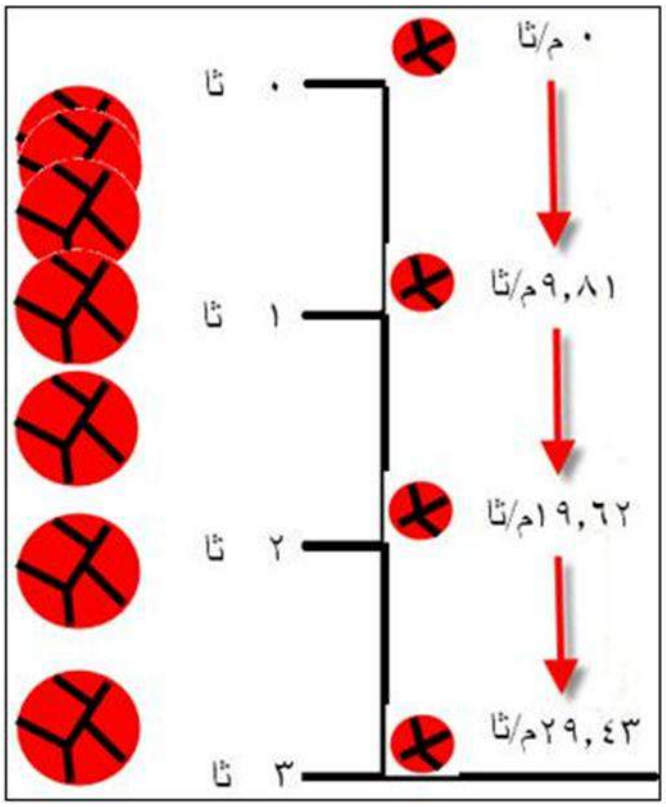
حركة المقذوفات في المجال الرياضي Projectile Motion in Sport

تحتل حركة المقذوفات في الجانب الرياضي سواء كانت الادوات التي يستخدمها الرياضي في بعض الفعاليات الرياضية او جسم الرياضي نفسه جزءا خاصا من دراسة الحركة من الجانب الميكانيكي فنجد ان اي جسماثناء انطلاقه في الهواء يكون خاضعا لقوانين ثابتة تحدد خط سيره وكذلكالمسافة التي يقطعها او الزمن الذي يستغرقه لقطع هذه المسافة،فعلى هذا الاساس تم الاهتمام بطبيعة حركة الاجسام المقذوفة والعوامل المؤثرة عليها.

*مفهوم المقذوف

المقذوف هو كل جسم يترك سطح الارض او اي سطح اخر بفعل قوة خارجية ويتحرك في الهواء بسرعة معينة واتجاه ومسار حركي معين ويقع تحت تاثير قوةمقاومة الهواء وقوة جذب الارض(وزن الجسم).،فمثلا لاعب الوثب الطويل يكسر اتصاله مع لوحة الارتقاء في مرحلة الارتقاء بزاوية معينة وهنا نطلق على اللاعب مصطلح مقذوف ، كذلك عند المناولة في كرة السلة او الاعداد في الكرة الطائرة فان الاداة يكسر اتصاله مع يد اللاعب فتسمى الكرة مقذوف ، ولايختلف الموضوع كثيرا عندما يطلق الحكم في بداية الشوط كرة السلة الى الاعلى فان الكرة ستنطلق إلى الأعلى بزاوية قائمة (الطيران الحر) وبسرعة معينة تتباطأ وتتوقف ثم تبدأ بالرجوع بتسارع إلى نقطة انطلاقها او نقطة اعلى من نقطة انطلاقها (السقوط الحر) وكذلك يحدث عند لاعب الترامبولين واللاعب الذي يؤدي مهارة الضرب الساحق بالكرة الطائرة والفرد الخاضع لاختبار سارجنت (الوثب العمودي) ، ان هذا العمل بشكل بسيط سيقع تحت تأثير قانون الجذب ، والذي ينص على ان الأداة أو الجسم يسقط في الفراغ بتعجيل ثابت مقداره (٩.٨١) متر في الثانية لكل ثانية، ومثلما أسلفنا سابقا فان كرة السلة عند سقوطها من السكون فان سرعتها ستبلغ بعد ثانية واحدة (٩.٨١)م\ثا وفي الثانية الثانية تصبح سرعتها (٩.٨١+٩.٨١=١٩.٦٢) ، فلو استغرقت الكرة عند سقوطها زمنا قدره (٣ ثانية) فانها ستصدم الأرض بسرعة مقدارها (٢٩.٤٣ م\ثا). وفقا للقانون: السرعة

