

## Bài 2A: Khảo sát sự rơi tự do

**Mục đích:** Trong thí nghiệm này chúng ta khảo sát sự rơi tự do của các vật trong trường trọng lực, tìm giá trị của gia tốc trọng trường, đồng thời chứng minh cho kết luận của Galileo về sự rơi như nhau của mọi vật.

### I. ĐỊNH LUẬT GALLILEO



HEO định luật vạn vật hấp dẫn Newton, vật khối lượng  $m$  luôn bị Trái đất kéo xuống với một lực có độ lớn:

$$F = G \frac{Mm}{r^2},$$

trong đó  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$  - hằng số hấp dẫn,  $M$  - khối lượng Trái đất,  $r$  - khoảng cách từ vật đến tâm Trái đất. Đưa tham số bán kính Trái đất vào, ta có thể viết lại thành:

$$F = G \frac{Mm}{(R+h)^2},$$

với  $R$  - bán kính Trái đất,  $h$  - chiều cao của vật so với mặt đất. Nếu chỉ xét khoảng không gian gần bề mặt Trái đất,  $h \ll R$  nên có thể bỏ qua và biểu thức lực hấp dẫn trở nên bằng:

$$F = \frac{GM}{R^2} \cdot m.$$

Biểu thức trên không chứa tham số độ cao, hay nói cách khác, dưới tác dụng của lực hấp dẫn, mọi vật đều chịu một gia tốc  $g$  hướng về tâm Trái đất như nhau:

$$F = mg,$$

với

$$g = \frac{GM}{R^2} = \text{const.} \quad (2.1)$$

Trên thực tế, gia tốc rơi tự do không tính bằng công thức (2.1) mà được đo trực tiếp nhờ thực nghiệm. Công thức (2.1) có giá trị khi người ta đã xác định được hằng số hấp dẫn  $G$  và suy ra được khối lượng Trái đất.

Galileo Galilei (1564-1642) từ trước Newton đã làm thực nghiệm về rơi tự do trên tháp nghiêng Pisa. Ông kết luận rằng: *mọi vật bất kể nặng nhẹ đều rơi với tốc độ như nhau.*



Hình 1: Thí nghiệm Galileo

### II. NGUYÊN LÝ THÍ NGHIỆM

Đối tượng khảo sát trong thí nghiệm là những tấm nhựa trong suốt có kẻ vạch như hình 2. Mỗi vạch nằm cách nhau đúng 1 cm.

Ta sẽ thả tấm nhựa rơi qua cảm biến quang điện như hình 3. Những vạch sơn sẽ lần lượt che khuất tia hồng ngoại của cảm biến. Cứ mỗi vạch sơn đi qua, cảm biến sẽ nhận biết giúp bộ CASSY ghi lại thời điểm tương ứng và truyền về máy tính hàm số *quãng đường - thời gian*:

$t$ (s)	$s$ (m)
$t_1$	0
$t_2$	0.01
$t_3$	0.02
$t_4$	0.03
...	...

