الفصل الخامس

بحوث ابن الهيثم فى المكان والزمان وتصادم الأجسام

نبغ فى العصر الذهبى للحضارة العربية علماء عظام ثلاثة ، شهد لهم العالم – شرقيّه وغربيّه – بالعبقرية والاعجاز ، هم الحسن بن الهيثم ، والشيخ الرئيس ابن سينا ، وأبو الريحان البيرونى ، وقد أحرزوا سبقا هائلا على علماء الغرب فى كافة المجالات العلمية وألوان المعرفة .

ونتعرض فى بحثنا الحالى لأحد هؤلاء العمالقة وهو الحسن بن الهيثم ، فنقدم دراسة مقتضبة لجانب واحد من جوانب نشاطه العلمى الواسع ، هو بحثه المبتكر فيما نعرفه اليوم بعلم الميكانيكا ، ذلك العلم الذى يبحث فى سكون الأجسام وحركتها وما يتعلق بذلك من أمور ، وإلى العرب يرجع الفضل فى إرساء أصول فكرية كثيرة لهذا العلم جاءت ضمن دراساتهم فى مجال الطبيعيات .

ترجمة ابن الهيثم :

هو « الحسن أبو على بن الحسن بن الهيثم » من أشهر علماء القرن الحادى عشر للميلاد ، ولد فى البصرة عام ٣٥٤ هـ (عام ٩٦٥ أو ٩٦٦ م) ، وهو من أصل عربى ، ينحدر من جد اسمه « الهيثم » ويعنى فرخ النسر ، ويحيط الغموض بنشأة ابن الهيثم فى العراق ،

وإقامته بعد ذلك عند أمير من أمراء الشام ، وقد استدعاه إلى مصر — حسب رواية ابن القفطى — الحاكم بأمر الله الفاطمى(١) مؤسس « دار الحكمة » فى القاهرة ، مطالبا إياه بالعمل على تنفيذ ما جاء على لسانه خاصا بضبط فيضان النيل . فلما فشل فى ذلك انزوى حتى توفى الحاكم عام ١٠٢٠ م ، فسكن إلى جوار الجامع الأزهر ، وكرس حياته للدرس والبحث العلمى ، ونسخ الكتب كسبا لمعاشه ، حتى وافته المنية بالقاهرة فى أواخر عام ٤٣٠ هـ ، الموافقة للنصف الثانى من عام ١٠٣٩ م .

منهاج ابن الهيثم وأسلوبه العلمى :

دأب الحسن بن الهيثم طيلة حياته على طلب الحق ، ولا أدل على ذلك مما جاء بصدر كتابه « الشكوك على بطليموس »(٢) حيث يقول :

« الحق مطلوب لذاته ، وكل مطلوب لذاته فليس يعنى طالبه غير وجوده ، ووجود الحق صعب ، والطريق إليه وعر ، والحقائق منغمسة فى الشبهات . وحسن الظن بالعلماء طباع فى جميع الناس .

فالناظر فى كتب العلماء إذا استرسل مع طبعه ، وجعل غرضه فهم ما ذكروه ، وغاية ما أوردوه وحصلت الحقائق عنده ، وهى المعانى التى قصدوها والغايات التى أشاروا إليها ، وما عصم الله العلماء من الزلل ، ولا حمى علمهم من التقصير والخلل .

---

(١) حكم مصر فى الفترة الممتدة من عام ٩٩٦ م حتى عام ١٠٢٠ م .

(٢) مصور المخطوط بمعهد المخطوطات بجامعة الدول العربية بالقاهرة .

ولو كان ذلك كذلك لما اختلف العلماء فى شئ من العلوم ، ولا تفرقت آراؤهم فى شئ من حقائق الأمور ، والوجود خلاف ذلك ، فطالب الحق ليس هو الناظر فى كتب المتقدمين ، المسترسل مع طبعه فى حسن الظن بهم ، وطالب الحق هو المتهم بظنه منهم ، المتوقف فيما يفهمه عنهم ، المقنع الحجة والبرهان ، لاقول القايل الذى هو انسياق المخصوص فى جبلته بضروب الخلل والنقصان .

والواجب على الناظر فى كتب العلوم ، إذا كان غرضه معرفة الحقائق أن يجعل نفسه خصما لكل من ينظر فيه ، ويجيل فكره فى متنه ، وفى جميع حواشيه ، ويخصمه من جميع جهاته ونواحيه ، ويتهم أيضا نفسه عند خصامه ، ولا يتحامل عليه ، ولا يتسمح فيه ، فانه إذا سلك هذه الطريق انكشفت له الحقائق ، وظهر ما عساه وقع فى كلام من تقدمه من التقصير والشبهة . »

هذا هو الدرب الشاق الذى عاهد ابن الهيثم نفسه على السير عليه ، كذلك فقد انتهج منهاجا خاصا فى البحث العلمى لم يسبقه اليه أحد ، وهو الأسلوب الذى نعرفه اليوم بالنهج التجريبى الذى يقوم على التجربة والمشاهدة والتحليل والاستقراء ، ومن ثم فان الحسن ابن الهيثم يعتبر بحق واضع هذا النهج الذى سبق به علماء أوربا بأكثر من قرنين من الزمان(١) ، ولنسق الحجة والبرهان على ذلك من كلمات ابن الهيثم فى كتابه « المناظر » حيث يقول(٢) :

---

(١) كتاب « عبقرية ليوناردو داڤينشى فى الهندسة » للدكتور جلال شوقى ـ مكتبة الانجلو المصرية بالقاهرة سنة ١٩٦٤ ، صفحة ٦٧ ـ ٧٢ .

