باسمه تعالی

وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

شانزدهمین دوره ی المپیاد فیزیک | امتحان آزمایشی دوم | تابستان ۸۲

«ضریب بازگشت»

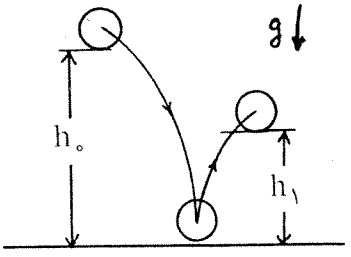
تعریف: ضریب بازگشت عبارتست از نسبت سرعت نسبی دو جسم برخوردکننده بعد از برخورد به قبل از برخورد (سرعت در جهت عمود برمماس مشترک دو جسم در محل برخورد)

$$e = \frac{\text{سرعت نسبی بعد از برخورد}}{\text{سرعت نسبی قبل از برخورد}}$$

می‌خواهیم ضریب بازگشت را برای برخورد توپ پینگ‌پنگ با سطح میز به‌دست آوریم. توجه داشته باشید که در این مسئله

$$e = \frac{\text{سرعت عمودی توپ بعد از برخورد}}{\text{سرعت عمودی توپ قبل از برخورد}}$$

بخش اول : روش ارتفاع



I: فرض کنید:

h_0: ارتفاع اولیه توپ هنگام رها شدن

h_1: بیشترین ارتفاع توپ بعد از برخورد اول

رابطه‌ای بین h_0 و h_1 و e به صورت تئوری به‌دست آورید.

II: برای h_0های مختلف، h_1 رابدست آورید و در جدولی ثبت کنید. با استفاده از جدول، نمودار h_1 بر حسب h_0 را رسم کرده و e را از نمودار به‌دست آورید.

بخش دوم: روش زمان

I: فرض کنید:

h_0: ارتفاع اولیه توپ هنگام رها شدن

T: مدت زمانی که از هنگام رها شدن توپ تا توقف کامل آن (بعد از برخوردهای متوالی) طول می‌کشد.

رابطه‌ای تئوری بین h_0 و T به‌دست آورید.

توجه:

منظور از توقف توپ عدم حرکت در راستای قائم است.

برای پیدا کردن لحظه‌ی توقف به قطع شدن صدای برخورد توجه کنید.

II : مقادیر مختلف T را برای h_0های مختلف در جدولی ثبت کنید.

III : نمودار T^2 بر حسب h_0 را رسم کرده و e را با کمک نمودار به‌دست آورید.

درحالت کلی ضریب باز گشت تابع سرعت توپ است.

قسمت سوم:

فرض کنید تعداد n کاغذ روی زمین قراردارد. مقدار ضریب جهندگی را بر حسب n در ارتفاع ۱ متر را در هر سه نوع نمودار رسم کنید. در صورتی که نمودارها مبین رابطه ای بین مقدار e و n میباشند، این رابطه را بدست آورید.

خداوند هیچ تلاشی را بی پاداش نمی گذارد. ☺

ضریب بازگشت

وسایل : توپ پینگ پنگ ـ کاغذ ـ کربن ـ متر ـ خط‌کش .

هدف : تعیین ضریب بازگشت ـ بدست آوردن رابطهٔ ضریب بازگشت براساس تغییر سطوح .

قسمت اول :

تئوری :

h_0 : ارتفاع اولیه

h : ارتفاع بعد از یکبار خوردن به زمین

v_1 : سرعت توپ هنگام خوردن به زمین

v_2 : " " " برگشتن از "

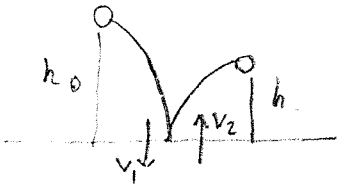
$$v_1 = \sqrt{2gh} \qquad v_2 = \sqrt{2gh_0}$$

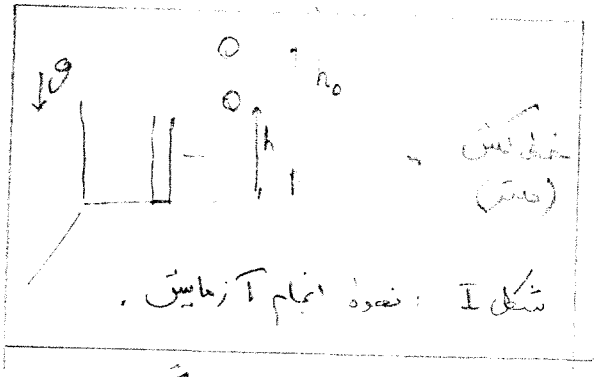
$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{h_0}{h}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = e$$

$$\Rightarrow h = e^2 h_0$$

رابطهٔ مورد استفاده





شکل I : نحوهٔ انجام آزمایش .

