آزمایش شمارهٔ ۲

اندازه‌گیری چگالی به روش ارشمیدس و اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص II

مقدمه

در این جلسه اندازه‌گیری و تحلیل داده‌ها با دو آزمایش اصل ارشمیدس و اندازه‌گیری زمان واکنش شخص مد نظر است. هدف از آزمایش اول، آموزش رسم خط و تحلیل آن با توجه به پارامترهای یک خط و محاسبهٔ خطای آن پارامترها می‌باشد. هدف آزمایش بعدی آموزش توزیع اندازه‌گیری‌ها، تحلیل توزیع، محاسبهٔ خطای معیار و خطای معیار میانگین و تاثیر تعداد اندازه‌گیری‌ها بر مقدار خطا می‌باشد. در آزمایش اصل ارشمیدس چگالی جسم با توجه به نیروی وارد به آن از طرف شاره مورد بررسی می‌شود. آزمایش دوم، اندازه‌گیری زمان واکنش انسان می‌باشد.

اندازه‌گیری چگالی به روش اصل ارشمیدس (قسمت اول)

اگر شما سعی کنید توپ فوتبال یا بسکتبال را در آب فرو ببرید مشاهده خواهید کرد که نیرویی عمودی مانع از فرو رفتن آن در آب می‌شود که به آن نیروی شناوری نیز گفته می‌شود. به این نیرو که از طرف شاره به طرف بالا به جسم وارد می‌گردد اصل ارشمیدس گفته می‌شود که بیان می‌کند " بزرگی نیروی شناوری همیشه برابر با وزن مایعی است که توسط جسم غوطه‌ور جابه‌جا می‌شود". لازم به ذکر است که این نیرو همیشه در خلاف جهت نیروی گرانشی است.

منشاء این نیرو از اختلاف فشار پایین و بالای جسم غوطه‌ور در شاره ناشی می‌شود. همانطوری که از شکل نیز معلوم است اگر جسم در شاره با چگالی ρ غوطه‌ور شود نیروی وزن آن را به طرف پایین می‌کشد و نیروی شناوری آن را به طرف بالا می‌راند. اختلاف فشار بین وجه پایین و بالای مکعب (ارتفاع h) با توجه به شکل ۱ برابر است با :

$$\Delta P = \rho g h \qquad (۱)$$

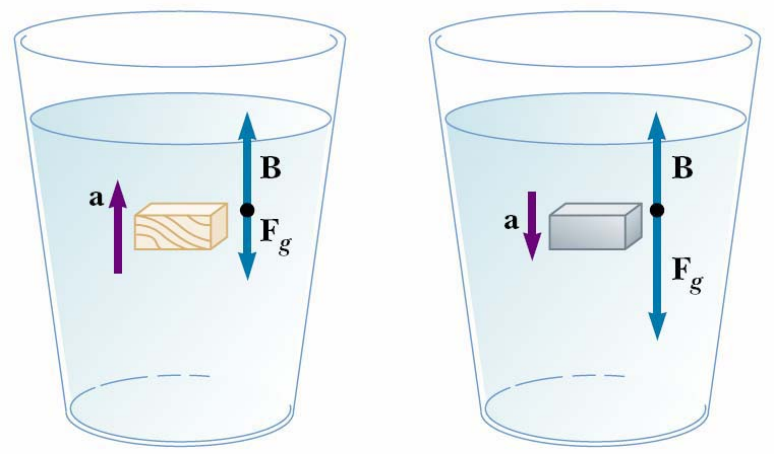
حال اگر طرفین معادلهٔ فوق را در سطح مقطع جسم A ضرب کنیم داریم:

$$\Delta P A = \rho g h A \qquad \begin{cases} \Delta P A = B \\ hA = V \end{cases} \Rightarrow B = \rho g V \qquad (۲)$$