(٢) مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول رقم ٣٢١٢ ـ المقالة الأولى ـ الورقة رقم (٤) مكرر .

« ونبتدئ فى البحث باستقراء الموجودات ، وتصفح أحوال المبصرات ، وتمييز خواص الجزئيات ونلتقط باستقراء ما يخص البصر فى حال الإبصار ، وما هو مطرد لا يتغير ، وظاهر لا يشتبه من كيفية الإحساس .

ثم نترقى فى البحث والمقاييس على التدريج والترتيب ، مع انتقاد المقدمات والتحفظ فى النتائج .

ونجعل غرضنا فى جميع ما نستقريه ونتصفحه استعمال العدل لا اتباع الهوى ، ونتحرى فى سائر ما نميزه وننتقده طلب الحق لا الميل مع الآراء .

فلعلنا نهتدى بهذا الطريق إلى الحق الذى به يثلج الصدر ، ونصل بالتدريج والتلطف إلى الغاية التى عندها يقع اليقين ، ونظفر — مع النقد والتحفظ — بالحقيقة التى يزول معها الخلاف ، وتنحسم بها مواد الشبهات.

فغنى عن البيان اعتماد ابن الهيثم فى بحوثه ودراساته على الملاحظة الدقيقة والتجربة ، ثم الفحص والتحليل والاستنتاج المنطقى ، وبالتالى فان ابن الهيثم يعتبر بحق مؤسس المنهج التجريبى قبل روبرت جروستست(١) وقبل روجر بيكون(٢) بمئات السنين.

---

(١) "Robert Grosseteste" عاش فى الفترة من عام ١١٧٥ حتى عام ١٢٥٣ م.

(٢) "Roger Bacon" عاش فى الفترة من حوالى عام ١٢١٤ حتى عام ١٢٩٤م.

وقد ظهر هـذا الأسلوب العلمى أيضاً فى كتابات العلماء والفلاسفة العرب من بعده .

دراسات ابن الهيثم

اشتغل الحسن بن الهيثم بالرياضيات والطبيعيات والفلك والفلسفة والطب ، وبرز بصفة خاصة فى البصريات ، ويهمنا من بحوث ابن الهيثم — فى مجال دراستنا الحالية — رسالته فى ماهية المكان والخلاء ، ودراسته للحركة ولتصادم الأجسام ، ووقوفه على صفة كمية للحركة سماها « قوة الحركة » ، ونعرفها نحن اليوم بكمية الحركة(١) ، وقد أدت دراسته لانفعال الأجسام بالمصادمة إلى وضع أول طريقة فى العالم لقياس صلادة(٢) الأجسام .

ولقد تأثر ابن الهيثم أيّما تأثر بفلسفة أرسطاليس (أرسطو)(٣) ويبدو ذلك جليا فى كتاباته حيث يقول :

« وقد انقطعت إلى طلب معدن الحق . . . . فخضت لذلك ضروب الآراء والاعتقادات وأنواع علوم الديانات ، فلم أحظ من شئ منها بطائل ، ولا عرفت منه للحق منهجا ، ولا إلى الرأى اليقينى مسلكا ، فرأيت أننى لا أصل إلى الحق إلا من آراء يكون

---

(١) Momentum

(٢) Hardness

(٣) Aristotoles : عاش فى الفترة من عام ٣٨٤ ق.م. حتى عام ٣٢٢ ق.م.

عنصرها الأمور الحسية ، و صورتها الأمور العقلية ، فلم أجد ذلك إلا فيما قرره أرسطوطاليس من علوم المنطق والطبيعيات والالهيات التى هى ذات الفلسفة وطبيعتها . »

ومن ثم فقد قام الحسن بن الهيثم بدراسة أعمال ارسطاليس ، ونخص منها بالذكر كتابه : « السماع الطبيعى » حيث تناول ستة أمور اعتبرت فى ذلك الوقت مبادئ طبيعية هى المكان والخلاء واللانهاية والزمان والحركة والمحرك الأول ، كذلك درس ابن الهيثم من كتب أرسطو « الكون والفساد » وكان قد قام بترجمته عن الأصل الإغريقى اسحق بن حنين ، ويعتبر هذا الكتاب أهم مؤلفات أرسطو فى العلم الطبيعى ، وقد اطلع ابن الهيثم أيضا على بقية مؤلفات أرسطو ، وتشمل كتابه فى « الآثار العلوية » وبآخره المعدنيات ، وكتابه فى « السماء و العالم » وكتابه « فيما بعد الطبيعة » .

ونقدم فيما يلى دراسة ميسرة لما تناوله الحسن بن الهيثم من مواضيع تتعلق بعلم الميكانيكا .

المكان والخلاء

نعرض هنا لما كتبه الحسن بن الهيثم فى ما هية المكان باعتباره أحد عناصر حركة الأجسام كما كان ذلك واردا فى الفلسفة الإسلامية على عصره .

فبعد مناقشة مفصلة لجملة الآراء المطروحة ، يصل ابن الهيثم إلى تعريف واضح وقاطع للمكان حيث يقول فى رسالته « المكان » :

« . . . . فمكان الجسم هو أبعاد الجسم التى إذا جردت فى التخيل كانت خلاء لا مادة فيه مساوياً لجسم شبيه بشكل الجسم . »

كذلك فإن ابن الهيثم كان من مؤيدى الخلاء ، وقد تعرض له ضمنا فى رسالته هذه وأورد له وصفاً محدداً حيث يقول :

« . . . . والخلاء ليس بذى مادة ولا فيه مدافعة ، وإنما الخلاء هو أبعاد فقط متهيئة لقبول المواد . »

إذن فالخلاء – فى رأى الحسن بن الهيثم – خالى من المادة ومن المدافعة . وبالتالى فان حركة الأجسام فى الخلاء لاتلقى أية معاوقات أو ممانعات ، وهذه حقيقة أثبتتها الأقمار الصناعية ومركبات الفضاء فى عصرنا الحالى .

