الفصل السابع

العرب والجاذبية الأرضية

تناول العرب بالدراسة - منذ القرن التاسع الميلادى - قوة التثاقل الناشئة عن جاذبية الأرض ، وسموا هذه القوة « القوة الطبيعية » كذا « الميل الطبيعى »، ولقد نسبوا هذه القوة إلى الطبيعة نظرا لأن الجسم يسعى بهـذه القوة الخاصة به إلى استعادة موضعه الطبيعى إذا ما أخرج عنه قسرا . كذلك درس العرب تفصيلا تساقط الأجسام تساقطاً حراً تحت تأثير الجاذبية الأرضية ، ونعرض هذا البحث لأقوال علماء العرب وفلاسفتهم فى هذا المجال ، فنشير إلى كتابات ثابت بن قره واخوان الصفا ، والشيخ الرئيس ابن سينا ، وأبى البركات هبة الله بن ملكا البغدادى ، كذا إلى شروح الإمام فخر الدين الرازى والعلامة المحقق نصير الدين الطوسى .

قوة الجذب :

عرف العرب أن بين الأجسام قوة تجاذب ، وذلك قبل اسحق نيوتن(١) بمئات السنين ، ويقول الإمام فخر الدين الرازى(٢) فى كتابه « المباحث المشرقية فى علم الالهيات والطبيعيات »(٣) :

---

(١) عاش فى الفترة من عام ١٦٤٢ م حتى عام ١٧٢٧ م .

(٢) عاش فى الفترة من عام ١١٥٠ م حتى عام ١٢٠٩ م (٥٤٤ - ٦٠٦ هـ) .

(٣) الكتاب الثانى - الفن الخامس - الفصل الثانى عشر (طبعة حيدر آباد الدكن بالهند ، الصفحة ٥٧٨) .

« انجذاب الجسم إلى مجاوره الأقرب ، أولى من انجذابه إلى مجاوره الأبعد . »

ونحن نعلم اليوم أن قوة التجاذب بين الكتلتين ك١ ، ك٢ – اللتين تفصلهما المسافة س – تتناسب مع $\frac{ك_١ . ك_٢}{س^٢}$ ، ومن ثم فإن قوة التجاذب تزيد بتقارب الجسمين ، وتقل بتباعدهما ، وهذا هو المعنى الذى أصابه الفخر الرازى .

ويتعرض الإمام الرازى – فى معرض شرحه لكتاب « الاشارات والتنبيهات »(١) – لآراء ثابت بن قرة الحرانى(٢) ، فيقول :

.... ثابت بن قره ذهب إلى أن المدرة إنما تعود إلى السفل ، لأن بينها وبين كلية الأرض مشابهة فى كل الأعراض ، أعنى البرودة واليبوسة والكثافة ، والشىء ينجذب إلى مثله ، والأصغر ينجذب إلى الأعظم . »

القوة الطبيعية (قوة التثاقل) :

فهم العرب تماماً أن لكل جسم قوة « طبيعية » فيه ، هى القوة التى نسميها اليوم قوة التثاقل ، وهى القوة الناشئة عن جاذبية الأرض ،

---

(١) شرح الامام الرازى للفصل السادس من النمط الثانى .

(٢) عاش فى الفترة من عام ٨٣٦ م حتى عام ٩٠١ م (٢٢١ – ٢٨٨ هـ) .

فقال العرب بأن الجسم – إذا ما أخرج عن موضعه الطبيعى – فإنه يسعى بقوته الطبيعية إلى استعادة ذلك الموضع ، وهو يسلك فى ذلك أقرب الطرق ، ألا وهو الخط المستقيم ، ويتبين فهمهم لقوة التثاقل من الأقوال الكثيرة الواضحة التى وردت على ألسنة علمائهم وفلاسفتهم ، نذكر بعضاً منها – على سبيل المثال – فيما يلى :

يعرض اخوان الصفا(١) فى رسالتهم السادسة عشر إلى الثقل والخفة فيقولون :