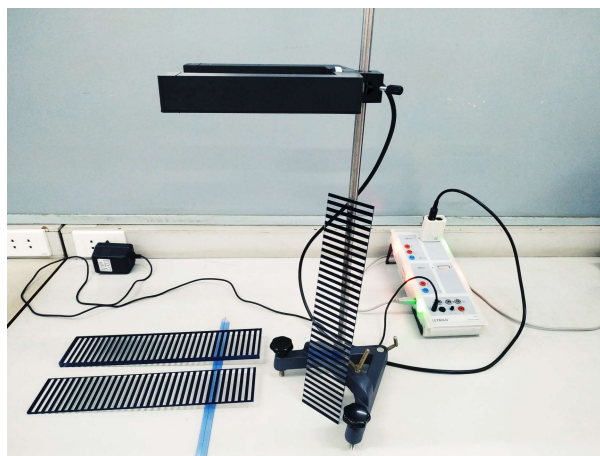


Hình 2: Những tấm nhựa trong suốt kẻ vạch

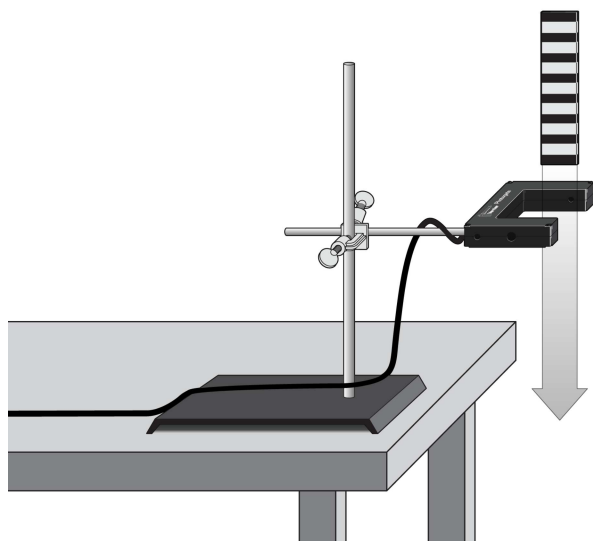
### III. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM

#### Thiết lập thí nghiệm

Thiết bị được bố trí như hình 4: cảm biến quang điện chữ U kết nối với máy tính thông qua CASSY. Cần chắc rằng CASSY đã được cấp điện và cổng USB liên kết với máy tính.



Hình 4: Bố trí thí nghiệm



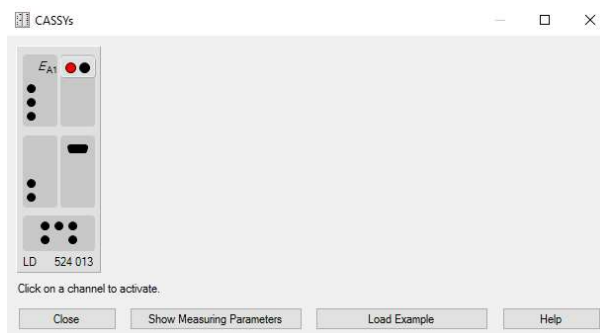
Hình 3: Nguyên lý thí nghiệm

Từ hàm số quãng đường  $s(t)$ , ta có thể lấy đạo hàm theo thời gian để suy ra vận tốc:

$$v(t) = \frac{ds}{dt} \approx \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Rồi từ vận tốc có thể suy ra gia tốc rơi tự do.

Khởi động phần mềm CASSY Lab 2, dùng chuột để khai báo cổng đầu vào cho cảm biến như ô tròn màu đỏ trên hình 5.

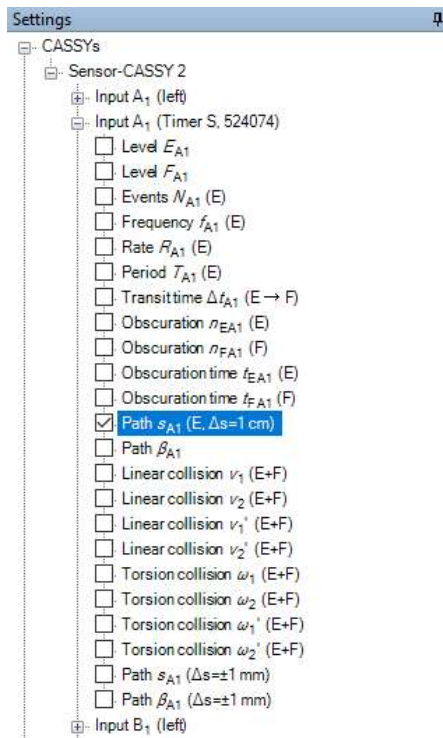


Hình 5: Khai báo cổng vào cho cảm biến

Tại khung Settings (hình 6), khai báo biến số cần đo là Path  $s_{A1}(E, \Delta s = \pm 1\text{cm})$ .

