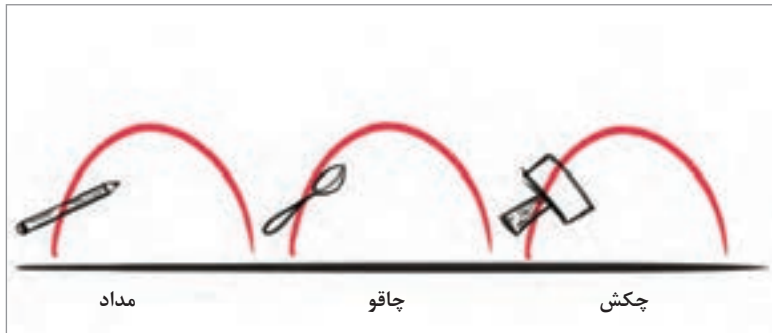


## چرخش اجسام

در این قسمت، نمودار حرکتی چکش طراحی شده است که می توان اجسام دیگری مثل قاشق، مداد و چیزهای دیگری مانند اینها را بر این نمودار اضافه کرد. نمودار، همان است فقط مرکز ثقل ها تغییر می کند به نمودار زیر توجه کنید:



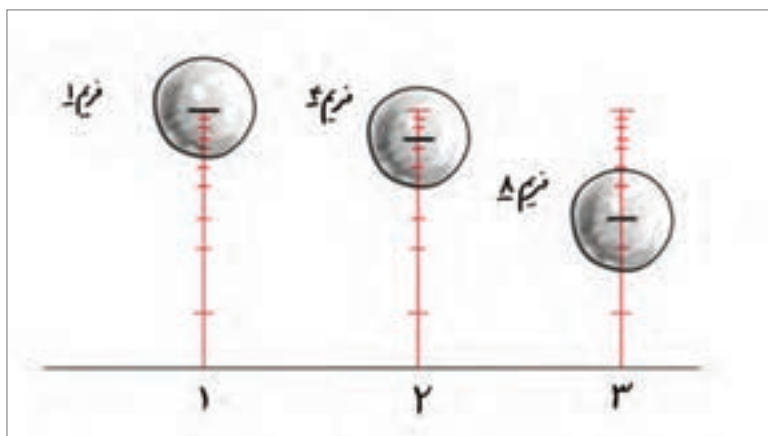
در صورت تغییر مرکز ثقل ها، اجسام همچنان حول محور ثقل خود می چرخند و متحرک سازی آنها بر اساس وزنی که دارند تغییر می کند و اصل حرکت همچنان در جای خود پا برجا می ماند.

## دنباله ها و هم پوشانی

در این بخش اولین و ساده ترین مثال را می توان برای هنرجویان توضیح داد. یک برگه A4 را در دست گرفته و آن را به اطراف حرکت دهید و در آن می توان موارد اتصال دنباله ها، انعطاف پذیری و مقاومت هوا را به طور کامل توضیح داد. در صورت وجود برگه هایی با وزن های متفاوت، می توان تأثیر وزن بر مقاومت هوا را به طور واضح بیان کرد.

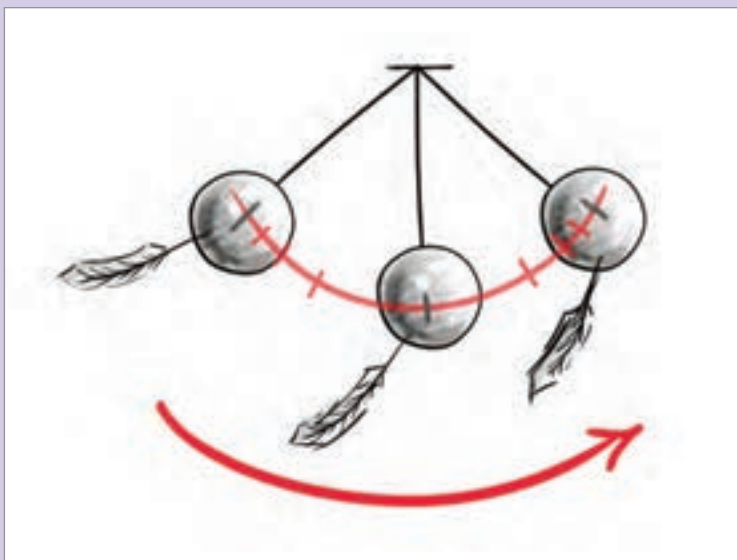
در مثال دویدن دسته جمعی، هدف فقط تصویری از هم پوشانی بوده است. می توان مثال های دیگری هم مانند رژه سربازان را بیان کرد که در رژه، پاهای سربازان به صورت منظم حرکت می کنند ولی اگر هر سرباز برای خود قدم بردارد حرکت از حالت نظم خارج شده و حالت نرم تری به خود می گیرد. در تمرین شماره ۱، فرود آمدن ۳ توپ همان حرکت افتادن توپ است که در فصل اول کتاب توضیح داده شد.

توپ‌ها ۲ یا ۳ فریم یا بیشتر، با هم اختلاف زمانی دارند، مثلاً اگر توپ شماره ۱ فریم ۱ باشد، توپ شماره ۲ فریم ۴ و توپ شماره ۳، فریم ۸ می‌باشد.



در تمرین آونگ و پَر، پر به علت اتصال با آونگ حرکت می‌کند و به علت مقاومت هوا و سبک بودن پَر، در صورتی که آونگ به راست حرکت کند پر به چپ حرکت می‌کند و برعکس.

حل تمرین





برای این تمرین حتماً از پرگار برای رسم نمودار حرکتی استفاده شود.

## شیوه تدریس

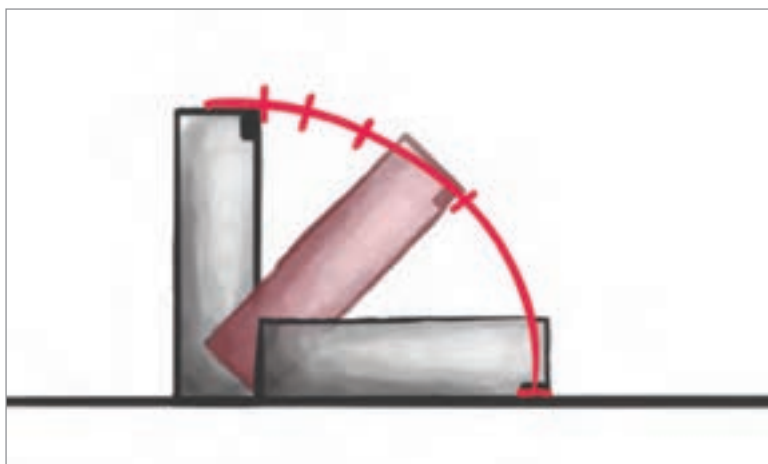
### انتقال نیرو در مفاصل

از این قسمت به بعد می‌توانید برای راحتی و تمیزی کار از یک الگو استفاده کنید و یکی از مفصل‌ها را به همراه بازو جداگانه طراحی کنید و در صورت نیاز از آن استفاده کنید.