« وكل جسم فى مكانه الخاص ليس بثقيل ولا خفيف لأن الثقل والخفة يعرضان لبعض الأجسام بسبب خروجها عن أماكنها الخاصة بها إلى مكان غريب . »

« وما كان متوجهاً نحو مركز العالم يسمى ثقيلا ، وما كان متوجهاً نحو المحيط يسمى خفيفاً . »

ويعرج اخوان الصفا إلى الحديث عن الثقل مرة أخرى فى رسالتهم الرابعة والعشرين حيث يقولون :

« وأما الثقل والخفة فى بعض الأجسام ، فهو من أجل أن الأجسام الكليات كل واحد له موضع مخصوص ، ويكون واقفاً فيه لا يخرج إلا بقسر قاسر ، وإذا خلى رجع إلى مكانه الخاص به ، فإن منعه مانع وقع التنازع بينهما . فإن كان النزوع نحو مركز العالم يسمى

(١) من علماء وفلاسفة القرن العاشر الميلادى .

ثقيلا ، وان كان نحو المحيط يسمى خفيفا ، وقد بيّنا فى رسالة السماء والعالم كيفية ذلك . »

يقول الشيخ الرئيس ابن سينا فى كتابه « النجاة »(١) :

« ليس شيء من الأجسام الموجودة يتحرك أو يسكن بنفسه ، أو يتشكل أو يفعل شيئاً غير ذلك ، وليس ذلك كله عن جسم آخر أو قوة فائضة عن جسم ، فليس يصدر عنه شيء الا وفيه قوة من هذه القوى المذكورة ، عنها يصدر ذلك ، وكل ما يصدر عنه من الأفعال . وهذه القوى التى غرزت فى الأجسام على أقسام ثلاثة :

فمنها قوى سارية فى الأجسام تحفظ عليها كمالاتها من أشكالها ومواضعها الطبيعية وأفاعيلها ، وإذا زالت عن مواضعها الطبيعية وأشكالها وأحوالها أعادتها اليها وثبتتها عليها ، مانعة من الحالة الغير الملائمة إياها بلامعرفة وروية وقصد اختيارى بل بتسخير ، وهذه القوى تسمى طبيعية ، وهى مبدأ(٢) بالذات لحركاتها بالذات ، وسكوناتها بالذات ، ولسائر كمالاتها التى لها بذاتها ، وليس شيء من الأجسام الطبيعية يخال عن هذه القوة ..... »

---

(١) طبعة القاهرة سنة ١٣٣١ هـ ـ الجزء الثانى ـ الصفحتان ١٦١ ، ١٦٢ .
(٢) بمعنى سبب وعلة .

ويقول ابن سينا أيضاً عن القوة الطبيعية فى طبيعيات كتابه « الشفاء »(٤) :

« كل جسم له مكان طبيعى أو حيز تقتضى طبيعته الكون فيه ، وهو يخالف سائر الأقسام لا لجسميته بل لأن فيه مبدأ وقوة معدة نحو ذلك المكان . »

ويقول أبو البركات هبة الله بن ملكا البغدادى(٢) فى كتابه « المعتبر فى الحكمة »(٣) :

« فبهذا يعلم أن لكل جسم طبيعى حيزا طبيعيا ، فيه يكون بالطبع ، واليه يتحرك اذا أزيل عنه ، وهذا الحيز ليس هو للجسم بجسميته التى لا يخالف بها غيره من الأجسام ، بل بصفة خاصة به هى طبيعة فقوة أو صورة خاصة بذلك الجسم ، خصته بذلك الحيز وحركته اليه ، فتلك الطبيعة الخاصة فى ذلك الجسم مبدأ حركة بالطبع وسكون بالطبع ، والتحريك النقلى المكانى انما يكون عنها بعد سبب طارئ يخرج الجسم عن حيزه الطبيعى فتحركه هى اليه . »

ولقد عبر العرب أيضاً بالميل الطبيعى عن القوة التى تدفع بالجسم إلى الوصول إلى مكانه الطبيعى عندما يكون خارجا عنه . أى أن

---

(١) المقالة الرابعة ـ الفصل الثانى عشر .