و نقدم فيما يلى مقتطفات من رسالة الحسن بن الهيثم فى «المكان»(١)، تلك الرسالة التى أفردها لبحث ماهية المكان ، و تعرض فيها أيضا للخلاء ، وقد استهل رسالته بقوله :

« قد اختلف أهل النظر المتحققين بالبحث عن حقائق الأمور الموجودة فى ماهية المكان ، فقال قوم إن مكان الجسم هو السطح

---

(١) « قول فى المكان » لحسن بن الهيثم : مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول رقم ٣٤٣٩ ف ٣ – رسالة ابن الهيثم « المكان » : دائرة المعارف العثمانية ، حيدر آباد الدكن بالهند ، سنة ١٣٥٧ هـ = ١٩٣٨ م ، ١٢ صفحة .

المحيط بالجسم ، وقال قوم آخرون إن مكان الجسم هو الخلاء المتخيل الذى ملأه الجسم ، ولم نجد لأحد من المتقدمين كلاما مستقصى فى ماهية المكان ، ولا دليلا واضحا يفصح عن حقيقة المكان .

ولما كان ذلك كذلك رأينا أن نبحث عن ماهية المكان بحثا مستقصى يظهر به ماهية المكان وتنكشف حقيقته ، ويسقط به الخلاف ، ويزول معه الاشتباه . »

ويستطرد ابن الهيثم — بعد مقدمة رسالته — فيدرس علاقة المكان بالسطح والخلاء ، وما ورد فيها من آراء فيقول بلفظه

« فنقول إن كل جسم فله شيئان : كل واحد منهما يحتمل أن يسمى مكانا له ، فأحدهما السطح المحيط بالجسم ، أعنى سطح الهواء المحيط بالجسم الذى فى الهواء ، وسطح الماء المحيط بالجسم الذى يكون فى الماء . وسطح كل جسم فى داخله جسم منفصل عنه ، وهو الذى ذهب اليه احدى الطائفتين المختلفتين .

والمعنى الآخر هو الخلاء المتخيل الذى ملأه الجسم ، فان كل جسم فانه قد انتقل من الموضع الذى هو فيه ، فإن السطح المحيط كان به يمكن أن يتخيل خلا لا جسم فيه ، وإن كان قد ملأه هواء أو ماء أو جسم من الأجسام غير الجسم الذى كان فيه ، وأريد بالموضع أحد الأمكنة التى تقدم ذكرها ، التى كل واحد منها يسمى بالاتفاق مكانا .

والخلاء المتخيل هو الأبعاد المتخيلة التى لا مادة فيها ، التى بين النقط المتقابلة من السطح المحيط بالخلاء . »

ويمضى ابن الهيثم فى مناقشته للآراء المطروحة عن ماهية المكان فيقول :

« فأما الخلاء المتخيل الذى قد ملأه الجسم ، فإن الذى يعترض فيه من الشبه ، هو أن يقال إن الخلاء ليس بموجود فى العالم ، فاذا قيل إن كان الجسم هو الخلاء ، لزم أن يكون مكان الجسم شئ ليس بموجود ، والجسم موجود ، وكل جسم موجود فهو فى مكان ، واذا كان المتمكن موجودا ، فمكانه موجود ، فيلزم أن يكون الخلاء موجودا ، وهو قول شنيع عند من يقول إن الخلاء ليس بموجود .

فهذه الشبهة تنحل بمانصف ، وهو أن يقال فى جواب هذا القول إن الخلاء إنما هو أبعاد مجردة من المواد ، فالخلاء المتخيل الذى قد ملأه الجسم هو الأبعاد المتخيلة المساوية لأبعاد الجسم اذا تخيلت مجردة من المادة .

فالخلاء المتخيل الذى قد ملأه الجسم هو أبعاد متخيلة مساوية لأبعاد الجسم ، قد انطبقت عليها أبعاد الجسم المتخيلة فى الجسم . »

ويخلص الحسن بن الهيثم فى رسالته الى تعريف واضح للمكان حيث يقول :

« فإن قيل إن الخلاء هو جسم ، والجسم المتمكن فى المكان هو جسم ، وليس يجوز أن يداخل الجسم جسما آخر ، ويصير جسما واحدا .

فالجواب أن الجسم لا يداخل الجسم اذا كان واحد منهما

ذا مادة ، وكان فى المادة مدافعة و ممانعة ، فيمنع كل واحد منهما الآخر أن يصير فى مكانه و هو ثابت فى مكانه ، والخلاء ليس بذى مادة ولافيه مدافعة ،وإنما الخلاء هوأبعاد فقط متهيئة لقبول المواد .

والجسم الطبيعى هو المادة التى هى الأبعاد المتخيلة متهيئة لقبولها مع الأبعاد ، وكل الأبعاد فهى متهيئة لقبول كل مادة ، وكل بعد فليس فيه مانع يمنع من أن تنطبق عليه ؛ فليس يمتنع أن ينطبق أبعاد الجسم الطبيعى الذى الخلاء متهيئ لقبوله على أبعاد الخلاء ، التى هى أطوال لاعروض لها ولامدافعة فيها . واذ ذلك كذلك فقد بطل القول بأن الجسم الطبيعى لايداخل الخلاء لأنهما جسمان .