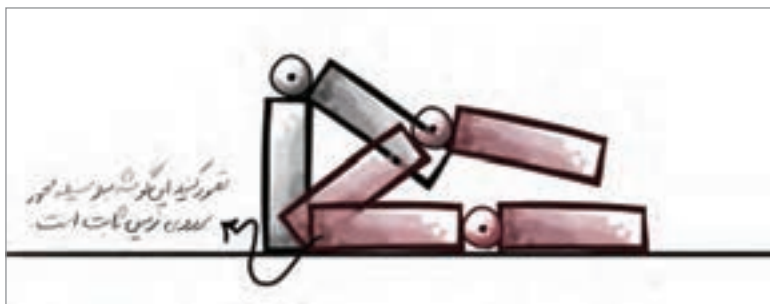


### الگو

این کار باعث می‌شود تا بازوها در تمامی فریم‌ها به یک اندازه طراحی شوند و از کوچک و بزرگ شدن آنها جلوگیری می‌شود. در کلاس با هنرجویان تمرین بازو و ریسمان کار شود. به دلیل اینکه ریسمان انعطاف پذیر است و هنرجویان را درگیر اندازه‌ها نمی‌کند، می‌تواند تمرین مناسبی برای مفاصل باشد و زمان زیادی برای طراحی آن صرف نمی‌شود. در این بخش باید دقت شود که مسیر حرکت چرخش بازو با پرگار مشخص شود. همان طور که گفته شد ابتدا ریسمان کاملاً کشیده شده و سپس بازو حول مرکز ثقل خود به گردش درمی‌آید و بر زمین می‌افتد و بعد ریسمان، آن را به بیرون کادر انتقال می‌دهد.

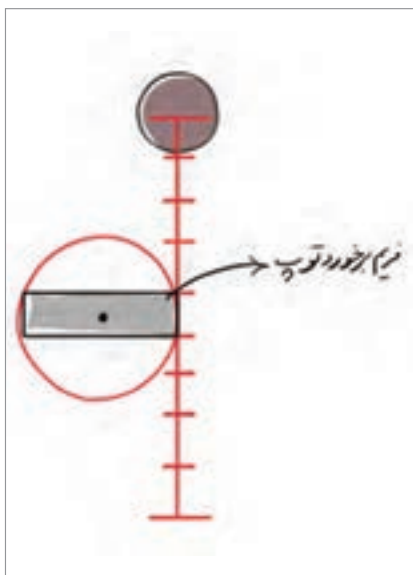


به مربع کوچک مشکی در گوشه بالای سمت راست دقت کنید. این گوشه بر روی نقاط نمودار قرار می‌گیرد. بعد از آنکه ریسمان و بازو کاملاً در ذهن هنرجویان جای گرفت، می‌توان تمرین بعدی را - که به جای ریسمان، بازوی دیگری قرار می‌گیرد و بازوها به کمک مفصل به هم متصل می‌شوند - در کلاس انجام داد.



بازوی شماره دو به کمک دست کشیده می‌شود و قانونی برای کشیدن آن وجود ندارد هم می‌توان آن را از پایین کشید و هم از بالا.

در تمرین این بخش، توپ به سرعت از بیرون و بالای کادر وارد و از پایین کادر خارج می‌شود. در این قسمت به دلیل آنکه شروع و پایان توپ را نمی‌بینیم نمودار حرکتی آن یکنواخت خواهد بود. توپ حرکت خود را در هنگام برخورد با بازو ادامه می‌دهد و سرعت خود را کند نمی‌کند.



به نمودار یکنواخت زیر توجه کنید. نمودار بازو را با پرگار طراحی می‌کنیم و تقسیم‌بندی‌ها را انجام می‌دهیم. در لحظه برخورد، در طراحی بازو به علت شتاب زیاد، فاصله طراحی دوم بیشتر خواهد بود و رفته رفته فواصل آن بیشتر می‌شود.

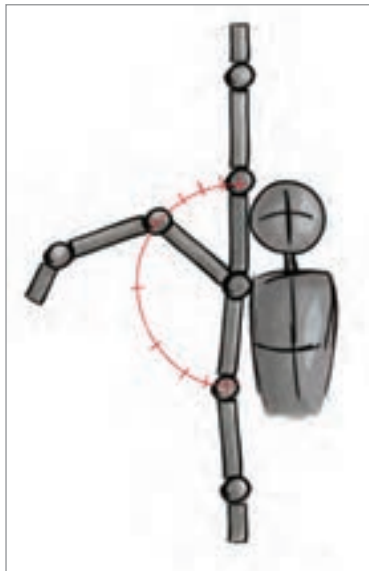
بگذارید هنرجویان در تقسیم بندی ها و میزان چرخش بازو آزادانه عمل کنند تا معنی درست زمان بندی در ذهنشان بنشیند. در پایان برای ایست کامل، فواصل به هم نزدیک شده و در نهایت بازو می ایستد.

### افتادن و بلند شدن مفصل ها:

در این قسمت می توان از دست و انگشتان هم برای مثال ها استفاده کرد. تمرین داده شده همان دست شخصیت است که از آرنج بر روی میز می شکند (می افتد و بلند می شود).



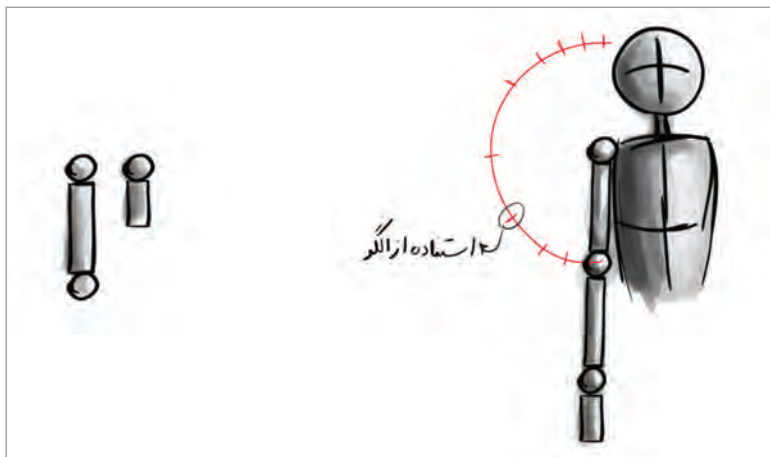
اگر دست را بدون انعطاف بالا و پایین ببریم متحرک سازی خشک خواهد شد. هنرجویان می توانند این حرکت ساده را در کلاس انجام دهند و آن را ببینند. آنها می توانند تمرین افتادن و بلند شدن را بین ۱۰ الی ۱۵ فریم در کلاس اجرا کنند.