(٢) توفى عام ١١٥١ م (٥٤٧ هـ) .

(٣) مخطوط مكتبة احمد الثالث رقم ٣٢٢٢ ـ المجلد الثانى ـ الفصل السادس والعشرون الورقة ١٠٢ .

الميل الطبيعي يرد بمعنى القوة التي تؤدي إلى الحركة الطبيعية للجسم حتى يستعيد موضعه الطبيعي .

إذاً فالميل الطبيعي قد عبر به عن القوة الطبيعية (قوة التثاقل أو قوة الجاذبية الأرضية) التي تؤثر على الجسم لتعيده إلى موضعه الطبيعي ، فالميل الطبيعي هنا بمعنى السعي الى الوضع الطبيعي ووسيلته قوة الجاذبية الأرضية .

يقول الشيخ الرئيس ابن سينا في كتابه «الاشارات والتنبيهات»(١):

«الجسم اذا وجد على حال غير واجبة من طباعه فحصوله عليها من الأمور الإمكانية ، ولعلل جاعلة ، ويقبل التبديل فيها من طباعه إلا لمانع ، واذا كانت هذه الحال في الموضع والوضع أمكن الانتقال عنهما بحسب اعتبار الطبع ، فكان فيه ميل . » .

من الواضح أن المقصود بالميل في هذا النص القوة الطبيعية الداعية الساعية إلى استعادة الموضع والوضع الطبيعيين للجسم ، وهي القوة التي نعرفها اليوم بقوة الجاذبية الأرضية .

ويمضي الشيخ الرئيس فيقول في طبيعيات كتابه « الشفاء »(٢):

« إن الأجسام الموجودة ذوات الميل كالثقيلة والخفيفة ، أما الثقيلة فما يميل الى أسفل ، وأما الخفيفة فما يميل الى فوق ، فانها

---

(١) النمط الثاني ـ الفصل الحادي عشر .
(٢) المقالة الرابعة ـ الفصل الرابع عشر .

كلما ازدادت ميلا كان قبولها للتحريك القسرى أبطأ، فإن نقل الحجر العظيم الشديد الثقل أوجره ليس كنقل الحجر الصغير القليل الثقل أوجره.»

فالميل هنا بمعنى قوة الجاذبية، ونحن نعلم أن الجسم كلما زاد وزنه كلما زادت قوة احتكاكه بالسطح الذى عليه يرتكز، إذ أن قوة الاحتكاك تتناسب تناسبا طرديا مباشرا مع وزن الجسم، وبالتالى فكلما زاد وزن الجسم كلما ازدادت مقاومته للتحريك، بمعنى أن القوة اللازمة للتغلب على قوة الاحتكاك تزيد بزيادة وزن الجسم. هذا هو المعنى الذى ورد فى كلام ابن سينا، وقد ضرب له مثلا تحريك الحجر شديد الثقل وقليله، شكل (٠).

ويقول ابن سينا أيضا فى معرض حديثه عن الميلين الطبيعى والقسرى فى كتابه «الاشارات والتنبيهات»(١):

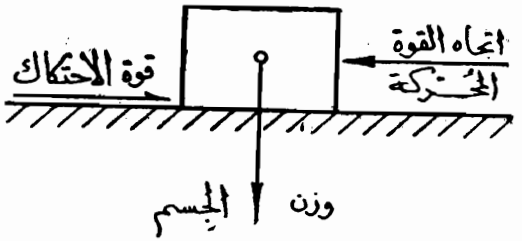
«وانما يكون الميل الطبيعى — لامحالة — نحو جهة يتوخاها الطبع، فاذا كان الجسم الطبيعى فى حيزه الطبيعى لم يكن له — وهو فيه — ميل، لأنه — لامحالة — إنما يميل بطبعه اليه لاعنه. وكلما كان الميل الطبيعى أقوى، كان أمنع لجسمه عن قبول الميل القسرى، وكانت الحركة بالميل القسرى أفتر وأبطأ.»

