آزمایشگاه فیزیک **مدت آزمون ۱۲۰ دقیقه**

آزمون آزمایشگاه

موضوع زمایش: اصطکاک هوا

هدف آز ش: ب سی مقاومت هوا در مقابل سقوط یک توپ پلاستیکی سبک

وسایل آزم ی :

۲عدد دیسک به عنوان قره - پلاستیکی جرم ۶۰ گرم با خطای ۵٪ - ۲ عدد وزنه‌ی ۱۰۰ گرمی بدون خطا ۱۰ عدد مهره ۱۰ گرمی، ۲۰ع مهره ۴.۶ گ ، ۱۰ عدد مهره‌ی ۲ و ۱ گرمی همگی بدون خطا - ۲ عدد مفتول ۱۰ گرمی بدون خطا - میله آلومینیومی بر ی اندازه ی ارتفاع وزنه (H) – کرنومتر – خط‌کش- گیره و پایه - نخ متر – کولیس - کاغذ نمودار

مقدمه:

می‌دانیم اگر یک جسم در هوا سقوط آزاد نماید نیروی مقاومت به آن وارد می‌شود که متناسب با سرعت جسم است. ضریب تناسب به شکل و مساحت مقطع موثر جسم بستگی د اگر سرعت جسم کم باشد نیروی مقاومت با توان ۱ سرعت و اگر سرعت زیاد شود، نیروی مقاومت با توان ۲ سرعت م ناسب خ شد هدف ما دراین آزمایش تحقیق رابطه مقاومت هوا و به دست آوردن ضریب تناسب نیروی اصطکاک برای هوا می‌با د.

شرح وسیله‌ی آزمایش:

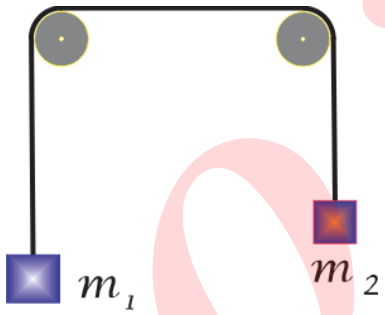
از آنجایی که زمان سقوط یک جسم از ارتفاع‌های پایین، کم می‌باشد، نمی‌توان این زما به ر تی برای جسم‌های مختلف اندازه‌گیری و تحلیل کرد. وسیله‌ای که در این آزمایش استفاده می‌شود، مطابق شکل از ۲ دیس آهنی(م ی) و آلومینیومی تشکیل شده است که لختی دورانی دیسک آهنی خیلی بزرگ‌تر از لختی دورانی دیسک آلو یومی می .

هرگاه توپ را بعلاوه‌ی مقداری وزنه به یک سر نخ (با جرم مجموع m_1) و به سر دیگر نخ مقداری وزنه جرم m_2 وصل کنیم، ($m_1 > m_2$) و نخ را از روی دیسک‌ها عبور دهیم، می‌توانیم سقوط توپ را بررسی کنیم و با انتخاب مقادیر مختلف m_1 و m_2 سرعت توپ را کم یا زیاد کنیم.

تئوری آزمایش:

با در نظر گرفتن اصطکاک هوا برای توپ و صرف‌نظر کردن اصطکاک هوا برای مهره‌ها (با سطح مقطع کوچک) و اصطکاک [illegible]ک‌ها می‌توان با استفاده از قوانین نیوتن روابط زیر را می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} T_1 - m_1 g + f = m_1 a_1 \\ T_2 - m_2 g = m_2 a_2 \\ (T - T_1)R = I\frac{a_1}{R} \\ (T - T_2)r = i\frac{a_2}{r} \\ a_2 = -a_1 = a \end{cases}$$



در معادلات فوق:

m_1:جرم جسم سمت چپ(توپ و مهر[illegible]ا)

m_2: جرم جسم سمت راست(مهره‌ها)

a: اندازه شتاب جسم ها

I: لختی دورانی دیسک آهنی

i: لختی دورانی دیسک آلومینیومی

R: شعاع دیسک آهنی

r: شعاع دیسک آلومینیومی

f: نیروی اصطکاک

با حل معادلات بالا به معادله‌ی زیر می‌رسیم:

$$(m_{\ } - m_2)g - f - (m_1 + m_2)a = (\frac{I}{R^2} + \frac{i}{r^2})a$$ رابطه‌ی (۱)

