**بسمه تعالی**

|  |
| --- |
| **نام و نام خوانوادگی:** سعید کاظمی **شماره دانشجویی:**87110073 **رشته:** مهندسی مکانیک  **گروه:D** |

**عنوان آزمايش:** برخورد (بقای تکانه)

**هدف:** بررسی برخوردهای کشسان و ناکشسان بين دو جسم در يک بعد

**وسايل مورد نياز:** 1- ريل با پايه ی هوا 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 گرمی 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 ی خطی بنابر تعريف برای هر ذره حاصل ضرب جرم آن ذره در بردار سرعت خطی آن ضربه است؛ بنابراين تکانه ی خطی يک کميت برداری است.

می توان نشان داد که اگر نيروی خارجی به يک سيستم ذرات وارد نشود، مجموع اندازه حرکت آن ذرات آن سيستم ثابت می ماند.

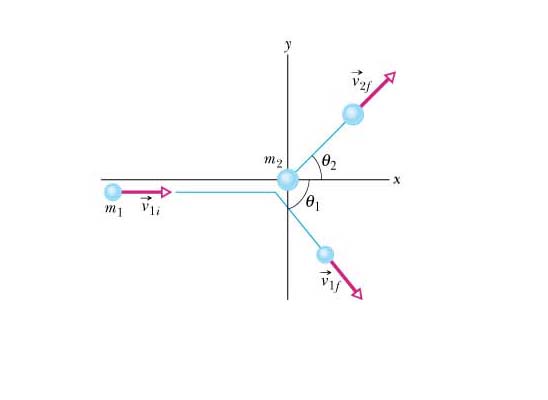
بنابر قضيه ی بالا در هر برخوردی که سيستم ايزوله باشد (نيروی خارجی نداشته باشيم) تکانه ی سيستم ثابت باقی می ماند ولی ممکن است انرژی سيستم به دليل نيروهای اتلافی تغيير کند. در حالت کلی برخوردها به دو نوع کشسان (الاستيک) و ناکشسان (غير الاستيک) تقسيم می شوند. برخوردهای کشسان برخوردهايي هستند که انرژی در آنها ثابت می ماند و برخوردهای غير کشسان برخوردهاي هستند که انرژی در آنها کمی اتلاف می شود. می توان نشان داد که بيشترين اتلاف انرژی در يک برخورد برای حالتی است که دو جسم پس از برخورد به همديگر بچسبند.

برای تعيين ميزان کشسان بودن يک برخورد، معياری به نام ضريب بازگشت برخورد (بين دو ذره) تعريف می شود که به صورت زير تعريف می گردد:

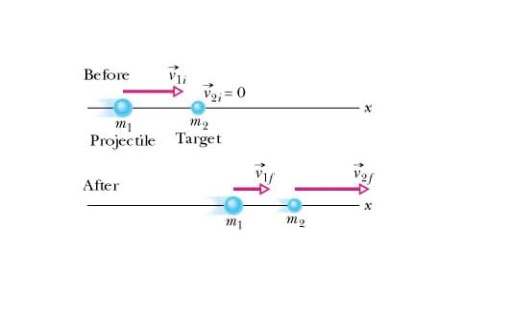


برای حالتی که برخورد کاملا کشسان باشد، ضريب بازگشت 1 و برای حالتی که برخورد کاملا ناکشسان باشد، ضريب بازگشت برابر صفر می شود. (چون دو جسم به همديگر می چسبند و سرعت نهايي آنها برابر شده در نتيجه صورت کسر صفر خواهد شد.) هرچه ضريب بازگشت به 1 نزديکتر باشد، می گوييم برخورد خاصيت الاستيکی بيشتری دارد و هرچه به صفر نزديک تر باشد، می توانيم خاصيت الاستيکی کمتری دارد يا غير الاستيک تر است.

شکل 1 شمای کلی يک برخورد در يک بعد را نشان می دهد. البته لزومی ندارد برخورد در يک بعد صورت گيرد و ممکن است مانند شکل 2 در دو بعد و يا حتی در سه بعد انجام شود.



شکل 1 - برخورد در يک بعد



شکل 2 - برخورد در دو بعد

**روند انجام آزمايش**

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

يکی از تيغه ها را که به انتهای آن کش وصل کرده ايم، به کمک تفنگ پرتاب کننده روی ريل پرتاب می کنيم تا در انتهای ريل به ديواره ی صلب برخورد کند و بازگردد. قبل از برخورد و پس از برخورد به کمک اندازه گيری زمان عبور تيغه از سنسور، سرعت آن را اندازه می گيريم.

