



ارائه یک طرح درس فیزیک

در جشنواره الگوهای برتر تدریس

فاطمه ابراهیمی بادی

مقدمه

خود انتخاب می‌کنند و دلیل این نامگذاری را نیز برای کلاس توضیح می‌دهند. اعضای گروه در هر جلسه از بین خودشان یک نفر را به‌عنوان سرگروه (گزارشگر) انتخاب می‌کنند و او وظیفه دارد طبق توضیحاتی که معلم در جلسه اول ارائه داده است گزارش کار گروه خود را به کلاس ارائه دهد.

طرح درس زیر برای تدریس یک جلسه (۳۰ دقیقه) فیزیک ۲ و آزمایشگاه تدوین و اجرا شده است. در این طرح درس نحوه نوشتن هدف‌ها کاملاً منطبق بر هدف‌گذاری تألیف کتب درسی جدید است. در مورد هدف‌های رفتاری قابل ذکر است که جملات نوشته شده با عبارت «دانش‌آموزان قادر خواهند بود» بیان نشده است زیرا با توجه به روش نوین یاددهی - یادگیری که معتقدیم گامی فراتر برای پرورش فکری دانش‌آموزان است، نمی‌توان جملات هدف‌ها را با فعل «قادر خواهند بود» مکتوب کرد و گاهی نیز نمی‌شود به همه هدف‌ها رسید، بنابراین هدف‌های رفتاری را با عبارت «عملکردهای مورد انتظار» مشخص می‌کنیم.

کلیدواژه‌ها: همیاری، مفهوم‌سازی، اکتشافی، انرژی پتانسیل

نگارنده همواره در تدریس فیزیک از روش‌های همیاری، مفهوم‌سازی، اکتشافی و یا ترکیبی از این روش‌ها استفاده می‌کند. زیرا این روش‌ها با توجه به مزایایی که دارند، برای دانش‌آموزان جذابیت بیشتری دارند و کلاس را از محیطی خشک به محیطی فعال تبدیل می‌کنند و نقش معلم را نیز از حالت رهبری به حالت تسهیل‌کننده تبدیل و رابطه نزدیک‌تری بین دانش‌آموز و معلم ایجاد می‌کنند و به‌ویژه دانش‌آموز را متوجه می‌کنند که مسئول یادگیری او خود اوست و...

در اینجا قصد دارم این کلاس‌ها را با کلاس‌هایی که با شرایط متفاوت دیگری اداره می‌شوند مقایسه کنم. در این روش‌ها اصولاً روی فعالیت‌های گروهی بسیار تأکید می‌شود، بنابراین در جلسه اول پس از آشنایی و معارفه مختصر با توجه به تعداد نفرات کلاس، دانش‌آموزان را بنا به علاقه خودشان که دوست دارند با کدام دانش‌آموزان در یک گروه باشند، به گروه‌های (تیم‌های) چهار نفره تقسیم می‌کنم و صندلی‌ها و میزها را طوری قرار می‌دهم که اعضای گروه روبه‌روی هم باشند و نسبت به معلم و تابلو نیز دید داشته باشند. همچنین هر گروه با توجه به واژه‌های درس فیزیک، نامی دلخواه برای گروه

۱. هدف کلی

آشنایی دانش‌آموزان با: مباحث انرژی پتانسیل گرانشی، انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی پتانسیل الکتریکی

۲. اهداف جزئی درس

دانش‌آموزان در فرایند تدریس باید:

- ۱-۲: با مفهوم تبدیل کار به انرژی آشنا شوند؛
- ۲-۲: چگونگی تبدیل انرژی را توضیح دهند؛
- ۲-۳: مفهوم انرژی پتانسیل گرانشی را درک کنند؛
- ۲-۴: با انرژی پتانسیل کشسانی آشنا شوند؛
- ۲-۵: دلایل این نامگذاری‌ها، برای این انرژی‌ها را بشناسند؛
- ۲-۶: انرژی پتانسیل الکتریکی را با توجه به آزمایش‌های انجام شده توضیح دهند؛
- ۲-۷: با تأثیر اصطکاک بر میزان ذخیره شدن انواع انرژی پتانسیل آشنا شوند؛
- ۲-۸: به همکاری در کلاس در جهت فهم و گسترش مطالب درسی علاقه‌مند شوند.