Nhấp chuột vào Path  $s_{A1}(E, \Delta s = \pm 1\text{cm})$  để xuất hiện khung tùy chọn như hình 7. Ta thiết lập các tham số sau đây:

- **Range:** phạm vi hiển thị của khung đồ thị, để mặc định 1m.



Hình 6: Khai báo đại lượng cần đo

- **Stop measurement at edge:** lấy giá trị 30 vạch chạy qua thì phép đo sẽ dừng.

- **Interval:** chọn khoảng thời gian giữa hai lần đọc dữ liệu liên tiếp là 100  $\mu$ s.

- **Trigger:** tích dấu chọn cho Trigger với  $s_{A1}$ . Điều này sẽ giúp phần mềm có khả năng tự khởi động quá trình ghi dữ liệu khi cảm biến quang bị che lần đầu tiên.

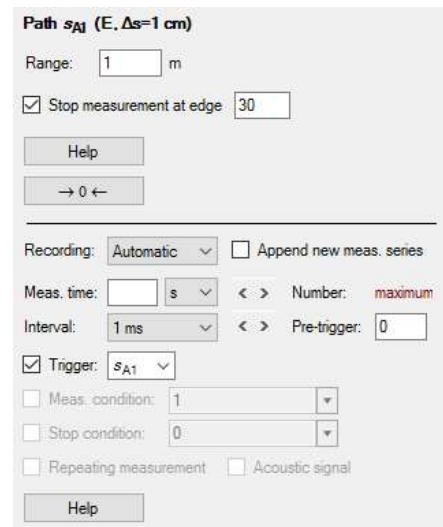
**Thử nghiệm chức năng**

**Bước 1:** Nhấp chuột vào nút  $\rightarrow 0 \leftarrow$  trên phần mềm CASSY Lab 2 (hình 7) để quy 0 cho quãng đường  $s$ .

**Bước 2:** Vào Menu Measurement, chọn Start/Stop Measurement để khởi động quá trình đo cho phần mềm.

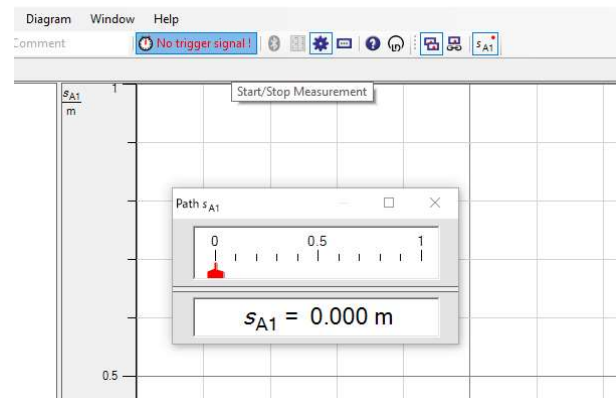
**Bước 3:** Phép đo còn chưa được khởi động từ phần cứng nên màn hình sẽ tạm xuất hiện dòng "No trigger signal" (hình 8).

Dùng tay đưa tấm nhựa lướt qua tia hồng ngoại của cảm biến quang điện một cách chậm rãi. Tấm nhựa cần di chuyển từ trên xuống dưới theo chiều dọc.



Hình 7: Các tham số cần thiết lập

Bước 3 cần làm thật chậm, luôn giữ tay, để theo dõi quá trình đọc dữ liệu vào phần mềm máy tính.



Hình 8: Phần mềm ở chế độ chờ

**Khảo sát chuyển động**

Ta sẽ tiến hành 3 thí nghiệm với 3 tấm nhựa có khối lượng khác nhau. Cần chuẩn bị 3 bảng ghi chép trình bày như dưới đây.

Đặt sẵn bên dưới cổng quang điện một tấm khăn đệm. Mỗi lần thí nghiệm ta thực hiện quy trình như dưới đây.