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

فاصله ی دو سنسور را حدود سه برابر طول سره قرار می دهيم. تيغه ی برخورد را روی سره ی اول و ضربه ير لاستيکی را روی سره ی دوم نصب می کنيم. سره ی دوم را درست قبل از سنسور دوم قرار می دهيم.

سره ی اول را جلوی آغاز گر حرکت (تفنگ فنری) قرار می دهيم و آن را به طور کامل می کشيم و سره را در تماس با آن قرار می دهيم. سره ی اول را رها می کنيم تا به سره ی اول برخورد کند. سرعت سره ی اول پيش از برخورد و سرعت سره ی دوم پس از برخورد را اندازه می گيريم؛ چون جرم دو سره تقريبا برابر است، سره ی اول ساکن می ماند و سره ی دوم با همان سرعت به مسير ادامه می دهد.

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

در اين حالت روی سره ی دوم دو وزنه ی 50 گرمی می گذاريم و آزمايش قبل را تکرار می کنيم. سره ی اول پس از برخورد با سره ی دوم برمی گردد و سره ی دوم با يک سرعت اوليه به مسير خود ادامه می دهد. سرعت سره ی اول قبل از برخورد و سرعت دو سره پس از برخورد را اندازه گيری مي کنيم.

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

روی سره ی اول شش وزنه ی 50 گرمی قرار می دهيم و آزمايش قبل را تکرار می کنيم. در اين حالت پس از برخورد سره ی اول به مسير خود ادامه می دهد و سره ی دوم را با سرعتی بيشتر از سرعت خود به جلو پرت می کند. (می توان نشان داد اگر جرم سره ی اول بسيار بيشتر از سره ی دوم باشد، سرعت سره ی دوم پس از برخورد دو برابر سرعت سره ی اول خواهد شد.

**ث) برخورد غير کشسان دو جسم**

در اين حالت با استفاده از خميری که به سره ی دوم وصل می کنيم و سوزنی که به سره ی اول تا پس از برخورد دو سره به هم بچسبند، يک برخورد کاملا ناکشسان را طراحی می کنيم. سرعت سره ی اول پيش از برخورد و سرعت دو سره ی به هم چسبيده پس از برخورد را اندازه می گيريم.

**جداول**

\* توجه: تمامی زمان ها بر حسب ميلی ثانيه و تمامی جرم ها بر حسب گرم اندازه گيری شده اند.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 1 |  |  |
| ردیف | زمان عبور از سنسور اول قبل از برخورد | زمان عبور از سنسور اول قبل از برخورد | زمان عبور از سنسور اول بعد از برخورد | زمان عبور از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 73 | 78 | 287 | 281 |
| 2 | 64 | 67 | 395 | 349 |
| 3 | 65 | 69 | 421 | 349 |
| 4 | 63 | 66 | 258 | 247 |
| 5 | 71 | 76 | 285 | 277 |
| 6 | 73 | 77 | 251 | 244 |
|  |  |  | 227gr | مجموع جرم سره و اتصالات روی آن: |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | جدول 2 |  |
| ردیف | زمان عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | زمان عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 210 | 276 |
| 2 | 152 | 227 |
| 3 | 190 | 245 |
| 4 | 172 | 237 |
| 5 | 171 | 242 |
| 6 | 146 | 218 |
|  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 3 |  |
| ردیف | زمان عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | زمان عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | زمان عبور سره اول از سنسور اول بعد از برخورد |
| 1 | 136 | 248 | 1114 |
| 2 | 178 | 312 | 1013 |
| 3 | 138 | 255 | 1129 |
| 4 | 153 | 278 | 880 |
| 5 | 153 | 271 | 893 |
| 6 | 140 | 252 | 997 |
|  |  | جرم سره دوم:327gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 4 |  |
| ردیف | زمان عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | زمان عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | زمان عبور سره اول از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 230 | 209 | 1424 |
| 2 | 286 | 190 | 1295 |
| 3 | 201 | 191 | 1336 |
| 4 | 199 | 184 | 1164 |
| 5 | 203 | 186 | 1703 |
| 6 | 203 | 188 | 1205 |
|  |  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:527gr |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | جدول 5 |  |
| ردیف | زمان عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | زمان عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 181 | 573 |
| 2 | 191 | 584 |
| 3 | 142 | 471 |
| 4 | 184 | 462 |
| 5 | 151 | 479 |
| 6 | 171 | 533 |
|  | جرم سره دوم:327gr | جرم سره اول:227gr |

