

دستور کار آزمایش ریل هوا

هدف: تحقیق اصل بقای اندازه حرکت خطی در

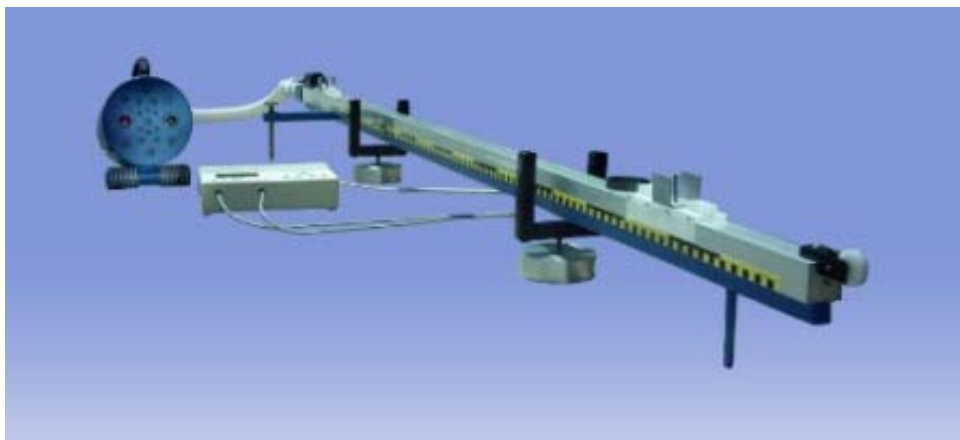
۱- برخورد الاستیک ۲- برخورد غیرالاستیک

وسایل آزمایش: پمپ هوا ، تایمر چهار زمانه (quad timer) ، ۲ عدد سره و متعلقات ، شیلنگ رابط خرطومی ، سنسور

مادون قرمز u شکل (بادستک پیچی) ۲ عدد ، پایه سنسور ۲ عدد ، رها کننده ، سد نوری ۲ عدد ، سپر فنری ، سپر سوزنی ،

سپر پارافینی ، پایه وزنه ، وزنه های 50gr ۴ عدد، 20gr ۲ عدد، 10gr ۲ عدد، 5gr ۲ عدد ، کفه وزنه آلومینیومی

کوچک و قلاب با نخ ، دکلانشور ، تکیه گاه فک ریل هوا - بدنه دستگاه



تئوری آزمایش

دو جسم با جرم های m_1, m_2 در نظر بگیرید که با سرعت های v_1 و v_2 بطرف یکدیگر حرکت نمایند در صورتیکه مجموع انرژی جنبشی دو جسم پس از برخورد برابر با مجموع انرژی جنبشی آنها پیش از برخورد باشد برخورد را کشسان و در صورتیکه مجموع انرژی جنبشی آنها پس از برخورد کمتر از پیش از برخورد باشد برخورد را ناکشسان گویند و در صورتیکه بهم بچسبند و با سرعت مشترکی به حرکت ادامه بدهند برخورد را ناکشسان کامل گویند.

حال دو جسم را با فرض اینکه باهم برخورد مستقیم کشسان داشته باشند در نظرمی گیریم بنا به قانون دوم نیوتن داریم:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

چون تغییر اندازه حرکت نسبت به زمان خیلی زیاد است یعنی در زمان بسیار کوتاهی تغییرات زیادی در اندازه حرکت پیدا می شود می توان از نیرو های دیگر در مقابل نیروی ضربه صرف نظر نمود و رابطه فوق را به این گونه نوشت.

$$\vec{F}dt = d\vec{p}$$

$$\vec{F}dt = d(m\vec{v})$$

به Fdt ضربه گویند با انتگرال گیری از رابطه فوق داریم.

$$\int \vec{F} dt = \int m d\vec{v}$$

چون به هر دو جسم بنا به قانون سوم نیوتن نیروهای مساوی و در خلاف جهت یکدیگر وارد می شود برای هریک می توان نوشت.

$$\int \vec{F} dt = \int_{v_1}^{v_1'} m_1 d\vec{v} \quad - \int \vec{F} dt = \int_{v_2}^{v_2'} m_2 d\vec{v}$$

در این قسمت با انتگرال گیری و جمع دو رابطه داریم:

$$m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_1' - m_2 \vec{v}_2' + m_2 \vec{v}_2 = 0$$

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

به عبارت دیگر اندازه حرکت قبل از برخورد مساوی اندازه حرکت بعد از برخورد می باشد که به این رابطه اصل بقای اندازه حرکت خطی گویند.

