به نام خداوند بخشنده ی مهربان

بیومکانیک ورزشی

استاد زهرا طهماسبی آبدر

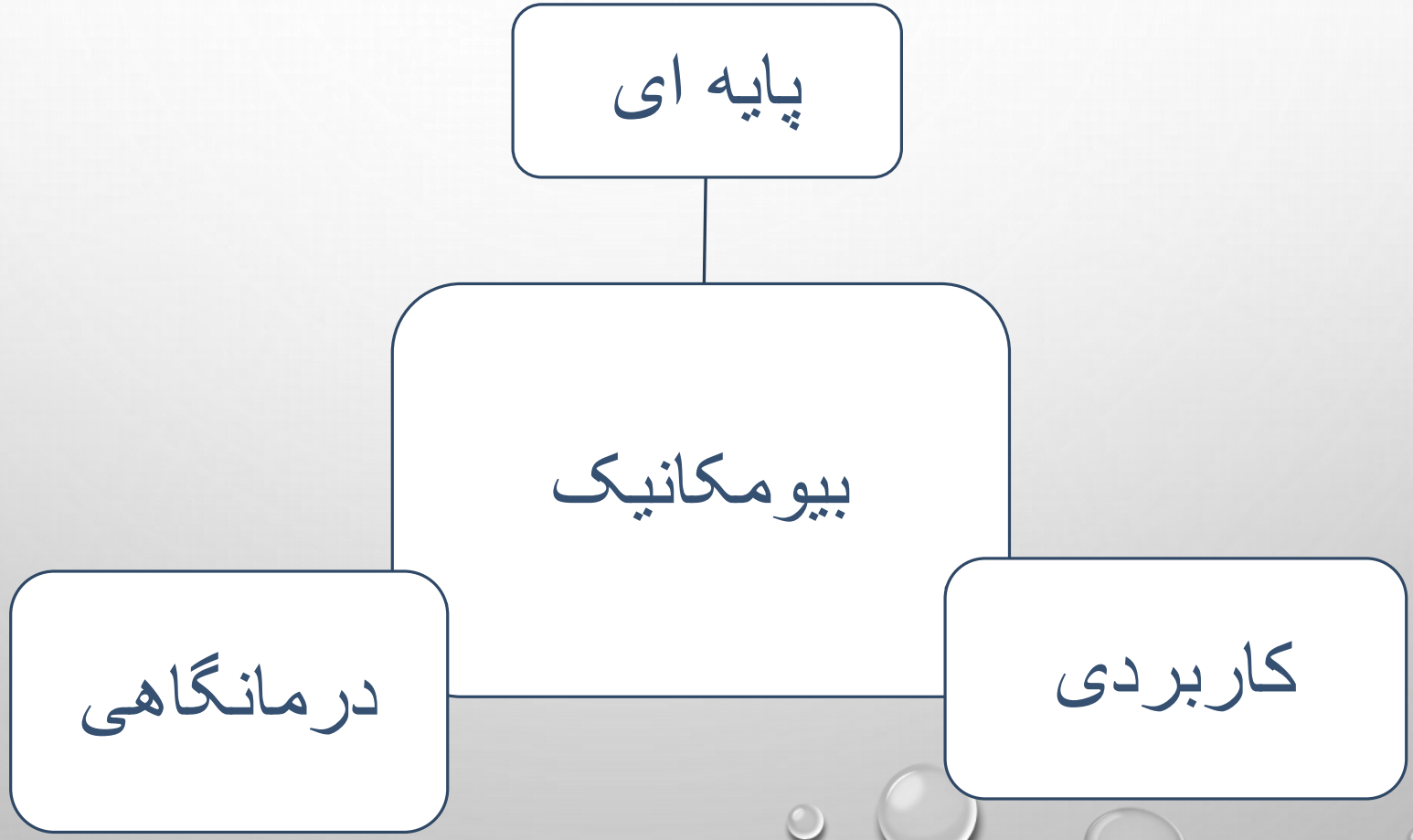
بیومکانیک چیست ؟

- ✓بیو مکانیک دانشی است که ارتباط بین حیات و اصول و قوانین حاکم بر اجسام را در دو موقعیت ایستا و پویا در موجودات زنده را بررسی میکند.

