XÁC ĐỊNH CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN TRONG CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN

BẢNG SỐ LIỆU

Độ chính xác bộ đếm thời gian hiện số: $(\Delta t)_{dc} =$ **0.001** (s)

Độ chính xác của đĩa chia độ: $(\Delta \varphi)_{dc} =$ **1** độ

Xác định gia tốc góc

a. Xác lập trị số góc quay ban đầu

$\varphi_1 =$ **20** độ

Lần đo	$t_1(s)$	$\Delta t_1(s)$
1	2.382	0.029
2	2.345	0.008
3	2.358	0.005
4	2.335	0.018
5	2.346	0.007
Trung bình	$\overline{t_1} =$ **2.353** (s)	$\overline{\Delta t_1} =$ **0.013** (s)

b. Đo thời gian chuyển động ứng với các góc quay khác nhau

Góc quay			$t(s)$	$\tau = \frac{t^2}{2}(s^2)$
độ		rad		
$\varphi_1 =$	20	0.349	1.248	0.779
$\varphi_2 = \varphi_1 + 10^0 =$	30	0.524	1.716	1.472
$\varphi_3 = \varphi_1 + 20^0 =$	40	0.698	2.022	2.044
$\varphi_4 = \varphi_1 + 30^0 =$	50	0.873	2.367	2.801
$\varphi_5 = \varphi_1 + 40^0 =$	60	1.047	2.565	3.290
$\varphi_6 = \varphi_1 + 60^0 =$	80	1.396	2.960	4.381
$\varphi_7 = \varphi_1 + 90^0 =$	110	1.920	3.524	6.209

Xác định mô men quán tính I khi mô men lực thay đổi

a. Thay đổi m

Bảng 3

Đường kính rãnh pu-li: d = **20.00** ± **0.02** $(\times 10^{-3} m)$

m $(10^{-3} kg)$	$M_1 = \frac{mgd}{2}$ $(\times 10^{-6} Nm)$	$t(s)$	$\beta_1 = \frac{\pi}{t^2}$	$L_1 = \frac{mgd}{2} t$ $(\times 10^{-6} kgm^2/s)$
1	98	6.762	0.069	662.676
2	196	3.856	0.211	755.776
3	294	3.087	0.330	907.578
4	392	2.564	0.478	1005.088

b. Thay đổi d

Bảng 4

Khối lượng: m = **3.00** ± **0.02** $(\times 10^{-3} kg)$

d $(10^{-3}m)$	$M_2 = \frac{mgd}{2}$ $(\times 10^{-6}Nm)$	t (s)	$\beta_2 = \frac{\pi}{t^2}$	$L_2 = \frac{mgd}{2}t$ $(\times 10^{-6}kgm^2/s)$
10	147	4.355	0.166	640.185
20	294	3.524	0.253	1036.056
30	441	2.441	0.527	1076.481

XỬ LÝ SỐ LIỆU

Xác định và đánh giá sai số của phép đo thời gian chuyển động và đại lượng τ

Sai số tuyệt đối của đại lượng đo trực tiếp

$\Delta t_1 = (\Delta t_1)_{dc} + \overline{\Delta t_1} =$ **0.001** ± **0.013** = **0.014** (s)

Kết quả phép đo thời gian chuyển động với góc quay ban đầu φ

$t_1 = \overline{t_1} \pm \Delta t_1 =$ **2353** ± **14** $(10^{-3}s)$

Sai số tương đối của đại lượng τ

$\delta = \frac{\Delta\tau}{\overline{\tau}} = 2\frac{\Delta t_1}{\overline{t_1}} = XXX =$ **1.2%** $\overline{\tau} = \frac{\overline{t_1}^2}{2} = XXX =$ ***2.768***