نیروی اصطکاک را می‌توان برای اجسام با سرعت کم به صورت $f = k'v$ و برای اجسام با سرعت زیاد به [illegible]ت $f = kv^2$ در نظر گرفت که k و k' همان ضرایب تناسب نیروی اصطکاک هوا هستند. با حل رابطه (۱) و صر[illegible]ظر از لختی دورانی دیسک آلومینیومی با در نظر گرفتن حالتی که نیروی مقاومت هوا به صورت $f = kv^2$ است، برای سقوط جسم از ارتفاع H مدت زمان سقوط به صورت زیر بدست می‌آید:

$$t = (\frac{V_t}{g})(\frac{m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}}{m_1 - m_2})cosh^{-1}[e^{\frac{\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}}\right)gH}{V_t^2}}]$$ رابطه‌ی (۲)

IranPhO.ir

$$V_t^2 = \frac{(m_1 - m_2)g}{k}$$

با بسط رابطه‌ی (۲) برحسب k و با فرض کوچک بودن آن می‌توان زمان سقوط توپ را به صورت زیر ساده کرد:

$$t(H) = \sqrt{\frac{2\left(m_1+m_2+\frac{I}{R^2}\right)H}{(m_1-m_2)g}}\left(1+\frac{kH}{6\left(m_1+m_2+\frac{I}{R^2}\right)}\right)$$ رابطه‌ی (۳)

در سقوط جسم در هوا مقاومت هوا به صورت $f = k'v$ نیز می‌توان نوشت. اما باید توجه کنیم که این رابطه برای سرعت‌های کم قابل استفاده است و با افزایش سرعت رابطه‌ی $f = kv^2$ قابل قبول‌تر می‌باشد، پس باید توجه کنیم که در محدوده‌ی مناسب سرعت از رابطه‌ی (۳) استفاده کنیم. منظور ناحیه‌ای است که رابطه‌ی نیروی مقاومت هوا به صورت $f = kv^2$ می‌باشد.

توجه مهم:

* همه‌ی محاسبات مربوط به نمودار (محاسبه‌ی شیب، عرض از مبدا و خطاهای آن‌ها) را هم با ماشین حساب و هم با استفاده از خطوط ا انجام دهید. ولی در محاسبه‌ی عدد نهایی فقط از اعداد بدست آمده از ماشین حساب استفاده نمایید.
* شتاب گرانش را $9.81\frac{m}{s^2}$ و عدد π را ۳.۱۴ و هر دو را بدون خطا در نظر بگیرید.
* در صو که در قسمت از آزمایش نیاز به توضیح اضافی داشتید می‌توانید از قسمت سفید پشت صفحات پاسخنامه و یا فضای خالی در ا ی هر قسمت اس د.
* نوشتن واحد فراموش شود.

بخش اول:

اگر یک دیسک با جرم $\boldsymbol{m}$ و شعاع $\boldsymbol{R}$ داشته باشیم محور خش آ ان محور اصلی که از مرکز دیسک می‌گذرد باشد، لختی دورانی آن از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$\boldsymbol{I=\frac{1}{2}mR^2}$$ رابطه‌ی (۴)

دقت کنید اگر دیسک توخالی با شعاع داخلی $\boldsymbol{R'}$ باشد، لختی دورانی ا سر کر لختی دیسک با **شعاع** $\boldsymbol{R'}$ از لختی کل(دیسک با شعاع $\boldsymbol{R}$) بدست می‌آید. با توجه به رابطه‌ی (۴)، رابطه‌ای برای لختی ورانی یک دیسک توخالی آلومینیومی به شعاع داخلی $\boldsymbol{r'}$، شعاع خارجی $\boldsymbol{r}$ و ضخامت $\boldsymbol{d}$ و یک دیسک توخالی آهنی به شعاع داخ $\boldsymbol{R'}$، عاع خارجی $\boldsymbol{R}$ و ضخامت $\boldsymbol{D}$ بیابید. لختی دورانی دیسک آلومینیومی را $\boldsymbol{i}$ و لختی دورانی دیسک آهنی را $\boldsymbol{I}$ می‌نامیم ا ی خط ی لختی دورانی هر دو دیسک $(\Delta\boldsymbol{I}$ و $\Delta\boldsymbol{i})$ را نیز بدست آورید. همچنین در نهایت با استفاده از اعداد ارائه شده، مقدار لخت ورانی دی ها را محاسبه کرده و پس از آن نسبت لختی دورانی‌ها و خطای نسبت آن‌ها را بدست بیاورید.

