# مفارقات الحركة عند زينون الإيلي

## جدلية الحركة والسكون

د. جيهان حمدي محمود جمعة(*)

### الملخص

موضوع البحث هو «مفارقات الحركة عند زينون الإيلي-جدلية الحركة والسكون». يعتبر زينون من أكثر الفلاسفة إثارة للجدل، فحججه في الحركة فيها من العمق والبراعة ما جعلها تُشكل مشكلة مستعصية للرياضيات حتى القرن التاسع عشر. لم تكن لزينون فلسفة خاصة به، لكنه ركز على الدفاع عن فلسفة استاذه بارمنيدس، باعتقاده في الوحدة والثبات ونفيه لحقيقة الكثرة والحركة؛ بحجج أثارت الكثير من التساؤلات الفلسفية. لقد ابتكر زينون طريقه لتقنيد آراء خصومه عن طريق التسليم بها ثم إظهار ما يترتب عليها من نتائج متناقضة، ولذلك أطلق عليه أرسطو «مخترع فن الجدل»، وحجج زينون في الحركة أربعة، ومن المؤسف أنه ليس لدينا نص أصلي للحجج التي كتبها زينون بنفسه، لكن معرفتنا بها تقتصر على مناقشة أرسطو لها في كتابه الطبيعة.

الحجة الأولى (الانقسام اللانهائي) وفيها يشرح زينون الامتداد اللانهائي للمكان عن طريق الانقسام، ويَعتبر أي مسافة متناهية هي عدد لانهائي من النقاط، وقد أعطت هذه الحجة لزينون مبدأ في غاية الأهمية ألا وهو أن مجموع اللامتناهيات قد يكون متناه، وبالتالي، وعلى الرغم من الكثرة الواضحة لكن المحصلة النهائية ستكون الوحدة. والحجة الثانية (أخيل والسلحفاة) هي الأشهر بين حجج زينون، وهي نسخة من الحجة الأولى لكن خط نهاية السباق فيها يتحرك بسرعة أقل بكثير من سرعة العداء. والحجة الثالثة (السهم) وفيها يقول زينون بأن السهم متوقف في جميع الآنات وبأن الزمان يكون بتجميع الآنات، وبالتالي

(*) مدرس الفلسفة اليونانية - قسم الفلسفة - كلية الآداب - جامعة الفيوم.

يكون الزمان غير متصل، أما أرسطو فقد أوضح أن الزمان متصل. والحجة الرابعة (الصفوف المتحركة أو الاستاد) وفيها يناقش زينون تناقضات الحركة ويفسر الحركة النسبية بطريقة خاطئة على حد قول أرسطو.

وقد شكك البعض في جوانب من رواية أرسطو للحجج وخاصة الاستنتاجات. كما أن الرياضيات اليونانية القديمة لم تستوعب بعض المفاهيم الرياضية- كالنهايات- وذلك لأنهم كان لديهم نظام معتقدات متداخل ومتشابك مع كل من أفكارهم العلمية ومعتقداتهم الدينية. فأفلاطون وأرسطو لم يدركا القيمة الحقيقية لهذه الحجج، بل أن أرسطو أطلق عليها «مغالطات» بدون أن يكون قادرًا على دحضها. ولقد صمد منطق زينون لقرون عديدة، معظمه سليم، وكانت حججه حافزًا للبحث عبر العصور في الحركة والزمان والمكان. أما عن المصطلحات الرئيسية في البحث فهي كالآتي: مفارقات - الجدل - الوحدة - الكثرة - الحركة - السكون - المتناه - اللامتناه - النهايات - الاتصال - قابل للإنقسام - متناهي الصغر - المتواليات الهندسية - النهايات - الحركة النسبية.


## Summary

The subject of the research is " Zeno of Elea's Paradoxes for Motion - Dialectic of Motion and Stability ". Zeno was one of the most controversial philosophers, and his arguments for motion are in depth and ingenuity to make an intractable problem for mathematics until the nineteenth century. Zeno did not have a philosophy of his own, but he focused on defending the philosophy of his teacher Parmenides, by his creeds in "One" and "Stability" and his denial of "Plurality" and "motion". Zeno devised a way to take advantage of his opponent's views by recognizing them and then showing their contradictory results. Therefore, Aristotle called him the "inventor of the Dialectics". Zeno's arguments against motion are Four, Unfortunately, we do not have an original text of the arguments that Zeno himself wrote, and our knowledge is just limited to Aristotle's discussion of them in his book "Physics".

The first argument ( Dichotomy ) in which Zeno explains the infinite extension of the place through divisible, and any finite distance is an infinite number of points, Zeno's argument was given a very important principle , that "the sum of the infinites can be finite", So obviously despite of the "Many" , the final result will be the

"One" . The second argument (Achilles and Turtle) the most famous among Zeno's arguments, is a version of the first argument, but the end line of the race is not fixed as in the first argument, but it is moving with speed less than the runner speed.

The Third argument (the Arrow) in which Zeno says that the flying arrow is at rest at any instant and the time is resulting by the accumulation of the instants, therefore there is no motion and time is not a continuity, but Aristotle explained that the instances have zero value and the time is a continued . The fourth argument (Moving Rows or Stadium) in which Zeno discusses the contradictions of motion, but he explains the relative movement in the wrong way as in Aristotle statement.

Some have questioned aspects of Aristotle's statement of the arguments, particularly the results. The ancient Greek mathematics did not grasp some of mathematical concepts - such as limits - because they had an interlocking system of beliefs intertwined with both their scientific and religious beliefs. Plato and Aristotle did not realize the true value of these arguments, and Aristotle called them "fallacies" even without being able to refute them completely. Zeno's logic has survived for centuries, most of it a true, and its arguments have been a catalyst for research through the ages in Motion, time and Space.

**the Keywords in the research, are as following:**

Paradoxes- Dialectics- One - Plurality - motion - Many - Stability -Infinite - Finite - Infinitesimal - Continuity - Dichotomy - Geometric Series - Limits - Relative Motion.

## مقدمة

موضوع البحث هو « مفارقات الحركة عند زينون الإيلي - جدلية الحركة والسكون»، ونعلم أن زينون الإيلي صاحب الحجج الشهيرة ضد الكثرة والحركة ومن أكثر الفلاسفة إثارة للجدل، فهو فارس الإيلية ومخترع فن الجدل، المؤسس المنطقي للمدرسة الإيلية وأعظم معارضي الفلسفة الفيثاغورية، تلميذ بارميندس وتابعه الرئيسي، أبو المنطق ومحامي الإيلية عند بعض الفلاسفة، وعند الآخرين فهو متلاعب بالألفاظ، أبو السفسطة، مهرج ومجادل بارع.

وهذا الاختلاف يُظهر مدى الجدل المثار حول زينون وفلسفته، فحجج زينون بها من الإغراء الفلسفي؛ ما لم يستطع أحد من الفلاسفة مقاومة البحث فيها بما تحمله من مفاهيم

وأسئلة من الصعب الحصول على أجوبة تامة لها. و إن كان بعض الفلاسفة قد حكموا على حججه ولمدة ألفي عام بأنها أغاليط وعبث فكري وتلاعب بالألفاظ محاولين نقضها بدون تعيين قيمتها أو شرحها في الإطار الخاص بها، وذلك للوصول إلى الغاية التي قصدها مؤلفها بها. ولذلك وبسبب نقص الحكم على أعماله لم يظفر زينون بمكانته الحقيقية.

إن حجج زينون و إن كانت تبدو سطحية لكن بالبحث العميق فيها يظهر مدى براعتها ومدى تأثيرها في تطور الفلسفة والرياضيات، حيث إن حجج زينون قد كشفت نقص في كثير من المفاهيم الرياضية وأثارت تساؤلات استعرقت حوالي ألفي عام حتى تمت الإجابة عليها. ولذلك، فإن طوال الفترة التي استغرقها علماء الرياضيات للرد على حجج زينون، كانت الحجج هدفًا سهلًا لكل من أراد أن ينال منها. خاصةً أن زينون قد نجح بحججه في إثارة تساؤلات كثيرة صعبة وصحيحة، لكن المشكلة تكمن في استنتاجاته، التي كانت صادمة للفطرة، جعلتها تنال ما تنال من الهجوم عليها، وحتى أن بعض الفلاسفة يطلقون عليها اسم «مغالطات» وليس «حجج أو مفارقات».

إن زينون الإيلي لم يكن له فلسفة خاصة به، ولذلك لا نجد له صياغة لمفاهيم أو حقائق فلسفية جديدة، إنما انصب تركيزه على الدفاع عن فلسفة أستاذه بارمنيدس الذي اعتقد أن حقيقة الوجود هي الوحدة والثبات، وأنكر حقيقة الكثرة والحركة، فصاغ زينون حجج جدلية تبين مفارقات القول بالحركة والكثرة للرد على خصوم أستاذه، وخاصةً الفيثاغوريين، على الرغم من كون زينون أحد الفيثاغوريين قبل أن يتتلمذ على يد أستاذه بارمنيدس، فلذلك نجد أن حججه من العمق لتحيّر حتى الآن كل من لم يدرس علم الرياضيات المتقدمة؛ كـ(النهايات- التفاضل- التكامل-...)، كما أن حججه تتضمن بعض المفاهيم الرياضية؛ كالمتناه، المسافة، ما لا نهاية، النقطة، الخط، العدد والوحدة. والدراسات التي تعرضت لهذه الحجج كثيرة، وحيث أن المشكلة الفلسفية لها ما زالت قائمة، فلذلك سنحاول دراستهم ووضعهم في إطارهم الخاص بهم، وتوضيح المقصد الأساسي منها، وسوف نستخدم أيضًا بعض المفاهيم الرياضية المرتبطة بها، وسنوضح جدلية الحركة والسكون في مفارقات الحركة الزينونية، وما أثارته من جدل لم ينتهي حتى الآن، ومحاولة للوصول إلى إجابة على السؤال الذي حيّر كثير من الفلاسفة: هل حجج زينون من العمق ما تستحق كل هذا العناء، أم أنها مجرد سفسطة؟ وما القيمة الحقيقية لها؟ هل ساعدت على تطوير مفاهيم فلسفية وعلمية؟

أما عن المناهج المستخدمة في البحث فهي عدة: المنهج التحليلي، والنقدي، والمقارن، وذلك لتحليل حجج زينون لاستخراج ما تتضمنه من مفاهيم وأفكار، والتمييز بين عناصرها والحكم عليها من حيث رصانتها وجديتها، وإجراء المقارنات بين الحجج فيما بينها، وعرض لأهم الآراء التي تناولتها بالنقد.

ويتألف البحث من مقدمة وسبعة عناصر وخاتمة وقائمة المصادر والمراجع.

فأما المقدمة: فقد قمت فيها بالتعريف بموضوع البحث وتوضيح أهميته، كما عرضت فيها للتساؤلات الموجهة للبحث، وأشرت إلى المنهج الذي اعتمدت عليه في إعداد هذا البحث.

**وأما عناصر البحث فهي كالآتي:**

**١- الجدل عند زينون.**

**٢- حجج زينون في الحركة.**

**٣- الحجة الأولى: الانقسام اللانهائي.**

**٤- الحجة الثانية: أخيل والسلحفاة.**

**٥- الحجة الثالثة: السهم.**

**٦- الحجة الرابعة: الصفوف المتحركة (أو الاستاد).**

**٧- الفلسفة البارمنيدية ومفارقات الحركة عند زينون.**

وأما الخاتمة: فقد دونت فيها أهم النتائج التي انتهت إليها.

## ١ـ الجدل (Dialectics) عند زينون

لقد ابتكر زينون طريقة لتفنيد آراء خصومه، دفاعًا وتأييدًا لفلسفة أستاذه بارمنيدس، يتم فيها الإيقاع بالخصم عن طريق التسليم بصحة قضيته، ثم إظهار ما يترتب على هذا التسليم من نتائج متناقضة لا يقبلها العقل، وبذلك تكون قضية الخصم خاطئة، وبالتالي فإن القضية التي هي نقيض قضية الخصم- والتي هي في الأصل قضية زينون- تكون صحيحة. وهذا ما

يُعرف ببرهان الخلف «أي أنه يثبت القضية بتكذيب العكس»[١]. وقد أطلق أرسطو على هذه الطريقة «فن الجدل»، وأطلق على زينون «مخترع فن الجدل»، [٢].

لقد كان لهذا المنهج الجدلي الذي أتى به زينون وطريقته الاستدلالية أثر كبير على السوفسطائيين، «حيث أنه أعطاهم السلاح الذي به حاولوا أن يهدموا الفلسفة التي كانت سائدة حتى هذا العهد»[٣]. ولذلك هناك من يطلق على زينون بأنه « كان سفسطائيًا»[٤]، وأن «هذه الحجج سوفسطائية»[٥]، لكن زينون بعيد عن كونه سفطائيًا، كما أن حججه ليست مجرد سفسطة، حيث إنه يستخدم الجدل في الاتجاه الإيجابي، وذلك للوصول إلى حقيقة ما مستخدمًا طريق العقل والمنطق وخاصة مبدأ عدم التناقض. لكن السفسطائيين انحرفوا بالجدل إلى تجاه آخر، مختلف عن اتجاه زينون، فالجدل عندهم سلبي، تلاعب بالألفاظ لطمس وإنكار الحقائق.

