المبحث الثالث: اساسيات التصوير لغرض التحليل الحركي:

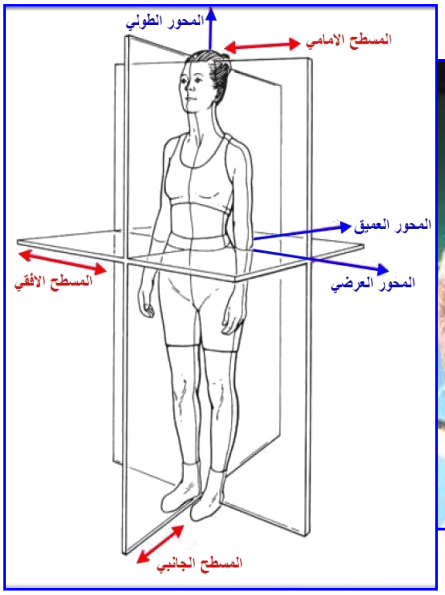
نظرا لأهمية التصوير في مجال بحوث ودراسات البايوميكانيك والعلوم الاخرى ولكي يتم الحصول على نتائج موضوعية ينبغي على الباحث او الدارس الالمام بأسس التصوير والاجراءات المتبعة وكذلك الامكانيات الواجب توفرها عند القيام بعملية التصوير ومن ثم اجراءات التحليل الحركي سواء كان النوعي منه أو الكمي، فعملية التصوير تعد العين الثانية والتي تنقل تفاصيل الاداء للمهارة المطلوبة ومن زوايا مختلفة لتجمعها ضمن رؤية واحدة للمدرب أو المختص وهذا ما لا تستطيع العين المجردة ان تفعله لنفس الرياضي ولنفس الاداء ومن مرة واحدة، ولكي يتم التصوير على اكمل وجه من الناحية العملية والعلمية وجب علينا الالتزام بالقواعد والاسس الخاصة بخطوات التصوير وتنفيذ إجراءاتها بالشكل الصحيح منعاً من الوقوع في الاخطاء وامكانية تلافيها بشكل مبكر، وفيما يلي اهم النقاط الاساسية الواجب اجراءها عند التصوير.

المحور الاول: اجراءات قبل التصوير:

هناك مجموعة من الاجراءات الواجب الانتباه لها والالتزام بها عند القيام بالتصوير لأغراض التجارب والبحوث وغيرها في المجال الرياضي:

أولاً: قبل التصوير: هناك عدد من الخطوات الضرورية التي على الباحث او المختص تحديدها ومعرفتها وتنفيذها قبل التصوير، نذكر اهمها:

١- المعرفة المسبقة بتفاصيل الاداء المهاري مهمة جدا لتحديد وضبط سرعة آلة التصوير كذلك لتحديد المستويات الفراغية والمحاور التي تتم عليها المهارة المراد تصويرها، فهي تساعد في تحديد مكان وضع الة التصوير وعددها، ففي حالة كون الحركة او المهارة تؤدى على مستوى فراغي واحد ومحور واحد مثل حركة الرجلين في الركض السريع فانه يمكن استخدام الة تصوير واحدة توضع على احد الجانبين ومتعامدة مع محور الدوران لحركة الرجلين.



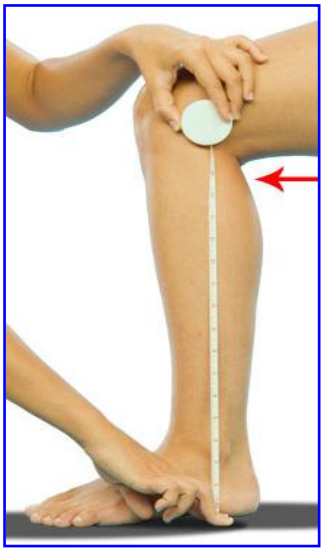
اما في حالة كون الحركة او المهارة تتم على اكثر من محور ومستوى فراغي واحد فانه يفضل استخدام اكثر من الة تصوير واحدة حتى تتحقق الرؤية الكاملة لتفاصيل الاداء كأن توضع الة تصوير من الجانب والة اخرى من الامام او من الاعلى. ولكن هذا لا يمنع استخدام اكثر من الة تصوير واحدة عندما يراد تحليل الحركات او المهارات التي تؤدى على مستوى فراغي واحد عندما يكون المطلوب دراسة هذه الحركة بدرجة عالية من الدقة.

٢- على الباحث او المختص ان يحدد العينة التي سيتم تصويرها من حيث أعمارهم وعددهم وعدد المحاولات، وذلك لتهيئة وترتيب اللاعبين خصوصا في حالة التصوير لا كثر من لاعب واكثر من محاولة من خلال وضع العلامات الفسفورية على مفاصل الجسم وكذلك ترتيبهم بشكل متسلسل لسهولة العمل وتوفير الوقت.

٣- هناك بعض القياسات الواجب تسجيلها والتي تحتاج اليها بعض الدراسات او البحوث، مثل (العمر، الكتلة، طول الجسم، اطوال اجزاء الجسم،....الخ) حيث يتم تسجيل هذه البيانات في استمارة خاصة لكل فرد من افراد العينة، فمثلا عندما يكون المطلوب استخراج متغير الزخم الزاوي لحركة الساق في مرحلة ما من مراحل اداء المهارة المختارة عندئذ يتطلب توفر عدة متغيرات (الكتلة، نصف القطر، السرعة الزاوية) تبعا للمعادلة الميكانيكية التالية:

الزخم الزاوي = الكتلة × السرعة الزاوية × (نصف القطر)^{٢}

حيث ان متغير السرعة الزاوية يتم استخراجه من خلال التحليل الحركي الكمي، والكتلة يتم الحصول عليها من خلال الميزان الالكتروني ومن ثم الوزن النسبي للساق أما نصف القطر فيتم عن طريق قياس طول الساق.