۳. عملکردهای مورد انتظار

پس از تدریس این درس از دانش‌آموزان انتظار می‌رود بتوانند:

- ۳-۱: مفهوم تبدیل کار به انرژی را توضیح دهند؛
- ۳-۲: چگونگی تبدیل انرژی را شرح دهند؛
- ۳-۳: مفهوم انرژی پتانسیل گرانشی را بیان کنند؛
- ۳-۴: شرح دهند که انرژی پتانسیل کشسانی چه نوع انرژی است؛
- ۳-۵: دلایل نامگذاری انواع انرژی پتانسیل را بیان کنند؛
- ۳-۶: تعریف انرژی پتانسیل الکتریکی را بنویسند؛
- ۳-۷: بتوانند تأثیر اصطکاک را بر میزان ذخیره شدن انواع انرژی پتانسیل توضیح دهند؛
- ۳-۸: با دیدن آزمایش انجام شده در مورد انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده تفاوت حالتی که بارها همنام هستند و حالتی که بارها ناهمنام‌اند را بیان کنند؛
- ۳-۹: با دیدن آزمایش‌ها و فیلم تهیه شده نتایج آزمایش را برشمارند؛
- ۳-۱۰: با میل و رغبت در بحث‌های کلاس و انجام آزمایش و فعالیت‌های محوله شرکت کنند؛
- ۳-۱۱: به مطالعه فعالانه و بیشتر در مورد انواع انرژی پتانسیل علاقه نشان دهند؛
- ۳-۱۲: با توجه به فرمول انرژی پتانسیل گرانشی، مسائل مربوط به این قسمت را حل و کمیت‌های مجهول مورد نظر را محاسبه کنند.

۴. مواد آموزشی و رسانه‌های مورد نیاز

۴-۱: گچ، ماژیک، تخته معمولی یا وایت‌برد و رایانه؛

۴-۲: CD یا فیلم آموزشی در ارتباط با انرژی پتانسیل (گرانشی، کشسانی، الکتریکی)؛

۴-۳: وسایل ساده آزمایشگاهی به‌خصوص دست‌سازهای دانش‌آموزان که نشانگر جنبه کاربردی انواع انرژی پتانسیل باشد.

۵. پیش‌بینی رفتار ورودی

از دانش‌آموزان انتظار داریم برای شروع درس جدید:

- ۵-۱: با انرژی پتانسیل گرانشی در حد تعریف و فرمول آشنا باشند؛
- ۵-۲: با انرژی پتانسیل کشسانی در حد تعریف آشنا باشند؛
- ۵-۳: با مفهوم کار و تبدیل انرژی آشنا باشند. (در حد کتاب‌های علوم دوره راهنمایی و اول فصل ۴)؛
- ۵-۴: با بارهای همنام و ناهمنام و نوع نیروی بین آن‌ها آشنا باشند.

۶. ارزشیابی ورودی

فرم شماره ۱ (مشمول بر ۳ سؤال مفهومی در مورد انرژی پتانسیل کشسانی)

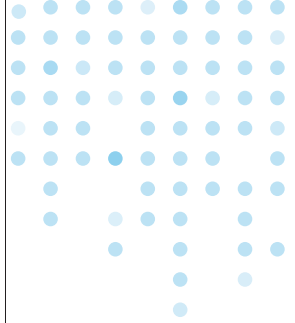
«دانش‌آموزان به‌صورت انفرادی پاسخ را می‌نویسند»

- ۶-۱: فرض کنید یک وزنه آهنی را به‌وسیله طناب و قرقره از روی زمین بلند می‌کنید و تا نزدیک سقف بالا می‌برید. به نظر شما آیا در این حالت وزنه انرژی دارد؟ چه نوع انرژی دارد؟ از کجا می‌توان فهمید؟
- ۶-۲: آزمایشی طراحی و اجرا کنید که نشان دهد انرژی به‌صورت پتانسیل ذخیره و سپس آزاد می‌شود.
- ۶-۳: با چه نوع انرژی پتانسیل قبلاً آشنا شده‌اید، نام ببرید و تعریف کنید.

