نمره:

گزارش‌کار آزمایش شماره سه

مطالعه قانون هوک (فنری)

نام و نام خانوادگی:	**تاریخ انجام آزمایش:**
شماره گروه درسی: -۲۲-۱۴	**نام همکاران:**

هدف: .....

مرحله اول: بررسی قانون هوک

جدول(۱). اندازه‌گیری‌های مربوط به قانون هوک.

	فنر کوتاه					فنر بلند				
	خطای k e_k (N/m)	$k=mg/x$ (N/m)	$n=x/m$ (m/kg)	x (cm)	m (gr)	خطای k e_k (N/m)	$k=mg/x$ (N/m)	$n=x/m$ (m/kg)	x (cm)	m (gr)
۱										
۲										
۳										
۴										
۵										
	$\bar{k} = \ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots \ N/m$					$\bar{k} = \ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots \ N/m$				

با توجه به قانون هوک، $k = \frac{mg}{x}$، عبارتی برای محاسبه خطای معیارِ اندازه‌گیری k (e_k) با توجه به خطای اندازه‌گیری m و x بدست می‌آوریم. با فرضِ $g = 9.80 \pm 0.05\ N/m$ جدول(۱) را کامل کردیم.

اثباتِ e_k و جزئیات محاسبات e_k مربوط به سطر ۲ (هر دو فنر): .....

.....

.....

.....

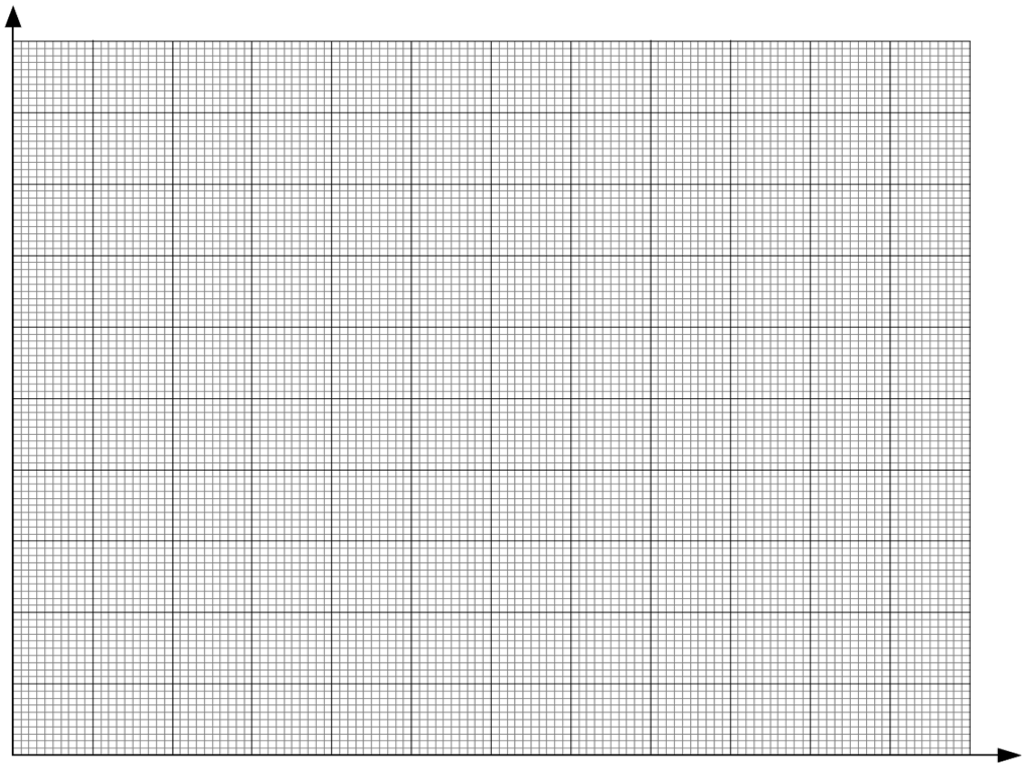
.....

.....

میانگین ثابت فنری را برای هر فنر به همراه خطای آن محاسبه کرده در سطر آخر جدول(۱) گزارش شده است.