واذ قد تبين جميع مابيناه فكان الجسم هو أبعاد الجسم التى اذا جردت فى التخيل كانت خلاء لامادة فيه مساويا لجسم شبيه بشكل الجسم ، وذلك ما أردنا بيانه فى هذه المقالة . »

الحركة والزمان

تعرض ابن الهيثم فى سياق دراسته لادراك البصر للضوء للحقائق التى نعرفها اليوم بأن الضوء له سرعة ، وأن الحركة عموما لابد وأن تقع فى فترة زمنية ، ففى هذه المعانى يقول ابن الهيثم فى مقالته الثانية من كتابه « المناظر »(١) :

« اذا كان الثقب مستترا ثم رفع الساتر ، فوصول الضوء من الثقب الى الجسم المقابل ليس يكون الا فى زمان ، وان كان خفيا عن الحس . »

(١) مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول رقم ٣٢١٢ .

ويزيد ابن الهيثم الأمر وضوحا فيستطرد قائلا :

« لأن وصول الضوء من الثقب الى الجسم المقابل للثقب ليس يخلو من أحد أمرين ، إما أن يكون الضوء يحصل فى الجزء من الهواء الذى يلى الثقب قبل أن يحصل فى الجزء الذى يليه، ثم الجزء الذى يلى ذلك الجزء من الهواء ، الى أن يصل الى الجسم المقابل للثقب، وإما أن يكون الضوء يحصل فى جميع الهواء المتوسط بين الثقب وبين الجسم المقابل للثقب ، وعلى الجسم نفسه المقابل للثقب دفعة واحدة ، ويكون جميع الهواء يقبل الضوء دفعة لاجزءا منه بعد جزء ... فان كان الهواء يقبل الضوء جزءا بعد جزء . فالضوء انما يصل الى الجسم المقابل للثقب بحركة ، والحركة ليست تكون الا فى زمان ، وإن كان الهواء يقبل الضوء دفعة واحدة ، فان حصول الضوء فى الهواء بعد أن لم يكن فيه ضوء، ليس يكون أيضا إلا فى زمان ، وان خفى عن الحس . »

يهمنا فى هذا النص — بصفة خاصة لبحثنا الحالى — العبارات الآتية :

« الحركة ليست تكون الا فى زمان »

« فوصول الضوء من الثقب الى الجسم المقابل ليس يكون الا فى زمان . وان كان خفيا عن الحس . »

« ... فإن حصول الضوء فى الهواء بعد أن لم يكن فيه ضوء، ليس يكون أيضا الا فى زمان ، وإن خفى عن الحس . »

فالحسن بن الهيثم يقرر هنا أن الحركة لابد وأن تحدث فى زمان، أى أن كل حركة فلها سرعة ، هى مانعرفها اليوم بمعدل تغير المسافة

المقطوعة بالنسبة للزمن ، وأن الضوء يسرى بحركة ، وبالتالى فان للضوء سرعة ، وإن كانت هذه السرعة فائقة لدرجة تحسبها المرء غير متناهية ، أو بعبارة أخرى فان انتقال الضوء من مكان الى آخر يتم فى فترة زمنية غاية فى القصر ، لدرجة أنها تخفى عن الحس على حد قول ابن الهيثم .

تعتبر هذه الحقائق التى ثبتت لدينا بالتجربة فى حوالى منتصف القرن الماضى فقط سبقا عظيما للحسن بن الهيثم ، حيث كان الرأى السائد قبله وبعده أن الضوء يتحرك لافى زمان ، وهو محال .

أنواع الحركة :

استخدم الحسن بن الهيثم – فى معرض شرحه لانعكاس الضوء – مثالا ميكانيكيا هو ارتداد الجسم المتحرك عند اصطدامه بسطح جسم صلب صقيل ، وسنتناول هذا المثال بما هو أهل له من التفصيل عند حديثنا عن تصادم الأجسام ، وإنما ما نود أن نلفت النظر اليه هنا هو ما جاء فى أقوال ابن الهيثم ضمن شروحه هذه خاصاً بتقسيمه حركة الجسم إلى نوعين سماهما « الحركة الطبيعية » و « الحركة العرضية » .

بالحركة الطبيعية قصد ابن الهيثم حركة الجسم حركة طبيعية بحتة تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية . فإن الجسم إذا ما أخرج عن مكانه الذى يستقر فيه ، لابد وأن يسعى – بقوة ذاتية خاصة به – الى استعادة موضعه الطبيعى ، ومن ثم كانت تسمية هذه الحركة بالحركة الطبيعية .

أما الحركة العرضية فقد أطلقها ابن الهيثم على حركة الجسم الناشئة عن قوة خارجية أو مؤثر خارجي ، وهي القوة التي وردت في أقوال غيره من علماء العرب وفلاسفتهم تحت اسم «القوة القسرية» وقد استعمل هذا التعبير كل من الشيخ الرئيس ابن سينا، والفيلسوف هبة الله بن ملكا البغدادي ، والإمام فخر الدين الرازي على سبيل المثال لا الحصر .

تصادم الأجسام :

لعل أول من كتب عن تصادم الأجسام هو الحسن بن الهيثم ، وقد وردت دراسته هـذه في معرض شرحه لكيفية انعكاس الضوء( ) ، حيث ذهب إلى القياس على ما يحدث لكرة صغيرة ملساء من الحديد أو النحاس أو ما يجري مجراهما عندما تصدم سطحا مانعا لحركتها فترتد عنه .