چگالی آهن $\frac{\boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{m^3}}$ ۷۸۰۰ و چگالی آلومینیوم $\frac{\boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{m^3}}$ ۲۷۰۰ و بدون خطا می‌باشد.

بخش دوم:

مطابق شکل آزمایش، ۲ قرقره توسط گیره و پایه به صندلی متصل شده و روی میز می‌باشند. در طول آزمایش جرم-های m_1 و m را با استفاده از توپ، ۲ عدد وزنه‌ی ۱۰۰ گرمی، ۱۰ عدد مهره بزرگ ۱۰ گرمی، تعداد ۲۰ عدد مهره کوچکتر ۴.۶ گرمی، ۰ دد جرم ۱ و ۲ گرمی و ۲ مفتول ۱۰ گرمی طوری درست می‌کنیم که m_1 و m_2 تغییر کند، ولی m_1+ m_2 همو ثابت بم برای اینکار ابتدا m_1 را مجموع جرم توپ، مفتول آهنی، ۱ عدد وزنه‌ی ۱۰۰ گرمی، ۲ عدد مهره‌ی ۱۰ گرمی، ۱۰ ع مهره‌ی ۴.۶ گرم ادی وزنه‌ی ۱ و ۲ گرمی و m_2 را مجموع جرم مفتول آهنی، ۱ عدد وزنه‌ی ۱۰۰ گرمی، ۸ عدد مهره‌ی ۱ گرمی عدد مهره‌ی ۴.۶ گرمی و تعدادی مهره‌ی ۱ و ۲ گرمی انتخاب می‌کنیم به طوری که در ابتدا دو طرف در حال تعادل ند.(اینکار ی‌توانید با جابه‌جا کردن مهره‌های ۱ و ۲ گرمی بین دو طرف m_1 و m_2 انجام داد. نیازی نیست حتما از رم‌های گ شده استفاده ش ، می‌توان هر مقداری را به دو طرف اضافه یا کم کرد، اما بهتر است از تمامی جرم‌ها استفاده شود تا مقدار m_1 m_2 ترین مقدار خود را داشته باشد تا روی قرقره لیز نخورد و دقت آزمایش بیشتر باشد. جرم کل استفاده شده د سخنا رد ش ست.) حال با کم کردن مهره‌های ۱ گرمی از طرف جرم m_2 و اضافه کردن آن‌ها به طرف جرم m_1 مدت ز سقوط جر m_1 برای یک H ثابت و معین که در بازه ۷۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر انتخاب شده، اندازه‌گیری شده و در پاسخنامه و جدول شما وارد شده است.(در طول مدت آزمایش H ثابت و مقدار آن در پاسخنامه گزارش شده است) در ادامه دوباره یک م دیگر از کم و به m_1 اضافه کرده و داده‌گیری را ادامه می‌دهیم. اندازه‌گیری زمان سقوط را حداقل برای ۱۵ مقدار مختلف می انج داده و در جدول وارد می‌نماییم. در انتقال مهره‌ها دقت می‌کنیم اینکار را طوری انجام دهیم که سقوط توپ با سرعت انجام ش .

نمودار زمان سقوط(t) را بر حسب $\sqrt{\frac{\left(m_1+m_2+\frac{I}{R^2}\right)}{(m_1-m_2)}}$ در کاغذ نمودار میلی‌متری رسم نمایی اعدا ودا طوری انتخاب شده‌اند که آزمایش در ناحیه‌ی خطی که در رابطه‌ی (۳) صدق می‌کند، باشد. یعنی ناحیه‌ای که می‌توان وی مقاو هوا را به صورت $f=kv^2$ در نظر گرفت.) با رسم نمودار خطی و با استفاده از محاسبات مناسب، مقدار k را بدس یاورید. از لختی دورانی که از قسمت قبلی بدست آوردید، استفاده کنید.

*مقدار m_1+m_2 در پاسخنامه گزارش شده است.

*عوامل خطا را گزارش کنید.