وبالرغم من أن حجج زينون كانت موجهة إلى خصوم أستاذه بارمنيدس لكنها كانت موجهة على وجه الخصوص إلى الفيثاغوريين: «إن جدلية زينون كانت موجهة أساسًا ضد الفيثاغوريين...، وقد تم توجيهها إلى خصوم بارمنيدس، الذين قالوا بالتعدد»[٦]. فمحاورة بارمنيدس لأفلاطون تبين الفترة الزمنية التي وضع فيها زينون كتابه، «... بارمنيدس وزينون... عمر الأول خمسة وستين عامًا... وكان زينون في الأربعين تقريبًا، ... في حين أن سقراط أتى ليراهم...، وكان رجلًا جد شاب آنئذ»[٧]. إذن فكتاب زينون كان من أعماله في شبابه، «وبالتالي أنه لا بد أن يكون قد كتبه في إيطاليا. وكان الفيثاغوريين هم الأشخاص الوحيدون

(١) د. إمام عبد الفتاح إمام: مدخل إلى الميتافيزيقا، دار نهضة مصر للنشر، ط٤، القاهرة، ٢٠١٤م، ص١٠٨.
(٢) د. مصطفى النشار: تاريخ الفلسفة اليونانية من منظور شرقي، الجزء الأول والثاني، دار قباء الحديثة، ط٢، القاهرة، ٢٠٠٧م، ص١٧٨.
(٣) د. عبد الرحمن بدوي: ربيع الفكر اليوناني، مكتبة النهضة المصرية، ط٤، القاهرة، ١٩٦٩م، ص١٣٧.
(٤) د. أحمد فؤاد الأهواني: فجر الفلسفة اليونانية قبل سقراط، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ٢٠٠٩م، ص١٤٩.
(٥) د. علي سامي النشار: نشأة الفكر الفلسفي عند اليونان، منشأة المعارف، ط١، الإسكندرية، ١٩٦٤م، ص٧٢.
(6) John Burnet, Early Greek Philosophy, A & C Black, 3rd Edition, London, 1920, p.232.
(٧) أفلاطون: محاورة «بارمنيدس»، ضمن المحاورات الكاملة لأفلاطون، المجلد الثاني، نقلها إلى العربية: شوقي داود تمراز، الأهلية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٩٤م، ص١٤.

الذيـن يمكـن أن ينتقـدوا آراء بارمنيدس في ذلك التاريـخ»[١]. حيـث إن الفيثاغوريين كانوا متمركزيـن في جنـوب إيطاليا، وهو نفـس موطن كل من بارمنيدس وزينـون: «وكان زينون أعظـم معارضي الفلسـفة الفيثاغورية وهي الفلسـفة التـي حظيت بالمكانـة الأولى في إيطاليا الجنوبيـة موطن بارمنيدس وزينون»[٢]. وذلك يدعم فرضيـة كون زينون أحد الفيثاغوريين قبل أن يتتلمذ على يد بارمنيدس. وكان لذلك أثر كبير على الطريقة التي سـيرد بها زينون على هجوم الفيثاغوريين على فلسفة أستاذه، وكان يعرف مدى شغف وتقديس فيثاغورس وأتباعه للرياضيات: «فهو يلتمـس الحقيقة في المعرفة الرياضية، لأنها يقينية، مضبوطة، ومنطبقة على العـالم الحـسي، ومفسرة له، ومسـتمدة من العقل ذاته لا من المشـاهدات الحسـية»[٣]. ولذلك أحكم زينون وضع حجج من الاسـتحالة نقدهـا أو نقضها بالمعرفة الرياضية لهذا العصر، بل اسـتغرقت حوالي ألفي عـام للحصول على أجوبـة رياضية لها، «أنا مقتنع تمامًـا بأن مفارقات زينون المختلفة تمثل مشاكل مستعصية لحساب التفاضل والتكامل في شكله قبل القرن التاسع عشر، لكن إنجازات القرن التاسـع عشر فيما يخص أسـس حساب التفاضل والتكامل توفر لنا الوسائل التي تذهب بنا للأمام لحل مفارقات زينون»[٤].

إن أرسـطو هو مـن أطلق على زينون مخترع الجدل (تبعًا لروايـة ديوجينيس اللائرتي)، فأقـوال زينون كانت بمثابة إنكارٍ لنظريات معارضيه، من خلال إبراز خصائصها المتناقضة مسـتخدمًا ما يسـمى «برهان الخلف». وقد كان هذا الأسـلوب موجود مـن قبل، في طريقة بارمنيدس، وربما إكسـينوفان أيضًا، كما أن هذه الطريقة لها جذور في اليونان القديمة، فهو أسلوب شـائع للاعتراض والاختلاف. لكن تطوير الجدل كطريقة لتوضيح وفصل المفاهيم والتـي أنشئت على يد سـقراط وأفلاطـون، لم تجعل الجـدل «علم دقيق». فـكل ادعاءات أفلاطـون في هـذا الصدد انهارت بسـبب طابع التفكـر والتأمـل والتكهن في البنيـة الأولية «للأفـكار» والتي قـام هو بتطويرهـا كقاعدة عقلية، مبـادئ وقوانين أو نظرية للأشـياء.

(1) John Burnet, op. cit., p.232.

(٢) د. أميرة حلمي مطر: الفلسـفة اليونانية- تاريخها ومشـكلاتها، دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٨م، ص ص٩٥، ٩٤.

(٣) د. أحمد فؤاد الأهواني: المرجع السابق، ص٩١.

(4) Wesley C. Salmon, A Contemporary Look at Zeno's Paradoxes: An Excerpt from Space, Time, and Motion, in «Metaphysics: The big questions», Ed. By Peter Van Inwagen and Dean W. Zimmerman, Blackwell Publishers, First Published, Oxford, 1998, p.132.

فالتعقيد والتناقض للجدل حتى في فهم أفلاطون له، وفي نفس الوقت في المفهوم القديم على وجه العموم، والذي يتضح فيه. فالجدل كان استطراد، تخمين، بديهية، فن، ليس ذلك مع أفلاطون فقط، وهذا يعني أن الجدل «لا يمكن أن يكون لا لبس فيه من حيث المبدأ، والسماح للأفكار غير المحدودة وإعطاء الحرية الكافية للاستنتاجات الأيديولوجية». وقد فسر أرسطو الجدل بأنه يعتمد على احتمالية وافتراضات وأراد استخدامه على شكل واسع في الفلسفة لكي تكون «القدرة على إثارة صعوبات البحث على كلا الجانبين للموضوع، التي ستجعلنا نكتشف الحقيقة والخطأ بسهولة»(١).

## ٢ ـ حجج زينون في الحركة

إن حجج زينون في الحركة أربعة، وهي حجج يعسر حلها وفقًا لما قاله أرسطو: «وحجج زينون في الحركة، التي يعسر حلها أربع»(٢). ولقد تم الحفاظ عليها بواسطة أرسطو نفسه، من خلال مناقشته لها في كتابه «الطبيعة». لكن من المؤسف إنه ليس لدينا النص الأصلي للحجج، والذي كتبه زينون بنفسه: «إن شُراح أرسطو اليونانيين ولمرة قد خذلونا: فلم يعيدوا كتابة أي من كلمات زينون الأصلية، وباستثناء واحد، فإنهم لم يعطونا معلومات لا نستطيع استخلاصها من نص أرسطو»(٣).

ويقول زينون في محاورة بارمنيدس: «لقد قادتني غيرتي لسيّدي كي أكتب هذا الكتاب في أيام شبابي، غير أن شخصًا ما سرق النسخة. ولهذا السبب لم يكن لديّ خيار ما إذا سينشر أو لا»(٤)، لكن أليس من الغريب في هذا الحوار هي شكوى زينون من سرقة مؤلفه واعتقاده بأنه لن ينشر مع أن زينون هنا في الأربعين من العمر، أي أن باستطاعته إعادة تأليفه مرة أخرى: «كانت المفارقات شهيرة في العصور القديمة، وقد تأثر بها فلاسفة بخلاف أرسطو:

(1) T. I. Oizerman & A. S. Bogomolov, Principles of the Theory of the Historical Process in Philosophy, Translated by: H. Campbell, Progress Publishers, Moscow, 1986, p.161.

(٢) أرسطوطاليس: الطبيعة، ج(٢)، ترجمة: إسحق بن حنين-مع شروح ابن السمح، ابن عدي، متى بن يونس، أبي الفرج بن الطيب، حققه وقدم له: د. عبد الرحمن بدوي، المكتبة العربية/ المؤسسة المصرية العامة للتأليف والأنباء والنشر، القاهرة، ١٩٦٥م، المقالة السادسة، ٢٣٩ ب، ٩، ص٧١٣.

(3) Jonathan Barnes, The Presocratic Philosophers, Routledge, New York, 1982, p.205.

(٤) أفلاطون: المرجع السابق، ص١٦.

إنه من الغريب، وكذلك من المؤسف أن معرفتنا بها تقتصر فعليًا على ملخصها وتقارير جدلية عنها في كتاب الطبيعة»(١).

ولذلك فمصدرنا الوحيد لحجج زينون ضد الحركة؛ هو كتاب «الطبيعة» لأرسطو، حيث يوجد أربع حجج، وليس لزينون فلسفة خاصة به: «فزينون لم يأتِ بأي جديد لإثبات استحالة الحركة»(٢)، لكن كانت كتاباته نوع من التعزيز لآراء أستاذه بارمنيدس. لكن المشكلة كانت تكمن في «أن آراء بارمنيدس تؤدي إلى استنتاجات تتناقض مع أدلة الحواس، فكان غرض زينون ليس إيجاد إثباتات جديدة على النظرية نفسها، لكن ببساطة لإظهار أن وجهة نظر خصومه تؤدي إلى تناقضات ذات طبيعة مماثلة تمامًا»(٣).

## ٣- الحجة الأولى: الانقسام اللانهائي (Dichotomy)

تبدو الحجة الأولى لزينون بسيطة، لكنه بها يثير موضوع الانقسام اللانهائي للمكان، فهناك عداء عند خط البداية، ويوجد خط ثابت لنهاية السباق. ونص الحجة كما ذكرها أرسطو: «إنه ليس حركة من قبل أن المتنقل يجب أن يبلغ نصف الشيء قبل أن يصل إلى آخره»(٤). فحتى يصل العداء إلى نهاية السباق فأنه مضطر إلى أن يجتاز نصف مسافة السباق أولًا، ولكي يجتاز نصف مسافة السباق يجب أولًا أن يجتاز نصف النصف (ربع) مسافة السباق وهكذا...

**وهنا نجد أنفسنا أمام نموذجين مختلفين لنفس الحجة، ولكل منهما نتيجة مختلفة:**

**أولًا: الشكل التراجعي (Regressive Form):** لن يستطيع العداء أن يذهب أبعد من نقطة البداية؛ لأنه حتى يتحرك أي مسافة مهما كانت صغيرة، فلا بد أن يجتاز أولًا فترات لا نهائية من النقاط.

**ثانيًا: الشكل التقدمي (Progressive Form):** لن يستطيع العداء أن يصل لخط نهاية السباق أبدًا، لأنه مهما قطع من أنصاف المسافات سيظل نصف مسافة متبقية تفصله عن الوصول لخط النهاية(٥).

(1) Jonathan Barnes, op. cit., p.205.

(2) John Burnet: op. cit., p.235.

(3) Ibid., p.232.

(٤) أرسطوطاليس: المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٩ ب، ٩، ص٧١٣.

(5) Michael Clark, Paradoxes From A to Z, Routledge, 2nd ed., New York, 2007, p.181.

وإن كان الرفض قد صاحب هذه الحجة، وذلك لأنها اعتبرت أي مسافة معلومة ومن الممكن أن نجتازها هي عدد لا نهائي من النقاط، وبالتالي لا نستطيع اجتيازها في وقت متناهي. وقد أخذ أرسطو بنقض هذه الحجة حيث وضح أن الذي ينقسم انقسام لا نهائي هو فقط المتصل: «**وأول ما ينبغي علينا من أمر المتصل فنظهر منه: ما لا نهاية له**»(١)، «**لأن الذي ينقسم بلا نهاية هو المتصل**»(٢). ثم أوضح أرسطو بأن الزمان هو الذي ينقسم انقسام لا نهائي: «**وذلك إنه قد تبيَّن أن كل زمان فهو منقسم**»(٣)، و«**لأن كل زمان متجزئ بلا نهاية**»(٤). وبالتالي فإن الزمان متصل ومنقسم لا نهائيًا. ويوضح أرسطو بأن العلاقة بين الزمان والمسافة، ووجوب أن يكون كلاهما من جهة الكم أو القسمة إما متناهيان معًا أو لا متناهيان معًا، وبما أن الزمان لا متناهي فبذلك يكون الطول لا متناهيًا أيضًا: «**وإن كان أحدهما، أيهما كان، غير متناه، كان الآخر غير متناه، وكحال أحدهما في ذلك كذلك حال الآخر فيه**»(٥)، ثم يؤكد من ذلك بأن كلًا من الزمان والطول مترابطين من حيث التناهي والانقسام: «**مثال ذلك أنه إذا كان الزمان مما يلي أواخره غير متناه، فالطول أيضًا غير متناه مما يلي أواخره؛ فإن الزمان بالانقسام غير متناه فبالانقسام أيضًا الطول غير متناه**»(٦).