ولقد أورد ابن الهيثم مثالا ميكانيكيا(٢) يتلخص في أن يأتي المعتبر(٣) بكرة معدنية ويدعها تسقط من موضع مرتفع على مرآة

---

(١) كتاب « المناظر » للحسن بن الهيثم : مصورات مخطوطات مكتبة الفاتح باستانبول (المخطوطات ٣٢١٢ حتى ٣٢١٦) ، محفوظة بمكتبة كليـة الهندسة بجامعة القاهرة .

(٢) مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول رقم ٣٢١٥ : المقالة الرابعة ـ الفصل الثالث .

(٣) استعمل ابن الهيثم لفظ « الاعتبار » بمعنى التجربة ، ولفظ « المعتبر » بمعنى القائم بالتجربة .

مستوية أفقية من الحديد ، وقد اختار ابن الهيثم الكرة وزنا أكثر من مثقال(١) ، ولمسافة السقوط ما يزيد على عشرين ذراعا .

ويستطرد ابن الهيثم مناقشته لهذه التجربة ، فيدعو إلى تأمل الكرة عند لقائها وتصادمها مع المرآة ، حيث ترجع إلى جهة العلو فترة ، ثم تقفل راجعة إلى جهة السفل ، شكل (١) .

وقد قال ابن الهيثم بلفظه أن الكرة :

« إن ألقيت من مسافة أكبر كان إنعكاسها عن المرآة أقوى ، وإلى مسافة أبعد ، وإن ألقيت من مسافة أقرب كان رجوعها أقل».

أى أن الكرة عند إلقائها من مسافة أقرب يكون رجوعها إلى فوق أقل ، كذلك العكس إنه هى ألقيت من ارتفاع أكبر كان انعكاسها عن المرآة أقوى وارتدادها إلى جهة العلو أعظم .

ويسوق الحسن بن الهيثم مثالا ثانيا تكون فيه المرآة التى ترتد عنها الكرة مثبتة فى جدار رأسى قائم على سطح الأرض ، ثم تقذف الكرة نحو المرآة بقوة ، ويقترح ابن الهيثم فى هذه التجربة — أن تجعل الكرة فى رأس سهم قوس من التى تقذف الحصى . وقد أشار ابن الهيثم إلى حركتين للكرة المقذوفة تجاه المرآة هما :

١ — حركة قذف الكرة بقوة بحيث تكون حركتها على استقامة العمود القائم على سطح المرآة .

---

(١) المثقال يعادل ٤٢٥ جراما .

وفى هذه الحالة يقول ابن الهيثم فى بيان ما يشاهده المعتبر (أى القائم بالتجربة) بلفظه :

« فإنه يجدها ترجع على العمود نفسه القائم على سطح المرآة ، ويكون ذلك بأن يدرك أن الكرة عند رجوعها تكون موازية للأفق ، ثم لاتلبث الكرة بعد هذا الرجوع حتى تهبط إلى أسفل».

٢ ــ حركة قذف الكرة بقوة بحيث تكون حركتها على استقامة خط مائل على سطح المرآة ولكنه مواز للأفق ، أو بعبارة أخرى قذف الكرة ــ وهى فى مستو أفقى[1] ــ فى اتجاه مائل على سطح المرآة .

ففى هذه الحالة يصف ابن الهيثم مشاهدة المعتبر لهذه التجربة ، فيقول :

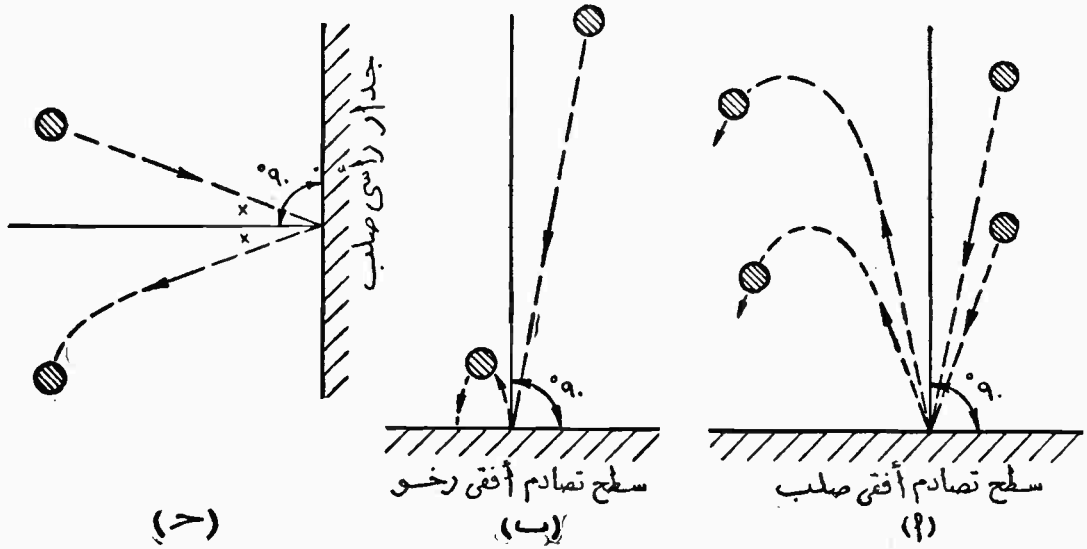
« فإنه يجدها ترجع فى الجهة المقابلة للجهة التى فيها الرامى ، ويجدها فى أول رجوعها متحركة على خط موازللأفق، ومائل على سطح المرآة ميلا شبيها بميل السهم عند تفويقه إلى المرآة بالقياس إلى الحس ، ثم لاتلبث الكرة حتى تهبط إلى جهة السفل ، للقوة الطبيعية[2] المحركة لها إلى أسفل ، وكلما كانت حركة القذف أقوى فإنه يجد رجوع هذه الكرة أقوى، وإن اعتبر[3] هذا المعنى بجسم

---

(١) المستوى المكون من مسار الكرة والخط المستقيم العمودى على المرآة عند نقطة التصادم .

