

# بوم رنگی که بر می گردد

گرد آورندگان:

مهکامه شربتدار [Ma\\_sharbatdar@yahoo.com](mailto:Ma_sharbatdar@yahoo.com)

شبم خطیبی [Shampookhatkhati@yahoo.com](mailto:Shampookhatkhati@yahoo.com)

استاد راهنما :

آقای پیروز صبوری [Piruz1357@yahoo.com](mailto:Piruz1357@yahoo.com)

## چکیده مقاله :

بوم رنگ که در گذشته برای شکار استفاده می شد، امروز استفاده تفریحی، ورزشی دارد. بال آن شبیه بالهای هواپیما و بال پرندگانی مثل عقاب است که سبب می شود به راحتی بتواند در هوا پرواز کند. این جسم صلب در حین پرتاب علاوه بر سرعت اولیه، سرعت زاویه ای هم داده می شود که این سبب می شود حول محور خودش هم دوران می کند و جسم دوار خاصیت ژيروسکوپیک دارد. خاصیت ژيروسکوپیک سبب می شود اگر نیرویی عمود بر محور دوران جسم دوار (بومرنگ) به آن وارد شود، تغییر جهت هم در راستای عمود بر هر دو محور (دوران و راستای اعمال نیرو) باشد. اختلاف سرعت بالهای بومرنگ نیرویی عمود بر محور دوران بر جسم وارد می آورد و بومرنگ در راستای محور سوم حرکت می کند و نیرویی که از طرف مولکول های هوا بر آن وارد می شود سبب کامل شدن مسیر و برگشت بومرنگ به دست پرتاب کننده می شود. اما بومرنگهای کاغذی که شکل باب استاندارد ندارند، به دلیل جرم کمی که دارند به راحتی و بدون نیاز به مهارت زیادی برگردند. چگونگی حرکت این نوع بومرنگها و عوامل موثر بر شکل مسیر آن ها موضوع بسیار جالبی است. پارامترهایی بر شکل مسیر این بومرنگ ها اثر می گذارند: مثل سرعت اولیه ، سرعت زاویه ، زاویه پرتاب ، طول بال ها ی بومرنگ، زاویه بین آنها و عرض بال های بومرنگ.

حرکت هر جسم صلب دوار و از جمله بومرنگ موضوع مورد علاقه بسیاری از فیزیکدانان و

فیزیک دوستان می باشد.

## مقدمه :

بومرنگ جسمی صلب شامل دو یا چند بال است که در معمولترین شکل یک سر بال ها به هم وصل شده است، در انواع دیگر، بومرنگهای چند پر از وسط به یکدیگر وصل می شوند. حرکت این جسم صلب شامل حرکت دورانی و حرکت انتقالی است و پس از پرتاب شدن، بومرنگ دست پرتاب کننده باز می گردد.

در حرکت بومرنگ فاکتورهای مختلفی اثر می گذارند، مهمترین آنها عبارتند از : سرعت پرتاب ، سرعت زاویه ای ، زاویه پرتاب ، جرم بومرنگ ، نحوه توزیع جرم آن ، شکل بال ها و زاویه بین آنها.

سرعت باد و جهت وزش باد هم در نحوه برگشت بومرنگ موثر هستند. علاوه بر آن شبیه سازی حرکت بومرنگ نیز انجام شد. این شبیه سازی در محیط برنامه نویسی صورت گرفت. البته این شبیه سازی بسیار ابتدایی است و مسیر حرکت آن را با **Visual basic** تا حدی شبیه به حرکت واقعی نشان می دهد. برنامه با ورودی های سرعت، سرعت زاویه ای، زاویه جرم و نحوه توزیع جرم، با داشتن معادله حرکت بومرنگ، مسیر آن را نمایش می دهد و زمان لازم برای برگشت بومرنگ به دست پرتاب کننده را به کاربر اعلام می دارد. به علاوه تحلیل حرکت بومرنگ های کاغذی نیز بسیار جالب توجه می باشد و البته طولانی و وقت گیر.

امید است با تلاش و کوشش هر چه بیشتر، این تحلیل نیز به طور کامل به انجام رسیده و توسط دیگران نیز تکمیل گردد.

در پایان لازم است از زحمات و راهنمایی های استاد راهنما گرانقدر جناب آقای صبوری که صبورانه در همه زمینه ها به ما یاری رساندند، تشکر نماییم.