توپ را از ارتفاع دلخواه h_0 رها می‌کنیم و h را اندازه می‌گیریم . برای هر h_0 ، h را ۴ بار می‌خوانیم .

نتایج مربوط به اندازه گیری مرحلهٔ I .

نکات :ـ سطح زمین تمیز باشد (وجود سنگریزه و ... ـ باعث تغییر حرکت مورد انتظار می‌شود

- باید توپ کاملاً بدون سرعت اولیه رها شود.
- هنگام خواندن ارتفاع باید کاملاً عمودی به خط‌کش نگاه کرد.
- h_0 و h را از بالا یا پایین توپ می‌خوانیم.
- خط‌کش باید کاملاً عمودی باشد.

صفحه ۲۰

ردیف	h_0 (cm) ±0.1	h (cm) ± 0.1				
		h_1	h_2	h_3	$\bar{h}$	Δh
1	50.0	36.5	37.0	37.0	36.7	0.2
2	60.0	43.0	42.5	43.0	42.7	0.2
3	70.0	47.5	48.5	48.0	48.0	0.3
4	80.0	55.0	55.5	56.0	55.5	0.3
5	90.0	63.0	63.0	62.5	62.7	0.2
6	100.0	67.0	68.0	68.5	67.7	0.5
7	110.0	73.0	72.0	72.5	72.5	0.3

جدول I : عنوان: نتایج مربوط به اندازه‌گیری h برحسب h_0

توضیحات: $6m$ از خطای دستگاه بیشتر است بنابراین آن را به عنوان خطای h در نظر می‌گیریم.

حال نمودار h برحسب h_0 را رسم می‌کنیم. شیب نمودار فوق e^2 است (نمودار I)

محاسبات مربوط به نمودار:

$$m_{max} = \frac{17.6}{25} = 0.70$$

$$m_{min} = \frac{15}{25} = 0.60$$

$$\bar{m} = \frac{m_{max} + m_{min}}{2} = 0.63$$

$$\Delta m = \frac{m_{max} - m_{min}}{2} = 0.05$$

محاسبه e

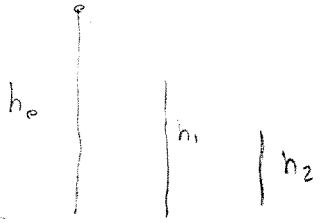
$$e = \sqrt{m} = 0.79$$

$$\frac{\Delta e}{e} = \frac{1}{2}\frac{\Delta m}{m} = 0.04 \Rightarrow \Delta e = 0.03$$

$$\boxed{e = 0.79 \pm 0.03}$$

قسمت دوم :

تئوری آزمایش :



$h_1 = e^2 h_0$

$h_2 = e^4 h_0$

e :

$h_n = e^{2n} h_0$

$t_0 = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$

$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = e\, t_0$

$T = t_0 + 2(t_1 + \cdots + t_n) =$

$= t_0 \left(1 + 2(e + e^2 + \cdots + e^n)\right)$

$= t_0 \left(1 + \frac{2e}{1-e}\right) = t_0 \left(\frac{1+e}{1-e}\right)$

$t_n = \sqrt{\frac{2h_n}{g}} = e^n t_0$

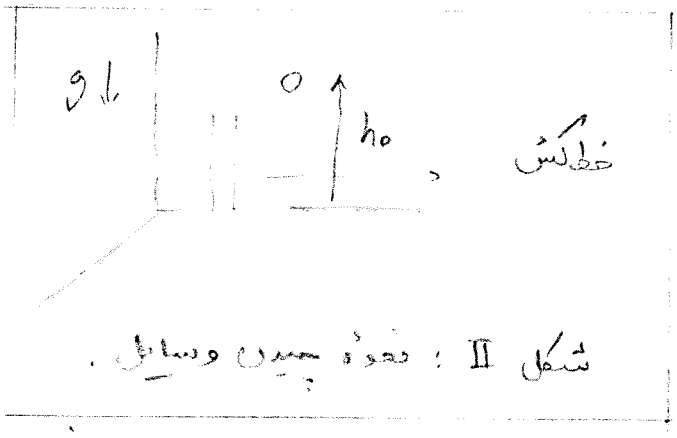
رابطه مورد استفاده $T^2 = \frac{2h_0}{g} \left(\frac{1+e}{1-e}\right)^2$

