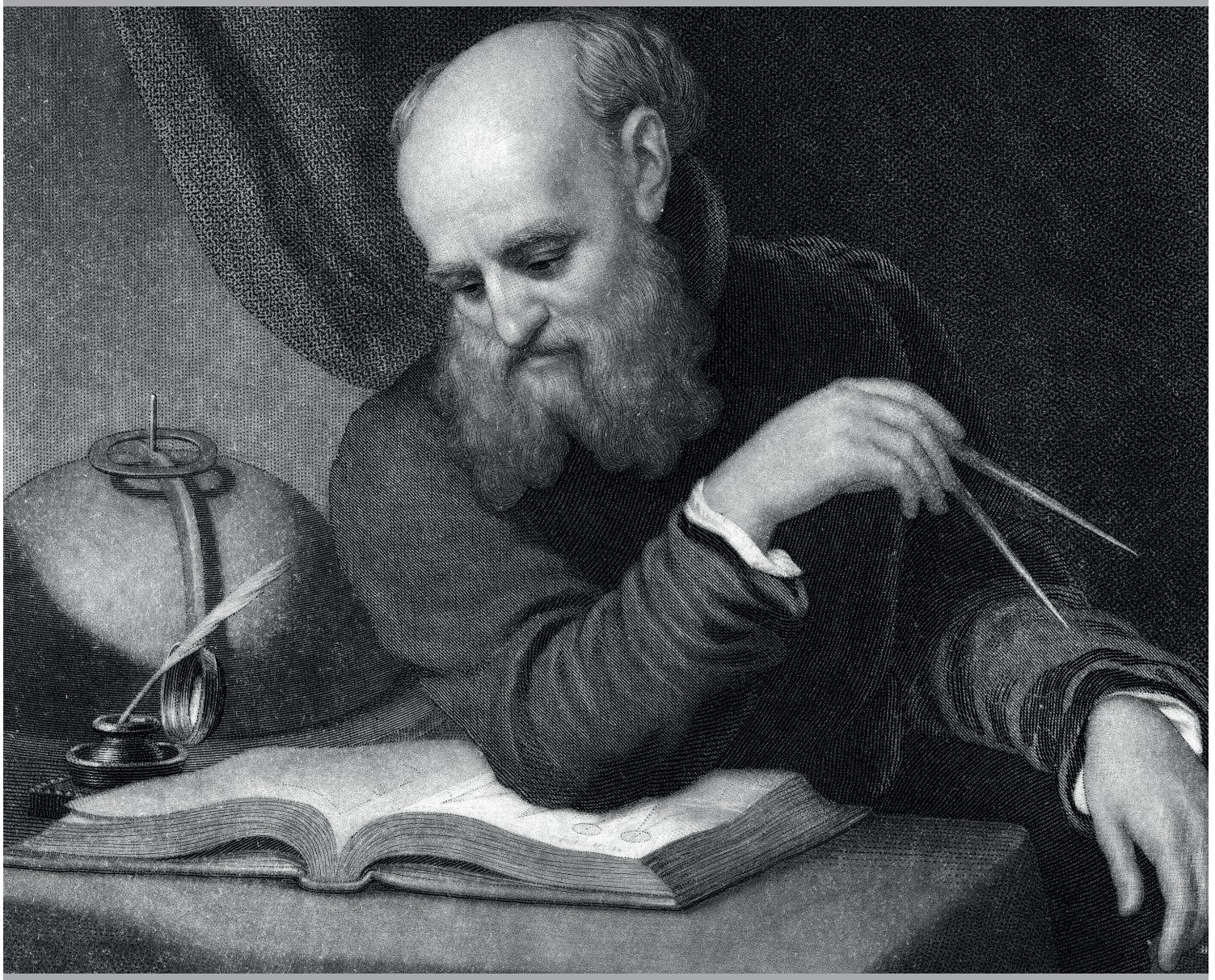
ترجمات | قسم الفلسفة والعلوم الإنسانية | 15 مارس 2017

أرسطو، يحيى النحوي، ابن باجة ودينامكا جاليلي «البيزية»



إدوارد كرانت

ترجمة: سعيد البوسكلاوي

مؤمنون بلا حدود
Mominoun Without Borders
للدراسات والأبحاث www.mominoun.com

جميع الحقوق محفوظة © 2017

All rights reserved © 2017

أرسطو، يحيى النحوي، ابن باجة وديناميكا جاليلي «البيزية»[1]

تأليف: **إدوارد كرانت**[2]

ترجمة وتقديم: **سعيد البوسكلاوي**[3]

1 Edward Grant, ‘Aritotle, Philoponus, Avempace, and Galileo’s Pisan Dynamics’, *Centaurus* 1965, vol. 11, n°. 2, pp. 79-95.

ويمكن ترجمة عبارة ’Pisan dynamics‘ أيضًا بالديناميكا البيزيّة، أو ديناميكا مرحلة بيزا، أي مرحلة جاليلي الشاب، نسبة إلى مدينة بيزا، مسقط رأسه. ولابدّ من الإشارة إلى أنّ النصّ المترجم الذي نقدّمه هنا هو نسخة منقّحة ومصوبّة من نسخة سابقة نشرت في **مجلّة كليّة الآداب والعلوم الإنسانيّة بوجدة**، العدد 2، 2011، صص 204-185، تخلّلتها أخطاء مطبعيّة كثيرة؛ لعلّ أهمّها سقوط (أو إسقاط) هوامشها جملة، وكذا سقوط صفحة كاملة وإساءة ترتيب صفحات أخرى؛ وهو أمر جعل إفادة القارئ منها عسيرة. (المترجم)

2 باحث أميريكيّ، زاول التدريس والبحث في جامعة مين بأورونو، ثمّ في جامعة هارفرد قبل أن يلتحق عام 1969 بجامعة إنديانا عام 1969، بلومنكتن بشعبة تاريخ وفلسفة العلوم؛ أصدر عدّة أبحاث علمية قيّمة نذكر من أهمّها: **علم الفيزياء في العصر الوسيط** (1971)، (ترجم إلى تسع لغات: الألمانيّة، اليابانيّة، الإيطاليّة، الإسبانيّة، التركيّة، الكوريّة، اليونانيّة، الفرنسيّة والصينيّة)؛ **نظريات المكان والخلاء من العصر الوسيط إلى الثورة العلمية** (1981)؛ **دراسات في العلم الوسيطيّ والفلسفة الطبيعيّة** (1981)؛ **كواكب، نجوم، أفلاك، الكون (كوسموس) الوسيطيّ 1687-1200** (1994)؛ **أصول العلم الحديث في العصور الوسطى** (1996)، (ترجم إلى الإيطاليّة والبرتغاليّة والبولونيّة والصينيّة)؛ **الله والعقل في العصور الوسطى** (2001)؛ **العلم والدين من أرسطو إلى كوبرنيك**؛ بالإضافة إلى تحقيق عدد من النصوص وترجمتها، وغير ذلك من الأعمال. (المترجم)

3 جامعة زايد، أبو ظبي/جامعة محمّد الأوّل، وجدة.

الملخّص:

يناقش إدوارد گرانت Edward Grant، في هذه الدراسة المفيدة، بعض النتائج التي انتهى إليها إرنست مودي في بحثه المشهور عن "جاليلي وابن باجة، ديناميكا تجربة البرج المائل"، وخاصّة ما أثبته، اعتمادًا على معطيات تاريخيّة ونظريّة قويّة، من أنّ أصول نظرية جاليلي في الحركة، كما صاغها في حواره "البيزي"، ترجع إلى ابن باجة في القرن الثاني عشر، وقبله إلى يحيى النحوي في القرن السادس الميلادي. لا ينكر إدوراد گرانت تأثر جاليلي بيحيى النحوي وابن باجة، إلا أنّه يدافع عن تميّز نظرية جاليلي، كما نظرية بينيديتي قبله، وتميزّها في عدّة نواح عن التراث الفيلوبونيّ- الباجيّ. فإذا كان قانون السقوط، لدى جاليلي، يلتقي مع أفكار يحيى النحوي وابن باجة في التصوّر الفيزيائيّ العامّ، أي في كون السّرعة تحدّد من خلال الفارق، لا النسبة، بين ثقل الجسم ومقاومة الوسط، ومن ثمّ، فإنّ الأجسام تسقط في غياب الوسط المعيق بسرعة متناهية طبيعيّة متناسبة مع أثقالها؛ فإنّه يتميّز عنها في "الطريقة الدقيقة التي يقاس بها الفارق بين ثقل الجسم الساقط ومقاومة الوسط في سرعة محدّدة". وعلى مدار فقرات هذا العمل النقديّ، يستدلّ گرانت على أنّ ما أضفى جدّة حقيقيّة على نظرية جاليلي، في سقوط الأجسام، هو كونها انبنت على مفهوم جديد، هو مفهوم الثقل النوعيّ، في قياس السرعة؛ وهو مفهوم يغيب لدى القدماء تمامًا.

تقديم

في سنة 1951 نشر إرنست مودي بمجلة **تاريخ الأفكار** (*Journal of the History of Ideas*) بحثًا مهمًّا، في جزءين، يحمل عنوان: "جاليلي وابن باجة، ديناميكا تجربة البرج المائل"[1]. والمقال الذي نترجمه هاهنا لا يقلّ أهمّية عنه، فهو استدراك على البحث الآنف واستئناف للنقاش حول القضايا التي أثارها والنتائج التي توصّل إليها. لقد رام إدوارد گرانت، صاحب هذا المقال، إعادة النّظر والتدقيق في بعض ملاحظات مودي القيّمة حول أصول نظرية جاليلي في الحركة كما صاغها في حواره "البيزي"؛ وهي أصول لا تتوقّف عند بينيديتي في القرن السادس عشر، وإنّما ترجع إلى ابن باجة في القرن الثاني عشر، بل أكثر من ذلك، تعود بنا إلى يحيى النحوي (فيلوبونوس) في القرن السادس، كما كشف عن ذلك إرنست مودي بأدلّة نظرية وتاريخيّة.

لقد سعى مودي في بحثه إلى الإجابة على ثلاثة أسئلة دقيقة وهي: «أوّلاً، ماهي "قوانين الحركة" التي دافع عنها جاليلي في بيزا؟ ثانيًا، هل كانت هذه القوانين نفسها معروفة في العصور الوسطى؟ إذا كان الجواب بنعم، فمن كان يدافع عنها؟ ثالثًا، إذا كانت هذه الديناميكا معروفة لدى فلاسفة وسيطيّين ودافعوا عنها، فهل أخذ جاليلي ديناميكاه "البيزية" من كتاباتهم؟»[2].

في خضمّ جوابه على هذه الأسئلة وقف على عناصر (وقوّة) التّأثير الذي كان لديناميكا ابن باجة في العصر الوسيط المسيحي. وأبرز كيف أنّ أصول ديناميكا جاليلي البيزية ليست إسكندرانية أفلاطونية وحسب (كما خلص إلى ذلك كاسيرر وكوييري، ومودي يؤكّد كونها أصولاً تاريخيةً أيضًا وليست نظرية خالصة)، وإنّما هي أيضًا وسيطيّة سكولائيّة؛ وفي هذا تلعب نظرية ابن باجة في الحركة - التي لا تخفى، أيضًا، أصولها الأفلاطونية الإسكندرانية- دور المنبع الذي حاول مودي تتبّع قنواته في العصر الوسيط إلى حين مصبّه في حوار جاليلي "البيزي".