## تاریخچه بومرنگ :

بومرنگ وسیله ای است که امروزه استفاده تفریحی و ورزشی دارد. پرتاب کننده، آن را پرتاب کرده و بومرنگ پس از طی مسیر دایره ای شکل (یا بیضی شکل) به دست وی بازمی گردد. اما تاریخچه بومرنگ به گذشته های دور بر می گردد. بومیان استرالیا نخستین بومرنگ ها را ساختند. این نوع بومرنگ ها خاصیت بازگشت به دست پرتاب کننده را نداشتند. در واقع این نوع بومرنگ ها تکه چوبی با ویژگی خاص بودند که می توانستند در هوا پرواز کنند و از این نوع بومرنگ برای شکار استفاده می شد. شکارچیان آن را پرتاب می کردند و چون این نوع بومرنگ ها قابلیت پرواز داشتند، می توانستند به سمت بالا حرکت کنند. پرنندگان تصور می کردند بومرنگها پرنندگان شکاری اند که بالا تر از آنها پرواز می کنند و به منظور شکار نشدن ارتفاع پرواز خود را پایین می آوردند و شکارچیان به راحتی آنها را می گرفتند. این نوع بومرنگ ها استفاده زیادی داشتند و یکی از لوازم ضروری زندگی گذشتگان به حساب می آمدند تا جایی که در معبد یکی از فراغنه مصر بومرنگ پیدا شده است. اما بعد از مدتی شکل بومرنگ ها تغییر کرد و شامل دو بال شدند. این نوع بومرنگ ها پس از پرتاب برمی گشتند و سابقه آن ها حدود 200 سال است. در حال حاضر هر دو سال یکبار مسابقات جهانی پرتاب بومرنگ میان کشورهای عضو برگزار می شود که هر کدام با طرح بومرنگ ملی مخصوص به خود در مسابقات شرکت می کنند. معیارهای مسابقه پرتاب صحیح و گرفتن صحیح می باشد.

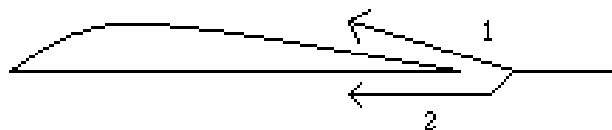
## بومرنگ چیست؟

بومرنگ جسمی صلب است، در واقع حرکت بومرنگ، حرکت مجموعه ذراتی است که در حین حرکت موقعیتشان نسبت به هم عوض نمی شود (مجموعه ذرات صلب) و حرکت هر مجموعه ذراتی که به شکل صلب حرکت می کنند، قابل تفکیک به دو نوع حرکت انتقالی و حرکت دورانی است. حرکت انتقالی حرکتی است که در طی آن وضعیت نقاط مختلف جسم نسبت به هم عوض نشود اما در طی حرکت دورانی موقعیت ذرات به هم عوض می شود در واقع جسم دوار حول نقطه ای فرضی (درون یا بیرون جسم) دوران می کند. حرکت بومرنگ نیز شامل هر دو این نوع حرکت هاست. حرکت انتقالی مرکز ثقل بومرنگ روی مسیر پرتابه ای شکل که با سرعت اولیه ای که پرتاب کننده به آن می دهد، ایجاد می شود و حرکت دورانی بومرنگ حول مرکز ثقل که با چرخش مچ پرتاب کننده و سرعت زاویه ای اعمال شده از طرف پرتاب کننده، ایجاد شود.



## ( Lift دلیل پرواز بومرنگ )

بالهای بومرنگ به شکل بالهای هواپیما می باشند، در واقع یک سطح برآمده و یک سطح تخت دارند.