تمرین دست شخصیت به آن دلیل وارد شد که پیش زمینه ای باشد برای آشنایی هنرجویان با شخصیت و مفاصلی که در آن وجود دارد. سعی شود تا جایی که امکان دارد هنرجویان تمام حرکت های انعطاف پذیر مانند شخصیت، پارچه، طناب و مانند اینها را به صورت مفاصل، آنالیز کنند تا در درک متحرک سازی، سریع تر به هدف برسند شکل روبه رو.

در تمرین زیر برای حس انعطاف پذیری، مفاصل را می شکنیم. در واقع دست به این صورت نمی شکند. در پویانمایی برای انتقال حس فانتزی و انعطاف بیشتر می توانیم با خلاقیت خود؛ این شکستگی را بیشتر کنیم.

هنرجویان می توانند در هنگام بالا بردن دستان، از خود فیلم تهیه کنند و بعد از نگاه کردن حرکت واقعی، با خلاقیت خود میزان شکستگی را بیشتر کنند. در اینجا داشتن الگو کمک می کند تا اندازه‌ها تغییر نکنند و به راحتی متحرک‌سازی را مانند الگوهای زیر انجام دهند.



الگو را در زیر فریم قرار می دهیم و به کمک میز نور آن را در مسیر حرکتی طراحی می کنیم.

### مفصل دوتایی:

در اینجا مقاومت هوا به طور آشکارا نمایان است و با چپ و راست بردن مفصل می توان تأثیر آن را بر روی مفصل آویز مشاهده کرد. همان طور که گفته شد نمودار حرکتی این مفصل دوتایی به دلیل اینکه شروع و پایان آن را در تصویر مشاهده می کنیم. تندشونده و کندشونده می باشد. این تمرین را می توانید به صورت تک فریم در تعداد فریم‌های اختیاری انجام دهید.

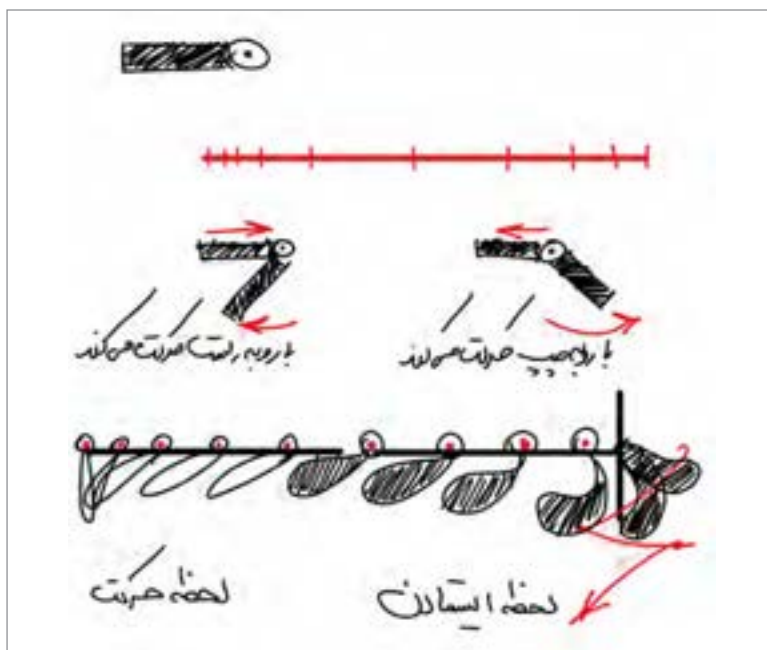
برای مثال، بازو در ۱۳ فریم از چپ به راست حرکت می کند و برای بازوی آویز دنبال آن، ابتدا مسیر حرکت و فاصله‌گذاری را انجام می دهیم و سپس طراحی‌ها را فریم به فریم طراحی می کنیم.

پس از طراحی به کمک میز نور، فریم‌ها را براساس تقسیم‌بندی طراحی می کنیم. شروع حرکت ابتدا کند و بعد شتاب می گیرد و در نهایت هنگام ایستادن، سرعت حرکت کند می شود. باید توجه داشت مسیر حرکت به هر سمتی که باشد بازوی متحرک و آویز، خلاف آن حرکت می چرخد.

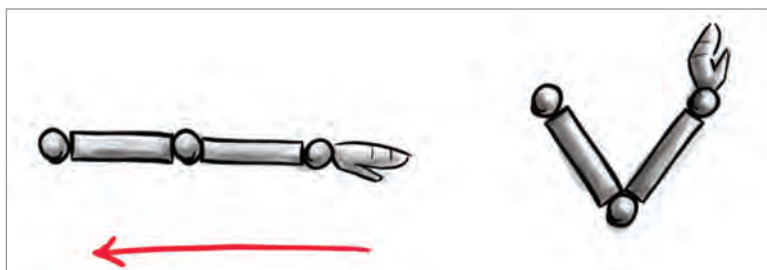
برای متحرک‌سازی بازوی آویز می توان به کمک پرگار نموداری جداگانه طراحی کنید و یا با استفاده از الگو، فریم‌ها را طراحی کرد. در لحظه ایستادن، بازوی متحرک

فصل دوم: متحرک سازی مفصلی

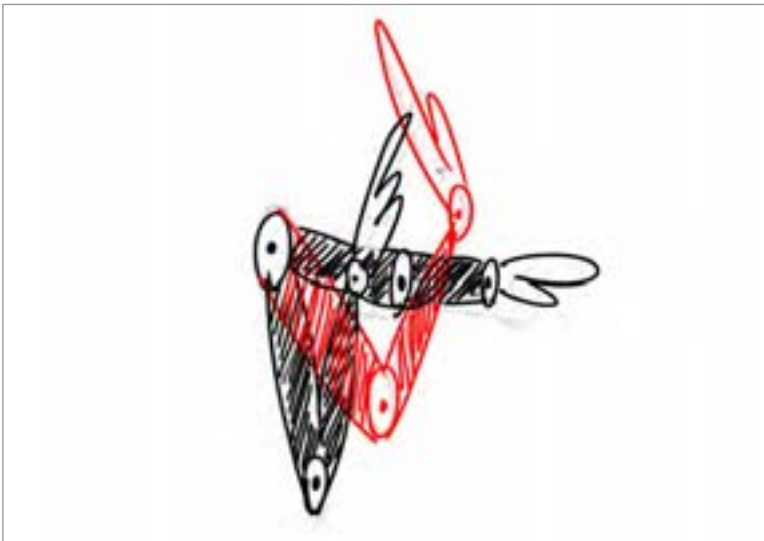
و آویز بعد از کاهش مقاومت به سکون می‌رسد. در این بخش می‌توان مثال‌های دیگری را هم گفت مانند گوش سگ در شکل زیر.



