

«بسمه تعالی»

امتحان نهائی آزمایشگاه فیزیک پایه 1

1390/3/12



وقت امتحان: 2/5 ساعت

شماره دانشجویی:

نام و نام خانوادگی:

تذکرات:

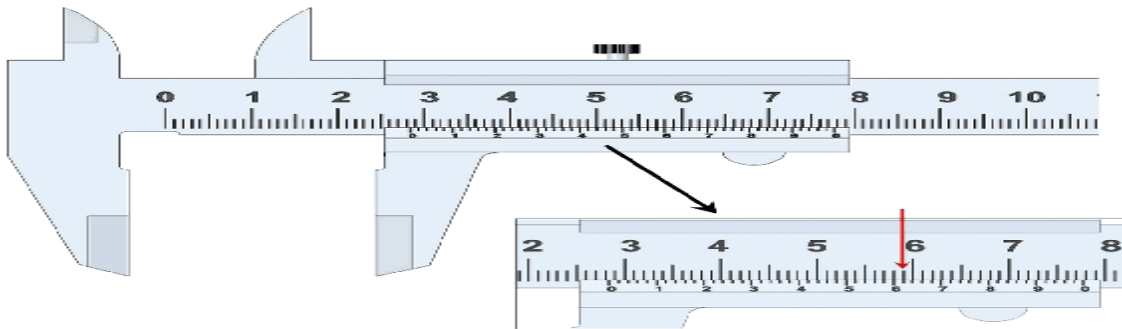
- 1- جواب سؤال‌ها را در پاسخ‌نامه بنویسید.
- 2- فقط استفاده از ماشین حساب معمولی مجاز است.
- 3- محاسبات باید به طور پیوسته و با جزئیات نوشته شود.
- 4- سؤال آخر (شماره 6) اختیاری می باشد. در صورت پاسخ، نمره امتیازی به آن تعلق خواهد گرفت.

سؤال شماره 1:

(a) اگر درکولیس، طول یک درجه ورنیه را با X و طول یک درجه خط کش را با Y نشان دهیم، چه رابطه ای بین X و Y برقرار است؟
(اگر فرض کنیم که ورنیه به n قسمت مساوی تقسیم شده باشد، دقت کولیس را بنویسید). (1 نمره)

$$a \pm \Delta a = ?$$

(b) در شکل زیر کولیس چه عددی را نشان می دهد؟ (0.5 نمره)



(c) موارد استفاده تقعرسنج چیست؟ (0.75 نمره)

(d) برای اندازه گیری شعاع یک سطح کروی از یک تقعرسنج استفاده شده است. اگر فاصله محور متحرک و پایه های ثابت دستگاه 20mm و مقدار عدد خوانده شده توسط دستگاه 10mm باشد، اندازه ی شعاع این سطح کروی را بیابید؟ (1 نمره)

(h) "خطای صفر" یک وسیله ی اندازه گیری چیست؟ "خطای ذاتی" و "خطای کاتوره ای" را نیز تعریف کنید و برای هریک مثالی بیاورید. (2.75 نمره)

سؤال شماره 2:

آزمایشی را با استفاده از معلومات و ابزار زیر طوری طراحی کنید که بتوان با آن شتاب گرانش زمین را اندازه گیری کنید : (4 نمره)

(کمیت معلوم : چگالی آب)

وسایل موجود: بشر - نیروسنج - جک برای بالا و پایین بردن اجسام - کولیس - آب - پایه - گیره برای نگه داشتن نیروسنج - 10 وزنه‌ی

هم جنس به شکل استوانه با جرم های مختلف

تذکره 1: فقط از وسایل بالا و معلوم بودن چگالی آب برای طراحی آزمایش استفاده کنید. (وسایل اضافی در آزمایش مربوطه استفاده نکنید)

تذکره 2: ضروری است که معادلاتی را که برای آزمایش استفاده می کنید بیان کنید.

سؤال شماره 3 :

گلوله‌ای گروی به جرم m از ارتفاع ثابت $h = 50\text{cm}$ رها شده و با اندازه حرکت \vec{p}_0 به گلوله دیگری به همان جرم برخورد می کند. (برخورد را دو بعدی در نظر بگیرید)

در این آزمایش مقادیر اندازه حرکت های دو جسم بعد از برخورد (\vec{p}_1 و \vec{p}_2)، برای تکرارهای مختلف، در جدول زیر ثبت شده



است. (نکته: تمامی سطوح را بدون اصطکاک و برخورد را الاستیک کامل فرض کنید).

