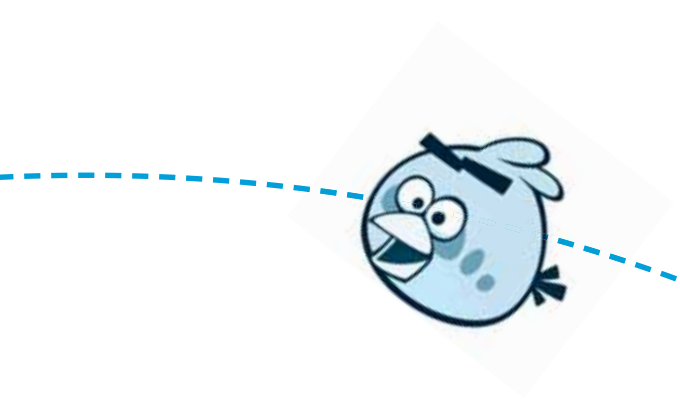
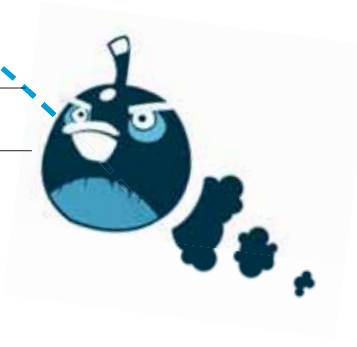


بازی پرندگان خشمگین!

آموزش فیزیک با کاوشگری در سینماتیک و دینامیک

مترجمان: عطاالله جهانگیری
دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
ناصر بصیری
دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
آزیتا سیدفدایی
دکترای آموزش فیزیک



چکیده

در این مقاله، با به‌کارگیری بازی معروف پرندگان خشمگین رووِیو[1] و نرم‌افزار تحلیلگر ویدیویی Tracker شیوه‌هایی برای آموزش سینماتیک در سطح راهنمایی و دبیرستان ارائه و مزیت‌های این بازی سرگرم‌کننده را مطرح کنیم. این کار، به‌وسیله ثبت حرکت پرندگان در بازی صورت می‌گیرد. دانش‌آموزان به‌وسیله دستکاری داده‌ها، مشخص کردن حرکت پرندگان قرمز و انطباق نتایج با مدل‌های فیزیکی به کاوشگری می‌پردازند. همچنین شیوه آموزش دینامیک در بازی نیز به‌صورت بررسی نیروی گرانش در مسیر پرتابه صورت می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: آموزش فیزیک، سینماتیک، دینامیک

مقدمه

در شرایط کنونی هدف مهم آموزش فیزیک، ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان است. استفاده از بازی‌های رایانه‌ای باعث افزایش توجه دانش‌آموزان در کلاس درس می‌شود زیرا این بازی‌ها برای همهٔ دانش‌آموزان قابل درک هستند. پرندگان خشمگین یک بازی بسیار مشهور از شرکت رووِیو است که در رده بازی‌های فیزیکی طبقه‌بندی می‌شود زیرا حرکت اجسام در آن از الگوهای سینماتیک پرتابه پیروی می‌کند. مطالعه حرکت پرندگان به‌وسیله یک تحلیلگر ویدئویی صورت می‌گیرد. برای انجام این کار، لازم است به‌وسیله یک نرم‌افزار، کلیپ‌های ویدئوی بازی صفحه نمایش را ضبط کنیم.

تجزیه‌وتحلیل سینماتیک این بازی یکی از عالی‌ترین و بهترین شیوه‌های تدریس در تمام سطوح آموزشی است که با دیدگاه حل مسئله صورت می‌گیرد.

در این مقاله، به کمک تحلیل ویدئویی و مدل‌سازی نرم‌افزار ترکر (Tracker) سینماتیک حرکت را بررسی کنیم و روش بهتری برای تدریس سینماتیک در مدارس پیشنهاد می‌دهیم.

بازی

بازی پرندگان خشمگین در سال ۲۰۰۹ برای گوشی‌های اَپل[2] تولید و پس از آن برای استفاده در رایانه‌ها و کنسول‌های بازی کاربردی شد. هم‌اکنون چندین ویرایش موضوعی از آن وجود دارد. این بازی یک بازی با شیوه متحرک‌سازی اجسام است که براساس قانون‌های فیزیک در حرکت پرتابی بنا شده است. هدف بازی این است که خوک‌های تخم‌مرغ دزد مستقر در یک ساختمان را نابود کنند. بدین‌منظور به‌وسیلهٔ یک تیرکمان، پرندگان خشمگین را به‌سوی خوک‌ها هدف‌گیری و پرتاب می‌کنند.