**Bước 1:** Nhấp chuột vào nút  $\rightarrow 0 \leftarrow$  trên phần mềm CASSY Lab 2 (hình 7) để quy 0 cho quãng đường.

**Bước 2:** Vào Menu Measurement, chọn

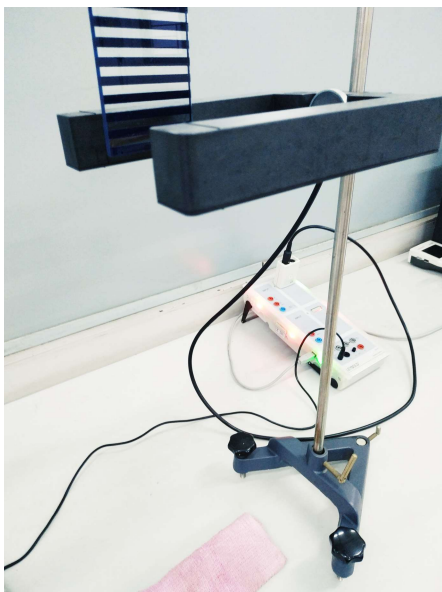


Bảng 1: Số liệu thực nghiệm

Tấm nhựa thứ: ...	
$t$ (s)	$s$ (m)

Start/Stop Measurement để khởi động quá trình đo cho phần mềm.

**Bước 3:** Giữ tấm nhựa nằm trên tia hồng ngoại của cảm biến quang điện, rồi thả tấm nhựa rơi tự do như hình 9.



Hình 9: Đặt tấm nhựa đúng tư thế

**Bước 4:** Dữ liệu về quãng đường theo thời gian sẽ liên tục được ghi lại về máy tính thành hai cột  $t$  và  $s$ . Sự thu thập này sẽ tự động dừng lại cho đến khi nào đủ 30 vạch chạy qua. Sao chép toàn bộ dữ liệu ở khung bên trái vào file Excel. Mặt khác, chép tay toàn bộ dữ liệu này vào bảng 1 của báo cáo thí nghiệm để giảng viên xác nhận.

#### IV. XỬ LÝ DỮ LIỆU

Việc có được dữ liệu về sự phụ thuộc của quãng đường  $s$  vào thời gian  $t$  cũng đồng nghĩa rằng ta đã có được hàm số  $s(t)$  được cho dưới dạng bảng. Từ

đây theo định nghĩa của vận tốc tức thời:

$$v(t) = \frac{ds}{dt},$$

ta chỉ việc lấy đạo hàm của  $s(t)$  để thu được hàm vận tốc  $v(t)$ . Trên thực tế ta tính đạo hàm theo phương pháp số:

$$v_i \approx \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_{i+1} - s_i}{t_{i+1} - t_i}.$$

Hình 10 bên dưới miêu tả cách tính đạo hàm trong Excel.

	A	B	C	D	E
1					
2	t	h	v		
3	0		$0 = (B4-B3)/(A4-A3)$		
4	0.033	0.01			
5	0.051	0.02			
6	0.065	0.03			
7	0.077	0.04			
8	0.088	0.05			
9	0.098	0.06			
10	0.106	0.07			

Hình 10: Lấy đạo hàm quãng đường để suy ra vận tốc

Sau khi đã có đủ dữ liệu về quãng đường và vận tốc, ta dựng các đồ thị  $s(t)$  và  $v(t)$  cho mỗi trường hợp.

Từ mỗi đồ thị  $v(t)$ , dùng đường thẳng để khớp đồ thị. Từ hệ số góc của đường thẳng suy ra gia tốc của mỗi chuyển động.

Hãy so sánh sự rơi của 3 vật khối lượng khác nhau trên các phương diện: quãng đường rơi, vận tốc rơi và gia tốc rơi.

#### V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Rơi tự do là gì?
2. Vật thả rơi tự do trong bài thí nghiệm là vật nào? Làm sao cảm biến có thể ghi lại chuyển động của nó?
3. Đại lượng nào cần đo trong thí nghiệm? Gia tốc rơi tự do được suy ra bằng cách nào?
4. Viết phương trình chuyển động của vật rơi tự do.
5. Từ định luật vạn vật hấp dẫn, hãy chứng tỏ rằng trên những độ cao không quá lớn, mọi vật đều rơi như nhau.