٤- يجب تحضير لوحة ترقيم تستخدم لترقيم اللاعبين او ترقيم محاولاتهم وعادة ما يتم تصوير هذه اللوحة قبل البدء بتصوير لكل محاولة حتى يمكن معرفة رقم اللاعب ورقم محاولته اثناء تحليل الفيلم.

٥- يجب على الباحث او المختص ان يحدد مسبقا فريق العمل الذي سيعمل معه حيث يفضل ان تتم الاستعانة بأفراد لهم خبرة في هذا المجال من حيث التصوير واخذ القياسات، وان طبيعة وعدد افراد فريق العمل يتحدد من خلال طبيعة البحث او الدراسة والاجراءات المتبعة وعدد افراد العينة التي سيتم تصويرها وكذلك عدد المهارات والمحاولات لكل فرد من افراد العينة.

٦- المعرفة المسبقة بالمتغيرات المطلوب استخراجها لأداء المهارة المختارة وهي مهمة جدا لمعرفة موقع آلة التصوير نسبة لمجال الحركة فقد تفرض المتغيرات المختارة عدم الحاجة الى تصوير جسم اللاعب بأكمله عند الاداء أو عدم تصوير الاداء بشكل كامل ولكل مجال الاداء ويتم التركيز على جزء معين من الاداء.

٧- المعرفة المسبقة بموقع اداء التصوير ولأسباب كثيرة منها كمية الانارة الموجودة والتي قد لا تكفي للتصوير كذلك توفر الطاقة الكهربائية ونقاط التوصيل الكهربائي (في حالة الحاجة الى انارة اضافية) اضافة الى توفر المساحة الكافية لمتطلبات التصوير من حيث اداء المهارة ومواقع آلات التصوير في حالة استخدام أكثر من آلة التصوير.

٨- المعرفة المسبقة بكمية الانارة التي تحتاجها كل سرعة (أذا كانت آلة التصوير خاصة متعددة السرع) والتأكد من كفاية الانارة ووضوح الصورة والاداء المسجل للمهارة من خلال اجراء تسجيل تجريبي قبل تنفيذ التسجيل الرئيسي وذلك للتأكد من ضبط المستلزمات التي تم تهيئتها مسبقاً لتفادي اي مشاكل ممكن ان تحدث كزيادة في الانارة او تعديل موقع آلة التصوير.

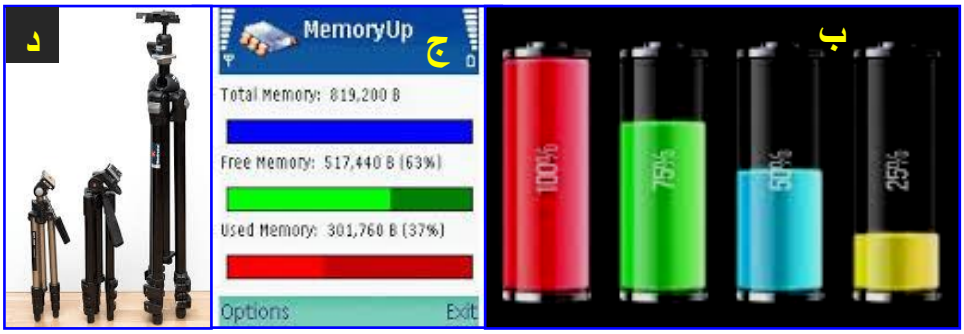
٩- التأكد من ضبط آلة التصوير ومستلزماتها من حيث:

أ- صلاحية عملها من حيث السرعة المختارة (أذا كانت آلة التصوير خاصة متعددة السرع) كذلك وضوح الصورة.

ب-البطارية المستخدمة وصلاحيتها (كمية الشحن) والهدف منها معرفة الفترة الزمنية التي ستعطيها آلة التصوير أثناء التشغيل والتسجيل، لعدم حدوث انقطاع مفاجئ لمصدر الطاقة لآلة التصوير.

ج- الحجم الكلي للذاكرة المستخدمة في آلة التصوير أو حجم الذاكرة الفارغة المستخدمة (Hard-Ram) وذلك لعدم التوقف المفاجئ للتصوير بسبب امتلاء الخزن للذاكرة.

د- صلاحية عمل الحامل الثلاثي لآلة التصوير.



ثانياً: عند التصوير: عند بداية التجربة للبدء بالتصوير هناك عدد من الخطوات التي يجب اتباعها وهي:

١- تثبيت آلة التصوير في الموقع المحدد لها من حيث بعد العدسة وارتفاعها والتي يجب ان تكون في وسط مجال الحركة افقياً وعمودياً ومن الجهة الجانبية للأداء، وقد يتطلب وضع آلة التصوير ثانية من أي جهة أو موقع اخر حسب المتغيرات المراد استخراجها للمهارة المختارة ومحاورها والتي تم تحديدها مسبقاً.