ضبط‌کننده صفحه نمایش: نرم‌افزار Fraps

Fraps نرم‌افزاری با دسترسی رایگان است که به‌وسیلهٔ شرکت Beepa توسعه یافته است. این نرم‌افزار تعداد فریم‌هایی را که در هر ثانیه در صفحهٔ نمایش نشان داده می‌شود مشخص می‌کند. همچنین این نرم‌افزار به ما اجازه می‌دهد بتوانیم از آنچه که در صفحه نمایش داده می‌شود عکس‌برداری کنیم یا به ضبط فیلم بپردازیم. در اینجا، ما از نسخه‌ای استفاده می‌کنیم که امکان ضبط کلیپ‌های ویدئویی تا ۳۰ ثانیه را به ما می‌دهد (که برای هدف ما کافی است).

تحلیلگر ویدئویی: نرم‌افزار Tracker

امروزه به لطف تکامل تحلیلگرهای ویدئویی ـ در حوزه‌های مختلف فیزیک مانند بیومکانیک و بیوفیزیک ـ نرم‌افزارهای رایگان زیادی برای اهداف آموزشی وجود دارد که به‌کارگیری آن‌ها آسان و شهودی است و ابزارهایی عالی برای آموزش فیزیک در مدارس به‌شمار می‌آیند.

ما یکی از بهترین و قوی‌ترین تحلیلگرهای ویدئویی رایگان به نام Tracker را به‌کار برده‌ایم. این نرم‌افزار باز ـ منبع توسط شرکت Brown ساخته شده است و برای پروژه Open Source Physics(OSP) توسعه داده شده است. Tracker به‌دلیل آنکه ابزارهایی برای اندازه‌گیری مقیاس‌ها دارد؛ وسیله‌ای برای مدل‌سازی داده‌هاست که توسط همان شرکت سازنده اختراع شده است.

دستورالعمل اجرایی Tracker در اینترنت موجود است اما در صورت ناآشنایی دانش‌آموزان با این نرم‌افزار، به معلمان توصیه می‌کنیم که یک راهنمای ساده، عملی و مناسب برای فعالیت‌های پیشنهادی تهیه کنند.

برای اندازه‌گیری با Tracker، یا هر تحلیلگر ویدئویی دیگر، باید ابعاد واقعی حداقل یکی از اجسام در ویدئو را داشته باشیم، تا نرم‌افزار، اجازه تبدیل ابعاد اولیهٔ تصویر (برحسب پیکسل) را به ابعاد واقعی بدهد. نوار ابزار درجه‌بندی Tracker به‌طور پیش‌فرض ۱۰۰ پیکسل را برای یک طول از پیش تعیین شده تنظیم می‌کند. (شکل ۱). هنگامی که مقداری جدید برای درجه‌بندی معرفی شود، نرم‌افزار این مقدار را بر تعداد پیکسل‌ها در طول تقسیم می‌کند و تطابق بین یک پیکسل و واحد استاندارد ورودی را ثبت می‌کند؛ به‌طور مثال، تبدیل پیکسل‌های ویدئویی طول به متر یا سانتی‌متر.

اگر ابعاد واقعی هیچ جسمی در ویدئو معلوم نباشد می‌توان یک اندازهٔ قراردادی به یکی از اجسام موجود در ویدئو نسبت داد یا می‌توان با این فرض ساده که بازی در مکانی روی زمین رخ می‌دهد ابعاد واقعی اجسام را تعیین کرد.

▲ شکل ۱. نوار تنظیم درجه‌بندی برای یک طول استاندارد از ۱۰۰ پیکسل با مقدار پیش‌فرض ۱۰۰ ظاهر می‌شود.

آماده‌سازی مواد آموزشی

تشریح ویدئو

ویدئوی ضبط شده با Fraps براساس ثبت ۳۰ فریم در ثانیه تنظیم شده است. می‌خواهیم پرنده قرمز به شکلی پرتاب شود که بدون برخورد با هیچ مانعی به زمین برخورد کند. همچنین بزرگنمایی به روشی تنظیم شود که حرکت انتقالی و بزرگنمایی تصویر رخ ندهد و مکان دستگاه مختصات بدون تغییر حفظ شود. در این صورت تجسم مسیر سهمی شکل پرندهٔ قرمز واضح‌تر است.