في هذا المقال يعقّب إدوارد غرانت، كما سبق القول، على مقال مودي الذي يشيد بتفوّقه في وصف ديناميكا جاليلي وتحليلها في مرحلة بيزا، بشكل دقيق، مركّزًا على مفهوم الثقل النوعيّ (أو الجاذبيّة النوعيّة) بوصفه المحدّد الجوهريّ لسرعة سقوط الجسم، وباعتباره أحد المفاهيم الأساسيّة والمميّزة للديناميكا "البيزيّة" عند جاليلي. وإذا كان مودي يميل إلى تأكيد السبق التاريخيّ ليحيى النحوي وابن باجة في صياغة قانون سقوط الأجسام كما نجده عند جاليلي في مرحلة بيزا (س(سرعة)=ق(قوّة)–و(وسط))، فإنّ گرانت

1 Ernest Moody, 'Gallileo and Avempace: The Dynamics of the Leaning Tower Experiment,' *Journal of the Hi - tory of Ideas*, Vol. 12, 2, 1951, pp. 163-193, pp. 375-422.

2 Ibid., p. 166.

يدافع في هذا العمل عن أطروحة جدّ نظرية جاليلي، مثل نظرية بينيديتي قبله، وتميزّها في عدّة نواح عن التراث الفيلوبونيّ- الباجيّ، وإن كان لا ينكر، بأيّ حال، تأثّر جاليلي به. إذا كان قانون السقوط لدى جاليلي يلتقي مع أفكار يحيى النحوي وابن باجة في المفهوم العامّ، أي في كون السّرعة تحدّد من خلال الفارق، لا النسبة، بين ثقل الجسم ومقاومة الوسط، ومن ثمّ فإنّ الأجسام تسقط في غياب الوسط المعيق بسرعة متناهية طبيعيّة متناسبة مع أثقالها؛ إلا أنّه يتميّز عنها في "الطريقة الدقيقة التي يقاس بها الفارق بين ثقل الجسم الساقط ومقاومة الوسط في سرعة محدّدة". إنّ الأمر الفاصل بين جاليلي من جهة، وبين يحيى النحوي وابن باجة من جهة ثانية، وما يضفي جدّة حقيقيّة على نظريته في سقوط الأجسام هو حضور مفهوم جديد عنده هو مفهوم الثقل النوعيّ بوصفه وسيلة لقياس السرعة في حين يغيب تمامًا لدى القدماء. كيف ذلك؟ أترك القارئ أن يتتبّع، عبر فقرات هذا المقال، اجتهادات الباحث وهو يكشف عن عناصر أطروحته ويدافع عنها.

النصّ

في بحثه الجيّد، "جاليلي وابن باجة، ديناميكا تجربة البرج المائل"[3]، يصف إرنست مودي[4] ويحلّل، بدقّة كبيرة، ديناميكا جاليلي في مرحلة بيزا[5]. ثمّة مفهومان أساسيان يهيمنان على تلك الديناميكا، يمكن أن نلخّصهما بإيجاز فيما يلي:

1- مفهوم الجاذبية النوعيّة specific gravity الذي يحدّد سرعة سقوط الجسم المنتظمة. وهكذا تكون سرعة سقوط الجسم مساوية لـ: (س=ق-و)[6] بحيث "تمثّل "س" السرعة أو سرعة الحركة، "ق" القوّة المحرّكة التي تقاس من خلال الجاذبيّة النوعيّة للجسم المتحرّك، و"و" مقاومة الوسط الذي تقاس قوّته المقاومة من خلال جاذبيّته النوعيّة"[7].

3 نُشر، في جزءين، في مجلة:

Journal of the History of Ideas,Vol. 12 (1951), 163-193, 375-422.

4 Moody Ernest(1903-1975) باحث متميّز في المنطق والفلسفة والعلوم؛ اشتهر خصوصًا بدراساته الدقيقة في الفلسفة الوسيطيّة وخاصّة في المنطق والفيزياء. زاول التدريس والبحث بجامعات كاليفورنيا، ولوس أنجلس وكولومبيا. نذكر من أعماله: **دراسات في الفلسفة، والعلم والمنطق في العصر الوسيط**، وهو كتاب يتضمّن مجموعة من الأبحاث التي كتبها في فترات مختلفة؛ نذكر له أيضًا كتابين في المنطق: **منطق وليام أوكهام** ثمّ **الحقيقة والنتيجة في المنطق الوسيطيّ**، وأعمالًا أخرى كثيرة. (المترجم)

5 هي مرحلة الشباب، حيث كان جاليلي، وعمره لا يتجاوز 25 سنة، أستاذًا للرياضيات بجامعة بيزا، قبل أن يغادرها الى جامعة بادو سنة 1592. وهو من مواليد مدينة بيزا (سنة 1564) المشهورة ببرجها المائل حيث أجرى تجربته (سنة 1589، إن كان قد أجراها فعلا!) وجاأأأأتممهاااالتي أفضت به الى صياغة قانون سقوط الأجسام في صورته الأولى. (المترجم)

6 V=P-M بحيث تمثّل V السرعة، P القوّة، M الوسط. (المترجم)

7 'Galileo and Avempace,' p. 173.

2- مفهوم الاستهلاك الذاتيّ a self-expending، أو الفساد الذاتيّ a self-corrupting، الذي يمثّل القوّة القاسرة (virtus impressa) التي استعملت في التّفسير العلّي للحركة القسريّة والتّسارع الطبيعيّ نحو الأسفل[8].

أقترح، في هذا المقال الموجز، فحص المفهوم الأوّل فقط الذي يتّصل بقانون جاليلي المبكّر في السقوط والذي يتضمّن مفهوم الجاذبية النوعيّة، أو بعبارة أدقّ، مفهوم الثّقل النوعيّ. وهذا التعبير الأخير "لم يكن يُختصر إلى مقارنة كثافات المادّة والماء، كما هو الحال اليوم في عبارة الجاذبية النوعيّة"؛ مع أنّه كان غالبًا ما يؤخذ مرادفًا للكثافة في القرن الرابع عشر، إذ كان السكولائيّون يحدّدون الكثافة "بأنّها كمّية المادّة في علاقتها بحجم معيّن، بينما كان يفهم من الثقل النوعيّ معنى الثّقل في علاقته بحجم معين"[9]. بما أنّ موضوعنا الرئيس هو "الثّقل في علاقته بحجم معيّن"، فإنّنا سوف نستعمل عبارة "الثقل النوعيّ"، وإن كانت عبارة "الجاذبية النوعيّة" قد تطفو، بين الفينة والأخرى، وخاصّة أثناء الإحالة على أرخميدس أو ضمن الاستشهادات.

خلال فحصه لما سبق، تاريخيًا، قانون جاليلي البيزيّ للسّرعات الذي وصفناه في (1) أعلاه، وقف مودي على إمكانية أن يكون جاليلي قد استعار قانون: (س=ق-و) من جيوفاني باتيستا بينيديتي[10] الذي صاغ، بشكل صريح وفي وقت مبكّر إلى حدّ ما، قانونًا مفاده أنّ سرعة سقوط جسم ما تتناسب مع الفارق بين ثقله النوعيّ والثّقل النّوعيّ للوسط الذي يسقط فيه. وإن كنت أسلّم بأنّ جاليلي ليس أوّل من توصّل إلى هذه الصياغة الخاصّة لقانون السّقوط، إلا أنّني، ومن أجل الموازنة، سأقتصر على جاليلي؛ لأنّه، كما لاحظ ذلك مودي بحقّ، "حتّى لو أنّ جاليلي أخذ عن بينيديتي، فإنّ المشكل كلّه سوف يعود حينما نلتمس أصل ديناميكا بينيديتي"[11].

---

8 Ibid., pp. 390-396.

9 M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Madison,Wisc., 1959), pp. 94-95.

10 Giovani Battista Benedetti (1530-1590م) فيلسوف إيطاليّ، رياضيّ وفيزيائيّ وله أيضًا مساهمات مهمّة في علم البصريات وعلم الموسيقى. وقد أثّر كثيرًا في جاليلي؛ إذ اشتغل على موضوع سقوط الأجسام الحرّ، وقدّم نظرية قريبة جدًا ممّا نشره جاليلي حول هذا الموضوع في كتابه *De Motu* سنة 1590. نذكر من مؤلفاته: 1553 *De resolutione*). (المترجم)

11 "Galileo and Avempace", p. 413.

ومن أجل مناقشة بعض أهمّ الخصائص المميّزة لقانون بينيديتي، انظر:

I. E. Drabkin, '**T**wo versions of G. B. Benedetti's *Demonstratio Propotionum Motuum Localium'*, *Isis*, vol. 54 (1963), pp. 259-62.

نجد ملخّصًا لقانون بينيديتي ولنظريته في القوّة الحيوية الدافعة Impetus في كتاب:

A. Koyri, *Etudes Galilieennes* (Paris, 1939), fasc. 1, pp. 45-54.

ثمّة مقارنة سريعة بين قانوني السقوط لدى بينيديتي وجاليلي قام بها:

Drabkin, 'G. B. Benedetti and Galileo's *De Motu'*. *Actes du dixieme congrès international d'histoire des sciences* (Paris, 1964), vol. 1, pp. 627-630.

في بحثه عن أقدم مصدر وأقصاه، يبيّن مودي أنّ ابن باجة (ت. 1138م)، (وهو عربيّ إسبانيّ انتقلت آراؤه إلى الغرب اللاتينيّ عبر شرح ابن رشد[12](ت. 1198م) على نصّ 71 من الكتاب الرابع من **فيزياء أرسطو**[13])، كان قد أعلن عن قانون جاليلي قبل قرون. ويحتمل أن يكون ابن باجة[14] بدوره تابعًا في أفكاره، بشكل غير مباشر، ليوحنّا النحوي[15]، وهو يونانيّ أفلاطونيّ محدث وشارح لأرسطو عاش في القرن السادس[16]. يبدو أنّ قانون جاليلي، في آخر المطاف، ليس مأخوذًا عن ابن باجة ويحيى النحوي وحسب، بل هو متطابق مع القانون كما صاغه سابقوه بالفعل. وهكذا، بعد أن اقتبس مودي من ابن رشد[17] المقطع الوحيد والحاسم الذي يتضمّن نظرية ابن باجة، يعلّق قائلاً: «ليس الوسط أساسيًا لحركة طبيعيّة في سرعتها النهائيّة، كما يعتقد أرسطو، لأنّ السّرعة تحدّد من خلال الفارق بين كثافتي الجسم والوسط، لا من خلال النسبة the ratio. فعند ابن باجة، كما عند جاليلي في حواره البيزيّ: (س=ق-و)، إذن: عندما تكون (و=0)[18]، فإنّ

12 يقول مودي: «من أجل معرفة ما إذا كان لديناميكا جاليلي البيزيّة أصول وسيطيّة، يكفي فحص الأدب الشاسع من الشروحات على كتاب **الفيزياء** لأرسطو، والنظر في النقاشات التي أثيرت حول نصّ 71 من المقالة الرابعة. إنّ نقطة انطلاق الشروحات السكولائيّة حول كتاب **الفيزياء** وأساسها، منذ زمن ألبيرتوس ماكنوسAlbertus Magnus إلى زمن جاليلي نفسه، كان هو الشرح الكبير لابن رشد». ثمّ يضيف: «إذا عدنا إلى شرحه على نصّ 71 من المقالة الرابعة، ومباشرة بعد أن أورد النصّ حرفيًا، نجد استطرادًا مطوّلاً خصّه للنظر في النقد الذي وجّهه عربيّ سابق على ابن رشد، يحمل اسم ابن باجة، لدليل أرسطو وللمسلّمات التي انبنى عليها»؛ E. Moody, op. cit., p. 184. (المترجم)

13 يزوّدنا مودي بترجمة كاملة للنصّ اللاتينيّ في صفحات 186-184 من بحثه عن "جاليلي وابن باجة". للحصول على معلومات بيوغرافيّة عن ابن باجة، انظر صفحتي 188-187. أمّا نصّ ابن رشد الذي نقل عنه مودي فهو:

Opera Aristotelis…cum Averois commentariis (*venetiis*,1960),Vol. IV, fol. 131verso.

ثمّة نشرة لاحقة لهذا المؤلف سنة 1562 أعيد طبعها من طرفMinerva, Frankfurt am Main يظهر فيها مقطع ابن باجة على ورقة(160r, c. 1-160v, c. 1).

