مقالات
ISSN: 2090 – 0449 Online
ARCIF Arab Citation and Impact Factor, [Q3].
AIF Arab Impact Factor for Arabic Scientific Journals, [1.43].

تاريخ دراسة الحركة البراونية
ومعرفة العلماء العرب بها

د. سائر بصمه جي
دكتوراه في تاريخ العلوم الأساسية
باحث في تاريخ العلوم العربية
حلب – الجمهورية العربية السورية

مُلَخّص

بعيدًا عن التصوّر المجرّد للذرات الذي اقترحه الفلاسفة، كان لابد من تقديم دليلٍ على وجود الذرات. ولم يكن لمفهوم (الهيولى والصورة) الأرسطي أن يساعد في تقديم الدليل بشكلٍ كافٍ، فالشخص العادي يعلم أن الهيولى الخاصة بكرسي الخشب قد جاءت من الخشب الخام قبل تصنيعه، لكنه لا يملك القدرة على رؤية الذرات التي يتكون منها الخشب، وكذلك الحال مع المواد السائلة والغازية. لذلك كان (الهباء) أو (حبيبات الغبار الدقيقة جدًا) المتناثرة في الهواء أفضل وأقرب مثال يمكن الاستعانة به لتوضيح مفهوم الذرات للناس. وبذلك لم يعد مفهوم (الذرة) أسيرًا للحدس المجرّد حتى وإن كان منطقيًا وواضح التصوّر. نتتبع في هذا البحث التاريخي مراحل تطور ظاهرة الحركة البراونية Brownian Motion التي تحدث في الأوساط السائلة والهوائية، وكيف أن للعلماء العرب إسهامات في رصدها تستحق أن توضع في مكانها في تاريخ العلوم العام. في الواقع ليس بين أيدينا من الأدلة الكافية التي تمكننا الجزم بمسألة تأثر العلماء الأوربيين بما طرحه العلماء العرب عن الحركة البراونية، لذلك من المرجح أنه قد أعيد اكتشافها عندما توفرت لهم وسائل وتقنيات حديثة. لكننا استطعنا في هذا البحث الكشف عن عددٍ من النصوص التي تثبت معرفة العلماء العرب بظاهرة الحركة البراونية.

بيانات المقال:

تاريخ استلام المقال: ٣١ يوليو ٢٠٢٢
تاريخ قبول النشر: ٢٥ أغسطس ٢٠٢٢

كلمات مفتاحية:

الحركة البراونية؛ الذرة؛ الهواء؛ الغبار؛ تاريخ العلوم

معرِّف الوثيقة الرقمي: 10.21608/KAN.2022.296768

الاستشهاد المرجعي بالمقال:

سائر بصمه جي. "تاريخ دراسة الحركة البراونية ومعرفة العلماء العرب بها".- دورية كان التاريخية.- السنة الخامسة عشرة- العدد السابع والخمسون؛ سبتمبر ٢٠٢٢. ص ٣٣ – ٣٩.

Twitter: http://twitter.com/kanhistorique
Facebook Page: https://www.facebook.com/historicalkan
Facebook Group: https://www.facebook.com/groups/kanhistorique

Corresponding author: saerbasmaji@gmail.com
Editor In Chief: mr.ashraf.salih@gmail.com
Egyptian Knowledge Bank: https://kan.journals.ekb.eg

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

نُشر هذا المقال في دَوريةُ كَان التَّارِيْخية للأغراض العلمية والبحثية فقط، وغير مسموح بإعادة النسخ والنشر والتوزيع لأغراض تجارية أو ربحية.

مُقدِّمَةٌ

يمتاز الهباء بأنه يأخذ حالة مادية متوسطة بين الحالتين السائلة والصلبة، ويمكن أنْ يشكّل دليلًا محسوسًا بالبصر يمكن أن يُعتمد من قبل أصحاب النظرية الذرّية[١]. ونظرًا لهذه الحالة التي يتمتع بها الهباء فقد أمكن اعتباره الجزء النهائي المنفصل عن المادة (والذي لا يتجزأ)، وقد تكون جسيماته متجانسة في الشكل والحجم كما سبق وافترض ديموقريطس، ويعبّر بشكل لا ريب فيه عن حرية الحركة (أو الانحراف) التي قال بها فيما بعا أبيقور ولوكريتوس. وقد استعان المقتنعون بالنظرية الذرية من العلماء العرب بحركة الهباء في الهواء واستدلوا بها على وجود الذرات أيضًا.