۷. فعالیت‌های آموزشی (مراحل تدریس)

- ۷-۱: سلام و احوال‌پرسی و حضور و غیاب؛
- ۷-۲: خواستن گزارش کار از سرگروه‌های این جلسه (شامل: بررسی انجام تکالیف اعضای گروه - درس پرسیدن از اعضا توسط سرگروه‌ها) و بررسی گزارش‌ها؛
- ۷-۳: رفع اشکال درس جلسه قبل
- ۷-۴: فرم شماره ۱
- ۷-۵: معرفی درس جدید: در این بخش به‌منظور ایجاد زمینه برای شروع تدریس (ایجاد انگیزه) و تمرکز حواس دانش‌آموزان و همچنین مطرح کردن موضوع درس به‌طور غیرمستقیم، فیلم یا اسلایدهایی نمایش داده می‌شود و ذکر می‌شود که مشاهده دقیق یادشان نرود؛ موضوع اسلایدها و فیلم عبارت‌اند از:

- انجام آزمایش جسم و سطح شیب‌دار؛
- انجام آزمایش گلوله و فنر که در استوانه مدرج قرار دارد؛
- کار با تیر و کمان و کش؛



که قبلاً آموزش داده شده ارزیابی کنند و به گروه خود امتیاز دهند.

فرم شماره ۳
«پاسخ پرسش‌های مطرح شده در بند ۷-۷ به صورت گروهی»

۷-۹: ملاک‌های ارزیابی یا روش ارزیابی پاسخ‌هایی که دانش‌آموزان به پرسش‌هایی داده‌اند که قبلاً در کلاس توضیح داده شده است عبارت‌اند از:

اطمینان کامل دارم: ۵ امتیاز

اطمینان دارم: ۴ امتیاز

خیلی مطمئن نیستم: ۳ امتیاز

مطمئن نیستم: ۲ امتیاز

اصلاً اطمینان ندارم: ۱ امتیاز

در اینجا به بچه‌ها اعلام می‌شود با توجه به مجموع امتیازهای گروهی و فردی که کسب خواهند کرد برای آن‌ها جوایز نفیسی از جمله گردش علمی (اردو) در پایان نیمسال در نظر گرفته شده است.

۷-۱۰: **خطاب به دانش‌آموزان:** با توجه به مطالب گفته شده و آزمایش‌ها و مشاهداتی که داشتید کدام یک از شما می‌تواند مفاهیم را جمع‌بندی کند تا به دوستان خود، در درک آن‌ها کمک کرده باشد!

۷-۱۱: خطاب به دانش‌آموزان

قرار بود شما به صورت گروهی (نمونه‌ای از فنرها، چند قطعه چوب هم اندازه، چند توپ در اندازه‌های کوچک و بزرگ و چیزی شبیه ریل) تهیه کنید و به همراه اسباب‌بازی کوکی، ساعت کوکی قدیمی و دست‌سازه‌ای یا فیلمی در مورد بارهای الکتریکی، به مدرسه بیاورید.

الف - با توجه به آزمایشی که ترتیب می‌دهید فنرها را طبقه‌بندی کنید و عوامل مؤثر در میزان انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنرها را در جدولی ثبت کنید. (صفحه ۸۵ کتاب را نگاه کنید) (مطالب تکمیلی در فرم تعامل دانش‌آموز و معلم)

ب - با استفاده از وسایلی که آورده‌اید آزمایشی طراحی و اجرا کنید که نشان دهد میزان انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم به چه عواملی بستگی دارد. کاری که برای بالا بردن جسم انجام دادیم چه می‌شود؟

$$W=mgh$$

$$W=U$$

$$U=mgh$$

(صفحه ۸۴ کتاب را نگاه کنید) (مطالب تکمیلی در فرم تعامل دانش‌آموز و معلم)

پ- با توجه به مطالبی که سال‌های گذشته در مورد بارهای الکتریکی خوانده‌اید آیا در مورد انرژی پتانسیل الکتریکی چه

- استفاده از ماکت بارهای الکتریکی (دانش‌آموزان در نقش بارهای الکتریکی همنام و ناهمنام نمایش بازی می‌کنند) و یا استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای؛

- دانش‌آموزی روی تشک فتری می‌پرد یا روی تخته فتری ژیمناستیک می‌پرد.

خطاب به دانش‌آموزان

حتماً متوجه موضوع درس امروز شدید. در این جلسه ضمن یادآوری مطالب سال گذشته جزئیات گسترده‌تری در مورد انرژی پتانسیل گرانشی و انرژی پتانسیل کشسانی و مطالبی در مورد انرژی پتانسیل الکتریکی خواهیم آموخت.