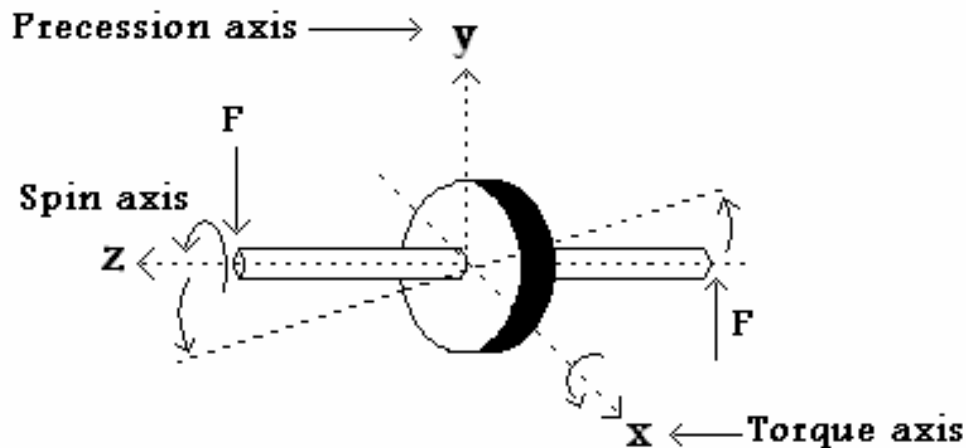
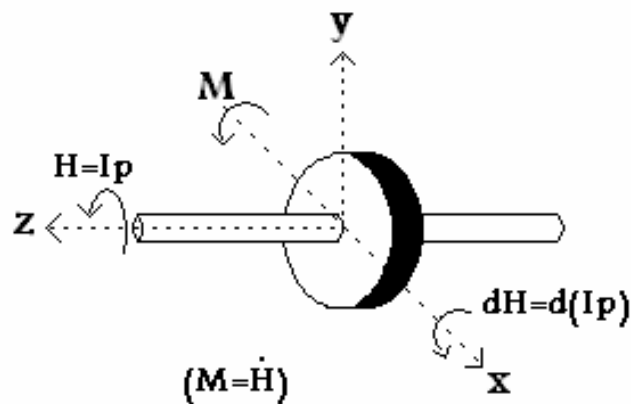
جریان هوا از قسمت بالایی و پایینی بال به طور همزمان عبور می کند اما مسافت پیموده شده توسط جریان هوای قسمت 1 بیشتر از مسافت طی شده توسط جریان هوای قسمت 2 خواهد بود. بنابراین سرعت جریان هوای 1 بیشتر از سرعت جریان هوای 2 خواهد بود. طبق قانون برنولی هر جا سرعت بیشتر باشد، تمایل مولکولهای هوا برای رانده شدن از آن نقطه بیشتر خواهد بود پس فشار کمتر می شود، چون سرعت هوای عبوری از قسمت 1 بیشتر از سرعت هوای عبوری از قسمت 2 است فشار هوا در قسمت فوقانی کمتر از فشار هوا در قسمت تحتانی می شود و این سبب تمایل بومرنگ به حرکت به سمت بالا می شود و پدیده (Lift) اتفاق می افتد. این اتفاق دقیقاً در مورد پرندگان شکاری با بال های بزرگ نیز مصداق دارد. این نوع پرندگان که عقاب نمونه بارز آن هاست پس از چند بار بال زدن پره های خود را ثابت نگه می دارند. شکل بال این نوع پرندگان نیز مثل همین بال هواپیما است و سبب بالا رفتن پرندگان می شود. این پدیده سبب می شود بومرنگ بتواند در هوا پرواز کند و مسیر دلخواه را به راحتی طی کند. در غیر اینصورت بومرنگ در نزدیکی سطح زمین حرکت خواهد کرد و حرکت دلخواه را ایجاد نخواهد کرد. پس نکته مهم برای حرکت بومرنگ وجود هواست و در خلأ هیچ بومرنگی بر نمی گردد.

## بومرنگ جسمی دوار است

پرتاب کننده در حین پرتاب بومرنگ علاوه بر سرعت اولیه که به آن می دهد، با چرخش مچ دستش، به آن سرعت زاویه ای نیز می دهد و این سرعت زاویه ای سبب دوران بومرنگ حول محور خودش می شود. اندازه حرکت یکی از خاصیت های جسم متحرک است که از رابطه زیر به دست می آید.

$$\mathbf{G} = m * \mathbf{v}$$

این کمیت، کمیتی برداری است! اگر این کمیت برداری در اندازه  $(r)$  ضرب خارجی شود بردار  $(\mathbf{H})$  اندازه حرکت زاویه ای را به ما می دهد.



بردار  $H$  که در راستای محور دوران است ، خاصیتی به نام خاصیت ژيروسکوپیک در جسم دوار ایجاد می کند. خاصیت ژيروسکوپیک 2 ویژگی عمده دارد.