آزمایش	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1.95	1.85	1.83	1.75	1.69	1.65	1.51	1.52	1.36	10.31	0.94
	0.43	0.76	0.87	0.92	1.07	1.15	1.35	1.21	1.45	30.5	1.72

خواسته های آزمایش:

1- رابطه های قانون های پایستگی (بقای) تکانه و انرژی را برای این سیستم بنویسید و آن ها را تا حد امکان ساده کنید. (2 نمره)

2- شکل برداری قانون پایستگی تکانه را با توجه به زوایای بین آن‌ها رسم کنید (به مقادیر زاویه‌ی بردارها دقت کنید) و برای این

آزمایش مکان هندسی انتهای بردار $\vec{p_1}$ را اگر ابتدای آن بر ابتدای $\vec{p_0}$ منطبق باشد پیدا کنید. (2 نمره)

3- با استفاده از قانون‌های پایستگی و با رسم نموداری مناسب در کاغذ میلی متری جرم گلوله‌ها را نیز تعیین کنید. (6 نمره)

سؤال شماره 4 :

می‌خواهیم لختی دورانی سه گره (یکی پوسته کروی و دیگری یک کره توپر و آخری پوسته‌ای است که داخلش با آب پر شده است) که از نظر شکل ظاهری کاملاً یکسان و شعاع یکسان دارند را اندازه بگیریم. گره‌ها را به ترتیب روی بلبرینگ با جرم ناچیز قرار می‌دهیم تا تحت تاثیر نیروی کشش وزنه‌ای به جرم m ، که روی چرخ متصل به بلبرینگ پیچیده شده، به چرخش در آیند. مطابق شکل صفحه‌ی بعد، به انتهای نخ پیچیده شده به دور بلبرینگ وزنه‌ای آویزان می‌کنیم که پایین آمدن وزنه، سبب چرخش (بدون لغزش) گره حول محور تقارنش می‌شود. شعاع چرخ متصل به بلبرینگ تقریباً "2.5cm" بوده و لختی دورانی آن نیز قابل چشم پوشی است. دو حس گر نوری یکی در فاصله 20cm بعد از قرقره و دیگری را در 25cm از حس گر اول قرار می‌دهیم و آزمایش را با سه وزنه مختلف برای هر گره تکرار می‌کنیم. نتایج آن در جدول زیر آمده است:

جدول 1: اندازه گیری لختی دورانی گره شماره 1

ردیف	زمان عبور کفه و وزنه‌ها بین دو حس گر (ثانیه)	جرم کفه و وزنه‌های روی آن (گرم)
1	3.957	50.0
2	3.450	70.0
3	2.708	100.0

جدول 2: اندازه گیری لختی دورانی گره شماره 2

ردیف	زمان عبور کفه و وزنه‌ها بین دو حس گر (ثانیه)	جرم کفه و وزنه‌های روی آن (گرم)
1	3.651	50.0
2	3.065	70.0
3	2.472	100.0

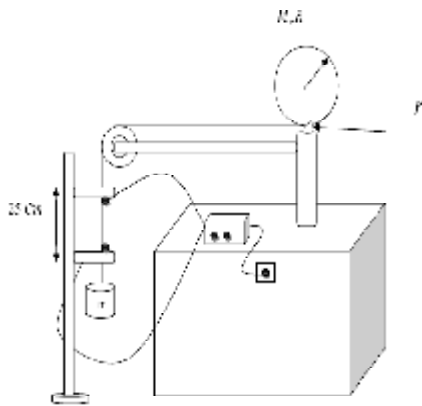
جدول 3: اندازه گیری لختی دورانی گره شماره 3

ردیف	زمان عبور کفه و وزنه‌ها بین دو حس گر (ثانیه)	جرم کفه و وزنه‌های روی آن (گرم)
1	4.130	50.0
2	3.478	70.0
3	2.904	100.0

خواسته‌های آزمایش :

لختی دورانی گره‌ها را با استفاده از جدول داده‌ها محاسبه کنید. (6 نمره)