مطابق شکل II وسایل آزمایش را می‌چینیم

توپ را از ارتفاع دلخواه h_0 رها می‌کنیم . T

- زمان بین رها کردن و ایستادن کامل توپ را اندازه می‌گیریم .

نتایج مربوط به اندازه گیری در جدول II .



شکل II : نحوه چیدن وسایل .

نکات : باید سعی شود توپ حتی المقدور به یک جا نخورد .

- و نکات مربوط به قسمت قبل هم باید رعایت شده .

- چون خطای t زیاد است تعداد اندازه گیری‌ها را زیاد می‌کنیم .

- برای ارتفاع های زیاد توپ به یک جا نمی‌خورد بنابراین باید ارتفاع ها را کم انتخاب کرد

ردیف	h_0 (cm) ± 0.1	t (s) ± 0.1					$\bar{t}$ (s)	δt (s)	t^2 (s^2)	$\Delta(t^2)$ (s^2)
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5				
1	10.0	3.19	3.84	3.47	3.59	3.85	3.6	0.1	12.9	0.7
2	20.0	4.97	4.84	4.38	4.81	4.34	4.7	0.1	22.1	0.5
3	30.0	5.25	5.47	5.31	5.21	5.12	5.27	0.07	27.7	0.7
4	40.0	6.19	6.10	6.22	6.37	6.25	6.22	0.05	38.7	0.6
5	50.0	7.19	7.31	7.59	7.09	7.56	7.6	0.1	57.8	1.5

جدول II : عنوان: اندازه‌گیری t برحسب h_0 و بدست آوردن t^2

توضیحات: از خطای دستگاه بیشتر آن را به عنوان خ $\delta_M = \frac{t_{max}-t_{min}}{5}$ برای δt انتخاب می‌کنیم

حال نمودار t^2 برحسب h_0 را رسم می‌کنیم (نمودار II)

محاسبات مربوط به نمودار:

$$m_{max} = \frac{31.7}{29.4} = 1.07 \ \frac{s^2}{cm}$$

$$m_{min} = \frac{21.3}{29.4} = 0.72$$

$$\Rightarrow \bar{m} = \frac{m_{max}+m_{min}}{2} = 0.9 \ \frac{s^2}{cm}$$

$$\delta m = \frac{m_{max}-m_{min}}{2} = 0.2 \ \frac{s^2}{cm}$$

محاسبه e:

$$m = \frac{2}{g}\left(\frac{1+e}{1-e}\right)^2 \Rightarrow \frac{1+e}{1-e} = \sqrt{\frac{mg}{2}} = \alpha = \left(\frac{0.9\times 980}{2}\right)^{1/2} \approx 21.0$$

$$\delta\alpha = \alpha \frac{1}{2}\frac{\delta m}{m} = 4$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = 21 \pm 4}$$

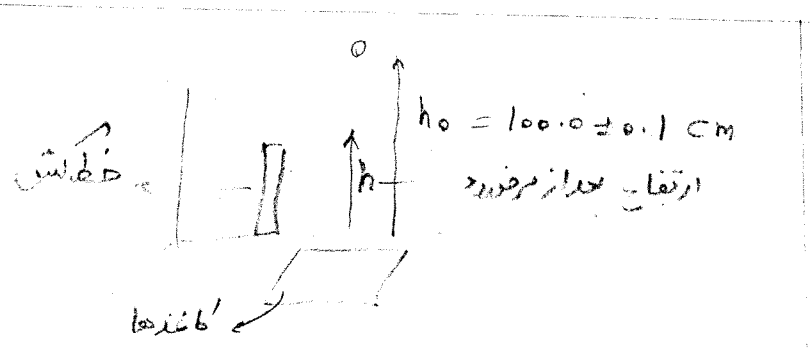
$$\frac{\alpha-1}{\alpha+1} = e = 0.9$$

$$\frac{\delta e}{e} = \left[\left(\frac{\delta(\alpha-1)}{\alpha-1}\right)^2 + \left(\frac{\delta(\alpha+1)}{\alpha+1}\right)^2\right]^{1/2} \approx 1.4 \ \frac{\delta\alpha}{\alpha} = 0.3$$

$$\Rightarrow \boxed{e = 0.9 \pm 0.3}$$

قسمت سوم :

مطابق شکل III وسایل آزمایش را می‌چینیم.