14 لا يبدو أنّ ابن باجة، ولا ابن رشد، قد تعرّفا مباشرة على بعض كتب يحيى النحوي التي لم يثبت أنّها كانت متداولة في شبه جزيرة الأندلس. ومن المرجّح أنّهما تعرّفا على أفكاره (خاصّة 'شكوكه' على أرسطو) من خلال ردود الفارابي عليه، وخاصّة رسالته الموسومة بـ**الموجودات المتغيّرة** التي يحيل عليها كلّ من ابن باجة وابن رشد، كما لا نستبعد اطّلاعهما على رسالته التي خصّها للردّ على يحيى النحوي والتي يفصح عنوانها عن مضمونها: نشرها محسن مهدي بعنوان "الردّ على يحيى النحوي" ضمن: Medieaval and Middle Eastern Studies (In honor of Aziz Suryal Atiya), edited by SamiA Hanna, Leiden,Brill,1972, pp. 271-284. ونشرها بدوي تحت عنوان: **الردّ على يحيى النحوي في الردّ على أرسطوطاليس**، ضمن: **رسائل فلسفية للكندي والفارابي وابن باجة وابن عدّي**، دار الأندلس، ط. 2، 1980، ص. 115-108. (المترجم)

15 يوحنّا فِلوبونُس، المعروف باسم يحيى النحوي، فيلسوف إسكندرانيّ عاش في القرن السادس، شارح جيّد لأرسطو؛ لكنّه اشتهر أكثر بانتقاداته العلميّة الشديدة لبرقلس ولأرسطو. وإن كان همّه الانتصار للإيمان المسيحيّ في مواجهة الفكر الوثنيّ، إلا أنّ أصالته الفلسفيّة والعلميّة جعلت منه مفكرًا مبدعًا؛ بحيث كان سبّاقًا الى إثارة كثير من القضايا الفيزيائيّة عير المعهودة في المنظومة التقليديّة والتي سيكون بعضها نقطة انطلاق الثورة العلميّة الحديثة. (المترجم)

16 "جاليلي وابن باجة"، ص 192 (بالإنجليزيّة).

17 كان مودي يعتقد أنّ شروحات ابن باجة على **السماع الطبيعي** مفقودة. لذا فهو لم يعتمد على نصّ ابن باجة الأصليّ ولا على نصوصه الكثيرة التي تناول فيها فيزياء أرسطو بالشرح والتعليق. (المترجم)

18 M=0 (المترجم)

(س=ق)[19]»[20]. سوف يقال لنا، فيما بعد، إنّ "نظرية ابن باجة تضيف إلى قانون أرخميدس في التوازن قانون السّرعات كما تحدّده الجاذبيات النوعيّة"[21]. ويحيى النحوي، قبل ابن باجة بكثير، "رفض المسلّمة القائلة بأنّ الحركة تتوقّف أساسًا على العلاقة القائمة بين الجسم المتحرّك والوسط المادّي، أو بأنّ سرعة تلك الحركة تحدّدها نسبة كثافتي الجسم والوسط. وهو يستعيض، مثل ابن باجة، عن قانون أرسطو في التّناسب الذي تمثّله صيغة: (س=ق/و)[22] بقانون الفارق الحسابيّ الذي تمثّله صيغة: (س=ق-و)"[23]. نبرهن هنا على أنّ جاليلي على الرغم من تأثّره، بدون شكّ تقريبًا، بالتّراث الفيلوبونيّ-الباجي[24]، إلا أنّ نظريته، كنظرية بينيديتي قبله، تبقى متميّزة، مع ذلك، في ضروب كثيرة. ومن أجل تبيان هذا الأمر، ثمّة طابعان إثنان لقانون السقوط لدى جاليلي ينبغي الكشف عنهما: أوّلاً، هناك المفهوم العامّ الذي مفاده أنّ السرعة تحدّد من خلال الفارق -لا النسبة- بين ثقل الجسم ومقاومة الوسط الذي يسقط فيه. إنّ مقاومة الوسط هي من الأشياء التي تطرح مادامت تشتغل بوصفها معيقًا للحركة فقط. لذلك، فإنّ الأجسام التي تسقط في الفراغ بشكل حرّ تظلّ دائمًا تسقط بسرعة متناهية، "طبيعيّة"، تتناسب مع أثقالها، مادام ليس ثمّة وسط يعيق سقوطها. أمّا الطابع الثاني، فيكشف عن الطريقة الدقيقة التي يقاس بها الفارق بين ثقل الجسم الساقط ومقاومة الوسط في سرعة محدّدة. وهذه تقاس، عند جاليلي، بواسطة الفارق في الثقل النوعيّ بين سقوط الجسم ومقاومة الوسط. إنّ الطابع الثاني لنظرية جاليلي هو الذي يشدّ انتباهنا، لأنّه على الرغم من كون نظرية جاليلي تلتقي مع آراء ابن باجة ويحيى النحوي في الطابع الأوّل، إلا أنّها تختلف معها جذريّاً في الثاني، مادام لا أحد من سابقيه استعمل مفهوم الثقل النوعيّ وسيلة للتوصّل إلى معرفة سرعات سقوط الأجسام. فإدخال مفهوم الثقل النوعيّ كان إضافةً دالّة وتوضيحًا لـ""نظرية الفارق"" في شكلها الأوّل الغامض والفضفاض.

الآن، على الرغم من إقرار يحيى النحوي وابن باجة بقانون السقوط المعبّر عنه بـ: س=ق-و، وإقرار أرسطو بالقانون الذي يمثّل له عادة بـ: س=ق/و (لنتكلّم بدقّة، فهذه ليست فكرة مضبوطة تمامًا حول

---

19 V=P (المترجم)

20 نفسه، ص 186. تحضر ديناميكا جاليلي البيزيّة، في جزء كبير منها، في حوار ومقال يتضمّنان، في جوهرهما، الأفكار نفسها. غير أنّنا لا نعرف زمن تأليفها بالترتيب. هاتان النسختان، اللّتان لم ينشرهما أبدًا جاليلي، تحملان عنوان **في الحركة** *De Motu* ضمن:

Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionali, Vol.1 (Florence, 1890).

عوّل مودي، على سبيل القصر، على الحوار ("جاليلي وابن باجة"، م. م.، ص 167، هامش7). وقد تُرجم المقال كاملاً إلى الإنجليزيّة ضمن:

Galileo Galilei on motion and On Mechanics comprising De Motu (ca.1590)

ترجمه، مع تقديم وتهميش، درابكين Drabkin I. E. وضمن: Le mecaniche(ca.1600) ترجمه، مع تقديم وتهميش، ستيلمان درايك Stillman Drake/ (Madison,Wisc., 1960).

21 "جاليلي وابن باجة"، ص 417

22 V=P /M (المترجم)

23 "جاليلي وابن باجة"، ص 192

24 في مذكرة (انظر ص 50، هامش 24 من ترجمة درابكين Drabkin لكتاب *De Motu*) يذكر جاليلي كليهما بوصفهما معًا مقترحين للحركة المتناهية في الفراغ.

ملاحظات أرسطو المتناثرة، بالنظر إلى أنّ الحركة الطبيعيّة عنده ليست تُسرَّع[25] وحسب بواسطة الهواء، بل إنّ الهواء قد يعينها[26]، كما قد يعيقها، أيضًا؛ ومع ذلك، فإنّ الإحتفاظ هنا بهذه الفكرة إنّما مردّه إلى أنّ اهتمامنا ينصبّ على العلاقة بين أثقال الأجسام أثناء سقوطها وبين كثافات الأوساط التي تسقط فيه، ومردّه أيضًا إلى أنّها كانت، في القرون الوسطى، واحدة من أهمّ التفسيرات المتداولة لقياسات الحركة لدى أرسطو)، يلحّ مودي على أنّ جميع هؤلاء الثلاثة عالجوا، على حدّ سواء، سقوط الجسم ومقاومة الوسط بلغة الكثافات أو الأثقال النوعيّة[27]. وفي الواقع، وكما نأمل أن نبيّن ذلك، على الرغم من أنّ هؤلاء الثلاثة وازنوا، وكثيرًا ما تكلّموا عن كثافات الأوساط، إلا أنّ الأجسام في سقوطها أو صعودها في تلك الأوساط كانت تُتصوّر بمفاهيم الثقل أو الخفّة المطلقين لا بمفاهيم الكثافة أو الثّقل النوعي. لهذا السبب كانت القوانين التي وضعوها في السقوط تتّسم بالغموض والالتباس المفهوميّ؛ ذلك لأنّهم كانوا يحاولون استنباط علاقات بين كثافات الأوساط المتضمّنة لكمّية المادّة والحجم والثقل الإجماليّ للأجسام، حيث الحجم ليس عاملاً. وهنا تطرح نظرية أرسطو في الثقل والخفّة المطلقين صعوبات كبيرة؛ لأنّه قبل أن يُهجَر هذا المفهوم المزعج، لم يكن من الممكن استعمال مفهوم الكثافة النسبيّ -أو الثقل والخفّة النّسبيين- في الصياغة أو التعبير عن السّرعة اعتمادًا على مفهوم الفارق بين الأثقال النوعيّة لسقوط الجسم والوسط الذي يسقط فيه. ومن دون هذا، فإنّ النتيجة الرئيسة والعظيمة لديناميكا جاليلي في مرحلة بيزا -التي مفادها أنّ الأجسام ذات مقدار غير متكافئ لكن ذات ثقل مادّي أو نوعيّ مشترك، تسقط بسرعات متساوية في وسط متّسق أو في فراغ[28]- لم تكن على الأرجح لتصاغ (إلى أن جاء توماس برادواردين[29] الذي أعلن، في القرن الرابع عشر، عن اقتراح مماثل لأجسام مركّبة ومتجانسة -لكن ليس على نحو أوّلي خالص- تسقط في فراغ، واستعمل مفهومًا قريبًا يتضمّن

25 انظر، على سبيل المثال، كتاب **في السماء**، *De caelo* 1. 8. 277a/27-33. **وكتاب الفيزياء**، *Physics* V. 6. 230b. 24-25

26 **كتاب السماء**، *De caelo III*. 2. 301b. 30.

27 سبق أن أوردت أعلاه الاستشهادات ذات الصّلة بيحيى النحوي وابن باجة. بالنسبة إلى أرسطو، انظر "جاليلي وابن باجة"، ص 172. وعلى الرغم أنّ مودي يصرّح بأنّ أرسطو يميّز بين الأجسام المتحرّكة بواسطة 'الثقل' أو 'الطبيعة'، فإنّه يظلّ مدافعًا عن كون العلاقة بين الأجسام الساقطة والأوساط كانت تتصوّر بمفهوم الكثافات أو الأثقال النوعيّة.

28 انظر ص 30 وصفحتي 49-48 من ترجمة درابكين Drabkin لكتاب **في الحركة** *De Motu* لجاليلي، على الرغم من أنّ هذه النتيجة طُوّرت فيما بعد في **المحاضرات** *The Discourses* حيث أدخل مفهوم السرعة النهائيّة، فإنّ جاليلي يبقي على القانون الذي مفاده أنّ سرعة جسم ما تحدّد بواسطة الفارق بين ثقله النوعيّ وثقل الوسط، انظر: *Discorsie Dimonstrazioni matematiche intorno a due Nuove scienze* **ضمن:**

Le Opere di Galileo Galilei (Florence,1898),Vol. 8, pp. 117-121.

أمّا الترجمة الإنجليزيّة، فينظر:

Two New Sciences by Galileo Galilei, translated by Henri Crewand Alfonso de salvio (New york, 1914), pp. 72-76.