1- با استفاده از نتایج محاسبات و تفاوت در لختی دورانی مربوط به سه گره، نوع گره ها را مشخص کنید. پاسخ خود را با دلیل توضیح دهید. (2.5 نمره)



2- برای گره شماره 1 گشتاور نیروی اصطکاک را نیز به دست آورید. (2.5 نمره)

سؤال شماره 5:

آزمایشی به صورت زیر طراحی شده است:

میله ای به جرم m مطابق شکل زیر از فاصله $r' = 25\text{ cm}$ از یک انتها بر روی تکیه گاه قرار می دهیم. از سر دیگر میله در فاصله l از تکیه گاه وزنه ای استوانه ای و نیروسنج مطابق شکل آویزان می کنیم. حال وزنه را وارد بشر حامل سیال می کنیم. نیروی نیروسنج و جک زیر بشر را به گونه ای تنظیم می کنیم که جرم استوانه ای کاملاً زیر سطح سیال، میله در حالت افقی و سیستم در حالت تعادل قرار گیرد. این کار برای جرم های متفاوت تکرار شده و نیروی مربوط به نیروسنج در هر حالت را اندازه گرفته و جدول داده ها به صورت زیر بدست می آید. با استفاده از این داده ها، چگالی سیال و جرم میله را با رسم نموداری مناسب، بدست آورید. (توزیع جرم میله یکنواخت فرض شده است).

نکته: برای بدست آوردن شیب بهترین خطی که داده ها را برازش (fit کردن) می کند، از روش کمترین مربعات به دست آورید. (فرمول های مربوطه در صفحه آخر می باشد) (9 نمره)

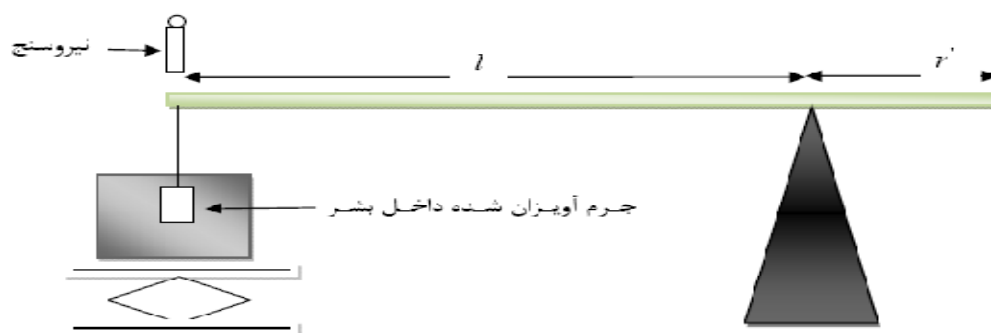
جرم $m(\text{kg})$ آویزان	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
نیروی $f(N)$ نیروسنج	1.83	2.12	2.16	2.35	2.74	2.74	3.12	3.13

داده های مورد نیاز:

$$g = 9.8 \text{ N / kg}$$

طول میله: 1 m

چگالی مربوط به جرم های آویزان شده: 3200 kg / m^3

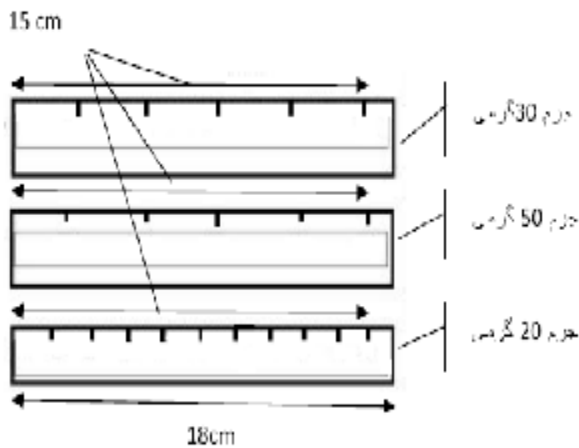


سؤال شماره 6: (اختیاری/امتیازی)

ترازویی را همانند شکل زیر در نظر بگیرید. بر روی هر یک از اهرم های آن جرم های 30 و 50 و 20 گرمی قرار گرفته می شود. تعداد تقسیم بندی هر اهرم در شکل نمایش داده شده است. (وزن هر اهرم 15 گرم فرض شود)

