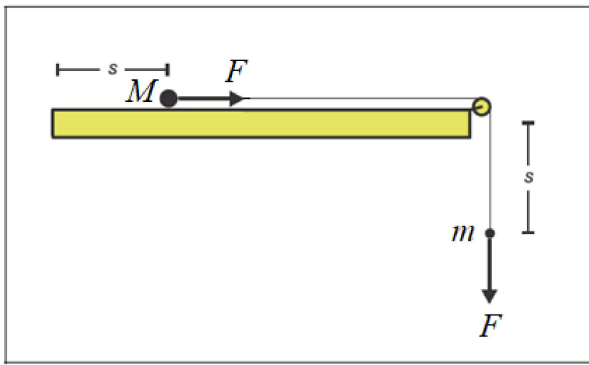


## Bài 4B: Cơ năng trong chuyển động thẳng

**Mục đích:** Trong thí nghiệm này chúng ta khảo sát sự biến thiên của hai loại hình cơ năng, gồm thế năng và động năng trong chuyển động thẳng dưới tác dụng của lực không đổi. Từ đó chứng tỏ rằng, khi ma sát được giảm thiểu, cơ năng hầu như được bảo toàn.

### I. CƠ NĂNG

XÉT hệ chuyển động gồm vật khối lượng  $M$  và quả nặng nhỏ khối lượng  $m$ , nối với nhau qua sợi dây vắt qua ròng rọc như hình 2. Khi bỏ qua ma sát giữa vật  $M$  với mặt



Hình 1: Mô hình hoá hệ chuyển động

phẳng ngang, tổng hợp lực tác dụng lên vật là lực căng dây  $\vec{F}$ , có giá trị không đổi trong suốt quá trình chuyển động.

Theo định luật II Newton, vật chuyển động với gia tốc không đổi:

$$a = \frac{F}{M}.$$

Nhờ đó vật tăng tốc một cách đều đặn theo thời gian:

$$v = at.$$

Quãng đường vật đi được có thể tính qua vận tốc trung bình:

$$s = \bar{v}t = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2}at^2.$$

Từ đây tính được công thực hiện của lực  $\vec{F}$  cho tới thời điểm hiện tại:

$$A = F \cdot s = Ma \cdot \frac{1}{2}at^2.$$

Thế  $v = at$  vào, thu được:

$$A = \frac{1}{2}Mv^2.$$

Ta nói rằng, lực  $\vec{F}$  đã truyền cho vật một năng lượng chuyển động, hay *động năng*:

$$T = \frac{1}{2}Mv^2. \quad (4.1)$$

Lực căng dây  $\vec{F}$  thực chất được sinh ra do trọng lực kéo quả nặng nhỏ  $m$  xuống dưới. Vì  $m \ll M$  nên  $\vec{F}$  gần như bằng với trọng lực tác dụng lên quả nặng:

$$F = mg.$$

Quả nặng cũng di chuyển bằng đoạn đường  $s$  của vật  $M$ , nhưng theo chiều hướng xuống. Công của lực  $\vec{F}$  lúc này có thể tính thông qua tác dụng của trọng lực:

$$A = F \cdot s = mgs.$$

Rõ ràng, trường trọng lực có chứa đựng một dạng năng lượng, hay *thế năng*. Năng lượng này chuyển hoá thành động năng (7.1) thông qua lực  $\vec{F}$ . Phần công thực hiện chính là khoản thế năng đã chuyển hoá thành động năng:

$$\frac{1}{2}Mv^2 = mgs. \quad (4.2)$$

Ta nói rằng, thế năng trọng trường đã suy giảm một lượng:

$$U_0 - U = mgs.$$

Đặt giá trị cho thế năng ban đầu  $U_0 = 0$ , khi đó thế năng sau quãng đường  $s$ :

$$U = -mgs.$$

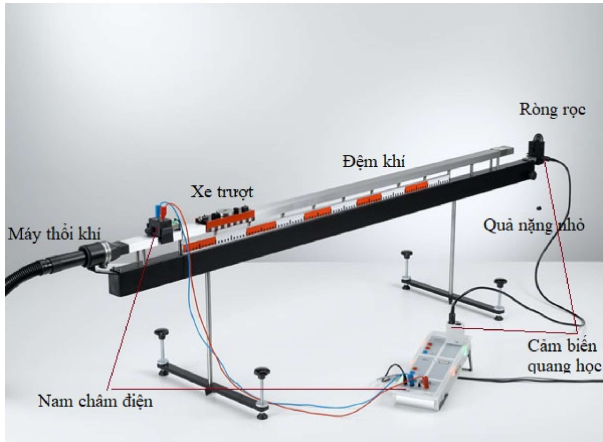
Liên hệ với (7.2), ta có được hệ thức bảo toàn cơ năng:

$$T + U = \frac{1}{2}Mv^2 + mgs = 0 = \text{const.}$$

Có thể hiểu rằng, thế năng  $U$  giảm một lượng bao nhiêu, động năng  $T$  sẽ tăng lên bấy nhiêu.