شکل III : نحوه چیدن وسایل

h را برحسب تعداد کاغذ می‌خوانیم.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری در جدول III

نکات :- باید از وسط کاغذ به عنوان نقطه برخورد استفاده کرد. لبه‌های کاغذ برای اینکار خوب نیست چون در کناره‌ها کاغذها با هم فاصله دارند.

- ارتفاع با کنار گذاشتن کاغذهای زیاد تغییر می‌کند.

- نکات قسمت‌های قبل هم باید رعایت شود.

چون روش زمان خطای زیادی دارد برای بدست آوردن g باید از روش ارتفاع استفاده کرد.

ردیف	n	h (cm) ± 0.1			$\bar{h}$ (cm)	Δh (cm)	e	Δe
		h_1	h_2	h_3				
1	2	63.0	63.5	63.0	63.2	0.2	0.795	0.001
2	5	58.0	57.5	58.0	57.7	0.2	0.760	0.001
3	7	57.0	56.0	57.0	56.6	0.3	0.752	0.001
4	10	55.0	55.0	54.5	54.8	0.2	0.740	0.001
5	14	52.0	53.0	54.0	53.0	0.6	0.73	0.01
6	18	50.5	49.0	49.5	49.7	0.3	0.70	0.01
7	25	49.0	47.5	50.5	49.0	1	0.70	0.01
8	30	45.0	46.0	43.0	44.7	1	0.67	0.01

جدول III عنوان : اندازه گیری h برحسب تعداد قاشقها برای $l_0 = 100.0\,cm$

توضیحات : $\Delta e = e\left(\left(\frac{1}{2}\frac{\Delta h_0}{h_0}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\frac{\Delta h}{h}\right)^2\right)^{1/2}$

مثال نمودارهای III ، IV و V را رسم می کنیم

نمودار III : میلی متری داده های فوق.

" IV : نیم لگاریتمی " " .

" V : تمام " " " .

با توجه به نمودارهای فوق e برحسب n در هیچ کدام از نمودارها خطی نیست.

عوامل خطا :