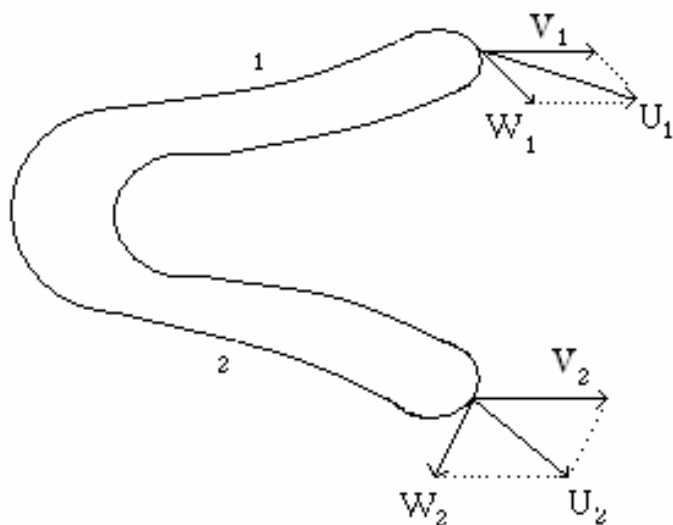
1-جسم دوار در مقابل تغییر جهت مقاومت می کند.  
2-اگر نیرویی عمود بر محور دوران جسم، بر جسم وارد آید، تغییر جهت جسم در راستای عمود بر هر دو محور قبلی (محورهای دوران و محور اعمال نیرو) خواهد بود. این دقیقاً حالتی است که برای موتورسواران در مسابقات موتورسواری در هنگام پیچیدن پیش می آید. به دلیل سرعت بالای موتورسواران، اگر برای تغییرمسیرسریچ ها، فرمان موتورچرخانده شود احتمال زمین خوردن و صدمه دیدن موتورسوار بسیار زیاد خواهد بود اما موتور سواران به جای چرخاندن فرمان در جهت پیچ خود را خم می کنند. این خم شدن سبب می شود مؤلفه عمود وزن آنها که عمود بر محور دوران چرخ های موتور است، اثر همان نیروی  $F$  مورد نظر ما را داشته باشد و تغییر جهت موتور در جهت عمود بر محور دوران و راستای مؤلفه وزن خواهد بود، پس موتور سوار در سر پیچ خواهد پیچید و در مسیر جدید قرار خواهد گرفت. البته در مورد موتور سوار، جنس خاص لاستیک ها نیز در این امر بی اثر نیست چرا که در هنگام پیچیدن کنش و واکنش های بین لاستیک و سطح جاده، به علاوه کرنش های داخلی جسم تغییر جهت موتور در مسیر جدید را میسر می سازد، به طوری که مثلاً اگر جنس چرخ های موتور به جای لاستیک از سنگ بود، این اتفاق هرگز نمی افتاد.

اثر ژيروسکوپیک در موارد دیگر نیز استفاده می شود مثلاً روی گلوله تفنگ شیارهایی ایجاد می کنند، لوله تفنگ نیز همین شیارها را دارد، این شیارها سبب می شوند گلوله تفنگ پس از شلیک روی این شیارها حرکت کرده و در واقع حول محور خود نیز دوران کند، دوران گلوله حول محور خود، در آن خاصیت ژيروسکوپیک ایجاد می کند که سبب می شود گلوله در مقابل

تغییر جهت مقاومت کند پس در اثر وزش باد و ... از مسیر خود منحرف می شود. از خاصیت ژيروسکوپیک در موارد دیگر نیز استفاده می شود مثلا سر دماغه هواپیما، جسمی که به سرعت حول محور خود دوران می کند، قراری می دهند. این جسم دوار در مقابل تغییر جهت مقاومت کرده و جهت خود را حفظ می کند، اگر هواپیما تغییر جهت دهد، این جسم دوار، جهت قبلی خود را حفظ کرده و به خلبان اعلام می کند که هواپیما در چه جهت و چه مقدار منحرف شده است.

### آیاسرعت دوبال بومرنگ مساوی است؟

گفتیم که به بومرنگ در حین پرتاب هم سرعت اولیه و هم سرعت زاویه داده می شود. سرعت اولیه کار سبب می شود که بالها هر دو سرعت هایی در راستای حرکت داشته باشند.  $[V_1, V_2]$

