دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده فیزیک

بسمه تعالی

آزمایشگاه فیزیک پایه ۱

گزارش کار آزمایش شماره ۱۲

« آونگ کاتر »

گروه ۲

محمدرضا مهدیه

تاریخ آزمایش : ۱۳۹۰/۹/۲۷

تاریخ تحویل گزارش کار: ۱۳۹۰/۱۰/٤

استاد: آقای روزبه ترکی

تئوری آزمایش:

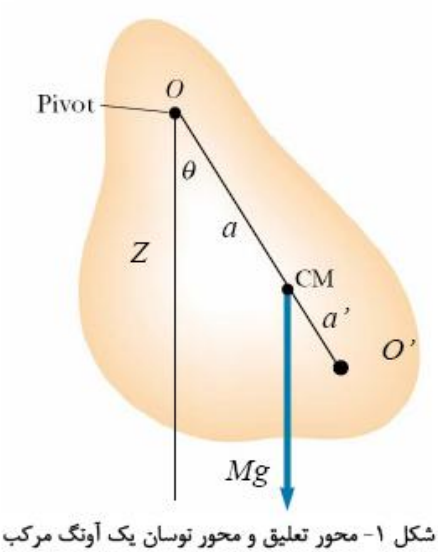
اگر چه شتاب ثقل زمین را می توان با استفاده از یک آونگ ساده و اندازه گیری دورهٔ تناوب آن بدست آورد، لکن در عمل به ویژه در زمین شناسی برای تعیین دقیق آن از نوعی آونگ مرکب به نام آونگ کاتر استفاده می کنند.

آونگ مرکب: هر جسمی که بتواند حول یک محور ثابت افقی تحت اثر نیروی جاذبه زمین نوسان کند آونگ مرکب نامیده می شود دورهٔ تناوب ن وسانات یک آونگ مرکب حول محوری مانند oz به فاصله a از مرکز جرم آن، CM، برابراست با:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{Mga}}$$

در این رابطه T دورهٔ تناوب نوسانات آونگ حول محور OZ،M جرم آونگ و I لختی دورانی آن نسبت به محور OZ است.

می توان نشان داد که در صفحهٔ شامل OZوCM، محور دیگری مانند $O'Z'$ به موازات OZ و در امتداد OG، به فاصله a' ازG وجود دارد به طوری که دورهٔ تناوب نوسانات آونگ حول آن نیز برابرT است . در این حالت فاصله دو محور یعنی $L=a+a'$برابر طول آونگ ساده ایست که زمان تناوب آن نیز همان T می باشد .یکی از دو محور OZو$O'Z'$ را در هر حالت محور تعلیق و دیگری را محور نوسان گویند . برابر بودن نوسان آونگ مرکب با آونگ ساده ای به طول $L=a+a'$ را می توان از روابط زیر نتیجه گرفت.



شکل ۱- محور تعلیق و محور نوسان یک آونگ مرکب

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{Mga}} \qquad (۱)$$

$$T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{I_0'}{Mga'}} \qquad (۲)$$

حال چنانچه $T=T'$ باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{I_0}{a} = \frac{I_0'}{a'} \Rightarrow I_0' = \frac{a'I_0}{a} \qquad (۳)$$

از طرفی چنانچه لختی دورانی جسم حول مرکز ثقل آن I_G باشد لختی دورانی آن حول محورOZ که به ترتیب به فواصل a و a' از مرکز ثقل جسم قرار گرفته اند، طبق قضیه محورهای موازی چنین خواهد بود،

$$I_0 = I_G + Ma^2$$
$$I_0' = I_G + Ma'^2$$

از تفاضل دو رابطه فوق چنین خواهیم داشت،

$$I_0 - I_0' = M(a^2 - a'^2)$$

این رابطه با جایگزینی I_0' از معادله (۳) به صورت زیر تبدیل می شود:

$$I_0 - \frac{a' I_0}{a} = M\left(a^2 - a'^2\right) \Rightarrow \frac{I_0(a-\acute{a})}{a} = M(a+\acute{a})(a-\acute{a})$$

$$I_0 = Ma(a-\acute{a}) \qquad (۴)$$

با قرار دادن مقدار I_0 از رابطه (۴) در رابطه (۱) مقدار دوره تناوب چنین بدست می آید:

$$T_0 = T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{a+\acute{a}}{g}} \qquad (۵)$$

چنانچه $L=a+a'$ *را طول آونگ ساده همزمان با آونگ مرکب بنامیم خواهیم داشت:*

$$T_0 = T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

بدین ترتیب می توان در یک آزمایش ابتدا طول L را تعیین کرده سپس با اندازه گیری دور ۀ تناوب حول نقطۀ تعلیق یا نوسان، مقدار g را بدست آوری م .این روش یعنی استفاده از طول آونگ ساده که همزمان با اندازه گرفتن فاصله محور تعلیق و محور نوسان آونگ مرکب بدست می آید، نخستین باردر سال ۱۸۱۸ بوسیله کاتر بکار رفت و یکی از دقیق ترین روش هایی است که برای اندازه گیری g بکار می رود در این آزمایش به جای تغییر فاصلۀL با جابه جایی مکان محور نوسان *(O')، مرکز جرم را در طول OO' در حالی که L* ثابت است، جابجا می کنیم تا شرط (۴) برقرار گردد.