۷-۶: از دانش‌آموزان خواسته می‌شود در ارتباط با فعالیت‌ها و آزمایش‌های انجام شده بخش قبل با اعضای گروه خود گفت‌وگو کنند و مشاهدات خود را در برگه‌ای که در اختیار دارند به صورت گروهی بنویسند. (در فرم شماره ۲)

«ثبت مشاهدات مربوط به آزمایش‌های بند ۵-۷»

ثبت مشاهدات کمی	
ثبت مشاهدات کیفی	

۷-۷: خطاب به دانش‌آموزان: (طرح سؤال برای سیال‌سازی ذهن)

- در آزمایش سطح شیب‌دار چگونه می‌توان فهمید جسم دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؟ چگونه اندازه‌گیری کنیم؟ کاری که برای بالا بردن جسم انجام دادیم چه شد؟ فرضیه شما چیست؟

- در آزمایش گلوله و فنر چرا هر چه فنر فشرده‌تر می‌شود سرعت حرکت گلوله کمتر می‌شود؟ چه اتفاقی می‌افتد که گلوله سرانجام متوقف می‌شود؟ در موقع برگشت، گلوله انرژی را از کجا آورده است و از چه نوعی است؟ آیا تبدیل انرژی صورت گرفته است؟ چه حدسی می‌زنید؟ - اگر همین آزمایش را در محیطی مثل آب انجام دهیم (داخل آب) شما پیش‌بینی می‌کنید فنر بیشتر فشرده شود؟ پیش‌بینی خود را تفسیر کنید.

- در نمایش انجام شده اگر دو بار همنام را به یکدیگر نزدیک کنیم انرژی پتانسیل الکتریکی آن‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

- اگر دو بار ناهمنام را از یکدیگر دور کنیم انرژی پتانسیل آن‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

۷-۸: از دانش‌آموزان خواسته به پرسش‌های مطرح شده در بند (۷-۷) توجه کنند. اعضای گروه با هم مشورت کنند و سپس پاسخ‌های گروه را در فرم شماره ۳ بنویسند و تحویل دهند و سرگروه‌های این جلسه جواب‌های گروه را جدا از ارزیابی معلم با توجه به کلید سؤالات و ملاک‌های ارزیابی

طراحی آزمایشی را پیشنهاد می‌کنید؟ به نظر شما میزان انرژی ذخیره شده به چه عواملی بستگی دارد؟ (مطالب تکمیلی را در فرم تعامل دانش‌آموز و معلم)

- در (الف و ب و پ) چگونه می‌توان پی برد که در فنر و جسم و بارهای الکتریکی انرژی پتانسیل ذخیره شده است؟
(معلم به میان دانش‌آموزان می‌رود و اشکال و کم‌کاری بعضی دانش‌آموزان را اگر باشد برطرف می‌کند.)

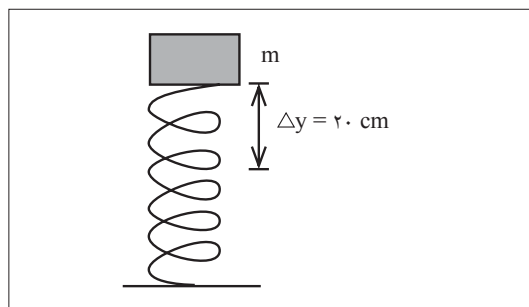
۷-۱۲: قطعا دانش‌آموزان برای پرسش‌های مطرح شده در بند ۷-۱۱ جواب‌هایی می‌دهند و پرسش‌های دیگری نیز مطرح می‌کند.

۷-۱۳: نتیجه‌گیری کاربردی (توسط معلم): تا اینجا راجع به عوامل مؤثر بر میزان انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر و چگونگی ذخیره شدن این نوع انرژی اطلاعاتی به دست آورده‌ایم. در مورد انرژی پتانسیل گرانشی و عوامل مؤثر بر میزان ذخیره شدن این نوع انرژی نیز صحبت شد. همچنین راجع به انرژی پتانسیل الکتریکی و چگونگی ذخیره شدن آن گفت‌وگو کردیم و تا حد زیادی پاسخ پرسش‌هایمان را گرفتیم و می‌توانیم مقدار انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم (با توجه به فرمولی که به دست آوردیم) ولی در عین حال از شما می‌خواهم تا خودتان بیشتر بررسی کنید و من هم تحقیق می‌کنم.