- کثیف بودن زمین . برای رفع آن باید کاشی مورد استفاده را تمیز کرد

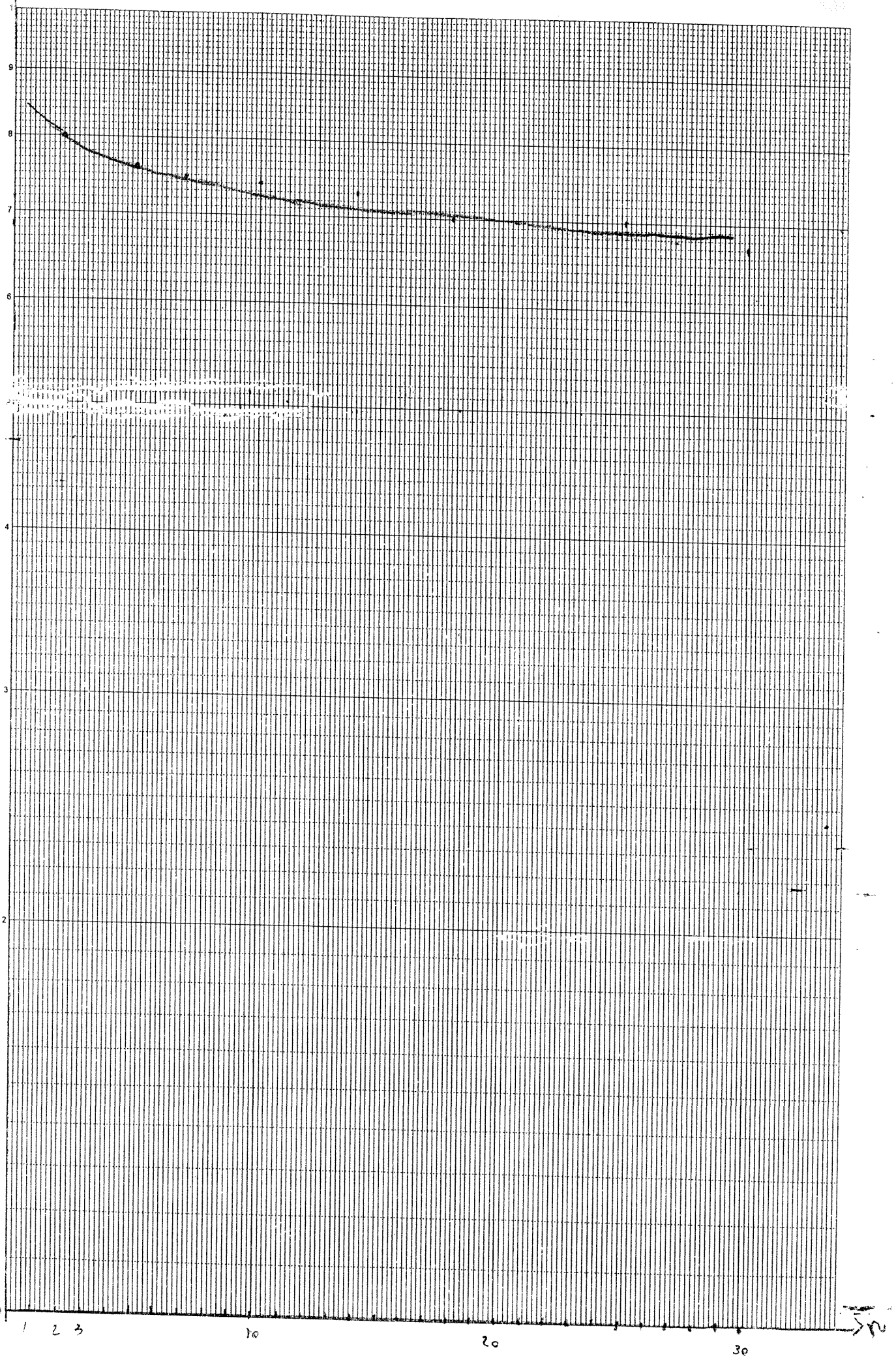
- کاشی های مختلف باهم فرق دارند بنابراین باید سعی کرد روی یک کاشی آزمایش کرد

- در قسمت دوم چون ترتیب تعداد دفعات زیادی به زمین می خورد احتمال خوردن آن به لبه های کاشی و کاشی های دیگر بیشتر است بنابراین باید در این قسمت h_0 کم باشد.

- در قسمت آخر هوای بین کاغذها باعث عوض شدن نتیجه آزمایش می شود. بنابراین سعی می کنیم با یک فشار کاغذها را به هم بچسبانیم.

- هوای بین وسط کاغذها از هوای بین کناره ها کمتر است. بنابراین در قسمت آخر سعی می کنیم از وسط کاغذ استفاده کنیم.

نمودار ۱۷ — ترسیم n بر حسب ارتفاع پرواز صعود ۱۱



ضمیمه گزارش نحوه آزمایش ضریب بازگشت ،

* لطفاً با دقت این ضمیمه را بخوانید .

تصحیحاتی باید در گزارش صورت بگیرید که به صورت زیر است .

- درصورت های 1 و 3 خطای دستگاه مربوط به اندازه‌گیری h ، 0.5cm است .

- درصورت عدم خطای e به صورت زیر محاسبه شده

$$e = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \qquad \frac{\Delta e}{e} = \left[\left(\frac{\Delta(\alpha-1)}{\alpha-1} \right)^2 + \left(\frac{\Delta(\alpha+1)}{\alpha+1} \right)^2 \right]^{1/2}$$

که کاملاً اشتباه است و درست آن به صورت زیر است .

$$\Delta e = \frac{\partial e}{\partial \alpha} \Delta\alpha = \frac{1\times(\alpha+1) - 1\times(\alpha-1)}{(\alpha+1)^2} \Delta\alpha = \frac{2\Delta\alpha}{(\alpha+1)^2}$$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\Delta\alpha}{\alpha} \approx 0.2 \\ \alpha \approx 24 \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta\alpha \approx 4.8 \qquad \Rightarrow \Delta e = \frac{2\times 4.8}{(25)^2} = 0.02$$

$$\Rightarrow \boxed{e = 0.92 \pm 0.02}$$

** دقت کنید برای محاسبه خطای سنجی کمیت C که به صورت های زیر تعریف می‌شود .

دقتی می‌توان از روابط گفته شده استفاده کرد که A و B از هم مستقل باشند .