با توجه به شکل ۱، B همان نیرویی است که از طرف شاره به جسم وارد می‌شود و V نیز حجم جسم کاملاً غوطه‌ور شده و نیز حجم شارهٔ جابه‌جا شده می‌باشد. اگر نیروی وزن جسم را برابر با $F_g = Mg = \rho_\circ V g$ در نظر بگیریم اختلاف نیروها برابر خواهد بود با

$$B - F_g = (\rho - \rho_\circ) V g \qquad (۳)$$

از این معادله به راحتی در می‌یابیم که اگر چگالی جسم کمتر از مایع باشد نیروی وارده به طرف بالا خواهد بود و جسم شناور خواهد شد و بر عکس اگر چگالی جسم بیشتر از مایع باشد در مایع غرق خواهد شد. جهت حرکت و شتاب وارد به جسم در شکل نشان داده شده است. برای کسب اطلاعات بیشتر به کتاب فیزیک هالیدی، فصل مکانیک شاره‌ها (فصل ۱۵) مراجعه کنید.



شکل ۱ [هالیدی، رزنیک، فصل ۱۵ ، ص ۴۶۷]

روش انجام آزمایش

وسایل مورد نیاز

۱- نیرو سنج با دو دامنهٔ ماکزیمم ۱ و ۲/۵ نیوتونی

۲- پایه و گیره برای نگه داشتن نیرو سنج

۳- بشر ۵۰۰ میلی لیتری

۴- جک برای بالا و پایین آوردن بشر آب

برای آشنایی اولیه با روش انجام آزمایش به سایت آزمایشگاه مراجعه نموده و مراحل انجام آزمایش را در گزارش تصویری مشاهده نمایید. *http://physics.sharif.edu/~genphyslabs1/002.htm*

بشر را تا اندکی بیشتر از نصف آن پر می‌کنیم و آن را روی جک قرار می‌دهیم. لازم به ذکر است که جک بایستی در پایین‌ترین ارتفاع خود قرار گیرد. سپس با توجه به سطح آب در بشر، ارتفاع نیروسنج آویزان از پایه را با توجه به مقدار وزنه طوری تنظیم می‌کنیم که وزنه بالای سطح آب قرار گیرد. در این حالت مقدار نیروی نشان داده شده (T_1) را از نیروسنج خوانده و در جدول ۱ یادداشت می‌کنیم. سپس جک را به آرامی بالا می‌بریم به طوری که جسم کاملاً داخل آب قرار گیرد (شکل۲) نیروی T_2 را در این حالت خوانده و در جدول ۱ یادداشت می‌کنیم. این آزمایش را برای تمام وزنه‌های شمارهٔ ۱ تا ۱۰ با توجه به دامنهٔ نیروسنج (جدول ۱) انجام می‌دهیم.

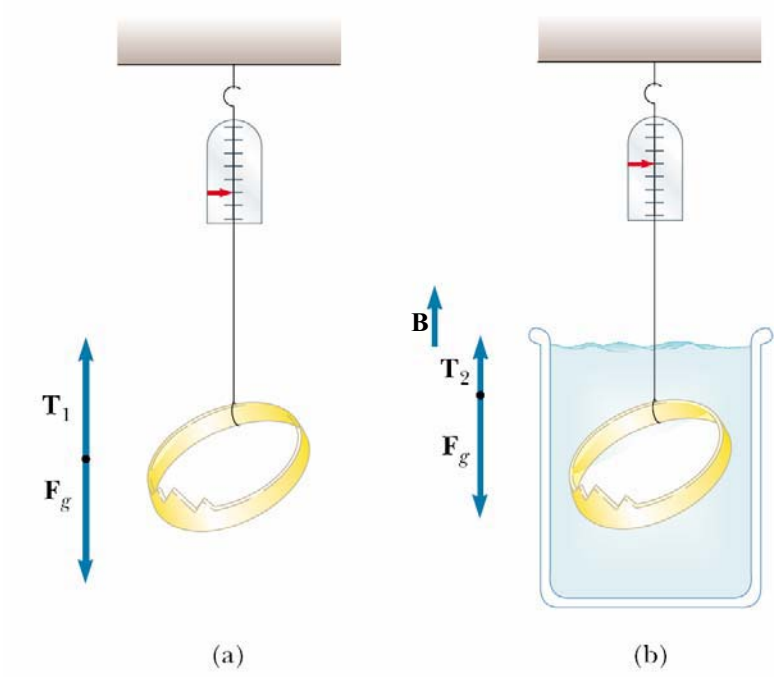
اختلاف دو نیروی خوانده شده برابر با نیروی شناوری خواهد بود. از رابطهٔ ۳ داریم:

$$V = M/\rho_{metal} \Rightarrow \begin{cases} T_1 - T_2 = B \\ B = \rho_{water}\, gV \end{cases} \Rightarrow B = \rho_{water}\, gM/\rho_{metal} \qquad (۴)$$

$$M = \frac{\rho_{metal}}{\rho_{water} g} B \qquad (۵)$$

شتاب گرانشی زمین ۹/۷۸ متر بر مجذور ثانیه و چگالی آب ۱۰۰۳/۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب[1] (در دمای ۲۷ درجه) در نظر بگیرید.

[1] HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS, College Edition, 50thEdition.1970



شکل ۲ [هالیدی، رزنیک، فصل ۱۵، ص ۴۶۸]

خواسته‌ها (قسمت اول)

توجه: *خواسته‌های زیر را با توجه به ترتیب مشخص شده در سایت (فرمت گزارش کار نمونه)، وارد گزارش کار کرده و پاسخ دهید (http://physics.sharif.edu/~genphyslabs1/manual/sample.pdf).*

۱- نمودار M بر حسب F را رسم نموده، شیب خط و عرض از مبداء را با روش میانگین مربعات بدست آورید.

۲- با توجه به شیب خط چگالی فلز را حساب کنید.

۳- ضریب رگرسیون برای نمودار چقدر می‌باشد، معنی آن را توضیح دهید.

۴- با استفاده از شیب خط و خطای آن، خطا در اندازه‌گیری چگالی فلز را بدست آورید.

۵- خطای عرض از مبداء را حساب کرده و آن را با مقداری که از نمودار به دست می‌آورید مقایسه کنید.

آزمایش اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص (قسمت دوم)

هدف از این آزمایش آشنا کردن دانشجو با اندازه‌گیری‌های اتفاقی، برای مثال اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص می‌باشد. به این ترتیب که به تعداد زیادی اندازه‌گیری ثبت شده و سپس توزیع آنها تحلیل می‌شود. طبیعی است که نتیجهٔ چنین اندازه‌گیری‌هایی یکی نخواهد شد و بایستی با توجه به فراوانی دادها یعنی تعداد تکرار عدد هر اندازه‌گیری، تحلیلی متناسب با آن در نظر گرفت. این آزمایش از لحاظ تحلیلی مشابه آن است که مثلاً ۱۰۰ قوطی کبریت به طور اتفاقی از تولیدات کارخانه انتخاب کرده و چوب‌های آن را بشماریم و آنها را با توجه به فراوانی‌شان دسته‌بندی کنیم و نمودار توزیع آن را رسم کنیم. اغلب چنین توزیع‌هایی در طبیعت، توزیع گوسی هستند.

روش کار با دستگاه اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل : ۱- ابتدا دکمهٔ *on/off* در پشت دستگاه را زده تا دستگاه روشن شود. ۲- با توجه به علامت‌های مشخص شده بر روی *LCD* دو حالت را می‌توانید جهت استفاده از دستگاه انتخاب کنید:

۱- حالت ۱، حالت تست دستی: با زدن دکمهٔ ↑ دستگاه در حالت دستی قرار می‌گیرد که برای کار در این حالت دکمهٔ *start* در دست نفر اول بوده و دکمهٔ *stop* در دست نفر دوم که قرار است زمان واکنش او اندازه‌گیری شود. با فشردن *start* توسط نفر اول *LED* ها روشن شده و نفر دوم باید بلافاصله کلید *stop* را زده تا زمان ثبت شود. برای تکرار این کار از راهنمای روی *LCD* کمک بگیرید.