تدرج دراسة هذه الظاهرة اليوم تحت مسمى الحركة البراونية Brownian Motion، نسبةً إلى معيد اكتشافها عالم النبات الإسكتلندي روبرت براون (توفي ١٨٥٨م) R. Brown في عام ١٨٢٧م.[٢] وهي ظاهرة عشوائية مضاعفة، حيث إن مسار الجسيم المعلّق يكون عشوائيًا بسبب التقلبات Fluctuations العشوائية غير القابلة للتنبؤ بسرع الجزيئات المجاورة لها إلا بشكل وسطي. وتستخدم دراسة الحركة البراونية اليوم في اختراع طرائق رياضياتية مهمة في الدراسة العامة للعمليات الاحتمالية. كما طُبقت هذه الطرائق على التحكم في التشويش الكهرطيسي، وأسهمت في فهم ديناميكا تحشّد النجوم، وتطور النظم البيئية وحركة أسعار أسهم الشركات. وقد كانت الملهم للباحث بينوا ماندلبروت B. Mandelbrot في اكتشاف الخاصة الأساسية للأجسام الهندسية التي أسماها بالكسوريات أو المتجزئات Fractals[٣].

سنتعرف في هذا البحث على مراحل الاهتمام بتطور وتفسير هذا النوع من الحركات الجسيمية الدقيقة، والمرئية في الوقت ذاته، والتي برهنت بشكليها الهوائي والسائل في البرهنة على وجود الذرات وأن العلماء العرب قد كان لهم إسهامات فيها.

أولاً: اليونانيون والرومانيون

تصور الفلاسفة اليونانيين والرومان الذرات، وقد طوروا الفكرة بتفصيل كبير. إذْ وفقًا لليوسيبوس وديموقريطس فإنّ ذرات الهواء تتحرك في كل الاتجاهات، وهي تغيّر طرقها من حين لآخر عندما يصدم بعضها بعضًا[٤]. وقد وثق لنا لوكريتوس في قصيدته (حول طبيعة الأشياء) المثال الشهير الذي وصله عن اليونانيين الذريين، وهو حركة الهباء، حيث قال: "فقط استعمل تدقيقك عندما ينفذ ضوء الشمس وأشعتها إلى غرفة مظلمة وينتشران عبرها: سترى ذرات دقيقة كثيرة تمتزج في نواحي كثيرة في كل مكان من الفراغ في ضوء الأشعة نفسه، وكما كانت في تلاطم أبدي فإنها تشق طريقها بجهد وتقاتل وتكافح في جماعات دون أي توقف مؤقت، تدفع هنا وهناك بتصادمات وافتراقات متكررة، إلى حد أنه، يمكنك أن تحدس من هذا لماذا تكون البدايات الأولى للأشياء تقذف دائمًا هنا وهناك في الفراغ الواسع"[٥].

ثانيًا: العلماء العرب والمسلمين

من أبرز المسائل التي استندت إليها المعتزلة في إثبات حدوث العالم كانت مسألة حركة الأجسام والعالم. وقد جعلوا الحركة والسكون من الأوصاف الطبيعية للجوهر الفرد (الذرة) حتى يتأتى منه تكوّن الأجسام[٦]. وقد استعانوا كثيرًا بمثال حركة جسيمات الهباء في الهواء، التي تكشف عنها أشعة الشمس عندما تسقط عليها. لكن قبل المعتزلة سنجد أن عالم الكيمياء البارز جابر بن حيان، كان أول من درسها.

من الناحية اللغوية؛ أورد أبو هلال العسكري (توفي ٣٩٥هـ/ ١٠٠٥م) تعريفه للهباء بقوله: "الهبوة غبار ساطع في الهواء، كأنه دخان. والجمع هبوات. وهبا الرماد يهبو، إذا اختلط بالتراب وهمد. وتراب هاب. والهباء دقاق التراب، ساطعه ومنثوره على وجه الأرض. والهباء المنبث ما نراه في ضوء الشمس في البيت"[٧].

٢/١-جابر بن حيان (القرن ٣هـ/٩م)

في الواقع بعد أن قرأت عن الحركة البراونية تساءلت: ألا تشكل حركة الهباء في الهواء شكلًا من أشكال الحركة البراونية؟ وهل ثمة دليل على أن العلماء العرب قد عرفوها؟ وبقيت الإجابة (بنعم) بعيدةً عني حتى عثرت على نص لجابر بن حيان يشير إلى أنه قد لاحظها فعلًا، وهي ملاحظة لا تختلف كثيرًا عن ملاحظة روبرت براون إلا في حالة الوسط وجهاز المراقبة، كما هو موضح في جدول المقارنة الآتي:

	جابر بن حيان (القرن ٩م)	روبرت براون (القرن ١٩م)
حالة الوسط	غازية	سائلة
أداة المراقبة	العين	المجهر
وسيط المراقبة	الضوء	الضوء
الربط مع النظرية الذرية	قام بربطها مع النظرية الذرية، معتبرًا أنها أساس كل شيء.	لم يقم بربطها مع النظرية الذرية، لعدم درايته بحقيقتها.