29 (Thomas Bradwardine (1290-1349 رياضي تأثّر كثيرًا بهندسة أوقليدس وأرخميدس. نذكر من مؤلّفاته: **الهندسة النظرية** - *Geome rica speculativa*؛ و**رسالة التناسب** (1328) *Tractatus de proportionibus*، وفيها سعى الى تحديد العلاقات التناسبيّة بين القوّة والمقاومة. (المترجم)

عوامل دقيقة مقابل أخرى شاملة، وهي عوامل تماثل التمييز بين الثقل النوعيّ وبين الثقل الإجماليّ)[30]. بالفعل، هذه النتيجة المطلقة عينها نابعة، إذاً وعلى نحو طبيعيّ، من قانون جاليلي الذي مفاده أنّ الفوارق في الثقل النوعيّ تحدّد السّرعة، وأنّ غيابها عند يحيى النحوي وابن باجة يكاد يكون أمرًا بديهيًّا؛ وهو أنّهما لم يكونا يفكّران في الفوارق بين الأثقال النوعيّة في صياغتيهما لقانون: س=ق-و. ولكن، دعنا الآن نقدّم أخصّ الدلائل والحجج على أنّ أرسطو، ويحيى النحوي وابن باجة لم يكونوا يحفلون بالأثقال النوعيّة لسقوط الأجسام، إذا كان هذا المفهوم حاضرًا حقًّا عندهم.

إذا أخذنا أرسطو أوّلاً، سنرى مباشرة أنّه حتّى وإن تحدّث عن الكثافة، إلا أنّه لم يكن بإمكانه الحصول على إدراك واضح للثقل النوعيّ. إنّ العائق الأكبر مرتبط بإلحاحه على أنّ فكرة عنصر النار يجب أن يكون غير ذي ثقل (انظر *De caelo* lV. 4. 311b. 27). يمكن الآن أن يُجعل المفهوم الأرسطيّ عن الكثافة مساوقاً للعنصر العديم الثقل، بما أنّه يمكن النظر إلى كثافة النار بوصفها كمّية من المادّة لكلّ وحدة حجم Unit volume؛ وبهذا المعنى يكون بامكان أحدنا أن يتصوّر نسبة من الكثافات التي تربط بين وحدة الحجم المتضمّنة لكمّية النار وبين وحدة الحجم المتضمّنة لأيّ واحد من العناصر ذات الثقل (هواء وماء وتراب). لكن، لا علاقة واحدة للأثقال النوعيّة مع العنصر العديم الوزن يمكن أن تصير معقولة. إنّ نسبة الثقل النوعيّ للهواء إلى النار تنطوي على استخدام غير معقول، إذ تتقدّم وكأنّها نسبة ثقل حقيقيّ للهواء لكلّ وحدة حجم إلى ثقل للنار يعادل الصفر لوحدة الحجم نفسها. وبالفعل، يصير الوضع غامضًا تمامًا إذا ما ازداد حجم هذه الوحدة، لأنّها ستتضمّن كمّية كبيرة من النار، وكمّية كبيرة من النار العديمة الوزن؛ إنّ الخفيف يتحوّل مع أنّ حالته بوصفه عديمًا للوزن تظلّ ثابتة (وهذه نتيجة تبدو منطقيّة في **كتاب السماء** *De caelo* IV. 4. 311a20 16-309b. 13-and IV. 4. 22). ومن العسير أن يكون مفهوم الثقل النوعيّ قد لعب دورًا في فيزياء تقبل القول بالعنصر العديم الثقل. وأرسطو يستعمل مفهوم كمّية المادّة لكلّ وحدة حجم في دراسته للوسط (حينما يقول لنا بأنّ الكثيف يختلف عن المخلخل[31] "في أنّ الأول يحوي كمّية كبيرة في حجم متماثل" *De caelo* III. 1. 299b. 8-9)، إلا أنّه يميل إلى تجاهل علاقات الثقل بين وحدات الأحجام.

---

30 انظر:

Thomas of Bradwardine, *Tractatus de proportionibus*, edited and translated by H. LamarCrosby, Jr. (Madison,Wisc. 1955), pp. 44-45 and 117.

قارنت بين نظرية برادواردين وقانون جاليلي في السقوط في مقال سينشر قريبًا في: *Archive for the History of Exact Sciences* تحت عنوان: "برادواردين وجاليلي، تساوي السرعات في الفراغ". المترجم: نشر المقال عام 1965 كما يلي:

Grant, E. "Bradwardine and Galileo: Equality of Velocities in the Void", *Archive for the History of Exact Sciences*, Vol. 2, N. 4 (1965), pp. 344-364.

31 القليل الكثافة. (المترجم)

مع أنّ أرسطو كان مدركًا، بدون شكّ، أنّ التراب أكثر كثافة من الهواء والماء، فإنّه كان ينفي أن يكون، بأيّ حال، يفسّر سقوط حجر في الهواء أو في الماء. يسقط الحجر فقط لأنّه ثقيل على نحو كامل؛ وليس تصعد النار إلى أعلى لأنّها أقلّ كثافة من التراب والماء والهواء، وإنّما لأنّها خفيفة على نحو مطلق[32]. بالفعل، لا تملك النار الثقل بتاتاً في موضعها الطبيعيّ الخاصّ؛ وهكذا، إذا كانت في موضعها الخاصّ وأزيل الهواء الذي تحتها كلّيًا، فإنّها لن تسقط أو تتحرّك إلى أسفل[33]. ومن ثمّ، حيثما يكون استعمال مفهوم الكثافة النسبيّة يقتضي أن تسقط النار، إذا كان الوسط الكثيف تحتها فارغًا، فإنّ أرسطو ينفي النتيجة لأنّها تتعارض مع الخاصّية الأكثر أساسية في النار، وهي الخفّة المطلقة. فـ"ق"، في صيغة: س=ق/و، لا ينبغي أن تفسّر وكأنّ الكثافة أو الثقل النوعيّ يتلقّى إثباتًا آخر في ملاحظة أرسطو بأنّ "[...] كمّية أكبر من الذهب أو الرصاص تتحرّك إلى أسفل بشكل أسرع من كمّية أصغر، وهلمّ جرًا مع كلّ الأجسام الثقيلة"[34]. وهكذا، نرى بأنّ الكمّية الأكبر لعنصر الثقل التي يمتلكها جسم ما، الثقل المطلق إلى حدّ أبعد، أي الثقل الأكبر الذي يملكه، سيكون هو ما يشكّل سرعته الى أسفل. بالفعل، فمفهوما الثقل والخفّة المطلقين يجب أن يكونا ممّا يتّفق على أخذهما الأولويّة حتّى عندما يتكلّم أرسطو، في المقطع الواحد، عن الكثافات النسبيّة للأجسام؛ يقول في كتاب **الطبيعة**[35]:

«كما أنّ واضعًا وضع في الماء جسمًا مكعّبًا يصبّ له من الماء بذلك المقدار الذي هو مقدار المكعب؛ كذلك يكون في الهواء وإن كان خفيًا عن الحسّ؛ وفي أيّ جسم، له نقلة وضع[36]، فواجب أبدًا إن لم يجتمع ويكثر[37] أن ينتقل له إلى حيث شأنه أن ينتقل[38]: فيصير إلى أسفل إن كانت نقلته الى أسفل كنقلة الأرض، أو يصير إلى فوق إن كان نارًا، أو يصير إلى الجهتين جميعًا، وبأيّ صفة كان الجسم الذي يوضع فيه[39]».[40]

32 عن تعريف الثقل والخفّة المطلقين، انظر **كتاب السماء**، *De Caelo IV.*4. 311a. 16-24. كلّ من الهواء والماء خفيف وثقيل نسبيًا *De Caelo* (*IV.*4. 311a. 24-30).

33 **في السماء**، *De Caelo* IV. 4. 312b. 13-16.

34 نفسه، IV. 2. 309b. 13-16. بعد هذه السطور مباشرة، يقول أرسطو: «إنّ كمّية أكبر وكمّية أصغر سوف يتضمّنان فراغًا أكثر وصلابة أكبر بالنسبة نفسها، لذلك، فإنّ الكمّية الأكبر تتحرّك إلى أعلى بسرعة أكبر من الكمّية الأصغر».

35 أوردنا هنا النصّ كما ترجمه إسحاق بن حنين في الفصل الثامن من المقالة الرابعة من **كتاب الطبيعة** لأرسطو بدل المقطع الذي ساقه إدوارد كرانت عن الترجمة الإنجليزيّة لهذا الكتاب، والتي قام بها Philip H.Wicksteed وFrancis M.Cornford. والملاحظ أنّ النصّ العربيّ أوجز، إن لم نقل أدقّ، من النصّ الإنجليزيّ الذي نجد فيه بعض الإضافات والتفصيلات التي لا تخرج عن دائرة السياق الدلاليّ الواحد (انظر بعض مواضع الاختلاف بين النصّين في الهوامش الموالية). (المترجم)

36 في النصّ الإنجليزي نجد: yielding medium أي الوسط القابل للحركة الموضعيّة. يسمّي إسحاق بن حنين الوسط جسمًا وهو أمر لا يجانب الصواب، إذ يقصد الوسط الجسمانيّ. (المترجم)

37 في النصّ الإنجليزي: unless it condenses (المترجم)

38 في النصّ الإنجليزي نجد الجملة الآتية وهي تفصّل أكثر ما ذكره المترجم العربيّ بنحو عامّ: «فواجب أن ينتقل إن لم يجتمع ويكثر أيًا تكن الجهة التي تحدّدها الحركة الطبيعيّة للجسم القاسر» « it must yield in whatever direction is determined by the natural movement of the intrusive body » (المترجم)

39 في الترجمة الإنجليزيّة نجد ما يلي: «تبعًا لما إذا كان الوسط أخفّ أو أثقل من الجسم المتحرّك»:

"according as the medium may be lighter or heavier than the moving body" (المترجم)

40 IV. 8. 216a. 28-33. ترجمه Philip H. Wicksteed وFrancis M. Conford في: The Loeb Classical Library.

في هذا المقطع أيضًا، حيث الكثافات النسبيّة وأحجام الأجسام تحظى باعتبار أكبر، فإنّ "الحركة الطبيعيّة للجسم القاسر" الذي يحدّد وجهة الحركة - و"الحركة الطبيعية" هي وظيفة الثّقل والخفّة المطلقين، مع أنّها، بدون شكّ، هي أيضًا متناغمة عرضًا مع أحد الأجسام البسيطة بواسطة جسم آخر فيما يتعلّق بكثافاتهما النسبية- ما عدا أنّ الجسم الناريّ، كما سبق القول، لن يتحرّك إلى أسفل حتّى ولو أزيل الهواء من تحته. غير أنّ المقطع الذي أوردناه منذ حين لا يعكس مفهوم أرسطو عن الحركة الطبيعيّة. فإزاحة الأحجام أدخلت فقط من أجل هدف تقديم دليل واضح ضدّ وجود الخلاء. الهدف من الدليل هو تبيان أنّه إذا أخذنا حجم مكعب خشبيّ، في الفراغ، أو أيّ جسم آخر مأخوذًا بوصفه بعدًا خالصًا، فإنّه سيحتلّ حجمًا من الفراغ مساويًا لحجمه؛ ليخلص أرسطو إلى أنّ بعدين متساويين، أعني للجسم والخلاء، سوف يحتلاّن، آنئذ، المكان الواحد، و"هذه واحدة من المعاني المتناقضة والسخيفة التي يتضمّنها القول بالخلاء"[41]. وهكذا، فإنّ المبادئ الهيدروستاتيكيّة[42] قد استعملت في هذا المقطع من أجل أهداف خاصّة ومحدّدة ولا تمثّل الطّريقة المعتادة لدى أرسطو في اعتبار الحركات الطبيعيّة للأجسام البسيطة. لقد سبق أن فحصنا كثيرًا الدليل الذي مفاده أنّه لم يكن أيّ استعمال متماسك ومعقول للمبادئ الهيدروستاتيكيّة ممكنًا في المشروع الأرسطيّ، حيث الاعتماد على مفاهيم الثّقل والخفّة المطلقين، والثّقل الإجمالي، التي كانت مفاهيمَ فيزيائيّة مركزيّة وأساسيّة. إنّ كون "ق" ينبغي أن تفسّر بوصفها ثقلاً إجماليّاً تبدو نتيجة حتميّة، مادامت السرعة تحدّد في جزء كبير منها من طرف قدرة الثّقل الإجماليّ للجسم على اختراق الوسط[43]. إنّ كمّية أكبر، أو ثقلاً أعظم من الذهب سوف يخترق الوسط، كما سبقت الإشارة، بسهولة أكثر وسيحدث سرعة أكبر ممّا قد تحدثه كمّية أو ثقل أقلّ من الذّهب.