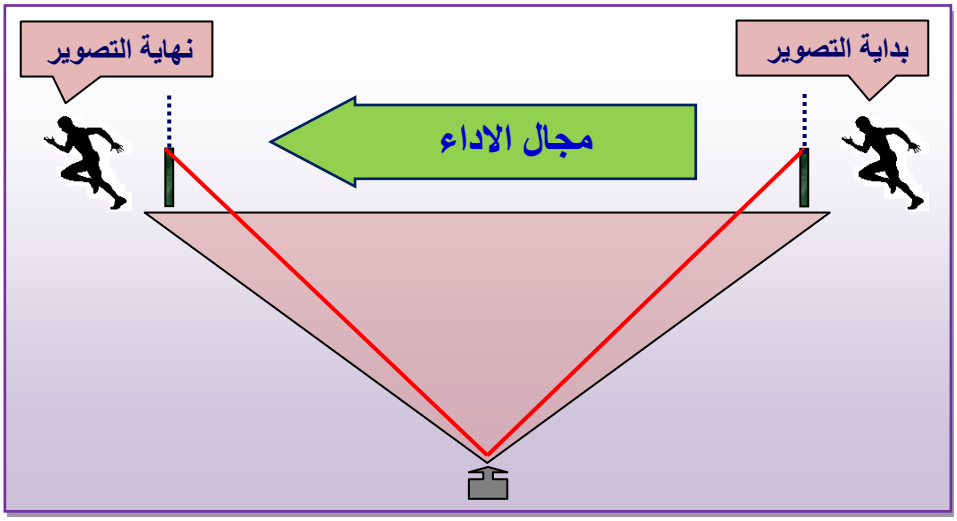
٢- من الخطأ تحريك الكاميرا بأي اتجاه من الاتجاهات اثناء التصوير حيث ان تحريك الكاميرا سوف يؤدي الى اختلاف في القيم الميكانيكية المدروسة عن قيمها الحقيقية، لذلك ولغرض الحفاظ على ثبات الكاميرا يتم استخدام (حامل ثلاثي) حيث تثبت عليه الة التصوير.

ان عدم تثبيت الكاميرا بشكل متعامد يؤدي الى ميلانها عن الخط الافقي للأعلى او الاسفل او ميلانها عن الخط العمودي لليمين او لليسار وبالنتيجة ستختلف قيم الزوايا المقاسة مع الخطيين الافقي او العمودي مثل زوايا الميل (الجسم، الجذع) او زاوية الانطلاق مثلا، حتى ان بعض المختصين بمجال التحليل الحركي يفضلون بأن يتم تشغيل واطفاء الكاميرا من خلال جهاز التحكم عن بعد (Remote control) وذلك لضمان ثبات الكاميرا وعدم تحركيها مهما كانت هذه الحركة بسيطة.

٣- تصوير مقياس الرسم قبل البدء بتصوير اللاعبين على ان يكون التصوير لمقياس الرسم في نفس خط اداء المهارة المختارة وذلك تلافيا للنسيان الذي قد يحصل لتصوير مقياس الرسم بعد الانتهاء من التصوير والسبب الاهم هو حاجتنا له عند تشغيل الفلم على برنامج التحليل والذي يتم فيه تحديد مقياس الرسم الحقيقي على الفلم منذ البداية.

٤- فتح التسجيل لآلة التصوير قبل البدء بأداء المهارة بفترة وجيزة وغلقها مباشرة بعد الانتهاء (يجب الاخذ بنظر الاعتبار لهذه النقطة وبالأخص عند استخدام كاميرات متعددة السرع) والهدف منها هو السيطرة على سعة الخزن في الذاكرة وعدم اشغالها بمادة فلمية غير نافعة خارج الاداء وخصوصا عند استخدام سرعة عالية في التصوير، فالخزن فيه يكون مضاعفاً، وبالتالي قد ينتهي الخزن قبل الانتهاء من

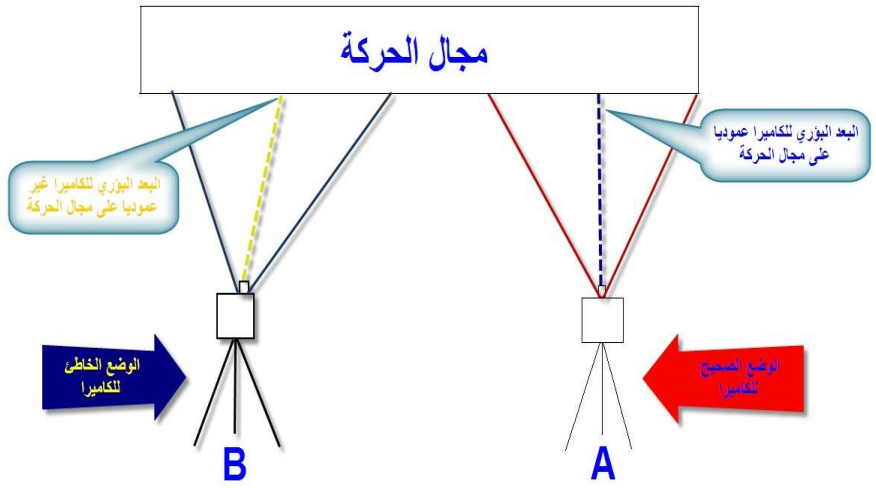
تصوير التجربة بشكلها الكامل وبالأخص عندما يكون التصوير لعدد كبير من المحاولات والمهارات.



ثالثا: بعد الانتهاء من التصوير: محاولة نقل المادة الفلمية الى جهاز اللابتوب مباشرة بعد الانتهاء من التصوير وذلك للتأكد من نجاح التصوير وضمان النقل السليم، والغرض منه هو لتلافي اي مشكلة ممكن ان تحدث اثناء النقل او في حالة عدم التسجيل وبالتالي نستطيع إعادة التصوير مرة اخرى قبل رفع آلة التصوير من موقعها ومغادرة العينة من موقع التجربة.

المحور الثاني: تعامد الكاميرا مع مجال الحركة:

يجب ان يتحرك اللاعب الذي يتم تصويره بزاوية قائمة (٩٠ درجة) مع الكاميرا (البعد البؤري للعدسة) وتعتبر هذه النقطة غاية في الاهمية عندما يقوم الباحث او الدارس بقياس المتغيرات الكينماتيكية، اذ ان هذه المتغيرات لا يمكن الحصول عليها الا في حالة تحرك اللاعب بزاوية قائمة مع الكاميرا فقط، حيث ان الوضع غير العمودي للكاميرا يؤدي الى اختلاف في القيم الكينماتيكية مثل الزوايا او المسافات الافقية او الارتفاع العمودي، وبالتالي تأثيره على السرع او التعجيل المحتسب، وان مقدار هذا الاختلاف في القيم الكينماتيكية يكون حسب وضعية تحريك الكاميرا عن وضعها العمودي.