لقد لاحظ جابر حركة الهباء في أشعة الشمس وهو ما أطلق عليه اصطلاحًا اسم (الجوهر) أي الذرّة، ويعرفنا به قائلًا: "فأما الجوهر –عافاك الله- فهو الشيء المملوء به الخلل وهو المشكل بكل صورة وفيه كل شيء ومنه كل شيء يتركب وإليه ينحل كل شيء. وإن كنت لا تعلم ما هو من هذا القول فهو الهباء ولونه إلى البياض ما هو، فإذا وقفت عليه الشمس انقدح وظهر"[٨].

وبحسب المنطق الجابري فإن الهباءة الواحدة هي جزء مادي أساسي تُصْطنع المادة من تراكبه وتتحلل بتفككه، وهي تتحركُ حركةً عشوائية للجسيمات عندما تكون معلقة في الهواء. وبذلك فإن جابر اعتبر أن الهباء الجوي هو أصغر جزء في المادة، وليس كما كان شائعًا في زمانه أو قبله أن الذرة هي ما يعادل حبة الخردل أو غيرها. ونلاحظ هنا أنه لم يناقش مسألة انقسامها من عدمه، بل اعتبرها وحدة أساسية قائمة بذاتها. متجنبًا الخوض الكلامي في ذلك.

٢/٢-إبراهيم النظّام (القرن ٣هـ/ ٩م)

يذكر عمرو بن بحر الجاحظ (توفي ٢٥٥هـ / ٨٦٩م) قولًا لرئيس المتكلمين، ولم يحدد اسمه، لكني توصلت إليه من خلال سياق النص، بأنه إبراهيم النظّام، حيث أسماه (رئيس المتكلمين) ويذكر قوله بالطفرة، وهو المفهوم الذي كان إبراهيم النظّام أول من ابتكره. ثمّ أورد الجاحظ تفسير النظّام للنفس على أنها شكل من أشكال الهباء المتناثر في أرجاء جسم الكائن الحي، وفي حال حُجِبَ نور النفس عن الجسد بحاجز أمكنه الطفور واجتياز ذلك الحاجز.

قال النظّام: " بل أزعم أن النفس من جنس النسيم وهذه النفس القائمة في الهواء المحصور، عرض لهذه النفس المتفرقة في أجرام جميع الحيوان، وهذه الأجزاء التي في هذه الأبدان، هي من النسيم في موضع الشعاع والأكساف[٩]، والفروع التي تكون من الأصول. قال: وضياء النفس كضياء دخل من كوّة[١٠]، فلما سدت الكوة انقطع بالطفرة إلى عنصره من قرص الشمس وشعاعها المشرق فيها، ولم يقم في البيت مع خلاف شكله من الجروم[١١]. ومتى عم السد لم تقم النفس في الجرم فوق لا. وحكم النفس عند السد- إذ كنا لا نجدها بعد ذلك- كحكم الضياء بعد السد، إذ كنا لا نجده بعد ذلك. فالنفس من جنس النسيم، وبفساده تفسد الأبدان، وبصلاحه تصلح. وكان يعتمد على أن الهواء نفسه هو النفس والنسيم، وأن الحر واللدونة وغير ذلك من الخلاف، إنما هو من الفساد العارض"[١٢].

الواقع أننا لا نعلم مدى أصالة الطرح الذي قدمه النظّام هنا، فقد سبق وأن طرح أرسطو رأيين عن النفس يتعلقان بالجزء الذي لا يتجزأ: الأول أنها عبارة عن ذرات مثل ذرات الهباء في الهواء، تظهر للعيان عندما يسقط عليها شعاع الشمس، وهي دائمة الحركة حتى في الأوقات الهادئة. والثاني: أن النفس هي المحرّك الأول لتلك الذرات. كما أنه سبق وأن أشار كلٍ ليوسبوس وديموقريطس إلى أن النفس متحرّكة وسبب حركتها كونها مكونة من أجزاء صغيرة كروية مثل أجزاء النار أو حبات الغبار المتطايرة في شعاع الشمس، ويكون عدد أجزائها مساوٍ لعدد أجزاء الجسم، وكل جزءٍ من الجسم يقع بجانب جزءٍ من النفس على التوالي، وهي تتجدد عن طريق التنفّس[١٣].

٣/٢-ابن حزم الأندلسي (القرن ٥هـ/١١م)

ناقش ابن حزم الأندلسي (توفي 456هـ/٩٩٥-١٠٦٣م) حركة الهباء الذي يظهر في نور الشمس، لكننا لم نجده يستخدم الهباء كدليل على وجود الذرات، وإنما طرح أن الهباء ينتج بعد تحلل الأجسام وتفككها إلى عناصرها الأولية.