توجه داشته باشید برای آنکه Fraps به‌طور مؤثر ۳۰ فریم در ثانیه را ثبت کند، لازم است پردازندهٔ رایانه و کارت گرافیک، به اندازه کافی سریع باشد؛ در غیر این صورت فریم‌های تکراری در ویدئو ظاهر خواهند شد.

رویکرد آموزشی

آموزش سینماتیک در سطح مدارس راهنمایی

معرفی سینماتیک در سطح مدارس راهنمایی یا دورهٔ اول دبیرستان می‌تواند به‌وسیلهٔ شیوه کاوشگری در Angry Birds صورت گیرد. برای شروع، دانش‌آموزان یک موقعیت مناسب برای محورهای مختصات انتخاب و طول و یکای استاندارد تعریف می‌کنند (مثلاً معلم ممکن است پیشنهاد دهد که ارتفاع تیرکمان ۵cm باشد) و موقعیت پرنده را با گذشت زمان به‌منظور تجسم مسیر ردیابی می‌کنند. دانش‌آموزان را ترغیب می‌کنیم که مبدأ مختصات را تغییر دهند و با این روش مشاهده کنند که در مقادیر نشان داده شده در جدول داده‌های مکان و سرعت، چه رخ می‌دهد. همچنین از آنان می‌خواهیم مقدار و ابعاد نوار تنظیم درجه‌بندی را تغییر دهند و تعریف واحد طول استاندارد را نتیجه‌گیری کنند.

تصاویر استروبوسکوپی را می‌توان هنگام تفسیر مسیر پرنده معرفی کرد که فاصله بین مکان‌های متوالی در ارتباط مستقیم با زمان است (برای بازه‌های زمانی ثابت) در این مرحله زمینهٔ مواجهه با مفاهیم سرعت و شتاب فراهم می‌شود.

هنگامی که دانش‌آموزان مطالعه سینماتیک را شروع می‌کنند تجزیه‌وتحلیل ویدئویی (ایجاد یک مرجع و تعیین استاندارد واحد طول و ردیابی مسیر) با ارائه یک فعالیت ویژه مفید است، زیرا می‌توان به‌طور تجربی، اهمیت مفاهیم اساسی مانند مکان، مسیر، حرکت، سکون و ... را مورد بحث قرار داد و یادگیری را مؤثرتر کرد. این فعالیت را می‌توان به شکل زیر انجام داد:

۱. در خانه به‌عنوان یک کار تجربی، ویدئو و راهنمای نرم‌افزار می‌تواند در اینترنت معرفی شود.

۲. همکاری دانش‌آموزان در کلاس، اگر رایانه در دسترس همهٔ آن‌ها باشد (بیشتر از ۲ یا ۳ دانش‌آموز با یک رایانه توصیه نمی‌شود)

در سطح پیشرفته‌تر، بعد از ردیابی مسیر، معلم می‌تواند به‌وسیلهٔ تجزیه‌وتحلیل و تفسیر نمودارهای Tracker نمودار مکان ـ زمان، سرعت ـ زمان و شتاب ـ زمان را معرفی کند. همچنین، این نمودارها را می‌توان هنگامی که مسیر حرکت پرنده در پنجره اصلی Tracker کشیده می‌شود به‌طور همزمان مشاهده کرد. (تا ۳ مورد در یک زمان می‌تواند مشاهده شود) با این روش بدفهمی دانش‌آموزان در تفسیرشان از حرکت (مثلاً تضاد میان نمودار مکان و مسیر حرکت جسم) اصلاح می‌شود.

استفاده از روش‌های سنتی مانند رسم نمودارهای سرعت و شتاب از جدول داده‌ها، روی کاغذ یا با رایانه (مانند اکسل)، به‌وسیلهٔ دانش‌آموزان مفید است. تفسیر چگونگی محاسبه سرعت و شتاب براساس مکان‌های پرنده بسیار مهم است.

این کار به دانش‌آموزان کمک می‌کند این مفاهیم را از منظر مفهومی و ریاضی بهتر درک کنند. دانش‌آموزان باید برای محاسبهٔ سرعت و شتاب متوسط از الگوها استفاده کنند و بازه‌ای را تعیین کنند که در آن در نظر گرفتن این مقادیر متوسط به‌عنوان سرعت و شتاب لحظه‌ای اجسام قابل قبول باشد. همچنین معلمان می‌توانند مفهوم ترکیب حرکت‌های یکنواخت در خط راست و حرکت شتابدار و نمایش نموداری مربوط به آن‌ها را با روش کاوشگری در مورد دو نوع حرکت اساسی که در کلاس درس بحث می‌شود، معرفی کنند.