ويتضح مما سبق أن أرسطو لم يعترض على التقسيم اللانهائي للمسافة (الطول) بل أكد أيضًا بأن الزمان ينقسم لا نهائيًا؛ حيث أن كلاهما متصلان. وحتى هنا لم يدحض أرسطو نظرية الانقسام اللانهائي لزينون بل أكدها وأضاف عليها بأن الزمان أيضًا ينقسم لا نهائيًا. لكن وضح فرق بين لا نهائية من جهة الانقسام واللانهائية من جهة الأواخر: «**كل متصل يقال غير متناه على ضربين: إما من جهة الانقسام، وإما من جهة الأواخر**»(٧). ثم بيَّن أن ما يتحدث زينون عنه من الانقسام اللا متناهي يختلف عن اللامتناهي في الكم، حيث إن اللامتناهي

(١) أرسطوطاليس: الطبيعة، ج(١)، ترجمة: إسحق بن حنين- مع شروح ابن السمح، متى بن يونس، ابن عدي، أبي الفرج بن الطيب، حققه وقدم له: د. عبد الرحمن بدوي، الهيئة المصرية للكتاب، القاهرة، ١٩٨٤م، المقالة الثالثة، ٢٠٠ ب، ١٦، ص١٦٦.

(٢) المصدر السابق، ج(١)، المقالة الثالثة، ٢٠٠ ب، ١٦-٢٠، ص ص١٦٦-١٦٧.

(٣) أرسطوطاليس: الطبيعة، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٤ ا، ١٠-١٥، ص٦٣٩.

(٤) المصدر السابق، المقالة السادسة، ٢٣٩ ا، ١٠، ص٧٠٦.

(٥) المصدر السابق، المقالة السادسة، ٢٣٣ ا، ١٣، ص٦٢٦.

(٦) المصدر السابق، المقالة السادسة، ٢٣٣ ا، ١٣، ص٦٢٦.

(٧) المصدر السابق، المقالة السادسة، ٢٣٣ ا، ٢١، ص٦٢٧.

في الكـم لا أطـراف له من جهـة النهايات، وما لا يوجد له أطـراف لا يمكن أن يلاقى في زمان متناه: «**فأما ما كان غير متناه في الكم، فليس يمكن أن يلاقى في زمان متناه**»[١]. وأما اللامتناهي في الانقسـام وله أطراف من جهة النهايات- كالمسـافة التي سـيجتازها العـداء في هذه الحالة- فهو متناه في الكم، ويقطع أيضًا في زمن متناه: «**وأما ما كان غير متناه بالانقسـام فقد يمكن أن يلاقى، فإن الزمان نفسه من هذه الجهة هو غير متناه**»[٢].

ثم يختتم أرسـطو القول بتوضيح العلاقة بين الزمن والمسـافة، فكلاهمـا إما متناهيان معًا، أو لا متناهيـان معًا، وأكد على بطلان هذه الحجة لزينون، حيث أنه من غير الممكن أن نقطع اللامتناهـي في زمـان متناه، والعكس أيضًا، حيث لا يمكن أن تقطـع المتناهي في زمان لا متناه: «فليس يمكن إذًا أن يقطع غير المتناهي في زمان متناه، ولا أن يقطع المتناهي في زمان غير متناه. لكن إن كان الزمان غير متناه فإن العظم أيضًا يكون غير متناه. وإن كان العظم غير متناه فإن الزمان أيضًا يكون غير متناه»[٣]. **وبالتالي فإن حجة زينون من حيث قطع اللامتناهي في زمن متناه باطلة من وجهة نظر أرسطو.**

إن قول أرسطو بأن الزمان وكذلك المكان قابل للانقسام اللانهائي يثير الكثير من التساؤلات حـول كيف يمكن أن نتحمل خـلال فترة زمنية محدودة إذ كانت تحتـوى على عدد لا نهائي من الأجـزاء. ويقول بارنز «بـدلًا من لا نهائي واحـد أن نجتازه، لدينا اثنين: مسـافة محدودة التي لا يمكن اجتيازها ووقت الفترة الزمنية المحدودة غير قابل للتحمل»[٤].

فبعض الفلاسفة يرفضون فكرة أن الركض بين نقطتين ثابتتين هو عدد لا نهائي من المهام؛ فالركض هنا لا يحتوي على عدد لا نهائي متتابع وبشـكل تدريجي على ركض أصغر منه، بل هو ينفذ كركض واحد، يتطلب مائة خطوة، أو يشعر خلاله بخمسون نبضة قلبية، وهكذا؛ لكنه لم يفعل أو ينفذ أي مهام عدد لا نهائي من المرات. فأرسطو بنفسه يقترح أن يتم تجاهل المسافة المحددة المتناهية للمسار ونعتبر التقدم من خلال فترات متناهية من الزمان[٥].

ويقـول بارنز: «أنا أظن أن زينون كان يفضل اعتبار مسـافة الركـض المتناهية بمفردها، بدون

(١) المصدر السابق، المقالة السادسة، ٢٣٣ ا، ٢١، ص٦٢٧.
(٢) المصدر السابق، المقالة السادسة، ٢٣٣ ا، ٢١، ص٦٢٧.
(٣) المصدر السابق، المقالة السادسة، ٢٣٣ ا، ٢١، ص٦٣٠.
(4) Jonathan Barnes, op. cit., p.209.
(5) Ibid., pp.207, 209.

الرجوع إلى الفترة الزمنية المحدودة التي تستغرقها. في الواقع، أنا أميل إلى الاعتقاد بأنه لم يحدث الإشارة إلى وقت نهائي محدود في مفارقة زينون الأصلية: اعتبر زينون أنه من المستحيل أن نجتاز عدد لا نهائي من النقاط؛ الاستحالة هي احتواءها على هذا العدد اللانهائي من النقاط، وعنصر الزمان مهمل. فالزمان ليس، في مقولة أن لا شيء يمكن أن يؤدي عدد لا نهائي من المهام، ولا يلزم ذكره »(١).

ويبدو أن الشكل التقدمي للحجة أثار هذه المشكلة، من حيث اللامتناهي في الانقسام. حيث يعتبر زينون أن مجموع الانقسامات اللامتناهية هي عدد لا متناه، وهنا تكمن المشكلة الأساسية لهذه الحجة. وهنا يبرز الحل الرياضي لهذه المشكلة القائمة، من حيث أنه لو أن عدد الأنصاف لا نهائي فهل من الضرورة أن يكون مجموعهم لا نهائي أيضًا؟ فكما في الصيغة التقدمية للحجة سوف يكون على الراكض أن يقطع مسافة السباق بدءًا من نقطة البداية حتى خط النهاية الثابت، وإذا فرضنا أن المسافة بين نقطة البداية وخط النهاية هي «X»، وبالتالي فإن على الراكض أولًا أن يقطع نصف المسافة (½ X)، ثم بعد ذلك يقطع نصف النصف للمسافة (¼ X) وهكذا...، وبالتالي فإن:

$$\text{مسافة السباق} = \frac{1}{2}X + \frac{1}{4}X + \frac{1}{8}X\ \frac{1}{16}X + \frac{1}{32}X + \cdots$$

$$= \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \cdots\right) X$$

ويتضح من المعادلة السابقة أن مسافة السباق التي تساوي مسافة السباق مضروبة في القيمة $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \cdots\right)$ وبالتالي فإن قيمة مجموع الحدود ما بين القوسين لابد أن تساوي قيمتها «واحد صحيح». وبمحاولة إيجاد ناتج لمجموع الحدود داخل القوس عن طريق الصيغ الرياضية للمتوالية الهندسية «Geometric Series»، ومفهوم النهايات للدوال نجد أنه يمكن التعبير عن هذه القيمة:

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{2^i} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \cdots + \frac{1}{2^{i-1}} + \frac{1}{2^i} + \cdots$$

$$= \lim_{i\to\infty} \frac{2^i - 1}{2^i} = \lim_{i\to\infty} = 1 - \frac{1}{2^i} \approx 1$$ (٢)

(1) Ibid., p.209.

(2) H. Jerome Keisler, Elementary Calculus: An Infinitesimal Approach, Dover Publications, Inc, 3rd ed., New York, 2012, p.718.

في المتوالية الهندسية السابقة، فإن قيمتها لن تصل إلى الواحد الصحيح أبدًا، ولكنها سوف تقترب منه كثيرًا، ولكن دائمًا لا يوجد حد أخير لها، وكذلك لا يوجد خطوة أخيرة للعداء ليصل إلى نهاية السباق، وحتى الحل الرياضي لها عن طريق النهايات هو التفاف حول المشكلة الرئيسية، وذلك لتفادي موضوع الخطوة الأخيرة للعداء.

إن النجاحات في الرياضيات والتي حققها اليونانيين القدماء في الفترة (من عام ٥٠٠ إلى عام ١٠٠ ق. م.) كثيرة ومبهرة، مثل «غربال» إراتوستينس Eratosthenes لإيجاد الأرقام الأولية، ونظرية فيثاغورس التي كانت وما زالت حجر الزاوية للرياضيات الحالية. لكن المشكلة هي أن الرياضيات اليونانية في هذه الفترة تحتوي على فجوة واحدة هائلة، «فهم ببساطة لم يستوعبوا مفهوم النهايات». حيث إن علماء الرياضيات عندما تواجههم مشكلة ما، ولا يستطيعوا حلها، فإنهم يلتفوا حولها و يعيدوا صياغتها محاولين إيجاد طريقة أخرى للنظر إلى هذه المشكلة، وهذه واحدة من أقوى أدوات علماء الرياضيات وهي إعادة الصياغة لمشكلة ما. لكن لسوء الحظ لم تنفع هذه الطريقة اليونانيين في تلك الفترة، لأنهم ومثل كل الناس في جميع الحضارات، كان لديهم نظام معتقدات متداخل ومتشابك مع كل من أفكارهم العلمية ومعتقداتهم الدينية. فعلى سبيل المثال فإن فيثاغورس ليس مجرد شخص، بل أن الفيثاغورية منظمة دينية ومختبر علمي في ذات الوقت. وقد كانت أحد أهم الاهتمامات الفلسفية اليونانية المهيمنة في ذلك الوقت هي قضية «الوحدة» و«الكثرة»، والتي كانت لها تأثير قوي على قدرة اليونانيين حينذاك على التفكير في الأسئلة الرياضية[١].

و يتفق راسل مع قول أرسطو بالانقسام اللامتناهي وخاصةً أي قطعة محوية بين حدين مختلفين، فهي قابلة للانقسام اللامتناهي، و يبرهن على ذلك ببرهان أشبه ببرهان زينون: حيث إن هناك أي حدين (أ - ب) فإن هناك حد آخر وهو جـ بين الحدين (أ - ب)، وهناك حد آخر (د) بين (أ)، (جـ) وهكذا. و بالتالي فإن أي قطعة محدودة بنهاية لا يمكن أن تشتمل على عدد متناه من الحدود. كما يرى راسل أن النسبية للكلات لا تتغير بالانقسام اللامتناهي، فقد تكون أحد الكلات اللامتناهية أقل في الانقسام اللامتناهي من الكل الأخرى. فعلى سبيل المثال طول خط مستقيم متناه ومساحة المربع الذي يشكل الخط المستقيم أحد أضلاعه؛ أو طول خط مستقيم

(1) Steven G. Krantz, An Episodic History of Mathematics: Mathematical Culture Through Problem Solving, The Mathematical Association of America, Washington D.C., 2010, p.25.

متناه وطول الخط المستقيم بالكامل الذي هو جزء منه. أو تكون الانقسامات متساوية فهنا لابد أن تكون الكلات الأصلية متناهية وتكون الأعداد الأصلية في الكلات واحدة[١].

في الشكل التراجعي للحجة تبدو أكثر صعوبة من الشكل التقدمي، حيث تكمن الصعوبة في أنه لا يوجد مسافة أولية للركض، فلكي يجتاز فقط نقطة البداية فلابد له من أن يمر على عدد لا نهائي من الفواصل، لكن سيظل لها مجموع. ويكون التسلسل المطلوب للمسافات التي يجب أن يجتازها العداء، يعطى بعكس حدود نفس المتوالية السابقة[٢]:

$$\left(\dots,\frac{1}{2^{i}},\frac{1}{2^{i-1}},\dots\quad\dots,\frac{1}{16},\frac{1}{8},\frac{1}{4},\frac{1}{2}\right)$$

وهي نفس حدود المتوالية السابقة لكن بترتيب عكسي: «لكن الأمر الأكثر حيرة للعقل البشري هي محاولة إيجاد المجموع للمتوالية بشكل عكسي»[٣]. حيث إن الحد الأول للمتوالية لا يمكن تصوره، لأنه لو كان هو كحد أول ومحدد، فهل في هذه الحالة ستكون المتوالية متناهية أو لا متناهية: «صحيح أنه في التتابع للفواصل المتزايدة على الدوام لا يوجد فاصل أول. لكن كل هذا يعني أنه يجب أن نتجنب تحليل ركضه من حيث التتابع بدون حد أول. هناك طرق أخرى كثيرة لتحليلها بحيث يكون السؤال المنطقي، هل باستخدام المتوالية المتناهية أو اللا متناهية للبداية»[٤].