قال ابن حزم: " وأما الذي يُرى عند دخول خط ضياء الشمس من كَوّةٍ فإنما هو: أن الأجسام ينحلّ منها –أبدًا- أجزاء صغار، وهي التي تسمى الهباء. فإذا انحصر خط ضياء الشمس: وقع البصر على تلك الأجزاء الصغار. وهي متكاثفةٌ جدًا، ولونها الغبرة، فهي التي تُرى، لا سواها. من تأمل هذا عرفه يقينًا. وأن البيوت مملوءةٌ من ذلك الهباء المنحلّ من الأرض، والثياب، والأبدان، وسائر الأجرام. ولكن لدقته لا يُرى: إلا إن انحصر خط ضياء الشمس فيُرى ما في ذلك الانحصار منه فقط"[١٤].

٤/٢-القلقشندي (القرن ٩هـ/ ١٥م)

ربط أحمد بن علي بن أحمد الفزاري القلقشندي (توفي ٨٢١هـ/ ١٤١٨م) بين الهباء والذرة بشكلٍ صريح ومباشر، لكنه استنتج هذه الرابطة من الآيات القرآنية، وليس من نقاشات المتكلمين أو علماء الطبيعة. حيث قال: " الهباء: وهو الذي يحصل من ضوء الشمس عند مقابلتها كوة يدخل منها الضوء، فيكون شبه عمود ممتد من الكوة إلى حيث يقع ضوء الشمس من الأرض، وفيه أجزاء لطيفة متفاوتة تحس بالنظر دون اللمس؛ وقد شبّه الله تعالى به أعمال الكفار في القيامة فقال جلّ من قائل: ﴿وقَدِمْنا إلَى مَا عَمِلوا منْ عَملٍ فَجَعلَنَاهُ هَبَاءً مَنْثُورَا﴾[١٥]. ومن الناس من يزعم أن الواحدة من أجزائه هي المراد بالذرّة المذكورة في القرآن بقوله تعالى ﴿فَمَن يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ ۝ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ[١٦]﴾"[١٧].

ثالثًا: الأوربيون

لم يكن روبرت براون أول شخص يرى حركة الجسيمات المعلقة في سائل بالمجهر، فقد سبقه التاجر الهولندي أنطوني فان ليفنهوك (توفي ١٧٢٣م) A. van Leeuwenhoek، بأكثر من قرنٍ ونصف، وكذلك باي ووتر من ليفربول[١٨]. كذلك كانت فرضيات وضعها كلٍ من عالم الرياضيات السويسري دانيال برنولي والعالم البريطاني روبرت بويل لتفسير سلوك الغازات وكيفية توليدها للضغط على جدران الوعاء الحاوي لها[١٩]. إلا أن براون كان أول من أدرك أنه لم يكن يشاهد حركة تخص الكائنات الحية ذاتية الحياة. وبالتالي كان أول من بيّن شمول هذه الحركة على المواد جميعًا[٢٠].

فعندما أعلن روبرت براون عام ١٨٢٧م عن اكتشافه لحركة الجسيمات الصغيرة من حبوب الطلع (التي يبلغ قطرها أقل من نصف واحد على مائة من الملليمتر[٢١]) وهي تهتز في السائل الذي كان ينظر إليه في المجهر، كان يدرك تمامًا أن هذه الجسيمات ليست كائنات حية وإنما أجزاء صغيرة من الغبار تتحرك في الماء[٢٢]. حيث قال:" بينما كنت أتفحص شكل هذه الجسيمات المغمورة في الماء، لاحظت أن عددًا كبيرًا منها يتحرك بشكل واضح. وبعد تكرار الملاحظة عدة مرات، اقتنعت بأن هذه الحركات لا يسببها وجود تيار في السائل أو تبخر السائل بشكل تدريجي، بل تعود إلى الجسيم نفسه"[٢٣].

كان بحوزة براون مجهر حديث جدًا حينها، ومزود بعدسة جسمية أكروماتية (لالونية)[٢٤]، بحيث إنها تزيل آثار طيف ألوان قوس قزح التي كانت يؤثر بشكل سيء في رؤية حواف الأشياء عند استخدام أجهزة بدائية أكثر[٢٥]. كما أجرى دراسته لهذه الحركة على جسيمات أخرى غير عضوية، منها بقايا حجرية مطحونة من تمثال أبي الهول، وقدم تفسيرات مختلفة. ربما كان للظاهرة علاقة بتيارات الماء الدقيقة أو تأثير الضوء، غير أن أيًّا من هذه النظريات لم تبدُ متفقة مع المنطق[٢٦]. كما أنه أخذ من الأرض قطعة قديمة من الكوارتز التي تحوي بعض الماء الذي كان حبيسًا فيها، هذا الماء كان قد مضى على وجوده ملايين وملايين السنين، ومع ذلك فقد تمكن براون أن يرى في داخلها الحركة نفسها. لقد كان يشاهد خفقانًا أو اهتزازًا دائم لجسيمات متناهية في الصغر. وقد برهن بعد ذلك أن تلك الحركة هي إحدى آثار الحركة الجزيئية[٢٧].