## II. NGUYÊN LÝ PHÉP ĐO

Hệ khảo sát gồm một xe trượt khối lượng  $M$  có thể trượt gần như không ma sát theo đệm khí nằm ngang và một quả nặng nhỏ khối lượng  $m$ . Hệ được bố trí như hình 2, trong đó hai vật nối với nhau bằng sợi dây vắt qua ròng rọc. Ta cần quan sát sự biến đổi của thế năng và động năng của hệ trong suốt quá trình chuyển động.



Hình 2: Bố trí thí nghiệm

Đại lượng duy nhất được đo là quãng đường  $s$ , ghi lại một cách liên tục theo thời gian nhờ các cảm biến quang điện gắn bên cạnh ròng rọc. Khi những nan hoa của ròng rọc lướt ngang các cảm biến này, quãng đường quay được của ròng rọc sẽ ghi lại vào máy tính với độ chia nhỏ nhất bằng 1 mm.

Thế năng của hệ chỉ phụ thuộc vào độ cao của quả nặng  $m$ . Chọn gốc thế năng  $U_0 = 0$  tại vị trí ban đầu, khi chưa thả hệ cho trượt, lúc quả nặng ở độ cao lớn nhất. Khi xe trượt đi được một đoạn  $s$ , quả nặng cũng đi xuống một đoạn như thế (hình 1). Vậy nên thế năng giảm xuống còn:

$$U = -mgs. \quad (4.3)$$

Muốn tính động năng, ngoài khối lượng đã biết, ta cần tính thêm vận tốc của vật. Vận tốc có thể suy ra việc lấy đạo hàm của quãng đường  $s(t)$  theo thời gian:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \approx \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Thế vào biểu thức động năng:

$$T = \frac{1}{2}(M + m) \cdot v^2.$$

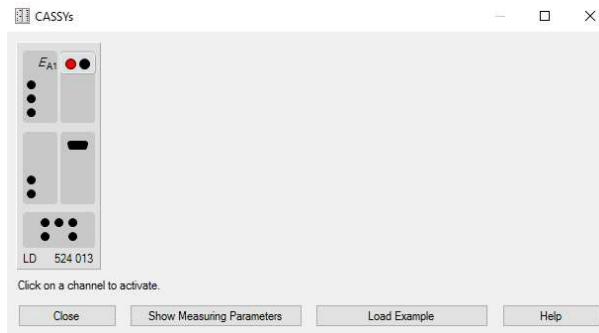
Thực tế, khối lượng quả nặng kéo nhỏ hơn nhiều so với xe trượt, nên *động năng của hệ có thể quy về động năng của xe trượt*:

$$T = \frac{1}{2}Mv^2. \quad (4.4)$$

## III. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM

### Thiết lập thí nghiệm

Bố trí thiết bị thí nghiệm như hình 1, trong đó dây chỉ nối liền xe trượt với quả nặng được vắt qua ròng rọc, đặt miếng chặn nằm cách nam châm điện khoảng 1 m. 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 3.

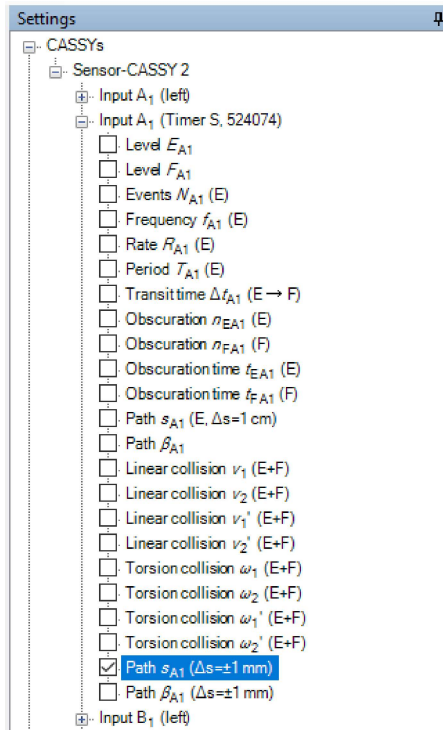


Hình 3: Khai báo cổng vào cho cảm biến

Tại khung Settings (hình 4), khai báo biến số cần đo là Path  $s_{A1}(\Delta s = \pm 1 \text{ mm})$ . Điều này sẽ giúp ta thu được giá trị quãng đường quay được của ròng rọc nhờ cảm biến.