$$\text{الجذب} = \frac{\quad}{\text{الزمن}}$$



السرعة

الجذب = ـــــــــ

الزمن

السرعة = الجذب × الزمن

السرعة = ٩.٨١ × ٣

السرعة = ٢٩.٤٣ م/ثا

*العوامل المؤثرة على حركة المقذوف

١-سرعة انطلاق المقذوف

٢-زاوية انطلاق المقذوف

٣-ارتفاع نقطة الانطلاق

١-سرعة انطلاق المقذوف

وتعرف على انها السرعة التي يصبح بها الجسم مقذوف في الهواء وهي من العوامل الميكانيكية التي يتحدد في ضوئها اقصى ارتفاع يصله المقذوف وكذلك اقصى مدى افقي يقطعهالمقذوف.

فاذا كان المقذوف عموديا(٩٠)درجة زاوية انطلاقه فان سرعةالانطلاق سوف تؤثر على اقصى ارتفاع يصل اليه المقذوف فقط لان هذه السرعة العمودية تتعامل مع(جيب الزاوية)($\sin\theta$) (س.جا الزاوية)وبما ان(جا٩٠=١) اذن فسرعة الانطلاق سوف تساوي السرعة العمودية والتي ستحدد اقصى ارتفاع للمقذوف بينما نجد ان السرعة الافقية في المقذوف العمودي تساوي صفر وذلك لان(جتا ٩٠=صفر)($\cos 90=0$)وان السرعة الافقية تتعامل (جتا الزاوية) لذلك هنا لايوجد مسافة(مدى)افقي.

اما اذا تحرك المقذوف بزاوية معينة مع الافق(اقل ٩٠)درجة فان سرعة الانطلاق هذه سوف تحدد اقصى ارتفاع يصل اليه المقذوف وكذلك اقصى مدى افقي له وذلك لان سرعةالاطلاق سوف تتحلل الى سرعة عمودية(س.جا الزاوية)وسرعة افقية(س.جتا الزاوية) ،فالقوة الافقية لاتخضع لاي قوة خارجية لطالما تجاهلت مقاومة الهواء ولهذا ستكون للمقذوف سرعة افقية ثابتة لها تاثير ايجابي على المدى الافقي للمقذوف الذي يساوي السرعة الافقية مضروبة في الزمن الكلي.اما السرعة العمودية فتقع تحت تاثير قوة الجذب الارضي والتي راسيا نحو الاسفل والتي تؤثر على المقذوف بتعجيل ثابت مقداره(٩.٨)م/ثا^{٢}.

٢-زاويةانطلاق المقذوف

وهي الزاوية المحصورة بين متجهة سرعة الانطلاق(السرعة الابتدائية) وخط الافق الموازي للارض ويختلف مقدار هذه الزاوية تبعا للهدف من الفعالية الرياضية فنلاحظ ان مقدارها يزيد او يقل وحسب الهدف فمثلا نجد ان الفعاليات التي تتطلب ايصالها الى اقصى مدى افقي تكون الزاوية اقل من تلك الفعاليات التي هدفها تحقيق اعلى ارتفاع مثل الرمية الحرة في كرة السلة.

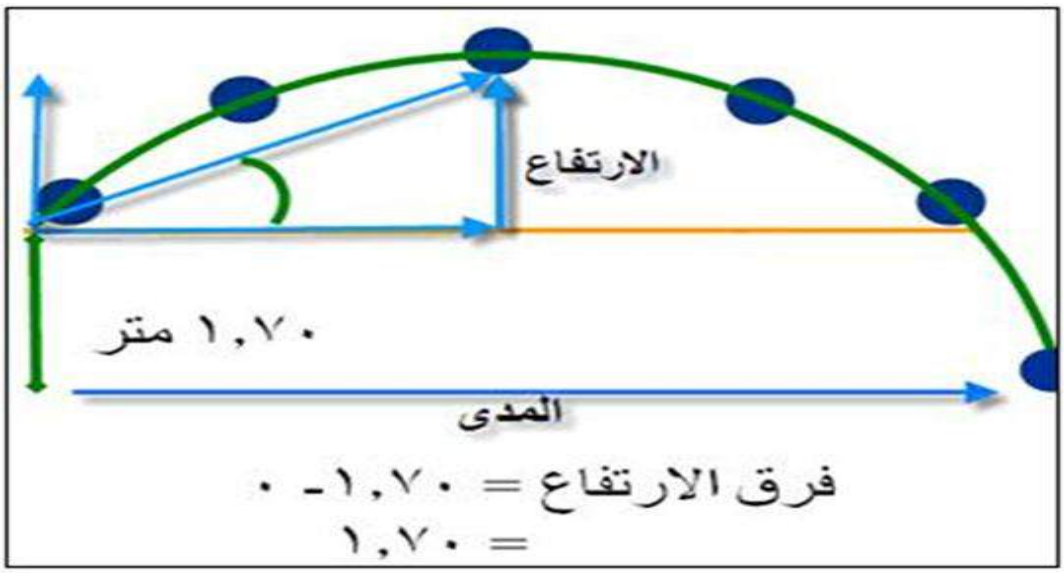
تعتبر الزاوية المثلى للمقذوفات وهي (٤٥)درجة حيث تتساوى فيها السرعة الافقية مع السرعة العمودية وذلك لان (جا٤٥=جتا٤٥)ويساوي(٠.٧٠٧) ولكن لكل فعالية رياضية زاوية مثلى