آموزش سینماتیک و دینامیک در سطح دبیرستان و دانشگاه

در سطح دبیرستان و دانشگاه بهتر است، از روش‌هایی که در سطح دورهٔ راهنمایی (دوره اول دبیرستان) به آن‌ها اشاره شد استفاده شود زیرا با فرض نداشتن دانش لازم در این زمینه شروع آموزش از ابتدا مفید است. هرچند تجزیه‌وتحلیل سینماتیک در سطوح بالا می‌تواند خیلی پیچیده باشد، زیرا به بررسی مفهوم حرکت دوبعدی اشاره دارد و به حرکت پرتابه منجر می‌شود، اما این بررسی می‌تواند در ابتدا از طریق فعالیت‌های کاوشگری یا طرح مسئله معرفی شود. به‌طور مثال نوع حرکت پرنده هنگامی که از تیروکمان پرتاب می‌شود چیست؟

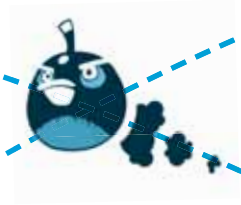
Table — Red bird

t	x	y	v_x	v_y	a_y
0	0,031	-0,114			
0,167	36,364	53,469	226,625	320	
0,333	75,572	106,553	229,75	298	-135
0,5	112,947	152,803	232,5	270,375	-167,1
0,667	153,072	196,678	236,952	245,694	-174,5
0,833	191,931	234,701	234,65	210,675	-214,3
1	231,289	266,903	230,693	174,454	-190,3
1,167	268,796	292,852	228,559	145,778	-192,8
1,333	307,476	315,495	219,845	113,243	-180,3
1,5	342,077	330,6	220,833	81,875	-176,0
1,667	381,086	342,787	234,042	57,511	-162,7
1,833	420,091	349,77	234,011	26,59	-190,8
2	459,09	351,651	234,027	-5,81	-191,5
2,167	498,1	347,833	233,721	-37,832	-187,1
2,333	536,997	339,04	233,242	-67,867	-186,6
2,5	575,848	325,211	232,883	-99,834	-184,5
2,667	614,625	305,762	231,926	-130,1	-188,14
2,833	653,156	281,833	233,396	-161,4	-186,8
3	692,424	251,952	234,327	-193,5	-187,1
3,167	731,265	217,316	233,349	-223,1	-189,54
3,333	770,207	177,574	233,536	-256,4	-190,8
3,5	809,111	131,819	234,06	-287,8	-188,1
3,667	848,227	81,631	232,993	-318,0	
3,833	886,775	25,813			

شکل۲. جدول داده‌ها که مربوط به نمایش بازه‌های زمانی از پنج فریم است که از مکان پرنده به‌دست می‌آید. سرعت در لحظه ۰/۱۶۷ ثانیه برای هردو محور به‌دست آمده است. از طریق تفاضل مکان روی محور در لحظه‌های ۰/۰۰۰ و ۰/۳۳۳ ثانیه و تقسیم آن بر بازه زمانی بین این دو لحظه. نتیجه تقریبا سرعت لحظه‌ای پرنده است. این فرایند محاسبه به‌عنوان روش اویلر شناخته شده است.

شکل۳. نقطه‌های مشخص شده روی محور x و y امکان رسم نتایج کیفی درباره حرکت در طول هر محور را فراهم می‌سازند. مکان‌ها در فاصلهٔ ۵ فریم نمایش داده شده‌اند.

در این مرحله معلمان با یادآوری قانون‌های حرکت برای دو



نوع حرکت یکنواخت در خط راست و حرکت شتابدار برای مکان و سرعت در امتداد محور x و y می‌توانند عبارت‌های ریاضی و معادله‌های فیزیکی سینماتیک را با تفسیر کمیت‌های فیزیکی موجود انجام دهند. تفسیر سهمی بودن مسیر حرکت نیاز به تجزیه‌وتحلیل نمودارهای مکان و سرعت نسبت به زمان در طول محور x و y دارد.

