**بسمه تعالی**

نام و نام خانوادگی : نوید نادری علی زاده - شماره ی دانشجویی : 86108744 - رشته : مهندسی برق - گروه : 1 - زیر گروه : 2 - تاریخ انجام آزمایش : 14/2/87 - ساعت : 10:30 - دستیار آموزشی : خانم فضل علی

**آزمايش شماره ی 8**

**عنوان آزمايش :** برخورد (بقای تکانه)

**هدف :** بررسی برخورد کشسان و غیر کشسان دو جسم و پایستگی اندازه حرکت در یک بعد

**وسايل مورد نياز :** 1- ريل هوا با پايه 2- آغازگر حرکت متصل به ريل هوا (تفنگ فنری) 3- دو عدد زمان سنج (*Step by Step*) 4- دو عدد سنسور نوری 5- دو عدد سره 6- دو عدد تيغه ی پايه دار 10 سانتيمتری 7- وزنه ی سوراخ دار 50 گرم 8- ضربه گير آلومينيومی حاوی خمير بازی 9- سوزن برخورد قابل اتصال به سره 10- تيغه ی برخورد 11- ضربه گير لاستيکی قابل اتصال به سره

**نظريه :**

تکانه ( اندازه حرکت ) یک جسم، برابر حاصلضرب کمیت اسکالر جرم جسم در کمیت برداری سرعت جسم است؛ بنابراین تکانه، کمیتی برداری است و از قانون جمع بردارها پیروی می کند؛ به همین دلیل، تکانه ی یک سیستم، برابر با جمع برداری یا برآیند تکانه های تک تک اعضای سیستم است.

با استفاده از قوانین دوم و سوم نیوتن، ثابت می شود که اگر نیرویی از خارج بر سیستم وارد نشود، مشتق تکانه ی سیستم نسبت به زمان، برابر صفر و در نتیجه تکانه ی سیستم، نسبت به زمان ثابت است. از جمله نیروهای خارجی که باعث می شوند این اصل در زندگی روزانه، قابل لمس نباشد، نیروی اصطکاک است؛ به همین دلیل برای انجام درست آزمایش، با استفاده از تخت هوا، اصطکاک را به حداقل ممکن می رسانیم؛ ولی باز هم در نتایج آزمایش خواهیم دید که اصطکاک هرگز دست بردار نیست و باز هم بر نتایج آزمایش ( هر چند به مقدار کم ) تاثیر می گذارد.

از لحاظ ابعاد حرکتی، حرکت می تواند در یک، دو یا سه بعد باشد ( البته ابعاد بالاتر هم در ریاضی معرفی می شوند که آنها را بررسی نمی کنیم ). در این آزمایش، حرکت اجسام بر روی ریل هواست؛ بنابراین پایستگی تکانه را در یک بعد مطالعه خواهیم کرد.

همچنین برخوردها، بسته به اینکه انرژی جنبشی مجموع آنها ثابت می ماند یا خیر ( به این نکته توجه داریم که پایستگی انرژی جنبشی با پایستگی انرژی مکانیکی متفاوت است؛ زیرا ممکن است انرژی مکانیکی ثابت بماند ولی مقداری از انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل تبدیل شود یا بالعکس؛ یعنی، ممکن است علی رغم ثابت ماندن انرژی مکانیکی، انرژی جنبشی ثابت نماند. )، برخوردها به ترتیب به دو دسته ی کشسان ( elastic ) و غیر کشسان ( inelastic ) تقسیم می شوند؛ بنابراین در برخورد غیر کشسان، اتلاف انرژی جنبشی خواهیم داشت و این اتلاف زمانی به بیشترین مقدار خود می رسد که دو جسم پس از برخورد، کاملا به هم بچسبند که در این صورت، برخورد را کاملا غیر کشسان می نامیم؛ به هر حال ، برای سنجش میزان کشسان بودن یک برخورد، کمیتی بدون واحد به نام ضریب بازگشت تعریف می شود که مقدار آن، برای برخورد کشسان، 1 و برای برخورد کاملا غیر کشسان، صفر است؛ در حالت کلی، مقدار این کمیت، هر چه به 1 نزدیک تر باشد، برخورد مورد نظر، کشسان تر است.