۲- حالت ۲، شروع تصادفی : برای این حالت پس از روشن کردن دکمهٔ ↓ را فشار دهید. این حالت مشابه حالت اول است با این تفاوت که در این حالت با زدن کلید *start* بلافاصله *LED* روشن نخواهد شد بلکه با یک فاصلهٔ زمانی تصادفی روشن می‌شود. بقیه مراحل طبق راهنمای روی *LCD* انجام می‌شود. این اطلاعات و نیز مقدار میانگین در دستگاه ذخیره می‌شود.

روش انجام آزمایش

برای انجام آزمایش و داده‌گیری چند بار تمرین کنید تا کار با دستگاه را یاد بگیرید. سپس دستگاه را در حالت شروع تصادفی قرار داده یکی از اعضاء گروه *start* و دیگری به محض روشن شدن *LED*ها *stop* را فشار دهید و زمان‌های به‌دست آمده را در جداول مربوط یادداشت کنید. دستگاه بعد از ۲۰ تکرار متوقف می‌شود و برای تکرار بیشتر باز از اول شروع کنید (توجه کنید که این یک مسابقه نیست؛ عجله نکرده و سعی در پیش‌بینی زمان شروع نکنید وکلیدها را محکم نزنید، که در این‌صورت کلیدها خراب خواهند شد. کاملاً با طمانینه آزمایش را انجام دهید تا زمان واکنش صحیح را بدست آورید). به تعداد حداقل ۶۰ زمان را اندازه گرفته و در جدول ۲ وارد کنید. این آزمایش را

برای دست دیگر تکرار کنید و در جدول ۳ یادداشت نمائید. جای خود را با هم‌گروهی‌تان تعویض نموده و جدول ۴ و ۵ را مانند جدول ۲ و ۳ پر کنید.

راهنمائی: برای تحلیل این داده‌ها آنها را وارد برنامهٔ *Excel* کرده و با استفاده از گزینهٔ در برنامهٔ *Excel* اعداد را از کوچک به بزرگ و یا بر عکس مرتب کنید. مقدار ماکزیمم و مینیمم را برای داده‌های خود به دست آورید و فاصلهٔ آنها را به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم کنید (داده‌های غیرمنطقی را در نظر نگیرید). تعداد داده‌ها را در هر بازه بدست آورید و نتایج را در جدول مشابه ۶ مرتب کنید و متناظر با جداول داده‌ها، آنها را به ترتیب *H2* تا *H5* بنامید.

خواسته‌ها (قسمت دوم)

۱- توزیع برای داده‌های بدست آمده را با توجه به جدول‌های *H2* تا *H5* رسم کنید.

۲- انحراف معیار استاندارد و میانگین را بدست آورده و معنی آنها را ذکر کنید (می‌توانید از نرم‌افزارهای برازش منحنی نیز مثل *TableCurve* ، *Origin* ، *SigmaPlot* استفاده کنید).

۳- داده‌های هر جدول را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید و توزیع فراوانی را برای هر جدول رسم کرده، انحراف معیار استاندارد و میانگین آنها را بدست آورید مقادیر بدست آمده را با مقادیر خواستهٔ ۲ مقایسه کرده و دلیل تفاوت را ذکر کنید.