للقذف لتحقيق الهدف من الفعالية فمثلا نجد ان افضل زاوية لانطلاق الرمح (٣٩)درجة ورمي القرص(٣٦) درجة وفي فعالية الوثب العريض تتراوح بين(٢٠-٢٢)درجة بينما في فعالية الوثب العالي(٦٢) درجة مثلافهنا نلاحظ بانه اذا قلت الزاوية عن (٤٥)درجة فان ذلك سيؤدي الى انخفاض في الارتفاع العمودي للمقذوف وكذلك (المدى الافقي في بعض الفعاليات) واذا زادت زاوية الانطلاقعن(٤٥) درجة سيؤدي ذلك الى نقصان في المسافة (المدى) الافقية وزيادة في الارتفاع العمودي مثل الوثب العالي.

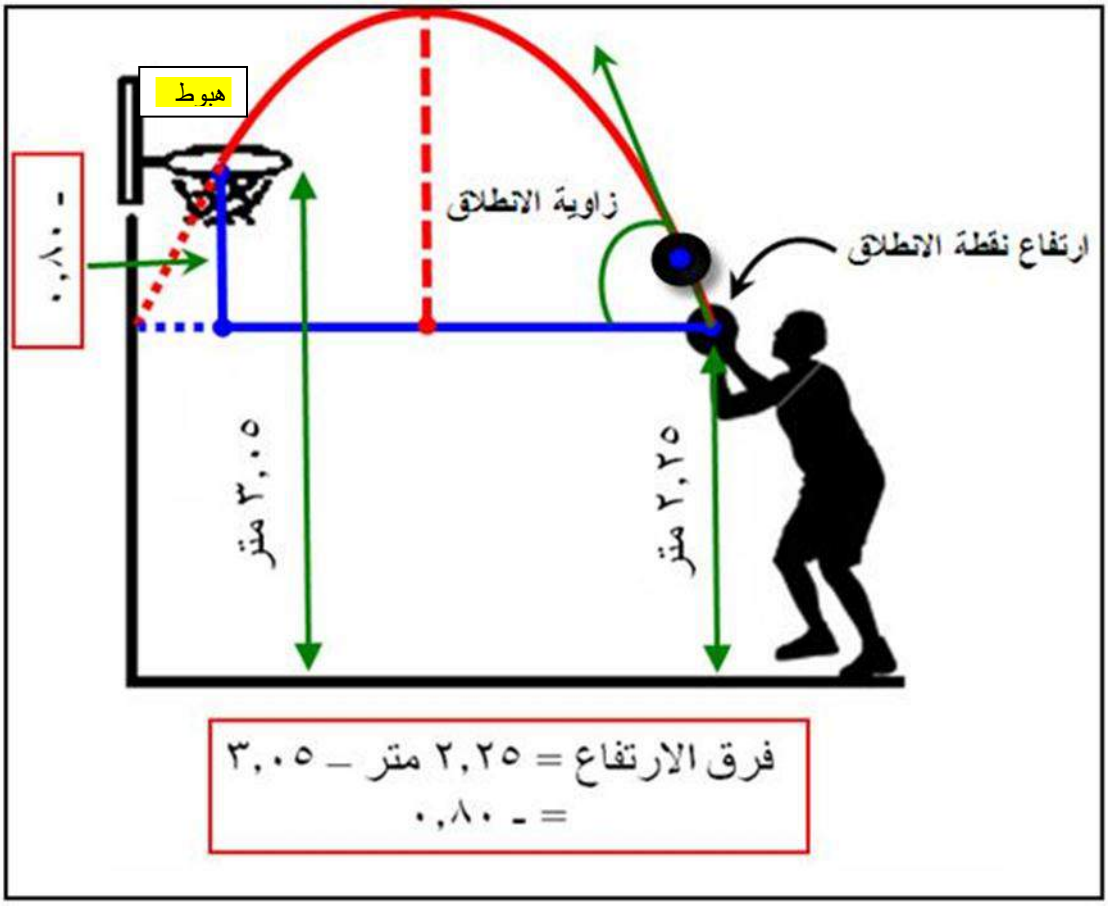
٣- ارتفاع نقطة الانطلاق

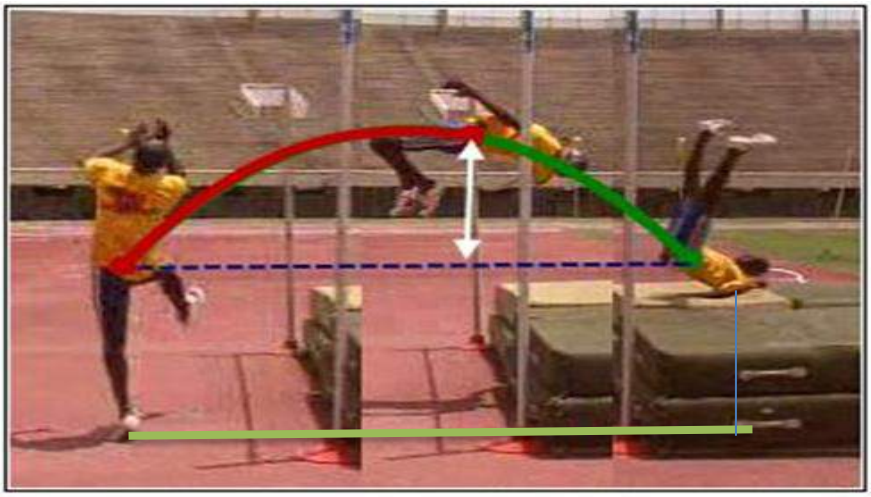
ويقصد بها المسافة العمودية او(الفرق في المسافة العمودية)بين مستوى انطلاق المقذوف ومستوى هبوطه.

فنجد ان الفرق في هذه المسافة في المقذوفات التي مستوى الانطلاق اعلى من مستوى الهبوط سوف يكون له تاثير ايجابي على اقصى مدى افقي يصل اليه المقذوف كما في فعاليات الرمي