**روند انجام آزمايش :**

**الف) برخورد کشسان سره با ديواره ی صلب**

ابتدا پمپ هوا را روشن و ریل هوا را طراز می کنیم؛ سپس سنسور اول را در فاصله ی 30 سانتی متری از تفنگ فنری و سنسور دوم را در فاصله ی 30 سانتی متری از انتهای ریل قرار می دهیم. تیغه ی برخورد را به سوراخ پایینی یک طرف سره ی اول وصل می کنیم و طرف دیگر سره ی اول را در تماس با تفنگ فنری قرار می دهیم. به سوراخ پایینی یک طرف سره ی دوم، ضربه گیر لاستیکی را متصل می کنیم و طرف دیگر سره ی دوم را به انتهای ریل، تکیه می دهیم و در حین آزمایش، با دست آنرا به سمت انتهای ریل فشار می دهیم تا همانند یک دیواره ی صلب رفتار کند. تفنگ فنری را تا انتها می کشیم و به سره ی اول، ضربه می زنیم؛ زمان عبور سره ی اول از دو سنسور را یادداشت می کنیم؛ سره ی اول پس از برخورد کشسان با دیواره ی صلب، بر می گردد و در حین برگشت نیز زمان عبور آن از سنسورها را یادداشت می کنیم. این مراحل را 6 بار تکرار می کنیم.

**ب) برخورد کشسان دو جسم با جرم های مساوی**

فاصله ی بین دو سنسور را حدود 3 برابر طول یک سره قرار می دهیم. اتصالات سره ها را مانند آزمایش الف وصل می کنیم با این تفاوت که سره ی دوم، درست قبل از سنسور دوم قرار بگیرد. تفنگ فنری را تا انتها می کشیم و بر سره ی اول، ضربه وارد می کنیم تا از سنسور اول عبور کند؛ زمان عبور آن را از این سنسور، یادداشت می کنیم؛ سره ی اول پس از عبور از سنسور اول، به سره ی دوم برخورد می کند؛ به دلیل هم جرمی تقریبی آنها، سره ی اول، پس از برخورد، ساکن می ماند و سره ی دوم با سرعتی ( که از لحاظ تئوری باید با سرعت اولیه ی سره ی اول برابر باشد ) از زیر سنسور دوم عبور می کند؛ زمان عبور آن را از زیر سنسور دوم یادداشت می کنیم. مراحل ذکر شده را 6 مرتبه تکرار می کنیم.

**ج) برخورد کشسان جسم با جرم کمتر با جسم ساکن با جرم بيشتر**

همان آزمایش ب را تکرار می کنیم؛ با این تفاوت که بر روی سره ی دوم، دو وزنه ی 50 گرمی قرار می دهیم. در این حالت، پس از برخورد، سره ی اول بر می گردد و از زیر سنسور 1 عبور می کند؛ همچنین سره ی دوم نیز از زیر سنسور دوم می گذرد؛ این دو زمان عبور را به همراه زمان عبور سره ی اول از سنسور اول قبل از برخورد، یادداشت کرده، تمام مراحل را 6 بار تکرار می کنیم.

**د) برخورد کشسان جسم با جرم بيشتر با جسم ساکن با جرم کمتر**

در این بخش، وزنه های روی سره ی دوم را بر می داریم و روی سره ی اول، 6 وزنه ی 50 گرمی قرار می دهیم؛ هر دو سره، پس از برخورد، در همان جهت سرعت اولیه ی سره ی اول، از سنسور دوم عبور می کنند؛ زمان عبور سره ی اول از سنسور اول ( قبل از برخورد ) و زمان های عبور دو سره از سنسور دوم ( پس از برخورد ) را یادداشت کرده، آزمایش را 6 بار تکرار می کنیم.

**ه) برخورد غير کشسان دو جسم**

به سره ی اول، به جای تیغه ی برخورد، سوزن برخورد و به سره ی دوم، به جای ضربه گیر لاستیکی، ضربه گیر آلومینیومی حاوی خمیر بازی را وصل می کنیم؛ سره ها را همانند حالت های قبل روی ریل قرار می دهیم . پس از برخورد، دو سره به هم می چسبند؛ زمان عبور سره ی اول از سنسور اول و سره ی دوم از سنسور دوم را یادداشت و آزمایش را 6 بار تکرار می کنیم.

**جداول :**

زمان ها ، بر حسب میلی ثانیه، جرم ها بر حسب گرم و طول ها بر حسب سانتی متر هستند .