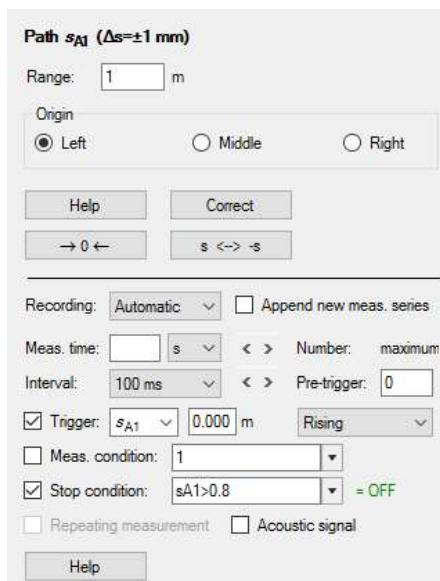
Nhấp chuột vào Path  $s_{A1}(\Delta s = \pm 1 \text{ mm})$  để xuất hiện khung tùy chọn như hình 5. Ta thiết lập các tham số sau đây:

- **Range:** phạm vi hiển thị của khung đồ thị, để mặc định 1 m.
- **Origin:** chọn Left vì ta chỉ cần những giá trị dương của quãng đường.
- **Interval:** chọn khoảng thời gian giữa hai lần đọc dữ liệu liên tiếp là 100 ms.
- **Trigger:** kích hoạt Trigger với  $s_{A1} = 0.000 \text{ m}$ , Rising. Điều này sẽ giúp phần mềm có khả năng tự khởi động quá trình ghi dữ liệu khi xe bắt đầu chạy.



Hình 4: Khai báo biến số cần đo

- **Stop condition:** chọn điều kiện dừng phép đo khi  $s_{A1} > 0.8\text{ m}$



Hình 5: Các tham số cần thiết lập

### Khảo sát sự thay đổi của thế năng và động năng

Ta sẽ tiến hành 4 thí nghiệm với các trường hợp khối lượng xe trượt  $M$  và khối lượng quả nặng  $m$  khác nhau. 2 trường hợp đầu vật có khối lượng  $M$  như nhau và lần lượt được kéo bởi 2 quả nặng  $m$  khác nhau. 2 trường hợp sau vật có khối lượng  $M$  khác nhau và lần lượt được kéo bởi cùng một quả nặng  $m$  như nhau. Cần chuẩn bị 4 bảng ghi chép trình bày như dưới đây.

Bảng 1: Số liệu thực nghiệm

Khối lượng xe trượt: $M = \dots$	
Khối lượng quả nặng: $m = \dots$	
$t$ (s)	$s$ (m)

Bật máy thổi khí, điều chỉnh cường độ vừa đủ sao cho vật có thể trượt dễ dàng. Cần chắc rằng đệm khí phải nằm ngang, sao cho vật khi không bị kéo bởi sợi chỉ có thể tự đứng yên.

Mỗi lần thí nghiệm ta thực hiện quy trình như dưới đây.

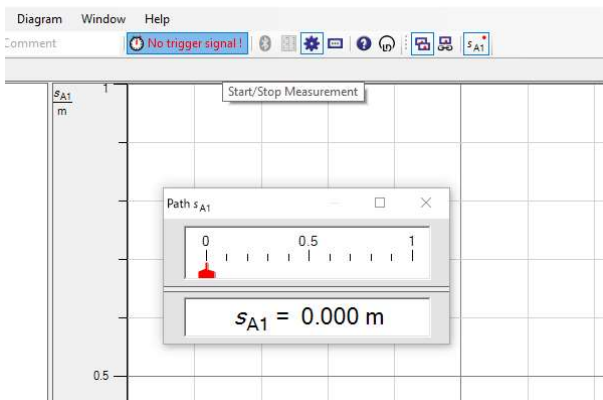
**Bước 1:** Vận nút điện áp nam châm điện lên mức cao nhất (16 V). Kéo xe trượt lại sát nam châm để xe được cố định.