آزمایشگاه فیزیک **مدت آزمون ۱۲۰ دقیقه**

بخش اول:

- شعاع داخلی و خارجی و ضخامت دیسک‌ها:

دیسک آلومینیومی

(شعاع داخلی) $\boldsymbol{r'} = 0.599 \pm 0.001\ cm$
(شعاع خارجی) $\boldsymbol{r} = 1.437 \pm 0.001\ cm$
(ضخامت) $\boldsymbol{d} = 0.488 \pm 0.002\ cm$

دیسک آهنی:

(شعاع داخلی) $\boldsymbol{R'} = 1.074 \pm 0.001\ cm$
(شعاع خارجی) $\boldsymbol{R} = 2.258 \pm 001\ m$
(ضخامت) $\boldsymbol{D} = 0.73 \pm 0\ 02\ cm$

- رابطه‌ی لختی دورانی‌ها:

دیسک آلومینیومی:

$\boldsymbol{i} =$
$\Delta \boldsymbol{i} =$

IranPhO.ir

دیسک آهنی:

$I =$

$\Delta I =$

- مقدار لختی رانی‌ها:

دیسک آلومینیومی:

$i =$

$\Delta i =$

دیسک آهنی:

$I =$

$\Delta I =$

- نسبت لختی دورانی‌ها:

رابطه‌ی خطای نسبت لختی دورانی‌ها:

$\Delta(\frac{i}{I}) =$

IranPhO.ir

مقدار نسبت لختی دورانی‌ها و خطای آن :

$\frac{i}{I} =$

$\Delta(\frac{i}{I}) =$

IranPhO.ir

بخش دوم:

$$m_1 + m_2 = 492 \pm 1\ g$$

$$H = 93.0 \pm 0.1\ cm$$

$$M = m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2} =$$

- فرمول خطا:

$$\Delta\left(\frac{M}{(m_1 - m_2)}\right) =$$

IranPhO.ir

- جدول ۱:

$m_1 \pm 0.001(Kg)$	$m_2 \pm 0.001(Kg)$	$t_1 \pm 0.01(s)$	$t_2 \pm 0.01(s)$	$t_3 \pm 0.01(s)$	$\bar{t}(s)$	$\Delta\bar{t}(s)$	$\frac{M}{(m_1 - m_2)}$	$\Delta(\frac{M}{(m_1 - m_2)})$
0.265	0.227	1.68	1.72	1.75				
0.264	0.228	1.78	1.75	1.75				
0.263	0.229	1.81	1.81	1.84				
0.262	0.230	1.91	1.88	1.88				
0.261	0.231	1.97	1.94	2.00				
0.260	0.232	2.06	2.03	2.06				
0.259	0.233	2.18	2.19	2.18				
0.258	0.234	2.22	2.21	2.22				
0.256	0.236	2.35	2.39	2 37				
0.255	0.237	2.47	2.50	2.				
0.254	0.238	2.77	2	2.79				
0.253	0.239	2.94	2.9	90				
0.252	0.240	3.31	3.35	7				
0.251	0.241	3.66	68	3.64				
0.249	0.243	4.84		4.89				

$r =$

$b =$

$a =$

$\Delta b =$

$\Delta a =$

IranPhO.ir

رابطه‌ی k و Δk:

$k =$

$\Delta k =$

مقدار k و Δk:

$k =$

$\Delta k =$

- **محاسبات:**

- **عوامل خطا:**

IranPhO.ir

آزمون مرحله سوم المپیاد فیزیک دوره سی و چهارم

شهریور ماه ۱۴۰۰

این آزمون شامل یک سوال تجربی و ۲۰ نمره است . لطفا قبل از مطالعه سوال به نکات مهم زیر توجه کنید .

*** مجاز استفاده از هیچ نوع لوازم التحریر شخصی و ابزاری که بتوان با آن اندازه گیری کرد (نظیر خطکش، ساعت، ساعت هوشمند، نقاله) نیستید. چنانچه هر وسیله ای از این قبیل به همراه آورده اید، آن را هم اکنون به مسئولین تحویل دهید.**

***کلیه امکانات لازم برای آزمون به شما داده می‌شود . شما فقط مجاز به استفاده از آنها هستید. برای تنظیم زمان از ساعت دیواری موجود در اتاق استفاده کنید**

*** چنانچه هر نوع مشکل پزشکی داشتید آوردن دست به بالا مسئولین جلسه را مطلع سازید . به هیچ نوع سوال یا اشکال دیگری پاسخ داده نمی‌شود.**