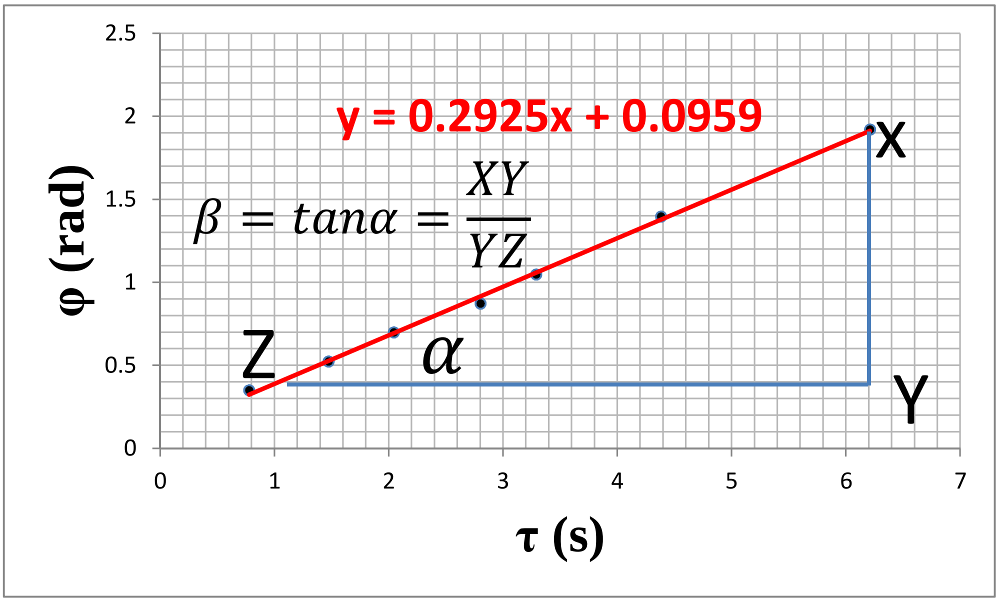
Sai số tuyệt đối của đại lượng τ

$\Delta\tau = \delta.\overline{\tau} = XXX =$ **0.033** (s)

Kết quả xác định đại lượng τ

$\tau = \overline{\tau} \pm \Delta\tau =$ **2.77** ± **0.03** (s)

Xác định gia tốc góc



Một điều rất quan trọng khi vẽ đồ thị là phải biểu diễn ô sai số, do đó ta phải đi xác định kích thước ô sai số

a. Xác định sai số của φ

Sai số của φ theo đơn vị độ là 1 nháy nên khi đổi ra đơn vị rad thì phải thay đổi một chút. Như ta đã biết để đổi đơn vị ra rad ta chỉ cần lấy giá trị theo độ nhân với pi rồi chia 180 là xong. Do đó sai số theo đơn vị rad của 1 độ sẽ là pi chia cho 180 và bằng cỡ **0.017**

b. Xác định sai số của τ

Như ta đã biết

$$\tau = \frac{t^2}{2} \rightarrow \Delta\tau = t\Delta t$$

Có thể thấy là sai số của τ không những phụ thuộc vào sai số của t mà còn phụ thuộc vào giá trị t tại thời điểm đó. Do đó để cho tiện ta có thể lập bảng để tính sai số của τ

Chúng ta có cột giá trị của t(s) vì các giá trị này chỉ đo có 1 phát nên sai số cũng chính bằng sai số của dụng cụ tức là 0.001

t(s)	Δτ
1.248	0.001
1.716	0.002
2.022	0.002
2.367	0.002
2.565	0.003
2.960	0.003
3.524	0.004

Chém gió: Một điều rất dễ nhận thấy là sai số quá bé so với giá trị đo, chả khác nào đuôi chuột ngoáy lọ mỡ. Do đó, nếu muốn vẽ chính xác trên đồ thị thì có lẽ chúng ta phải dùng kính hiển vi mới super soi được cái ô sai số. Và tất nhiên chả ai dở hơi đi làm điều đó. Đối với đồ thị bài này ta chỉ cần ghi chú thích là do ô sai số quá nhỏ nên sẽ không thể hiện trên đồ thị là xong. Tất nhiên là phải ghi vào đấy chứ nếu không ghi thì giáo viên sẽ nghĩ là chúng ta quên không thể hiện ô sai số trên đồ thị.

Hàm số trên đồ thị chính là phương trình đường thẳng dùng để fit với số liệu đã đo. Hệ số góc của nó chính bằng gia tốc góc β

Gia tốc góc của vật rắn chuyển động quay là:

$$\beta = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\tau} = \frac{XY}{YZ} =$$ **tự tính, kết quả đúng có giá trị xấp xỉ hệ số góc của đường thẳng fitting**

Công thức này thuộc dạng quá cơ bản rồi, vào đc BK mà không biết đc công thức này thì chắc chỉ có chúa mới vào được. Vậy làm sao để xác định XY và YZ? Với XY → xác định tung độ của X, tung độ của Y rồi lấy của thằng X trừ đi thằng Y là xong. Với YZ → xác định hoành độ của Y và hoành độ của Z rồi lấy hoành độ của thằng Y trừ thằng Z.