**خواسته ها**

**خواسته ی 1:**

در جداول زير با استفاده از داده های خام آزمايش و با کمک از روش بالا، سرعت سره ها در هر قسمت محاسبه شده است. اندازه حرکت هر سره هم که از ضرب جرم آن سره در سرعت آن بدست می آيد.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 1 |  |  |
| ردیف | سرعت عبور از سنسور اول قبل از برخورد | سرعت عبور از سنسور اول قبل از برخورد | سرعت عبور از سنسور اول بعد از برخورد | سرعت عبور از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.959 | 0.897 | -0.244 | -0.249 |
| 2 | 1.094 | 1.045 | -0.177 | -0.201 |
| 3 | 1.077 | 1.014 | -0.166 | -0.201 |
| 4 | 1.111 | 1.061 | -0.271 | -0.283 |
| 5 | 0.986 | 0.921 | -0.246 | -0.253 |
| 6 | 0.959 | 0.909 | -0.279 | -0.287 |
|  |  |  | 227gr | مجموع جرم سره و اتصالات روی آن: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | جدول 2 |  |
| ردیف | سرعت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | سرعت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.476 | 0.362 |
| 2 | 0.658 | 0.441 |
| 3 | 0.526 | 0.408 |
| 4 | 0.581 | 0.422 |
| 5 | 0.585 | 0.413 |
| 6 | 0.685 | 0.459 |
|  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 3 |  |
| ردیف | سرعت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | سرعت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | سرعت عبور سره اول از سنسور اول بعد از برخورد |
| 1 | 0.735 | 0.403 | -0.090 |
| 2 | 0.562 | 0.321 | -0.099 |
| 3 | 0.725 | 0.392 | -0.089 |
| 4 | 0.654 | 0.360 | -0.114 |
| 5 | 0.654 | 0.369 | -0.112 |
| 6 | 0.714 | 0.397 | -0.100 |
|  |  | جرم سره دوم:327gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 4 |  |
| ردیف | سرعت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | سرعت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | سرعت عبور سره اول از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.435 | 0.478 | 0.070 |
| 2 | 0.350 | 0.526 | 0.077 |
| 3 | 0.498 | 0.524 | 0.075 |
| 4 | 0.503 | 0.543 | 0.086 |
| 5 | 0.493 | 0.538 | 0.059 |
| 6 | 0.493 | 0.532 | 0.083 |
|  |  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:527gr |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | جدول 5 |  |
| ردیف | سرعت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | سرعت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.552 | 0.175 |
| 2 | 0.524 | 0.171 |
| 3 | 0.704 | 0.212 |
| 4 | 0.543 | 0.216 |
| 5 | 0.662 | 0.209 |
| 6 | 0.585 | 0.188 |
|  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 1 |  |  |
| ردیف | اندازه حرکت عبور از سنسور اول قبل از برخورد | اندازه حرکت عبور از سنسور اول قبل از برخورد | اندازه حرکت عبور از سنسور اول بعد از برخورد | اندازه حرکت عبور از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.218 | 0.204 | -0.055 | -0.057 |
| 2 | 0.248 | 0.237 | -0.040 | -0.046 |
| 3 | 0.244 | 0.230 | -0.038 | -0.046 |
| 4 | 0.252 | 0.241 | -0.062 | -0.064 |
| 5 | 0.224 | 0.209 | -0.056 | -0.057 |
| 6 | 0.218 | 0.206 | -0.063 | -0.065 |
|  |  |  | 227gr | مجموع جرم سره و اتصالات روی آن: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | جدول 2 |  |
| ردیف | اندازه حرکت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | اندازه حرکت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.108 | 0.082 |
| 2 | 0.149 | 0.100 |
| 3 | 0.119 | 0.093 |
| 4 | 0.132 | 0.096 |
| 5 | 0.133 | 0.094 |
| 6 | 0.155 | 0.104 |
|  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 3 |  |
| ردیف | اندازه حرکت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | اندازه حرکت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | اندازه حرکت عبور سره اول از سنسور اول بعد از برخورد |
| 1 | 0.167 | 0.092 | -0.020 |
| 2 | 0.128 | 0.073 | -0.022 |
| 3 | 0.164 | 0.089 | -0.020 |
| 4 | 0.148 | 0.082 | -0.026 |
| 5 | 0.148 | 0.084 | -0.025 |
| 6 | 0.162 | 0.090 | -0.023 |
|  |  | جرم سره دوم:327gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | جدول 4 |  |
| ردیف | اندازه حرکت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | اندازه حرکت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد | اندازه حرکت عبور سره اول از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.229 | 0.109 | 0.037 |
| 2 | 0.184 | 0.119 | 0.041 |
| 3 | 0.262 | 0.119 | 0.039 |
| 4 | 0.265 | 0.123 | 0.045 |
| 5 | 0.260 | 0.122 | 0.031 |
| 6 | 0.260 | 0.121 | 0.044 |
|  |  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:527gr |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | جدول 5 |  |
| ردیف | اندازه حرکت عبور سره اول از سنسور اول قبل از برخورد | اندازه حرکت عبور سره دوم از سنسور دوم بعد از برخورد |
| 1 | 0.125 | 0.040 |
| 2 | 0.119 | 0.039 |
| 3 | 0.160 | 0.048 |
| 4 | 0.123 | 0.049 |
| 5 | 0.150 | 0.047 |
| 6 | 0.133 | 0.043 |
|  | جرم سره دوم:227gr | جرم سره اول:227gr |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 1 |
| ردیف | تغییر اندازه حرکت به درصد |
| 1 | 126.6 |
| 2 | 117.7 |
| 3 | 117.5 |
| 4 | 125.5 |
| 5 | 126.1 |
| 6 | 130.3 |