*** متن این سوال شامل ۳ صفحه است علاوه بر آن تعداد چند برگ کاغذ سفید برای چرک نویس و یک پاسخ نامه شامل ۴ صفحه برای درج پاسخ‌های شما داده شده است.**

*** همه وسایل و کاغذ ها را در انتهای آزمون تحویل دهید.**

*** در حین آزمون از شما پذیرایی خواهد شد. لطفا از آوردن خوراکی خودداری کنید.**

IranPhO.ir

دستگاه دو قرقره و نوار

وسایل آزمایش:

- جعبه کوچک شفاف حاوی دو عدد قرقره پلاستیکی و نوار رنگی که دو انتهای آن روی محور هر یک از قرقره‌ها متصل ست
- قطعه مقوای کارتنی که از آن به عنوان پایه نگه‌دارنده قرقره‌ها استفاده می‌شود. در ادامه مسئله به این قطعه "پایه" ی‌گوییم
- یک ب کاغذی در قطع A6 که روی آن دو دایره مدرج در فاصله معینی چاپ شده است. این دایره‌ها برای اندازه‌گیری مقد چرخش بکار می حیط هر دایره به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شده است و شما می‌توانید مقدار چرخش قرقره‌ها را برحسب (rev زه‌گیری کنی مثلا $u = ۴.۶۵\ \text{rev}$ یعنی قرقره ۴٫۶۵ دور چرخیده است.
- دو عدد پیچ برای ن قرقره‌ها و ب کاغذی روی پایه
- ماشین حساب

معرفی پارامترهای مسئله، مطابق شکل ۱ و

r_o: شعاع هر قرقره در حالت خالی ، یعنی در حالتی ک یچ نواری د آن پ ه نشده باشد. (شعاع محور قرقره)

R_o: شعاع هر قرقره در حالت کاملا پر، یعنی در حالتی که تمام نوار (بج سمت کوتاهی که بین دو قرقره است) دور آن پیچیده شده باشد. در ادامه منظور از شعاع هر قرقره، شعاع مجموعه محور قرق نوار روی آ است.

$r_۱$: شعاع قرقره در حال پر شدن (قرقره شماره۱)

$r_۲$: شعاع قرقره در حال خالی شدن (قرقره شماره۲)