(٢) يقصد قوة الجاذبية الأرضية .

(٣) يقصد جرب .



شكل (٢) مسار الجسم المصادم قبل وبعد المصادمة

غير المرآة ، ويكون فيه بعض اللين كالخشب أو مايجرى مجراه ، وجد رجوع الكرة بقوة دون القوة الأولى . »

يمضى الحسن بن الهيثم فى دراسته لتصادم الأجسام ، فيقول :

« فيتبين من هذا الاعتبار (١) أن المتحرك على استقامة إذا لقى مانعا يمنعه من الحركة فإنه يتحرك راجعا ، وتكون قوة رجوعه بحسب قوة الحركة (٢) التى تحرك بها فى الأول ، وبحسب قوة المانع وامتناعه من الانفعال ، ويكون وضع المسافة التى يتحرك عليها فى الرجوع بحسب وضع المسافة التى يتحرك عليها فى الأول . »

ويناقش ابن الهيثم « ممانعة » الجسم الساكن للجسم المصادم فيقول :

« فأما لم يرجع المتحرك عند الممانعة ؟ ولأنه يكتسب من الممانعة حركة فى جهة الرجوع ، والذى يدل على أن حركة الرجوع إنما تحدث من الممانعة هو أن هذه الحركة تكون بحسب الممانعة . وكلما كانت الممانعة أقوى كان الرجوع أقوى ، وقوة الممانعة تكون بحسب قوة الحركة الأولى ، وبحسب امتناع الجسم المانع من الانفعال » .

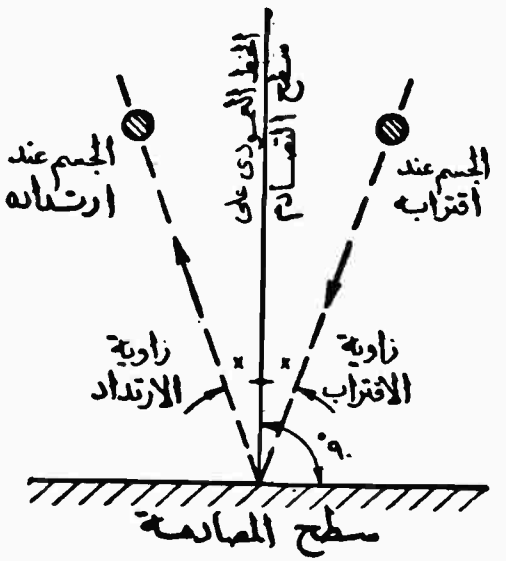
يتضح مما تقدم أن الحسن بن الهيثم قد توصل من تجاربه فى تصادم الأجسام إلى أن خط الحركة (مسار الجسم المصادم) وخط الارتداد والخط العمودى من نقطة التصادم كلها تقع فى ذات المستوى ، وأن زاوية السقوط تساوى زاوية الارتداد أو الانعكاس)، وذلك عند مصادمة جسم صلب لسطح ثابت لاينفعل بالمصادمة ، شكل (٣) .

---

(١) يقصد التجربة .

(٢) يقصد معنى كميا نعرفه اليوم بكمية الحركة كما سيجىء الكلام عنه .

ولقد عمد ابن الهيثم فى بحثه هذا إلى تحليل سرعة حركة الجسم المصادم إلى « قسطين »(١) متعامدين فى مستوى خط الحركة والعمود بحيث يكون أحد القسطين موازياً لسطح الملاقاة ، والآخر عمودياً



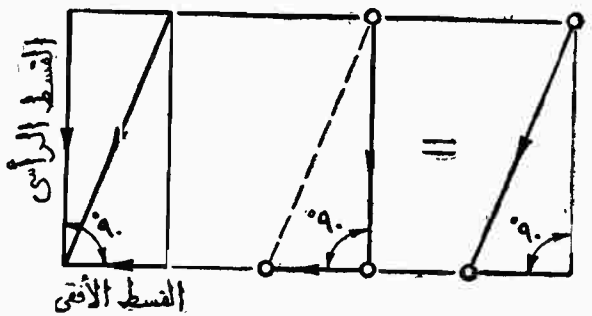
شكل (٣) تساوى زاويتى الاقتراب (السقوط) والارتداد (الانعكاس) عند تصادم جسم مع سطح أملس .

عليه ، شكل (٤) ، وقد رأى ابن الهيثم أن القسط الموازى لسطح الملاقاة يبقى على حاله دون أن يطرأ عليه أى تغير إثر المصادمة . بينما يتأثر القسط العمودى على سطح الملاقاة بدرجة « ممانعة » الجسم الساكن

---

(١) أى الى مركبتين ، وقد ورد تعبير « القسط » فى الفصل الثالث من المقالة الرابعة فى كتاب « المناظر » : مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول رقم ٣٢١٥ ، الورقتان ٧٤ ، ٧٦ .