أي أنّ كل العينات أظهرت السلوك نفسه ولم يمكن إعطاء وصف أو تفسير مقنع طوال 80 سنة تقريبًا. وفقًا للباحث بروش Brush كان يُشار إلى هذه الظاهرة في الكتب التي تتناول الحديث عن المجهر حيث إنها قدمت تنبيهات بشأن الحركة البراونية، حتى لا يظن المراقبون خطًا أنها مظهر لحياة ويحاولوا بناء نظريات خيالية عليها. بعد أن اقترحت النظرية الحركية للغازات وقبلت ببطء، نما انطباع أن الظاهرة تقدم إثباتًا تجريبيًا مباشرًا وجميلًا للمبادئ الأساسية للنظرية الميكانيكية للحرارة. هذا التفسير أيّدته مشاهدة أنه عند درجات الحرارة الأعلى تصبح الحركة سريعة أكثر.

من ناحية ثانية، فإنه لم يَنكبّ أيًا من أنصار حقل النظرية الحركية على المسألة، خصوصًا كلاوزيوس، وماكسويل، وبولتزمان. ربما يكون لأنهم لم يريدوا أن يتورطوا في أبحاث السوائل. حيث كان يوجد في ذلك الوقت عائق كبير هو أنّ الجسيمات البراونية كانت أثقل وأضخم بحوالي ١٠[٨] ضعف من جزيئات المذيب إلى درجة أنه يمكن جعلها تتحرك بشكل ملحوظ عند صدم الجزيئات لها. بقي الأمر ساكنًا إلى أن انبرى له هنري بوانكاريه (توفي ١٩١٢م) H. Poincaré – الرياضياتي الذي أغنى التاريخ المبكر للديناميكا الحرارية في عدة مناسبات بتعليقاته المفهومة بسهولة – لتعيين هوية آلية الحركة البراونية عندما قال: "إن الأجسام الضخمة جدًا، مثل تلك، التي تكون عشر ملليمتر، تضرب من كل الجوانب بذرات متحركة، إلا أنها لا تزحزح، لأن هذه الصدمات كثيرة جدًا وقانون الاحتمال يجعلها تعادل بعضها بعضًا؛ إلا أن الجسيمات الأصغر تتلقى صدمات أقل مما يلزم لحدوث هذه التعادل في الحقيقة وتتجول عشوائيًا بشكل مستمر". كما أشار أيضًا بوانكاريه إلى أن وجود الحركة البراونية يناقض القانون الثاني في الديناميكا الحرارية عندما قال: "...إلا أننا نرى تحت أعيننا الآن الحركة تتحوّل إلى حرارة بالاحتكاك، تتغير الحرارة الآن عكسيًا إلى حركة، وكل ذلك دون خسارة، لأن الحركة تبقى إلى الأبد. وهذا مضاد لمبدأ كارنو". في الواقع، إن وجود الحركة البراونية يظهر أن القانون الثاني هو قانون احتمالات. لا يمكن توقع أن يكون صحيحًا عندما تورّط جسيمات قليلة أو تصادمات قليلة. ففي ذلك الوضع، ستوجد تقلبات كبيرة حول التوازن[٢٨].

وفي عام ١٨٧٧م قدم جوزيف دلسو (توفي ١٨٩١م) J. Delsaux بفرضية مفادها أن الحركة البراونية تحدث نتيجة صدم جزيئات السائل أو الغاز للجسيمات المعلّقة فيه. وقد تحقق من هذه الفرضية المهمة تجريبيًا، وبذلك ترسخت النظرة الذرية لبنية المادة لأول مرة تجريبيًا[٢٩].

في النصف الثاني من القرن التاسع عشر قام الفيزيائي الفرنسي لويس جورج غويي (توفي ١٩٢٦م) L. G. Goey

(وبشكلٍ مستقل عنه في بريطانيا وليم رامزي (توفي ١٩١٦م) W. Ramsay[٣٠]) بدراسة تفصيلية للحركة البراونية، وقد أجرى سلسلة من التجارب جعلته يقتنع بأنّ سبب الحركة يكمن في السائل نفسه. وعليه، فإن هذه الحركة لا تحدث بسبب الفروقات في درجات الحرارة ولا بسبب الدفع الخارجي أو الاهتزازات[٣١].