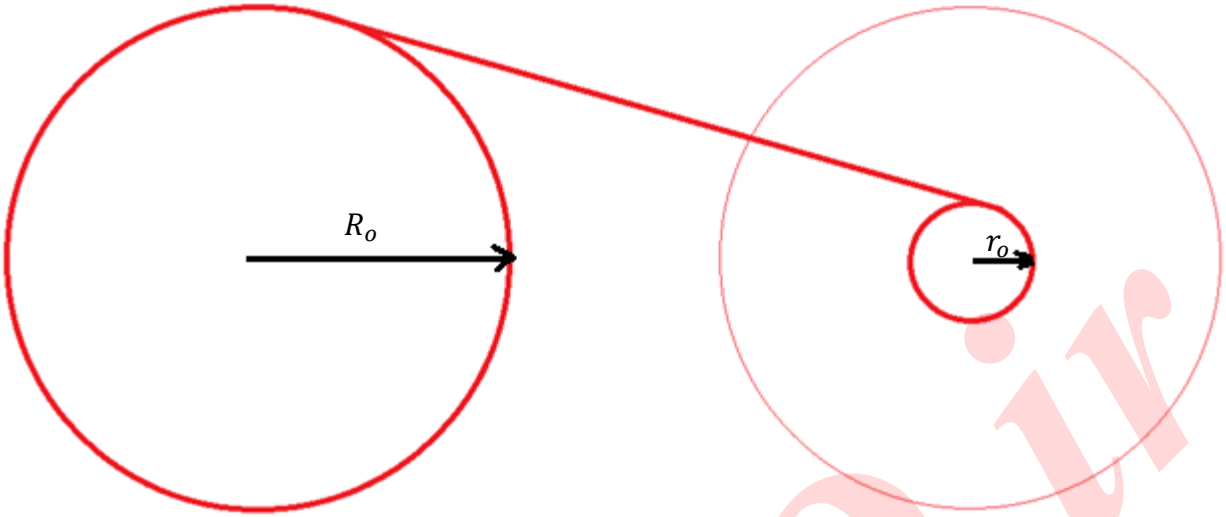
$u_۱$: مقدار چرخش قرقره۱ از حالت شروع

$u_۲$: مقدار چرخش قرقره۲ از حالت شروع

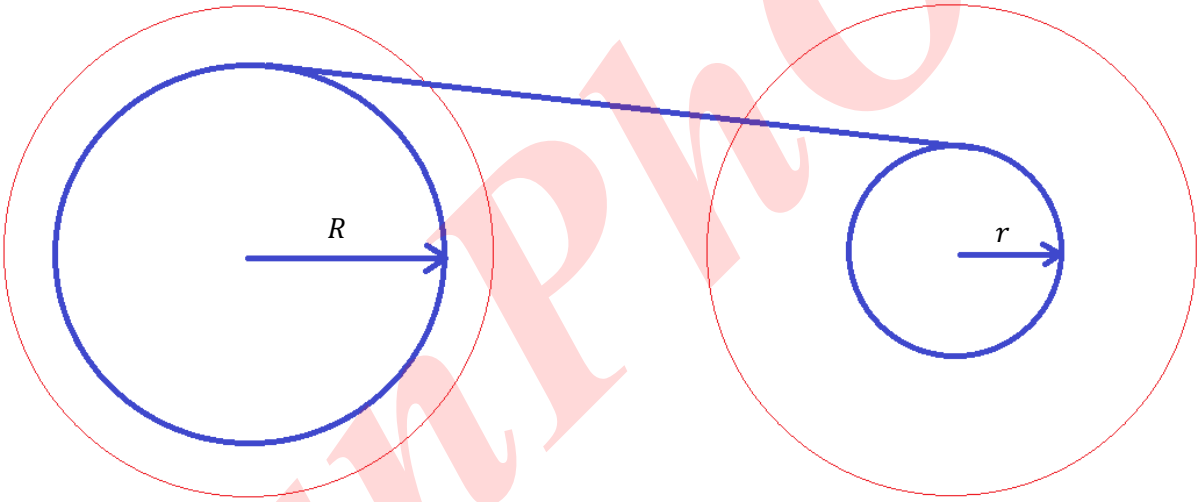
t: ضخامت نوار

L : طول کل نوار که روی جعبه مشخص شده و برابر ۶۰۰ cm است. در طول آزمایش از طول نوار بین دو قرقره صرف کنید.

توضیح : در شروع آزمایش مطابق شکل۱، قرقره شمارهٔ۱ خالی و شعاع آن r_o است. قرقره شمارهٔ۲ نیز کاملا پر و شعاع R_o است. در طی آزمایش با چرخاندن قرقره ها به تدریج نوار از قرقره ۲ باز می‌شود و دور قرقره ۱ پیچیده می‌شود . در حین این فرایند شعاع قرقره۱ را در یک وضعیتِ دلخواه r و شعاع قرقره ۲ را R می‌نامیم . شکل ۲ چنین وضعیتی را نشان می‌دهد . برای رسیدن به این وضعیت مقدار چرخش قرقره ۱ از حالت شروع $u_۱$ و مقدار چرخش قرقره ۲ از حالت شروع $u_۲$ است.



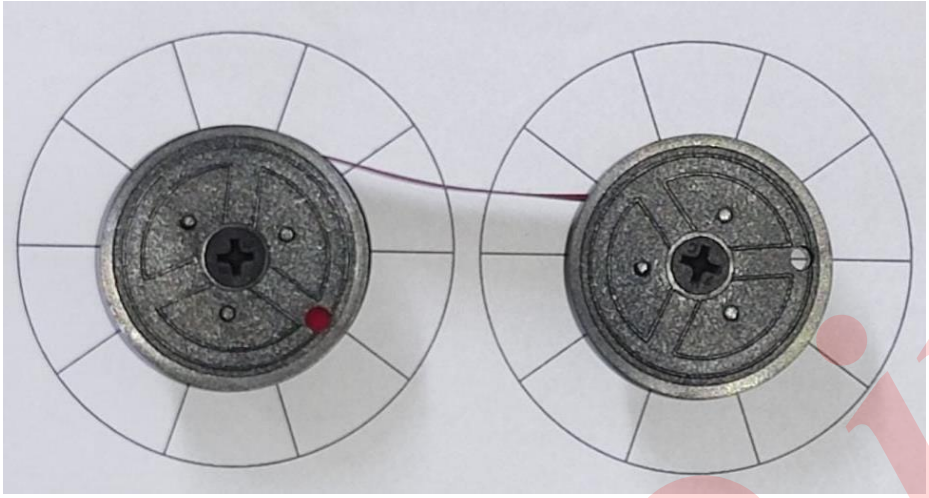
شکل ۱ (حالت اولیه قرقره ها)