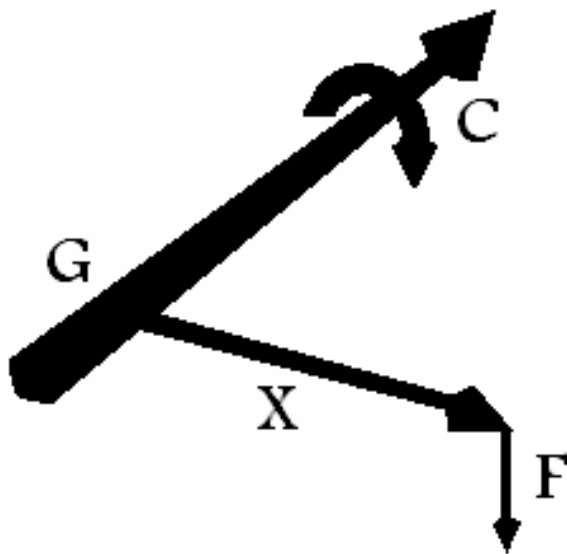


اما سرعت زاویه سبب می شود که بومرنگ حول محور خود دوران کند و سرعت زاویه ای در راستای  $W_1$  و  $W_2$  داشته باشد. اگر از این بردارها برآیند بگیریم چون زاویه بین دو مؤلفه سرعت برای بال بالایی حاده و برای بال پایینی منفرجه است. بردار برآیند بال بالایی مجموع دوسرعت و بردار برآیند بال پائینی تفاضل آن ها خواهد بود.  $[U_1, U_2]$

این سبب می شود که سرعت دوبرال بومرنگ متفاوت باشد و این اختلاف سرعت ها سبب می شود بومرنگ تمایل به چرخش داشته باشد. این چرخش سبب می شود نیرویی عمود بر محور دوران بومرنگ به آن وارد شود.

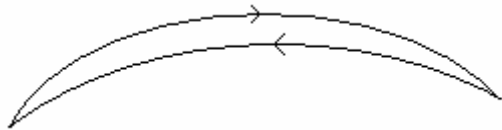
### چگونه بومرنگ برمی گردد؟

اختلاف سرعت های دوبرال سبب می شود بومرنگ تمایل به چرخش داشته باشد و این چرخش سبب ایجاد نیرویی عمود بر محور دوران بومرنگ می شود. همان طور که گفته شد جسم دوار خاصیت ژيروسکوپیک دارد که سبب می شود هرگاه نیرویی عمود برمحور دوران جسم دوار بر آن وارد آید تغییر جهت جسم در راستای عمود بر هر دو محور باشد. در مورد بومرنگ هم وقتی این نیرو عمود بر محور دوران به آن وارد شود جسم تغییر مسیر می دهد. مسیر جدید دقیقاً مثل مسیری است که موتور سوار سر پیچ ها طی می کند، پس بومرنگ می چرخد. نیرویی که هوا به آن وارد می کند سبب کامل شدن مسیر آن شده و در نهایت بازگشت بومرنگ به دست پرتاب کننده می شود.



## پرتاب صحیح بومرنگ

بومرنگ درحین حرکت، حول محور خودش دوران می کند به علاوه روی مسیری دایره ای (یا بیضی) شکل حرکت می کند. اما بومرنگ به جز دوران حول این دو محور، حول محور سومی نیز دوران می کند. بومرنگ با زاویه 10-20 نسبت به سطح عمود پرتاب می شود اما درنهایت به شکل افقی به دست پرتاب کننده بازمی گردد. گفتیم سرعت بال بالایی بیشتر از بال پائینی است. چون  $H=r*mv$  پس بردار  $H$  برای بال بالایی بیشتر از بال پائینی است. پس بومرنگ علاوه بر همه حرکت های ذکر شده تمایل به حرکت در راستای محور سوم را هم دارد و علی رغم پرتاب شدن به شکل تقریبا عمود به شکل افقی باز می گردد و این چرخش باعث می شود بومرنگ مسیری به شکل زیر طی کند (نمای پهلو)



یعنی علاوه بر حرکت در صفحه  $X$  و  $Y$ ، در راستای محور  $Z$  هم جا به جا شده و مسیر حرکتش بر صفحه کجی واقع شود. این زاویه اولیه (10-20) نسبت به قائم باعث می شود بومرنگ پس از چرخش تقریبا به حالت افقی برگردد و گرفتن آن راحت تر شود. بومرنگ راست دست ها و چپ دست ها متفاوت است (جهت برآمدگی بال ها فرق دارد) بومرنگ راست دست ها از چپ به راست و بومرنگ چپ دست ها از راست به چپ حرکت می کند. پس نحوه پرتاب صحیح بومرنگ به شرح زیر است: (برای راست دست ها)

پای راست عقب تراز پای چپ قرار می گیرد. بومرنگ با زاویه 10-20 نسبت به قائم در دست پرتاب کننده است، او با چرخش مچ دست به بومرنگ دوران می دهد و سپس با انتقال و قرار دادن پای راست در جلو با سرعت نه چندان زیاد بومرنگ پرتاب می شود. این سرعت اولیه با

توجه به سرعت باد تعیین می شود.