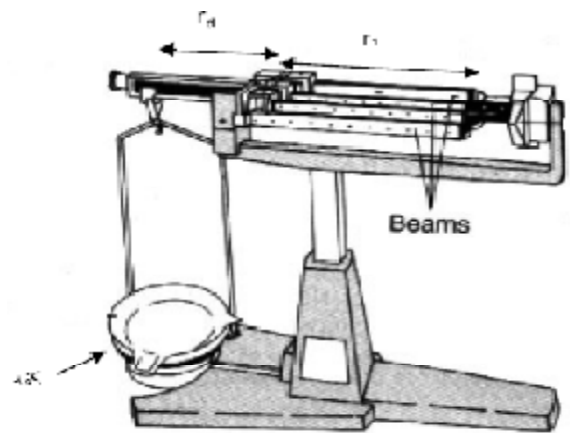
الف) بیشترین و کمترین مقداری را که ترازو قادر به اندازه گیری آن است را بیابید. (2.5 نمره)

ب) افزودن وزنه کمکی 100g گرمی در فاصله 18cm محور دوران، بیشترین میزان قابل اندازه گیری را چه تغییری می دهد؟ (2.5 نمره)



$$r_d = 3\text{cm}$$

$$r_1 = 15\text{cm}$$



ج. هر خط اهرم های بالا متناظر با چه جرمی در کفه است؟

اطلاعاتی که ممکن است مفید باشد:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad b = \bar{y} - a\bar{x}, \quad \Delta a \approx \sqrt{\frac{1}{D} \frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N-2}}, \quad \Delta b \approx \sqrt{\left(\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}^2}{D}\right) \frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N-2}}$$

$$d_i = y_i - ax_i - b, \quad D = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

پاسخ سؤال 1

a - $x = y(n-1)/n$ دقت دستگاه

$$y - x = y - \frac{n-1}{n}y = \frac{1}{n}y$$

$$a \pm \Delta a = 28.62 \pm 0.02 \text{ mm} \quad \text{b -}$$

c - تقعر، تحدب، ضخامت

$$R = \frac{r^2 + h^2}{2h} = 25 \text{ mm} \quad \text{d -}$$

خطاهای کاتوره‌ای (تصادفی)

اصولاً تمام عوامل موجود که تاثیر آنها مستقل از کمیات موجود در آزمایش است می‌توانند تولید خطای کاتوره‌ای کنند. به همین علت پراکندگی در غیاب خطاهای سیستماتیک حول مقدار واقعی نسبتاً یکنواخت است یا به عبارتی دیگر احتمال مثبت یا منفی بودن این خطا یکی است. تغییرات دما، رطوبت، جریانات جوی، تغییرات جریانات برق، خود شخص اندازه‌گیر می‌توانند عامل تولید خطای کاتوره‌ای باشند. فرض کنید زمان تناوب یک آونگ را چندین بار با یک کرنومتر اندازه گرفته‌ایم. خطاهای حاصل در به کار انداختن کرنومتر و توقف آن و بی‌نظمی‌های کوچک در حرکت آونگ تغییراتی در نتایج اندازه‌گیری متوالی به وجود می‌آورند که می‌توان آنها را به عنوان خطاهای کاتوره‌ای در نظر گرفت.

خطاهای سیستماتیک (ذاتی)

خطاهای سیستماتیک معمولاً موقعی پیش می‌آیند که واقعیت آزمایش از مفروضات نظری تعدی می‌کند و از ضریب تصحیحی که این تفاوت را اعمال کند چشم‌پوشی می‌شود.

خطای صفر: کمترین مقداری که با یک وسیله اندازه‌گیری می‌توان اندازه گرفت را خطای صفر می‌نامیم.

پاسخ 2 :

بشر را از آب پر می‌کنیم طوری که با وارد کردن اجسام آب از بشر سر ریز نشود. بشر را روی جک قرار می‌دهیم یکی از وزنه‌ها را از نیروسنجی که به پایه متصل شده، آویزان می‌کنیم طوری که وزنه بالای سطح آب داخل بشر قرار گیرد.

نیروی که نیروسنج نشان می‌دهد را یادداشت می‌کنیم و آن را با T_1 نشان می‌دهیم حال جسم را با استفاده از جک به طور کامل داخل آب برده، نیروی که نیروسنج نشان می‌دهد را یادداشت می‌کنیم و آن را با T_2 نمایش می‌دهیم. این آزمایش را برای 9 وزنه‌ی دیگر تکرار می‌کنیم.