محاسبه خطای معیار میانگین ثابت فنری فنر بلند (روابط۱۴ و ۱۷ فصل اول):

در یک برگه ترسیم میلی‌متری بهترین خط راستی که رابطه x را برحسب m برای فنرِ بلند نشان می‌دهد رسم می‌کنیم (شکل۱). با محاسبه شیب خط مقدارِ $n = \frac{g}{k}$ را برای این فنر به صورت زیر به‌دست می‌آوریم:



شکل۱. یک عنوان مناسب بنویسید

محاسبات مربوط به شیب نمودار شکل۱: .....

.....

.....

.....

با کمک یک نرم‌افزار مناسبِ رسمِ نمودار، معادله بهترین خط راستی که رابطه x را برحسب m برای فنرِ بلند نشان می‌دهد بدست آوردیم. نسخه چاپی خطِ رسم شده در شکل۲ نشان داده شده است. از شیب خطِ رسم شده مقدار $n = \frac{g}{k}$ را برای این فنر به‌دست آورده آن را با نتیجه حاصل از رسم نمودار دستی مقایسه می‌کنیم:

محل پیوست نمودار

A5

شکل۲. .....یک عنوان مناسب بنویسید.....

معادله خط برازشی و محاسبات مربوط به آن: .....

.....

.....

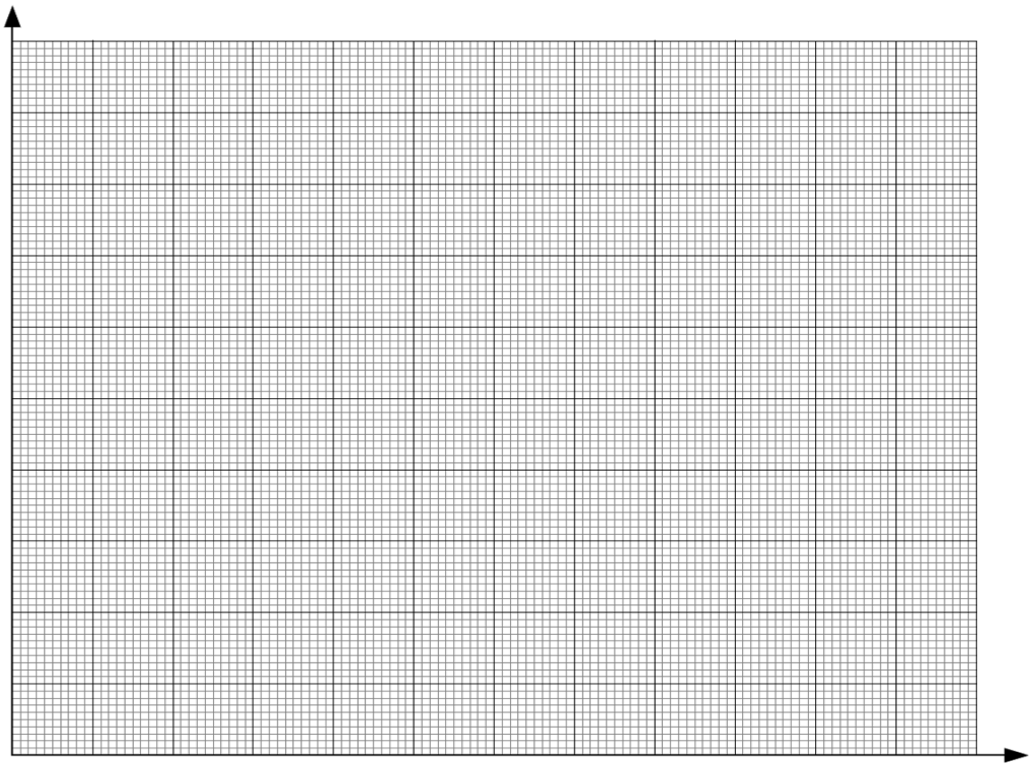
.....

در یک برگه ترسیم میلی‌متری با رسم بهترین خط راستی که رابطه x را برحسب m برای فنر کوتاه‌تر نشان می‌دهد (شکل۳)، مقدار $n = \frac{g}{k}$ را برای فنر کوتاه‌تر نیز به‌دست می‌آوریم.

محاسبات شیب نمودار: .....

.....

.....



شکل۳. .....یک عنوان مناسب بنویسید.....

مرحله دوم: به هم بستن فنرها به صورت متوالی.

مطابق با آنچه در مرحله اول (بررسی قانون هوک) انجام دادیم، جدول(۲) را کامل کردیم. میانگین ثابت فنری معادل را نیز بدست آورده با خطای معیارِ آن در سطر آخر جدول(۲) گزارش شده است.