جدول تغییرات اندازه حرکت:

در جدول 1 مقدار در حالت ایده آل باید 200 درصد می شد چون فقط جهت حرکت عوض شده است اما در جدول مقادیر در حدود 164 در صد است که نشان دهنده ی کمتر شدن اندازه ی سرعت نسبت به حالت اولیه است که این خود نیز نشان دهنده ی وجود نیروهای خارجی مثل اصطکاک و مقاومت هوا است زیرا حتی مسیر هوایی را که به عنوان سطح بدون اصطکاک در نظر می گیریم دارای اندکی اصطکاک و شیب نسبت به سطح افق است.



|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 2 |
| ردیف | تغییر اندازه حرکت به درصد |
| 1 | 23.9 |
| 2 | 33.0 |
| 3 | 22.4 |
| 4 | 27.4 |
| 5 | 29.3 |
| 6 | 33.0 |

|  |
| --- |
| در جدول 2 مقدار در حالت ایده آل باید 0 درصد می شد چون نیروی خارجی نداریم اما محاسبات نشان دهنده ی تغییر تکانه است که ناشی از مواردی مثل اصطکاک ریل و مقاومت هوا است. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 3 |
| ردیف | تغییر اندازه حرکت به درصد |
| 1 | 57.4 |
| 2 | 60.5 |
| 3 | 58.1 |
| 4 | 62.4 |
| 5 | 60.7 |
| 6 | 58.5 |

جدول 3 نیز مانند مانند جدول 2 است با این توضیح که چون برخلاف جدول قبل چون بعد از برخورد هر دو جسم حرکت دارند اثر تغییر تکانه محسوس تر می شود البته با این توضیح که هر دو در عمل باید صفر باشند.



|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 4 |
| ردیف | تغییر اندازه حرکت به درصد |
| 1 | 36.4 |
| 2 | 13.1 |
| 3 | 39.6 |
| 4 | 36.3 |
| 5 | 41.1 |
| 6 | 36.6 |

این جدول نیز دارای توضیحات جدول قبل است اما چون جرم زیاد است و البته پیشرفت آزمایش گر نسبت به مراحل قبل خطا کم شده است.



|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 5 |
| ردیف | تغییر اندازه حرکت به درصد |
| 1 | 68.4 |
| 2 | 67.3 |
| 3 | 69.9 |
| 4 | 60.2 |
| 5 | 68.5 |
| 6 | 67.9 |

علت خطا در این بخش از آزمایش می تواند عواملی چون اصطکاک هوا و سطوح، ایجاد لرزش در هنگام برخورد که خود موجب وارد کردن نیرو در جهات مختلف بر روی جسم دوم می شود، باشد.