۴- آیا رفتار آماری داده‌های مربوط به دست چپ و راست متفاوتند؟

۵- آیا رفتار آماری داده‌های مربوط به دو آزمایشگر باهم متفاوتند؟

تمرین:

یک کارخانه کبریت‌سازی در نظر دارد برآوردی آماری از تعدادچوب‌های کبریت هر جعبه که تولید و بسته‌بندی می‌کند داشته باشد. برای این کار ۲۰۰ قوطی کبریت به صورت تصادفی از کل جعبه‌ها جدا کرده وچوب داخل جعبه کبریت‌ها شمرده می‌شود. جعبه‌ها شامل ۳۰ تا ۴۰ چوب کبریت است. تعداد جعبه‌هایی که چوب کبریت آنها بین ۳۰ تا ۴۰ تاست به صورت زیر است:

الف - نمودار توزیع تعداد چوب کبریت ها را به صورت نمودار ستونی رسم کنید. توزیع مشاهده شده شبیه کدام توزیعی است که می‌شناسید؟

ب- انحراف معیار یا خطای معیار را برای توزیع حساب کنید.

ج- خطای معیار میانگین را حساب کنید.

ه- کارخانه چه عددی همراه با خطای آن را باید روی جعبه کبریت بنویسد؟

د- حال یکی از جعبه ها را به طور تصادفی از مجموعه جدا می‌کنیم. محتمل‌ترین تعداد چوب کبریت‌ها بین چه اعدادی خواهد بود؟

تعداد چوب کبریت در هر جعبه	۴۰	۳۹	۳۸	۳۷	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۳۱	۳۰
تعداد جعبه ها	۰	۵	۵	۲۷	۳۶	۴۶	۳۹	۲۶	۱۱	۴	۱

جدول‌های آزمایش شمارهٔ۲

اندازه‌گیری چگالی به روش ارشمیدس و اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص

جدول ۱

	نیروسنج ۱ نیوتونی				نیروسنج ۲/۵ نیوتونی					
M	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
T_1										
T_2										
$B=T_1-T_2$										

جدول ۲- زمان واکنش اندازه‌گیری شدهٔ نفر اول

نام آزمایشگر داده‌های جدول:

جدول ۳- زمان واکنش اندازه‌گیری شدهٔ نفر اول با دست دیگر

نام آزمایشگر داده‌های جدول:

جدول ۴- زمان واکنش اندازه‌گیری شدهٔ نفر دوم

نام آزمایشگر داده‌های جدول:

جدول ۵- زمان واکنش اندازه‌گیری شدهٔ نفر دوم با دست دیگر

نام آزمایشگر داده‌های جدول:

جدول ۶

فراوانی	بازه‌های زمانی
	۱۰۱-۱۰۵
	۱۰۶-۱۱۰
	۱۱۱-۱۱۵
	۱۱۶-۱۲۰
	۱۲۱-۱۲۵
	.....
	۲۹۶-۳۰۰

توجه

دانشجوی گرامی، آزمایش اندازه‌گیری زمان واکنش به منظور آشنائی شما با مفاهیم آماری و اندازه‌گیری‌های تجربی طراحی شده است. این آزمایش همچنین شما را با تاخیر زمانی در واکنش شما به عوامل خارجی آشنا می‌کند. قرار است که بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمایش، پژوهشی در رابطه با اختلاف زمان واکنش میان دست راست و چپ، و مقایسهٔ آن در بین افراد راست دست و چپ دست انجام گیرد. در نتیجه، نتایج آزمایش شما (در صورت موافقت شما) به این منظور مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

در صورت تمایل به مشارکت در این پژوهش، خواهشمندیم فرم زیر را پر کرده و همراه با نتایج آزمایش تحویل نمائید. بدیهی است که اطلاعات خواسته شده در فرم، فقط به منظور تحقیق آماری استفاده خواهد شده و محفوظ خواهد ماند.

- به اعتقاد خودتان، شما چپ دست ☐ راست دست ☐ هستید.
- برای نوشتن از کدام دست استفاده می‌کنید؟ چپ☐ راست☐ هر دو☐
- در هنگام قیچی کردن، قیچی را در کدام دست می‌گیرید؟ چپ☐ راست☐ هر دو☐
- آیا در خانوادهٔ شما فرد چپ دستی وجود دارد؟ بلی☐ خیر☐