جزئیات محاسبات e_k مربوط به سطر ۳ جدول(۲): .....

.....

.....

.....

جدول(۲). اندازه‌گیری‌های مربوط به قانون هوک، فنرهای متوالی.

	m (gr)	x (cm)	$n = x/m$ (m/kg)	$k = mg/x$ (N/m)	خطای k ، e_k (N/m)
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
	$\bar{k} = \cdots\cdots \pm \cdots\cdots \quad N/m$				

توجه: برای محاسبه k در ستون پنجم فرض کنید $g = 9.80 \pm 0.05\, N/m$ و برای محاسبه خطای آن، e_k، از رابطه(۱۸) استفاده کنید (مشابه جدول(۱)).

محاسبات میانگین ثابت فنری معادل و خطای معیار آن: .....

.....

.....

.....

.....

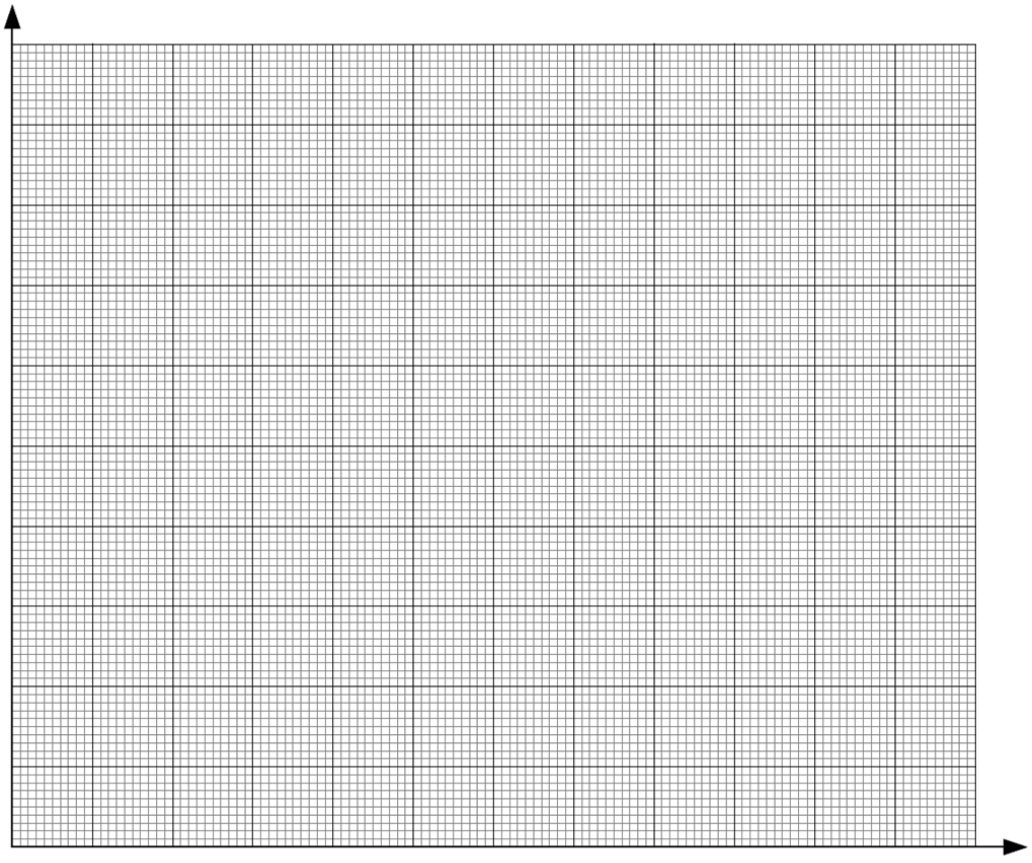
در یک برگه ترسیم میلی‌متری بهترین خط راستی که رابطه x را برحسب m نشان می‌دهد رسم کردیم (شکل۴). با محاسبه شیب خطِ رسم شده مقدار $n = \frac{g}{k}$ را برای فنر ترکیبی بدست آوردیم. با فرض $g = 9.80\, N/m$ ثابت فنری معادل (فنرِ ترکیبی) را نیز محاسبه کردیم. در این محاسبات از تأثیر جرمِ فنرها صرف نظر شد.

محاسبات: .....

.....

.....

.....



شکل۴. .....یک عنوان مناسب بنویسید.....