جدول 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| زمان عبور از سنسور دوم بعد از برخورد | زمان عبور از سنسور اول بعد از برخورد | زمان عبور از سنسور دوم قبل از برخورد | زمان عبور از سنسور اول قبل از برخورد | رديف |
| 259-112=147 | 245-96=149 | 112 | 96 | 1 |
| 245-105=140 | 228-89=139 | 105 | 89 | 2 |
| 269-121=148 | 241-94=147 | 121 | 94 | 3 |
| 261-116=145 | 240-93=147 | 116 | 93 | 4 |
| 238-101=137 | 226-87=139 | 101 | 87 | 5 |
| 265-113=152 | 239-90=149 | 113 | 90 | 6 |

مجموع جرم سره و اتصالات روی آن: 234.5 طول تیغه: 6.9

فاصله ی سنسور اول تا انتهای ريل: 138

جدول 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| زمان عبور سره ی دوم از سنسور دوم ( بعد از برخورد ) | زمان عبور سره ی اول از سنسور اول ( قبل از برخورد ) | رديف |
| 121 | 91 | 1 |
| 121 | 84 | 2 |
| 127 | 88 | 3 |
| 118 | 75 | 4 |
| 118 | 81 | 5 |
| 119 | 83 | 6 |

مجموع جرم سره ی اول و اتصالات روی آن: 234.5 طول تیغه ها: 6.9

مجموع جرم سره ی دوم و اتصالات روی آن: 229.5

جدول 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| زمان عبور سره ی اول از سنسور اول بعد از برخورد | زمان عبور سره ی دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | زمان عبور سره ی اول از سنسور اول قبل از برخورد | رديف |
| 1767-84=1683 | 150 | 84 | 1 |
| 1907-81=1826 | 173 | 81 | 2 |
| 1388-84=1304 | 175 | 84 | 3 |
| 1407-82=1325 | 166 | 82 | 4 |
| 1683-81=1602 | 156 | 81 | 5 |
| 1521-83=1438 | 162 | 83 | 6 |

مجموع جرم سره ی اول و اتصالات روی آن: 234.5 طول تیغه ها: 6.9

مجموع جرم سره ی دوم و اتصالات روی آن: 328.5

جدول 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| زمان عبور سره ی اول از سنسور دوم بعد از برخورد | زمان عبور سره ی دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | زمان عبور سره ی اول از سنسور اول قبل از برخورد | رديف |
| 509-96=413 | 96 | 115 | 1 |
| 499-95=404 | 95 | 111 | 2 |
| 529-92=437 | 92 | 113 | 3 |
| 580-99=481 | 99 | 117 | 4 |
| 531-98=433 | 98 | 114 | 5 |
| 550-97=453 | 97 | 120 | 6 |

مجموع جرم سره ی اول و اتصالات روی آن: 515.5 طول تیغه ها: 6.9

مجموع جرم سره ی دوم و اتصالات روی آن: 229.5

جدول 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| زمان عبور سره ی دوم از سنسور دوم ( بعد از برخورد ) | زمان عبور سره ی اول از سنسور اول ( قبل از برخورد ) | رديف |
| 215 | 80 | 1 |
| 213 | 80 | 2 |
| 223 | 94 | 3 |
| 182 | 75 | 4 |
| 205 | 78 | 5 |
| 203 | 86 | 6 |

مجموع جرم سره ی اول و اتصالات روی آن: 234.1 طول تیغه ها: 6.9

مجموع جرم سره ی دوم و اتصالات روی آن: 231.9

**خواسته ها :**

***خواسته ی 1***

اعدادی که در جداول 1 تا 5 آورده شده اند، نشان دهنده ی مدت زمانی هستند که سره، طول خود (6.9 سانتی متر) را طی می کند؛ بنابراین برای محاسبه ی سرعت های جسم در هر خانه از جداول بر حسب متر بر ثانیه، کافیست 69 میلی متر را بر اعداد جدول بر حسب میلی ثانیه تقسیم کنیم؛ همچنین برای محاسبه ی تکانه هم کافیست سرعت را در جرم سره ی مورد نظر بر حسب کیلوگرم، ضرب کنیم.