إنّ إلحاح أرسطو على استحالة قيام سرعات متناهية في الطبيعة بدون حضور الوسط أمر رفضه يحيى النحوي الذي نظر إلى الوسط باعتباره عائقاً للحركة وغير مهمّ بتاتاً بالنسبة إليها. إنّ العلة الوحيدة للحركة المتناهية إلى أسفل هي الميل الطبيعي للأجسام الثقيلة نحو الأسفل - الميل الطبيعي الذي يتناسب مع الثقل الإجمالي للجسم، لكن ليس مع ثقله النوعي. وبما أنّه تصوّر الوسط بوصفه عاملاً معيقًا فقط، غير مهمّ تمامًا بالنسبة إلى الحركة ذاتها، خلص يحيى النحوي إلى أنّ الحركة الطبيعية الحقيقية لا يمكن أن تحدث سوى في الفراغ[44]. إنّ الوقت الذي ستقطع فيه مسافة معطاة في الفراغ هو وقت أصليّ أو حقيقيّ بالنسبة إلى ذلك

41 **كتاب السماع الطبيعيّ**، *Physics* IV. 8. 216b. 6-13.

42 مبادئ من علم الهيدروستاتيكا الذي يتناول موضوع توازن السوائل وضغطها. (المترجم)

43 نفسه، IV. 8. 216a. 13-21.

44 يقول مودي: » وهكذا، في الشرح الذي كتبه يحيى النحوي على **فيزياء** أرسطو، ومباشرة بعد عرضه لنصّ 71 من الكتاب الرابع، نجد استطرادًا مطوّلاً خصّه لنقد قانون أرسطو للسّرعات وللمسلّمات التي انبنى عليها في الديناميكا. رفض يحيى النحوي، المسلّمة القائلة إنّ الحركة تتوقف أساسًا على العلاقة القائمة بين الجسم المتحرّك والوسط المادّي، أو إنّ سرعة تلك الحركة تحدّدها نسبة كثافتي الجسم والوسط. وهو يستعيض، مثل ابن باجة، عن قانون أرسطو في التناسب الذي تمثّله صيغة س=ق/و بقانون الفارق الحسابيّ الذي تمثّله صيغة س=ق–و [...] ويدافع، كذلك، على أنّ السرعة 'الطبيعيّة' الخالصة للجسم الثقيل هي التي تكون عن الجاذبيّة المطلقة للجسم المتحرّك بمفرده ودونما تدخّل محرّك خارجيّ، في الفراغ»؛ E. Moody, 'Galileo and Avempace..', p. 192 (المترجم)

الجسم الخاصّ، وذلك بالنّظر إلى أنّ الجسم الذي يقطع المسافة نفسها في وسط ما سوف يتطلّب وقتًا إضافيًا متناسبًا مع كثافة الوسط. ينصبّ التّركيز على العلاقة بين الثقل الإجمالي، وليس الثقل النوعي ـ والميل نحو الأسفل، كما يؤكّد ذلك يحيى النحوي في هذا المقطع:

«وهكذا، إذا انطلق جسم ما على نحو أفضل عبر وسط ما، وذلك بسبب ما يملكه من ميل أشدّ نحو الأسفل، فإنّه بعدئذ، حتّى إذا لم يعد هناك مسافة لقطعها، فإنّ الجسم سوف يحتفظ، مع ذلك، بميله الأشدّ نحو الأسفل [...] وإذا كانت الأجسام تمتلك ميلاً أشدّ أو أضعف نحو الأسفل في ذاتها أو منها، فمن الواضح أنّها سوف تمتلك هذا الفارق في ذاتها حتّى ولو كانت تتحرّك في فراغ. بناء على ذلك، فالمكان نفسه سوف يقطع من طرف الجسم الثقيل في وقت ومن طرف الجسم الخفيف في وقت أطول، حتّى وإن كان المكان فارغًا. لن تكون النتيجة ناشئة عن التداخل الأشدّ أو الأضعف مع الحركة وإنّما عن الميل نحو الأسفل الأشدّ أو الأضعف، المتناسب مع الثقل الطبيعي للأجسام التي نحن بصددها...»[45].

بإمكاننا، الآن، الاستدلال على أنّ ملاحظة يحيى النحوي الشهيرة بأنّ ثقلين غير متساويين يسقطان من ارتفاع معيّن يرتطمان بالأرض في الوقت نفسه تقريبًا، قد تكون تتضمّن مفهوم الثقل النوعيّ. حتّى ولو كانت الأجسام المركّبة مكوّنة من مادّة واحدة -وليس ثمّة علامة البتّة تبرز ذلك- فإنّه يكاد يكون مؤكّدًا أنّ الثّقل النوعيّ (أو الجاذبية النوعيّة) لا يقوم بأيّ دور[46]. ولأنّ هذه الملاحظة مهمّة، دعنا نلخّص التفسيرين اللذين قدّمهما يحيى النحوي لقانون السقوط لدى أرسطو مباشرةً قبل وضع هذه الملاحظة ذاتها. في تصوّره الأوّل، يقول يحيى النحوي إنّ «[...] أرسطو يزعم خطأً أنّ نسبة الأوقات التّي تتطلّبها الحركة عبر أوساط شتّى هي مساوية لنسبة كثافات هذه الأوساط..»[47]. سعى النحوي، بعد ذلك، إلى تفنيد العلاقة التي تمثّلها الصياغة الآتية: و2/و1=ك2/ك1[48] حيث "و" يرمز إلى الوقت، و"ك" يرمز إلى كثافة الوسط. في مثال يعكس جيّدًا تفسيره الخاصّ، يقول يحيى النحوي[49] بأنّه إذا استغرق حجر ساعةً من الزمن في السقوط على مسافة معيّنة في الفراغ، فإنّه سوف يستغرق زمنًا أكبر في سقوطه على المسافة نفسها في الماء. مع افتراض أنّ الحجر يسقط في الماء على المسافة نفسها في ظرف ساعتين، فإنّ الوقت الإضافيّ -وهو ساعة واحدة في هذه الحالة- سوف يكون، بعدئذ، ينقص تناسبيًّا مع انخفاض كثافة الوسط. وهكذا، إذا بدّلنا الماء بالهواء،

---

45 هذا المقطع من **شرح يحيى النحوي على كتاب الفيزياء** لأرسطو، درابكين I. E. Drabkin وكوهن M.Cohen في: *A Source Book in Greek Science*(Cambridge, Mass., 1958), p. 218.

46 ينفي Claget في كتابه **علم الميكانيكا** (*Science of Mechanics*, p. 435) عمومًا أن تكون ثمّة أيّ محاولة من قبل يحيى النحوي يزعم فيها «أنّ سرعة السقوط في حالة الحركة الطبيعيّة تتناسب مع الجاذبية النوعيّة أكثر من الثقل الإجماليّ»، ويعتقد أنّه لا علاقة له، بأيّ شكل من الأشكال، بملاحظة سقوط أجسام غير متساوية في وقت واحد.

47 كوهن ودرابكين، م. م.، ص 219

48 T2/T1=D2/D1 (المترجم)

49 كوهن ودرابكين، م. م.، ص 219

وكانت كثافة هذا الأخير هي نصف كثافة الماء، فإنّ مجموع الوقت الذي يستغرقه السقوط سيكون ساعة واحدة ونصف. وإذا كانت كثافة الهواء تنقسم بالتتابع إلى أنصاف، فإنّ الوقت الإضافيّ سينشطر، تناظريًا، إلى أنصاف. إنّ أوقات السقوط المتعاقبة، في هذا المثال، بدءًا من وقت السقوط في الماء وإلى حين الاقتراب من وقت السقوط في الفراغ بوصفه وضعًا نهائيًا، تمثّلها الصياغة التالية: 2: 1 ½: 1 ¼: 1 1/8.....+1 2q/1، حيث "q" هي 3، 4، 5، 6، إلى ما لا نهاية[50]. أمّا الآن، فأن يكون المقصود بعبارة الثقل النوعيّ أو الثّقل الإجماليّ هو الجسم الساقط في كلا الوسطين، لهو أمر لا علاقة له بموضوعنا، لكن من المؤكّد أنّه ليس ثمّة إشارة إلى أن يكون الثقل النوعيّ هو المقصود حينما يتعلّق الأمر بالأوساط؛ فمع أنّ يحيى النحوي كان يربط بينهما بوصفهما نسبًا من الكثافات، إلا أنّه يسكت عن ذكر أيّ علاقة بين أثقالهما[51]. فلو كان يملك مفهوم الثقل النوعيّ، لكان بإمكانه اقتراح وحدات كتل ثقيلة تبعًا لكلّ وسط، بدل التسليم بأنّه عندما استعملت الكثافات في صياغة قانون السقوط الأرسطيّ، صار "[...] من الصعب الكشف عن المغالطة لأنّه يستحيل الوقوف على النسبة التي تجعل الهواء أقرب إلى الماء، في تركيبه، أي معرفة إلى أيّ درجة يكون الماء أكثر كثافةً من الهواء، أو عيّنة واحدة من الهواء أكثر كثافةً من أخرى"[52]. لهذا السبب رأى يحيى النحوي أنّه من الضروريّ اللجوء إلى صياغة أخرى مفادها أنّ جسمين غير متماثلين يسقطان ضمن الوسط الواحد (وهكذا تنتفي اعتبارات الكثافة) في نسبة أوقات تتناسب عكسيّاً مع نسبة الأثقال ـ مثال: ث2/ث1=و1/و2[53]، حيث "ث" هو ثقل الجسم، و"و" هو الوقت الذي استغرقه سقوطه؛ وهو أمر بالإمكان التحقّق منه، لأنّه إذا أخذنا "ث2" على أنّها تساوي ضعف "ث1"، فإنّه يتبع ذلك أنّ "ث2" ستصل إلى الأرض في نصف الوقت الذي تتطلّبه "ث2" في السقوط على الارتفاع نفسه. وبما أنّنا قد رأينا سابقًا، عند أرسطو، أنّ الثقل الإجماليّ للجسم هو الذي يؤخذ بعين الاعتبار حينما يسقط في الوسط، فإنّ هناك سببًا وجيهًا لافتراض أنّ دليل يحيى النحوي يقتضي بدوره مفهوم الثقل الإجماليّ. وبمعنى آخر، يبدو من المعقول افتراض أنّه من أجل نقض أرسطو، تبنّى يحيى النحوي الشرائط القاعديّة المتضمّنة في صلب الموقف الأرسطيّ، والثقل الإجمالي واحد من هذه الشرائط القاعديّة.

لكن ثمّة، أيضًا، واقعة ذات أهمّية كبيرة، وهي أنّ هذه الملاحظة الهدّامة قدّمت من أجل هدف وحيد وهو تحديدًا تفنيد الموقف الأرسطيّ على نحو كامل؛ وقد لا تكون هي التي قادت يحيى النحوي إلى صياغة موقفه الشخصيّ الذي تعبّر عنه صياغة: س=ق-و. على العكس من ذلك، قد يكون يحيى النحوي قد وقف، وهو

50 انظر: E. WohlWill, 'Ein Vorgänger Galileis im 6. Jahrhundert, *'Physikalische Zeitschrift*, Vol. 7(1906), p. 29, col. 1.