آونگ کاتر به اشکال مختلف ساخته می شود .آونگ مو جود در آزمایشگاه مطابق شکل۲ ، از یک میله تشکیل شده است که دو وزنه A و B و دو تیغه E وF در دو انتهای آن ثابت شده اند .فقط دو مهره C وD روی آن حرکت می کنند . جنس وزنه های CوA از برنج و وزنه های Bو D از جنس فیبر استخوانی است.بدین ترتیب اگر چه آونگ از نظر ظاهری تقارن دارد . لکن از نظر جرمی تقارن ندارد .تقارن ظاهری آونگ در هنگام آزمایش ب سیار مهم می باشد .این تقارن ظاهری برای آن است که هنگام نوسان حول هر یک از دو انتها) لبه تیغه های EوF) اثر مقاومت هوا بر آن یکسان باشد .لبه تیغه های EوF در هنگام نوسان روی یک پایه قرار می گیرند .باید دقت نمود که اولاً تیغه ها به صورت کاملاً افقی روی پا یه قرار گیرد و تمام قسمت های آن به سطح پایه تکیه داشته باشد، ثانیاً برای حفظ تقارن ظاهری دستگاه مهره های Cو D را باید همیشه به فواصل متساوی از دو انتهای میله قرار دارد . این آونگ با آنکه کاملاً متقارن به نظر می رسد لکن بعلت یکسان نبودن وزن مخصوص وزنه ها مرکز ثقل آن در وسط قرار ندارد و به وزنهA نزدیکتر است.

شکل ۲- شمای کلی آونگ کاتر مورد آزمایش

اینک چنانچه بتوانیم مهره های CوD را بطور متقارن در محلی قرار دهیم که دورهٔ تناوب نوسانات حول تیغه های EوF هم برابر شوند-یعنی شرط (۴) ارضاء شود - توانسته ایم آونگ را به یک آونگ دو طرفه تبدیل کنیم.

وسایل آزمایش:

-۱ :آونگ کاتر -۲ زمان سنج -۳ متر یا خط کش.

شرح عملی آزمایش:

ابتدا فاصله هر یک از مهره هایCو D را از تیغه مجاور خود(X) برابر ۱۰سانتی متر قرار داده و پیچ آنها را روی میله محکم کنید .فقط مهره های CوD متحرک هستند و نباید مهره ه ای AوB وهمین طور تیغه ها جابه جا شوند . تکیه گاه را با استفاده از پیچ روی پایه طوری تنظیم کنید که تیغه های آونگ روی تکیه گاه ق رار گرفته و در حین نوسان نلغزد .سپس آونگ را یک بار حول تیغه E و بار دیگر حول تیغه F با دامنه کم به نوسان درآورید . بعد از انجام چند نوسان و اطمینان از عدم لغزش تیغه آونگ روی تکیه گاه، مدت ۳۰ نوسان را اندازه گرفته و در جدول ۱ یادداشت کنید.

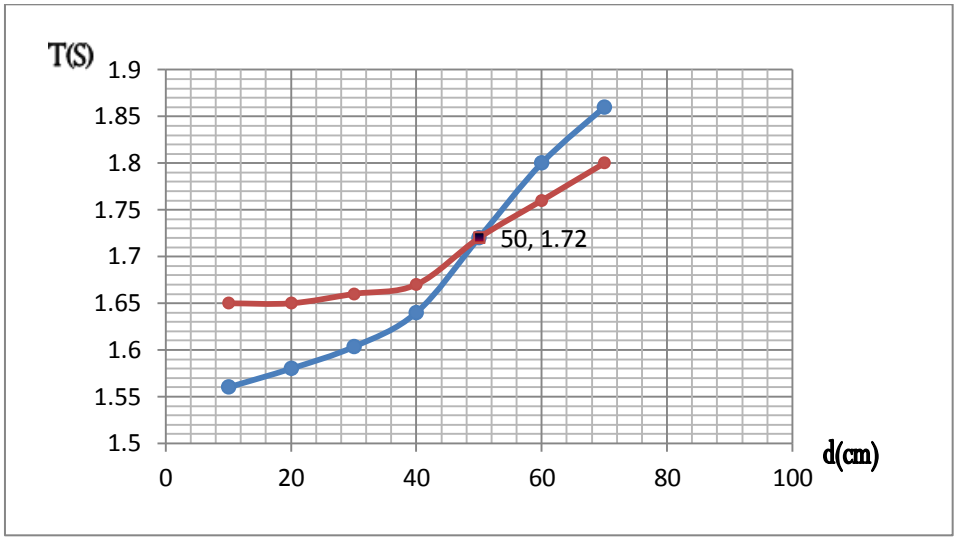
سپس فاصله مهره های CوD را از تیغه ها به ترتیب ۲۰،۳۰،۴۰..... سانتی متر قرار داده و هر بار مدت زمان ۳۰ نوسان را در جدول ۱ ثبت کنید.