في العاب القوى (رمي الثقل-القرص-الرمح) وعلى هذا الاساس يكون اختيار اللاعبين الرماة ذوي القامة الطويلة وذلك بسبب ان ارتفاع نقطة الانطلاق لهؤلاء اللاعبين تكون اعلى من اللاعبين قصار القامة مما له الاثر الايجابي وصول الاداة الى افضل مسافة افقية.

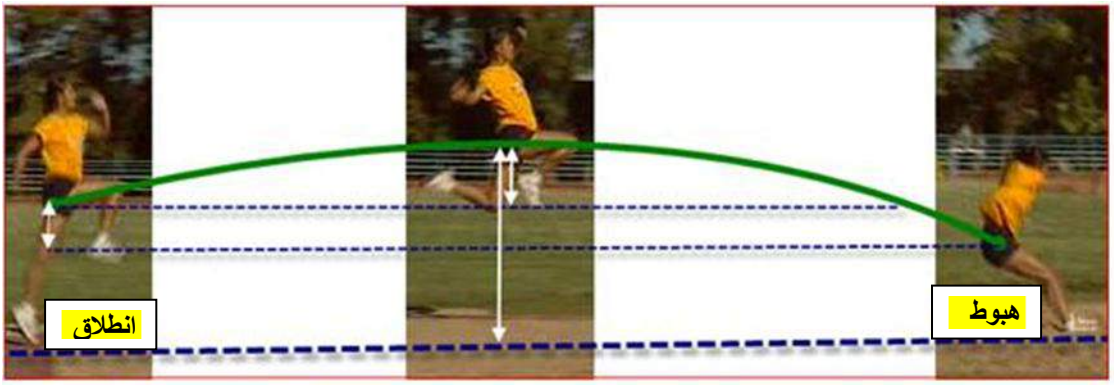


بينما نجد ان الفرق في المسافة العمودية بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط له الاثر السلبي على اقصى مسافة افقية في المقذوفات التي يكون مستوى الانطلاق ادنى من مستوى الهبوط كما في الرمية الحرة في كرة السلة وكذلك فعالية الوثب العالي.





لكن نلاحظ ان الفرق في المسافة العمودية بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط لايوجد له اي اثر سلبي او ايجابي على اقصى مسافة افقية في المقذوفات التي يكون مستوى الانطلاق يساوي مستوى الهبوط(اي ان الفرق يساوي صفرا) لايوجد فرق كما في فعالية الوثب العريض.