برای اینکه دانش‌آموزان را در تجزیهٔ دو مؤلفهٔ حرکت کمک کنیم، پیشنهاد می‌کنیم که حرکت دو ذره را به‌طور مستقل بپذیرند، به‌طوری که هر ذره از قانون‌های حرکت برای پرنده در محور مربوطه پیروی می‌کند. با استفاده از Tracker و براساس مثالی از Model Builder در این نرم‌افزار می‌توان مدل‌هایی مجازی از حرکت ذرات ایجاد کرد که با ترسیم سایهٔ مکان پرنده روی محورهای x و y که از قانون‌های مربوط به حرکت پرنده پیروی می‌کنند امکان‌پذیر است. (شکل ۳) برای تحلیل دینامیکی حرکت پرنده از سهموی بودن مسیر حرکت استفاده می‌شود که دلیلی است برای حضور یک نیروی خارجی که روی پرنده اثر می‌گذارد (طبق قانون اول نیوتون). حرکت سهمی دو نتیجهٔ دینامیکی دارد:

۱. یک شتاب عمودی رو به پایین بر جسم وارد می‌شود که بر وجود نیروی گرانش دلالت دارد؛

۲. مقاومت هوا نادیده گرفته شده است.

مشکلی که برای شاگردان، به‌ویژه در سطح دانشگاه به‌وجود می‌آید، اندازه‌گیری ابعاد در بازی پرندگان خشمگین است. همان‌طور که قبلاً گفتیم مقیاسی وجود ندارد که به ما اجازه دهد اندازهٔ واقعی اجسام و پرندگان را بدانیم. فقط کمیت زمان را می‌توان اندازه گرفت.

برای رفع این مشکل، می‌توانیم دنیای مجازی پرندگان خشمگین را روی زمین در نظر بگیریم (به‌هرحال، این یک بازی ساخته شده توسط انسان است). در این صورت می‌توان مسئلهٔ چالش‌برانگیز تعیین اندازه‌ها در بازی را با دانستن این مطلب که پرتاب روی سطح زمین انجام می‌شود به عهدهٔ دانش‌آموزان گذاشت.

دو روش برای محاسبه ابعاد حرکت اجسام در بازی پرندگان خشمگین را در زیر پیشنهاد می‌کنیم. شتاب گرانش استاندارد روی زمین را $۹/۸\ m/s^۲$ در نظر می‌گیریم.

روش ۱. متناسب کردن داده‌های نمودار مکان با استفاده از نوار درجه‌بندی در حالت اولیه (شکل ۱). دانش‌آموزان می‌توانند به‌وسیلهٔ تبدیل کمیت‌ها به یک معادلهٔ درجه دوم از نمودار y (t) استفاده کنند. (شکل ٤)

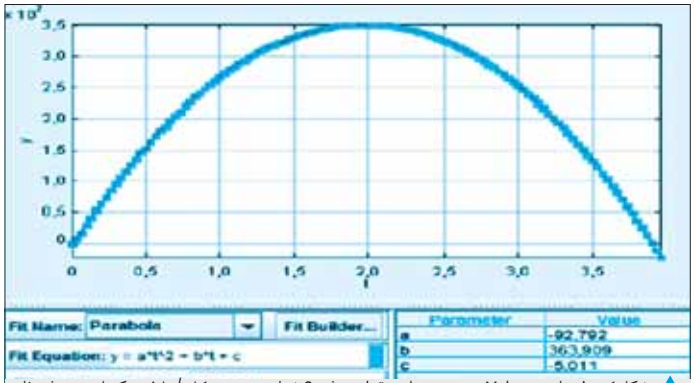
در اینجا آن‌ها باید معنی فیزیکی همه کمیت‌هایی را که احتیاج به متناسب کردن دارند بدانند. مقدار شتاب یعنی، ضریب درجه دوم معادله، برحسب پیکسل بر مجذور ثانیه داده می‌شود. دانش‌آموزان باید درک کنند که اگر بازی روی زمین اتفاق بیفتد، شتاب گرانشی $۹/۸\ m/s^۲$ خواهد بود. بنابراین ارتباط مستقیمی بین مقدار شتاب و گرانش روی زمین وجود دارد که به آن‌ها اجازه می‌دهد یکای استاندارد (پیکسل) را به یکاهای SI (متریک) تبدیل کنند.

$$\frac{\text{یکای استاندارد (pixel) } ۱۸۵/۵۸۴}{۱s^۲} = \frac{۹/۸\ m}{۱s^۲}$$

$$\text{یکای استاندارد (پیکسل) pixel} \Leftrightarrow \frac{۹/۸}{۱۸۵/۵۸٤} = ۰/۰۵۲۸\ m$$

بنابراین هر پیکسل در ویدئو معادل با ۵/۳cm است. خطای

شکل ۵. می‌توان ابعاد تیرکمان و پرندهٔ قرمز را با استفاده از نوار ابزار درجه‌بندی برحسب متر اندازه‌گیری کرد. با استفاده از این نوار ابزار مقادیر آن‌ها تقریبا به ترتیب ۵/۰ متر و ۱/۱ متر است.