تحقیق درستی رابطه $\frac{1}{k}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}$ برای فنرهای متوالی. در این رابطه، k_1 و k_2 به ترتیب ثابت‌های فنری فنرهای بلند و کوتاه (که در مراحل قبل بدست آمد) و k ثابت فنری معادل است. با جای‌گذاری مقادیرِ k_1 و k_2 در رابطه $\frac{1}{k}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}$ ثابت فنری معادل را به‌دست می‌آوریم سپس با مقداری که از نمودار شکل(۴) به‌دست آمده است مقایسه می‌کنیم:

محاسبات: .....

.....

.....

.....

آزمایش سوم: اندازه‌گیری جرمِ موثرِ فنر در زمان تناوب.

با انتخاب فنر بلندتر، ابتدا ۴۰ مرتبه زمان ۱۰ نوسان کامل را با استفاده از زمان‌سنج اندازه گرفتیم. نتایج در جدول(۳) آمده است.

جدول(۳). اندازه‌گیری زمان ۴۰ تناوب دستگاه جرم-فنر به جرم ..... گرم.

$10T\ \ (s)$										
فراوانی										
$10T\ \ (s)$										
فراوانی										
$e_{10T} = \sigma_{10T} = \ldots\ldots\ldots\ s$					$e_T = \sigma_T = \frac{\sigma_{10T}}{10} = \ldots\ldots\ldots\ s$					

خطای اتفاقی در اندازه‌گیری زمان تناوب یک نوسان کامل این دستگاه جرم‌ـفنر را می‌توان با محاسبه انحراف‌معیار مقادیرِ اندازه‌گیری شده در جدول(۳) به‌دست آورد. نتایج در جدول(۳) آمده است.

جزئیات محاسبات انحراف‌معیار و خطای اتفاقی در اندازه‌گیری زمان تناوب: .....

.....

.....

.....

.....

.....

با استفاده از یک ترازو، جرمِ فنر، m_s، را اندازه گرفتیم:

$$m_s = \ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots\ gr$$

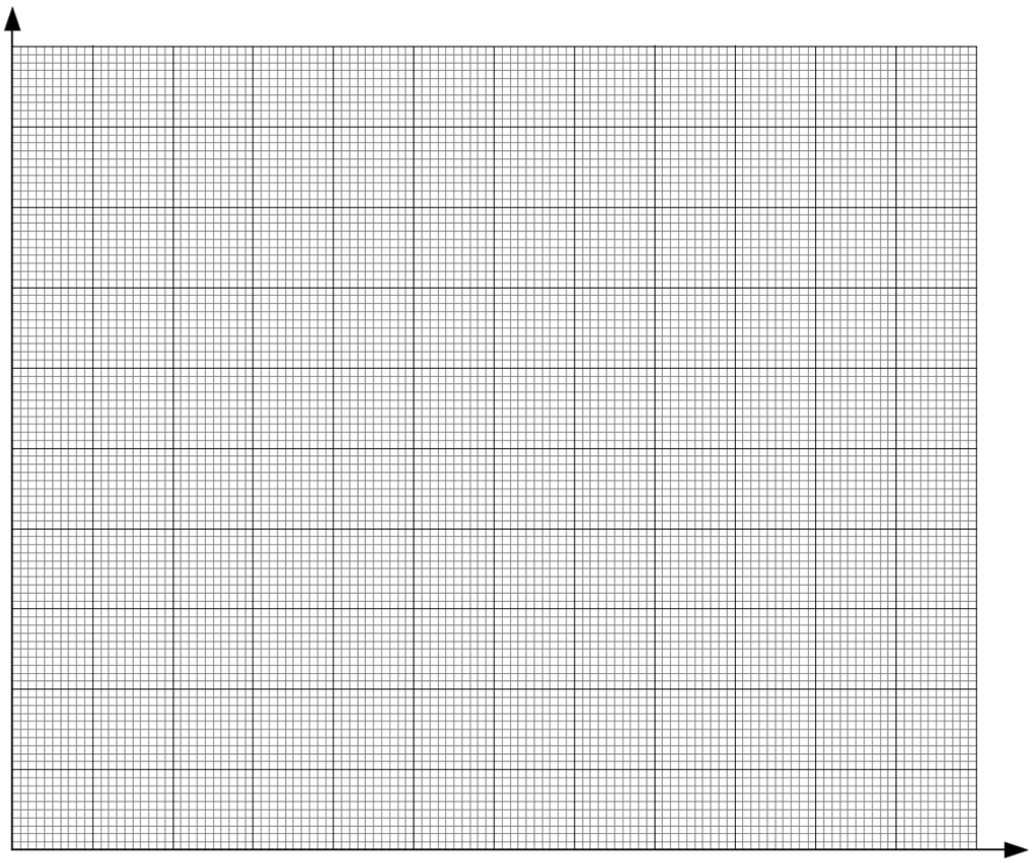
به انتهای این فنر، وزنه‌های مختلفی مطابق با جدول(۴) آویختیم. سپس زمان ۱۰ نوسان کامل را با استفاده از زمان‌سنج اندازه گرفته و در جدول(۴) یادداشت کردیم.