دو تعریف واژه ی بیو مکانیک :

1. مطالعه اصول و مبانی مکانیک در موجود زنده و روابط درگیر در حرکات آن.
2. کاربرد قوانین مکانیکی در موجودات زنده و بویژه در رابطه با حرکت و جابجایی انسان.

حوزه های تحقیقاتی بیومکانیک درباره حرکت انسان



ارگونومی

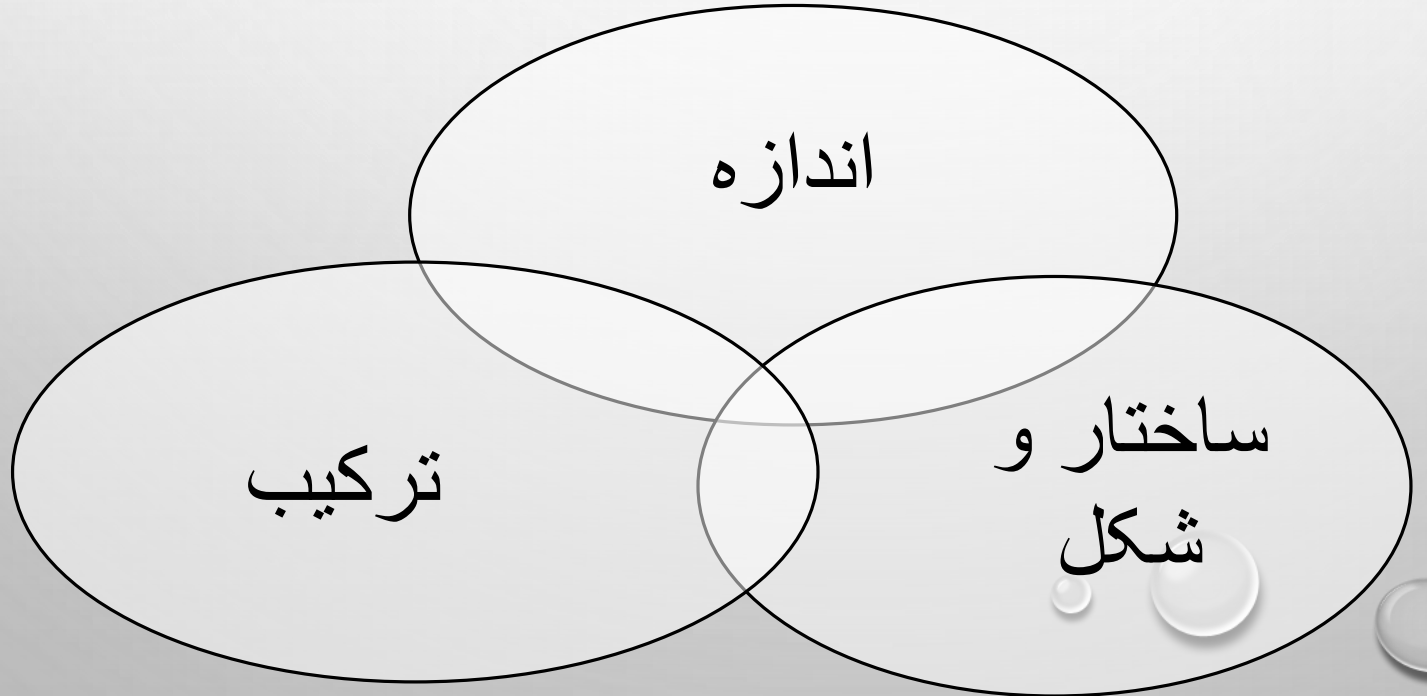
تحلیل های مکانیک حرکت و وضعیت بدن در حین کار به ارگونومیست اجازه می دهد تا اعمال غیر ایمن و شرایط غیر ایمن را تشخیص دهد .عواملی که بر امنیت یک کارگر اثر می گذارد :

1. وضعیت بدن کارگر
2. موقعیت اجسامی که باید بر روی آنها کار انجام شود
3. وزن اجسام و نیرویی که باید به ابزار اعمال شود
4. ماهیت چگونگی به کار بردن نیرو

آنتروپومتری و کینانتروپومتری

آنتروپومتری : به علم اندازه گیری نسبت ها و ترکیب بدن انسان گفته می شود.