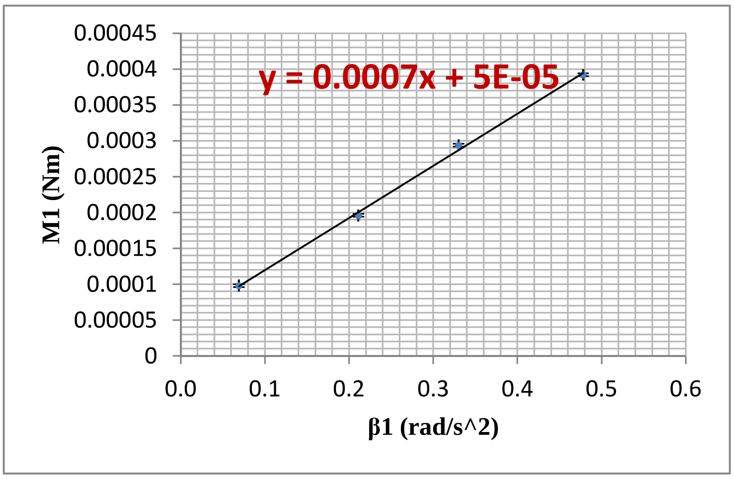
Xác định mô men quán tính I khi mô men lực thay đổi

M_1	ΔM_1	β_1	$\Delta\beta_1$	M_2	ΔM_2	β_2	$\Delta\beta_2$
0.000098	**0.000002**	0.069	**0.00002**	0.000147	**0.000001**	0.166	**0.000076**
0.000196	**0.000002**	0.211	**0.00011**	0.000294	**0.000002**	0.253	**0.000144**
0.000294	**0.000002**	0.330	**0.00021**	0.000441	**0.000003**	0.527	**0.000432**
0.000392	**0.000002**	0.478	**0.00037**				

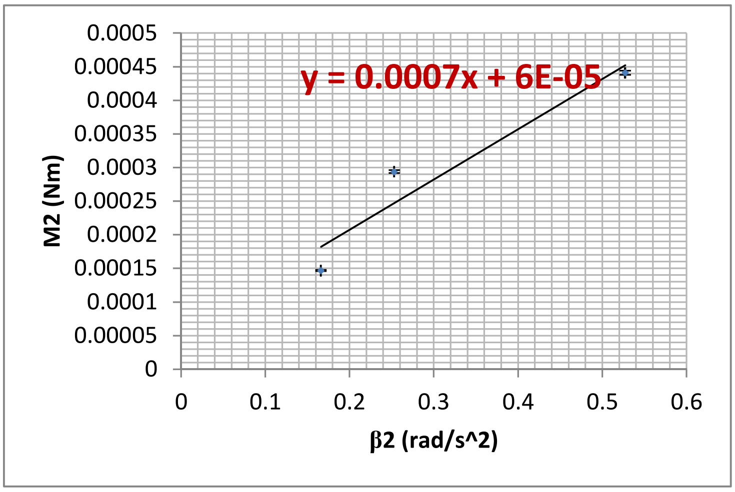
$$\beta = \frac{\pi}{t^2} \rightarrow \Delta\beta = \frac{2\pi}{t^3}\Delta t \qquad \Delta M = \frac{gd}{2}\Delta m + \frac{mg}{2}\Delta d$$

Ở trong bài này ta phải chấp nhận coi sai số của vật nặng khối lượng m là 0.02g → dựa theo tiêu chuẩn của NIST (link ở dưới) thì sai số này cho thấy quả nặng mẫu của chúng ta thuộc lại đẳng cấp siêu cao (ultra class) → tôi thì chả tin lắm vì giá của mấy quả nặng này cỡ gần 1000$ nên việc nó xuất hiện ở phòng thí nghiệm đại cương là không tưởng. (http://www.balances.com/sartorius/calibration%2Bweights.html)