در یک برگه ترسیم میلی‌متری، نمودار خطی معرّفِ مربعِ زمانِ تناوب نوسانات (T^2) برحسب m را رسم کردیم، شکل(۵) را ببینید. با توجه به رابطه $T^2 = \frac{4\pi^2}{k}m + \frac{4\pi^2 . f\, m_s}{k}$ و اندازه‌گیری شیب و عرض از مبدأ خط رسم شده، ثابت فنری (k) و جرم موثر فنر ($f\, m_S$) را به‌دست می‌آوریم. جرم فنر را قبلاً اندازه گرفته‌ایم. لذا، مقدارِ ضریبِ f را می‌توان محاسبه کرد. مقدار به‌دست آمده را با مقدار نظری آن ($f_{theo} = \frac{1}{3}$) مقایسه می‌کنیم:

جدول(۴). اندازه‌گیری‌های مربوط به نوسان فنر با هدف تعیین جرمِ مؤثر.

	m (gr)	$10T$ (s)	T (s)	T^2 (s^2)	k، ثابت فنر اگر از جرم فنر صرف‌نظر شود(*). (N/m)	خطای k e_k (N/m)
۱						
۲						
۳						
۴						
۵						
۶						

(*) **توجه**: برای محاسبه مقادیر ستونِ k داریم: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_{eff}}{k}} \approx 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad \Rightarrow \quad k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$



شکل۵. .....یک عنوان مناسب بنویسید.....

محاسبات مربوط به ثابت فنری، جرم موثر فنر و مقدارِ ضریبِ f از نمودار شکل۵:

با استفاده از یک نرم‌افزار رسم نمودار، منحنی $T = a\sqrt{m+b}$ $\Rightarrow$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m+f\,m_s}{k}}$ را بر نقطه-داده‌ها برازش دادیم که در آن $b = f\,m_s$ & $a = \frac{2\pi}{\sqrt{k}}$. نسخه چاپی منحنی برازش داده شده در شکل۶ نشان داده شده است.

محل پیوست نمودار

A5

شکل۶. یک عنوان مناسب بنویسید

معادله برازشی به صورت زیر به‌دست آمد. با استفاده از ثابتهای معادله به‌دست آمده جرم موثر فنر، مقدارِ ضریبِ f و ثابت فنر را محاسبه می‌کنیم و با مقادیر به‌دست آمده از رسم نمودار در برگه ترسیم میلی‌متری مقایسه می‌کنیم:

معادله منحنی برازشی و محاسبات مربوط به آن:

مقدار $n = \frac{g}{k}$ را برای فنر بلندتر در آزمایش اول به‌دست آورده بودیم. در این مرحله نیز ثابت فنری، k، را به‌دست آوردیم. حال می‌توان مقدار شتاب جاذبه گرانشی، g، را به صورت زیر به‌دست آورد:

محاسبات:

ستون خطا در جدول(۴) را کامل می‌کنیم. ابتدا با توجه به رابطه زمان تناوب دستگاه جرم-فنر و صرف‌نظر از تأثیر جرمِ فنر در زمان تناوب فنر می‌توان نوشت $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ که در آن m جرم متصل به فنر است. حال با استفاده از تعریف خطای معیارِ کمیت مرکب، رابطه‌ای برای e_k به‌دست می‌آوریم:

اثبات:

از این رابطه (e_k) استفاده کرده ستون خطای k در جدول(۴) را کامل می‌کنیم.

جزئیات محاسبات سطر سوم از جدول(۴) (یادآوری: e_T را از جدول(۳) به‌دست آورده‌ایم):

پایان