طبق دیاگرام ون آنتروپومتری دارای ۳ جز می باشد :



کینانتروپومتری : به کمک آن اندازه های بدن را از جنبه های ریخت شناسی و رابطه آن را با حرکت و دیگر عوامل موثر در حرکت بررسی می کند اندازه گیری های تخصص مذکور شامل :

1. اجزای ساختار بدن ، اندازه گیری بدن، نسبت ها ، ترکیب، شکل و رشد فیزیکی تا زمان بلوغ کامل
2. توانایی های حرکتی و ظرفیت های تنفسی – قلبی
3. فعالیت های جسمانی شامل فعالیت های سرگرم کننده و تفریحی و مهارت های بسیار تخصصی ورزشی

سوماتوتایپ (تیپ بدنی)

بقراط :

۱.هاپیتوس اپوپلکتوس : افراد کوتاه و چاق ۲. هابیتوس فیتوسیوس : افراد بلند و لاغر

شلدون و همکاران :

۱.اکتومرفها: افراد لاغر و بلند و کم چربی ۲.مزومرفها: افراد با نسبت بالای بافت عضلانی ۳. اندو مرفها: افراد چاق و درصد چربی زیاد

ویژگیهای مکانیکی حرکت جسمانی انسان

مکانیک اجسام جامد (سخت) به بررسی قوانین فیزیکی حاکم بر اجسام در دو حوزه کلی می پردازد:

1. بررسی عوامل مرتبط با اجسام متحرک که موضوع علم دینامیک (پویا) است.
2. بررسی عوامل مرتبط با اجسام غیرمتحرک که موضوع علم استاتیک (ایستا) است .

دینامیک یا مطالعه اجسام در حال حرکت خود دوبعد دارد:

1. سینماتیک یا کینماتیک به بررسی توصیف چگونگی و تجزیه و تحلیل حرکت می پردازد و شامل مفاهیمی چون زمان ، فضا، موقعیت، سرعت و شتاب می باشد.
2. سینتیک یا کینتیک که بعد بررسی علت حرکت اجسام را تجزیه و تحلیل می کند در آن به تاثیر نیرو در اصلاح یا تسهیل حرکت جسم و یا ممانعت از آن اشاره می شود.

روش های مطالعه بیومکانیک حرکت انسان

1. **روش توصیفی** : توصیف ابعاد یک پدیده (در زمان اجرای مهارت)
2. **روش کمی:** تجزیه و تحلیل مهارت یا حرکت با استفاده از اعداد (کمیت)

کارایی یا موثر بودن حرکت

از نظر فیزیولوژیکی حرکت یا مهارت کارآمد حرکتی است که با حداقل انرژی مصرفی به انجام برسد. اما از دیدگاه بیومکانیکی هدف مصرف کمتر انرژی نیست بلکه هدف انتخاب بهترین روش برای اجرای حرکت یا مهارت است.

سیستم و رفرنس در تجزیه و تحلیل حرکت بدن انسان

موارد ضروری جهت مطالعه یک سیستم تعیین منبع ، به عنوان رفرنس یا مرجع آن سیستم می باشد که حرکت سیستم نسبت به آن مرجع بررسی می شود. مرجع می تواند ثابت یا متحرک باشد.

حرکت نسبت به مرجع ثابت یا متحرک

حرکت عمل یا روند تغییر حالت یا تغییر محل نسبت به نقطه رفرنس (مرجع) می باشد.