**Bước 2:** Bấm chuột vào nút  $\rightarrow 0 \leftarrow$  trên phần mềm CASSY Lab 2 (hình 5) để quy 0 cho quãng đường.

**Bước 3:** Vào Menu Measurement, chọn Start/Stop Measurement để khởi động quá trình đo cho phần mềm.

**Bước 4:** Phép đo còn chưa được khởi động từ phần cứng nên màn hình sẽ tạm xuất hiện dòng "No trigger signal!" (hình 6). Hãy vận nút điều khiển điện áp của nam châm điện xuống, nam châm sẽ nhả ra làm xe bắt đầu trượt do lực kéo từ quả nặng.

**Bước 5:** Dữ liệu về quãng đường theo thời gian sẽ liên tục được ghi lại về máy tính thành hai cột  $t$  và  $s$  như hình 10. Sự thu thập này sẽ tự động dừng lại khi nào thoả điều kiện quãng đường  $s > 0.8\text{ m}$ . Sao chép toàn bộ dữ liệu ở khung bên trái vào file



Hình 6: Phần mềm ở chế độ chờ

	A	B	C	D	E
1					
2	M	0.3		g	9.81
3	m	0.005			
4					
5	t	s	v		
6	0	0.001	0		
7	0.1	0.002	=(B7-B6)/(A7-A6)		
8	0.2	0.004			
9	0.3	0.008			
10	0.4	0.014			
11	0.5	0.020			

Hình 7: Lấy đạo hàm quãng đường để suy ra vận tốc

Excel, chú thích rõ ràng về khối lượng xe  $M$  và khối lượng quả nặng  $m$ . 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  $v(t)$ . Trong thí nghiệm này, khoảng thời gian  $\Delta t$  giữa hai lần thu thập dữ liệu bằng 0.1s, đủ nhỏ để tính đạo hàm bằng phương pháp số:

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

Hình dưới miêu tả cách tính đạo hàm trong Excel.

Thế năng được tính theo công thức (7.3):

$$U = -mg \cdot s$$

và thực hiện trên bảng tính như hình 8.

Động năng được tính theo công thức (7.4):

$$T = \frac{1}{2} Mv^2$$

và thực hiện trên bảng tính như hình 9.

Vẽ đồ thị của thế năng  $U(t)$  và động năng  $T(t)$  theo biến số thời gian  $t$  trên cùng một hệ trục. Đưa ra kết luận về sự thay đổi các loại năng lượng cơ học trong quá trình chuyển động của hệ vật.

	A	B	C	D	E
1					
2	M	0.3		g	9.81
3	m	0.005			
4					
5	t	s	v	U	T
6	0	0.001	0	=-\$B\$3*\$E\$2*B6	
7	0.1	0.002	0.01		
8	0.2	0.004	0.02		
9	0.3	0.008	0.04		
10	0.4	0.014	0.06		
11	0.5	0.020	0.06		