وهنا يرى راسل أن فكرة وجود تراجع لانهائي في « كل» لامتناه. حيث إن الكلات اللامتناهية هي التي تمكننا من تعريف الأعداد الحقيقية، وبدونها ينهار الاتصال الحسابي الذي ينطبق على المتسلسلة اللامتناهية. وأن تعريف اللامتناهي في الصغر في غاية الإبهام وغير محدد على الإطلاق، فهو عدد أو مقدار، ليس صفرًا، وأصغر من أي عدد أو مقدار متناه[٥].

وهكذا نجد أن تعريف راسل لللامتناه في الصغر ينطبق على الخطوة الأولى للعداء في النسخة التراجعية لحجة زينون، والتي يجب أن تتم حتى تبدأ الحركة في الحدوث. كما أنه من الصعوبة إيجاد القيمة لمتوالية لا نهائية تتراجع تراجعًا لا نهائيًا.

---

(١) برتراند راسل: أصول الرياضيات، ج(٤)، ترجمة: د. محمد مرسي أحمد، د. أحمد فؤاد الأهواني، دار المعارف، القاهرة، ١٩٦١م، ص ص١٨٤ -١٨٥.

(2) Michael Clark, op. cit., pp.181-182.

(3) Steven G. Krantz, op. cit., p.28.

(4) Michael Clark, op. cit., p.182.

(٥) برتراند راسل: المرجع السابق، ج(٤)، ص ص١٨١، ٢٠٣.

## ٤ـ الحجة الثانية: أخيل والسلحفاة

تعتبر هذه الحجة هي الأشهر بين حجج زينون[١]. ونص أرسطو للحجة: «أبطأ بطيء إحضارًا، لا يمكن في وقت من الأوقات أن يلحقه أسرع سريع إحضارًا، لأنه يجب ضرورة أن يكون الطالب يصل من قبل إلى الموضع الذي منه فصل الهارب. فيجب ضرورة أن يكون الأبطأ له أبدًا فضل ما»[٢].

وهذه الحجة هي نفس الحجة الأولى (الانقسام اللانهائي)، لكن هنا خط نهاية السباق ليس ثابتًا، لكن متحرك بسرعة أقل بكثير من سرعة العداء. وقد وضح أرسطو أيضًا أنها نفس الحجة لكن بدون الانقسام اللامتناهي للمسافة بحد ذاته: «لكن القسمة ها هنا للعظم الفاصل لا يكون بنصفين»[٣].

وفي هذه الحجة يتجه أرسطو إلى تحليلها على أنها حالة خاصة من الحجة الأولى، فأخيل لن يلحق بالسلحفاة لأن أمامه عدد لا متناه من المسافات يجب أن يجتازها أولًا، ثم بعد ذلك يجتاز المسافة التي سبقته بها السلحفاة. وبالتالي فإن رد أرسطو على هذه الحجة نفس رده على الحجة السابقة، بأن المسافة هنا متناهية على الرغم من أنها لا متناهية في الانقسام.

ويفسر بارتلمي هذه الحجة بأنها ليست إلا صوره من الحجة الأولى (الانقسام اللامتناهي)، لكن الفرق الوحيد هو أن في حجة «أخيل والسلحفاة» لا يجري الأمر على تنصيف الأنصاف المتتالية، بل يقول إن أخيل (الأسرع) لن يلحق بالسلحفاة (الأبطأ)، لكن ذلك هو نفسه الانقسام اللامتناهي للعظم، الذي لا يمكن استيعابه- العظم- أيًا كانت طريقة التقسيم أو التجزئة. لكن في قول زينون بالعداء الأسرع والأبطأ فإنه يستخدم عبارات جوفاء لكن شديدة التأثير. لكن الحل من الجهتين متماثل تمامًا[٤].

---

(١) برتراند راسل: المرجع السابق، ج(٤)، ص٢٠٥.
(٢) أرسطوطاليس: الطبيعة، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٩ ب، ١٤، ص٧١٣.
(٣) المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٩ ب، ٢٠، ص٧١٤.
(٤) أرسطوطاليس: علم الطبيعة، ج(١)، ترجمة من الإغريقية إلى الفرنسية وصدَّره بمقدمة في تطور علم الطبيعة، وبتفسير ثم علق على النص تعليقات متتابعة: بارتلمي سانتهلير، نقله إلى العربية: أحمد لطفي السيد، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ٢٠٠٨م، تفسير المترجم، ص٢٩٧.

ويتفق بارنز مع أرسطو في كون حجة أخيل متطابقة مع الحجة الأولى لزينون للانقسام اللامتناهي: «فإن بالبحث الدقيق لحجة أخيل يثبت صحة حكم أرسطو: فالمفارقة، إن لم تكن متطابقة مع حجة الانقسام اللامتناهي، فليست أكثر من حجة الانقسام اللامتناه مع خاتمة غير متناغمة»(١). ووفقًا لنص أرسطو للحجة فإنها «مجرد صورة ملونة من حجة الانقسام اللامتناهي»(٢). كما أنه وضح الفرق بين حجة الانقسام اللامتناهي وحجة أخيل هو فقط في الجزء المضاف: «لكن الفرق فقط في هذا هو أن المقدار المضاف ليس منقسم إلى نصفين. وبالتالي بالضرورة لها نفس الحل»(٣). كما أكد بارنز بأن المشكلة الفلسفية أيضًا واحدة: «أتفق مع أرسطو بأن الحجة لا تثير أي صعوبات فلسفية أكثر إمتاعًا من سابقتها ولم يتم التخلص منها»(٤). وبالتالي فهي غير ضرورية ومكررة ولم تضيف جديدًا من وجهة نظره.

وقد وجَّه هنري برجسون النقد لحجة أخيل، ووصفها بأنها سفسطة، ومليئة بالشناعات العقلية. حيث إن زينون اختار تركيب حركة أخيل بطريقة تعسفية، وبناء على قانون اختاره هو، فمن البديهي أن أخيل سوف يسلك مسلكًا مختلفًا عن ذلك حتى يلحق بالسلحفاة. كما أن نظرية الانقسام اللامتناهي، حيث إن الحركة عبارة عن وثبة غير قابلة للانقسام، نشعر بها عندما نرفع ذراع أو نتقدم خطوة. فالخط الذي يقطعه المتحرك يمكن تجزئته بأي طريقة، وذلك لأنه ليس لديه أي تنظيم داخلي، وأن كل حركة تتكوَّن داخليًا إما من وثبة لا تقبل الانقسام وتستغرق وقتًا طويلًا أو سلسلة من الوثبات التي لا تقبل الانقسام أيضًا(٥).

ويرى راسل أن حجة أخيل نجحت في أن تبرهن على أن المتغيرين في متسلسلة متصلة ويبلغان التساوي من نفس الجهة، فأن يكون لهم نهاية مشتركة هو شيء غير ممكن أبدًا. كما أنها برهنت على أن «الكل والجزء لا يمكن أن يتشابها» وهي بديهية جوهرية في حجة أخيل، وهي أيضًا بلا شك يمكن للفطرة السليمة أن تتقبلها. وقد برهن راسل بالمقارنة مع مفارقة تريسترام شاندي Tristram Shandy، الكاتب الذي استغرق عامين في كتابة تاريخ أول يومين

(1) Jonathan Barnes, op. cit., p.216.

(2) Ibid., p.215.

(3) Ibid., p.215.

(4) Ibid., p.216.

(٥) هنري برجسون: التطور الخالق، ترجمة: محمد محمود قاسم، مراجعة: نجيب بلدي، تقديم: رمضان بسطاويس محمد، المركز القومي للترجمة، القاهرة، ٢٠١٥م، ص ص٢٧٤، ٢٧٥، ٢٧٦.

في حياته. فإذا استمر الكاتب إلى الأبد في كتابة تاريخ حياته بدون ملل وبنفس المعدل، فأي جزء من حياته سيبقى دون كتابة. فمتسلسلة الأوضاع التي تقوم السلحفاة بشغلها ليست جزءًا صحيحًا من متسلسلة الأوضاع التي يقوم أخيل بشغلها. وبالتالي فإن الجزء والكل لا يمكن أن يتشابها حسب حجة أخيل والسلحفاة، ومع ذلك «ينبغي رفض حجة أخيل بسبب تناقضها مباشرة مع الحساب»، بالرغم من أن بديهياتها تستسغها الفطرة السليمة. وأن نقبل بحجة تريسترام ما دامت لا تتطلب بديهية أن الكل لا يمكن أن يكون متشابهًا مع الجزء. فتشابه الكل والجزء يبدو كقول فلاسفة أواسط أفريقيا بأن كل الناس زنوج[١].

ويوضح بارنز بأن الأمور بدأت تتعارض مع أرسطو في هذه الحجة. فأخيل لن يستطيع الوصول إلى نقطة البداية للسلحفاة (تبعًا لنظرية الانقسام اللامتناهي بالحجة الأولى). وإذا كان بإمكانه فعل ذلك فإنه لن يستطيع اللحاق بالسلحفاة أبدًا، فهنا خط نهاية السباق يتراجع باستمرار. فأخيل يجب أن يضاعف الجهد والعناء أكثر من نظيره بالحجة الأولى، فالنظير لا يستطيع أن يبدأ التحرك، وأخيل أيضًا من المستحيل أن يصل إلى هدفه[٢].

إن المتوالية الهندسية التي يصنعها أخيل بركضه إلى كل النقاط المتتابعة، والتي كانت كل منها هي نقطة الانطلاق اللاحقة للسلحفاة، تبدو هنا مختلفة عن ما هي مذكورة في الحجة الأولى، لكن مشابهة لها في حالة أن سرعة أخيل ضعف سرعة السلحفاة، والسلحفاة متقدمة بنصف دورة سباق. لكن هذه الحجة تثير مشاكل حول وضوح مجموع حدود موجبة لا نهائية. فنظريات تقارب المتواليات في القرن التاسع عشر حلت هذه المشكلة[٣].

**ويرى برجسون بأن المتوالية الهندسية:**

$$"1+\frac{1}{n}+\frac{1}{n^2}+\frac{1}{n^3}+\cdots"$$

حيث إن [١] هو المسافة المبدئية بين أخيل والسلحفاة، وأن [N] هي علاقة بين سرعة أخيل والسلحفاة حيث إن قيمة N أكبر من الواحد. ويذكر أن الرياضيات اضطرت إلى البحث عن وسائل مصطنعة أخرى للتعامل مع الحركة- التي ليست طول قابل للانقسام-

(١) برتراند راسل: أصول الرياضيات، ج(٤)، ص ص٢٠٥، ٢١٥-٢١٨.

(2) Jonathan Barnes, op. cit., p.215.

(3) Wesley C. Salmon, A Contemporary Look at Zeno's Paradoxes, p.135.

ولذلك اتفق برجسون على وضع الحركة هنا كطول: «أي معنى لحركة تنطبق على الخط الذي تقطعه. ويمكن تجزئتها تعسفيًا على غراره». وبالتالي يسهل الحصول على متوالية لحركة أخيل والسلحفاة[١].

إن حساب مجموع الفترات لم يتطور بطريقة مرضية حتى القرن التاسع عشر، فالحل كان إيجاد مجموع المتواليات اللامتناهية كحد أقصى والذي فيه سوف يتلاقى المجموع للتتابع المتتالي الجزئي. فأخيل سوف يلحق بالسلحفاة ويكمل العديد من الفواصل اللانهائية في وقت محدد، لأن كل فاصل زمني متعاقب سيكون أصغر من الفاصل السابق له، ويعبره أخيل بصورة أسرع من سابقتها. فالمتوالية ستستمر للأبد وتقترب أكثر فأكثر (Converging) من قيمة ثابتة محددة هي النهاية (Limit)، وفي هذه الحالة هو قيمة مجموع هذه المتوالية[٢].

يبدو من هذه الحجة استحالة أن يكمل أخيل عدد لا متناه من المهام (أو ما يسمى المهمة الخارقة- Super task). والمثال الذي اقترحه «جيمس طومسون» عن المصباح مثال حي. المصباح يتم تشغيله و إطفاءه بالتناوب، فالبداية عند ½ دقيقة يتم تبديل وضع مفتاح التشغيل، ثم عند ¼ دقيقة يتم تعديل وضع التشغيل، ثم عند $^{1}/_{8}$ دقيقة يتم تعديل وضع مفتاح التشغيل وهكذا... ومدة هذه المهمة الخارقة دقيقة واحدة، بعدها تنتهي المهمة. على الرغم من أن هذه المهمة لا يمكن القيام بها عمليًا، لكن اعتقد طومسون أنه بسؤاله عن حالة المصباح بعد مرور دقيقة واحدة من الزمن، فذلك يولد تناقض. حيث أنه عدد لا نهائي من التبديل لوضع مفتاح التشغيل في الدقيقة الواحدة. وذلك كحال أخيل، فإنه ينظر إليه بأنه لديه العديد من الفواصل اللامتناهية لاجتيازها (المهمة الخارقة)، والتي بعدها سيكون قبل النقطة واحد مباشرة، حيث لا يوجد فترة أخيرة لاجتيازها[٣].