انتقال یا جابجایی جسم از نقطه ای به نقطه دیگر نسبت به رفرنس می باشد.

بحثی درباره حرکت ، حرکت دو شیئی در حال حرکت نسبت یکدیگر است که متحرک یا ساکن بودن آنها به سرعت نسبی آنها بستگی دارد.هرکدام سرعتش بیشتر باشد متحرک و دیگری ساکن است.

انواع حرکت

بطور کلی سه نوع حرکت در سیستم قابل مشاهده است :

- ✓حرکت خطی یا انتقالی
- ✓حرکت دورانی یا زاویه ای
- ✓حرکات ترکیبی (خطی و دورانی) یا متداول یا عمومی

حرکت خطی یا انتقالی

این حرکت زمانی صورت می گیرد که جسم طوری حرکت کند که کلیه اجزای آن دقیقا مسافت یکسانی را در جهت و زمان مشابه طی کرده باشند.

واحد اندازه گیری حرکت انتقالی متر، سانتی متر، کیلومتر می باشد.

اما حرکت انتقالی بر حسب مسیر و جهت حرکت خود به دو نوع تقسیم می شود:

الف) حرکت انتقالی مستقیم الخط

ب) حرکت انتقالی منحنی الخط

الف) حرکت انتقالی مستقیم الخط :

که تمامی اجزا جسم در جهت و زمان مشابه مسافت یکسانی را در یک مسیر خطی مستقیم طی می کنند مانند بالا تنه اسکیت باز یا دوچرخه سوار.

ب) حرکت انتقالی منحنی الخط :

همان ویژگی های حرکت انتقالی را دارد اما مسیر حرکت یک مسیر منحنی است مانند حرکت یک اسکی باز در حرکت پرش اسکی یا مسیر حرکت یک جسم در حال پرتاب.

حرکت زاویه ای یا دورانی

این حرکت جسم در یک مسیر دایره ای و حول محوری در فضا به حرکت در آید به طوری که کلیه اجزا و قسمت های آن جسم در محدوده یک زاویه مشخص در جهت و زمان مشابه حرکت نماید.

اگر محور حرکت در خود سیستم باشد مانند حرکت بازو از مفصل شانه (محور حرکت در مفصل شانه) حرکتی **زاویه ای (یا جابه جایی حول محور داخلی)** است و اگر محور حرکت در خارج از خود سیستم باشد مانند آفتاب مهتاب در بارفیکس که **حرکت دورانی (جابه جایی زاویه ای حول محور خارجی)** می باشد.

برای درک بهتر حرکت دورانی با مفاهیم زیر بیشتر آشنا شود :

مرکز دوران : نقطه ای از سیستم یا خارج از سیستم که حرکت حول آن انجام می گیرد و به آن محور چرخش گفته می شود. در بدن مفاصل مرکز دوران می باشند.

شعاع دوران یا چرخش: فاصله بین محور چرخش تا انتهای اهرم یا اندام یا وسیله .

حرکت زاویه ای را از این جنبه که حول محور افقی یا عمودی جسم صورت می گیرد به دو نوع تقسیم می کنند.

۱- پیچشی (): اگر فرد یا جسم حول محور عمودی (طولی) خود بچرخد این حرکت را پیچش می نامند مانند بطر در ژیمناستیک یا باز و بسته شدن پیچ

۲- چرخش (Θ): اگر فرد یا جسم حول محور افقی(عرضی) خود بچرخد این حرکت را چرخش می نامند مانند حرکت نیم وارو ، غلت جلو، پشتک.

واحدهای اندازه گیری در حرکات دورانی شامل دور، درجه، و رادیان می باشد.

حرکت ترکیبی یا عام

حرکت دورانی بطور کلی معمولی تر و شایع تر از حرکت انتقالی می باشد. اما از هر دوی آنها همگانی تر حرکات عام می باشد که از ترکیب هر دو نوع حرکت خطی و دورانی به وجود می آید. بطور مثال دوچرخه سواری در نظر بگیرید که بالا تنه ی او دارای حرکتی انتقالی که در نتیجه انجام حرکت دورانی و زاویه ای در اندام تحتانی او (رکاب زدن) به دست می آید.