ملاحظة

-تكون العلاقة بين زاوية الانطلاق وارتفاع نقطة الانطلاق علاقة عكسية كلما زاد ارتفاع نقطة الانطلاق على مستوى الهبوط قلت زاوية الانطلاق مثل فعاليات الرمي في العاب القوى والعكس اذا كان مستوى الانطلاق ادن من الهبوط فان مقدار زاوية الانطلاق يزداد كما في الرمية الحرة في كرة السلة.

ملاحظات مهمة للمقذوف عند مستويين متساويين

-زمن الصعود للمقذوفيساوي زمن الهبوط

-سرعة الانطلاق تساوي سرعة الهبوط

-عندما ينطلق المقذوف فان اكبر سرعة هي لحظة الانطلاق السرعة الابتدائية($س_1$) واقل سرعة للمقذوف في اقصى ارتفاع له تساوي صفر($س_2$) السرعة النهائية.

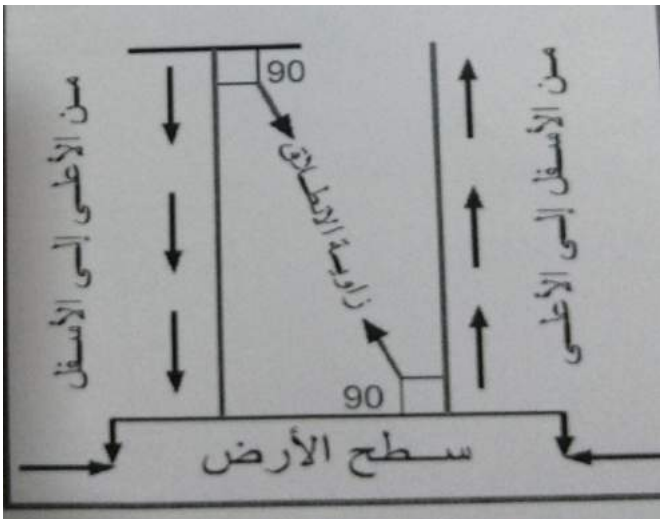
-وفي الهبوط فان سرعة الانطلاق($س_1$) اقل مايمكن تساوي صفر وفي لحظة اصطدام الارض تك ون السرعة النهائية اكبر مايمكن($س_2$).