ان الفرق ما بين هذه النقطة (تعامد الكاميرا) والنقطة السابقة (ثبات الكاميرا) هو ان الكاميرا قد تكون ثابتة ولكن ليس بشكل عمودي او قد تكون عمودية ولكن غير ثابتة، وان تعامد الكاميرا يمكن ان نفهمه من خلال تصورنا لخط وهمي ممتد من بؤرة عدسة الكاميرا الى المجال الذي تتم فيه الحركة، اذ يجب ان يشكل هذا الخط مع مجال الحركة زاوية قائمة (٩٠ درجة)، وفي حالة تصوير مجال بطول معين كما هو الحال مثلا عندما يراد تصوير ركضة الـ(١٠٠) متر كاملا ونستخدم عشرة كاميرات

مثلا (كل كاميرا تصور مجال بطول ١٠ متر) عندها فان الكاميرا ستكون عمودية بشكل كامل (١٠٠%) على نقطة منتصف المجال فقط (٥ متر)، اما بداية المجال او نهايته فلن نحصل على تعامد كامل وعندها ستكون هناك نسبة من الخطأ للمتغيرات الكينماتيكية المحتسبة، ولكي نتوصل الى حقيقة ذلك قمنا بإجراء اربع تجارب ميدانية وكما يلي:

أولاً: التجربة الاولى (مجال الحركة):

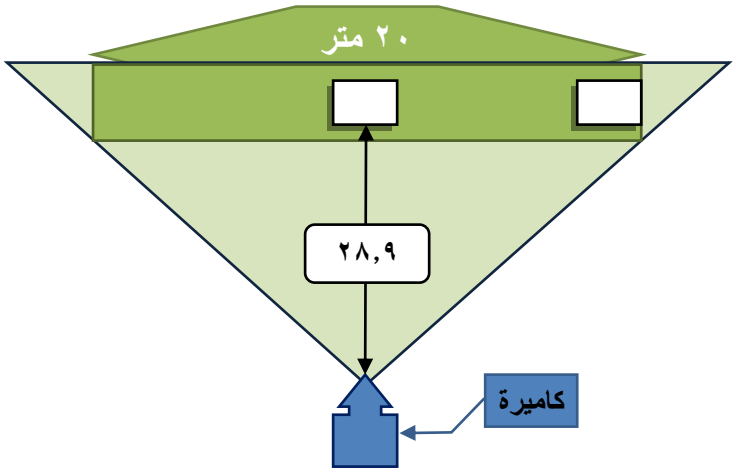
تم تصوير لوحة معدنية مستطيلة الشكل بأبعاد (١٢٠×٩٠ سم) زاويها الاربعة قائمة بكاميرا نوع سوني (hand cam) يابانية الصنع بسرعة (٢٥ صورة/ثا) والكاميرا بوضع التبعيد البؤري (zoom out) وبارتفاع (٩٠سم) بوضع عمودي على منتصف مجال الحركة وبأربع مجالات للحركة هي:

١- الوضعية الاولى: تصوير مجال بطول ٢٠ متر، حيث كانت الكاميرا تبعد عن منتصف المجال بمسافة ٢٨،٩٠ متر، ولقد تم تصوير اللوحة المعدنية في منتصف المجال وكذلك في احد طرفي المجال.

٢- الوضعية الثانية: تصوير مجال بطول ١٥ متر، حيث كانت الكاميرا تبعد عن منتصف المجال بمسافة ٢١،٦٠ متر، ولقد تم تصوير اللوحة المعدنية في منتصف المجال وكذلك في احد طرفي المجال.

٣- الوضعية الثالثة: تصوير مجال بطول ١٠ متر، حيث كانت الكاميرا تبعد عن منتصف المجال بمسافة ١٤،١٠ متر، ولقد تم تصوير اللوحة المعدنية في منتصف المجال وكذلك في احد طرفي المجال.

٥- الوضعية الرابعة: تصوير مجال بطول ٥ متر، حيث كانت الكاميرا تبعد عن منتصف المجال بمسافة ٧،٣٠متر، ولقد تم تصوير اللوحة المعدنية في منتصف المجال وكذلك في احد طرفي المجال.



والجدول ادناه يبين نتائج التجربة الاولى لمتغيرات الزاوية والمسافة الافقية والارتفاع العمودي عند تصوير لوحة معدنية معلومة الابعاد في منتصف وطرف مجالات الحركة وهي (٥م، ١٠م، ١٥م، ٢٠م).

المجال	مكان اللوحة في المجال	الزاوية			المسافة الافقية			الارتفاع العمودي		
		درجة	الفرق درجة	نسبة الخطأ %	سم	الفرق سم	نسبة الخطأ %	سم	الفرق سم	نسبة الخطأ %
٢٠ متر	منتصف	٩٠	٠	٠	١٢٠	٠	٠	٩٠	٠	٠
	طرف	٨٨،٨٩	١،١١	١،٢٣	١١٢،٥	٧،٥	٦،٢٥	٨٦،٤٧	٣،٥٣	٣،٩٢
١٥ متر	منتصف	٩٠	٠	٠	١٢٠	٠	٠	٩٠	٠	٠
	طرف	٨٩،١	٠،٩	١	١١٥،٢	٤،٧٥	٣،٩٥	٨٧،٢٧	٢،٧٣	٣،٠٣
١٠ متر	منتصف	٩٠	٠	٠	١٢٠	٠	٠	٩٠	٠	٠
	طرف	٨٩،٣٨	٠،٦٢	٠،٦٨	١١٧،٥	٢،٤٨	٢،٠٦	٨٨،١٤	١،٨٦	٢،٠٦
٥ متر	منتصف	٩٠	٠	٠	١٢٠	٠	٠	٩٠	٠	٠
	طرف	٨٩،٧٨	٠،٢٢	٠،٢٤	١١٩،٣	٠،٧	٠،٥٨	٨٩،٤	٠،٦	٠،٦٦

من خلال الجدول السابق يتضح لنا ان نسبة الخطأ في متغيرات المسافة الافقية والارتفاع العمودي والزاوية يزداد كلما كان طول مجال الحركة اكبر عند قياس المتغيرات في طرفي المجال مقارنة بوسط المجال.