آزمایش الف :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| اندازه ی سرعت در عبور از سنسور دوم بعد از برخورد | اندازه ی سرعت در عبور از سنسور اول بعد از برخورد | اندازه ی سرعت در عبور از سنسور دوم قبل از برخورد | اندازه ی سرعت در عبور از سنسور اول قبل از برخورد | رديف |
| 0.469 | 0.463 | 0.616 | 0.719 | 1 |
| 0.493 | 0.496 | 0.657 | 0.775 | 2 |
| 0.466 | 0.469 | 0.570 | 0.734 | 3 |
| 0.476 | 0.469 | 0.595 | 0.742 | 4 |
| 0.504 | 0.496 | 0.683 | 0.793 | 5 |
| 0.454 | 0.463 | 0.611 | 0.767 | 6 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| تکانه به هنگام عبور از سنسور دوم بعد از برخورد | تکانه به هنگام عبور از سنسور اول بعد از برخورد | تکانه به هنگام عبور از سنسور دوم قبل از برخورد | تکانه به هنگام عبور از سنسور اول قبل از برخورد | رديف |
| -0.110 | -0.109 | 0.144 | 0.169 | 1 |
| -0.116 | -0.116 | 0.154 | 0.182 | 2 |
| -0.109 | -0.110 | 0.134 | 0.172 | 3 |
| -0.112 | -0.110 | 0.139 | 0.174 | 4 |
| -0.118 | -0.116 | 0.160 | 0.186 | 5 |
| -0.106 | -0.109 | 0.143 | 0.180 | 6 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | تکانه ی میانگین بعد از برخورد | تکانه ی میانگین قبل از برخورد | رديف |
| 169.427 | 0.109- | 0.157 | 1 |
| 169.048 | -0.116 | 0.168 | 2 |
| 171.895 | -0.110 | 0.153 | 3 |
| 170.701 | -0.111 | 0.157 | 4 |
| 167.630 | -0.117 | 0.173 | 5 |
| 167.081 | -0.108 | 0.161 | 6 |

مشاهده می شود که تکانه در قبل از برخورد نیز در دو سنسور متفاوت است که نشان دهنده ی وجود اصطکاک است. مقدار هم در تئوری باید برابر 200 باشد که در آزمایش، تقریبا برابر 169.297 است که دلیل اصلی اختلاف، اصطکاک و کاملا کشسان نبودن برخورد دو سره است.

آزمایش ب :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | تکانه ی سره ی دوم بعد از برخورد | اندازه ی سرعت سره ی دوم بعد از برخورد | تکانه ی سره ی اول قبل از برخورد | اندازه ی سرعت سره ی اول قبل از برخورد | رديف |
| 26.405 | 0.131 | 0.570 | 0.178 | 0.758 | 1 |
| 32.124 | 0.131 | 0.570 | 0.193 | 0.821 | 2 |
| 32.065 | 0.125 | 0.543 | 0.184 | 0.784 | 3 |
| 37.963 | 0.134 | 0.585 | 0.216 | 0.920 | 4 |
| 33.000 | 0.134 | 0.585 | 0.200 | 0.852 | 5 |
| 31.795 | 0.133 | 0.580 | 0.195 | 0.831 | 6 |

در این آزمایش، انتظار داریم که مقدار برابر صفر باشد؛ چون جرم دو جسم را برابر در نظر می گیریم؛ ولی  میانگین در این آزمایش، برابر 32.225 است که یکی از دلایل اختلاف موجود، برابر نبودن جرم دو سره و کشسان نبودن برخورد است؛ اما دلیل اصلی، وجود اصطکاک است.

آزمایش ج :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| اندازه ی سرعت سره ی اول بعد از برخورد | اندازه ی سرعت سره ی دوم بعد از برخورد | اندازه ی سرعت سره ی اول قبل از برخورد | رديف |
| 0.041 | 0.460 | 0.821 | 1 |
| 0.038 | 0.399 | 0.852 | 2 |
| 0.053 | 0.394 | 0.821 | 3 |
| 0.052 | 0.416 | 0.841 | 4 |
| 0.043 | 0.442 | 0.852 | 5 |
| 0.048 | 0.426 | 0.831 | 6 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| تکانه ی سره ی اول بعد از برخورد | تکانه ی سره ی دوم بعد از برخورد | تکانه ی سره ی اول قبل از برخورد | رديف |
| -0.010 | 0.151 | 0.193 | 1 |
| -0.009 | 0.131 | 0.200 | 2 |
| -0.012 | 0.130 | 0.193 | 3 |
| -0.012 | 0.137 | 0.197 | 4 |
| -0.010 | 0.145 | 0.200 | 5 |
| -0.011 | 0.140 | 0.195 | 6 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | مجموع تکانه ها بعد از برخورد | مجموع تکانه ها قبل از برخورد | رديف |
| 26.943 | 0.141 | 0.193 | 1 |
| 39.000 | 0.122 | 0.200 | 2 |
| 38.860 | 0.118 | 0.193 | 3 |
| 36.548 | 0.125 | 0.197 | 4 |
| 32.500 | 0.135 | 0.200 | 5 |
| 33.846 | 0.129 | 0.195 | 6 |