للجسم المتحرك ، فيؤثر ذلك على المسافة التى يقطعها الجسم المتحرك عند ارتداده ، ودلل ابن الهيثم على أن « مدافعة » الجسم الساكن للجسم المتحرك تكون فى اتجاه العمود ، وأنها تعتمد على ممـــانعة الجسم الساكن عن الانفعال ، وهو ما يميز بين سلوك المواد المختلفة عند اصطدام الأجسام بها ، بحيث إن كانت الممانعة « فى الغاية » ارتد الجسم دون تغير فى مقدار سرعته ، ففى هذه الحالة تكون



شكل (٤) تحليل القوة أو السرعة الى قسطين متعامدين (مركبتين متعامدتين)

السرعة النسبية للتقارب مساوية للسرعة النسبية للتباعد ، أو بتعبيرنا الحالى فإن معامل الارتداد(١) يكون فى حالة الأجسام التامة الصلابة مساويا للواحد ، وهذه نتيجة صحيحة كل الصحة ، وسبق لاجدال فيه للحسن بن الهيثم .

« قوة » الحركة (كمية الحركة) :

فطن الحسن بن الهيثم إلى معنى كمى فى الجسم المتحرك يتوقف على

(١) هو حاصل قسمة السرعة النسبية لتقارب الجسمين المتصادمين والسرعة النسبية لتباعدهما . Coefficient of Restitution

سرعته (معبرا عنها بمسافة السقوط) وعلى ثقله (وهو متناسب مع كتلته) ، وهذا ما نعرفه اليوم بكمية الحركة(١) ، وقد عبر عنها ابن الهيثم بـ « قوة الحركة » وبـ « اعتماد المتحرك » ، فكتب فى الفصل الثالث من المقالة الرابعة فى كتابه « المناظر »(٢) يقول :

« والمتحرك إذا لقى فى حركته مانعا يمانعه ، وكانت القوة المحركة له باقية فيه عند لقائه الممانع ، فإنه يرجع من (حيث) كان فى الجهة التى منها تحرك ، وتكون قوة حركته فى الرجوع بحسب قوة الحركة التى كان تحرك بها فى الأول ، وبحسب قوة الممانعة » .

ومضى فى الورقة التالية يقول :

« . . . . لأن الحركة المكتسبة إنما تكون بحسب مقدار المسافة (و) بحسب مقدار الثقل . »

يتضح من هذه الكتابات ومما سبقها من النصوص وقوف ابن الهيثم على معنى « كمية الحركة » وسبقه إليه قبل علماء الغرب بقرون عديدة .

« صلابة » الأجسام :

عرض ابن الهيثم لظاهرة تباين درجة ممانعة المواد المختلفة عن

---

(١) Momentum : وهو حاصل ضرب الكتلة فى السرعة ، وبالتالى فهو كمية موجهة قابلة للتحليل وللتركيب .

(٢) مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول رقم ٣٢١٥ ، الورقة رقم ٧٠ .

الانفعال عند سقوط الأجسام عليها ، تلك الظاهرة التى اتخذت فى عصرنا الحالى أساسا لقياس درجة الصلادة(١) فى جهاز اختبار الصلادة المعروف بجهاز « شور »(٢) ، حيث تتخذ مسافة الارتداد بعد التصادم مقياسا لصلادة المواد ، إذ كلما كانت « الممانعة عن الانفعال » (أو بالتعبير الحديث : الصلادة) أكبر ، كلما عظمت مسافة الارتداد ، كما جاء فى بحث الحسن بن الهيثم فى كتابه « المناظر » حيث يقول فى الفصل الثالث من المقالة الرابعة(٣) :

« إن الأجسام الثقال إذا سقطت إلى أسفل من موضع عال ثم لقيت عند مسقطها جسما صلبا كالصخر أو الحديد أو ماجرى مجرى ذلك ، انعكست فى الحال راجعة ، ويكون رجوعها بحركة قوية. وإذا لقيت عند مستقطها جسما رخوا كالرمل أو التراب أو ما شاكل ذلك انتشبت فيه ولم ترجع . وإن صادفت جسما فيه بعض الصلابة وبعض اللين كالجص أو الخشب أو ماجرى مجرى ذلك فى اللين ، رجعت رجوعا ضعيفا . وكذلك إن رمى رام بحجر إلى جهة من الجهات فلقى ذلك الحجر جسما من الأجسام الصلبة قبل أن تفنى الحركة التى فيه ، فإنه ينعكس راجعا ، وإذا كانت حركته قوية يرجع بقوة قوية . وإن لقى جسما رخوا كالصوف أو القطن أو التراب أو شيئا من الأجسام السريعة الانفعال

---

(١) Hardness

(٢) Shore Scleroscope

(٣) مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول رقم ٣٢١٥ ، الورقتان ٦٨ ، ٦٩ .

انتشب فيه أو سقط إلى أسفل ولم يرجع إلى الجهة التى تحرك منها . وإن لقى جسما فيه بعض الصلابة وبعض اللين رجع رجوعا ضعيفا . بحسب ما فى ذلك الجسم من الصلابة ثم انحط إلى السفل، فيبين من هذا الاعتبار أن الأجسام الصلبة تدافع الأجسام المتحركة إذا لقيتها مدافعة قوية ، وإذا دافعتها مدافعة قوية رجعت تلك الأجسام إلى الجهة التى منها قامت . »

هذه الكلمات عبر الحسن بن الهيثم عن مفهومه « لصلابة(١) الأجسام » ، وتأثيرها على مسافة ارتداد الجسم المصادم لها ، وهو مفهوم سليم للغاية ، وكأنما نطالع هذه النصوص كتبنا العلمية الحديثة لا فى مخطوط كتبه عالمنا العربى الفذ منذ أكثر من تسعة قرون خلت .