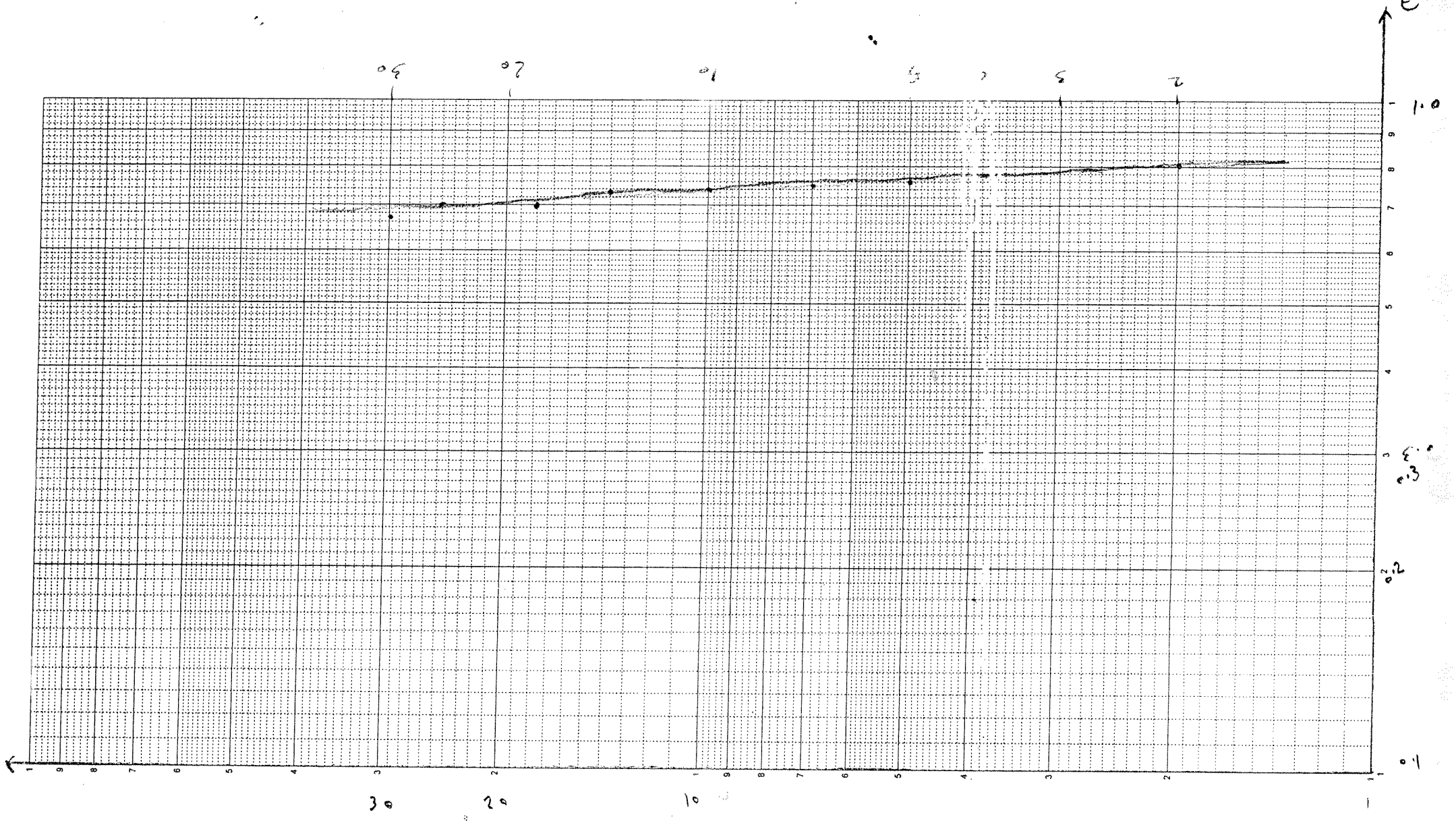
(یعنی با تعیین A ، B معلوم نشود)