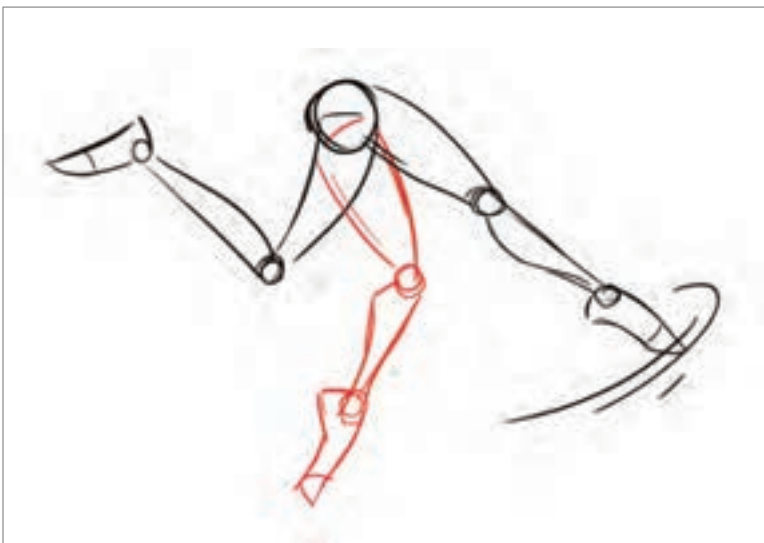
برای آنکه هنرجویان از سادگی بیش از حد بازوها و مفاصل خسته نشوند می‌توانید مثال‌هایی از بدن شخصیت را برای آنها بیاورید و کاربرد استفاده از مفاصل را در این فصل برای آنها توضیح دهید. برای مثال به تصاویر زیر توجه شود:



وقتی دست به عقب کشیده می‌شود.



دستی که به جلو اشاره می‌کند.



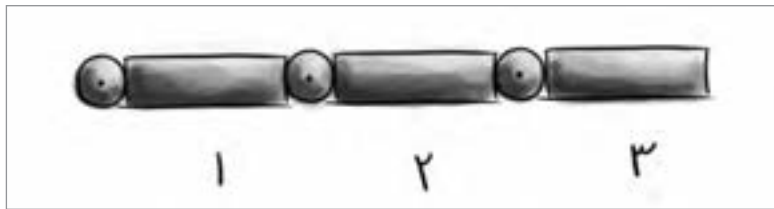
پا در حال شوت زدن

بعد از آنکه به هنرجویان چند تمرین داده شد در کلاس از آنان بخواهید تا مثالی بزنند و فریم‌های حرکتی آن را طراحی کنند، در صورت درست بودن حرکت می‌توان آنها را اسکن و تبدیل به فیلم کرد.



### مفصل سه تایی:

یکی از اهداف این بخش آن است که هنرجویان بدانند که بازوها چگونه به کمک مفاصل به یکدیگر متصل هستند و یکی پس از دیگری همدیگر را کنترل می کنند. در این مثال ۳ مفصل داریم که می خواهیم یکی از مفاصل را که بازوها به کمک مفاصل دیگر به آن متصل هستند، بچرخانیم. در اینجا بازوها به ترتیب حرکت می کنند و تا زمانی که مفصل اول حرکت نکند بازوها و مفاصل دیگر حرکت نمی کنند.

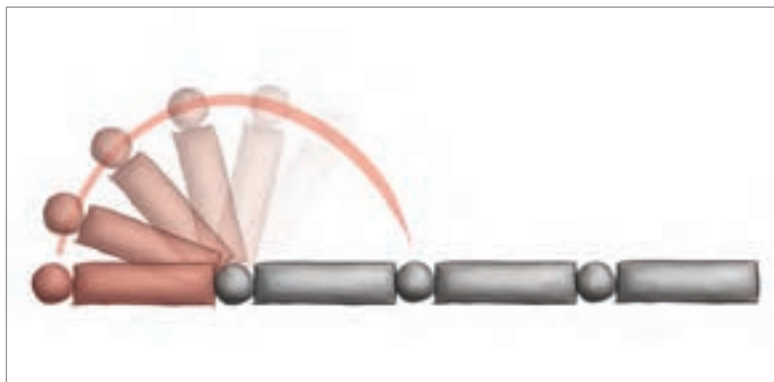


ابتدا نمودار حرکتی را روی بازوی اول کشیده و باقی مفاصل را به عنوان دنباله، متحرک سازی می کنیم.

این نمودار، می تواند حرکتی یکنواخت داشته باشد مانند آنکه مفصل به کمک قطعه‌ای مکانیکی به گردش درمی آید و یا از گُندِ شروع و تندِ پایان، حرکت را متحرک سازی کرد.

بر اساس تقسیم بندی نمودار شروع، میانه و پایان را طراحی می کنیم و کلیدهای حرکتی را به آن اضافه می کنیم.

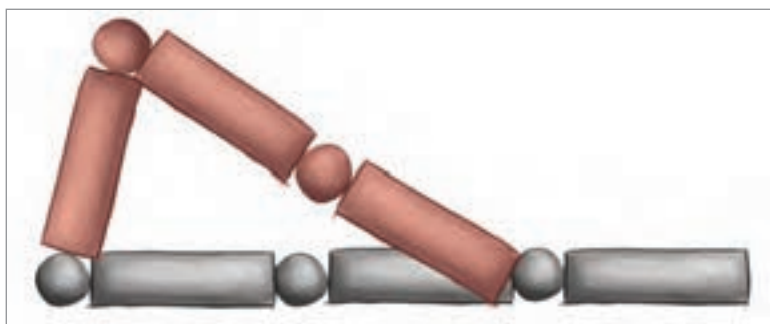
برای راحتی کار می توان بازوی اول را به طور کامل متحرک سازی و بعد بازوهای بعدی را مانند شکل به آن اضافه کنیم.



دقت داشته باشید تا زمانی که بازوی اول به طور کامل نچرخیده است؛ بازوی بعدی از روی زمین بلند خواهد شد.