أثر ابن الهيثم فى الغرب

كان تأثير ابن الهيثم على الحركة العلمية فى صدر عصر النهضة الأوربية عظيما بحق، فإن العالم البولونى « فيتلو »(٢) قد نشر حوالى عام ١٢٧٠ م كتابا فى الضوء ، ذكر فيه أنه اعتمد فى تأليفه على كتابين الأول لبطليموس القلوذى(٣) ، والثانى لمؤلف عربى سماه

---

(١) يعبر عنها فى كتاباتنا المعاصرة بكلمة « صلادة » .

(٢) Witelo او Vitello : عاش فى الفترة من حوالى عام ١٢٢٠ م حتى حوالى عام ١٢٩٠ م .

(٣) هو بطليموس قلاوديوس (القلوذى) : Ptolemaeus, Claudius ، عاش فى الاسكندرية فى القرن الثانى بعد الميلاد ، وقام باعمال الرصد فيها فى الفترةمن عام ١٢٧ م حتى عام ١٤٥ م .

« الهازن »(١) ، هذا وقد ظهرت ترجمة لاتينية كاملة لكتاب « المناظر » للحسن بن الهيثم بعنوان :

"Opticae Thesaurus, Alhazeni"

أى « الذخيرة فى علم الأوبطيقى للهازن(٢) »

وقد قام بنشرها « ريزنر »(٢) عام ١٥٧٢ م فى مدينة بازل بسويسرا .

وقد ظل كتاب « المناظر » المنسوب إلى الهازن المرجع الرئيسى لعلم الضوء فى أوربا حتى أوائل القرن السابع عشر ، وقد اطلع عليه فى ترجماته اللاتينية — علماء أوربيون مشهورون من أمثال ليوناردو دافينشى الذى اطلع على كتاب فيتلو فى مكتبة « بافيا »(٣) فى إيطاليا عام ١٤٩٠م ، كما تدل على ذلك مذكراته(٤) ، كذلك وجدت نسخة من ترجمة ريزنر اللاتينية لكتاب ابن الهيثم فى المكتبة الخاصة للعالم الإيطالى « جاليليو » كما يقرر ذلك الباحث « انطونيو فافرو » ، وبالتالى فإن الكثير من أعمال الحسن بن الهيثم قد ظهرت منسوبة إلى غيره ، وعلينا مهمة تصحيح ذلك .

---

(١) "Alhazen" وهو الاسم المحرف للحسن بن الهيثم .

(٢) F. Risner

(٣) Pavia

(٤) كتاب « عبقرية ليوناردو دافينشى فى الهندسة » تاليف الدكتور جلال شوقى ، مكتبة الانجلو المصرية بالقاهرة ، عام ١٩٦٤ ، الصفحتان ٣٥ ، ٣٦ .

هذا ولم تثبت لنا صحة نسبة كتاب « المناظر » للحسن بن الهيثم إلا عام ١٨٧٦ م ، عندما عثر المستشرق الألماني « فيدمان »(١) في مكتبة ليدن على مخطوط كتاب « تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر » لكمال الدين الفارسي المتوفى عام ١٣٢٠ م ، وهو تنقيح لكتاب « المناظر » ، وقد اتضح بمقابلة « فيدمان » لكتاب « التنقيح » على « كتاب الذخيرة للهازن » أن الترجمة اللاتينية بعنوان « الذخيرة في علم الأوبطيقي للهازن » ما هي إلا ترجمة لكتاب « المناظر » للحسن ابن الهيثم ، وبذلك تم التحقق من أن لفظ الهازن ما كان إلا تحريفا للفظ « الحسن » ، وبذلك رد الفضـــل إلى صاحبه بعد غياب طال عدة قرون .

خـــلاصة

وضع الحسن بن الهيثم أسس النهج التجريبي أو الأسلوب العلمي قبل أن تعرفه أوربا بمئات السنين ، وعرّف المكان تعريفا دقيقا شاملا ، وقال بوجود الخلاء وبخلوه من المعاوقات ، ووقف على الحقيقة التي عرفها العالم في منتصف القرن الماضي فحسب ، وهي أنه لما كان الضوء ينتقل من مكان إلى آخر ، فإنه يسرى بحركة ، والحركة لا تحدث إلا زمان ، فلا بد وأن يكون للضوء سرعة ، وأن لايكون الضوء آنيا كما قال ديكارت (٢) مثلا .

---

(١) Eilhard Wiedemann

(٢) هو الرياضي والفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت "René Descartes" ، عاش في الفترة من عام ١٥٩٦ حتى عام ١٦٥٠ م .

فرق ابن الهيثم بين الحركة الطبيعية للجسم وحركته العرضية ، فوصف الحركة الطبيعية بتلك التي تنشأ عن القوة الطبيعية التي تحرك في اتجاه مركز الأرض إذا ما أخرج الجسم قسرا عن موضعه الطبيعي وهو ساكن فيه ، أما الحركة العرضية فقد عرّفها بالحركة القسرية الناشئة عن تسليط قوة خارجية على الجسم .

درس الحسن بن الهيثم حركة تصادم الأجسام دراسة علمية مستفيضة مؤيدة بالتجربة والتحليل ، فأمكنه التوصل إلى القواعد الأساسية التي تحكم هذه الحركة ، ووقف على معنى كمي للحركة سماه قوة الحركة ، ونفضل تسميته اليوم كمية الحركة ، وقدم ابن الهيثم أول طريقة عرفها العالم لقياس صلابة الأجسام (يقصد صلادة الأجسام) ، وذلك على أساس تباين ممانعة الأجسام للانفعال بالمصادمة .

عبقرية فذة ، وسبق عظيم .