شکل ٤. مدل‌سازی نمودار y بر حسب زمان. مقدار مجذور a شتاب عمودی، ۱۸۵/۵۸٤- پیکسل بر مجذور ثانیه را می‌دهد. (pixel S-۲)

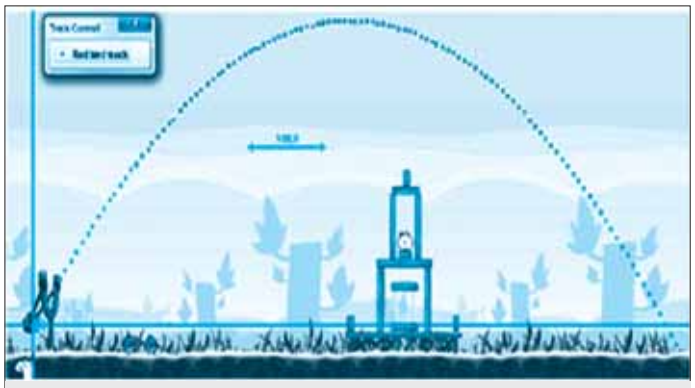
تخمینی برای اندازه‌گیری مکان‌ها در حدود ۲ پیکسل است، بنابراین خطا در حدود ۱۰/۶cm خواهد بود. هنگامی که عامل تبدیل از پیکسل به متر تعیین شد، فقط باید عدد نشان داده شده روی نوار درجه‌بندی را با ضرب کردن تعداد پیکسل‌ها (۱۰۰) در عامل تبدیل (در این مورد m ۰/۰۵۲۸×۱۰۰=۵/۲۸) جایگزین کنیم.

دانش‌آموزان اکنون می‌توانند از نوار ابزار درجه‌بندی در برنامه Tracker استفاده کنند تا ابعاد حرکت هر جسم در بازی را بر حسب متر اندازه‌گیری کنند. (شکل ۵)

این روش یک روش ساده و سریع در حل مسئله است، اما دانش‌آموزان نیاز دارند که نوع کار با ابزار درجه‌بندی برنامه‌ها Tracker را بفهمند، این فرایند به محاسبات ریاضی مربوط به حرکت در طول محور y مرتبط است، اما به سینماتیک عمیقی نیاز ندارد.

روش ۲: تجزیه‌وتحلیل نمودارهای سرعت و تعیین کمیت‌های فیزیکی با این روش:

دانش‌آموزان می‌توانند به‌طور تحلیلی با معادله‌های حرکت با روشی با جزئیات بیشتر، آشنا شوند.



شکل ۶. مبدأ مختصات طوری تنظیم شده است که با مکان اولیه پرنده منطبق و هم‌زمان باشد.

دانش‌آموزان باید به‌خاطر داشته باشند که شتاب گرانش در این بازی شبیه روی زمین است. (درست مانند روش ۱) در سوی عمودی، پرنده یک حرکت مستقیم با تغییر یکنواخت ناشی از شتاب گرانش دارد. بنابراین حرکت عمودی پرنده با عبارات زیر بیان می‌شود:

$$y = y_0 + v_{.y}t - (\frac{1}{2})gt^2 \qquad (1)$$

$$vy = v_{.y} - gt \qquad (2)$$

بنابراین آن‌ها فقط احتیاج دارند که $y_.$ و $v_{.y}$ را پیدا کنند تا معادله‌های حرکت را به‌طور کامل به‌دست آورند.

معلم‌ها باید دانش‌آموزانشان را در مطالعه پدیده‌های فیزیکی تشویق کنند تا تقارن‌ها و ثوابت را بیابند و متوجه شوند که انتخاب مبدأ مختصات به‌طوری که مکان اولیه ($y_{.0}$ در $t=0$) باشد کار راحتی است.(شکل ۶) ($y=0$ در $t=0$)