در این آزمایش هم مقدار باید برابر صفر باشد؛ در حالی که باز هم به خاطر اصطکاک میانگین به دست آمده در این آزمایش، برابر 34.616 است.

آزمایش د :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| سرعت سره ی اول بعد از برخورد | سرعت سره ی دوم بعد از برخورد | سرعت سره ی اول قبل از برخورد | رديف |
| 0.167 | 0.719 | 0.600 | 1 |
| 0.171 | 0.726 | 0.622 | 2 |
| 0.158 | 0.750 | 0.611 | 3 |
| 0.143 | 0.697 | 0.590 | 4 |
| 0.159 | 0.704 | 0.605 | 5 |
| 0.152 | 0.711 | 0.575 | 6 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| تکانه ی سره ی اول بعد از برخورد | تکانه ی سره ی دوم بعد از برخورد | تکانه ی سره ی اول قبل از برخورد | رديف |
| 0.086 | 0.165 | 0.309 | 1 |
| 0.088 | 0.167 | 0.320 | 2 |
| 0.081 | 0.172 | 0.315 | 3 |
| 0.074 | 0.160 | 0.304 | 4 |
| 0.082 | 0.162 | 0.312 | 5 |
| 0.079 | 0.163 | 0.296 | 6 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | مجموع تکانه ها بعد از برخورد | مجموع تکانه ها قبل از برخورد | رديف |
| 18.770 | 0.251 | 0.309 | 1 |
| 20.313 | 0.255 | 0.320 | 2 |
| 19.365 | 0.254 | 0.315 | 3 |
| 23.026 | 0.234 | 0.304 | 4 |
| 21.795 | 0.244 | 0.312 | 5 |
| 18.243 | 0.242 | 0.296 | 6 |

میانگین در این آزمایش، برابر 20.252 است که نسبت به آزمایشهای قبل، به صفر نزدیک تر است؛ ولی باز هم بدلیل وجود نیروهای اتلافی و کاملا کشسان نبودن برخورد، صفر نیست.

آزمایش ه :

برای محاسبه ی تکانه پس از برخورد، مجموع دو جرم را در سرعت سره ی دوم ضرب می کنیم:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | تکانه ی برآیند بعد از برخورد | اندازه ی سرعت سره ی دوم بعد از برخورد | تکانه ی برآیند قبل از برخورد | اندازه ی سرعت سره ی اول قبل از برخورد | رديف |
| 25.743 | 0.150 | 0.321 | 0.202 | 0.863 | 1 |
| 25.248 | 0.151 | 0.324 | 0.202 | 0.863 | 2 |
| 16.279 | 0.144 | 0.309 | 0.172 | 0.734 | 3 |
| 17.674 | 0.177 | 0.379 | 0.215 | 0.920 | 4 |
| 24.155 | 0.157 | 0.337 | 0.207 | 0.885 | 5 |
| 15.958 | 0.158 | 0.340 | 0.188 | 0.802 | 6 |

میانگین در این آزمایش، برابر 20.843 است که باز هم به علت وجود نیروهای اتلافی، مانند نیروی اصطکاک، مقاومت هوا، اثر نیروی گرانش به علت طراز نبودن ریل و در نتیجه ساکن نبودن سره ی دوم قبل از برخورد، صفر نیست.