یا حرکت یک دیسک در هوا ، کل دیسک یک حرکت منحنی الخط دارد و در حین حال حول محور طولی خود در پیچش ایت و در کل حرکت از نوع عام یا متداول است.

کمیت ها و بردارها

✓ کمیت

الف) کمیت عددی (نرده ای، اسکالر، جبری) که فقط اندازه در آن نقش دارد و با واژه هایی چون اندازه و مقدار بطور کامل می توان آنها را شرح داد مانند: مسافت ، جرم، وزن، سرعت(تندی)

ب) کمیت برداری که در آن جدای از اندازه برای درک آن به جهت نیز نیاز داریم مانند: بردار سرعت، شتاب، نیرو، جابه جایی که به غیر از اندازه جهت و نقطه اثر آنها باید مشخص شود.

✓ بردار و ویژگی های آن

الف) طول پاره خط اندازه را نشان می دهد.

ب) پیکان آن جهت را نشان می دهد.

ج) امتداد بردار خطی است که بردار بر روی آن منطبق است.

د) راستای بردار: تمام خطوط موازی با امتداد یک بردار را راستای آن می گویند

و) بردار را با یکی از حروف لاتین و علامت پیکان کوچک روی آن جهت تفکیک از کمیتهای جبری نشان می دهند. ()

✓بردارهای هم سنگ

دو بردار زمانی باهم برابر(هم سنگ) هستند که مشخصه های آنها یعنی اندازه ، جهت و راستا با یکدیگر برابر باشند.

✓جمع بردار

الف) روش چند ضلعی

در این روش بردارها را طوری در امتداد یکدیگر رسم می کنیم که ابتدای هر بردار به انتهای بردار دیگر وصل می شود. درنهایت برداری جدید رسم می شود که ابتدای بردار اول را به انتهای بردار آخر وصل می کند این بردار جدید برآیند همه بردارها (بردار برایند) می باشد.

ب) روش متوازی الاضلاع

ابتدا دو بردار را بر هم منطبق می کنیم سپس از انتهای هربردار خطی به موازات دیگری رسم می کنیم با این عمل یک متوازی الاضلاع رسم می شود. آن قطر از متوازی الاضلاع که نقطه تلاقی دو بردار می گذرد برآیند مفروض است .این بردار برآیند چنان است که مبدا آن با مبدا اصلی دو بردار (نقطه ابتدایی دو بردار) مشترک است.

شیوه نمایش بردار در صفحه مختصات

در صفحه مختصات بردارها را به صورت $\int_y^x a$ نمایس می دهند که در واقع این شیوه نمایش مختصات نقطه اثر و میزان جابجایی یا حرکت نسبت به مرجع که در اینجا مبدا مختصات $O\int_0^0$ نشان می دهد.(تصویر را رسم کنید)

حالتی وجود دارد که در آن ابتدای بردار بر مرکز مختصات قرار ندارد. در این حالت بردار را با مختصات دو نقطه نشان می دهند.(تصویر را رسم کنید)

اگر بخواهیم این شکل از نمایش بردار را به حالتی در آوریم که ابتدای آن بر روی مرکز مختصات واقع شود از فرمول زیر استفاده می کنیم.

$$a\Big|_{y}^{x} \rightarrow \begin{cases} x = x_2 - x_1 \\ y = y_2 - y_1 \end{cases}$$

حال اگر بخواهیم طول (اندازه) بردار را بدست آوریم از فرمول زیر استفاده می کنیم.

$$|a|^2 = (x_2 - x_1) + (y_2 - y_1)^2$$

اگر مبدا مختصات ابتدای بردار باشد فرمول بالا به صورت زیر درمی آید:

$$|a|^2 = x^2 + y^2$$

تجزیه یک بردار به مولفه های عمود بر هم

در تجزیه و تحلیل حرکات و مهارت ها به تجزیه یک بردار به دو مولفه ی افقی(X) و عمودی (Y)نیازمندیم.

