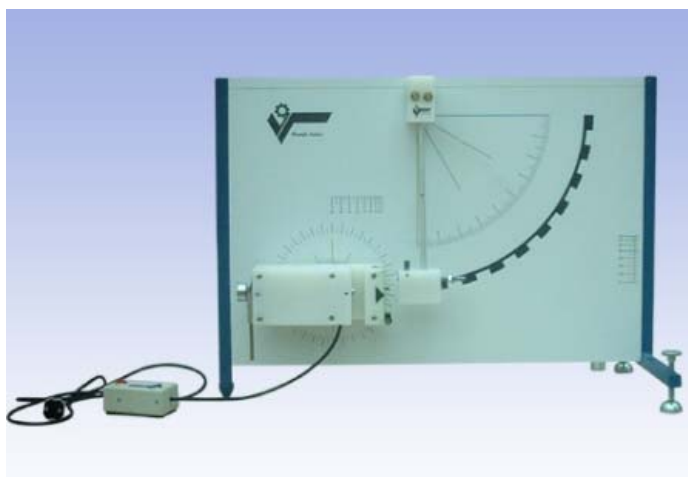


دستور کار آزمایش آونگ بالستیک

هدف: بدست آوردن سرعت نامعلوم با استفاده از بقای تکانه خطی
وسایل آزمایش: تابلوی بالستیک و پاندول مربوطه



تئوری آزمایش

حاصل ضرب جرم دستگاه در سرعت آن را تکانه خطی گویند.

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

هرگاه هیچ نیروی خارجی به دستگاه وارد نشود تکانه خطی سیستم ثابت باقی می ماند. این قانون در مورد برخوردهای کشسان و غیر کشسان برقرار است. در مکانیک نیوتونی بقای تکانه خطی سیستم منزوی، مستقیماً به قانون سوم نیوتن مربوط می شود و در حقیقت نتیجه ای از این قانون است.

دو جسم m_1, m_2 را در نظر بگیرید که با سرعت های V_1, V_2 به هم برخورد می کنند و پس از برخورد سرعت آنها به ترتیب V'_1, V'_2 می شود. بنا به قانون دوم نیوتن و اینکه زمان برخورد بسیار کوتاه است داریم:

$$F = ma = m \frac{dv}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = \frac{dp}{dt}$$

$$\int F dt = \int_{v_1}^{v'_1} m dV$$

$$F dt = dP \Rightarrow \int F dt = \int_{v_2}^{v'_2} m dV$$

بنا به قانون سوم نیوتن نیرویی که جسم ۱ به جسم ۲ وارد می کند با نیرویی که جسم ۲ به جسم ۱ وارد می کند برابر است.

در نتیجه:

$$m_1 \vec{v}'_1 - m_1 \vec{v}_1 = m_2 \vec{v}'_2 - m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\Rightarrow \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2$$

$$\Rightarrow \vec{P} = \vec{P}'$$

روش آزمایش

یک روش کلاسیکی برای اندازه گیری سرعت جسم، برخورد یک جسم به آونگ است. (جرم آونگ باید قابل مقایسه با جرم جسم باشد) در این آزمایش جسم اول در آونگ باقی می ماند و با آن نوسان می کند. این برخورد غیرکشسان است ولی مقدار تکانه خطی در آن ثابت باقی می ماند. با دانستن جرم جسم و جرم آونگ و با توجه به بقای تکانه می توان سرعت جسم را بدست آورد. برای انجام آزمایش مرکز جرم آونگ و گلوله را به عنوان نقطه نوسان کننده در نظر گرفته ایم (در این آزمایش آونگ یک جسم توخالی است که پس از برخورد گلوله را در خود نگاه می دارد). اگر در حالت سکون انرژی پتانسیل آونگ را صفر در نظر بگیریم انرژی پتانسیل آونگ در بالاترین نقطه برابر است با:

$$U = (m + M) g \Delta h$$

g: شتاب گرانش

Δh : تغییرات ارتفاع مرکز جرم

Δh از رابطه زیر بدست می آید.

$$\Delta h = r(1 - \cos \varphi)$$

r فاصله مرکز جرم از محل آویختن آونگ است و φ بیشینه زاویه ای که آونگ نسبت به امتداد قائم نوسان می کند. بلافاصله پس از برخورد انرژی جنبشی آونگ و گلوله با انرژی پتانسیل برابر می شود

$$K = \frac{1}{2} (m + M) v_p^2 .$$

v_p سرعت آونگ و گلوله بلافاصله پس از برخورد است.

$$P = (m + M) v_p$$

$$K = \frac{P^2}{2(m + M)}$$

$$\Rightarrow P = \sqrt{2(m + M)K}$$

اما از اصل بقای تکانه خطی داریم:

$$mv = mv_p + Mv_p$$

$$P = mv_p + Mv_p$$

$$\Rightarrow v = \frac{P}{m} = \frac{1}{m} \sqrt{2(m+M)K}$$

$$\Rightarrow v = \frac{m+M}{m} \sqrt{2gr(1-\cos\theta)}$$

اگر نمودار v بر حسب φ رسم شود شکل منحنی تا حد زیادی نزدیک به خط است. برای مقادیر کوچک φ

$$\sqrt{1-\cos\varphi} = \frac{\sqrt{2}}{2}\varphi$$

در این آزمایش از مطالب بالا استفاده می کنیم. به این ترتیب که یک گلوله را با دوسرعت مختلف و هر کدام را ۵ بار درون دستگاه پرتاب کننده قرار دهید و پرتاب کنید. جدول (۱) را کامل کنید

		φ	Δh	v
دستگاه پرتاب کننده در حالت اول	۱			
	۲			
	۳			
	۴			
	۵			
دستگاه پرتاب کننده در حالت دوم	۱			
	۲			
	۳			
	۴			
	۵			

جدول (۱)

نکته: چون مرکز جرم میله و آونگ را در نظرمی گیریم محاسبات زیر قابل توجه است.

مرکز جرم میله برابر $x = \frac{L}{2}$ است و مرکز جرم گلوله و آونگ را تقریباً L می گیریم.

اگر m جرم میله و M جرم گلوله و آونگ باشد داریم:

$$(m + M)x_{cm} = m\frac{L}{2} + ML$$

$$x_{cm} = \frac{\frac{m}{2} + M}{m + M} L$$

اگر $M=nm$ باشد یعنی اگر جرم گلوله و آونگ n برابر جرم میله باشد داریم:

$$x_{cm} = \frac{n + \frac{1}{2}}{n + 1} L$$

اگر:

$n=1$	\Rightarrow	$x_{cm} = 0.75L$
$n=2$	\Rightarrow	$x_{cm} = 0.83L$
$n=5$	\Rightarrow	$x_{cm} = 0.91L$
$n=7$	\Rightarrow	$x_{cm} = 0.94L$
$n=10$	\Rightarrow	$x_{cm} = 0.95L$
$n=15$	\Rightarrow	$x_{cm} = 0.97L$
$n=20$	\Rightarrow	$x_{cm} = 0.98L$

با توجه به اینکه مرکز جرم آونگ و گلوله کمی پایین تر از L قرار دارد x_{cm} به مقدار L نزدیکتر می شود.