في عام ١٨٨١م بين العالم البولوني بوداشيفسكي أن الحركة البراونية تحصل أيضًا في الغازات وليس في السوائل فقط. فقد كان يشاهد الجسيمات المجهرية التي تشكل دخان السجائر مع إضاءة جانبية، وكانت هذه الجسيمات تتراقص في جميع الجهات بالطريقة نفسها التي كانت ترقص بها الجسيمات الصلبة التي راقبها براون في السائل[٣٢].

توصل للسبب الحقيقي للحركة البراونية العالم البلجيكي كاربونيل في السبعينات من القرن التاسع عشر. وقد فسرها كما يأتي: تتحرك الجسيمات المجهرية لأنها تتعرض للصدمات من جانب جزيئات وذرات السائل المحيطة بها، والتي لا نراها[٣٣]. وعندما اخترع جيكموندي وزيدنتوف المجهر الحساس قام بمراقبة جسيمات الذهب في محلول غرواي (حيث قطر الجسيم أقل من جزء من مليون من السنتمتر) وجد أن الحركة البراونية لهذه الجسيمات كانت سريعةً جدًا، بحيث تتم رؤيتها لحظة انعطافها عن مسارها عندما تنخفض السرعة. وقد وصف جيكموندي انطباعه الأول بقوله:" إن ذلك عبارة عن عملية قفز مستمر ونط وتصادم[٣٤] وتطاير، بحيث يصعب فهم شيء في هذا الشواش"[٣٥].

بعد جيكموندي قام الكيميائي السويدي ثيودور سفيدبرغ (توفي ١٩٧١م) Th. Svedberg بدراسة الحركة البراونية لجسيمات الذهب في المحلول الغروي، وقد ابتكر طريقة للتخلص من الرؤية اللحظة المتقطعة (الخطفان)، وذلك من خلال فتح حقل الرؤية للمجهر الحساس بوساطة الستارة اللحظية لآلة التصوير مع ضبط استمرارية ذلك الوقت الذي تبقى فيه الستارة مفتوحة. وبتصغير الزمن يمكن التوصل إلى اختفاء هذا الخطفان، ومع التصغير اللاحق لهذا الزمن فإن الجسيمات تبدو وكأنها بدون حراك مثل العصفور الطائر المبين على الصورة الفوتوغرافية اللحظية. وكلما كانت الحركة البراونية أسرع وجب أن يكون فتح الستارة أقصر[٣٦].

التوصيف الرياضياتي لهذا النوع من الحركات قدمه كل من أينشتاين وسمولوكوفسكي في أوائل القرن العشرين عام ١٩٠٥م[٣٧]. وقد تحول هذا التوصيف بجهود أينشتاين إلى طريقة حاسمة تقوم على المشاهدة، وذلك للتأكيد على البنية الذرية للمادة. إضافةً لذلك فقد بيّن أينشتاين كيف أنّ قياس بعض خصائص الجسيمات في الحركة البراونية يمكن أن يعين عدة ثوابت فيزيائية مهمة، مثل كتل الذرات والجزيئات، ومقدار عدد أفوغادرو، وهو عدد الجسيمات الأولية في المول، أي في الوحدة الكيميائية القياسية لأي مادة، وكذلك ثابت الغازات العامة[٣٨].

لقد أثبت أينشتاين أنه هذه الحركة العشوائية لحبيبات اللقاح ناجمٌ عن قصف الجزيئات المفاجئ لسطح الماء[٣٩]، وهي تخضع لقانون إحصائي بحت. وأن نسق السلوك هو ما يجب أن نتوقعه إذا كانت تصطدم حبة اللقاح باستمرار بجسيمات أخرى لا تُرى وأصغر من أن يرصدها المجهر، وهي تتحرك بتوافق مع إحصاء بولتزمان-ماكسويل المخصص لوصف سلوك الذرات في سائل أو غاز. ويبدو أن تبسيط الأمر من قبل أينشتاين بهذه الطريقة هو الذي جعل علماء الفيزياء الأوربيين –أمثال إرنست ماخ وفيلهليم أوستفالد – يقتنعوا بوجود الذرات فعلًا أواخر القرن ١٩م[٤٠].

فقد كتب الكيميائي والفيلسوف الألماني فيلهليم أوستفالد، مع أنه معارض للنظرية الذرية، في مقدمة مقرر الكيمياء الذي ألفه:" والآن أنا متأكد من أننا مؤخرًا حصلنا على إثبات تجريبي للبنية المتقطعة أو الحبيبية للمادة، ذلك الإثبات الذي طالما بحثت عنه الفرضية الذرية خلال مئات وآلاف السنين. وإن تطابق الحركة البراونية مع متطلبات هذه الفرضية يعطي الحق لأكثر العلماء حذرًا في التحدث عن الإثبات التجريبي للنظرية الذرية للمادة. وبهذا فقد أصبحت الفرضية الذرية نظرية علمية لها تبرير قوي"[٤١].