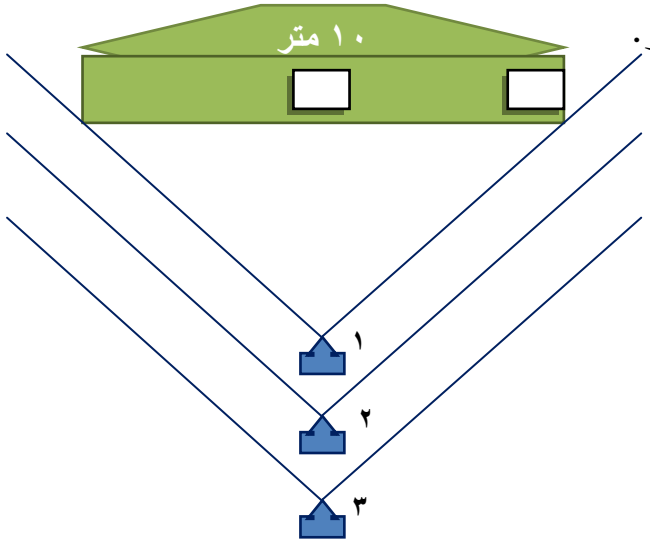
ثانياً: التجربة الثانية (بعد الكاميرا):

لقد تم التصوير لنفس اللوحة المعدنية وبنفس الكاميرا ولكن بثلاث وضعيات ولمسافة مجال للحركة ثابت لقياس نسبة الخطأ في المتغيرات عند اختلاف بعد الكاميرا لنفس المجال باستخدام بعد بؤري ثابت عن الجسم المراد تصويره، وهذه الابعاد هي:

١- الوضعية الاولى: تصوير اللوحة المعدنية في منتصف مجال بطول ١٠متر وكذلك في احد طرفي المجال والكاميرا تبعد عن منتصف المجال بمسافة ١٤،١٠ متر.

٢- الوضعية الثانية: تصوير اللوحة المعدنية في منتصف مجال بطول ١٠متر وكذلك في احد طرفي المجال والكاميرا تبعد عن منتصف المجال بمسافة ١٩،١٠ متر.

٣- الوضعية الثالثة: تصوير اللوحة المعدنية في منتصف مجال بطول ١٠متر وكذلك في احد طرفي المجال والكاميرا تبعد عن منتصف المجال بمسافة ٢٤،١٠ متر.



والجدول ادناه يبين نتائج التجربة الثانية لمتغيرات الزاوية والمسافة الافقية والارتفاع العمودي عند تصوير لوحة معدنية معلومة الابعاد بوسط وطرف مجال بطول ١٠ متر ومن مسافات مختلفة.

البعد عن اللوحة	مكان اللوحة في المجال	الزاوية			المسافة الافقية			الارتفاع العمودي		
		درجة	الفرق درجة	نسبة الخطأ %	سم	الفرق سم	نسبة الخطأ %	سم	الفرق سم	نسبة الخطأ %
١٤،١٠ متر	منتصف	٩٠	٠	٠	١٢٠	٠	٠	٩٠	٠	٠
	طرف	٨٩،٣	٠،٦٢	٠،٦٨	١١٧،٥	٢،٤٨	٢،٠٦	٨٨،١	١،٦٨	٢،٠٦
١٩،١٠ متر	منتصف	٩٠	٠	٠	١٢٠	٠	٠	٩٠	٠	٠
	طرف	٨٩،٦	٠،٣٧	٠،٤١	١١٨،٠٥	١،٩٥	١،٦٢	٨٨،٦	١،٣٦	١،٥١
٢٤،١٠ متر	منتصف	٩٠	٠	٠	١٢٠	٠	٠	٩٠	٠	٠
	طرف	٨٩،٧	٠،٣٦	٠،٢٨	١١٩،٣	٠،٧	٠،٥٨	٨٨،٩	١،٠٥	١،١٦

ومن خلال الجدول يتبين لنا ان الكاميرا كلما ابتعدت للخلف عن مجال الحركة قلة نسبة الخطاء في قراءات المتغيرات ولكن تزداد مشكلة وضوح الصورة لابتعاد الجسم عنها.