51 كوهن ودرابكين، م. م.، ص 219، هامش3. يعتقدان أنّ يحيى النحوي، والقدماء بشكل عامّ، لم يكونوا يملكون تصوّرًا كمّيًا للكثافة بوصفها كتلة لوحدة حجم.

52 نفسه، ص 219

53 W2/W1=T1/T2 (المترجم)

يفحص اقتضاءات ملاحظته الشخصيّة المهمّة، على أنّ قوّتها الهدّامة تجعله بدوره عرضة للنقد كما هو شأن أرسطو تمامًا. وهذا الأمر يصير واضحًا حينما يؤكّد النحوي أنّ "المكان الواحد سوف يقطعه الجسم الثقيل في وقت أقصر، بناءً على ذلك، والجسم الخفيف في وقت أطول، حتّى ولو كان المكان خلاء"[54]. وهكذا، فإنّ الموقف الأرسطيّ الذي يرفضه بوصفه تمثيلاً خالصًا للحركة الطبيعيّة إلى أسفل في وسط ما، هو الموقف عينه تمامًا الذي يتبنّاه لتمثيل الحركة إلى أسفل لجسمين غير متماثلين في الفراغ ـ مثال: ث2/ث1=و1/و2[55]. إنّ جسمًا يزن خمسة أرطال سيأخذ، في نظر يحيى النحوي، خمسًا واحدًا فقط، شأنه في ذلك شأن جسم يزن رطلاً واحدًا، في سقوطهما على مسافة معيّنة في الفراغ. ومن ثمّ، إذا كان على هذين الجسمين عينهما أن يسقطا، فيما بعد، في وسط متماثل، فإنّ بعض الوقت الإضافيّ سيتمّ زيادته ضرورةً بشكل متناسب مع كثافة الوسط. ولكن، مهما يكن الوقت المضاف بسبب مقاومة الوسط، فإنّ الزمن الذي يستغرقه سقوط هذين الثقلين غير المتساويين لا يمكن أن يكون واحدًا. بالفعل، فالتّفاوت في الأوقات يجب أن يصير أكبر، مادام يحيى النحوي يعتقد، على غرار أرسطو، أنّ بإمكان الجسم الثقيل أن يخترق الوسط بسرعة أكبر ـ "لأنّ من يملك ميلاً أكبر نحو الأسفل يشقّ الوسط بشكل أسرع"[56]. ولكي يوفّق، على نحو أكثر وثاقةً، بين قانونه الشخصيّ للسقوط وبين ملاحظته بأنّ جسمين ثقيلين غير متماثلين يسقطان على مسافة معيّنة في أوقات متساوية تقريباً، كان يجب على يحيى النحوي أن يفترض أنّ الأوقات الإضافيّة لا تتناسب مباشرة مع كثافات الأوساط فقط، بل أيضًا مع أثقال الأجسام؛ وذلك عوض أن يفترض علاقة عكسيّة بين الوقت والثقل مادام الثقل الأكبر "يشقّ الوسط بشكل أسرع".

وهكذا، حتّى لو كان معنى الثقل النوعيّ حاضرًا في ذهن يحيى النحوي لتفسير السقوط في وقت واحد تقريبًا لثقلين غير متماثلين، فإنّ الملاحظة ذاتها قد لا تكون لعبت أيّ دور في صياغة نظريته الشخصيّة، مادامت تلك النظرية تتعارض، بدورها، مع حجّة الملاحظة المستعملة في نقض أرسطو. ومن ناحية ثانية، فإنّي حاولت الاستدلال على أنّه من غير المعقول افتراض أن يكون مفهوم الجاذبية النوعيّة أو الثقل النوعيّ قد كان له أيّ دور في قانون السقوط الذي اقترحه يحيى النحوي. ولكن، إذا كانت حججي غير مقنعة، فإنّي أضيف شهادة أخيرة ليحيى النحوي يبدو فيها مدى التعارض القائم بين مفهوم الثقل النوعيّ مع النتائج الفريدة التي يعتقد أنّها تنشأ عن جمع الأثقال وطرحها:

«تصير الطبائع أكثر قوّة متى اجتمعت أجزاء منها لها هيئة واحدة. هذا واضح، ويمكن أن يُرى بجلاء أكبر في حال الأثقال. عندما تجمع ثقلين معًا يزن كلّ واحد منهما رطلاً، فإنّ ثقلهما المشترك سوف يكون أثقل من مجموع الإثنين، وذلك لأنّه لن يكون رطلين، بل أكثر. وبشكل مشابه، متى قسّمت ثقلاً يزن رطلين

54 نفسه، ص 218

55 W2/W1=T1/T2 (المترجم)

56 نفسه، ص 217

إلى شطرين متساويين، فإنّ الواحد منهما لن يكون وزنه رطلاً، بل أقلّ. وإذن حين تجتمع أشياء من هيئة واحدة تصير أقوى وعندما تنقسم تصير أضعف»[57].

وإن كان الرأي الذي عبّر عنه يحيى النحوي في هذا المقطع لا يؤثّر في تصوّره للحركة في الفراغ ـ إذ على الرغم من الغموض الذي قد يلفّ الجمع بين أيّ ثقلين، فإنّ نسبة وقتي سقوطهما سوف يظلّ متناسباً عكسيًّا مع أثقالهما ـ غير أنّه يحتوي على نتيجة فريدة مفادها أنّنا متى أخذنا، بالتحديد، نصف جسم معيّن، فإنّ ثقله ليس هو نصف المجموع. وتبدو هذه النتيجة كما لو أنّها تقصي عامل الثقل النوعيّ، مادام مجموع وحدتي حجمين متماثلين يفضي دائمًا إلى حاصل وزن أكثر من ضعف وزن كلّ واحد من الحجمين المكوّنين له. بالفعل، فالثقل النوعي لوحدة حجم سيكون أقلّ من الثقل النوعيّ للوحدة نفسها وقد أضيفت إلى وحدة حجم أخرى مساوية لها.

والآن، إذا عدنا إلى ابن باجة، سنجد أنّ آراءه، كما لخّصها لنا ابن رشد، على الرغم من كونها غير واضحة كما هو حال أفكار يحيى النحوي، فإنّها تبدو، مع ذلك، قريبة جدًّا من أفكار سلفه اليونانيّ. يؤكّد ابن باجة، كما يقول ابن رشد، "أنّه لا يلزم أن تكون نسبة حركة الحجر الواحد في الماء إلى حركته في الهواء كنسبة كثافة الماء إلى كثافة الهواء، ما عدا إذا افترضنا أنّ حركة الحجر إنّما تقتضي الوقت فقط لأنّها تكون في وسط"[58]. بعد ذلك بسطور قليلة، وفي اقتباس مباشر عن ابن باجة، نقرأ ما يلي[59]: «لأنّ نسبة الماء عند الهواء في الغلظ[60] ليست كنسبة حركة الحجر في الماء إلى حركته بعينه ولحاله تلك في الهواء، وإنّما نسبة قوى اتّصال الماء عند قوّة اتّصال الهواء كالبطء العارض للمتحرّك من أجل ما فيه يتحرّك، وهو الماء مثلاً، إلى البطء الذي عرض له عند تحرّكه في الهواء»[61]. إذا كان ابن باجة قصد من خلال مصطلحي "الحركة" و"البطء" أن ينقل، على التوالي، معنيي السّرعة الإجماليّة والنقصان في السّرعة، فإنّه يمكننا آنئذ أن نصوّر بدقّة الوصف اللفظيّ لابن باجة كما يلي: س2/س1=ك1/ك2[62]؛ أمّا إذا كان هذان المصطلحان يعنيان على التوالي الوقت الإجماليّ والوقت الإضافيّ اللذين تتطلّبهما الأجسام في سقوطها في وسط ما، فإنّ: و2/

57 من **شرح الفيزياء** ليحيى النحوي كما أورده وترجمه سامبورسكي S. Sambursky في كتابه:

The Physical World of the Late Antiquity (New York, 1962), p. 67.

58 ترجمه إرنست مودي في مقاله "جاليلي وابن باجة"، ص 184-185

59 فضّلنا هنا إيراد النصّ الباجيّ بلغته الأصليّة، اللغة التي كتبه بها ابن باجة في المقالة السابعة من **شرحه على السماع الطبيعيّ**، وهما متطابقان تقريبًا، مع تغيير طفيف في تركيب الجملة الأولى لا يؤثّر بتاتًا في المعنى المقصود، وهو تغيير يبدو أنّ ابن رشد قام به على سبيل الاختصار وحسب. انظر ابن باجة، **شرح السماع الطبيعي**، تح. ماجد فخري، بيروت: دار النهار بيروت، 1973، ص 116، س10-7. (المترجم)

60 هو اللفظ الذي استعمله ابن باجة، والذي كان متداولاً لدى الفلاسفة والمترجمين في الإسلام، للتعبير عن مفهوم الكثافة؛ وهو يؤدّي تمامًا هذا المعنى في اللغة العربيّة. (المترجم)

61 مودي، "جاليلي وابن باجة"، ص 185

62 V2/V1=D1/D2 (المترجم)

و1=ك2/ك1[63] ستكون حينئذ مناسبة، ولا تختلف مع الصياغة الأولى التي اقترحها يحيى النحوي. يرى ابن باجة أنّ هذه الصياغة خاطئة بوصفها صياغة لتمثيل نسبة السرعات الإجماليّة أو الأوقات الإجماليّة، لكنّه يتبنّاها بوصفها وسيلة تُظهر بشكل صحيح نسبة الإبطاءات في الوسط، سواء كانت هذه الإبطاءات تتضمّن نقصاناً في السرعة أو زيادةً في الوقت.

لكن، إذا كان ابن رشد يخبرنا عن كيف رام ابن باجة تمثيل الوقت الإضافيّ، أو النّقص في السّرعة، بالنّسبة إلى الأجسام التي تسقط في الوسط، فإنّه قد قصّر في نقل رأي ابن باجة بالطريقة التي يكون من خلالها الوقت الصحيح الذي يستغرقه السقوط، أو السرعة الصحيحة، متصوّرًا في الفراغ نفسه. وبدل هذا، يقول لنا كيف فسّر ابن باجة الفارق بين السرعات المنتظمة للأجسام السماويّة المختلفة التي تتحرّك عبر أثير عديم المقاومة، وهذا قريب جدًّا من مفهوم الفراغ في نظرنا. هذا الفارق[64] "يعود إلى الفرق في الشرف[65] فقط بين المحرّك والمتحرّك. لذلك متى كان المحرّك أقلّ شرفًا، فإنّه سيكون أقرب إلى المتحرّك، والحركة ستكون أبطأ"[66]. فإذا كان التباين في الشرف بين العقول السماويّة هو ما يفسّر التعدّد في مختلف السرعات السماوية المنتظمة، فإنّه لم يقدّم أيّ تفسير لتباين سرعات الأجسام الأرضيّة التي تسقط في فراغ مفترض. هل تتناسب مباشرة مع الثقل، أو مع البعد، أو مع قوّة محرّكة ما باطنيّة؟ مهما تكن أفكار ابن باجة عن الموضوع، فإنّه ليس بديهيًّا الجزم بأنّه، في الفراغ، تبقى السرعات الأساسيّة أو "الطبيعيّة" لأجسام من طبيعة أو كثافة مختلفة أقرب إلى أن تكون متناهية مع "شرف" طبائعها؛ كما مع درجات كثافاتها"[67]. ثمّة افتراض غير مؤكّد، هنا، مفاده أنّ ابن باجة ينظر إلى حركة الجسم الأرضيّ "بوصفها قوّة باطنيّة مطلقة للحركة الذاتيّة، مثلما الروح، تمنح الحركة للجسم"، وذلك عبر المقارنة مع "حركات الأجرام السماويّة التي كان يعتقد أنّها تجد علّتها في جواهر غير جسمانيّة تسمّى عقولاً، وهي متميّزة عن الأجرام التي تتحرّك عنها، ومع ذلك فهي تؤثّر فيها من الداخل مثلما فكرة النّزوع "الدافع" "desire" motivating". إنّ هذا التصوّر لقوّة باطنيّة، أو لأفكار فعّالة تعطي الحركة للجرم، هو الذي أنزله ابن باجة من السماوات اليونانيّة-العربيّة