تكمن أهمية دراسة الحركة البراونية من قبل أينشتاين في عام ١٩٠٥م، أنه باستخدام الأساليب الإحصائية جعل من الذرة حقيقة أكثر رسوخًا بالنسبة للعلماء. إذْ بعد إعادة تسليط الضوء عليها علميًا من قبل جون دالتون، ظهرت العديد من المناقشات بين الكيميائيين الأوربيين الذين رفض معظمهم القبول بوجود الذرات بالفعل، وكان من بينهم الكيميائي ديمتري مندليف (توفي ١٩٠٧م) D. Mendeleev واضع الجدول الدوري الشهير[٤٢].

ومع أن نظرية أينشتاين كانت متطابقة مع القياسات التي أجراها الفيزيائي جين بيرين (توفي ١٩٤٢م) J. Perrin فيما بعد، إلا أنها كانت على خلاف كامل مع القياسات المماثلة في الدقة التي قام بها ف. هنري، وقد بدا فيما بعد أنه أسيء تفسيرها. لكن نظرية أينشتاين قد قُبلت من قبل بعض الفيزيائيين لأنها

كانت تسمح بتفسير الحركة البراونية فقد كانت تتلاءم تلاؤمًا جيدًا مع نظريات أخرى كالنظرية الحركية للغازات، والنظرية الذرية في الكيمياء[٤٣]. وحول هذه النقطة يرى الباحث ماريو بونج " أن نظريةً ما لا يمكن أن تكون مقبولة أو مرفوضة، بمجرد ملاحظة توافقها أو عدم توافقها مع الأحداث التجريبية"[٤٤].

أخيرًا؛ جاء عمل الفيزيائي الفرنسي جان بيرين عام ١٩٠٨م ليثبت بشكل نهائي بأن الحركة البراونية في السوائل ناجمة عن حركة الجزيئات، وهو ما قدّم الإثبات الحاسم لوجود الجزيئات والذرات[٤٥]. توّج عمله بحصوله جائزة نوبل في الفيزياء عن دراسته لهذه الحركة عام ١٩٢٦[٤٦].

خَاتِمَةٌ

في الواقع ليس بين أيدينا من الأدلة الكافية التي تمكننا الجزم بمسألة تأثر العلماء الأوربيين بما طرحه العلماء العرب عن الحركة البراونية، لذلك من المرجح أنه قد أعيد اكتشافها عندما توفرت لهم وسائل وتقنيات حديثة. لكننا استطعنا في هذا البحث الكشف عن عددٍ من النصوص التي تثبت معرفة العلماء العرب بظاهرة الحركة البراونية.

الاحالات المرجعية:

(١) اليافي، عبد الكريم، **تقدم العلم: الفيزياء الحديثة والفلسفة**، ط٢، دار طلاس، دمشق، ٢٠٠٤م، ص ١٧٠.

(2) R. Brown: "A brief account of microscopic observations made in the months of June, July and August 1827 on the particles contained in the pollen of plants; and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies." Edinburgh New Philosophical Journal 5 (1828) p. 358.

(٣) لافندا، ب.هـ.، **الحركة البراونية**، مجلة العلوم، العدد٢، المجلد٤، فبراير/شباط، تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، ١٩٨٨م. ص٩٢.

(4) Müller, Ingo, A History of Thermodynamics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007, p. 78.

(٥) Samursky, Shmuel, Physical Thought, p. 9.

(٦) الشنقيطي، محمد الأمين، **آداب البحث والمناظرة**، قسم أول، مكتبة ابن تيمية، القاهرة، (د.ت). ص٢٩-٣٠.

(٧) العسكري، أبو هلال الحسن بن عبد الله، **التلخيص في معرفة أسماء الأشياء**، ط٢، تحقيق: عزة حسن، دار طلاس، دمشق، ١٩٩٦م، ص ٢٧٤.

(٨) كراوس، بول، **مختار رسائل جابر بن حيان**، مكتبة الخانجي، القاهرة، ١٩٣٥م. ص ٤٢٩.

(٩) جمع كسف، أي القطعة من الشيء.

(١٠) خرق في الحائط.

(١١) جمع جرم، وهو الجسد والجسم.

(١٢) الجاحظ، عمرو بن بحر، **الحيوان**، ج٥، ط٢، دار الكتب العلمية، بيروت، ٢٠٠٣م. ص ٦٢.

(١٣) اليافي، عبد الكريم، تقدم العلم: **الفيزياء الحديثة والفلسفة**، ط٢، دار طلاس، دمشق، ٢٠٠٤م، ص ١٧٩.

(١٤) ابن حزم الأندلسي، **رسالة في الألوان**، حققه وناقشه عدد من الباحثين، ط١، النادي الأدبي بالرياض، الرياض، ١٩٧٩م. ص ٢٢-٢٣.