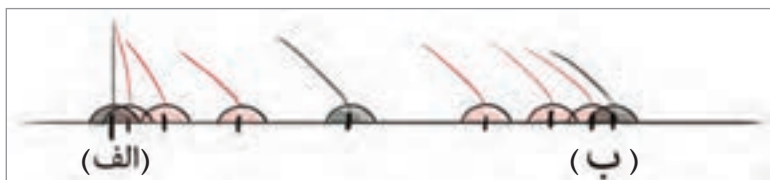


بازوی شماره ۳ کمی به چپ کشیده می شود.



در فریم ۵، بازوی ۲ به طور کامل از روی زمین بلند می شود.

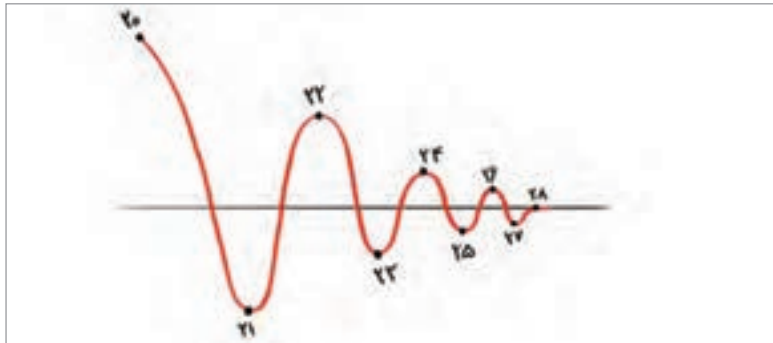
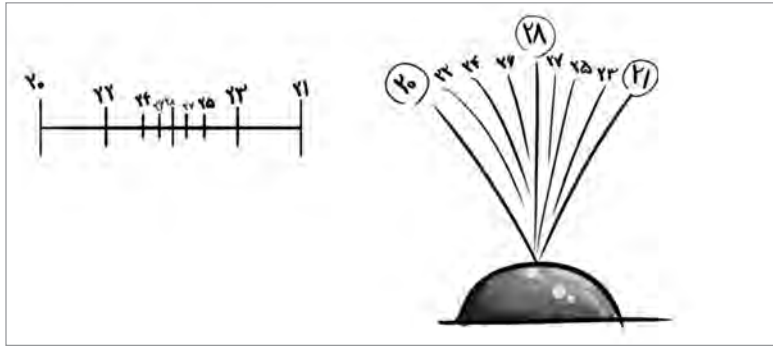
در این تمرین به آنتن جنسیت داده شود تا کمی ذهن را درگیر کند مثلاً جنس فنر که هم ایستادگی دارد و هم انعطاف پذیر است. مانند قبل اول نمودار را طراحی و بعد نیم‌دایره را می کشیم در نهایت آنتن را به آن اضافه می کنیم. می توانید با سلیقه خود تعداد فریم‌ها را تغییر دهید.



زمانی که نیم‌دایره در نقطه (ب) ایستاد، آنتن پس از مقداری لرزش می ایستد.

## فصل دوم: متحرک سازی مفصلی

برای متحرک سازی لرزش، از روش زیر استفاده می کنیم. برای مثال از فریم ۲۰ شروع می شود.



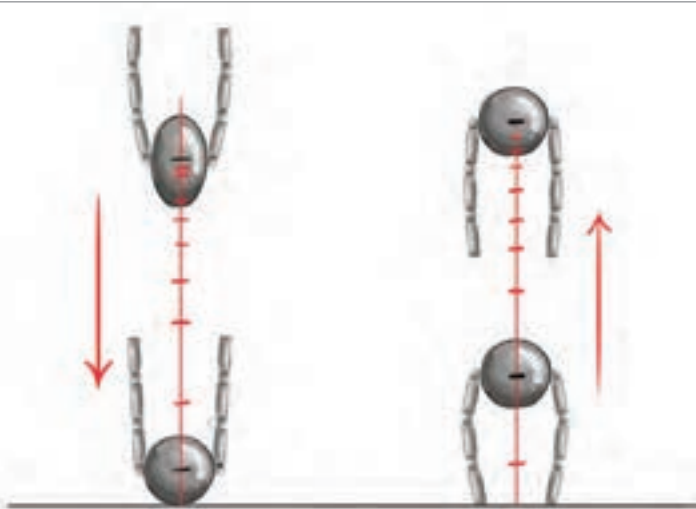
نمودار سینوسی حرکت ارتعاشی

### ترکیب مفصل و توپ

در ترکیب مفصل و توپ ابتدا توپ را مانند فصل اول متحرک سازی می کنیم و سپس مفصل ها را به آن اضافه می کنیم. ابتدا مسیر حرکت توپ را مشخص می کنیم. می توانید از فشردگی و کشیدگی هم استفاده کنید و اگر استفاده نکردید مشکلی به وجود نخواهد آمد به دلیل آنکه در این متحرک سازی نوع حرکت مفصل ها مهم است.



الگو



در زمان بازگشت بازوها تغییر جهت می دهند  
 و خلاف مسیر می چرخند  
 در لحظه برخورد بازوها هم چنین با افترا در می آیند

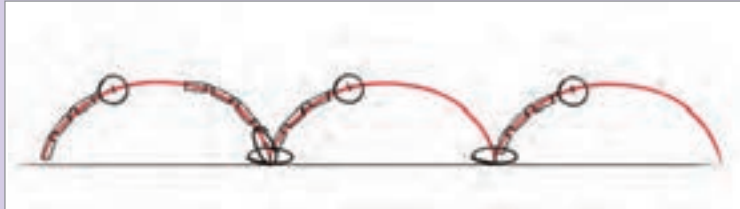


در لحظه تغییر مسیر

حل تمرین



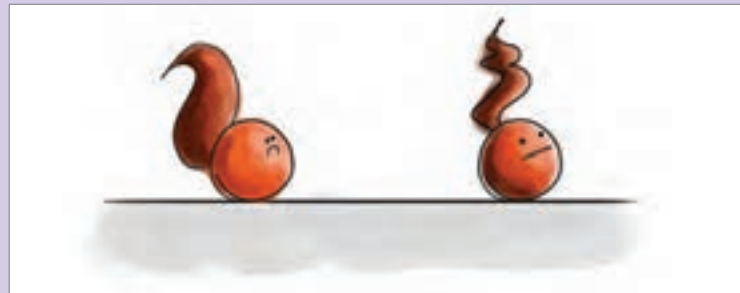
در تمرین این بخش ابتدا مسیر حرکت را مشخص کرده و سپس کلیدهای اصلی را طراحی می‌کنیم.