Các quả nặng có khối lượng 1g, 2g, 3g đều có sai số là 0.02g. Tuy nhiên cũng cần chú ý nếu ta chỉ dùng 1 quả nặng 3g thì chả sao, nhưng nếu ta lại chơi kiểu phối kết hợp 1g + 2g để thành 3g thì sai số của nó sẽ x2 lên (tức là 0.04). Tôi thì không biết các bạn sử dụng kiểu nào nên tốt nhất là cào bằng 0.02g hết.
Quả nặng có khối lượng 4g → đến 99% là chẳng có quả nào như thế nên kiểu gì cũng phải kết hợp, tùy theo điều kiện hoàn cảnh gia đình mà ta có thể kết hợp nhiều kiểu với nhau. Nếu 4 quả 1g → sai số x4 (0.08), nếu 2 quả 1g + 1 quả 2g → sai số x3, nếu 2 quả 2g hoặc 1 quả 1g + 1 quả 3g thì sai số x2. Và tất nhiên nếu gia đình có điều kiện thì chả ai dại gì chơi loại x3, x4 làm gì. Muốn phép đo chính xác thì phải giảm tối thiểu sai số. Tuy nhiên với mục đích minh họa là chính, chính xác là phụ tôi sẽ coi như sai số của quả nặng 4g là 0.02g hết. Còn các bạn thích chính xác thì các bạn ghép quả nặng như thế nào thì tự tính ra sai số tương ứng.



Đến đây ta tiếp tục nhận xét tiếp là do ô sai số có kích thước quá bé nên chúng ta không vẽ trên đồ thị. Nếu giáo viên dễ tính thì mọi thứ sẽ rất đơn giản. Nếu giáo viên khó tính thích vặn cmn vẹo thì các bạn chỉ việc viết công thức tính sai số của M và β ra là xong. Mấy phần bảng tính sai số của M và β các bạn không cần phải viết vào làm gì cả. Tôi viết vào đây chỉ nhằm mục đích để chúng ta biết cách tính toán xử lý sai số như thế nào cho chuẩn thôi.



Về vấn đề đồ thị không đi qua các ô sai số. Tất nhiên trường hợp lý tưởng là đồ thị phải đi qua ô sai số. Tuy nhiên do nhiều lý do khách quan, chủ quan nên số liệu chúng ta thu được là hơi bị lởm khiến cho mỗi điểm nằm một nơi. Nếu chúng ta có điều kiện check và đo lại thì không sao nhưng nếu là không có điều kiện trong khi số liệu thì đã được ký rồi thì đành phải cắn răng mà xử lý thôi. Trong vấn đề xử lý đồ thị có một cách mà không cần quan tâm tới ô sai số mà căn cứ vào độ lệch chuẩn (standard deviation). Cái này học xác suất các bạn sẽ biết nên tôi không trình bày chi tiết ở đây. Dựa vào độ lệch chuẩn chúng ta vẫn có thể tìm đường thẳng fitting tối ưu nhất. Tất nhiên là nếu số liệu càng lởm thì độ lệch chuẩn sẽ càng lớn nên nhìn vào độ lệch chuẩn chúng ta hoàn toàn có thể đánh giá được độ chính xác và tin cậy của phép đo.

Ký hiệu E chính là 10 mũ

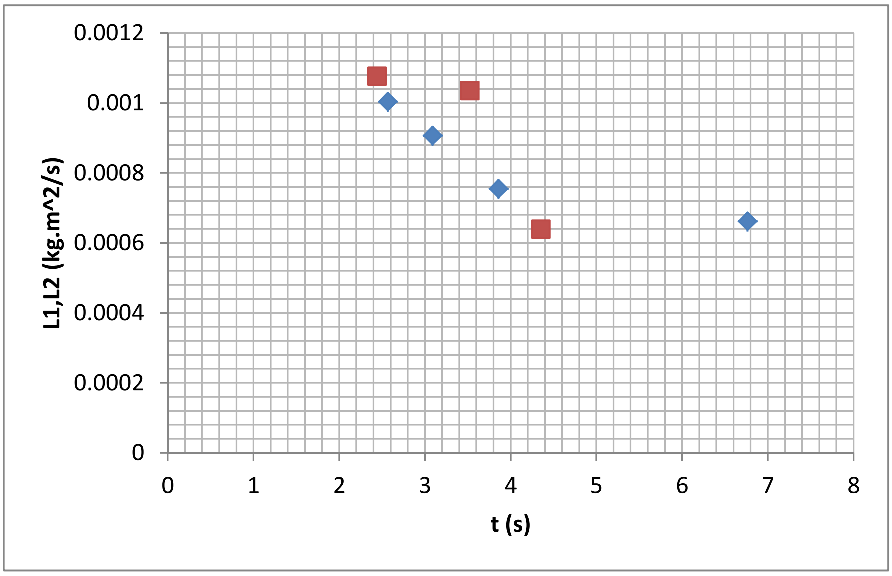
Mô men quán tính: $I_1 = \dfrac{\Delta M_1}{\Delta \beta_1} =$ **0.0007269** $kg.m^2$ tính tương tự như đồ thị phía trên