---

63 T2/T1=D2/D1 (المترجم)

64 نورد هنا النصّ الأصليّ لابن باجة كاملاً دون بتره عن سياقه حتّى يفهم رأيه في هذه المسألة بشكل واضح. وهو سياق يقارن فيه بين الحركة المستقيمة التي تشترط الوسط وبين الحركة المستديرة التي تكون في الأثير العديم المقاومة والقسر؛ وذلك لكي يؤكد أنّ السرعة والبطء لا يكونان من قبل المقاومة والقسر، "وإنّما ذلك لبعد المحرّك في الشّرف عن المتحرك". يقول ابن باجة: «[...] فإنّه لو كان ذلك كما ظنّوه لكان الحركة الطبيعيّة بالقسر. فلو لم يكن هناك قاسر ولا مقاوم، كيف كانت تكون الحركة، لكان يجب أن تكون لا في زمان، بل دفعة. فكيف يجب أن يقال في المتحرّك المستدير، ولا قاسر هناك، لأنّه ليس هناك منحرف أصلاً؟ لأنّ مكان الدائرة واحد أبدًا بعينه، لا يملأ مكانًا ولا يخلي آخر، فكان يجب أن يكون تحرّك المستدير إذن في الآن. وقد تجد فيها البطيء الشديد البطء، كحركة الكواكب الثابتة، وتجد فيها السريع الشديد السرعة، كالحركة اليومية، ولا قاسر هناك ولا مقاوم أصلاً. وإنّما ذلك لبعد المحرّك في الشرف عن المتحرّك، فهو يتحرّك أسرع ومتى كان المحرّك أقلّ شرفًا، كان أقرب من المتحرّك وكانت الحركة أبطأ..»؛ **شرح السماع الطبيعيّ**، م. م.، ص 116. (المترجم)

65 ترجم مودي كلمة 'شرف' بـ:perfection أي الكمال، وهي ترجمة تؤدّي تمامًا المعنى الذي يقصده ابن باجة، وغيره من فلاسفة الإسلام، بكلمة 'شرف'. (المترجم)

66 مودي، "جاليلي وابن باجة"، ص 185

67 نفسه، ص 186

ليجعله يشمل ديناميكا الأجسام الأرضيّة. لقد تصوّر، إذن، ديناميكا كونيّة واحدة، مكسّرًا الحاجز الذي يفصل بين السماوات والأرض، والذي هو، بالتالي، سمة الكوسمولوجيا الأرسطيّة. بل إنّ هذه الديناميكا الكونيّة صيغت على غرار نظرية أرسطو في علم الفلك التيولوجيّ، وعلى غرار الحركات الدائريّة السماويّة التّي تجد علّتها في "دوافع" عقليّة وغير ماديّة[68]. لقد تُصوّرت الجاذبية كمحرّك لحجر باتّجاه مركز العالم، بالطريقة التي تُصوّرت بها العقول المفارقة بوصفها محرّكات الأجرام"[69]. ليس ثمّة مقطع من النّص الذي أورده ابن رشد يقترح ديناميكا كونيّة من النوع الذي ادّعاه مودي لابن باجة[70]. وإذا كان هناك مبرّر ضعيف لقيام مقارنة بين الديناميكا الأرضيّة الباجيّة وبين حركة الأجرام السماويّة، فإنّ ثمّة مبرّرًا أقلّ للرّبط بين هذه "القوّة الباطنيّة للحركة الذاتيّة"، أو درجة "الشرف"، للجسم الأرضيّ وبين كثافته. إنّ الكلام عن كثافة الأوساط هو أمر عاديّ جدًّا، لكنّه سيكون مدهشًا لو أنّ ابن باجة فسّر سقوط الأجسام بلغة الكثافة أو الثقل النوعيّ. لا ابن رشد الذي رفض الموقف الباجيّ، ولا المؤلّفين اللاتين الوسيطيّين[71] الذين تبنّوا النّقد الباجيّ لأرسطو، فهموا منه البتّة أنّه يذهب إلى كون السّرعات متناسبة مع الكثافات، أو أنّ تلك السرعة يحدّدها، في الخلاء، الفارق في الأثقال النوعيّة بين الجسم المتحرّك ومقاومة الوسط.

لكن، في وقت ما في العصور الوسطى المتأخّرة، قام أحدهم -قد يكون هو بينيديتي- أيضًا بتأويل التراث الفيلوبّونيّ-الباجي، مضيفًا بذلك بعدًا دراميًّا جديدًا إلى هذا الموقف المناهض لأرسطو. ومع ذلك، فإنّ جاليلي

68 يقول مودي: «تحتوي نظرية ابن باجة في حركات الأجسام الثقيلة، علاوة على ذلك، على المسلّمات القاعديّة نفسها التي تحتوي عليها نظرية جاليلي البيزيّة. فالجاذبية تصوّرت بوصفها قوّة داخليّة دافعة تشتغل في الجسم الثقيل من الداخل، والقياس الحقيقيّ والأساس لهذه القوّة الدافعة نظر إليه بوصفه السرعة التي تحرّك بها أجسامها عبر مكان هندسيّ خالص باتّجاه مركز العالم؛ والحركات الأساسيّة أو 'الطبيعيّة' لأجسام من طبيعة أو كثافة مختلفة أخذت بوصفها متناسبة مع شرف طبائعها، كما مع درجة كثافاتها. إذا شئنا أن نستعمل مصطلحات حديثة لقلنا إنّ قوّة الجاذبيّة، في نظر ابن باجة، لا تحدّد على نحو جوهريّ باعتبارها علاقة بين كتل الأجسام المختلفة، ولكن تتصوّر بوصفها قوّة داخلية مطلقة للحركة الذاتيّة، مثلما الروح، تمنح الحركة للجسم. يبدو هذا التصوّر أوضح، عند ابن باجة، أثناء إحالته على حركات الأجرام السماويّة، التي كان يعتقد أنّها تجد علّتها في جواهر غير جسمانيّة تسمّى عقولاً، وهي متميّزة عن الأجرام التّي تحرّكها من الداخل مثل فكرة النزوع 'الدافع'. إنّ هذا التصوّر لقوّة داخليّة باعثة، أو لفكرة فعّالة تمنح الحركة للجرم، هو الذي أنزله ابن باجة من السماوات اليونانيّة-العربيّة ليجعله يشمل ديناميكا الأجسام الأرضيّة. لقد تصوّر، إذاً، ديناميكا كونيّة واحدة، مكسّرًا بذلك الحاجز الذي يفصل بين السماوات والأرض، التي هي، من ثمّ، سمة الكوسمولوجيا الأرسطيّة؛ بل إنّ هذه الديناميكا الكونيّة صيغت على غرار نظرية أرسطو في علم الفلك التيولوجيّ، وعلى غرار الحركات الدائريّة السماويّة التي تجد علّتها في 'دوافع' غير ماديّة. تُصوّرت الجاذبيّة بوصفها محرّك حجر باتّجاه مركز العالم، بالطريقة التي تُصوّرت بها العقول السماويّة بوصفها محرّكات الأجرام. لقد عمل ابن باجة، بتفكيكه التقسيم الأرسطيّ الثنائيّ للكون إلى مملكة العقل ومملكة الطبيعة، على تجاوز التمييز الأرسطيّ بين kennesis وenergia – بين الحركة، التي هي فعل المادّة، والتفكير الذي هو نشاط العقل. غير أنّه لم يخضع التفكير للحركة وإنّما أخضع الحركة للتفكير- أخضعه لـ "نشاط العقل الذي هو الحياة". لم يعمّم الفيزياء الأرسطيّة حتّى يتخلّص من التيولوجيا الثاوية فيه، بل على العكس عمّم التيولوجيا حتّى تشمل الفيزياء»؛ E. Moody, op. cit., pp. 186-187. (المترجم)

69 نفسه، ص ص 186-187

70 تجب الإشارة، في هذا الصدد، إلى أنّ سلومون بينيس Shlomo Pinès، الذي أعلن عن وجود شرح لابن باجة على كتاب **الفيزياء** لأرسطو في مخطوط عربيّ بمكتبة بودليانا، أكسفورد، يفترض – وفي هذا يتّفق مع مودي – بأنّ ابن باجة قد تناول الديناميكا الأرضيّة عبر مقابلتها مع الديناميكا السماويّة. «لكن كلّ هذا يبقى غير مؤكد. إنّ الدراسات المرتقبة والتي يجب أن تحمل على النصّ الكامل للشرح الذي قام به ابن باجة لـ'طبيعيّات' أرسطو قد تضيء مواضع الغموض التي تمنعنا من الجزم بمعرفة العلاقة القائمة بين الفيزياء السماويّة والفيزياء الأرضيّة لدى الفيلسوف العربيّ»؛ من مقال بنيس الذي يحمل عنوان "ديناميكا ابن باجة" (بالفرنسيّة) منشور ضمن: *L'aventure de la science, Mélanges Alexandre Koyré* (Paris, 1964), pp. 460-461. على العكس من "قوّة باطنيّة مطلقة للحركة الذاتيّة، مثلما الروح، تمنح الحركة للجسم"، قد يكون ابن باجة تابعًا ليحيى النحوي في تصوّره السماء (والنور) بوصفها قوّة فيزيائيّة باطنيّة والتي هي خاصيّة الجسم في آن واحد؛ انظر: E. WohlWill, op. cit., p. 30, col. 2.

71 نذكر على سبيل المثال، طوماس الأكويني Thomas Aquinas، بيتر يوحنّا أوليفي Peter John Olivi، وليام أوف واير William of Ware، ودنس سكوت Duns Scotus (انظر: "جاليلي وابن باجة"، ص 380-389)

هو الذي قدّم، في كتابه **في الحركة**، العرض الأكثر تفصيلاً للتأويل الجديد. وعلى الرغم من التقاء جاليلي مع التقليد الباجيّ في اعتبار الوسط عاملًا معيقًا للحركة وغير جوهريّ بالنسبة إليها، إلا أنّه أدخل، مثلما فعل بينيديتي قبله، مفاهيم هيدروستاتيّة أرخميديّة بوصفها، نظريًا، وسيلة موضوعيّة لتحديد السرعات. ولكن، كما لاحظ مودي[72]، أينما استعمل أرخميدس قواعد هيدروستاتيّة لتحديد وجهة حركة الجسم وما يقتضيه من أجل التوازن في وسط مائع، يستعمل جاليلي هذه القواعد لا فقط في تحديد الاتّجاه، بل أيضًا في تحديد السرعة التّي يتحرّك بها الجسم نحو توازنه. فالفارق، بالنسبة إلى جاليلي، بين الأثقال النوعيّة لسقوط (أو صعود) الجسم وبين الوسط، يحدّد السرعة. وعلى الرغم من صحّة القول بأنّ بعض المؤلّفين عملوا، في تاريخ مبكّر، على الربط بين السرعة والثقل النوعيّ (قام ألبير السكسونيAlbert of saxony مثلاً، في القرن الرابع عشر، بعكس ما قام به جاليلي تقريبًا، عبر استعماله سرعة السقوط في الوسط نفسه معيارًا لتقرير ما إذا كان جسمان من حجم مماثل يملكان الثقل النوعيّ نفسه)[73]، إلاّ أنّه لم تكن السرعات تحدّد، إلى حين تأويل قانون السقوط الفيلوبونيّ-الباجيّ بمفاهيم هيدروستاتيّة دقيقة، من خلال أيّ علاقة مباشرة تتضمّن الأثقال النوعيّة لكلا الجسمين الساقطين وللوسط؛ وهو أمر يبدو أنّه لم يحدث إلى حدود القرن السادس عشر.