سپس بر اساس زمان‌بندی فریم‌های میانی را طراحی می‌کنیم. در لحظه برخورد، توپ قبل از جمع شدن کامل به زمین برخورد می‌کند و سپس جمع می‌شود. در لحظه بلند شدن، توپ را کمی از زمین فاصله می‌دهیم تا حس چسبندگی به زمین را از بین ببریم.



مفاصل را در مسیر حرکتی طراحی کنیم. پس از این تمرین، می‌توانید توپ را به یک شخصیت ساده و بازوها را به مو و یا دم تبدیل کنید.



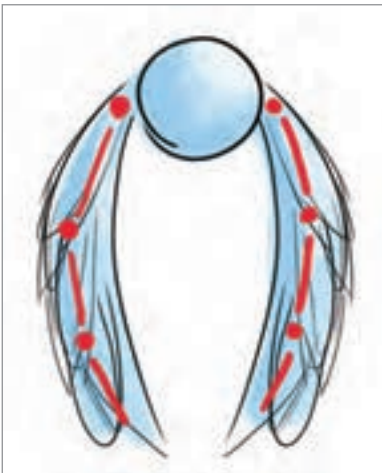
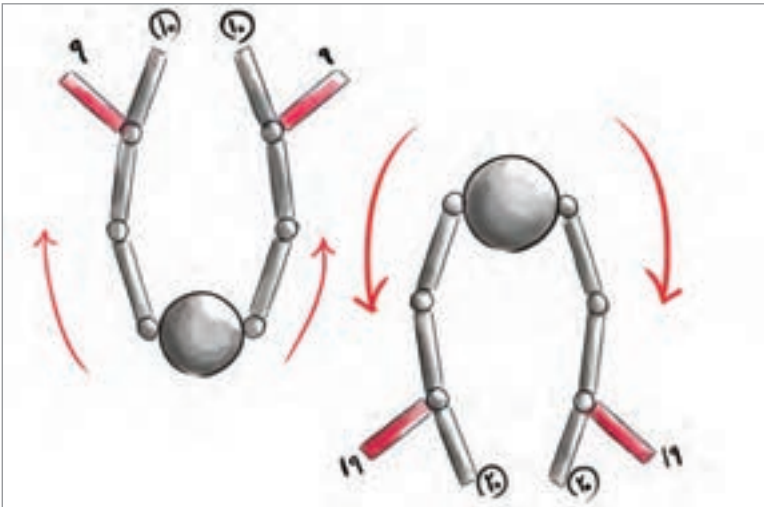
مانند فصل ۵ توپ را به یک سنجابک تبدیل کنید.

## واحد یادگیری ۴: حرکت مفاصل پیچیده

### دانش افزایی

#### پرواز پرنده

نکته‌ای که در پرواز پرنده وجود دارد در فریم‌های یکی مانده به فریم‌های اصلی است؛ باید تا لحظه آخر مفصل را شکست مانند شکل زیر:



در این حالت می‌توان مقاومت هوا و فشاری را که به پرنده وارد می‌کند به‌طور کامل نشان داد.

هدف از مفصلی بودن بال‌های پرنده درگیر نشدن هنرجویان با طراحی آناتومی پرنده می‌باشد. در صورت تمایل می‌توانید مفاصل و بازوها را به بال پرنده تبدیل کنید.

می‌توان بال‌زدن پرنده‌های سنگین و سبک را به صورت جدا در کلاس تمرین و آن را تبدیل به فیلم کرد.

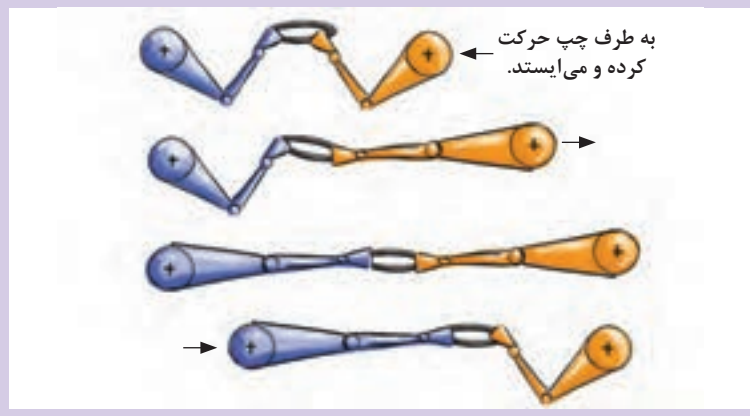
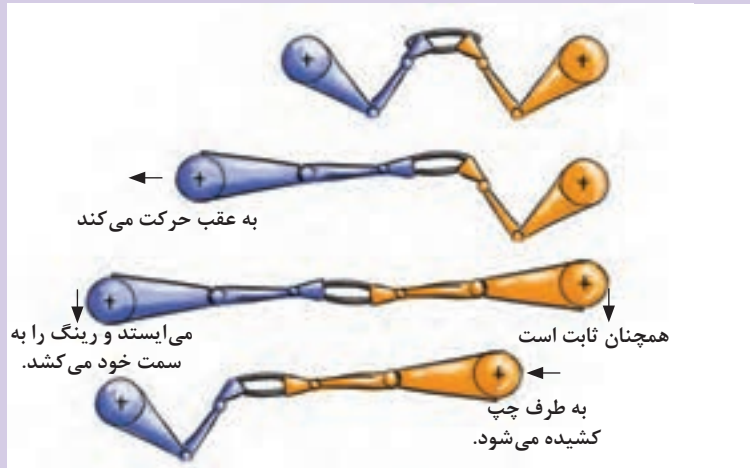
### درگیری مفاصل از دو منبع نیروی حرکتی

در این بخش می توان مثال عینی از دست و دیوار در کلاس زده شود یا از در کلاس که هنرجویان بتوانند آن را ببینند یا دو هنرجو در کلاس بر سر یک کتاب با هم کشمکش دارند. هر یک از آنها کتاب را به طرف خود می کشد. می توان دید که مفاصل در هنگام کشمکش چه عکس العملی نشان می دهند. هدف در این بخش آن است که هنرجو بدانند تا زمانی که بازوها کش نیامده باشند، قادر نخواهند بود آنچه را که به آنها متصل است به سمت خود بکشند.

#### حل تمرین



در تمرین این بخش با فریم های کلیدی رفت و برگشت، این کشمکش را بر سر رینگ انجام می دهیم.