از طرفی می‌دانیم نیروی شناوری برابر است با اختلاف دو نیروی T_1 و T_2 :

در معادله شماره 2، V و g مجهول است برای اندازه گیری V از کولیس استفاده می کنیم شعاع و طول استوانه را اندازه گیری می کنیم بنابراین حجم استوانه بدست می آید:

برای هر 10 جسم کمیت حجم و نیروی شناوری از آزمایش بدست می آید، چگالی آب هم جزو معلومات مسئله است. اگر نمودار B بر حسب V را رسم کنیم از روی شیب خط بدست آمده می توان شتاب گرانش را به صورت زیر محاسبه کرد:

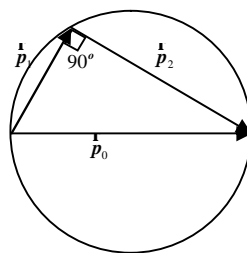
پاسخ 3:

$$\frac{p_0^2}{2m} = \frac{p_1^2}{2m} + \frac{p_2^2}{2m} \quad \& \quad \frac{p_0^2}{2m} = mgh$$

- قانون بقای انرژی:

$$\Rightarrow p_1^2 + p_2^2 = 2m^2 gh \quad (1)$$

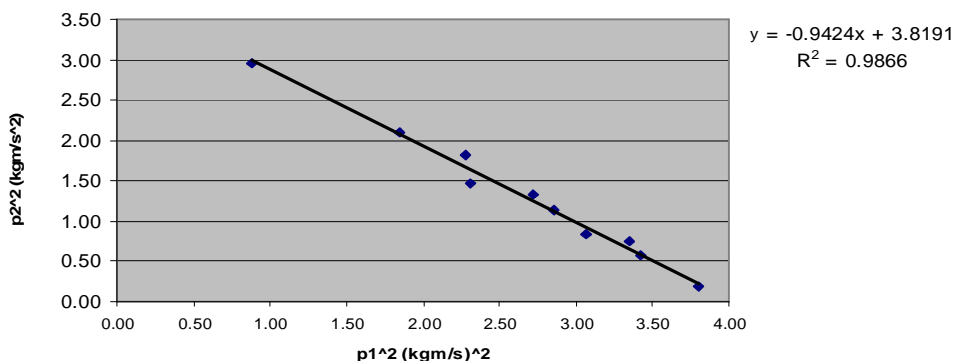
$$\vec{p}_0 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \quad (2)$$



2- طبق شکل زاویه بین دو بردار \vec{p}_1 و \vec{p}_2 90 درجه است و مکان هندسی انتهای بردار \vec{p}_1 روی دایره ای به قطر $|\vec{p}_0|$ و به مرکز $\vec{p}_0/2$ قرار دارد.

3- بعد از حذف داده شماره 10 نمودار تغییرات \vec{p}_2^2 بر حسب \vec{p}_1^2 در زیر رسم شده است.

نمودار p_2^2 بر حسب p_1^2



با مقایسه معادله نمودار فوق: $y = -0.94x + 3.82$ با رابطه $p_2^2 = -p_1^2 + 2m^2 gh$ داریم:

$$2m^2 gh = 3.82 \Rightarrow m = \sqrt{3.82 / 2gh} = \sqrt{\frac{3.82}{2 \times 9.78 \times 0.50}} = 0.39 \text{ Kg} = 3.9 \times 10^2 \text{ gr}$$

بارم بندی سؤال از 10 نمره

سؤال 1		سؤال 2		سؤال 3				
2 نمره		2 نمره		6 نمره				
بقای تکانه	بقای انرژی	مقدار زاویه p_1, p_2	مکان هندسی p_1	حذف داده دهم	واحد محورها	رسم نمودار	پیدا کردن عرض از مبدأ خط	محاسبه جرم گلوله - ها
1	1	1	1	0.5	1	2.5	1	1

پاسخ سؤال 4:

کلید سؤال اندازه گیری لختی دورانی: 11 نمره

• خواسته 1: 6 نمره

برای محاسبه لختی دورانی داریم که:

$$a = \frac{2l}{t^2}$$

$$I = \frac{mr^2 (9.78 - a)}{a}$$

• بدست آوردن این رابطه 2.5 نمره

جدول شماره 1:

$$(1) m = 50 \text{ gr} \Rightarrow I = 0.0095 \text{ kgm}^2$$

$$(2) m = 70 \text{ gr} \Rightarrow I = 0.0101 \text{ kgm}^2 \Rightarrow I_{avg} = 0.0095 \text{ kgm}^2$$

$$(3) m = 100 \text{ gr} \Rightarrow I = 0.0089 \text{ kgm}^2$$

جدول شماره 2:

$$\begin{aligned}(1) \quad m = 50 \text{ gr} &\Rightarrow I = 0/008 \text{ kgm}^2 \\(2) \quad m = 70 \text{ gr} &\Rightarrow I = 0/008 \text{ kgm}^2 \Rightarrow I_{avg} = 0/008 \text{ kgm}^2 \\(3) \quad m = 100 \text{ gr} &\Rightarrow I = 0/008 \text{ kgm}^2\end{aligned}$$

جدول شماره 3:

$$\begin{aligned}(1) \quad m = 50 \text{ gr} &\Rightarrow I = 0/0104 \text{ kgm}^2 \\(2) \quad m = 70 \text{ gr} &\Rightarrow I = 0/0103 \text{ kgm}^2 \Rightarrow I_{avg} = 0/0103 \text{ kgm}^2 \\(3) \quad m = 100 \text{ gr} &\Rightarrow I = 0/0102 \text{ kgm}^2\end{aligned}$$

- انجام این محاسبات : 3.5 نمره
- اگر دانشجویی شتاب را از رابطه زیر بدست آورده باشد 2.5 نمره مربوط به محاسبه فرمول را می گیرد.

$$\begin{aligned}v^2 - v_0^2 &= 2ax & v &= \sqrt{2ax} \\h &= 1/2 at^2 + vt \\h &= 1/2 at^2 + \sqrt{2ax} t\end{aligned}$$

و اگر این معادله را حل کرده بود و محاسبات عددی را انجام داده بود. 6 نمره کامل را می گیرد.

- اگر دانشجویی شتاب را g قرار داده بود. هیچ نمره ای تعلق نمی گیرد.

خواسته 2: 3 نمره

با توجه به نتایج بدست آمده، داریم که:

$$I_2 < I_1 < I_3$$

کره شماره 2، یک کره توخالی است و $I = \frac{2}{5}MR^2$ است

کره شماره 1، یک کره توپر است و لختی دورانی آن از کره توخالی بیشتر می باشد. $I = \frac{2}{3}MR^2$

کره شماره 3، کره ای است که داخلش آب ریخته شده است. زیرا در این صورت کره جسم صلب محسوب نمی شود. اگر پوسته بیرونی آن حول محور دوران کره با سرعت زاویه ای w_0 بچرخد، لایه های آب داخل آن با سرعت دورانی های متفاوت و کمتر می چرخند. و در نتیجه دوران کمتری نسبت به کره توپر دارد. بنابراین لختی دورانی بیشتری دارد.

- اگر دانشجویی کره شماره 2 را کره توخالی نوشته بود و تفاوت دو کره دیگر را تشخیص نداده بود. نمره کامل این خواسته را می گیرد.

خواسته 3: 2 نمره

برای محاسبه گشتاور نیروی اصطکاک داریم :

$$\begin{cases} rT - rf_k = I\alpha \\ f_k = mg - \frac{a}{r^2}(mr^2 + I) \\ mg - T = ma \end{cases}$$

بدست آوردن رابطه مربوط به گشتاور: 1.5 نمره

$$\begin{aligned} (1) m = 50gr & \rightarrow f_k = 0/32N \Rightarrow t_{f_k} = 0/00771 \\ (2) m = 70gr & \rightarrow f_k = 0/45N \Rightarrow t_{f_k} = 0/01116 \\ (3) m = 100gr & \rightarrow f_k = 0/59N \Rightarrow t_{f_k} = 0/01473 \end{aligned}$$