خواسته ی 2:

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 2 |
| ردیف | ضریب بازگشت |
| 1 | 0.76 |
| 2 | 0.67 |
| 3 | 0.78 |
| 4 | 0.73 |
| 5 | 0.71 |
| 6 | 0.67 |
| میانگین | 0.72 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 1 |
| ردیف | ضریب بازگشت |
| 1 | 0.27 |
| 2 | 0.18 |
| 3 | 0.18 |
| 4 | 0.26 |
| 5 | 0.26 |
| 6 | 0.30 |
| میانگین | 0.24 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 4 |
| ردیف | ضریب بازگشت |
| 1 | 0.94 |
| 2 | 1.28 |
| 3 | 0.90 |
| 4 | 0.91 |
| 5 | 0.97 |
| 6 | 0.91 |
| میانگین | 0.99 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 3 |
| ردیف | ضریب بازگشت |
| 1 | 0.67 |
| 2 | 0.75 |
| 3 | 0.66 |
| 4 | 0.72 |
| 5 | 0.74 |
| 6 | 0.70 |
| میانگین | 0.71 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 5 |
| ردیف | ضریب بازگشت |
| 1 | 0.00 |
| 2 | 0.00 |
| 3 | 0.00 |
| 4 | 0.00 |
| 5 | 0.00 |
| 6 | 0.00 |
| میانگین | 0.00 |

در چهار جدول اول به دلیل کشسانی بودن برخورد ها ضرایب به 1 نزدیک است در حالی که در آخرین آزمایش به علت چسبیدن دو جسم و دقیقا برابر بودن سرعت این ضریب صفر است که در مجموع نشان دهنده ی عدم الاستیسیته کامل برخورد ها می باشد.

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 1 |
| ردیف | درصد اختلاف انرژی جنبشی |
| 1 | 92.9 |
| 2 | 96.9 |
| 3 | 96.9 |
| 4 | 93.5 |
| 5 | 93.2 |
| 6 | 90.8 |
| میانگین | 94.0 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 2 |
| ردیف | درصد اختلاف انرژی جنبشی |
| 1 | 42.1 |
| 2 | 55.2 |
| 3 | 39.9 |
| 4 | 47.3 |
| 5 | 50.1 |
| 6 | 55.1 |
| میانگین | 48.3 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 4 |
| ردیف | درصد اختلاف انرژی جنبشی |
| 1 | 45.2 |
| 2 | 2.5 |
| 3 | 50.0 |
| 4 | 46.7 |
| 5 | 47.3 |
| 6 | 46.9 |
| میانگین | 39.8 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 3 |
| ردیف | درصد اختلاف انرژی جنبشی |
| 1 | 68.4 |
| 2 | 64.4 |
| 3 | 69.2 |
| 4 | 66.7 |
| 5 | 65.2 |
| 6 | 67.2 |
| میانگین | 66.8 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | جدول 5 |
| ردیف | درصد اختلاف انرژی جنبشی |
| 1 | 80.0 |
| 2 | 78.6 |
| 3 | 81.8 |
| 4 | 68.3 |
| 5 | 80.1 |
| 6 | 79.4 |
| میانگین | 78.0 |

در جدول آخر به دلیل غیر کشسان بودن برخورد، پایستگی انرژی وجود ندارد. به همین دلیل درصد اختلاف انرژی آن زیاد است. اما در جداول دیگر به دلیل برخورد سره ی اول با کشی که در پشت سره ی دوم قرار دارد (برای کشسان بودن بر خورد) مقدار زیادی از انرژی جنبشی آن هدر می رود، و نمی توان آن را یک برخورد کامل دانست. از طرفی عواملی همچون اصطکاک هوا و سطوح نیز باعث هدر رفتن بخش قابل توجهی از انرژی جنبشی سره ها می شوند.

اما درباره ی اختلاف انرژی در جدول اول می توان به این مورد اشاره کرد که سره ی اول بعد از برخورد به سره ی دوم مقداری به تکیه گاه پشتی آن ضربه وارد می کرد و باعث جابجایی هر چند اندک سره می شد. یکسان نبودن ضربه های وارده از طرف آزمایشگر به سره ی اول نیز می تواند از عوامل خطا باشد. از طرفی نباید عواملی همچون اصطکاک میان سطوح، مقاومت هوا، تبدیل بخشی از انرژی جنبشی به انرژی گرمایی در هنگام برخورد و همچنین طراز نبودن سطوح را فراموش کرد. به خصوص که طراز نبودن سطوح باعث شتابدار کردن حرکت سره ها می شود.