و ينتقد وليم جيمس معالجة برتراند راسل لحجة أخيل، حيث إن راسل يجعل المشكلة تكمن في الطريقين، فطريق السلحفاة أقل في الطول عن طريق أخيل وبما أن الزمن هو أداة القياس، فكيف لا يستغرق الطريق الأطول الزمن الأطول؟ وحيث أن النقط في كلا الطريقين عديدة عددًا لا متناهيًا، فإنه من الخطأ القول أن الكل أعظم من الجزء. وأن كل نقطة تعبرها

(١) هنري برجسون: المرجع السابق، هامش رقم ١، ص٢٧٦.

(2) Michael Clark, op. cit., p.1-2.

(3) Ibid.,p p.2-3.

السلحفاة مقابلها نقطة عبرها أخيل كلاهما في لحظة زمنية واحدة. وبالتالي يوجد تناظر في هذا التطابق الدقيق، نقطة إزاء نقطة، في تطابق دقيق. وأخيل سوف يختصر المسافة التي تسبقه بها السلحفاة، لكنه لن يمكنه أبدًا أن يقضي عليها. وفي النهاية عند أخر نقطة في السباق سوف تلتقي الحدود الثلاثة أخيل والسلحفاة وآخر لحظة زمنية في السباق. لكن «راسل» أخطأ وتجنب المشكلة الحقيقية، والتي هي مشكلة اللامتناهي النامي، وليست اللامتناه القائم. فكان راسل يقصد اللامتناهي القائم عندما زعم بأن السباق قد انجر، وبالتالي فإنه يتبقى مشكلة واحدة وهي التعادل العددي لكلا الطريقين. ثم إن كيف ينتهي السباق، بينما ثمة فاصلًا يتطلب اجتيازه أولًا. ثم يتخلى راسل عامدًا عن الأمر عندما يقول «تعريف الكل والجزء دون تعداد هو مفتاح اللغز كله»(١).

## ٥ - الحجة الثالثة: السهم

يفترض زينون في هذه الحجة أن الزمان مؤلف من آنات غير منقسمة، وأن الشيء دائما يوجد في مكان مساو له. ومن ثم فإن السهم المنطلق لكي يصل إلى هدفه لابد أن يشغل في كل آن مكانًا مساويًا له، فهو إذن لن يتحرك لأنه سوف يوجد في مجموعة من الآنات الزمانية المنفصلة وحالته في كل آن من هذه الآنات هو السكون التام. ويستحيل أن تنتج حركة من مجموع حالات السكون التام(٢). ونص الحجة كما ذكرها أرسطو: «إن كان كل شيء إذا كان بحيث يساويه فهو إما أن يسكن وإما أن يتحرك، وكان أبدًا المتنقل فهو في الآن، فإن السهم المتنقل غير متحرك. ........ أن السهم ينتقل وهو واقف. وإنما لزمت من قبل أخذه أن الزمان مؤلف من الآنات»(٣). وهنا يتحدث زينون عن أن الزمان يتكون من آنات غير منقسمة، وأن السهم سيكون ساكنًا، في كل آن في المسافة التي من المفترض أنه سيقطعها، لأن السهم يشغل في كل آن حيز يساوي طوله. ويكذب أرسطو هذه الحجة، ويرى أن زينون يغالط في القياس، لأن الزمان عند أرسطو لا يتألف من الآنات التي هي غير منقسمة.

---

(١) وليم جيمس: بعض مشكلات الفلسفة، ترجمة: د. محمد فتحي الشنيطي، مراجعة: د. زكي نجيب محمود، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، د.ت، القاهرة، ص ص١٥١-١٥٤.

(٢) د مصطفى النشار: تاريخ الفلسفة اليونانية من منظور شرقي، ج(١)-(٢)، ص١٨٢.

(٣) أرسطو: الطبيعة، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٩ ب، ٥- ٢٩، ص ص ٧١١، ٧١٤.

وهــذه الحجة تعتبر أكثر حجــج زينون تعقيدًا، نظرًا لصعوبتهــا ودقتها، وأيضًا لاتصالها بمفاهيم فلسفية غاية في الصعوبة. وهل من الممكن أن تنشأ حركة من مجموع حالات للسكون التام؟ فالسهم منذ بداية انطلاقه حتى وصوله إلى هدفه قد مرَّ بمجموعة من الآنات، وإذا كان السهم ساكنًا في كل منها، فكيف وصل إلى هدفه؟

يبـدأ أرسـطو محاولته لتفنيد هذه الحجـة بشرح ماهية الآن: «وقد يجـب ضرورة أن يكون الآن الـذي هو آخر الزمانـين جميعًا واحد بعينه»(١)، أي أن «الآن» هـو الذي يفصل بين الماضي والمسـتقبل. ويقرر أرسـطو أن الآن ليسـت بزمان، لأنها لو كانت زمان- وحيث إن الزمان قابل للانقسام- فإن الآن ستكون قابلة للانقسام أيضًا، وحيث إن الآن غير قابلة للانقسام، فبالتالي هي ليسـت بزمان: «وذلك أنه قد تبين أن كل زمان فهو منقسم. فيكون الآن منقسمًا. وإن كان الآن منقسمًا وجب أن يكون شيء مما قد كان: في المستقبل، وشيء من المستقبل فيما قد كان»(٢).

ثم يسـتنتج أرسـطو من ذلك أن الآن ليست منقسـمة: «فقد بان مما قيل أن في الزمان شيئًا ما غير منقسم، إياه تسمى الآن»(٣).

ويبرهن أرسـطو على أنه لا يوجد حركة في الآن، حيث لا يجوز أن يوجد حركة في الآن، حيث إن المتحرك يتحرك من زمن إلى زمن آخر، لكن في الآن لا يوجد غير زمن واحد هو نفس نقطـة البداية والنهايـة وبالتالي لا يوجد حركة في الآن: «وأيضًا فـإذا كان كل ما يتحرك فإنما يتحرك في زمان وليس يتحرك شيء أصلًا في الآن»(٤).

ويؤكـد أرسـطو على أنه لا حركـة إطلاقًا في الآن ويعطي برهان آخـر على ذلك، ويظهر في هذا البرهان بوضوح استخدامه لنفس طريقة زينون للإثبات- برهان الخلف- وذلك بفرض أنه يوجد شيء يتحرك أصلًا في الآن ويستنتج من ذلك استحالة أن يكون هناك حركة في الآن نظرًا للنتائج التي ينتهي إليها هذا الفرض.

ويفـترض أرسـطو أنه لـو كان هناك حركة في الآن، وسـيكون هنـاك شيء سريع وشيء بطيء. فإنه لو تحرك الجسـم السريع مسـافة ما في الآن، فيلزم ذلك أن يتحرك الأبطأ مسافة أقل

(١) المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٤ ا، ٣، ص٦٣٩.
(٢) المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٤ ا، ١٠، ص٦٣٩.
(٣) المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٤ ا، ٢٠، ص٦٤٠.
(٤) المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٤١ ا، ١٥، ص٧٢٧.

مما تحركه الجسم الأسرع. وبالتالي فيجب أن يكون الآن منقسمًا (أي قابل للانقسام). وبما أن الآن غير منقسم، فبالتالي لا يمكن أن يتحرك شيء في الآن[١].

وهنا تظهر مشكلة لأرسطو: تكوين وترتيب السلسلة الزمنية، والتي سيضعها بصورة قد تبدو غريبة حسب ما قاله سابقًا عن وجوب اتصال الزمان: «وذلك أنه إن كان آخر بعد آخر فليس يمكن أن يكون أحدهما تاليًا للآخر، لأنه لا يكون متصلًا مؤلفًا من أشياء غير متجزئة. وإن كان كل واحد منهما مفارقًا لصاحبه على حياله كان بينهما زمان، لأن هذا سبيل كل متصل، فقد يجب أن يكون بين الطرفين شيء مواطئ، لكن إن كان ما بين الطرفين زمان فقد ينقسم، وذلك أنه قد تبيَّن أن كل زمان فهو منقسم»[٢].

وهكذا يكون أعطى أرسطو وصف للآن. فهو ليس بزمان، واحد فقط بعينه، مكانه بين الماضي والمستقبل (لكن لا يتماس معهم)، غير منقسم، لا يوجد به أي حركة (سكون فقط). والآنات دائمًا متفرقة، لا تتجاور، ولا تتماس مع بعضها. وهذا يبدو إلى حد كبير تعريف متوافق مع تعريف زينون للآن حيث لا حركة فيها. ولكن الآن عند أرسطو ليست بزمان ولكنها حد له: «إنه، مرة أخرى، ليس إلا حدًا وليس جزء من الزمان»[٣].

ولقد هاجم كثيرون أرسطو لتعريفه للآن، وقوله بعدم الحركة فيها. ويرى كرانتز أن أرسطو يجادل ضد هذه الحجة بقوله: إن الزمان لا يتألف من آنات غير قابلة للانقسام، لكن في الحقيقة أنها ليست أكثر من أي مقدار آخر. فعند كرانتز الآن قابلة للانقسام، وحيث أن هذه الحجة تستند على ما إن كان السهم يتحرك في الآن الغير منقسمة، فبالتالي سوف يوجد حركة في الآن[٤].

ويعتبر بارنز الحجة بها خطأ في الترجمة عن اليونانية، فمصطلح «لحظة- instant» استخدم كما لو كان يدل على فترة من الزمن، وفي الإنجليزية يستخدم كفترة زمنية تحدث فيها أشياء، وهو يعتقد أنه في اليونانية يستخدم هذا المصطلح بشكل فضفاض كمرادف لتقسيم الثانية. وبالتالي فإن أرسطو أضاع هذه النقطة. فحجته تعتمد أساسًا على تفسير مصطلح

(١) المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٤ ا، ٢٤، ص٦٤٤.

(٢) المصدر السابق، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٤ ا، ١٠، ص٦٣٩.

(٣) أرسطوطاليس: علم الطبيعة، ج(١)، مقدمة المترجم، ص٣٢.

(4) Steven G. Krantz, An Episodic History of Mathematics: Mathematical Culture Through Problem Solving, p.29.

«في لحظـة»[١]. وهنـا يتحدث بارنز عن اللحظة (الآن) على أنهـا فترة من الزمن، ممكن حدوث حركة فيها، وبالتالي فإنها ليست الآن التي تحدث عنها أرسطو ووضع شروحها، ويبدو أن كل من هاجم أرسطو على هذا الوصف للآن كان يقر بأن الآن ما هي إلا فترة محددة من الزمان لها بداية ونهاية وبالتالي قابلة للانقسام.

ويرى جريمالدي أن كون السـهم يشغل حيز مساوي لنفسه، لن تؤدي بنا إلى قبول ثباته، فالمنطق لا يقبل أن يوجد شيء لا يشـغل حيز مسـاوي لنفسـه، وهي فرضية تبدو غير ضارة، ومعظـم محاوري زينون سـوف يقبلون بها بسـهولة بسـبب عدم قدرتهم عـلى تحمل العواقب المنطقيـة المترتبة على العكس. وأرسـطو كان واحد منهم، ولذلك سـوف يركز نقده ليس على التماثل، لكن على لحظة زينون كأدق جزء في الزمان. فلحظة زينون هي الواحد، والحركة هي الكـثرة التي لا يمكـن تحقيقها من خلال البدء بهذا الواحد. فالتلاعـب بهذه الوحدة كما فعلها فيثاغـورس لن تعيطنا كـثرة حقيقية، لكن تكرار بسـيط لوحدات متماثلة. فالسـهم في كثير مـن المواضع المتماثلة الأخرى يكون فيها سـاكن، ويبقى انتقال السـهم من موضع إلى الآخر لغز. فكلنا يعرف أن الحركة تمت وحقيقية، وبالكاد نحتاج إلى أداة رياضية لحسـاب الانتقال مرة أخرى، بدون أن توضح لنا أي وسيلة لتصوره[٢].

أما سـالمون فقد اعتبر أن هناك سرعة لحظيـة وهناك توقف لحظي ولا يجب الخلط بينهما. وأنـه لو كانت السرعة اللحظية تسـاوي صفر فبالتالي سـتكون السرعة خـلال رحلة طيرانه كلها صفر، مما يجعل السهم في سكون بلا حركة. وإنه لأي جسم متحرك فإن السرعة اللحظية لـن تسـاوي صفرًا، وهي كمشـتق فإنها تُعرف كمعدل تغـير للوضع بالنسـبة للزمن، ويُعرف كتفاضـل بأنه نهايـة (Limit) السرعة المتوسـطة خـلال تناقص فترة غير صفريـة من الزمن، وهـي الفترة الزمنيـة المتناهية في الصغـر (Infinitesimals). وقد أثبتـت الرياضيات في القرن التاسع عشر أن هذه السرعات في هذه الفترات المتناهية في الصغر غير صفرية للجسم المتحرك. وهي التي رآها زينون على أنها صفرية[٣].

(1) Jonathan Barnes, The PreSocratic Philosophers, p.221.

(2) Alba Papa Grimaldi, Why Mathematical Solution of Zeno's Paradoxes Miss the Point: Zeno's one and Many Relation and Parmenides' Prohibition, in «The Review of Metaphysics», Vol.50, No.2, The Philosophy Education Society of America, Washington D.C., 1996, pp.308-310.

(3) Wesley C. Salmon, A Contemporary Look at Zeno's Paradoxes, p.135.