التجربة الثالثة: (التقريب البؤري):

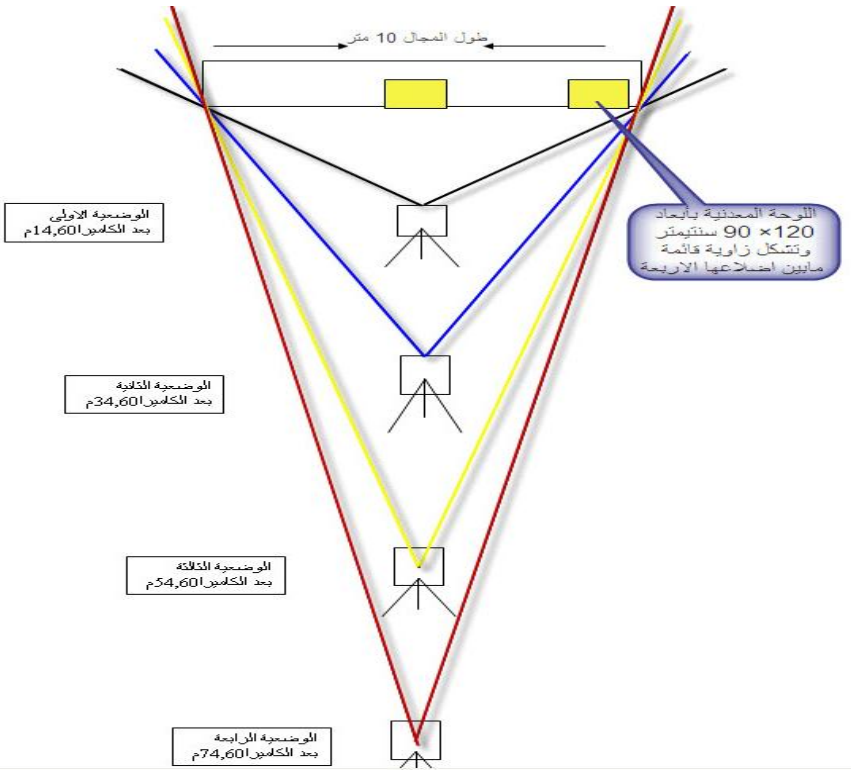
تم إعادة نفس التجربة الثالثة مع استخدام تقنية التقريب البؤري (zoom in) كلما ابتعدت الكاميرا اكثر بشكل يسمح لظهور مجال الحركة فقط دون زيادة فيه اي ان الصورة في كل الوضعيات نفسها:

١- الوضعية الاولى: تصوير اللوحة المعدنية في منتصف مجال بطول (١٠متر)، وكذلك في احد طرفي المجال، وكانت الة التصوير تبعد عن منتصف المجال بمسافة (١٤,٦٠ متر)، حيث كان التقريب البؤري لعدسة الة التصوير مساويا للصفر ولا يظهر في اطار الصورة سوى طول المجال (١٠ متر) فقط.

٢- الوضعية الثانية: تصوير اللوحة المعدنية في منتصف مجال بطول (١٠متر)، وكذلك في احد طرفي المجال، وكانت الة التصوير تبعد عن منتصف المجال بمسافة (٣٤,٦٠ متر)، بعد اجراء التقريب البؤري لعدسة الة التصوير الى الحد الذي يظهر في الصورة طول المجال فقط.

٣- الوضعية الثالثة: تصوير اللوحة المعدنية في منتصف مجال بطول (١٠متر)، وكذلك في احد طرفي المجال، وكانت الة التصوير تبعد عن منتصف المجال بمسافة (٥٤,٦٠ متر)، بعد اجراء التقريب البؤري لعدسة الة التصوير الى الحد الذي يظهر في الصورة طول المجال فقط.

٤- الوضعية الرابعة: تصوير اللوحة المعدنية في منتصف مجال بطول (١٠متر)، وكذلك في احد طرفي المجال، وكانت الة التصوير تبعد عن منتصف المجال بمسافة (٧٤,٦٠ متر)، بعد اجراء التقريب البؤري لعدسة الة التصوير الى الحد الذي يظهر في الصورة طول المجال فقط.



والجدول ادناه يبين نتائج التجربة الثالثة لمتغيرات الزاوية والمسافة الافقية والارتفاع العمودي عند تصوير لوحة معدنية معلومة الابعاد بوسط وطرف مجال بطول ١٠ متر ومن مسافات مختلفة مع استخدام تقنية التقريب البؤري.

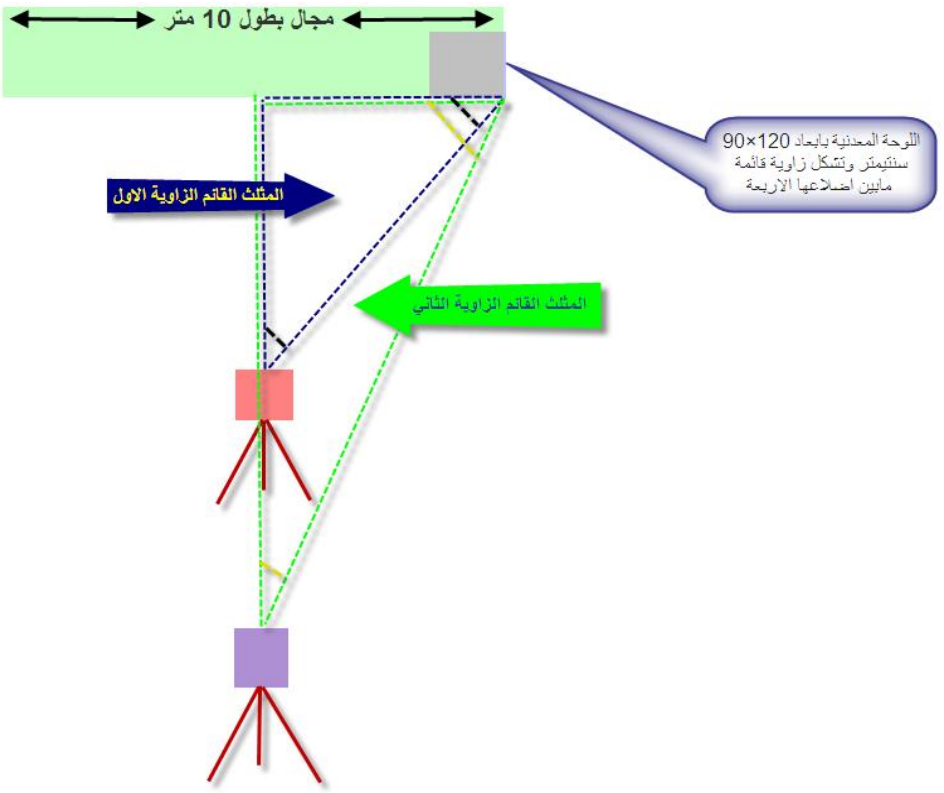
بعد الة التصوير عن مجال التصوير (متـــــر)	اللوحة المعدنية في منتصف المجال			اللوحة المعدنية في احد طرفي المجال مع استخدام تقنية التقريب البؤري		
	الزاوية (درجة)	المسافة (سنتيمتر)	الارتفاع (سنتيمتر)	الزاوية (درجة)	المسافة (سنتيمتر)	الارتفاع (سنتيمتر)
١٤,٦٠	٩٠	١٢٠	٩٠	٨٨	١١٧	٨٧,٥
٣٤,٦٠	٩٠	١٢٠	٩٠	٨٨,٥	١١٨	٨٨,٦
٥٤,٦٠	٩٠	١٢٠	٩٠	٨٩	١١٨,٥	٨٩,١
٧٤,٦٠	٩٠	١٢٠	٩٠	٨٩,٤	١١٩	٨٩,٥