۷-۱۴: آزمون تکوینی: در این مرحله از جلسه امروز اطلاعات قبلی خودمان را با اطلاعات فعلی مقایسه کردیم و می‌کنیم. (در حین تدریس به صورت پرسش‌های امتیازی مطرح شده است و هدف از آن‌ها پی بردن به نقاط ضعف و قوت دانش‌آموزان است که در طول تدریس باید رفع شود)

«نمونه پرسش‌های آزمون تکوینی که طی تدریس پرسیده می‌شود»

۱. انرژی لازم برای پرش ورزشکارانی که در فیلم پخش شده از تلویزیون روی تخت فنری می‌پزند از کجا تأمین می‌شود؟
۲. در کتابی که معرفی شد و مطالعه کردید چرا هر چه فنر فشرده‌تر و یا کشیده‌تر می‌شود انرژی پتانسیل کشسانی آن نسبت به حالت آزاد فنر بیشتر است؟
۳. در شکل زیر، جرم جسم 2kg است. انرژی پتانسیل گرانشی جسم- فنر را محاسبه کنید. ($g = 10\text{ m/s}^2$)



۸. فعالیت‌های پس از تدریس

۸-۱: خطاب به دانش‌آموزان: حالا کدام یک از شما یا کدام گروه می‌تواند خلاصه درس این جلسه را به کمک اورهد یا نوشتن روی تخته توضیح دهد.

۸-۲: منابع تکمیلی کتاب در ارتباط با موضوع درس، که معرفی می‌شود:
- معرفی فیلم و CD آموزشی موجود در مخزن نوار و CD مدرسه؛

- معرفی سایت‌های آموزشی اینترنتی؛
- معرفی کتاب (کتاب فیزیک بلت، کتاب هالیدی جلد اول، کتاب فیزیک اوهانیا جلد اول)

۸-۳: ارزشیابی پایانی: پرسش‌ها طی فرم شماره ۴ داده می‌شود تا نمره گروهی و انفرادی دانش‌آموزان محاسبه شود. (فرم شماره ۴ که مشتمل بر ۴ پرسش مفهومی در مورد انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی پتانسیل گرانشی است.)

۸-۴: تکلیف جلسه آینده:
تمرین ۴-۳ از صفحه ۸۷ کتاب، فعالیت ۴-۳ از صفحه ۸۶ کتاب، و پرسش ۱ کتاب و مسئله ۱ کتاب صفحه ۹۲ کتاب، سوالات ۷ و ۸ پلی کیپی فصل.

۸-۵: صحبت در مورد موضوع درس جلسه بعد:
برای جلسه آینده فکر می‌کنید مباحث درسی چه باشد؟ (صحبت بیشتری در مورد توان و بازده)
حتماً پیش مطالعه شود.

۹: صحبت در مورد مسابقات دهه فجر و موضوع‌های پژوهشی پیشنهادی

- مسابقات علمی از نگاه هنر (نمایشی، ادبی، تجسمی) در ارتباط با فیزیک؛

- ساخت وسیله (تهیه ابزارهای آزمایشی که جنبه کاربردی داشته باشند در ارتباط با فیزیک به خصوص فریک سال دوم)؛
- انجام تحقیقات در ارتباط با فیزیک و موضوع‌های پژوهشی پیشنهادی روی تخته اعلام شده است. (تحقیقاتی که فقط گردآوری یا رونویسی نباشد، بلکه تمامی موارد روش تحقیق در آن رعایت شود همان‌طور که قبلاً آموزش داده شده است)؛
- مسابقه روزنامه دیواری و کاریکاتور در ارتباط با تمام مباحث فیزیک دوم)؛
- مسابقه تهیه نشریه برتر فیزیک.

۱۴. منابع استفاده شده برای تدوین طرح درس حاضر:

- ۱-۱۴: کلیات روش تدریس، نادرقلی قورچیان
- ۲-۱۴: الگوهای جدید تدریس، دکتر محمد رضا بهرنگی
- ۳-۱۴: روش‌های تدریس بر مبنای راهبردهای فراشناختی، دکتر علی رضا خورشیدی، شهاب‌الدین غندالی، حسین فخری



کار به صورت انرژی پتانسیل گرانشی در جسم ذخیره می شود $(W=U)$. در طراحی های آزمایشی که داشتیم و اجرا کردیم پی بردیم انرژی پتانسیل گرانشی با جرم جسم (M) و ارتفاع (h) و شتاب جاذبه زمین (g) بستگی دارد و رابطه به دست می آید:

پس انرژی پتانسیل گرانشی چنین تعریف می شود: انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم در یک نقطه نسبت به زمین برابر است با کاری که انجام می دهیم تا جسم را با سرعت ثابت از سطح زمین تا ارتفاع h منتقل کنیم. باید نیرویی برابر وزن جسم رو به بالا وارد کنیم $(F=mg)$ تا جسم را با سرعت ثابت تا ارتفاع h بالا ببریم:

$$W=mgh\cos(\theta)$$

$$W=U$$

$$U=mgh$$

پ: دانش آموز: در هر حالت بارها همانم و بارهای ناهمنام، بارها ابتدا باید بطریقی ساکن نگه داشته شوند (اگر آزاد باشند حرکت خواهند کرد) پس می توان گفت مجموعه دو بار دارای انرژی پتانسیل است.

در این حالت نیز انرژی پتانسیل الکتریکی تعریف می شود: کاری که با سرعت ثابت برای نزدیک کردن دو بار همانم و دور کردن دو بار ناهمنام انجام می دهیم به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در دو بار ذخیره می شود و فرمول محاسبه آن را سال های بعد می آموزیم.

بند ۱۳-۷: معلم: مطالب همین بند در طرح درس و تکرار مطالب بالا را بیان می کند.

بند ۱-۸: دانش آموز اول داوطلب روی تخته یا طلق (اورهد) می نویسد: در یک جمله کوتاه (در مورد بند ۱۱-۷ قسمت الف)

دانش آموز دوم داوطلب روی تخته یا طلق (اورهد) می نویسد: در یک جمله کوتاه (در مورد بند ۱۱-۷ قسمت ب)

دانش آموز سوم داوطلب روی تخته یا طلق (اورهد) می نویسد: در یک جمله کوتاه (در مورد بند ۱۱-۷ قسمت پ)

- ۴-۱۴: کتاب آشنایی با یادگیری از طریق همیاری، ترجمه طاهره رستگار و مجید ملکان
 ۵-۱۴: کتاب درسی فیزیک ۲ و آزمایشگاه
 ۶-۱۴: کتاب آموزشی بلت
 ۷-۱۴: کتاب فیزیک اوهانیان جلد اول
 ۸-۱۴: سایت های اینترنتی
 ۹-۱۴: مجلات رشد معلم و فیزیک

پیوست

فرم تعامل دانش آموز و معلم:

بند ۱۰-۷ و (بند ۸-۷ مختصر): دانش آموز: در اسلاید دیدیم که جسم روی سطح شیب دار به دلیل ارتفاعش از سطح زمین دارای انرژی پتانسیل گرانشی بود و زمانی که رها شد در اثر انرژی پتانسیلی که داشت به طرف پایین حرکت کرد و کاری که قبلاً انجام شده بود به صورت انرژی پتانسیل ذخیره شده بود. (رها کردیم حرکت کرد)

- در مورد گلوله و فنر داخل استوانه مدرج، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر باعث بالا رفتن گلوله شد زیرا گلوله موقع پایین آمدن روی گلوله کار انجام داد و کار انجام شده به صورت انرژی پتانسیل در فنر ذخیره شد (گلوله بعد از چند لحظه رو به بالا حرکت می کند)

- کاری که روی بارهای الکتریکی انجام شده (بارهای همانم را نمی گذاریم از هم دور شوند و بارهای ناهمنام را نمی گذاریم به هم نزدیک شوند) نیز به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در آن ها ذخیره شد.

بند ۱۱-۷: الف: دانش آموز: در این حالت می توان گفت کاری که با سرعت ثابت برای کشیدن فنر از یک نقطه تا نقطه دیگر و یا فشردن آن از یک نقطه تا نقطه دیگر انجام می دهیم به صورت انرژی پتانسیل کشسانی در فنر ذخیره می شود و به بیان دیگر (انرژی پتانسیل فنر در یک حالت خاص نسبت به حالت آزاد فنر، برابر است با کاری که انجام می دهیم تا آن را از حالت آزاد با سرعت ثابت به حالت ذکر شده برسانیم و مقدار کشیدگی و فشردگی فنر روی مقدار انرژی ذخیره شده تأثیر دارد پس U متغیر است).

ب: دانش آموز: در این قسمت باید توجه کنیم که برای بالا بردن توپ تا ارتفاع h باید کار انجام دهیم (W) و این