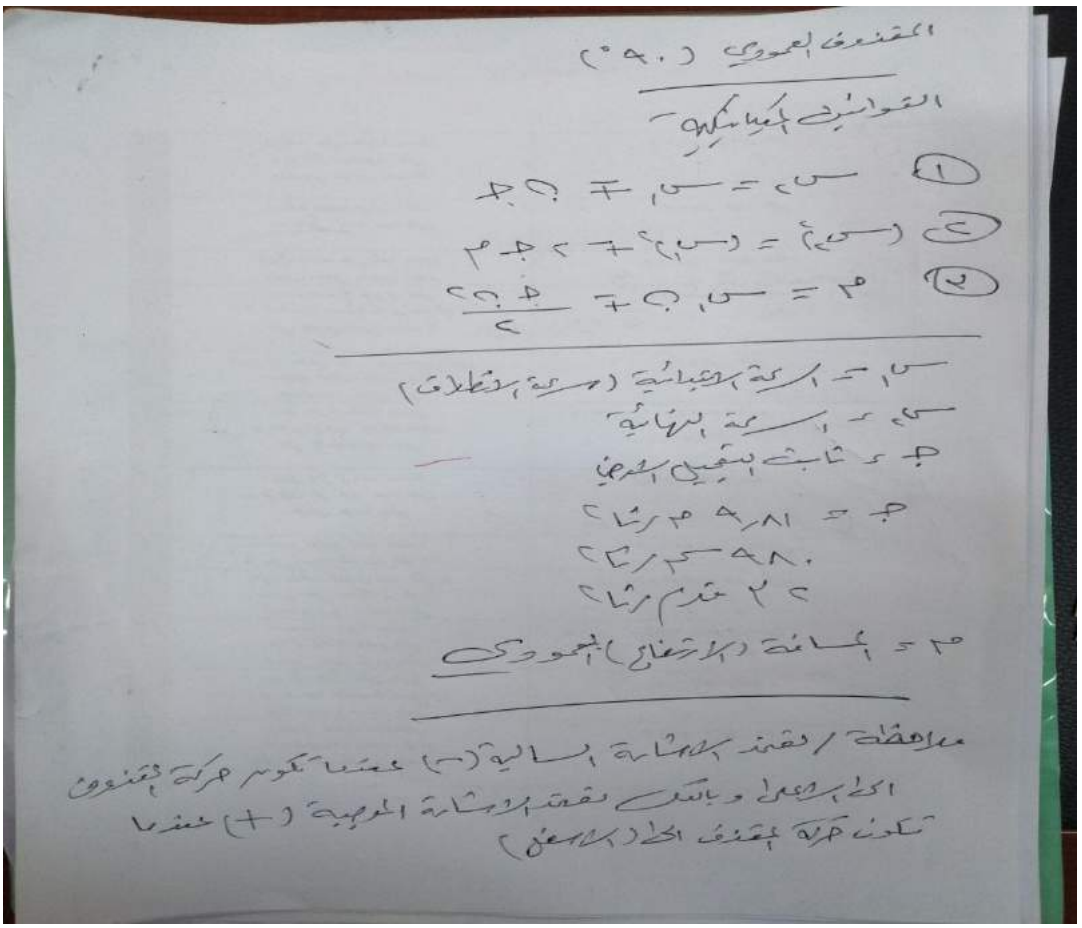
-زاوية الانطلاق تساوي زاوية الهبوط

*انواع المقذوفات من حيث زاوية الانطلاق

١-المقذوفات العمودية(٩٠) درجة

وهي المقذوفات التي تنطلق من الاسفل الى الى الاعلى او من الاعلى الى الاسفل بزاوية ٩٠ درجة مع الافق.





مثال: قذفت كرة إلى الهواء بسرعة ٥٠ م/ث فصارت على ارتفاع ٢٥ م بعد ٣ ثوان.

(١) سرعة اصطدام الكرة بالأرض؟

(٢) أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة؟

(٣) زمن الصعود للكرة؟

(٤) أقصى بُعد أفقي لمقذوف الكرة في الهواء؟

الجواب/

(٣) $ع_ص = ع_ص + ج ز$

صفر = ٥٠ + (-٩٫٨) × ز (ع_ص = صفر عند الصعود)

$ز = \frac{٥٠}{٩٫٨} = ٥٫١٠$ زمن الصعود

---

(١) $ع_ص = ع_ص + ج ز$

$ع_ص = صفر + ٥٫١٠ \times (-٩٫٨) = -٥٠٫٣$ م/ث (ع_ص = صفر في الهبوط)

---

(٤) $م = س_ص = ٢ \times ٥٫١٠ \times ٢٠ = ٢٠٢٫١٠$ م

---

(٢) $ف = س_ص - \frac{ج ز^٢}{٢}$

$= ٥٠ \times ٥٫١٠ - \frac{(-٩٫٨) \times (٥٫١٠)^٢}{٢}$

$= ٥٠٠ - ١٢٧٫٤٣$

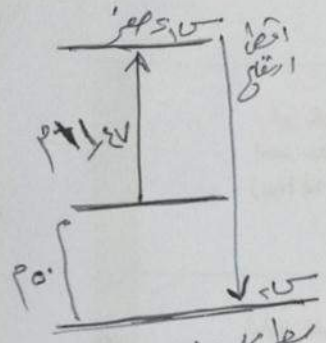
$= ٣٧٢٫٥$ م

مثال/ ه انطلق جسم إلى الأعلى بسرعة ٥٠م/ث من
ارتفاع ٣٥٠ جد ما يأتي :