اما الجدول التالي فيبين الخطأ الفني النسبي للقياس والنسبة المئوية للخطأ في قياس متغيرات الزاوية والمسافة الافقية والارتفاع العمودي عند استخدام تقنية التقريب البؤري.

بعد الة التصوير عن مجال التصوير (متر)	الخطأ الفني لقياس الزاوية	الخطأ الفني لقياس المسافة	الخطأ الفني لقياس الارتفاع	الخطأ الفني النسبي لقياس الزاوية	الخطأ الفني النسبي لقياس المسافة	الخطأ الفني النسبي لقياس الارتفاع	النسبة المئوية للخطأ في قياس المتغيرات الكينماتيكية		
							الزاوية %	المسافة %	الارتفاع %
١٤,٦٠	٠,٩٧	١,٤٢	١,٠٧	١,٠٨	١,١٩	١,٢٠	٢,٢٢	٢,٥٠	٢,٧٧
٣٤,٦٠							١,٦٦	١,٦٦	١,٥٥
٥٤,٦٠							١,١١	١,٢٥	١
٧٤,٦٠							٠,٦٦	٠,٨٣	٠,٥٥

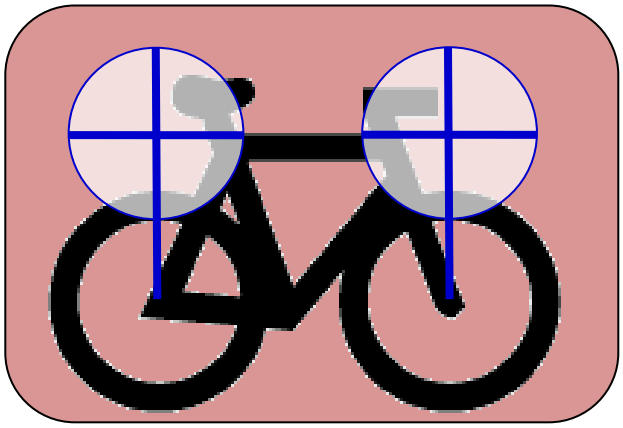
ان هذا الخطأ يمكن تقليله الى حدوده الدنيا من خلال اجراء بسيط جدا خاص بتقنية التقريب البؤري لعدسة الة التصوير الفيديوية بعد ارجاعها الى مسافة بعيدة نسبيا مع استخدام تقنية التقريب البؤري لعدسة الة التصوير وهذا سيؤدي الى تقليل الزاوية المتشكلة ما بين الخط العمودي الممتد من البعد البؤري لعدسة الة التصوير الى منتصف مجال الحركة وبين الخط الممتد من البعد البؤري لعدسة الة التصوير الى اللوحة المعدنية الموضوعة في طرف المجال.

وبالعودة الى نظرية المثلث القائم الزاوية والتي تنص على ان مجموع زوايا المثلث القائم الزاوية هي (١٨٠ درجة) فأن النقصان الحاصل في مقدار هذه الزاوية عند استخدام تقنية التقريب البؤري لعدسة الة التصوير سيعمل على زيادة الزاوية المحصورة ما بين الخط الممتد من البعد البؤري لعدسة الة التصوير الى اللوحة المعدنية الموضوعة في طرف المجال وخط مجال الحركة واقترابها من الزاوية القائمة (٩٠ درجة) إذ ان قيمة الخطأ تقل كلما اقتربنا من الزاوية القائمة أي إننا سنقترب من الوضع القائم والذي نحصل من خلاله على اصدق القيم الكينماتيكية المحتسبة، وكما هو موضح في الشكل ادناه.



التجربة الرابعة (الكاميرا المتحركة):