كان يُعبَّر، فيما قبل، عن المسائل التي تتضمّن علاقة ما بين سرعة السقوط وبين الجاذبية أو الثقل النوعيّ بطريقة لا تخلو من افتراضين: إمّا (1) أنّ الجسم الواحد قد يسقط في وسطين متمايزين بكثافتين متباينتين، أو (2) أنّ جسمين بثقلين نوعيّين مختلفين قد يسقطان في الوسط الواحد. حيثما تباينت كثافات الأوساط كما هو الحال في (1)، فإنّ وضع الجسم يبقى مبهمًا وغير واضح؛ أي أنّ ثقله سواء أخذ بمعنى الثقل الإجماليّ أو الثقل النوعيّ، فإنّه غالبًا ما يبقى غير محدّد مادامت نسبة السرعات هنا ترتبط عكسيًا، بشكل جزئيّ أو كليّ، مع نسبة الكثافات في الأوساط (عند يحيى النحوي وابن باجة، نسبة السرعات تحدّدها كثافات الأوساط بشكل جزئيّ فقط، لأنّ السرعة "الأصليّة" أو "الطبيعيّة" تحدث في الخلاء فقط). لقد برهنت على أنّ الثقل الإجماليّ، على الأرجح جدًا، هو المقصود عند أرسطو ويحيى النحوي وابن باجة. في مثال (2) -كما عند ألبير السكسوني المذكور آنفًا- ترتبط السرعة فقط مع الثقل النوعيّ لسقوط الأجسام، لكن لا مع الوسط. وبما أنّ الوسط يؤخذ هنا بوصفه مقاومة مشتركة بين كلا الجسمين، فإنّه يقصى عنها أيّ اعتبار آخر. ومن ناحية ثانية، فإنّه سيكون من الخطإ جدًا، في غياب أيّ حجّة معقولة، أن ننسب إلى ألبير السكسوني الرأي القائل بأنّ سرعة السقوط تحدّدها نسبة ما للثقل النوعيّ للجسم مع الثقل النوعيّ للوسط الذي يسقط فيه.

72 "جاليلي وابن باجة"، ص 170

73 انظر كلاگيت Clagett، **علم الميكانيكا** (بالإنجليزية)، ص.137 و141؛ ونفسه، ص.141، للوقوف على أفكار شبيهة بما عبّر عنه في أقدم ما كتبه: *Liber de ponderoso et levi*.

وأيضًا، وبالنظر إلى الأسباب التي أوردناها في هذا المقال، سيكون من الخطإ أكثر أن نعزو هذا الرأي إلى أرسطو، ويحيى النحوي وابن باجة في تحديد سرعة السقوط، إذ لا يبدو أنّه تمّ الإعلان عن أيّ علاقة مباشرة بين الثقل النوعيّ للجسم وبين الوسط -سواء عبر القسمة أو الطرح- إلى حدود مطلع القرن السادس عشر.

ومادامت العلاقة بين الجسم الساقط والوسط قد دُرست بمفاهيم الثقل الإجماليّ والكثافة على التوالي، فإنّ قانون السقوط القائم على الطرح المنسوب إلى يحيى النحوي وابن باجة، سوف يظلّ، على الرغم من أهمّيته، عامًا وغير واضح. وليس ثمّة مقاييس موضوعية ومحدّدة اقتُرِحت -أو كانت قابلة لأن تُقترح- من أجل حساب الفارق بين الثقل الإجماليّ أو المطلق لجسم ساقط وكثافة وسطه المقاوم. لم يقدّم يحيى النحوي ولا ابن باجة ولا لاحقوه من اللاّتين ولو مثالاً واحدًا يكون فيه الوسط مطرحًا، بالفعل، من ثقل الجسم الساقط فيه. وهذه الأمثلة لم تقترح لأنّه لم يكن الثقل الكليّ أو الإجماليّ للجسم وكثافة الوسط يُختصران إلى عامل مشترك. وهذا يساعد على تبيان لماذا كان يُحسب الوقت الإضافيّ للسقوط في الأوساط، أو نقصان السرعة في الأوساط، كما رأينا أعلاه، في تطابق مع القواعد الأرسطيّة لسقوط الأجسام في الأوساط. غير أنّ جاليلي، الذي كان يملك هذا العامل المشترك ضمن مفهوم الثقل النوعيّ، كان بإمكانه تقديم أمثلة كثيرة عبر إضفاء قيم عدديّة كيفيّة على الأثقال النوعيّة للأجسام وعلى الأوساط، ومن خلال عمليّة الطرح يمكنه تحديد السرعات[74].

ويظهر أنّ ثمّة بعض الشكّ في أنّ جاليلي كان يطبّق على مسألة السقوط الطبيعيّ، على الأقلّ، مبادئ تقليديّة وقواعد في الهيدروستاتيكا[75] والستاتيكا[76]. ولأنّه كان متأثّرًا، بدون شكّ، بالنجاح الذي أحرزته الفيزياء الرياضيّة في حقل الهيدروستاتيكا والستاتيكا، حاول أن يتناول مسألة الحركة الطبيعيّة أو السقوط الحرّ بوصفها حالة خاصّة من الهيدروستاتيكا، وأن يبيّن أنّ الأجسام في سقوطها الحرّ تسلك كما الأثقال الموضوعة على الميزان. وهكذا، بعد أن سجّل أنّ "ثمّة أوساطًا كثيرة تحدث فيها الحركة مثل النار، الهواء، الماء.. وأنّ المبدأ نفسه ينطبق عليها جميعها"، يأخذ جاليلي مثال جسم يسقط في الماء لكي يبيّن في فصلي 4 و5 من كتابه **في الحركة** *De Motu* "أنّ الأجسام التي تتساوى في ثقلها مع الماء نفسه، إذا تركناها تسقط داخل الماء سوف تغمرها المياه كلّياً، لكنّها لن تتحرّك، آنئذ، إلى أسفل ولا إلى فوق؛ وثانيًا، [...] ليست الأجسام التي هي أخفّ من الماء، لا تغوص في الماء وحسب، ولكنّها أيضًا لا تغمرها المياه كلّيًا؛ وثالثًا، [...] إنّ الأجسام التّي هي أثقل من الماء تتحرّك ضرورة إلى أسفل"[77]. غير أنّ الحركة الطبيعيّة للأجسام إذا كان يمكن أن تفسّر، من الناحية الهيدروستاتيكيّة على نحو خالص، بوصفها حركة عبر وسط سائل، فإنّه من

74 يمكن الوقوف على هذه الأمثلة في صفحات 34-36، 40، و43-45 من ترجمة درابكين لكتاب *De Motu*.

75 هو العلم الذي يدرس توازن السوائل وضغطها، وهو فرع من الستاتيكا. (المترجم)

76 فرع من الميكانيكا، ويمكن ترجمته بعلم السكون لأنه يدرس سكون الأجسام وتوازن قواها. (المترجم)

77 نفسه، ص 17

الواضح أيضًا، بالنسبة إلى جاليلي، أنّ "حركة الأجسام المتحرّكة على نحو طبيعيّ يمكن أن تختزل، بشكل مناسب، إلى حركة أثقال موضوعة فوق الميزان. بمعنى أنّ الجسم المتحرّك على نحو طبيعيّ يقوم بدور أحد ثقلي الميزان، بينما يمثّل حجم الوسط المساوي لحجم الجسم المتحرّك الثقل الآخر في الميزان. وهكذا، إذا كان حجم الوسط المساوي لحجم الجسم المتحرّك أثقل من الجسم المتحرّك، والجسم المتحرّك أخفّ، فإنّ هذا الأخير، بوصفه يملك الوزن الأخفّ، سوف يتحرّك إلى فوق. ولكن، إذا كان الجسم المتحرّك أثقل من الحجم نفسه من الوسط، فإنّه سوف يتحرّك، آنئذ بوصفه يملك الوزن الأثقل، إلى أسفل. وأخيرًا، إذا كان الحجم نفسه من الوسط المذكور له ثقل مساو لثقل الجسم المتحرّك، فإنّ هذا الأخير لن يتحرّك إلى أعلى ولا إلى أسفل، تمامًا كما الأثقال الموضوعة في الميزان عندما يتساوى أحدهما مع الآخر، فإنّه لا يهبط ولا يصعد.

«وما دامت المقارنة بين أجسام متحرّكة حركة طبيعيّة وبين أثقال موضوعة فوق الميزان هي مقارنة مناسبة جدًا، فإنّه يجب علينا أن نبيّن هذا التّوازي عبر كلّ السّجال الذي نشأ حول الحركة الطبيعيّة. ومن المؤكّد أنّ هذا الأمر سيساهم كثيرًا في فهم هذه المسألة»[78].

يبدو هدف جاليلي في كلّ هذا واضحًا. فبعد فحص الحركة الطبيعيّة أو السقوط الحرّ في الهواء بوصفه مثالاً دقيقًا للمبادئ الهيدروستاتيكيّة، حاول أن يجعل هذا الأمر معقولاً عبر اختزال هيدروستاتيكا الحركة إلى سلوك مألوف للأثقال فوق الميزان، حيث تمثّل الأثقال أحجامًا متساوية لكلّ من الجسم الساقط والوسط. وعلى هذا النحو، اختُزلت مسألة السقوط الحرّ المعقّدة وفُسّرت بمبادئ وقوانين فيزيائيّة كانت تشكّل، إلى جانب البصريات، الفروع الأكثر تطوّرًا في الفيزياء الرياضيّة.

يمكن القول إنّه، لأوّل مرّة في تاريخ الفيزياء، قدّمت معايير موضوعيّة، نظريًا، وقابلة للقياس من أجل تحديد سرعات السقوط الحرّ للأجسام. فأن تكون نظرية جاليلي خاطئة لهو أمر أقلّ أهميّة بكثير ممّا تتضمّنه من دلالات. لقد تمّ ترييض (وعقلنة) أقدم (وأعمّ) قانون للسّرعات مضادّ للأرسطيّة. منذ كتاب **في الحركة** *De Motu* (الذي هو مقالة ومحاورة في آن واحد)، وهو أقدم محاولة محتفظ بها لجاليلي ذات التعبير العلميّ، نراه يلتمس ترييض القانون الديناميكيّ لسقوط الأجسام. وهكذا، فإنّ الرغبة في اكتشاف قوانين رياضيّة لحركة أجسام فيزيائيّة حقيقيّة كانت، منذ ذلك الحين، صورة بارزة ومميّزة لأقدم حقبة في نشاط جاليلي العلميّ. فمن خلال استعمال الثّقل النوعيّ أساسًا لقانون الحركة، بشّر بنيديتي وجاليلي بميلاد عهد جديد في تاريخ الفيزياء. ومن خلال التعبير عن قوانين الحركة بمفاهيم واضحة محدّدة ومعايير موضوعية، أسّسا مثلاً أعلى وتوجّهًا جديدًا ساعد على حلّ واحدة من أكثر المسائل إثارةً عبر التطوّر التاريخيّ الطويل لعلم الفيزياء.

78 نفسه، ص 23. أعاد التأكيد على موضوع المقارنة بين الحركة الطبيعيّة والأثقال في الميزان في الفصل 9 من كتابه **في الحركة** (ص 38-41) تحت عنوان: "فيم أنّ كلّ ما برهنّا عنه أعلاه يصاغ بلغة فيزيائيّة، وأنّ الأجسام المتحرّكة حركة طبيعيّة تختزل إلى أثقال فوق الميزان".

MominounWithoutBorders

Mominoun

@ Mominoun_sm

مؤمنون بلا حدود
Mominoun Without Borders
للدراسات والأبحاث www.mominoun.com

الرباط – أكدال. المملكة المغربية

ص ب : 10569

الهاتف : 54 99 77 537 212+

الفاكس : 27 88 77 537 212+

info@mominoun.com

www.mominoun.com

جميع الحقوق محفوظة © 2017

All rights reserved © 2017