Mô men quán tính: $I_2 = \dfrac{\Delta M_2}{\Delta \beta_2} =$ **0.0007475** $kg.m^2$

Chém gió: Tự chém :)

t	L1	t	L2
6.762	0.000663	4.355	0.00064
3.856	0.000756	3.524	0.001036
3.087	0.000908	2.441	0.001076
2.564	0.001005		

$$L = \frac{mgd}{2}t$$
$$(kgm^2/s)$$



Chém gió:

Đồ thị nhìn chuối quá, cong không ra cong mà thẳng cũng không ra thẳng. Có thể số liệu đo được chưa chuẩn lắm, nhưng nói chung giáo viên đã ký thì cứ thế mà chiến thôi.

Dễ thấy là mô men động lượng giảm dần khi t tăng. Điều này nhìn thì có vẻ rất mâu thuẫn vì từ biểu thức tính mô men động lượng thì đáng ra t tăng thì mô men động lượng sẽ phải tăng. (nói thật là tôi thấy ý nghĩa của cái đồ thị này nó hơi bị nhảm nhí). Vậy lý do là do đâu? Thực ra nếu m, d được giữ không đổi thì chắc chắn 99.99% là mômen động lượng sẽ tăng khi t tăng, nhưng ở trong bài này một trường hợp thì m tăng, một trường hợp d tăng và để ý là tốc độ tăng của của m, d thì nhanh hơn tốc độ giảm của thời gian t. Do đó mà ta sẽ thấy xu thế là mômen động lượng tăng khi mômen ngoại lực tăng dần.

P/S: Đây là bài thí nghiệm mới của BKHN năm nay. Công nhận là form báo cáo dài vãi. Gia cát dự các bạn sẽ mất khoảng 2 tiếng để xử lý và vẽ hình cho chuẩn. :)

Khuyến mại:

Hướng dẫn tính sai số của M

Như ta đã biết trong bí kíp 1 về tính sai số, nếu F = F(x,y,z) thì sai số tuyệt đối của F sẽ được tính theo công thức sau

$$\Delta F = \left|\frac{\partial F}{\partial x}\right|\Delta x + \left|\frac{\partial F}{\partial y}\right|\Delta y + \left|\frac{\partial F}{\partial z}\right|\Delta z = \left|F'_x\right|\Delta x + \left|F'_y\right|\Delta y + \left|F'_z\right|\Delta z$$

Bây giờ hãy nhìn vào biểu thức tính M

$$M = \frac{mgd}{2}$$

Dễ thấy M phụ thuộc vào 3 biến m, g, d, vậy là chuẩn men rồi, giống y như công thức. Áp dụng vào là ta có:

$$\Delta M = \left|\frac{\partial M}{\partial m}\right|\Delta m + \left|\frac{\partial M}{\partial g}\right|\Delta g + \left|\frac{\partial M}{\partial d}\right|\Delta d = \left|M'_m\right|\Delta m + \left|M'_g\right|\Delta g + \left|M'_d\right|\Delta d$$

$$\Delta M = \frac{gd}{2}\Delta m + \frac{md}{2}\Delta g + \frac{mg}{2}\Delta d$$

g là gia tốc trọng trường nên có thể coi như là hằng số → loại bỏ thành phần Δg. Tóm lại ta có

$$\Delta M = \frac{gd}{2}\Delta m + \frac{mg}{2}\Delta d$$