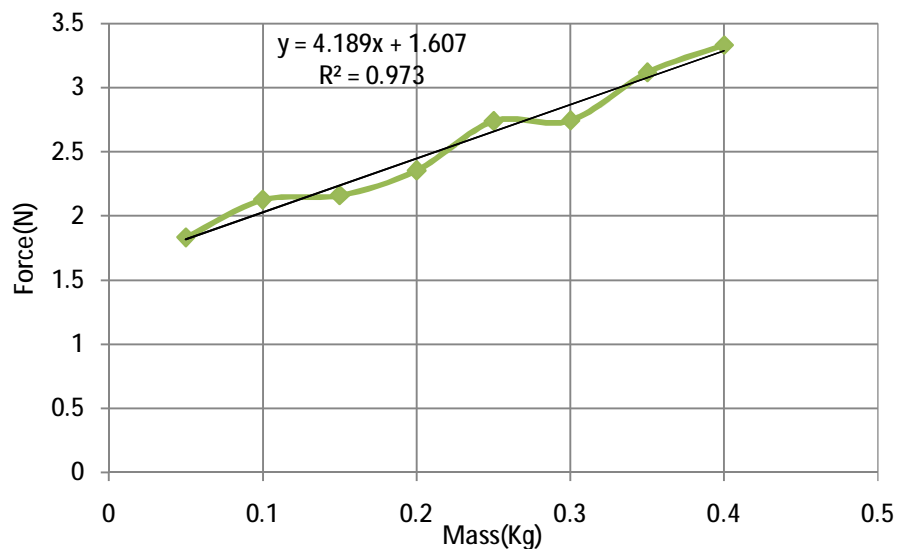
نمره این محاسبات 0.5 است.

- اگر در رابطه بالا مقادیر بدست آمده از جدول شماره 1 را قرار داده است. باید برای هر سه جرم صفر بدست آورد. ولی اگر مقادیر میانگین قرار داده باشد. مقادیر بسیار کوچک (نزدیک صفر) بدست می آید و در هر دو صورت نمره این قسمت را می گیرد.

$$\begin{aligned} \sum F = 0 & \Rightarrow T + B = mg & \text{I} \\ \sum t = 0 & \Rightarrow (T - F)l + Mr_{cm}g = 0 & \text{II} \\ \begin{cases} B = r_s g V \\ V = \frac{m}{r_{metal}} \end{cases} & \Rightarrow B = r_s g \frac{m}{r_{metal}} & \text{III} \end{aligned}$$

پاسخ 5:

$$\text{I, II, III} \Rightarrow F = am + b \quad \text{and} \quad a = \left(1 - \frac{r_s}{r_{metal}}\right)g, \quad b = Mg \frac{r_{cm}}{l}$$



$$a = 4.198 \text{ N / Kg} \quad b = 1.607 \text{ N}$$

$$r_s = 1832.163 \text{ Kg / m}^3$$

$$M = 0.491 \text{ Kg}$$

پاسخ 6:

$$F_{\max} = \frac{100}{3} \left(9.78 * (20 + 50 + 30 / 1000) * \frac{15}{100} + 3 * 15 / 200 * 9.78 * 15 - 3 / 200 * 15 * 9.78 \right) =$$

$$F_{\min} = \frac{100}{3} \left(9.78 * (20 / 1000) * \frac{15 / 10}{100} + 3 * 15 / 200 * 9.78 * 15 - 3 / 200 * 15 * 9.78 \right)$$

واحد: 0.5 نمره

جواب: 0.5 نمره

ب.

$$F = \frac{100}{3} \left(15 * \frac{100}{1000} + 18 * \frac{100}{1000} + 3 * 15 / 200 * 15 / 1000 - 3 / 200 * 15 / 1000 \right) * 9.78 =$$

$$F - F_{\max} =$$

واحد: 0.5 نمره

رابطه: 0.5 نمره

جواب: 0.5 نمره

ج.

$$F_{beam1} = \frac{100}{3} \left(\frac{30}{1000} * \frac{15/5}{100} 3 * 15 / 200 * 15 / 1000 - 3 / 200 * 15 / 1000 \right) * 9.78 =$$

$$F_{beam2} = \frac{100}{3} \left(\frac{50}{1000} * \frac{15/5}{100} 3 * 15 / 200 * 15 / 1000 - 3 / 200 * 15 / 1000 \right) * 9.78 =$$

$$F_{beam3} = \frac{100}{3} \left(\frac{20}{1000} * \frac{15/10}{100} 3 * 15 / 200 * 15 / 1000 - 3 / 200 * 15 / 1000 \right) * 9.78 =$$

واحد: 0.25 نمره

هر رابطه: 0.25نمره