ويشير الإمام فخر الدين الرازى فى كتابه «المباحث المشرقية فى علم الالهيات والطبيعيات»(٢) الى الميل المسبب للحركة الطبيعية فيقول:

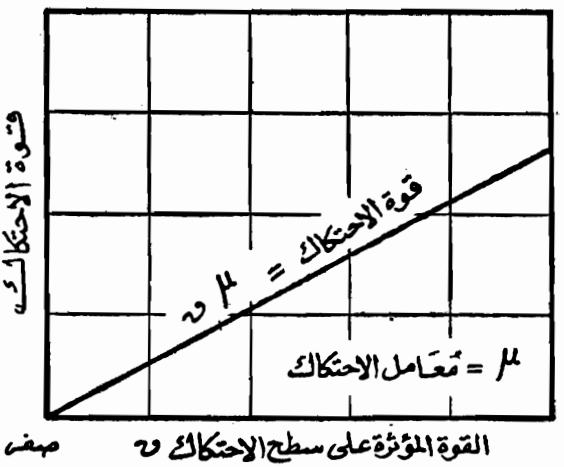
---

(١) النمط الثانى — الفصل السابع.

(٢) الكتاب الثانى — الفن الاول — الفصل السادس (طبعة حيدر آباد الدكن بالهند، صفحة ١٨٧).



شكل ٥ (أ)



شكل ٥ (ب)

شكل (٥) تناسب القوة المعاوقة للحركة (الناشئة عن الاحتكاك) مع كبر الجسم (معبرا عنه بثقله أو وزنه) .

« ..... فان الثقل قوة محركة الى أسفل ، وهى إما الطبيعة وهى صورة جوهرية ، أو الميل الذى هو السبب القريب (١) للحركة ، وهو من مقولة الكيف . ».

ويمضى الامام الرازى فى موضع آخر من كتابه يقول (٢) :

« كل ماله مكان فلابد وأن يكون له مكان طبيعى ومكان غريب ، ويكون له لامحالة ميل الى المكان الملائم، وميل عن المكان الغريب ، والميل هو الثقل والخفة. »

قوة التثاقل وعظم الجسم :

أدرك العرب أن قوة التثاقل تزيد بكبر الجسم ، فالقوة الطبيعية فى الجسم الأكبر تفوق القوة الطبيعية فى الجسم الأصغر ، وفى هذا المعنى يقول الشيخ الرئيس ابن سينا فى كتابه «الاشارات والتنبيهات»(٣) :

« القوة فى الجسم الأكبر ، اذا كانت مشابهة للقوة فى الجسم الأصغر ، حتى لو فصل من الأكبر مثل الأصغر ، تشابهت القوتان بالاطلاق ، فانها فى الجسم الأكبر أقوى وأكثر إذ فيها من القوة شبيه تلك وزيادة » .

فالقوة فى الجسم الأكبر —على حد قول ابن سينا— بمشابهتها لتلك فى الجسم الأصغر ، تكون القوة الطبيعية فيها متناسبة مع كبر الجسم ،

---

(١) يقصد السبب المباشر .
(٢) الصفحة ٢١٩ .
(٣) النمط السادس — الفصل الثانى والعشرون .

أى أنها تزيد بكبره ، وهذا صحيح تماما لأننا نعلم اليوم أن:

قوة التثاقل (أو قوة الجاذبية الأرضية) = كتلة الجسم × تسارع الجاذبية الأرضية .

ونحن نعلم اليوم أن تسارع الجاذبية الأرضية ذو مقدار ثابت فى المكان الواحد ، وبالتالى فإن قوة التثاقل تزيد بزيادة كتلة الجسم ، وهو المعنى الذى أصابه ابن سينا بتناسب القوة الطبيعية تناسباً طرديا مع كبر الجسم كما سبق أن ذكرنا فى الفصل السادس .