***خواسته ی 2***

آزمایش الف :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ( v2f=v2i=0 ) | اندازه ی سرعت میانگین سره ی اول بعد از برخورد ( v1f ) | اندازه ی سرعت میانگین سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.699 | 0.466 | 0.667 | 1 |
| 0.691 | 0.495 | 0.716 | 2 |
| 0.718 | 0.468 | 0.652 | 3 |
| 0.708 | 0.473 | 0.668 | 4 |
| 0.678 | 0.500 | 0.738 | 5 |
| 0.666 | 0.459 | 0.689 | 6 |

مقدار ضریب بازگشت از لحاظ تئوری باید برابر یک باشد؛ ولی در این آزمایش، ضریب بازگشت میانگین، برابر 0.693 است. در بین 6 مرحله ی آزمایش، مرحله ی 3، کشسان ترین برخورد و مرحله ی 6، غیر کشسان ترین برخورد را داراست ( البته منظور ما این است که خاصیت کشسان بودن برخورد مرحله ی 6 از مراحل دیگر، کم تر است. ).

آزمایش ب :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ( v1f=v2i=0 ) | اندازه ی سرعت سره ی دوم بعد از برخورد ( v2f ) | اندازه ی سرعت سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.752 | 0.570 | 0.758 | 1 |
| 0.694 | 0.570 | 0.821 | 2 |
| 0.693 | 0.543 | 0.784 | 3 |
| 0.636 | 0.585 | 0.920 | 4 |
| 0.687 | 0.585 | 0.852 | 5 |
| 0.698 | 0.580 | 0.831 | 6 |

مقدار ضریب بازگشت باز هم باید از لحاظ تئوری برابر یک باشد؛ ولی در این آزمایش، ضریب بازگشت میانگین، برابر 0.693 است. در بین 6 مرحله ی آزمایش، مرحله ی 1، کشسان ترین برخورد و مرحله ی 4، غیر کشسان ترین برخورد را داراست ( البته منظور ما این است که خاصیت کشسان بودن برخورد مرحله ی 4 از مراحل دیگر، کم تر است. ). نکته ی جالب دیگری که وجود دارد، این است که ضریب بازگشت میانگین برای 6 مرحله ی این آزمایش با آزمایش قبل، برابر شد؛ این امر می تواند تصادفی نباشد؛ زیرا ضریب بازگشت را می توانیم وابسته به جنس تیغه ی برخورد و ضربه گیر پلاستیکی بدانیم که چون در دو آزمایش یکسانند، انتظار می رود که ضریب بازگشت هم در دو آزمایش، مقدار تقریبا ثابتی باشد.

آزمایش ج :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| (v2i=0) | سرعت سره ی اول بعد از برخورد ( v1f ) | سرعت سره ی دوم بعد از برخورد ( v2f ) | سرعت سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.610 | -0.041 | 0.460 | 0.821 | 1 |
| 0.513 | -0.038 | 0.399 | 0.852 | 2 |
| 0.545 | -0.053 | 0.394 | 0.821 | 3 |
| 0.557 | -0.052 | 0.416 | 0.841 | 4 |
| 0.569 | -0.043 | 0.442 | 0.852 | 5 |
| 0.570 | -0.048 | 0.426 | 0.831 | 6 |

مقدار ضریب بازگشت از لحاظ تئوری باید برابر یک باشد؛ ولی در این آزمایش، ضریب بازگشت میانگین، برابر 0.561 است. در بین 6 مرحله ی آزمایش، مرحله ی 1، کشسان ترین برخورد و مرحله ی 2، غیر کشسان ترین برخورد را داراست ( البته منظور ما این است که خاصیت کشسان بودن برخورد مرحله ی 2 از مراحل دیگر، کم تر است. ).

آزمایش د :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| (v2i=0) | سرعت سره ی اول بعد از برخورد ( v1f ) | سرعت سره ی دوم بعد از برخورد ( v2f ) | سرعت سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.920 | 0.167 | 0.719 | 0.600 | 1 |
| 0.892 | 0.171 | 0.726 | 0.622 | 2 |
| 0.969 | 0.158 | 0.750 | 0.611 | 3 |
| 0.939 | 0.143 | 0.697 | 0.590 | 4 |
| 0.901 | 0.159 | 0.704 | 0.605 | 5 |
| 0.972 | 0.152 | 0.711 | 0.575 | 6 |

مقدار ضریب بازگشت از لحاظ تئوری باید برابر یک باشد؛ ولی در این آزمایش، ضریب بازگشت میانگین، برابر 0.932 است که نسبت به آزمایش های قبل، خیلی به 1 نزدیک تر است؛ یعنی، برخوردهای این آزمایش به طور کلی از آزمایش های قبلی، کشسان تر بوده اند. در بین 6 مرحله ی آزمایش، مرحله ی 6، کشسان ترین برخورد و مرحله ی 2، غیر کشسان ترین برخورد را داراست ( البته منظور ما این است که خاصیت کشسان بودن برخورد مرحله ی 2 از مراحل دیگر، کم تر است. ).