محاسبه ضریب بازگشت

در صورتیکه برخورد صد در صد کشسان باشد می توان نوشت:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

$$m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 (v_2'^2 - v_2^2)$$

همچنین طبق اصل بقای اندازه حرکت داریم:

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

با ترکیب دو رابطه فوق داریم:

$$v_1 - v_2 = v_2' - v_1' \quad - \left(\frac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1} \right) = 1$$

یعنی سرعت نسبی بعد از برخورد دو جسم مساوی سرعت نسبی دو جسم قبل از برخورد با علامت مخالف می باشد مقدار عبارت فوق را ضریب بازگشت می نامند که برای برخوردهای صد در صد الاستیک یک می باشد و برای برخورد غیر الاستیک کامل صفر است و برای سایر حالت ها بین صفر و یک است.

$$\frac{-(v_2' - v_1')}{v_2 - v_1} = e$$

در برخورد الاستیک دو جسم که جرم های m_1, m_2 دارند، انرژی جنبشی و تکانه پا یسته می ماند. P_2, P_1 تکانه قبل از برخورد و P_2', P_1' تکانه بعد از برخورد هستند، داریم:

$$\frac{P_1^2}{2m_1} + \frac{P_2^2}{2m_2} = \frac{P_1'^2}{2m_1} + \frac{P_2'^2}{2m_2}$$

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

با توجه به حرکت یک بعدی، علایم برداری را حذف می کنیم.

$$P_2' = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} P_1 = \frac{2}{1 + \frac{m_1}{m_2}} P_1$$

$$P_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} P_1 = -\frac{1 - \frac{m_1}{m_2}}{1 + \frac{m_1}{m_2}} P_1$$

روش آزمایش:

تحقیق اصل بقای اندازه حرکت در برخورد الاستیک

(۱) دو سره A, B را پس از توزین روی ریل هوا قرار دهید، بطوریکه سره B ساکن و در فاصله بین دو حسگر باشد به کمک دستگاه ضربه زن سره A را به حرکت در آورید، چون سره ها روی بالشتکی از هوا حرکت می کنند تقریباً اصطکاک ناچیز می باشد و حرکت با سرعت ثابت انجام می گیرد. تایمر دیجیتال ۴ زمانه زمانی را که طول می کشد تا سد نوری حسگر را طی کند ثبت می کند و با توجه به طول سد نوری می توان سرعت سره A را محاسبه کرد، وقتی سره A به سره B برخورد می کند، سره A از حرکت می ایستد و سره B شروع به حرکت می کند. برای سره B نیز به همین طریق سرعت بعد از برخورد آن را بدست آورید سرعت بعد از برخورد سره B را می توانید با استفاده از زمانی که روی تایمر ثبت شده است و طول سد نوری بدست آورید. کاربر باید آزمایش را طوری انجام دهد که برخوردها بین دو حسگر صورت گیرد تا حسگرها بتوانند به طور دقیق زمان ها را ثبت کنند آزمایش را تکرار نموده و نتایج را در جدول (۱) ثبت کنید و رابطه اصل بقای اندازه حرکت را تحقیق نمایید. اگر جرم سره B که ساکن است خیلی بیشتر از جرم سره A باشد چه تغییراتی در سرعت سره ها مشاهده می کنید؟

جرم سره A را ثابت در نظر بگیرید، منحنی مربوط به تکانه بعد از برخورد را بر حسب تابعی از نسبت جرم سره ها $(\frac{m_a}{m_b})$ رسم کنید. هر دو منحنی P_a' و P_b' را در یک نمودار رسم کنید، سپس پایستگی تکانه ابررسی کنید. منحنی مربوط به انرژی بعد از برخورد را بر حسب تابعی از نسبت جرم سره ها $(\frac{m_a}{m_b})$ رسم کنید.

(۲) سره B, A را روی ریل هوا قرار دهید. بطوریکه سره ها پشت حسگرها قرار گیرند. به یکی از سره ها سپر فنی را وصل کنید سپس به سره ها ضربه ای وارد کنید تا شروع به حرکت کنند. پس از عبور سد نوری از حسگر، تایمر زمان ها را ثبت می کند. دو سره با یکدیگر برخورد می کنند و پس از برخورد از هم دور می شوند.