التساقط الحر للأجسام :

تناول العرب بالدراسة الحركة الطبيعية البحتة ، وهى حركة الأجسام الساقطة من علو ، متجهة إلى مركز الأرض ، دون دفع أو قسر ، راغبة ساعية إلى الوصول إلى موضعها الطبيعى عند المركز ، وهذه الحركة نعرفها اليوم بحركة التساقط الحر للأجسام ، وقد تعرض العلماء والفلاسفة العرب للطريق الذى تسلكه الأجسام فى تساقطها ، وإلى ازدياد سرعة التساقط وكمية الحركة كلما زادت مسافة السقوط ، كذلك قال العرب بأن سرعة التساقط — فى وسط خال من المعاوقات — لا تتأثر إطلاقا بكتلته ، وهو قول صائب تماماً ، خالف فيه العرب قول من سبقهم من علماء الإغريق . ونورد فيما يلى مقتطفات من أقوال العرب الدالة على سبقهم فى هذا المجال .

تساقط الأجسام على أقصر طريق :

عرف العرب أن الجسم إذا أخرج عن حيزه الطبيعى ، فمن طبعه العودة إليه إذا لم يمنعه مانع ، ويتحرك الجسم فى هذه الحالة تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية ، سالكا أقصر طريق يصل به

إلى موضعه الطبيعي ألا وهو الطريق المستقيم ، وبذلك يكون الشغل المبذول عند حده الأدنى ، وهو مبدأ معروف فى علم الميكانيكا اليوم .

يقول هبة الله بن ملكا البغدادى فى كتابه « المعتبر فى الحكمة »(١) :
« فكل حركة طبيعية فعلى استقامة . »

ويمضى فى موضع آخر يقول(٢) :
« . . . ثم سماء بعد سماء كل فى حيزه الطبيعى ، الا أن هذه التى تلينا تسكن فى أحيازها الطبيعية ، وتتحرك إليها — إذا أخرجها مخرج عنها — حركة مستقيمة تعيدها فى أقرب مسافة إليها على ما يرى . . . . »

ويؤكد ابن ملكا معنى استعادة الجسم لموضعه الطبيعى من أقرب طريق ، فيقول فى نفس المخطوط(٣) :

« ولا يجوز أن طبيعة واحدة تحرك الحركتين المقابلتين بالطبع ، فإن ما منه فى الحركة الطبيعية مهروب منه بالطبع ، وما إليه فيها مطلوب بالطبع ، فكيف يعود المتروك طبعاً مطلوباً بالطبع ، والمطلوب طبعاً متروكاً بالطبع ، وأيضاً فإن المتروك بالطبع والمطلوب بالطبع يحرك الطبع عن أحدهما إلى الآخر فى أقصر مسافة وهى الاستقامة . . . »

---

(١) مخطوط مكتبة أحمد الثالث رقم ٣٢٢٢ — المجلد الثانى — الفصل الخامس والعشرون ، الورقة ١٠٠ .

(٢) نفس المرجع السابق — الجزء الثانى — الفصل الثانى — الورقتان ١٢٠ ، ١٢١ .

(٣) نفس المرجع السابق — الجزء الثانى — الفصل السابع — الورقتان ١٣٥ ، ١٣٦ .

ويقول الإمام فخر الدين الرازى فى كتابه «المباحث المشرقية»(١):

« .... الطلب الطبيعى للكمال الفائت لابد وأن يكون على أقرب الطرق ، وإلا لكانت الطبيعة صارفة عن ذلك الكمال ، فتكون متوجهة إلى شىء ومنصرفة عنه ، وذلك محال ، وأقرب الطرق هو المستقيم ، فإذاً كل حركة طبيعية فهى مستقيمة ، وينعكس إنعكاس النقيض أن كل ما لا يكون مستقيما فهو غير طبيعى ... »

ويقول نصير الدين الطوسى(٢) فى شرحه للفصل الخامس عشر من النمط الثانى فى طبيعيات كتاب الشيخ الرئيس ابن سينا «الاشارات والتنبيهات» :

« يلزم أن تقتضى طبيعة الكائن ميلا مستقيما إلى مكانه الطبيعى » .