شکل ۲ (حالت دلخواه قرقره ها)

آماده‌سازی آزمایش: برگه‌ای که روی آن دایره‌های مدرج چاپ شده است را روی پایه کارتنی نگه دارید. سپ رقره‌ها را ق شکل۳ با پیچ طوری روی پایه کارتنی نصب کنید که محور هر یک از آنها بر مرکز یکی از دایره های مدرج ع شود. انداز قرقره ای که تقریبا پر است (قرقره ۲) آن را کامل پر کنید، طوری که قرقره دیگر(قرقره۱) کاملا خالی باشد. در تمام آزمایش باید نوار تا حد ممکن کشیده باشد.

IranPhO.ir



شکل ۳

شرح آزمایش:

الف) وقتی قرقره ۱ را به گونه ای می‌چرخا ه نوار روی آن جمع شود قرقره ۲ نیز می‌چرخد و نوار از روی آن باز می‌شود. قرقره۱ را آنقدر بچرخانید تا قرقره ۲ ، نسبت ب حالت اولی ش ک کامل بزند. مقدار چرخش قرقره ۱ در این فرایند را بر حسب دور (rev) در جدول۱ پاسخنامه بنویسید . این کار را ه دهید قرقره ۲ دور دیگر هم بزند. مجددا مقدار چرخش قرقره۱ از حالت شروع را به ازای دو دور چرخش قرقره ۲ بر ح ب دو نجید و جدول۱ اسخ نامه بنویسید. به همین ترتیب ادامه دهید و مقادیر $u_۱$ را به ازای $u_۲ = ۳.۰۰\ \text{rev}$ ، $u_۲ = ۴.۰۰\ \text{rev}$ ، ... د جدول بت کنید . این کار را تا جایی ادامه دهید که جدول شماره ۱ پر شود. (۶ نمره)

ب) مقادیر $u_۱$ برحسب $u_۲$ را روی نمودار۱ پاسخ نامه مشخص کن اط را پر و واضح نشان دهید و یک منحنی از آنها بگذرانید. (۴,۵ نمره)

ج) با توجه به سنجش‌های انجام شده مقدار عددی $\alpha = \frac{R_.}{r_.}$ را تا ۳ رقم معنی دار ت آوری روش محاسبه را دقیقا توضیح دهید. (۱,۵ نمره)

د) در حالتی که شعاع دو قرقره برابر شوند با چرخش قرقره۱ به اندازه $\Delta u_۱$ قرقره۲ هم به ان ا ه میچرخد، یعنی $\Delta u_۲ = \Delta u_۱$. فرض کنید در این حالت شعاع یکسان قرقره ها $\bar{r}$ نامیده شود ($R = r = \bar{r}$). رابطه $\bar{r}$ را برحسب r_o و R_o ب آورید. در این بخش شما فقط باید یک محاسبه نظری انجام دهید. (۱ نمره)

ه) در شرایط مذکور در بخش د مقدار چرخش قرقره‌ی۱ از حالت شروع را $\bar{u}_۱$ و مقدار چرخش قرقره‌ی۲ از حالت ع را $\bar{u}_۲$ می‌نامیم. کمیت‌های t، r_o و R_o را بر حسب $\bar{u}_۱$، $\bar{u}_۲$، L و α بیابید. در این بخش نیز شما باید محاسبه نظری انجام د د. معادلات اصلی را بنویسید. (۳ نمره)