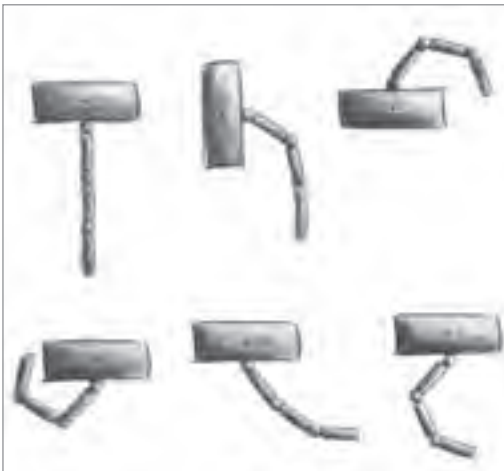
اکنون شخصیت (ب) رینگ را به طرف خود می‌کشد. در اینجا دست هر دو جمع شده است. شخصیت (ب) به عقب حرکت می‌کند. دستش صاف می‌شود و رینگ را می‌کشد. دست شخصیت (الف) صاف می‌شود و بعد به سمت شخصیت (ب) حرکت می‌کند. در نهایت مانند بخش اول، شخصیت (الف) به سمت شخصیت (ب) حرکت می‌کند و می‌ایستد.

می‌توان درگیری مفاصل را در اعضای بدن شخصیت نیز نشان داد. پس از فراگیری بخش درگیری مفاصل، هنرجویان به راحتی می‌توانند حرکاتی مانند پریدن و فرود آمدن شخصیت را متحرک‌سازی کنند.

### حرکت آویزان:

تا اینجا هنرجویان توانسته‌اند حرکت دنباله‌ها را به درستی درک کنند. اکنون با اضافه کردن دو مفصل دیگر به مفصل آویز قبل، کمی حرکت را پیچیده‌تر می‌کنیم. با این فرض که این مستطیل بر روی ریلی در حال حرکت به چپ و راست باشد، مانند قبل مستطیل را متحرک‌سازی کنید و سپس مفاصل را به آن وصل کنید. ویژگی‌های حرکت دنباله‌ها را که در قسمت دنباله‌ها و هم‌پوشانی گفته شد، در آن اعمال کنید. در هنگام حرکت، مفاصل از پایین جا می‌مانند و ابتدا مفصل متصل به مستطیل حرکت می‌کند، زیرا مستطیل است که حرکت را هدایت می‌کند و سپس دیگر مفاصل خلاف جهت حرکت می‌چرخند.

در تمرین حرکت آویزان یک مسیر پیشنهاد داده شده است. می‌توان مسیرهای دیگر و پیچیده‌تری را در کلاس مطرح و آن را متحرک‌سازی کرد.

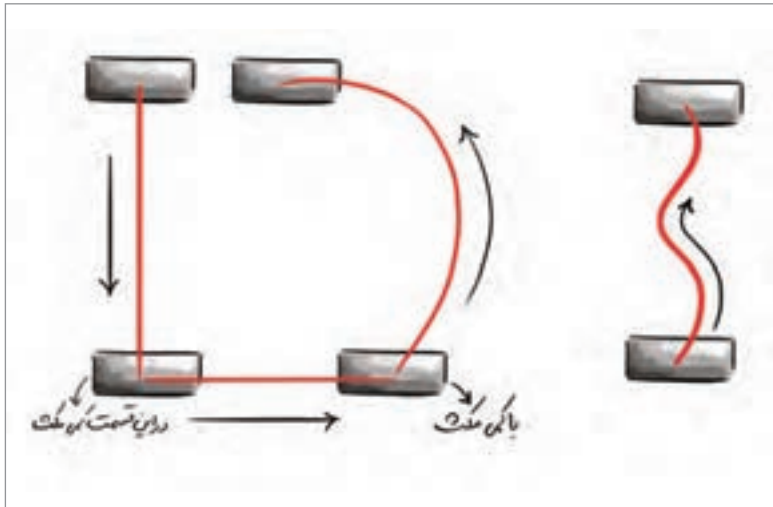


مثلاً اگر مستطیل در جای خود درجا بچرخد با این فرض که مفاصل بیش از ۹۰ درجه شکسته نشوند، چه بر سر مفاصل خواهد آمد؟!!



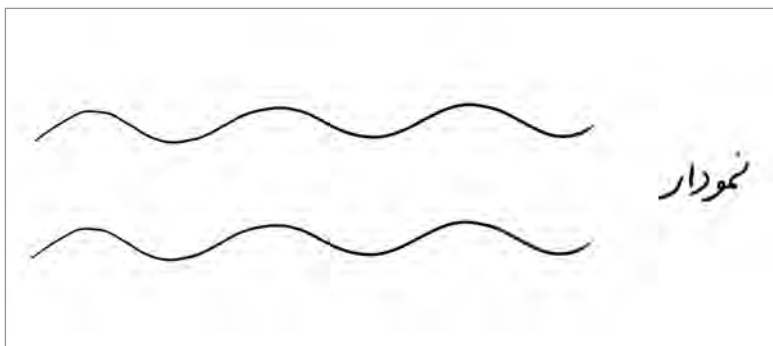
## فصل دوم: متحرک سازی مفصلی

نیرو از مستطیل وارد شده و به ترتیب از اولین مفصل به مفصل آخر (پایین) انتقال پیدا می کند و پس از ایست کامل مفاصل هم یک به یک می ایستند. می توانید مسیرهای حرکتی مختلفی را تجربه کنید مانند شکل زیر:

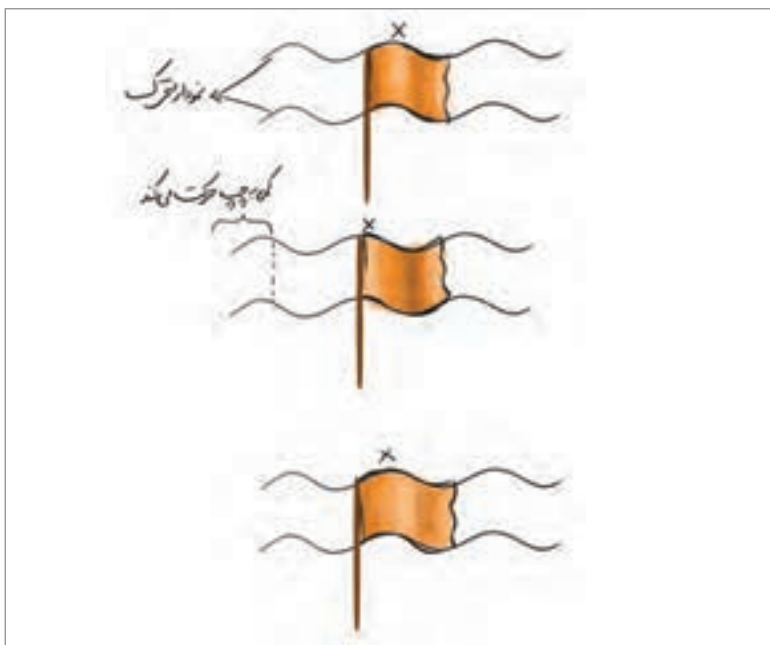


### حرکت پرچم و مو

برای طراحی این حرکت نمودار آن را طراحی کنید و پرچم را از درون نمودار به وجود آورید.