R_x ← مولفه افقی بردار $\vec{R}$

R_y ← مولفه عمودی بردار $\vec{R}$

Θ ← زاویه بین بردار $\vec{R}$ و راستای افق (زاویه ها همیشه به نسبت راستای افق می باشند بنابراین اگر زاویه را به نسبت خط عمود بیان کردند باید آن را به زاویه نسبت به راستای افق تبدیل کنید.) (تصویر را رسم کنید)

طول بردار $\vec{R}$ از طریق فرمول زیر به دست می آید.

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

مثالات این فصل :

توصیف حرکت خطی

موقعیت

منظور وضعیت قرارگیری جسم در فضا نسبت به یک نقطه مرجع یا رفرنس است .

مسافت و جابجایی

وقتی جسمی از نقطه ای به نقطه ای دیگر نقل مکان می کند مسافتی را که از این طریق طی می کند برابر است با طول مسیر یا راه و میزان جابجایی آن برابر با طول خط مستقیمی است که نقطه شروع را به پایان متصل می کند یا کوتاهترین فاصله بین نقطه شروع و پایان را جابجایی می گویند.

واحد اندازه گیری مسافت و جابجایی هر دو متر می باشد.

مثال:

تندی و بردار سرعت

تندی

میزان مسافت طی شده در واحد زمان است و آن را با متر بر ثانیه (M/S) یا کیلومتر بر ساعت (KM/H) می سنجند.

L= مسافت T= زمان

$s = \frac{L}{t}$ (تندی= مسافت/ زمان)

بردار سرعت

مقدار جابجایی جسم نسبت به زمان انجام گرفتن حرکت(میزان جابجایی در واحد زمان)

$v = \frac{d}{t}$ (بردار سرعت= جابجایی/ زمان)

تندی یا سرعت لحظه ای و بردار سرعت لحظه ای

سرعت لحظه ای

سرعت متوسط در طی یک مسافت بسیار کوتاه که زمان کافی برای تغییر در آن لحظه وجود نداشته باشد.

بردار سرعت لحظه ای

بردار سرعت متوسط جسم در یک مسافت بسیار کوتاه که زمان لازم برای تغییر آن، در آن مسافت کوتاه و به خصوص وجود نداشته باشد.

شتاب

قابلیت تغییر سرعت را شتاب حرکت گویند. یا به عبارت دیگر شتاب برابر است با تغییرات سرعت در واحد زمان .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

V2 سرعت نهایی V1 سرعت اولیه و T زمانی برای تغییر سرعت از سرعت اولیه به سرعت نهایی لازم است.

با توجه به فرمول بالا با توجه به اندازه سرعت نهایی نسبت به سرعت اولیه شتاب می تواند منفی ، مثبت یا صفر باشد.

بررسی شتاب حرکت در پرشها

در اینجا میخواهیم حرکت پرش و فرود یک مدافع والیبال را بررسی کنیم . حرکت را به چند نقطه تقسیم می کنیم.

A هر دو پا به طور کامل روی زمین .

AتاB مدافع با استفاده از نیروی عضلانی شتاب می گیرد تا از زمین جدا شود اما هنوز در تماس با زمین است.

C مدافع در نقطه اوج جاییکه عمل دفاع خود را انجام می دهد.

C تا D حرکت فرود مدافع و اولین لحظه تماس مدافع با زمین.

D تا E مرحله جذب نیروی و کاهش سرعت و فرودی نرم .

E فرود کامل مدافع بر روی زمین .

در اینجا به بررسی شتاب بین نقطه های متفاوت می پردازیم:

شتاب بین نقطه A وB

چون از حالت سکون در نقطه A(VA= 0) سرعت می گیرد یعنی در B سرعتی بالاتر از A دارد و حرکت رو به بالا مثبت است .