## بومرنگ های کاغذی

می توان ب امقوای نه چندان ضخیم هم بومرنگ ساخت و آن را با مهارت نه چندان زیاد هم پرتاب کرد و آن بومرنگ برخواهد گشت . این نوع بومرنگ ها شکل بال استاندارد ندارند یعنی Lift در آن ها اتفاق نمی افتد اما خیلی راحت تر و بهتر از بومرنگ های استاندارد برمی گردند. به دلیل وزن سبک این نوع بومرنگ حتی اگر Lift در آن ها اتفاق نیفتد مهم نیست چرا که اثر گرانش بر آن ها بسیار کم است و به راحتی می تواند در هوا پرواز کند. گفتیم علت اصلی برگشت بومرنگ خاصیت ژيروسکوپیک در آن است و خاصیت ژيروسکوپیک ناشی از بردار H است یعنی هر چه جرم بیشتر باشد خاصیت ژيروسکوپیک نیز قوی تر خواهد بود. با این وجود بومرنگ سبک کاغذی خیلی راحت تر بر می گردد.

خاصیت ژيروسکوپیک هر چند کم در این نوع بومرنگ ها هم وجود دارد. پس تمایل به بازگشتن هم در آنها هست .اما به دلیل جرم کم ، اندک نیروی باد هم پس از چرخش می تواند به آن کمک کند تا مسیر دایره ای شکلش را طی کند. پارامترهای مختلفی ، شکل مسیر این بومرنگ ها، بیشترین فاصله از پرتاب کننده، زمان لازم برای کامل شدن مسیر بومرنگ را کنترل می کند. از جمله این پارامترها می توان به سرعت پرتاب سرعت زاویه ای ، زاویه پرتاب ، شدت باد، شکل بال های بومرنگ ، طول آنها و زاویه بین بال ها اشاره کرد. چگونگی حرکت این نوع بومرنگ ها بسیار جالب توجه است.

چگونگی ساخت بومرنگ کاغذی در سایت زیر شرح داده شده است:

[www.chez.com/amiel/boom/cardboard.html](http://www.chez.com/amiel/boom/cardboard.html)

## نتیجه گیری:

حرکت اجسام صلب در هوا تحت تاثیر عوامل مختلفی است و تحلیل آن لازمه اطلاعاتی فراتر از فیزیک دبیرستان است. بومرنگ هم که به ظاهر وسیله تفریحی ورزشی بیش نیست، حرکت بسیار پیچیده ای دارد. حتی اگر شما هم سری به سایت های معمولی بومرنگ بزنید، در ابتدا فقط نحوه پرتاب صحیح و نحوه گرفتن صحیح را شرح می دهند و در مورد فیزیک آن شرحی بسیار ساده ارائه می دهند. اما اگر بخواهید از سایت های تخصصی اطلاعاتی بدست آورید، باید پیش زمینه فیزیکی بسیار خوبی داشته باشید.

نکته جالب توجه در مورد بومرنگ این است که اگر از یک مقوای نه چندان ضخیم بومرنگ بسازید، با ضربه کوچکی بر راحتی بر می گردد. در واقع هر جسم سبک که 2 پر داشته باشد حتی دایره ای که قسمتی از آن جدا شده این خاصیت را دارد و با ضربه ای کوچک و بدون مهارت زیاد بر می گردد. چرا که در صورت با اختلاف سرعت ها و نیرویی که به این دلیل ایجاد می شود و خاصیت ژيروسکوپیک که در جسم دوار وجود دارد، جسم تمایل به برگشت دارد و چون جرم سبکی دارد، مولکول های هوا به آن کمک می کنند تا مسیرش را کامل کند و به دست پرتاب کننده بازگردد.

همانطور که گفتیم پارامترهای مختلفی بر حرکت آن اثرگذارند. بنابراین شبیه سازی حرکت آن بسیار دشوار است پس مدل سازی خوب در تحلیل و شبیه سازی حرکت آن بسیار حائز اهمیت می باشد.

به هر صورت برای اینکه بومرنگ شما به راحتی به دستتان برسد، لازم است تمرین کافی کنید تا بتوانید اثر منفی جریان هوا را به حداقل رسانده و با دوران مناسب اولیه از جریان هوا استفاده مفید کنید.