و مجدداً زمان ها توسط تایمر ثبت می شود. با استفاده از زمان های ثبت شده و مسافت طی شده می توانید سرعت سره ها را قبل از برخورد و بعد از برخورد بدست آورید. اصل بقای اندازه حرکت را تحقیق کنید. آزمایش را برای جرم های مساوی و جرم های مختلف تکرار کنید. جدولی مانند جدول (۱) ترتیب داده و مشاهدات خود را در آن ذکر نمایید. فرمول های زیر را تحقیق کنید.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

m_1	x_1	t_1	x_1'	t_1'	v_1	v_1'	m_2	x_2'	t_2'	v_2	v_2'	e	$\Delta e = e - \bar{e} $

۲- برخورد غیر الاستیک

هدف: مطالعه برخورد غیر الاستیک در یک بعد

تئوری آزمایش

دو جسم با جرم های m_1, m_2 که سرعت های آنها قبل از برخورد بترتیب v_1, v_2 باشد را در نظر می گیریم فرض می کنیم بعد از برخورد این دو جسم بهم چسبیده و تشکیل یک جسم واحد را بدهند و هر دو جسم دارای سرعت v شوند این برخورد را غیر الاستیک می نامند. براساس قانون بقای اندازه حرکت داریم:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v \quad (1)$$

در این نوع برخورد مقداری از انرژی جنبشی دو جسم از بین می رود و صرف تغییر شکل یعنی چسبیدن دو جسم می شود. این اتلاف نسبی انرژی را بطریق زیر می توان محاسبه کرد.

$$\frac{\text{کل انرژی بعد از برخورد} - \text{کل انرژی قبل از برخورد}}{\text{کل انرژی قبل از برخورد}} = \frac{E_1 - E_2}{E_1} = E' \quad (2)$$

$$E' = \frac{[\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2] - [\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2]}{\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2} \quad (3)$$

اگر $v_2 = 0$ باشد یعنی یکی از اجسام را ساکن فرض کنیم:

$$E' = \frac{m_1v_1^2 - (m_1 + m_2)v^2}{m_1v_1^2} \quad (4)$$

با قراردادن (۱) در (۴) داریم:

$$E' = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad (5)$$

در نتیجه اتلاف انرژی جنبشی از رابطه (۵) بدست می آید. در برخورد غیرالاستیک، سرعت ها بعد از برخورد مساوی هستند و تنها تکانه پایسته می ماند.

$$P_1' = \frac{m_1}{m_2} \cdot P_2' \quad \Rightarrow \quad P_1' = \frac{1}{1 + \frac{m_2}{m_1}} \cdot P_1 \quad \text{و} \quad P_2' = \frac{1}{1 + \frac{m_1}{m_2}} \cdot P_1$$

با استفاده از تکانه P می توان انرژی بعد از برخورد را محاسبه کرد. برطبق رابطه $E = \frac{P^2}{2m}$ داریم:

$$E_2' = \frac{1}{(1 + \frac{m_1}{m_2})^2} \cdot \frac{m_1}{m} \cdot E_1 \quad E_1' = \frac{1}{(1 + \frac{m_2}{m_1})^2} \cdot E_1$$

روش آزمایش

سره A را در ابتدای مسیر قرار دهید و سپرسوزنی را به آن وصل نمایید، سره B را در یک نقطه دلخواه مابین دو حسگر مستقر نمایید و سپر پارافینی را به آن وصل کنید بوسیله دستگاه ضربه زن به سره A ضربه ای وارد کنید تا به سمت B حرکت کند. هنگامیکه سره ها با یکدیگر برخورد می کنند سپرسوزنی سره A داخل سپر پارافینی سره B قرار می گیرد و سره ها به هم می چسبند. در این حالت شما یک برخورد غیرالاستیک را بررسی خواهید کرد با عبور سد نوری از مقابل حسگر، تایمر زمان را ثبت می کند مانند قسمت قبل با داشتن طول سد نوری و زمان ثبت شده به راحتی می توانید سرعت A را پیش از برخورد بدست آورید (v_A).

چون برخورد از نوع غیرالاستیک کامل است سرعت های دو سره بعد از برخورد یکی خواهد بود. به روش قبل با داشتن طول سد نوری و زمان ثبت شده سرعت بعد از برخورد را بدست آورید. لازم به ذکر است که سره B نیازی به سد نوری ندارد و جرم سد نوری در محاسبه جرم سره ها در نظر گرفته شود. با اندازه گیری جرم های سره A, B جدول زیر را کامل کنید و رابطه ۱ را تحقیق نمایید. با محاسبه اتلاف انرژی از رابطه (۵) آنرا با مقدار محاسبه شده از رابطه (۱) مقایسه کنید.

m_1	x_1	t_1	v_1	m_2	$m_1 + m_2$	x'_2	t'_2	V	E' از رابطه (۴)	E' از رابطه (۵)

جرم سره A را ثابت گرفته، منحنی مربوط به تکانه بعد از برخورد را بر حسب تابعی از نسبت جرم سره ها رسم کنید. منحنی انرژی بعد از برخورد را بر حسب تابعی از نسبت جرم سره ها رسم نمایید.