إزدياد السرعة وكمية الحركة :

يقول أبو البركات هبة الله بن ملكا البغدادى فى كتابه « المعتبر فى الحكمة » فى معرض وصفه لحركة الجسم الساقط طبيعيا (أى حرا) إلى أسفل ما نصه(٣) :

« . . ويستدل على ذلك بالحجر المرمى من عال من غير أن يكون عايدا عن صعود بحركة قسرية ، ولافيه ميل قسرى ، فانك ترى أن مبدأ الغاية كلما كان أبعد كان آخر حركته أسرع ،

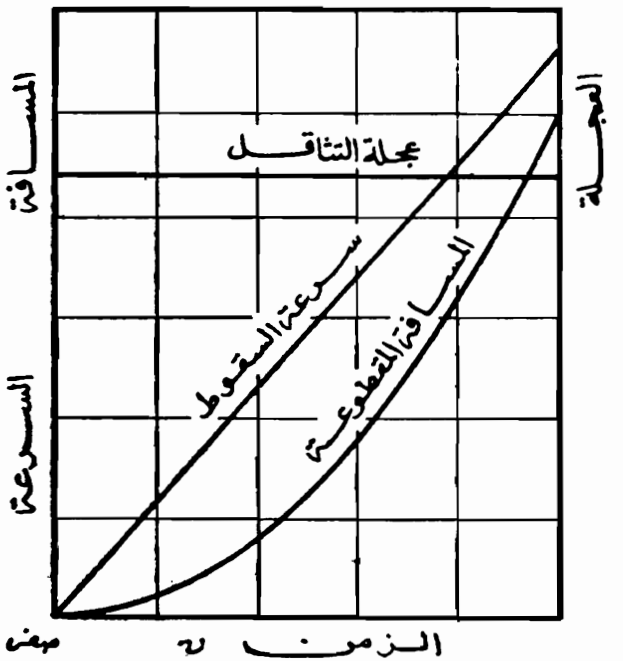
---

(١) الكتاب الثانى ـ الفن الخامس ـ الفصل التاسع والاربعون (طبعة حيدر آباد الدكن بالهند ، صفحة ٦٢٥) .

(٢) عاش فى الفترة من عام ١٢٠١ م حتى عام ١٢٧٤ م (٥٩٧ ـ ٦٧٢ هـ) .

(٣) مخطوط مكتبة أحمد الثالث رقم ٣٢٢٢ ـ المجلد الثانى ـ الفصل الرابع والعشرون ـ الورقة ٩٥ .

وقوة ميله أشد ، وبذلك يشج ويسحق ، ولا يكون ذلك له إذا ألقى عن مسافة أقصر ، بل يبين التفاوت فى ذلك بقدر طول المسافة التى يسلكها . . . »



شكل (٦) علاقة كل من المسافة والسرعة والعجلة (التسارع) مع زمن السقوط الحر للاجسام (تحت تأثير قوة الجاذبية الارضية) .

يتضح من هذا القول أن ابن ملكا قد فهم تماما أن الجسم الساقط حرا تزيد سرعته مع مسافة السقوط ، وبالتالى تزداد كمية حركته ، وقد عبر عنها ابن ملكا هنا بقوة الميل ، وهو فهم صحيح متفق تماما مع ما نعرفه اليوم عن السقوط الحر للأجسام تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية ، شكل (٦) .

ويؤكد ابن ملكا هذا المعنى فى موضع آخر من كتابه(١) حيث يقول :

« . . . لأن الحركة الطبيعية تزداد سرعة كلما أمعنت » .

ويزيد ابن ملكا الأمر شرحا ، فيقول فى موضع ثالث من كتابه(٢) :

« والميل الطبيعى مبدأ له غير مفارق ، ولا يزال يوجبه حتى يبلغ به الحيز الطبيعى ، وكلما حركت القوة فى المسافة الغريبة عن الطبع أحدثت ميلا بعد ميل ، فتتزايد بذلك قوة الميل مهما استمرت الحركة . »

يبين من هذه النصوص أن الفيلسوف العربى ابا البركات هبة الله ابن ملكا البغدادى قد وقف على حقيقة أن الأجسام التى تتحرك حركة طبيعية كتلك التى تسقط سقوطا حرا تحت تأثير ثقلها ، تزيد سرعتها كلما أمعنت فى حركتها ، بمعنى أنه كلما قطعت مسافة أطول تكون قد زادت سرعتها وكمية حركتها بحسب الزمن الذى تستغرقه فى السقوط .