پس $a > 0$ و چون سرعت در B بیشتر از A است بنابراین شتاب مثبت و تند شونده است یا حرکت سرعت افزاینده دارد.

شتاب بین دو نقطه B وC

مدافع در حین اینکه از Bبه C می رود از سرعتش کاسته می شود و در Cبه صفر می رسد.

پس شتاب بین B و C و چون

شتاب بین دو نقطه C و D

سرعت مدافع در نقطه C صفر است و تحت نیروی گرانش به سمت زمین کشیده می شود و بر سرعت او افزوده می شود یعنی سرعت در D بیشتر از C است .

پس شتاب است بااینکه سرعت حرکت

شتاب بین دو نقطه E و D

در نقطه ی Dسرعت زیاد است و نیروی گرانش می خواهد که سرعت شخص را افزایش دهد اما ورزشکار با انقباضات اکسنتریک نیروی جاذبه را جذب نموده و از سرعت وی می کاهد تا در نقطه ی E سرعت او به صفر برسد.

پس سرعت حرکت شتاب آن

خلاصه ای از مطالب مربوط به بررسی شتاب مدافع والیبال

حرکت با سرعت یکنواخت و غیریکنواخت

حرکت ها بر حسب تغییر یا عدم تغییر سرعتشان به دو دسته ی حرکت با سرعت یکنواخت و حرکت با سرعت غیریکنواخت تقسیم می شوند. خود حرکت با سرعت غیر یکنواخت با توجه به میزان تغییر سرعتشان به دو دسته حرکت با شتاب یکنواخت و حرکت با شتاب غیر یکنواخت تقسیم می شود.

با استفاده از نمودارهای مکان نسبت به زمان جهت نشان دادن حرکت با سرعت یکنواخت و غیر یکنواخت است.

محور Yها جابجایی و محورX ها زمان را نشان می دهد .

الف) هنگامی که جابجایی در هر واحد زمان مساوی است (یعنی جابجایی های مساوی را در زمان مساوی طی می کند و سرعت ثابت است در طول مسیر) این حرکت، حرکت با سرعت یکنواخت روی خط راست می باشد. چون تغییرات سرعت نداریم پس در این حرکت شتاب برابر با صفر است.

(نمودار را رسم کنید)

ب) هنگامی که مقدار جابجایی در زمان های مساوی متغیر است حرکت غیر یکنواخت می باشد. نمودار مکان زمان این نوع حرکت بصورت نمایی بالا (هنگامی که حرکت شتاب می گیرد و هرچه زمان می گذرد جابجایی بیشتری در زمان مساوی رخ می دهد یعنی سرعت افزایش می یابد و حرکت تند شونده است) یا پایین میآید(زمانی که هرچه زمان می گذرد در زمانهای مساوی جابجایی کمتری رخ می دهد و سرعت کاهش می یابد و حرکت کند شونده است)

نمودارهای سرعت- زمان(شتاب)در حرکت با سرعت غیر یکنواخت

الف)در این نمودار شتاب حرکت با سرعت یکنواخت است در این حرکت سرعت ثابت و $a = 0$ یعنی حرکت شتاب دار نیست چون تغییرات سرعت نداریم.

ب) در این نمودار حرکت با سرعت غیر یکنواخت افزاینده (تند شونده) نشان داده است در این حرکت تغییرات سرعت وجود دارد چرا که جابجایی به طور غیر یکنواخت و شتاب به طور یکنواخت افزایش می یابد.

ج)در این نمودار حرکت با شتاب یکنواخت کاهنده نشان داده شده است. در این نمودار شتاب به طور یکنواخت کاهش می یابد تغییرات سرعت وجود دارد و جابجایی به طور غیر یکنواخت کاهش می یابد.

د) در این نمودار رابطه سرعت- زمان در حرکت با شتاب غیریکنواخت نشان داده شده است. در این حرکت شتاب بطور یکنواخت افزایش نیافته است و نمودار آن یک خط راست نیست بلکه یک منحنی است.