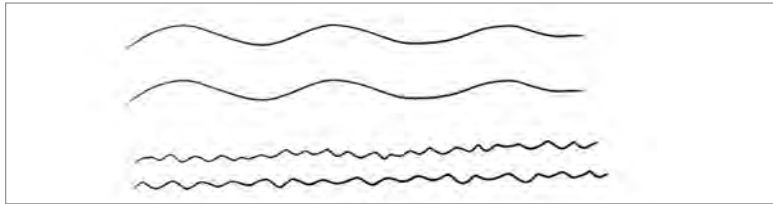
نمودار را کمی به سمت چپ حرکت می‌دهیم و فریم را می‌کشیم و همین طور الی آخر. باید توجه داشته باشید که قسمت اتصال پرچم بر روی میله یا چوب درست صورت گیرد. برای این کار یک الگواز میله پرچم طراحی کنید و به کمک میز نور بر روی همه برگه‌ها انتقال دهید.



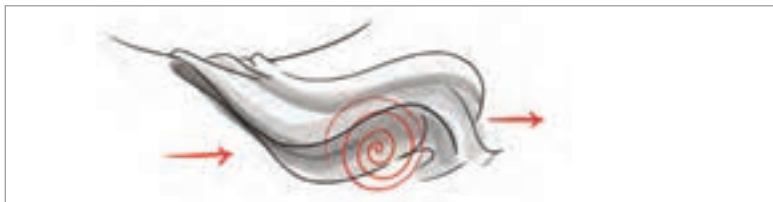
در تمرین دو پرچم در مقابل باد شدید و باد ملایم، با طراحی نمودارهای مختلف می‌توانید این حس حرکت را برای این دو پرچم شبیه‌سازی کنید. برای باد شدید دایره‌های کوچک و برای باد ملایم دایره‌های بزرگ با فاصله بیشتر طراحی می‌کنیم.



در طراحی نمودار می توان این گونه عمل کرد.



در ادامه می توانید موارد دیگری مانند پرده، لباس روی بند رخت، شال در مسیر باد و .... را هم مثال بزنید.

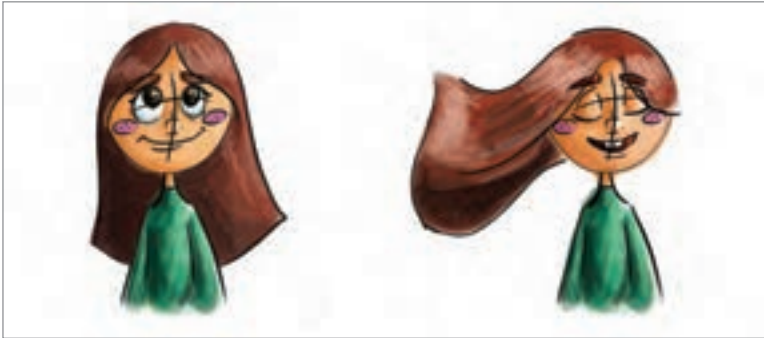


به گره داخل پارچه توجه کنید از یک سمت وارد می شود و از سمت دیگر خارج می شود.

در حرکت مو، سر حرکت را هدایت می کند و در کنار حرکت سر، حرکت پیچشی باد در مو را هم باید در نظر گرفت.

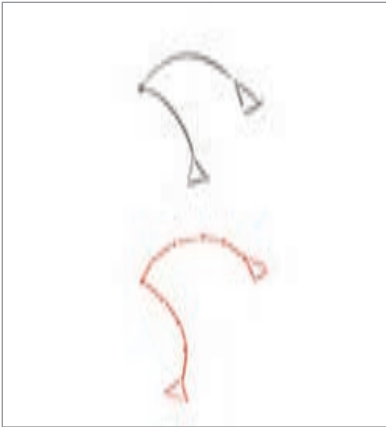
با تمرین فراوان، دیگر نیازی به رسم نمودار و گره نخواهد بود و به راحتی می توان آن را اجرا کرد. در کتاب مثالی از چرخش سر از چپ به راست زده شد. می توان مسیره های مختلف حرکت سر را امتحان و برای هر کدام، یک نمودار طراحی کرد. می توان قبل از متحرک سازی پیچیده سر شخصیت، ابتدا آن را به طور ثابت در برابر باد قرار داد و به دلیل آن که هنرجویان حرکت پرچم را تجربه کرده اند، همان قوانین را بر روی موها پیاده خواهند کرد و بعد از آن می توان حرکات پیچیده سر، همراه با مو را تجربه کرد.

اگر برای شروع، موهای شخصیت را یکپارچه در نظر بگیریم راحت تر و بهتر خواهد بود، زیرا هنرجویان، دیگر درگیر طراحی بافت های مو نخواهند شد و یکپارچه بودن آن یادآور حرکت پرچم خواهد بود.



### تاب خوردن کودک:

در این قسمت نیازی به طراحی دقیق کودک نیست و می توان با دایره و مستطیل هم آن را طراحی کرد؛ مهم درک درست در متحرک سازی می باشد و به مرور زمان هم دست هنرجویان در طراحی قوی خواهد شد. همان طور که گفته شد طناب را به صورت مفاصل در نظر بگیرید و به راحتی آن را متحرک سازی کنید. می توانید اول مفاصل را طراحی کرده و بعد آن را تبدیل به طناب کنید.



بعد از تمرین فراوان می توانید این روش را (طراحی مفصل) در ذهن خود پیاده سازی و طناب را مستقیم متحرک سازی کنید.

در تمرین، ابتدا شخصیت را سوار بر تاب متحرک سازی کنید. توجه داشته باشید که شخصیت بر روی تاب باعث سنگینی می شود و از شلاقی بودن حرکت تاب جلوگیری خواهد شد. هنرجویان می توانند در هنگام تاب خوردن از خود فیلم بگیرند و حرکت درست را طراحی کنند.

پس از آنکه شخصیت متحرک سازی شد، اکنون دنباله ها را به آن اضافه می کنیم. موقعیت پاها در زمان رفت، جمع بوده تا به کمک آن، بدن نیرویی به تاب وارد کرده و به جلو

فصل دوم: متحرک سازی مفصلی

حرکت کند، در زمان برگشت؛ پاها کاملاً کشیده و بدن رها می شود، در اینجا دنباله ها خلاف حرکت، متحرک سازی می شوند.