عدم اعتماد سرعة سقوط الجسم على كتلته :

كان العرب أول من عرف أنه لولا مقاومة الهواء لتساقطت

---

(١) نفس المخطوط السابق ، الورقة ١١٠ .

(٢) نفس المخطوط السابق ، الورقتان ٩٥ ، ٩٦ .

الأجسام المختلفة بنفس السرعة مخالفين بذلك القول الخاطئ المأثور عن أرسطاليس بتناسب سرع تساقط الأجسام مع أثقالها ، ومن ثمّ فانه يتأكد لنا أن العرب قد وقفوا على عدم اعتماد سرعة سقوط الجسم على كتلته ، ويتضح ذلك جليا من كتابات الفيلسوف العربى أبى البركات هبة الله بن ملكا البغدادى فى كتابه «المعتبر فى الحكمة»(١) حيث يقول :

« وأيضا لو تحركت الأجسام فى الخلاء لتساوت حركة الثقيل والخفيف ، والكبير والصغير ، والمخروط المتحرك على رأسه الحاد ، والمخروط المتحرك على قاعدته الواسعة ، فى السرعة والبطء ، لأنها إنما تختلف فى الملاء بهذه الأشياء بسهولة خرقها لما تخرقه من المقاوم المخروق كالماء والهواء وغيره . . . » .

ويمضى ابن ملكا فى موضع آخر من كتابه يقول (٢) :

« وقولهم إن الأجسام لو تحركت فى الخلاء لتساوت حركة الصغير والكبير منها ، والمخروط على رأسه وقاعدته يسلم لهم هذا فى الخلاء الخالى حتى لا يطول الكلام ، وأما الخلاء الذى فيه ما فيه مبثوثا يصادف المتحرك ويصادمه مصادمة بعد مصادمة فلا يازم منه هذا . »

---

(١) مخطوط مكتبة أحمد الثالث رقم ٣٢٢٢ ـ المجلد الثانى ـ الفصل الرابع عشر ـ الورقة ٤٩ .

(٢) نفس المرجع السابق ـ الفصل الخامس عشر ـ الورقة ٦٠ .

بذلك يكون الفيلسوف العربى أبو البركات هبة الله بن ملكا البغدادى قد حقق سبقاً — فى مجال التساقط الحر للأجسام — على العالم الإيطالى الشهير جاليليو جاليلى الذى ينسب اليه اكتشاف قوانين تساقط الأجسام تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية ، وذلك بحوالى خمسة قرون من الزمان .

خلاصة

عرف العرب أن الجسم — حركته الطبيعية تحت تأثير الجاذبية الأرضية — يمضى على أقصر طريق وهو الخط الشاقولى المستقيم ، بحيث يكون الشغل المبذول لاستعادة الموضع الطبيعى عندحده الأدنى . كذلك وجد العرب أن سرعة التساقط الحر للجسم تزيد كلما أمعن فى سقوطه ، وقالوا بزيادة كمية حركته وبالتالى درجة تأثيره إن هو اصطدم بجسم يعترض طريقه .

وللعرب فضل السبق فى الوقوف على حقيقة أن سرعة الجسم الساقط حرا — تحت تأثير الجاذبية الأرضية — لا تتوقف اطلاقا على كتلته ، وذلك عند خلو الحركة من المعاوقات الخارجية كمقاومة الهواء ، وبذلك خالف العرب القول المأثور عن الاغريق بازدياد سرعة الجسم الساقط كلما زاد وزنه ، وهو قول خاطئ كما نعرف اليوم فى علم الميكانيكا .

هذا وتدل أقوال العلماء والفلاسفة العرب على دقة المشاهدة والتعبير ، كذا سلامة التحليل والاستقراء .