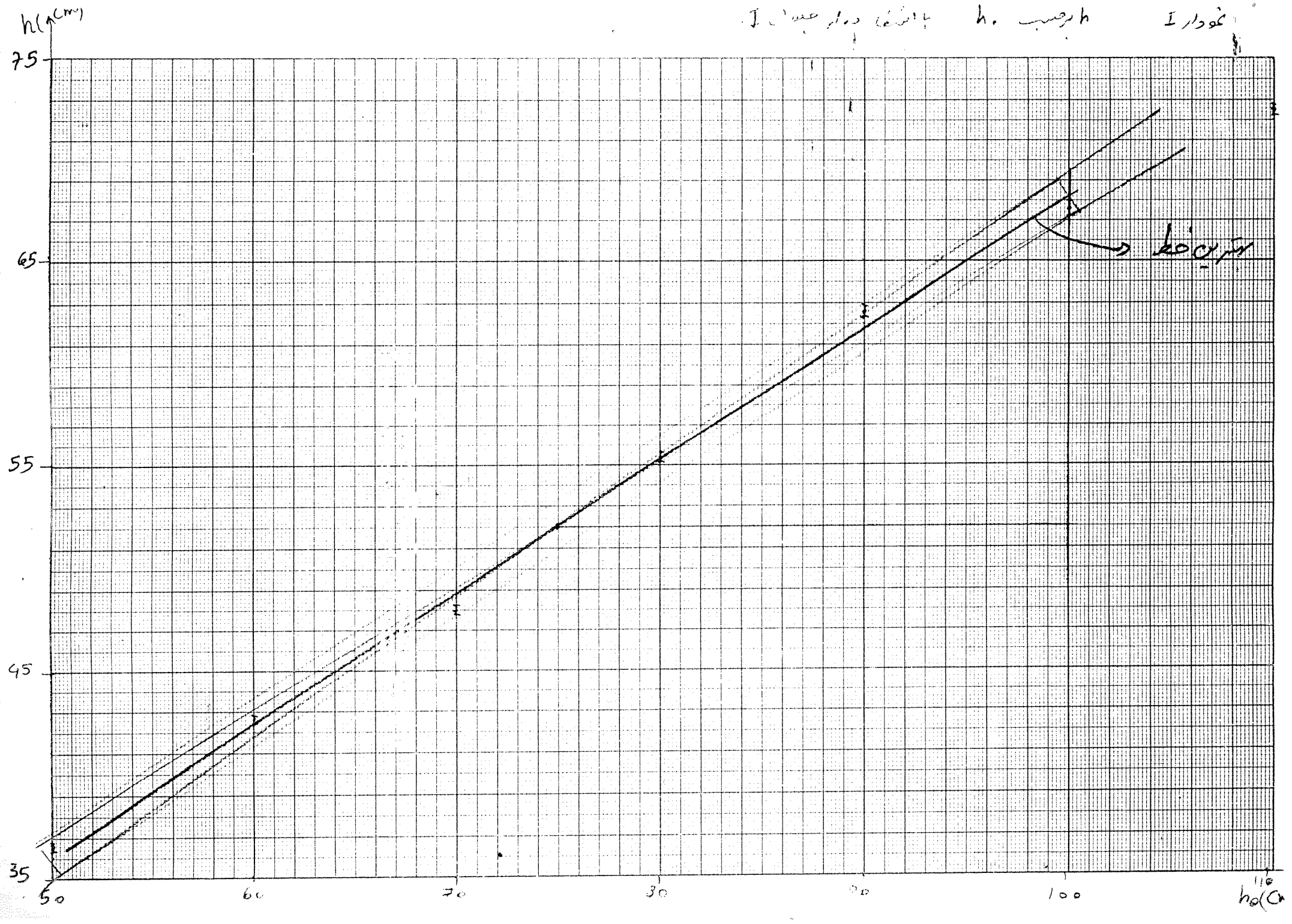
$$C = AB \Rightarrow \frac{\Delta C}{C} = \left[\left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2 \right]^{1/2}$$

$$C = A + B \Rightarrow \Delta C = (\Delta A^2 + \Delta B^2)^{1/2}$$

$$C = \frac{A}{B} \Rightarrow \Delta C = \left(\left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2 \right)^{1/2} \quad \text{و ....}$$