(١٥) **سورة الفرقان**، الآية ٢٣.

(١٦) **سورة الزلزلة**، الآية ٧-٨.

(١٧) القلقشندي، أحمد بن علي بن أحمد الفزاري، تحقيق: محمد حسين شمس الدين وآخرون، ط١، ج٢، دار الكتب العلمية، بيروت، ١٩٨٧م، ص ١٩٤.

(١٨) لندلي، ديفيد، **مبدأ الريبة**، ترجمة: نجيب الحصادي، دار العين-كلمة، القاهرة-أبو ظبي، ٢٠٠٩م، ص ٢٧-٢٨.

(١٩) تشاون، ماركوس، **نظرية الكمية لا يمكن أن تؤذيك**، ط١، ترجمة: يعرب قحطان الدوري، الدار العربية للعلوم ناشرون-مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم، بيروت-أبو ظبي، ٢٠٠٨م، ص ١٦-١٧.

(٢٠) **الموسوعة العلمية الميسرة**، مجلد١، ج١، منشورات وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق، ١٩٨٠م. ص١٩٨.

(٢١) غريبين، جون، **تاريخ العلم (١٥٤٣-٢٠٠١م)**، ج١، ص ١٠٤.

(٢٢) لايتون، روبرت، **محاضرات فاينمان في الفيزياء**، ج١، قسم٣، الاهتزازات والترموديناميك، ترجمة: فئة من أساتذة الفيزياء في جامعة دمشق، وزارة التعليم العالي، دمشق، ١٩٧٤م، ص ١٢٨.

(٢٣) أينشتاين، ألبرت، وأنفيلد، ليوبولد، **تطور الفيزياء**، ط١، ترجمة: عليّ المنذر، أكاديميا، بيروت، ١٩٩٣م. ص ٥١.

(٢٤) برونشتين، ماتفي، **الذرات والإلكترونات**، دار مير، موسكو، ودار الفارابي، بيروت، ١٩٨٤م. ص٧٢.

(٢٥) لندلي، ديفيد، **مبدأ الريبة**، ص ٢٦.

(٢٦) إيزاكسون، والتر، **أينشتاين: حياته وعالمه**، ترجمة: هاشم أحمد محمد، مؤسسة هنداوي، القاهرة، ٢٠١٤م. ص ١٢٥.

(٢٧) لايتون، روبرت، **محاضرات فاينمان في الفيزياء**، ج١، قسم٣، الاهتزازات والترموديناميك، ص ١٢٨.

(28) Müller, Ingo, A History of Thermodynamics, p. 274-275.

(٢٩) لندلي، ديفيد، **مبدأ الريبة**، ص ٣٣.

(٣٠) غريبين، جون، **تاريخ العلم (١٥٤٣-٢٠٠١م)**، ج١، ص ١٠٤.

(٣١) برونشتين، ماتفي، **الذرات والإلكترونات**، ص٧٤.

(٣٢) المرجع السابق نفسه، ص٧٤.

(٣٣) برونشتين، ماتفي، **الذرات والإلكترونات**، ص٧٤-٧٥.

(٣٤) إن الجسيم البراوني يعاني نحو ١٢١٠ تصاماً في الثانية. عن: لافندا، ب.هـ.، **الحركة البراونية**، ص٩٥.

(٣٥) برونشتين، ماتفي، **الذرات والإلكترونات**، ص٧٦.

(٣٦) المرجع السابق نفسه، ص٧٦.

(٣٧) لايتون، روبرت، **محاضرات فاينمان في الفيزياء**، ج١، قسم٣، الاهتزازات والترموديناميك، ص ١٤٩.

(٣٨) لافندا، ب.هـ.، **الحركة البراونية**، ص٩٢.

(39) Einstein, Published by Macaw Books, India, 2013. P.11

(٤٠) جريبين، جون، **البحث عن قطة شرودنغر**، ص ٣٧-٣٨.

(٤١) برونشتين، ماتفي، **الذرات والإلكترونات**، ص٨٦.

(٤٢) شيري، إيريك، **قصة ٧ عناصر**، ترجمة: عمر سعيد الأيوبي، هيئة أبو ظبي للسياحة والثقافة- مشروع كلمة، ٢٠١٦م، ص ٨٣.

(٤٣) بونج، ماريو، **فلسفة الفيزياء**، ترجمة: حافظ الجمالي، منشورات وزارة الثقافة، دمشق، ط١، ١٩٨٤، ص ٤٠٩.

(٤٤) المرجع السابق نفسه، ص ٤٠٩.

(٤٥) برونشتين، ماتفي، **الذرات والإلكترونات**، ص٧٢.

(٤٦) لافندا، ب.هـ.، **الحركة البراونية**، ١٩٨٨م. ص٩٨.