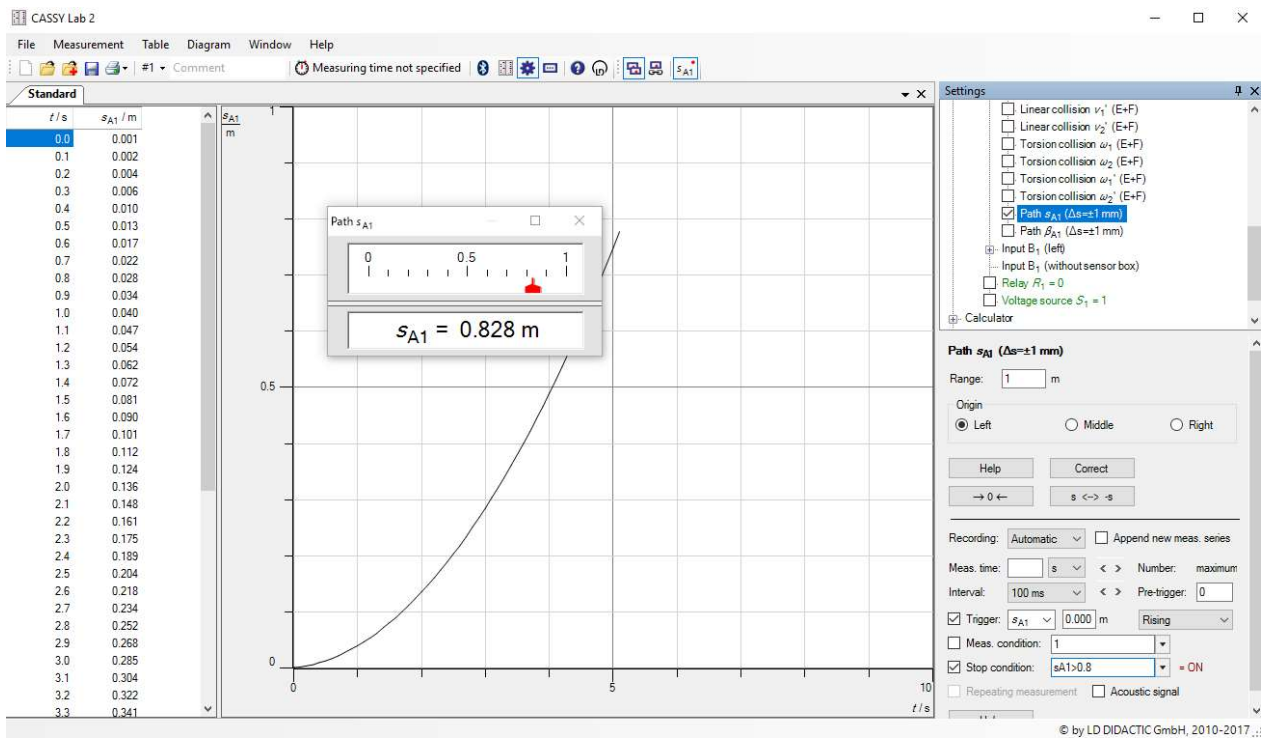
Hình 8: Tính thế năng trên Excel

	A	B	C	D	E	F
1						
2	M	0.3		g		9.81
3	m	0.005				
4						
5	t	s	v	U	T	
6	0	0.001	0	-4.91E-05	=0.5*\$B\$2*C6^2	
7	0.1	0.002	0.01	-9.81E-05		
8	0.2	0.004	0.02	-1.96E-04		
9	0.3	0.008	0.04	-3.92E-04		
10	0.4	0.014	0.06	-6.87E-04		

Hình 9: Tính động năng trên Excel

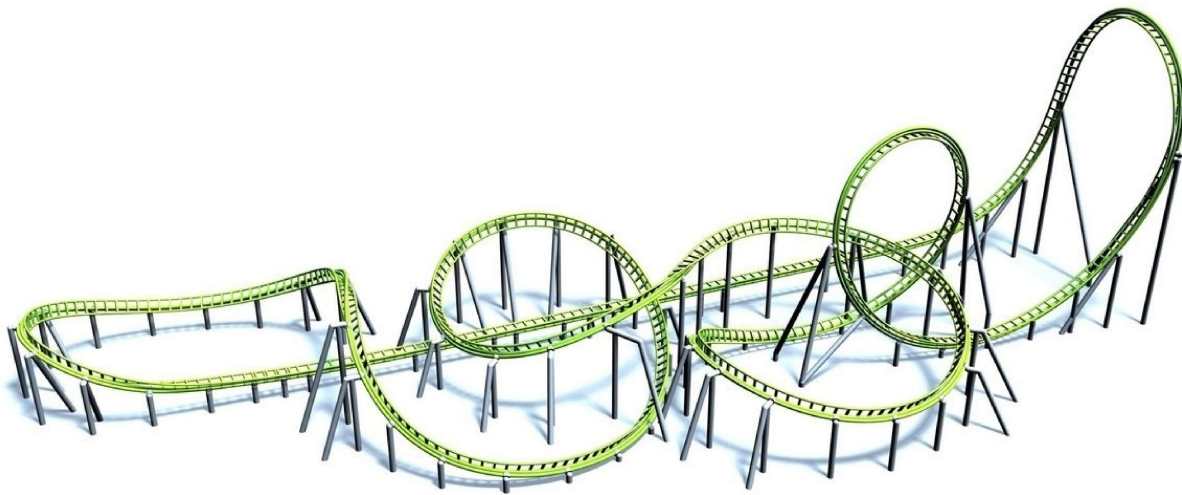
#### V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Định nghĩa công cơ học.
2. Công của trọng lực trong bài thí nghiệm.
3. Trong thí nghiệm này, đại lượng nào cần xác định thông qua thực nghiệm?
4. Vận tốc tính được bằng cách nào?
5. Nêu cách xác định thế năng  $U$  và động năng  $T$  trong bài thí nghiệm.



Hình 10: Dữ liệu quãng đường liên tục được thu thập về máy tính

6. Tính công thực hiện do lực  $F$  không đổi, tăng tốc cho vật từ trạng thái đứng yên đến vận tốc  $v$ .



Tàu lượn – một minh họa rõ nét cho sự chuyển hoá thế năng - động năng