نمودار V e برحسب h با استفاده از جدول III




نمودار I برحسب h. با ثابت دوار جدول I
h(cm)
75
65
55
45
35
50
60
70
80
90
100
110
h_0(Cm
مترین خط

نمودار II t^2 برحسب h بالتفاوت سه از صفحه II

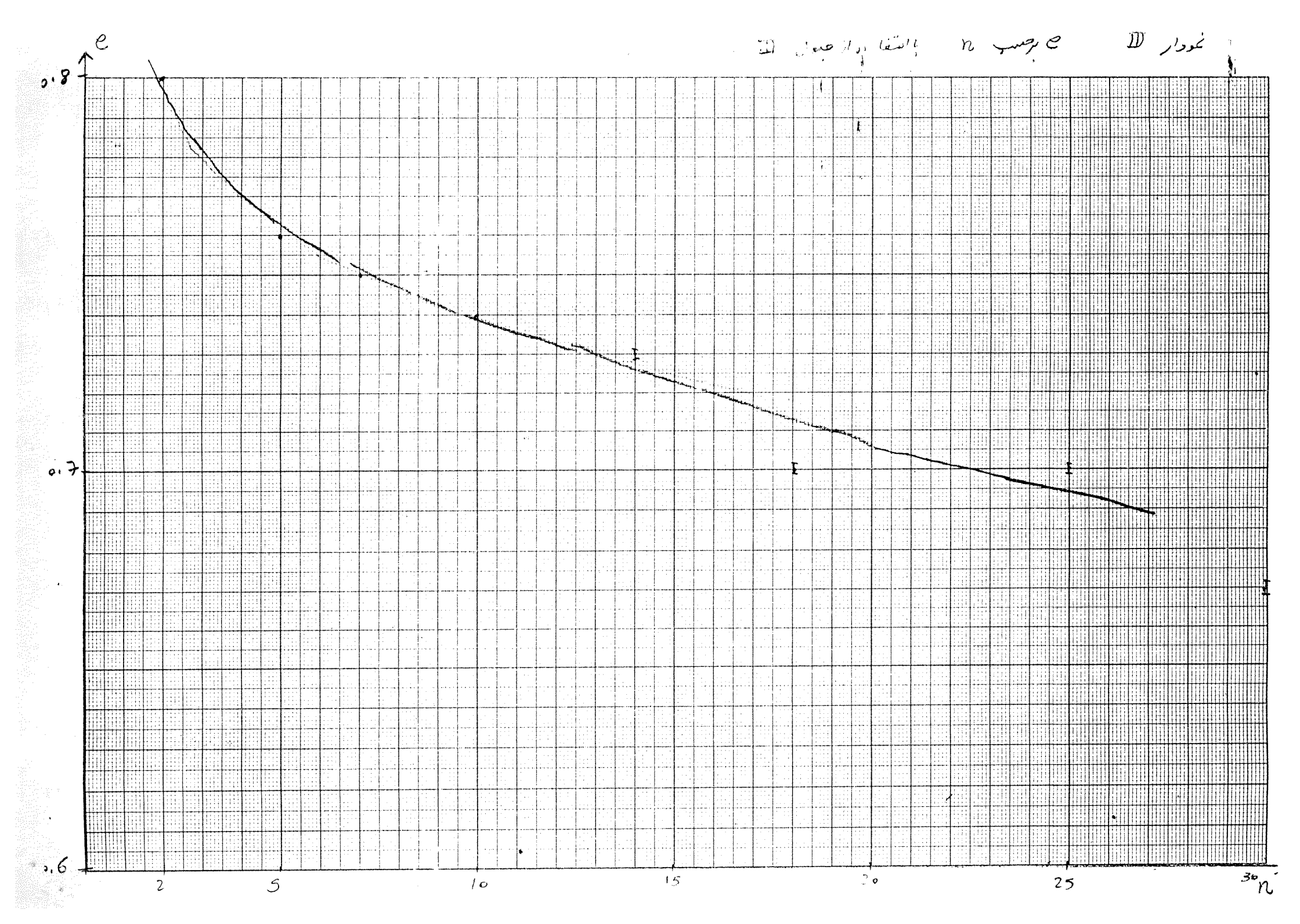
$t^2(s^2)$

60
50
40
30
20
10
0

10 20 30 40 50

h_0(cm

بهترین خط



الشكل (1) تغير e بدلالة n