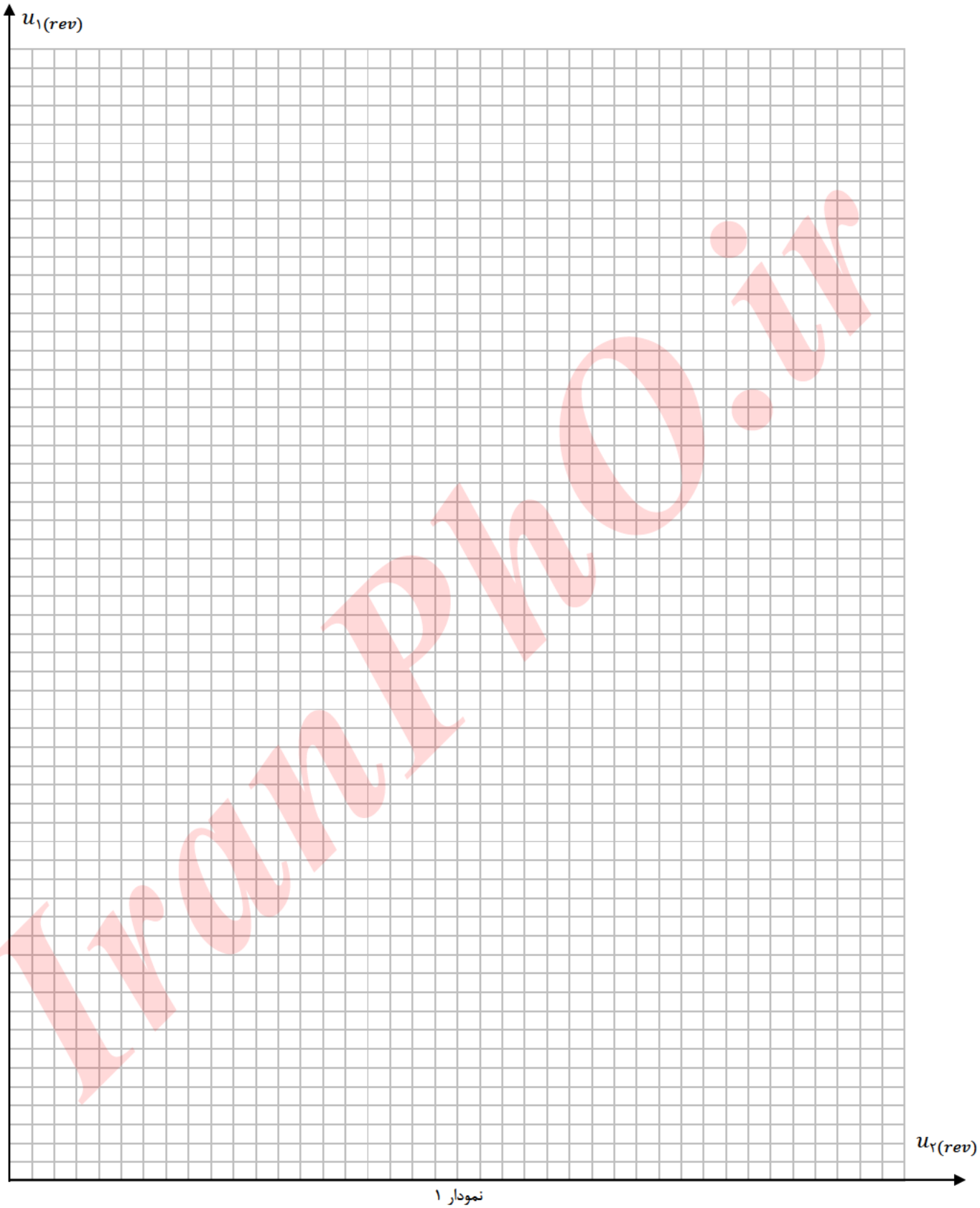
و) مقادیر سنجش شده‌ی $\bar{u}_۱$ و $\bar{u}_۲$ را در پاسخ‌نامه بنویسید. سپس با محاسبات عددی و با استفاده از اندازه‌ی L و α، مقادیر t، r_o و R_o را تا ۲ رقم معنی‌دار به دست آورید. (۴ نمره)

پاسخ نامه :

الف)

$u_{۲}(\mathrm{rev})$	$u_{۱}(\mathrm{rev})$	$u_{۲}(\mathrm{rev})$	$u_{۱}(\mathrm{rev})$
۱,۰۰			
۲,۰۰			
۳,۰۰			
۴,۰۰			

جدول ۱



نمودار ۱

IranPhO.ir

ج) توضیح روش:

$\alpha = \frac{R_.}{r_.} =$	

د)

$\bar{r} =$	

ه)

IranPhO.ir

$t =$	
$R_{\cdot} =$	
$r_{\cdot} =$	

و)

$=$	
$\bar{u}_{۲} =$	
$t =$	
$R_{\cdot} =$	
$r_{\cdot} =$	

IranPhO.ir