١- أقصى ارتفاع يصل إليه ؟

ب- سرعة اصطدامه بالأرض ؟

٢- الزمن الكلي لبقاء الجسم في الهواء ؟



الحل/ ① $(ع_2)^2 = (ع_1)^2 - 2جـ$

صفر $= (٥٠)^2 - 2 \times ٩,٨ \times$ م

م $= \frac{٢٥٠٠}{٩,٨ \times ٢} = ١١,٤٧$م

م ك $= ٣٤١,٤٧ + ٥٠ = ٣٩١,٤٧$م

---

② $(ع_2)^2 = (ع_1)^2 + 2جـ$ م

$(ع_2)^2 =$ صفر $+ 2 \times ٩,٨ \times ٣٤١,٤٧$

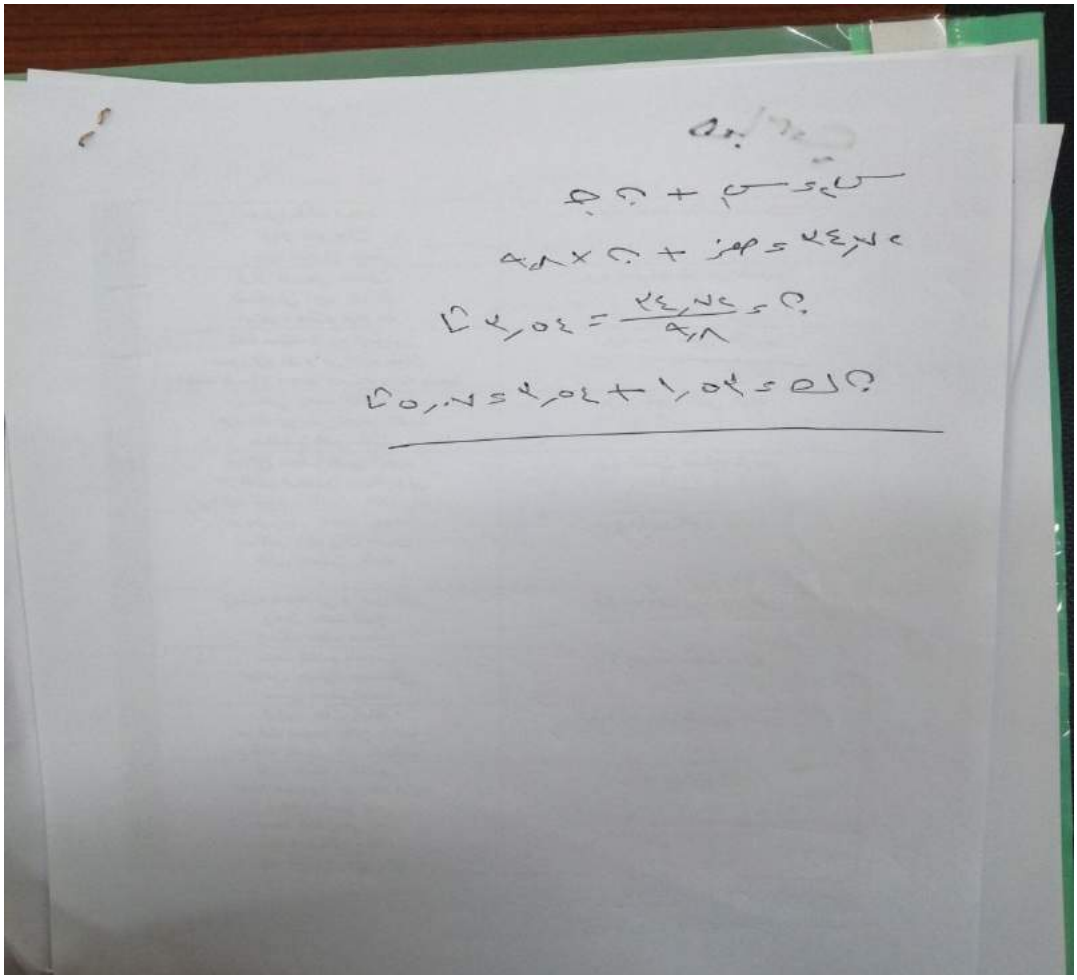
$= ١٣٤٠٥,٩٨$

ع $= \sqrt{١٣٤٠٥,٩٨} = ١١٥,٧٤$م/ث

---

③ ع $= ع_1 -$ جـ ن

ن $= \frac{ع_1}{جـ} = \frac{١٥}{٩,٨} = ١٠,٢$ث



٢-المقذوفات المائلة(اقل من ٩٠)درجة

وهي تلك المقذوفات التي تنطلق بزاوي اقل من ٩٠ درجة مع الافق ويقسم الى ثلاثة النواع منحيث ارتفاع نقطة الانطلاق:

-مستوى الانطلاق يساوي مستوى الهبوط مثل الوثب العريض.

-مستوى الانطلاق ادنى من مستوى الهبوط مثل الرمية الحرة في كرة السلة.

- مستوى الانطلاق اعلى من مستوى الهبوط مثل فعالية رمي الثقل.

قوانين الحركة للمقذوف الأول (المقذوف بزاوية)

تعتبر قوانين المقذوف بزاوية هي نفس قوانين المقذوف العمودي مع استبدال فقط السرعة بداية السرعة الابتدائية (سرعة الإطلاق) $س_1$ أو السرعة النهائية $(س_2)$ بالسرعة العمودية $(س_1 جا\theta)$ مع وجود قانون رابع يختص في إيجاد المدى أو المسافة الأفقية وهي كالآتي:

① $\quad ع = س_1 جا\theta - ق ز$

② $\quad ف = س_1 جا\theta \times ز - \frac{1}{2} ق ز^2$

③ $\quad ع^2 = (س_1 جا\theta)^2 - 2 ق ف$

④ $\quad م(الأفقي) = س_1 جتا\theta \times ز$

$س_1 جا\theta$ = السرعة العمودية الابتدائية

$س_2 جا\theta$ = السرعة العمودية النهائية

$س_1 جتا\theta$ = السرعة الأفقية

ز = زمن أقصى ارتفاع

ق = ثابت التعجيل الأرضي

مثال : قذفت كرة الى المثل بزاوية (٥٢)° وكان زمن طيرانها
٨ ثا جد مايأتي : علماً ان جا ٥٢ = ٨٠٪ جتا ٥٢ = ٦٠٪

١- السرعة التي قذفت بها الكرة ؟
٢- أقصى ارتفاع تصل اليه الكرة ؟
٣- المدى الأفقي ؟

① نستخرج سرعة انطلاق (قذف الكرة) من القانون الأول
بعد استخراج زمن الوصول الى أقصى ارتفاع

ن = ٨ ثا

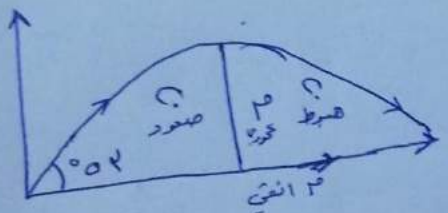
ع = $\frac{\text{ن}}{٢}$ = ٤ ثا

ع جا ∅ = س١ جا ∅ - ج ن

س١ جا ∅ = ج ن

س١ = $\frac{\text{ج ن}}{\text{جا ∅}}$

س١ = $\frac{٩٨ \times ٤}{٨٠٪}$ = ٤٩٠٥ م/ث



---

② أقصى أرتفاع (م عمودي) نطبق القانون الثاني :

(س١ جا ∅)٢ = (ص جا ∅)٢ - ٢ ج م

م = $\frac{(\text{س}_1 \text{ جا} \varnothing)^2}{٢ \text{ ج}}$ ---- (س٢ جا ∅) = صفر

م = $\frac{(٤٩٠٥ \times ٨٠٪)^2}{٩٨ \times ٢}$ = ٧٨٤٨ م

② المدى الأفقي (م) = $س_{ا}$ جاθ × $ن$ لـه

= ٨ × ٠,٦٠ × ٤٩,٠

= ٢٥,٤٤ م

مثال: أرتقى لاعب الوثب الريفي بسرعة ٨ م/ث وبزاوية (١)°

جد مايأتي إذا علمت أن جا ا = ٠,٤ ، جتا ا = ٠,٩٢

① زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع ؟

② سرعة اصطدام اللاعب بالأرض عند الهبوط ؟

③ المدى الأفقي (الإتجاه) ؟

④ أقصى ارتفاع للاعب ؟

① من القانون الأول نستخرج زمن الوصول الى أقصى ارتفاع ($ن$)

$ع_{ص}$ جاθ = $س_{ا}$ جاθ − $ن$ $ق$

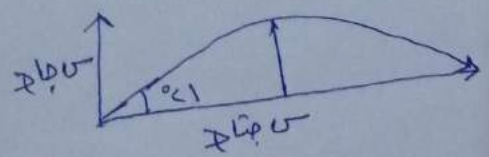
$ن$ = $\frac{س_{ا} جا\theta}{ق}$ = $\frac{٨ \times ٠,٤}{٩,٨}$ = $\frac{٣,٢}{٩,٨}$ = ٠,٣٢ ث

② $ع_{ص}^{٢}$ جا$^{٢}\theta$ = $س_{ا}^{٢}$ جا$^{٢}\theta$ + $٢ق$ $ف_{ص}$

$ف_{ص}$ = صفر + $\frac{١}{٢} \times ٩,٨ \times$ (٠,٣٢)^{٢}

$ف_{ص}$ = $\frac{٩,٨ \times ٠,١٠٢٤}{٢}$

= ٠,٥ م



أو $ف_{ص}$ = $ف_{ا}$ = ٠,٥ م

لاحظ المتغيرات عند مستويين متساويين

(٢) الدعم المتبقي = س، هـ × ك ه

ك ه = ٥ × ٢ = ٧٨٪ × ٢ = ٥٦٪ ٢

م = ٧ × ٩٤٪ × ٥٦٪ = ٨١٤ م

(٤) (س، هـ)، = (س، هـ)، − ٢ م ق

(س، هـ)، = ٢ م ق ← (س، هـ)، صفر

م = (س، هـ)، / ٢ ق

م = ٢ ك / (٧ × ٣٤٪)، = ٤٠٨ / ١٩٦ = ٢٨٪ م