ s,得 $h_1 = 0.54$ cm,因此可以从一系列频闪照片中选出 1 和 2 两小球距离约为 0.5 cm 的照片,正如图 3 所示.

(2) 通过改进实验装置,同时控制快门和小球,使得拍摄第一张照片时小球同时下落,但是这样的设计可能会有些复杂.

3 思考二 手机的连拍功能是否可以替代频闪照相?

笔者查阅市面上普遍使用的智能手机官方介绍,没有一家手机厂商给出连拍的准确速度(连拍频率). 笔者用最简单的方法分别测试华为 P40, 华为 Mate 40, iPhone 6S, iPhone 12 proMax 和 VIVO IQOO5 等 5 款手机的连拍速度,基本涵盖了常见的高端、中高端和中端手机. 在相同的光照条件下,启动毫秒计时器,用手机直接对准计时器连拍. 实验中使用毫秒级电脑计时器软件界面如图 4 所示.



图 4 毫秒级电脑计时器

从连拍照片中记录每一张照片上显示的时刻,相邻两张照片记录的时刻差值即为连拍时间间隔. 记录数据如表 1 所示.

表1 5款手机连拍周期数据

华为 P40		华为 Mate40		iPhone 6S		iPhone12proMax		VIVO IQOO5	
时刻	间隔 /s	时刻	间隔 /s	时刻	间隔 /s	时刻	间隔 /s	时刻	间隔 /s
2.012	0.031	3.447	0.110	3.626	0.032	1.139	0.125	1.610	0.030
2.043	0.078	3.557	0.124	3.658	0.139	1.264	0.093	1.640	0.049
2.121	0.032	3.681	0.078	3.797	0.078	1.357	0.110	1.689	0.015
2.153	0.062	3.759	0.125	3.875	0.125	1.467	0.093	1.704	0.033
2.215	0.062	3.884	0.063	4.000	0.112	1.560	0.109	1.737	0.030
2.277	0.110	3.947	0.140	4.112	0.029	1.669	0.094	1.767	0.061
2.387	0.062	4.087	0.078	4.141	0.160	1.763	0.094	1.828	0.047
2.449	0.031	4.165	0.094	4.301	0.076	1.857	0.109	1.875	0.067
2.480	0.063	4.259	0.093	4.377	0.112	1.966	0.093	1.942	0.028
2.543	0.078	4.352	0.124	4.489	0.122	2.059	0.110	1.970	0.065
2.621	0.093	4.476	0.126	4.611	0.046	2.169	0.093	2.035	0.042
2.714	0.063	4.602	0.062	4.657	0.154	2.262	0.094	2.077	0.064
2.777	0.015	4.664	0.109	4.811	0.110	2.356	0.109	2.141	0.030
2.792	0.094	4.773	0.125	4.921	0.067	2.465	0.094	2.171	0.080
2.886		4.898		4.988		2.559		2.251	

对5款手机连拍周期的数据分析如表2所示。

表2 5款手机连拍周期分析

手机	华为 P40	华为 Mate 40	iPhone 6S	iPhone 12proMax	VIVO IQOO5
平均值 /s	0.062 4	0.103 6	0.097 3	0.101 4	0.045 8
平均相对偏差 /%	32.51	21.22	37.54	8.93	35.09
最大相对偏差 /%	75.96	40.15	70.20	23.3	74.67

由表1和表2数据可见,测试的5款手机拍摄周期都在各自的平均值上下波动,但都不稳定,平均相对偏差最小的为8.93%,最大达37.54%。作为参照,我们查阅一款LED自携式频闪仪,其标称10 Hz,25 Hz的频闪光源测得的精确频率分别为10.04 Hz,25.12 Hz,偏差均小于0.5%^[2],其周期稳定性远超手机。

频闪照相是相机快门一直打开,利用频闪仪电子闪光灯的周期性闪光,在一张底片上连续记录物体的运动,闪光频率稳定;而手机的连拍则涉及电子快门、存储快慢等等诸多因素,原理与频闪照相有很大的不同。我们无法穷尽所有手机的连拍数据,但从已有的结果来看,用手机连拍替代频闪照相缺乏科学依据,毕竟设计手机连拍的目的不是为了实验。因此,在目前的物理实验中,用手机连拍研究物体的运动不合时宜,基于手机连拍功能而设计的诸多相关实验题同样缺乏现实基础。

4 结束语

实验是物理学的基础,在培养学生科学探究、科学证据意识方面有着不可替代的地位。但当前有些实验问题设计未能跳出传统习题训练的范围,过于关注技能知识的简单考查,真正“做实验”寥寥无几^[3]。实验题的设计应立足现实的问题情境,通过真实情境实现对学生实践意识与实验能力的考查,践行核心素养的培养。

参考文献

- 1 广东教育出版社. 普通高中教科书物理必修第一册[M]. 广州:广东教育出版社,2019. 48~49
- 2 张多生. 新型频闪照相系统的研制与应用[J]. 物理教学探讨,2020,38(7):46~49
- 3 叶兵. 高考物理实验题命制的几点思考[J]. 物理教学,2018,40(12):32~36