وقد شرح مكيراهان مفهوم أرسطو للحركة على أن الحركة تحدث خلال فترات من الزمان فقط. وبالتالي فإنه من الخطأ التفكير بثبات أي شيء في «اللحظة». فالثبات هو غياب الحركة، وحيث إن الحركة تحتاج فترة زمنية لحدوثها، وهو مما لا يتواجد في «اللحظة». فإن صفات المكونات لا تحدد صفات المركب بالتأكيد، فإن كل مكونات السيارة وزن كل منها أقل من ٥٠٠ كيلو لا يعني أن السيارة وزنها أقل من ٥٠٠ كيلو. فكذلك السهم، فليس معنى أنه لا يقطع أي مسافة في «اللحظة»؛ لا يعني أنه يجتاز أي مسافة خلال طيرانه كله(١).

أما برتراند راسل فإنه يستبعد تمامًا اللامتناهي في الصغر من هذه الحجة: «ويراستراس، باستبعاده تمامًا كل اللامتناهي في الصغر، فإنه على الأقل أوضح بأننا نعيش في عالم غير متغير، وأن السهم، في كل لحظة من طيرانه، في حالة سكون حقًا. النقطة الوحيدة التي من المحتمل أن يكون أخطأ زينون بها في الاستنتاج (إذا كان قد استنتج حقًا)، بأنه لا يوجد تغير، وبالتالي فإن العالم يجب أن يكون في نفس الحالة في وقت كما في آخر»(٢).

ويرى راسل أنه في الحالة العامة لمتصل متغير يتم فيها إنكار للانهائيات الصغر لأنها محاولة لخلع قيم التغير الذي ينتمي إليها وحدها على قيم المتغير الأصلي. وأنه إذا تم التأكد من أن جميع قيم متغير ما ثوابت، فإن في هذه الحالة أي فرق بين أي قيمتين للمتغير سوف تكون متناه، وبالتالي يترتب على ذلك عدم وجود فروق لا نهائية الصغر. وغياب هذه «النظرية الاستاتيكية للمتغير» في زمان زينون هو الذي أفضى به إلى أن يفرض استحالة التغير المتصل بدون حالة من التغير بما يتطلب اللانهائيات الصغر(٣).

ونلاحظ مما سبق أن رفض راسل للانهائيات الصغر في هذه الحجة مبني على المفهوم الرياضي لحساب اللانهائي الصغر، «وهو الاسم التقليدي لحساب التفاضل والتكامل معًا»(٤)، فالقاعدة الأساسية للانهائي الصغر هي قياس التغير، وفي حالة إذا كان لا يوجد تغير، فإن قيمة التغير هو الصفر، وذلك يحدث عندما يكون قيمة المتغير ثابتة دائمًا، وبالتالي فإن تفاضل أي مقدار ثابت هو بصفر، لأنه لا يوجد معدل تغير لقياسه.

(1) Richard D. McKirahan, Philosophy Before Socrates, Hackett Publishing Company, Second Edition, Indianapolis, USA, 2010, p.187

(2) Bertrand Russel, the Principles of Mathematics, W. W. Norton, Second Edition, New York, 1943, p.347.

(٣) برتراند راسل: أصول الرياضيات، ج(٤)، ص٢٠٧.

(٤) المرجع السابق، ج(٤)، ص١٧٣.

حتى الأن، يظهر أن إشكالية هذه الحجة تكمن في «الآن» التي ذكرها زينون. حيث أن أي فترة زمنية لحدث ما، فإذا كان عندنا فعل يبدأ في الحدوث عن زمن ($t_1$)، وينتهي من الحدوث عند زمن ($t_2$)، فإننا في هذه الحالة نقول إن الزمن الذي استغرق الفعل في حدوثه هو $\Delta t$، والذي يمكن حسابه كالآتي:

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

وبالتالي فإن «$t\Delta$» لها قيمة وموجبة دائمًا نظرًا لطبيعة اتجاه سريان الزمان في اتجاه واحد دائمًا من الماضي إلى المستقبل، وتكون لها قيمة اصغر كلما استغرق الفعل وقت أقل لحدوثه، وكلما يقل زمن حدوث الفعل أكثر فإن قيمة «$t\Delta$» ستزداد في الصغر أكثر فأكثر حتى تقترب قيمتها من الصفر. وسوف يصبح لدينا معادلتين:

$$\Delta t \rightarrow \text{Zero} \ldots (1)$$

$$\Delta t = \text{Zero} \ldots (2)$$

في المعادلة الأولى: فإن قيمة $\Delta t$ ستؤول إلى الصفر لكن لن تساويه (متناهية الصغر)، مهما صغرت قيمتها، وبالتالي فإن $\Delta t$ حسب تعريف أرسطو هي فترة من الزمان، متصل، لها أطراف وهما البداية ($t_1$) والنهاية ($t_2$). وهذه الأطراف تتماس مع أطراف فترات زمنية بالتتابع مكونة فترات زمنية أكبر متصلة وقابلة للانقسام. ومن جهة أخرى فإن السهم خلال أي ($\Delta t \rightarrow \text{Zero}$) سيكون متحرك وليس في سكون. وهذه ليست «الآن» التي قصدها كل من زينون وأرسطو في حجة السهم.

في المعادلة الثانية: فإن قيمة $\Delta t$ هنا تساوي صفرًا، وبالتالي فإن النقطة ($t_1$) ستكون هي نفس النقطة ($t_2$). وبالتالي يصبح الزمن المستغرق لحدوث الفعل غير موجود على خط تمثيل الزمان، ($\Delta t$)هنا هو «الآن» الذي قصده زينون والذي قدم تفاصيله أرسطو. فهو ليس بزمان لأنه لا وجود له على خط تمثيل الزمان، وهذا يفسر قول أرسطو بأنه على الرغم من مكانه بين الماضي والمستقبل ولا يتماس معهم وذلك لأنه ليس له سواء وجود أو أطراف على خط تمثيل الزمان، فالآنات دائمًا متفرقة لا تتجاور ولا تتماس مع بعضها، والآن غير قابل للتقسيم، ولا حركة فيه، بل سكون فقط.

وبالتالي فقد أخطأ كل من فسَّر «الآن» عند أرسطو على أنها فترة من الزمن. وحتى استخدام لفظ «لحظة- instant» يوحي أنها كفترة صغيرة من الزمان، وأعتقد أن استخدام لفظ

«الآن- Now» هـو الأقـرب إلى الصـواب، وذلـك لأنه يخلع منـه وصفه كوحدة مـن الزمان، وبالتـالي فإن مجموع الآنـات لن يكون زمن أيضًا. وهذا هو الجـزء الخاطئ من الحجة، فكون السهم ساكن لا يتحرك في الآن صحيح، لكن القول بأن الزمن يتكون من مجموع الآنات فغير صحيح. وهذا الرأي يتماشى مع رأي أرسـطو حول هذه الحجة، فنص أرسطو واضح ولا يوجد به أي غموض فيما يتعلق بهذه الحجة.

لمعرفة قيمة سرعة أي جسم يتحرك، نحتاج معرفة المسافة التي قطعها في خلال زمن معلوم. وفي حالتنا هنا فإن السهم في «الآن»، لا يمكن حساب سرعته اللحظية: «هذه السرعة اللحظية لا يمكن حسـابها بهذه الطريقة، حيث أنها تتضمن قسـمة غير معرفة بالقسـمة على صفر»(١). وفي الآن فالسهم يكون في زمن ($\Delta t = 0$) يقطع مسافة ($\Delta x = 0$).

وقـد حاول زانجاري اسـتخدام تعريف «الصيغ الغير معرفـة Indeterminate Forms» لإيجاد السرعة التي يتحرك بها السـهم في «الآن». فالسرعة يمكن حسـابها بقسـمة المسافة التي يقطعها على الزمن الذي يستغرقه لقطعها، وهنا كلاهم يساوي صفر، وبالتالي فإن سرعة السهم في «الآن» هي كالآتي:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0}{0}$$

وهنا يسـتعير من الرياضيات مفهوم ناتج قسـمة صفر على صفر، وهـو ناتج غير معرف في الرياضيـات- أي غـير معروف القيمة الحقيقية له- وبالتالي يسـتنتج زانجـاري من ذلك أن سرعة السـهم لها قيمة، وليسـت صفرية، بل وتتوافق مع أي مقدار للسرعـة أيًا كان، وبالتالي يوجـد عدد لا نهائي من حـالات الحركة الممكنة. فليس من الضرورة أن تكون حاصل قسـمة صفر على صفر أن تساوي صفر، وبالتالي فليس لدينا مفارقة هنا، لكن مجرد مشكلة تم عرضها بشكل سيئ(٢).

ويعتبر الطريقة التي اتبعها زانجاري قد تبدو من الوجهة الرياضية صحيحة، فإن القيمة غير المعرفة (صفر مقسـوم عـلى صفر) تحتمل أن تكون لها قيم أخـرى غير صفرية بدون أي اعـتراض رياضي على ذلـك. ولكنه لم يقدم التصور لماهية الحركـة في الآن، حيث لدينا سرعة

(1) Michael Clark, Paradoxes From A to Z, p.12.

(2) Mark Zangari, Zeno, Zero and Indeterminate Forms: Instants in Logic of Motion, Australasian Journal of Philosophy, Vol.72, No.2, Sydney,1994, pp.193-194.

غير صفرية لكن في فترة زمنية تساوي صفر وسوف يقطع مسافة صفرية أيضًا: لكن أليس ذلك هو السكون اللحظي؟! وبالتالي فإن السهم له سرعته الخاصة لكنه في ثبوت عند كل «آن».

كما تظهر لنا مشكلة أخرى لتصور الحركة في «الآن»، حيث إننا لا يمكننا بهذه الحالة أن ندرس أي حركة في «آن» بمعطيات منفردة، ولا نستطيع أن نحدد ما إذا كان الجسم متحرك أصلًا لكن في الآن ثابت فقط، أم أن الجسم أصلًا ساكن بلا حركة (وهو ثابت على جميع الأحوال): «فأنت إذا عرفت بالدقة مكان شيء ما في «الآن»، فإن هذه المعرفة لن تجعلك قادر على أن تقول سواء بأن هذه «الآن» تحدث أثناء فترة الحركة أم أثناء فترة الثبات»[١].

وبنفس الطريقة يقول سالمون أن الثبات اللحظي للجسم المتحرك لا يتطلب معرفة ما يحدث له في وقت آخر قريبًا من لحظة الثبات، على عكس السرعة اللحظية التي لا يمكن أن نستنتج السرعة في هذه الحالة ما لم نعرف ما كان يفعله السهم عند وقت آخر قريب من الوقت المراد معرفة السرعة اللحظية له. وهذا الاعتبار- كما يعتقد- هو الذي قاد الفيلسوف هنري برجسون أن يقول بأن مفارقة السهم لزينون تلفت الانتباه إلى الاقتراح السخيف بأن الحركة مصنوعة من الثبات. فبرجسون لخص مفارقة السهم لزينون بأنها إثبات على خطأ الرياضيات القياسية لتوصيف الحركة[٢].

إن كيفية حدوث الحركة وتتابعها واتصالها في ضوء حجة السهم لزينون تصبح لها أبعاد وتفاصيل مختلفة عن التصورات السابقة لها. فالتسلسل الزمني للفترات لانهائية الصغر التي هي في نفس الوقت لا متناهية العدد وكذلك العدد اللامتناهي للـ«آنات» المتفرقة الغير متجاورة يؤثر على مفهوم الحركة وتصورها.

يستخدم ماكلولين وميلر التحليل الغير قياسي للرد على زينون. وتوصلوا إلى نظرية تشرح رياضيًا حقيقة الحركة، لكنها لا تصف طبيعة الحركة في «الآن» (يُطلق عليها اسم الحركة الحالية Present Motion)، ويشير إلى الفواصل من الفترات الزمنية اللانهائية الصغر. فأي مفهوم «للحركة الحالية» يجب أن يأخذ بالاعتبار ما يحدث خلال تلك الفواصل. فالجسم

(1) Richard D. Mckirahan, op. cit., p.187.

(2) Wesley C. Salmon, A Contemporary Look at Zeno's, Paradoxes, p.136.

من الممكن أن يقفز آنيًا (Instantaneously) من نهاية فترة ما إلى أخرى، أو يتحرك حركة غير منتظمة خلال أحد الفترات أو يتحرك حركة منتظمة خلال أحد الفترات. وفي حالة تحرك الجسم بحركة منتظمة في أحد الفترات فإنه يمكن بحساب التفاضل والتكامل للدوال غير القياسية تمثيل الحركة، بالاشتقاق لدالة العلاقة بين المسافة والزمن في اي لحظة. وبشكل عام فإن الجسم قد لا يكون خلال هذه الفترات الزمنية في أي نوع من المكان- الزمان(١).

وبذلك يتضح أن الفكرة الأساسية لمفهوم الحركة عند ماكولين وميلر هي أن الحركة تحدث في لحظات لامتناهية الصغر، ومكان هذه اللحظات اللامتناهية في الصغر بين آنات زينون، ويتعذر كشفها، ويتحرك فيها الجسم مسافات صغيرة متساوية(٢).