آزمایش ه :

در این آزمایش، چون از سوزن و ضربه گیر استوانه ای حاوی خمیر بازی استفاده کرده ایم، دو سره پس از برخورد به هم می چسبند و در نتیجه سرعت آنها، پس از برخورد با هم برابر می شود ( v1f=v2f ) و چون سره ی دوم قبل از حرکت، ساکن بوده است (v2i=0)، در نتیجه ضریب بازگشت، برابر صفر و برخورد، کاملا غیر کشسان است.

***خواسته ی 3***

در این بخش، به انرژی پتانسیل سره ها نمی پردازیم ( سره ها در یک ارتفاع از زمین هستند؛ بنابراین انرژی پتانسیل آنها، برابر و ثابت است. )؛ بلکه فقط انرژی جنبشی سره ها را قبل و بعد از برخورد، بررسی و مقایسه می کنیم.

آزمایش الف :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| انرژی جنبشی میانگین سره ی اول بعد از برخورد ( k1f ) | انرژی جنبشی میانگین سره ی اول قبل از برخورد ( k1i ) | اندازه ی سرعت میانگین سره ی اول بعد از برخورد ( v1f ) | اندازه ی سرعت میانگین سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.025 | 0.052 | 0.466 | 0.667 | 1 |
| 0.029 | 0.060 | 0.495 | 0.716 | 2 |
| 0.026 | 0.050 | 0.468 | 0.652 | 3 |
| 0.026 | 0.052 | 0.473 | 0.668 | 4 |
| 0.029 | 0.064 | 0.500 | 0.738 | 5 |
| 0.025 | 0.056 | 0.459 | 0.689 | 6 |

انرژی جنبشی سره ی اول قبل از برخورد، به طور میانگین، برابر 0.056 ژول و بعد از برخورد، برابر 0.027 است. مشاهده می شود در حالی که انرژی جنبشی، باید قبل و بعد از برخورد ثابت بماند، ثابت نیست که دو دلیل اصلی آن، یکی کاملا کشسان نبودن برخورد و دیگری وجود اصطکاک است.

آزمایش ب :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| انرژی جنبشی سره ی دوم بعد از برخورد ( k2f ) | انرژی جنبشی سره ی اول قبل از برخورد ( k1i ) | اندازه ی سرعت سره ی دوم بعد از برخورد ( v2f ) | اندازه ی سرعت سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.037 | 0.067 | 0.570 | 0.758 | 1 |
| 0.037 | 0.079 | 0.570 | 0.821 | 2 |
| 0.034 | 0.072 | 0.543 | 0.784 | 3 |
| 0.039 | 0.099 | 0.585 | 0.920 | 4 |
| 0.039 | 0.085 | 0.585 | 0.852 | 5 |
| 0.039 | 0.081 | 0.580 | 0.831 | 6 |

انرژی جنبشی برای سره ی اول قبل از برخورد، به طور میانگین، برابر 0.081 ژول و برای سره ی دوم، بعد از برخورد، برابر 0.038 است. مشاهده می شود که باز هم انرژی جنبشی ، ثابت نیست که دو دلیل اصلی آن، یکی کاملا کشسان نبودن برخورد و دیگری وجود اصطکاک است.

آزمایش ج :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| سرعت سره ی اول بعد از برخورد ( v1f ) | سرعت سره ی دوم بعد از برخورد ( v2f ) | سرعت سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| -0.041 | 0.460 | 0.821 | 1 |
| -0.038 | 0.399 | 0.852 | 2 |
| -0.053 | 0.394 | 0.821 | 3 |
| -0.052 | 0.416 | 0.841 | 4 |
| -0.043 | 0.442 | 0.852 | 5 |
| -0.048 | 0.426 | 0.831 | 6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| مجموع انرژی جنبشی سیستم بعد از برخورد ( kf ) | مجموع انرژی جنبشی سیستم قبل از برخورد ( ki ) | انرژی جنبشی سره ی اول بعد از برخورد ( k1f ) | انرژی جنبشی سره ی دوم بعد از برخورد ( k2f ) | انرژی جنبشی سره ی اول قبل از برخورد ( k1i ) | رديف |
| 0.035 | 0.079 | 0.000 | 0.035 | 0.079 | 1 |
| 0.026 | 0.085 | 0.000 | 0.026 | 0.085 | 2 |
| 0.026 | 0.079 | 0.000 | 0.026 | 0.079 | 3 |
| 0.029 | 0.083 | 0.000 | 0.028 | 0.083 | 4 |
| 0.032 | 0.085 | 0.000 | 0.032 | 0.085 | 5 |
| 0.030 | 0.081 | 0.000 | 0.030 | 0.081 | 6 |