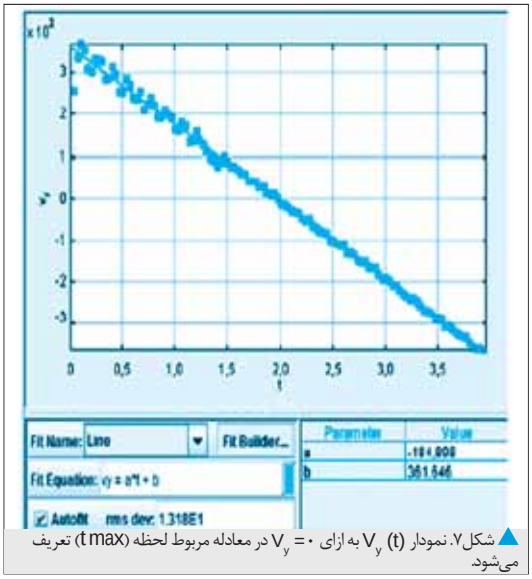
دانش‌آموزان می‌دانند که بالا گرفتن عمودی پرنده در یک لحظهٔ معین (t_{max}) متوقف می‌شود، و در این لحظه پرنده به بیشینه ارتفاع می‌رسد و شروع به پایین آمدن می‌کند، در آن لحظه سرعت عمود $V_y=0$ است. توجه داشته باشید که زمان در این بررسی یک ثابت است، زیرا به درجه‌بندی تصویر ویدئو بستگی ندارد.

در نقطه تقارن، (t_{max}) نیمی از زمان پرواز است (با در نظر گرفتن محور x موازی با زمین).

دانش‌آموزان می‌توانند (t_{max}) را با یافتن لحظه‌هایی که موقعیت عمودی به بیشینه می‌رسد، چه از طریق منحنی نمودار y (t) یا (راحت‌تر) از جدول داده‌ها، یا حتی با استفاده از امکانات ابزار داده‌ها پیدا کنند. (که بیشینه مقدار y را به‌وسیله انتخاب قسمت statistics در نوار منو مشخص می‌کنند.)

با این حال معلمان باید دانش‌آموزان را به این نکته توجه دهند که با این روش شاید خطای قابل توجهی به وجود آید، زیرا نمی‌توان اطمینان داشت که فریمی که مربوط به لحظهٔ رسیدن پرنده به بیشینه ارتفاع است توسط برنامه ثبت شده باشد.

بدیهی است، این خطا برای اندازه‌های به‌دست آمده



شکل ۷. نمودار V_y (t) به ازای $V_y=0$ در معادله مربوط لحظه (t_{max}) تعریف می‌شود.

بزرگ‌تـر در ثبـت کوچک‌تر (S^{-1} فریـم) خواهد بود. برای مثال اگر بازی با آهنگ ۳ فریم بر ثانیه ضبط شـود خطای زمانـی در حدود ۰/۳۳ S خواهد بود، ولی اگر ضبط بازی با آهنگ ۲۵ فریم بر ثانیه انجام شـود برآورد خطای زمان به ۰/۰٤ثانیه کاهش می‌یابد. در این مقاله ما با آهنگ ۳۰ فریم بر ثانیه ضبط کرده‌ایم. (خطای زمان حدود ۰/۰۳۳ S)

بـا اندازه‌گیـری $t_{max} = ۱/۹۶۷ \pm ۰/۰۳۳ s$ از جـدول داده‌ها، دانش‌آمـوزان می‌توانند با اسـتفاده از معادله (۲)، V_y هـا را با حل کـردن معادله $V_{oy} - gt_{max} = ۰$، تعیین کنند. بـا در نظر گرفتن $g = ۹/۸ \ m/s^۲$ ، $V_{.y}$ می‌شـود:

$V_{.y} = ۱۹/۲۸ \pm ۰/۳۲$

این روش بسـیار سـاده و مقـدار خطا در حـدود ٪ ۱/۷ اسـت. یک روش دیگر و شـاید پیچیده‌تر، به‌دست آوردن $V_{.y}$ به‌وسـیله اسـتفاده از نمودار V_y (t) است. (شکل۷) با اسـتفاده از پارامترهای تطبیق داده شـده در شـکل ۷، ما اندازهٔ متوسط t_{max} را محاسبه کردیم:

$$t = \frac{۳۶۱/۶۴۶}{۱۸۴/۸۹۸} = ۱/۹۵۶ s$$

اندازه تخمینی خطا در حدود ٪ ۱/۳ اسـت. (محاسبه شده با اکسل)