أما برتراند راسل فيوضح أن السهم لا يتحرك في الآنات المختلفة، لكن الحركة تحدث بينهم: «إنه لا يتحرك أبدًا، لكن بطريقة خارقة فإن التغير في الوضع يحدث بين الآنات، وهذا يعني، ليس في أي وقت مهما كان»(٣). والذي يبدو نفس تصور أرسطو لمسار الحركة.

وهنا يجد راسل نفسه مضطرًا أن يصف الحركة بأنها وهمية مثل زينون، ويتفق راسل وزينون في إنكار الحركة المدركة إدراكًا حسيًا: «فإن الوحدة الخالصة تحل محلها عند أحدهما، على حين تحل الكثرة الخالصة محلها عند الآخر»، ويجوز أن يكون إنكار راسل للتغيير مُنصبًا فقط على العالم الرياضي(٤).

إن تصور زينون للـ«آن» من حيث السكون فيه من الحركة صحيح، وأيضًا حسب تصور أرسطو، لكن المشكلة الأساسية في هذه الحجة، والخطأ الذي وقع فيه زينون هو قوله بأن الزمن هو مجموع الآنات، وذلك غير صحيح، حيث إن «الآن» ليس بزمان؛ وبالتالي فإن تصور أرسطو ل «الآن» وتعريفه لها صحيح، حيث لا توجد في الآن حركة. مثال على ذلك كاميرا تصوير السيارات المسرعة على الطريق، فجودة صورة آلة التصوير تتوقف على سرعة

---

(1) William I. McLaughlin and Sylvia L. Miller, An Epistemological Use of Nonstandard Analysis to Answer Zeno's Objection Against Motion, Kluwer Academic Publisher, Vol.92, Netherlands,1992, p.382.

(2) Alba Papa Grimaldi, Why Mathematical Solution of Zeno's Paradoxes Miss the Point, p.304.

(3) Bertrand Russel, Our Knowledge of the External world, W. W. Norton, New York, 1929, p.189.

(٤) وليم جيمس: بعض مشكلات الفلسفة، هامش رقم (٩٩)، ص١٥٧.

التقاط الصورة- وهو الزمن المستغرق في فتح ثم إغلاق فتحة دخول الضوء من عدسة كاميرا التصوير- فكلما كان زمن التقاط الصورة أصغر كلما كانت الصورة أوضح، نظرًا لأنه كلما قلَّ زمن التقاط الصورة كلما كان ثبات الجسم المتحرك أكثر. فإذا فرضنا أن زمن التقاط الصورة لن يستغرق أي زمن (أي يساوي صفر)، فستكون درجة وضوح الصورة كما لو أن الصورة التقطت لجسم ساكن تمامًا.

## ٦- الحجة الرابعة: الصفوف المتحركة (أو الاستاد)

تُعتبر هذه الحجة من أضعف حجج زينون ضد الحركة من وجهة نظر كثير من الفلاسفة، وبعضهم تجاهلوها، نظرًا لسهولة نقضها. وتعتبر حجج زينون (الانقسام اللامتناهي، أخيل والسلحفاة، السهم) هم «أشهر مفارقاته»[(١)]. كما أن «رينوفييه Renouvier في الفصل الخاص بزينون في أحد كتبه، أهمل الحجة الأخيرة- حجة الملعب»[(٢)]. وهناك من يرى أهمية هذه الحجة وعلاقتها بالحجج السابقة: «ويرى بروشار أن هذه الحجة التي كانت مصدر حيرة وشك لكثيرين من مؤرخي الفلسفة، ذات صلة وثيقة بالحجج السابقة، وأنها تكمل الدليل»[(٣)].

والحجة الرابعة بنص أرسطو: «هي في أمر الأعظام المتساوية التي تتحرك إلى جانب أعظام مساوية لها ضد حركتها، على أن تلك تتحرك من آخر الميدان، وهذه تتحرك من وسطه حركة مستوية السرعة. فيرى أنه يلزم من ذلك أن يكون الزمان النصف مساويًا لضعفه»[(٤)].

وتعتمد هذه الحجة في الأساس على مبدأ فيزيائي وهو أنه لنفس الوقت؛ «أن الجسمين المتحركين بنفس السرعة يقطعان نفس المسافة»[(٥)].

والحجة تشرح كيف أن ثلاث مجموعات من الأجسام حيث أن المسافات بينهم متساوية (وتساوي X) وبنفس الترتيب التالي:

---

(١) ريكس وورنر: فلاسفة الإغريق، ترجمة: عبد الحميد سليم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥، ص٤٨.

(٢) د. علي سامي النشار: نشأة الفكر الفلسفي عند اليونان، ص٧٣.

(٣) المرجع السابق، ص٧٣.

(٤) أرسطو: الطبيعة، ج(٢)، المقالة السادسة، ٢٣٩ ب، ٣٣، ص٧١٥.

(٥) د. مصطفى النشار: تاريخ الفلسفة اليونانية من منظور شرقي، ج(١)-(٢)، ص١٨٣.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A1 | A2 | A3 | A4 |
| B4 | B3 | B2 | B1 | → |
| ← | C1 | C2 | C3 | C4 |

المجموعة الأولى (A) ثابتة لا تتحرك، والمجموعة الثانية (B) تتحرك بسرعة ثابتة في اتجاه (اليمين →)، والمجموعة الثالثة (C) سوف تتحرك بنفس الوقت وبنفس السرعة V لكن في الاتجاه الآخر (اليسار←)، وبعد زمن قدره (t) فإن الجسم (B1) سيكون بمحاذاة الجسم (A4)، وكذلك فإن الجسم (C1) سيكون بمحاذاة (A1) كما في الشكل التالي:

| | | | |
|---|---|---|---|
| A4 | A3 | A2 | A1 |
| B1 | B2 | B3 | B4 |
| C4 | C3 | C2 | C1 |

وبالتالي نجد أنه في زمن (t) اجتاز الجسم (B1) عدد مسافتين من (A)، وفي نفس الوقت اجتاز الجسم (B1) عدد أربع مسافات من (C). وهنا يبدأ زينون باستنتاجه: إن زمن اجتياز وحدتين يساوي زمن اجتياز أربع وحدات وبالتالي فإن $\frac{t}{4} = \frac{t}{2}$ أي أن نصف الوقت يساوي ضعفه $t = \frac{t}{2}$ وهذا خلف، وبالتالي فإن الحركة غير حقيقية وغير ممكنة.

والحقيقة هنا هي خطأ زينون في افتراض أن الزمن اللازم لعبور مسافة ما (X) ثابت بغض النظر عن ثبات أو تغير السرعة. فمقدار الزمان اللازم لكي يعبر فيها الجسم (B) مسافة واحدة من «A» هو نفسه الزمان اللازم لكي يعبر فيها (B) مسافة واحدة من «C»، وهذا غير صحيح. فإن الوصف الرياضي للمشكلة هنا يكمن في مصطلح «السرعة النسبية»، حيث أن السرعة بين الأجسام هي حاصل الفرق بين السرعتين على حسب اتجاههم. فعندما تتحرك سيارتان معًا في نفس الاتجاه ونفس السرعة فإن أي من الركاب في كلتا السيارتين سوف يرى السيارة الأخرى كأنها ثابتة بالنسبة له، لأن السرعة النسبية بين السيارتين تساوي صفر. وفي حالتنا هنا فإن السرعة النسبية بين (A) و(B) هي (VAB) تختلف عن السرعة النسبية بين (B) و(C) وهي (VBC).

$$\text{السرعة (V)} = \frac{\text{المسافة (x)}}{\text{الزمن (t)}}$$

السرعة النسبية بين A، B $(V_{AB}) = V_A - V_B = V - 0 = V$

السرعة النسبية بين B، C $(V_{BC}) = V_A + V_B = V + V = 2V$

ونلاحظ أن السرعة النسبية بين الجسمين (B، C) هي ضعف السرعة النسبية بين الجسمين (A ،B). وبالتالي:

الزمن اللازم لعبور الجسم (B) مسافة واحدة من (A) يساوي:

$$T_{AB} = \frac{X}{V}$$

والزمن اللازم لعبور الجسم (B) مسافة واحدة من (C) يساوي:

$$T_{BC} = \frac{X}{2V}$$

$$\therefore\ T_{AB} = 2T_{BC}$$

وبالتالي فإن الوقت الذي يستغرقه الجسم (B) لاجتياز وحدة من (A) هو ضعف الوقت اللازم له لاجتياز وحدة من (C) وذلك لاختلاف السرعة النسبية بين الصفوف وليس لأن «نصف الزمان يساوي ضعفه»، بل لأنه في نفس وحدة الزمان فإن: «الأسرع نسبيًا» سيجتاز مسافة أكبر مما سيجتازه «الأبطأ نسبيًا». فليس المسافات هي مقياس الزمن، لكن هما (المسافة والزمن) أطراف في معادلة معًا ومعهم طرف ثالث وهو (السرعة)، الذي لا تكتمل المعادلة بدونه. ويبدو هنا في هذه الحجة -وفقًا لنص أرسطو- أن الرياضيات استطاعت نقضها تمامًا؛ ولهذا تعتبر هذه الحجة ليست في قوة الحجج الثلاث الأخرى لزينون ضد الحركة.

وينتقد بارنز نص أرسطو في هذه الحجة: «نص أرسطو لا يقترح مفارقة في مهارة مفارقة أخيل»[١]. فعلى الرغم من أن معظم النقد الموجه لهذه الحجة بأنها: «هي من الناحية اللغوية هي الأكثر تعقيدًا في حجج زينون الأربعة؛ لكن فلسفيًا هي أبسط وأقل إثارة»[٢]. ويرجع بارنز ذلك إلى رد ارسطو غير المرضي وغير الكافي على الحجة: «وفقًا لأرسطو، زينون يتجاهل

(1) Jonathan Barnes, the PreSocratic Philosophers, p.228.
(2) Ibid., pp.228-229.

حقيقـة أن المجموعة الأولى ثابتة والثانية متحركة. فالنقد ليس عميقًا»[١]. فإن زينون لم يكن ينـوي من خلال مفارقة الاسـتاد أن ينفي «الحركـة المطلقة» وتوضيح مفهوم الحركة النسـبية فقط، بل تظهر وتُشير إلى الحاجة لمفهوم أدق للتغير مما كانوا عليه. وأن الحركة باختصار نسبية وليسـت مطلقة، وذلك يحول مفارقة الاسـتاد لزينون من شكلها الأرسطي العادي إلى حجة لها بعض الأهمية ويعلق بارنز بأن رد أرسطو على زينون غير كافٍ[٢].

وعندمـا يشرح بيركلي الحركة فأنه يركز على حقيقة أن الحركة هي شيء نسـبي، فإننا لكي نتصور أي حركة، فلابد أن نتصور أولًا أن هناك جسمين، بحيث يكون هناك تغير في المسافة أو الموقع بالنسـبة لبعضهم البعض. فلو كان هناك جسـم واحد في الوجود، فمعنى ذلك أنه من غير الممكن أن يتحرك. وهذا يبدو واضحًا حيث وجود حركة، فلابد أن تتضمن نسبية[٣].

والحجة الرابعة تثبت شيئًا مهمًا لم تكن تهدف في الأصل إلى إثباته. فهي تهدف إلى إثبات تناقضات الحركة (على حسب نص أرسطو)، لكنها تثبت نسبية الحركة[٤].

## ٧ـ الفلسفة البارمنيدية ومفارقات الحركة عند زينون

إن الفلسفة البارمنيدية تقوم على تصور الوجود الحقيقي، الذي لا يمكن للحواس أن تدركه أو تشعر به، لكنه يُعرف بالعقل فقط. فشهادة الحواس غير صحيحة، ولكنها تدرك فقط العالم الخارجـي أو الوجـود الفعلي- وهـو العالم الحسي، فكل مـا يوجد في الوجـود الفعلي أو الحسي كالأشـجار والأنهـار وكذلك التعدد والحركة هي مجرد ظاهر، لكـن الوجود الحقيقي لا يوجد وجـودًا فعليًا، لكنه كامن خلف هذا الظاهـر[٥]. ولقد قرر بارمنيدس أنه ليس من المعقول أن تجيء الأشياء إلى الوجود من العدم أو أنها تصبح عدمًا، وبالتالي فإن الكون حقيقة غير حادثة

(1) Ibid., p.230.

(2) Ibid., p.231.

(3) George Berkeley, his Works, Vol.1: Philosophical Works, 1705-21, with Prefaces, Annotations, Appendices, and Account of His Life By: Alexander Campbell Fraser, The Clarendon Press, Oxford, w.d, p.320.

(٤) فوادسـواف تاتاركيفتش: الفلسـفة اليونانيـة، ترجمة: محمد عثمان مكي العجيل، كنـوز للنشر والتوزيع، القاهرة، د. ت، ص٦٧.

(٥) د. إمام عبد الفتاح إمام: مدخل إلى الميتافيزيقا، ص ص١٠٦-١٠٧.

أو قابلة للفناء. وكذلك اعتبر أن الحركة وكل أنواع التغيرات والاختلافات في الأشياء المعتادة ما هي إلا مجرد مظاهر وهمية[١]. وبالتالي فإن مذهب بارمنيدس في الوجود يقوم على أصلين رئيسين، أولًا الوحدة وإنكار الكثرة، ثانيًا الثبات وإنكار الحركة.