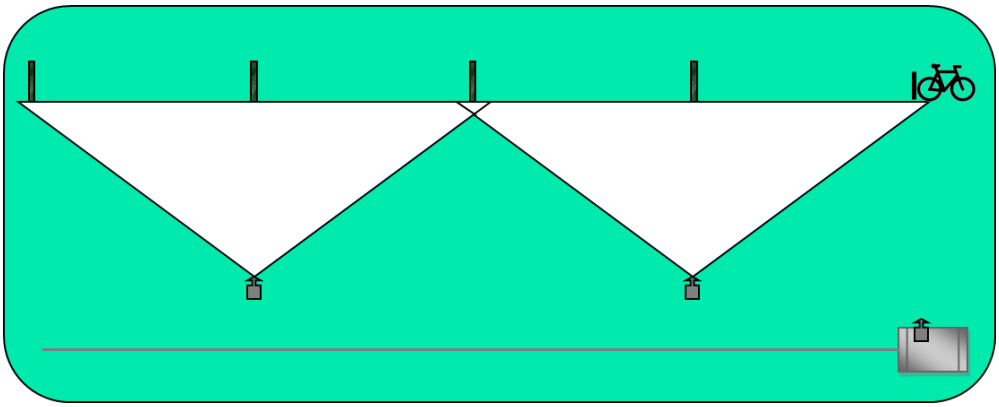
الغرض من هذه التجربة هي معرفة مدى امكانية استخدام كاميرا متحركة عند التصوير لمجال حركة طويل، وتم تصوير دراجة هوائية تسير على خط مرسوم لمسافة (٤٠م)، ثبتت على الدراجة لوحتين دائريتين بقطر (٥٠سم) من الخشب ، وقد رُسِمَ عليها خطين يمثلان قطر الدائرة ويتقاطعان بزاوية قائمة (٩٠ درجة) وكان عرض الخط (٥سم). وقد تم تثبيت اللوحتين على عجلتي الدراجة (الامامية والخلفية) عن طريق قطعتي حديد بطول (٧٠سم) وبشكل مواجه للكاميرة ليكون ارتفاع اللوحتين من مركزيهما عن الارض مسافة (١م) وكانت المسافة بين مركزي اللوحتين الدائريتين هو (١م).



تم استعمال كاميرا فيديوية عدد ٢ ثبتت سرعتها (٢٥ صور/ثا) بارتفاع (١٠٠سم) عن مستوى سطح الارض وعلى بعد (٣٠م) عن منتصف مجال (٢٠م)* والمسافة بين آلتي التصوير هي (٢٠م) وبذلك يكون قد تم ضمان التصوير لسير الدراجة ضمن المجال المطلوب وهو (٤٠م). اما الكاميرا المتحركة فقد ثبتت بارتفاع (١١٠سم) عن مستوى سطح الارض وعلى بعد (٣٥م) عن موقع الدراجة الهوائية عند خط البداية، وثبتت الة تصوير على باب السيارة الامامية وهي مربوطة بالحامل

* تم إضافة متر واحد في بداية ونهاية كل عشرين متر ضمن مجال التصوير للكامرتين لضمان التداخل وعدم ضياع صور ممكن الاستفادة منها عند التحليل لمسافة (٤٠ م) لمتسابق الدراجة.

الثلاثي كما تم ضبط استقامتها من خلال القبان الزئبقي وقد رسم خط موازي لخط السباق (٤٠م) وذلك لضمان استقامة سير السيارة بشكل موازي للدراجة الهوائية وضمان التعامد معها على طول الخط. والشكل يوضح مخططا لآلية وضع الات التصوير خلال التصوير الثابت والمتحرك.



وبعد الانتهاء من التصوير تم استخراج متغيرات المسافات والزوايا والازمان وهي كما يأتي:

١- مقياس الرسم: هي المسافة بين مركزي اللوحتين الدائرية وهي في الحقيقة تساوي ١٠٠سم، وتقاس بداية الـ (٢٠ م) الأولى.

٢- مسافة الانتقال بداية: وهي مسافة انتقال الدراجة بعد ٥ صور من انطلاقها.

٣- مسافة الانتقال نهاية: وهي مسافة انتقال الدراجة قبل ٥ صور من النهاية.

٤- زاوية التعامد: وهي الزاوية المتشكلة ما بين قطري اللوحة الدائرية وهي زاوية قائمة (٩٠ درجة) في الحقيقة وقد تم قياسها في بداية الانطلاق.

٥- زاوية الانتقال: وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من نقطة بداية الـ(٢٠م) الى مركز اللوحة الاولى بعد صورتين مع الخط الافقي المار بنقطة المنتصف قبل الانتقال بصورتين.

٦- زمن الانتقال (٢٠م) الاولى.

٧- زمن الانتقال (٢٠م) الثانية.

والجدول أدناه يبين النتيجة النهائية لقيم المتغيرات للتصوير بالكاميرا الثابتة والتصوير بالكاميرا المتحركة:

المتغيرات	التصوير الثابت	التصوير المتحرك	الفرق
مقياس الرسم (سم)	٩٨,٥	١٠٠	١,٥
مسافة الانتقال بداية (سم)	٦٢,٥	٥	٥٧,٥
مسافة الانتقال نهاية (سم)	٧٧,٥	٣,٥	٧٤
الزاوية القائمة (درجة)	٨٨	٩٠	٢
زاوية الانتقال(درجة)	٢٧	٤٠	١٣
زمن العشرين الاولى (ثا)	٦,٤	٦,٤٤	٠,٤
زمن العشرين الثانية (ثا)	٥,١٦	٥,٢٤	٠,٨

ومن خلال الجدول يتبين لنا أن التصوير الثابت أفضل من التصوير المتحرك عند استخراج المسافات التي تعتمد على نقطتين لأكثر من صورة، وكذلك هو عند استخراج الزوايا التي تعتمد في حسابها على مسار نقطة معينة أي على أكثر من صورة والسبب يعود ثبات النقطة الاولى.

أما التصوير المتحرك فهو أفضل من التصوير الثابت عند استخراج مسافة بين نقطتين مختلفة وفي نفس الصورة عند نهايات مجال الحركة، وكذلك عند استخراج زوايا مفاصل الجسم أو وضع الجسم والتي تعتمد في استخراجها على صورة واحدة عند نهايات مجال الحركة أيضا هو الأفضل، وعند استخراج الزمن لانتقال الجسم وعلى طول مجال الحركة وخصوصا للمسافات الطويلة نسبياً وهذا كله يأتي بسبب التعامد المستمر على الجسم المتحرك.