با استفاده از رابطه (۲) و $t_{max} = ۱/۹۵۶ \ s$ و $g = ۹/۸ \ m/s^۲$ به‌دست می‌آوریم:

$$V_{.y} = (۱۹/۱۷ \pm ۰/۲۵) \frac{m}{s}$$

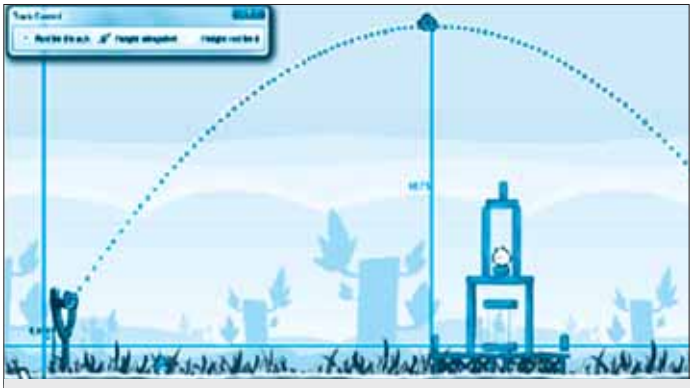
این نتایج بسیار شبیه به نتایج ارائه شده در خطای آزمایش تجربی اسـت. بنابراین، عباراتی که مکان و سـرعت پرنده در طول حرکت عمودی را از نظر کمی تعیین می‌کنند عبارت‌اند از:

$$y = ۱۹/۱۷t - ۴/۹t^۲ (m) \quad (۳)$$

$$v_y = ۱۹/۱۷ - ۹/۸t^۲ (ms^{-۱}) \quad (٤)$$

ابعاد

برای درجه‌بندی ابعاد اجسام در این بازی، دانش‌آموزان باید بیشترین طول‌های ممکن را برای آن انتخاب کنند، زیرا هرچه نـوار درجه‌بندی بزرگ‌تر باشـد، خطای ایجاد شـده کمتر می‌شود. دانش‌آموزان با ثبت فریم در لحظه $t = ۱/۹۶۷ s$ و اسـتفاده از معادله (۳)، می‌توانند مکان متناظر پرنده با این لحظه را محاسـبه کنند، $Y = ۱۸/۷۵ m$ ، ایـن مقدار وارد نوار درجه‌بندی (شـکل۸) می‌شود. سـرانجام دانش‌آموزان



▲ شکل۸. نوار درجه‌بندی به‌صورت عمودی، بین محور x و مکان مربوطه در لحظه انتخاب شده قرار گرفته است.

می‌توانند از نوار ابزار برای اندازه‌گیری ابعاد اجسام در بازی اسـتفاده کنند. معلمـان همچنین می‌تواننـد برای تکمیل بررسـی حرکت پرنـده، از دانش‌آموزان بخواهنـد، معادله حرکت افقی را با تعیین سـرعت افقی اولیه با روشی مشابه پیدا کنند. پاسـخ آن آسان است زیرا کمیت‌های مورد نیاز (حداکثر دامنه و زمان اوج) از نمودار V_x (t) به‌دسـت آمده است.

نتیجه‌گیری

بـازی پرندگان خشـمگین مثال خوبی برای اسـتفاده از بازی‌های ویدئویـی در کلاس‌های فیزیک به‌منظور آموزش و یادگیری فیزیک اسـت. در این مقاله با اسـتفاده از بازی پرندگان خشمگین، کاوشی در مورد سینماتیک و دینامیک حرکـت پرتابه ارائه کرده‌ایم. برای تدریس سـایر مفاهیم و قوانین فیزیکی (از قبیل تکانهٔ خطی یا قانون‌های پایستگی) می‌توان از دیگر بازی‌های موجود بهره برد. با در نظر گرفتن تفـاوت گرانش در اطراف سـیارات گوناگون، بازی پرندگان خشـمگین به سطوح بالاتری ارتقا یافته است و ویژگی‌های جدید این بازی نیز براساس فیلم‌های موفق جنگ ستارگان معرفی شده‌اند. بازی پرندگان خشمگین با ویژگی‌های خود فرصت‌های بیشـتری را برای بررسی فیزیک در زمینه‌های جدید و آمـوزش آن در محیط‌های غنی‌تر فراهم می‌کند و بدون شـک دانش‌آموزان را ترغیـب می‌کند تا از ابزار چند رسانه‌ای برای یادگیری فیزیک استفاده کنند.

پی‌نوشت‌ها

1. Rovio
2. Apple

۳. ترکـر یـا ردیاب نام نرم‌افزاری اسـت که به تجزیه‌وتحلیـل حرکت می‌پردازد.

٤. حرکـت پرتابـه بـا اسـتفاده از حرکـت پرندگان خشمگین که در این بازی به رنگ قرمز در می‌آینـد ارائه شـده است.

۵. روویو (Rovio) یک شرکت ساخت بازی‌های سـرگرم‌کننده‌است.

مرجع

1.M Rodrigues and P Simeão Carvalho, 2013, Physics Education Volume 48 Number 4,P: 431