باز هم دیده می شود که به همان دلایل قبلی، انرژی جنبشی کل پس از برخورد ( که به طور میانگین، برابر 0.030 است. )، از انرژی جنبشی کل پیش از برخورد ( که به طور متوسط، برابر 0.082 است. )، کم تر است.

آزمایش د :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| سرعت سره ی اول بعد از برخورد ( v1f ) | سرعت سره ی دوم بعد از برخورد ( v2f ) | سرعت سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.167 | 0.719 | 0.600 | 1 |
| 0.171 | 0.726 | 0.622 | 2 |
| 0.158 | 0.750 | 0.611 | 3 |
| 0.143 | 0.697 | 0.590 | 4 |
| 0.159 | 0.704 | 0.605 | 5 |
| 0.152 | 0.711 | 0.575 | 6 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| مجموع انرژی جنبشی سیستم بعد از برخورد ( kf ) | مجموع انرژی جنبشی سیستم قبل از برخورد ( ki ) | انرژی جنبشی سره ی اول بعد از برخورد ( k1f ) | انرژی جنبشی سره ی دوم بعد از برخورد ( k2f ) | انرژی جنبشی سره ی اول قبل از برخورد ( k1i ) | رديف |
| 0.066 | 0.093 | 0.007 | 0.059 | 0.093 | 1 |
| 0.068 | 0.100 | 0.008 | 0.061 | 0.100 | 2 |
| 0.071 | 0.096 | 0.006 | 0.065 | 0.096 | 3 |
| 0.061 | 0.090 | 0.005 | 0.056 | 0.090 | 4 |
| 0.063 | 0.094 | 0.007 | 0.057 | 0.094 | 5 |
| 0.064 | 0.085 | 0.006 | 0.058 | 0.085 | 6 |

باز هم دیده می شود که به همان دلایل قبلی، انرژی جنبشی کل پس از برخورد ( که به طور میانگین، برابر 0.066 است. )، از انرژی جنبشی کل پیش از برخورد ( که به طور متوسط، برابر 0.093 است. )، کم تر است؛ ولی به نظر می رسد که اتلاف انرژی جنبشی در این آزمایش، از آزمایش های قبل، کم تر است که این امر، با توجه به زیاد بودن ضریب بازگشت این آزمایش، چندان هم دور از انتظار نیست.

آزمایش ه :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| انرژی جنبشی کل سیستم بعد از برخورد ( kf ) | انرژی جنبشی کل سیستم قبل از برخورد ( k1i = ki) | اندازه ی سرعت سره ی دوم بعد از برخورد ( v2f ) | اندازه ی سرعت سره ی اول قبل از برخورد ( v1i ) | رديف |
| 0.024 | 0.087 | 0.321 | 0.863 | 1 |
| 0.024 | 0.087 | 0.324 | 0.863 | 2 |
| 0.022 | 0.063 | 0.309 | 0.734 | 3 |
| 0.033 | 0.099 | 0.379 | 0.920 | 4 |
| 0.026 | 0.092 | 0.337 | 0.885 | 5 |
| 0.027 | 0.075 | 0.340 | 0.802 | 6 |

انرژی جنبشی سیستم قبل از برخورد، به طور میانگین، برابر 0.084 ژول و بعد از برخورد، برابر 0.026 است. مشاهده می شود که باز هم انرژی جنبشی ، ثابت نیست و اتلاف آن، در این آزمایش، بیش از آزمایش های قبل است که علت اصلی آن، کاملا غیر کشسان بودن برخورد دو سره است؛ ضمنا اثر اصطکاک را هم هیچ گاه نباید فراموش کرد.