با محاسبهٔ دورهٔ تناوب هر مرحله جدول ۱ را کامل کنید . سپس بر روی کاغذ میلی متری با انتخاب مقیاس مناسب برای محور افقی که معرف تغییر مکان مهره ها روی آونگ باشد، و انتخاب مقیاس مناسب برای زمان روی محور عمودی، منحنی های تغییرات TوT´ را بر حسب X رسم کنید.برای این کار هیچ لزومی ندارد که مبدإ زمانی از صفر شروع شود . این دو منحنی یکدیگر را در نقطه ای که آنرا N می نامیم، قطع می کنند.. فاصلهٔ مهره ها از دو تیغه آونگ (X_N) را از روی برگه رسم بدست می آید.

متاسفانه چون باقی کار باید با مقدار بدست آمده از نمودار حساب شود کار ما در اینجا به پایان می رسد. ولی به کمک نمودار مقدار g کم و بیش قابل محاسبه است هرچند از روش مورد نظر آزمایش نمی باشد.

جدول:

d فاصله وزنه ها (cm)	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
t_A زمان ۳۰ نوسان حول تیغه A (S)	۴۶.۹	۴۷.۳	۴۸.۱	۴۹.۱	نمی توان محاسبه کرد.		۵۵.۸	//
T_A زمان تناوب حول تیغه A (S)	۱.۵۶	۱.۵۸	۱.۶۰	۱.۶۴			۱.۸۶	//
t_B زمان ۳۰ نوسان حول تیغه B (S)	۴۹.۴	۴۹.۵	۵۰	۵۰.۱			۵۴	//
T_B زمان تناوب حول تیغه B (S)	۱.۶۵	۱.۶۵	۱.۶۷	۱.۶۷			۱.۸۰	



حالت کلی نمودار به صورت بالا می باشد که در برگه میلیمتری نیز ضمیمه شده است.

محاسبات و خطاها:

مقادیر دوره به راحتی و با تقسیم زمان ۳۰ نوسان بر تعداد نوسان یا همان ۳۰ به دست می آید:

$$T_{A10} = \frac{46.9}{30} = 1.56\,S \quad T_{A20} = \frac{47.3}{30} = 1.58\,S \quad T_{A30} = \frac{48.1}{30} = 1.60\,S$$

$$T_{A40} = \frac{49.1}{30} = 1.64\,S \quad T_{A70} = \frac{55.8}{30} = 1.86\,S \quad T_{B10} = \frac{449.8}{30} = 1.65\,S$$

$$T_{B20} = \frac{49.5}{30} = 1.65\,S \quad T_{B30} = \frac{50}{30} = 1.67\,S \quad T_{B40} = \frac{50.1}{30} = 1.67\,S$$

$$T_{B70} = \frac{54}{30} = 1.80\,S$$

همانطور که در نمودار بالا و نمودار ضمیمه شده مشخص است، دو نمودار یکدیگر را در نقطه به طول ۵۰cm و عرض ۱.۷۲s قطع میکنند که می توان برای محاسبه ی شتاب طبق رابطه :

$$\frac{8\pi^2}{g} = \frac{T_A^2 - T_B^2}{L_A - L_B} + \frac{T_A^2 + T_B^2}{L_A + L_B}$$

و با توجه به اینکه قسمت $\frac{T_A^2 - T_B^2}{L_A - L_B}$ برابر صفر است پس با جایگزاری داریم:

$$\frac{8\pi^2}{g} = \frac{2.96 + 2.96}{0.5 + 0.5} = 5.92 \Rightarrow g = 13.32\,\frac{m}{s}$$

هرچند این مقدار چندان دقیق نیست ولی می توان گفت با در نظر گرفتن خطاهای چون خطای زمان، عدم تنظیم دقیق محل تیغه و... کم و بیش معقول هست هرچند در اینجا اختلاف بسیار زیاد است.

نتیجه گیری:

در این آزمایش یکی دیگر از روش های محاسبه g مورد بررسی قرار گرفت.

پرسشها:

۱) وجه تمایز آونگ کاتر با سایر آونگ ها در چیست؟

وجه تمایز در این است که در آونگ های معمولاً جرم و مرکز جرم در یک نقطه هستند در حالی که در این آونگ کاتر باید نسبت به مرکز جرم سنجیده شود.

۲) آیا لازم است که زمان تناوب حول لبه ی تیغه ها درست مساوی باشند؟ اگر پاسخ منفی است چگونه آزمایش را برای تعیین g به کار می برید؟

خیر. این آزمایش نسبت مرکز جرم انجام می شود وقتی برای دو حالت تیغه ها این نسبت برابر شد دیگر حتی دوره تناوب نیز برابر می شود و در ضمن قابل بیان است که وقتی به محاسبه g می پردازیم که دوره ها نسبتا برابر هستند.

۳) عوامل و منابع خطای موجود در آزمایش را بیان کنید.

تنظیم نبودن دقیق هنگام قرار دادن تیغه، دقیق نبودن فاصله ها ، دقیق نبودن وزن وزنه ها، و خطا در اندازه گیری زمان ۳۰ نوسان.