ومن هذين المبدأين وضع زينون حججة سواء كانت ضد الكثرة أو ضد الحركة. لكن ما قاد زينون لتطوير مفارقاته الشهيرة أقل من واضحة. فسقراط الشاب يسأل زينون عن الغرض من هذه الحجج، ويكمل سقراط: أنت تقول لو هناك كثرة فإن العواقب ستكون مستحيلة، فالوجود سيكون في نفس الوقت الشيء وخلافه، وأنت تضع كل حججك لتكون إثبات على هذه النقطة بالذات، للاستنتاج بأنه لا يوجد كثرة للأشياء، فيجيب عليه زينون بأنه قد فهم غرض كتابه جيدًا[٢].

ثم بعد ذلك فسقراط الأفلاطوني يحاول التكهن حول الدوافع الخفية لكتاب زينون، والذي اعتقد أن زينون حاول إخفائها عن الجمهور، ويخاطب بارمنيدس قائلًا: «بطريقة ما، لقد كتب نفس الشيء الذي كتبته أنت، لكنه حوره لمحاولة خداعنا من خلال الاعتقاد بأنه يقول شيئًا مختلفًا. لأنك تقول في الأبيات التي قمت بتأليفها بأن الكل واحد، وأنت تبلي حسنًا وتقوم بعمل جيد بتقديم أدلة على ذلك. ويقول هو، من ناحية أخرى، لا يوجد كثرة من الأشياء وأعطى أيضًا العديد من البراهين القوية، التي تقول بأنه واحد والأخرى تقول ليست كثرة. وهذا في كل محادثة بهذه الطريقة لتظهر بأنك لم تقل شيئًا عن نفس الأشياء». ونرى أن الشاب سقراط يتهم زينون وبارمنيدس بالتخطيط لإخفاء حقيقة أن استنتاجاتهم متطابقة. ويرد زينون على الفور بأن سقراط لم يدرك تمامًا حقيقة كتابه[٣].

ويشكك بعض المفكرين في جوانب من رواية أرسطو لحجج زينون، كما يشكك راسل في الاستنتاجات التي استنتجها زينون بقوله: «النقطة الوحيدة التي لعل زينون أخطأ فيها هي استنتاجه (إن كان قد استنتج)»[٤]. وأيضًا بارنز يرى أن نص أرسطو مختلف عن النص الأصلي

---

(١) أ. وولف: عرض تاريخي للفلسفة والعلم، ترجمة: محمد عبد الواحد خلاف، آفاق للنشر والتوزيع، ط(١)، القاهرة، ٢٠١٧م، ص٢١.

(2) John Palmer, Parmenides & PreSocratic Philosophy, Oxford University Press Inc., New York, 2009, p.190.

(3) Ibid.,pp.190-191.

(٤) برتراند راسل: أصول الرياضيات، ج(٤)، ص٢٠٢.

لزينون: «أنا لا أعتقد بأننا نستطيع أنه نأمل بجدية أن نسترد بشكل حقيقي حجة زينون من وراء رواية أرسطو المشوهه»[١]. ويبدو أن رأي سقراط عن زينون هو السبب في جعل البعض يشكك في فهم أرسطو للمعنى الدقيق للحجج: «سقراط: ألم نسمع نحن عن البارمنيدي الإيليائي (زينون)، ألم نسمع عنه أن فنه في الكلام قادر على أن يجعل الأشياء عينها تظهر لسامعيه متشابهة وغير متشابهة، واحدة ومتعددة، في حركة وفي سكون»[٢]. وأيضًا قول زينون لسقراط في محاورة بارمنيدس: «فإنك لم تدرك تمامًا الباعث الحقيقي للتأليف»[٣]. فإذا كان سقراط تداخل عليه الأمر، فمن أين أتى أرسطو بفهم دقيق للحجج؟ خاصة أن أفلاطون ولد بعد هذه الواقعة التي رواها (لقاء بارمنيدس وزينون وسقراط)، فأفلاطون تلميذ سقراط وأرسطو تلميذ أفلاطون، وهناك فارق زمني حوالي خمسين عامًا بين وفاة زينون ومولد أرسطو، وبالتالي فقد يكون أرسطو أضاع بعض الجوانب من حجج زينون، ربما لم يدركها جيدًا، أو كانت تخالف بعض الجوانب من فلسفته. فكل من أفلاطون وأرسطو لم يدركا القيمة المهمة لحجج زينون «في الحقيقة أطلق-أرسطو- عليها مغالطات بدون أن يكون قادر على دحضها»[٤].

إن كل من التعدد والحركة عند زينون ليس لهما وجود، وقد وضع زينون الحجج لكي يبيِّن أن الحركة هي وهم: «فالحركة عبارة عن شيء يتواجد كليًّا في مخيلتنا، وأنها ليست حقيقية في حد ذاتها»[٥]. ويبدو أن نفي زينون للحركة ليس هو أساس حججه، لكن نفي الكثرة هو المبدأ الأساسي للحجج، وذلك لأنه بنفي الكثرة، فإن الحركة سوف تنتفي تلقائيًا. «وحجج زينون تؤكد على «الواحد يكون» ثم فهمها على تأكيد «الوحدة فقط»[٦]. وعندما وصف بيركلي الحركة: «لكي يتم وصف جسم يتحرك، أنه من الضروري، أولًا، أن يكون هناك تغير في المسافة أو الموضع بينه وبين جسم آخر»[٧]. وبمبدأ وحدة الوجود تصبح الحركة مستحيلة.

(1) Jonathan Barnes, The Presocratic Philosophers, p.223.

(٢) أفلاطون: محاورة فيدروس، الأعمال الكاملة، المجلد الخامس، ترجمة: شوقي داود تمراز، الأهلية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٩٤م، ص٧٥.

(٣) أفلاطون: محاورة بارمنيدس، ص١٦.

(4) Steven G. Krantz, An Episodic History of Mathematics: Mathematical Culture Through Problem Solving, p.29.

(5) E. W. F. Tomlin, The Great Philosophers The Western world, Skeffington and Son Ltd., London, W.D, p.27.

(6) John Palmer, op. cit., p.191.

(7) George Berkeley, op. cit., p.321.

إن مفهوم زينون عن الزمان مختلف عن التصور الذي وضعه أرسطو، من حيث التكوين والاتصال. فالزمان عند أرسطو: «الزمان متصل شأنه في ذلك شأن الحركة، فالحركة متصلة لأنها تتم في مكان متصل»[١]، وبالتالي فإن الزمان والمكان والحركة متصلين عند أرسطو، والآن عند أرسطو: «يعتبر حدًا للزمان وليس جزءًا له»[٢]. بينما عند زينون فإن «المكان متصل لكن الزمن ليس كذلك، على عكس المسافة، فالوقت يتكون من سلسلة من الآنات المتقطعة. فالزمان حُبيبي، والمكان أملس»[٣].

والزمان عند أرسطو مؤلف من ثلاثة أجزاء: الأول وهو الماضي كان ولم يعد بعد موجودًا، والثاني وهو المستقبل ولم يأتِ بعد، والثالث لا يمكن الإمساك به لأنه يتكون من أعدام، وما يتألف من أعدام يبدو أنه من المستحيل أن يشارك في الوجود[٤]. وفيما يبدو من التعريف أن الجزء الثالث من الزمن وهو عدم لا يمكن الإمساك به هو (الآن). مهما كانت طبيعة الزمان والمكان، فمنذ أثارهما زينون، ووضع أرسطو فيها كلمته، لم تستقر الفكرة عنهما حتى اليوم، فلكل من ديكارت وليبنتز ونيوتن وكانط وأينشتين مذهب مختلف عن مذاهب الآخرين[٥].

إن حجج زينون تضمنت مفهوم اللامتناهي، فكلمة (Infinity) تأتي من كلمة (Infinitas) اللاتينية وتعني بلا حدود. وزينون بحججه عن اللا متناهي وضعنا أمام مشكلة لإيجاد طريقة لحساب اللا نهايات. ولما كانت كل حركة مركبة من مواضع متتالية كثيرة، فهذه المواضع فإما لا متناهية بسبب قسمتها إلى ما لا نهاية أو أنها تقف عند مواضع نهائية وغير قابلة للانقسام، وفي كلتا الحالتين يوجد تناقض. فالوجود عند بارمنيدس واحد متصل متجانس، لا يقبل القسمة، ملاء، وبالتالي لا يتحرك، لأن التحرك يؤدي إلى الانقسام وانفصال الأجزاء بعضها بالنسبة إلى بعض، فالسكون هو آية الوحدة، كما أن الحركة هي دليل الكثرة. ولذلك فإن إظهار استحالة الحركة لتعارضها مع العقل يؤدي إلى القول بوحدة الوجود، وتأييد مذهب بارمنيدس[٦]. وحجج زينون لا تنفي الامتداد لكنها تنفي تكوينه، وبالتالي لا ينبغي أن نطلق

---

(١) د. مجدي السيد أحمد كيلاني: أرسطو، المكتب الجامعي الحديث، الإسكندرية، ٢٠٠٩م، ص١٥١.

(٢) المرجع السابق، ص١٥٢.

(3) Jonathan Barnes, op. cit., p.208.

(٤) د. عبد الرحمن بدوي: مدخل جديد إلى الفلسفة، وكالة المطبوعات، ط٢، الكويت، ١٩٧٨م، ص٢٠٠.

(٥) د. أحمد فؤاد الأهواني: فجر الفلسفة اليونانية قبل سقراط، ص١٥٣.

(٦) المرجع السابق، ص١٥٣.

عليـه كل لأنه ليس له أجزاء، فهو واحد في جوهـره [١]. كما أن مفهوم اللانهائي، الذي وضعه بارمنيدس، يدل على أن كل مقدار في الوجود هناك مقدار أكبر منه «لأنه إذا كان الكبر في أي شيء، سيكون هناك شيء ماغير أكبر، وبجانب الكبر نفسه، وبالتحديد، ذلك الذي يكون الكبر فيه»[٢]، ويبدو هذا المفهوم للانهائي متماشيًا مع المعنى الرياضي الحالي للانهائي ( كل رقم في الوجود هناك رقم أكبر منه).

ويرى راسل انه لا يمكن القول وبصفة مؤكدة أن هناك اية مجموعات لانهائية في العالم, وليس هناك سبب منطقي وحاسم للاعتقاد في صحتها. و عادة ما ننظر إليها كمفهوم كمي، و إنها كمية تقترب إليها الكميات الأخرى شيئًا فشيئًا، ويبقى فارق بسيط بينهما. والعمليات الرياضية على اللانهايات بالزيادة - مثل الجمع والضرب ورفع القوى- تتماشى مع مفهوم النهايات وتسير سيرًا حسنًا، لكن العمليات العكسية - مثل الطرح والقسمة والجذور- فهي مبهمة، حيث أن المفاهيم التي تعتمد عليها هذه العمليات العكسية تصطدم وتبطل عند تطبيقها على الأعداد اللامتناهية. [٣]

وعلى الرغم من مرور أكثر من ألفي عام، ما زالت حجج زينون تدرس في مجال البحث الفلسفي وأيضًا في مجال البحث العلمي، نظرًا لاحتوائها على شق علمي، بل إنها احتوت على أجزاء لم يتمكن العلم من التوصل إلى إجابات قاطعة لها. ولذلك بقيت هذه الحجج في مجال البحث الفلسفي ولم تغادره، فحتى الآن لا يوجد حلول يقينية حاسمة لبعض المشاكل التي أثارتها، بينما كثيرًا من آراء فيثاغورس تركت مجال الفلسفة وأصبحت من العلوم «والواقع أنه كلما صلحت طائفة من المسائل للبحث، أو التحقيق العلمي، وتكونت حولها معرفة محددة استقلت عن الفلسفة وأصبحت علمًا منفصلًا»[٤]. فحجج زينون لها شق فلسفي وشق علمي، وقد نجح الرياضيون في إزالة الغموض عن أجزاء من الشق العلمي فيها، واستغرق ذلك حوالي ألفي عام من التطور الفكري.

---

(١) د. علي سامي النشار: نشأة الفكر الفلسفي عند اليونان، ص٨٦.

(٢) أفلاطون: المرجع السابق، ص٦٢.

(٣) برتراند راسل: مقدمة للفلسفة الرياضية، ترجمة: د. محمد مرسي أحمد، راجعه: د. أحمد فؤاد الأهواني، مؤسسة سجل العرب، القاهرة، ١٩٨٠م.، ص ٨٦، ٩٧، ١٠٨.

(٤) د. محمد علي أبو ريان: الفلسفة أصولها ومبادئها، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٧٨م، ص١٠٢-١٠٣.

والرياضيات البحتة رغم خلوها من المصادرات الخاصة إلا أنها يُعتقد بصدقها، نظرًا لأنه تم ردها إلى المنطق وهو أرسخ مجالات الحقائق الصادقة، لكن لا يوجد في الرياضيات أساس لليقين، فهي تعتمد إلى حد كبير على التأويل الخاص الذي يمنح الرياضيات هذا اليقين، أو قد تكون عُرضة للشك. وبالتالي ليس هناك في الرياضيات ما هو صادق يتجاوز الشك، بل رهينة بالإثبات الفيزيائي الذي قد يفندها ويرفضها(١). وقد أكد زينون من قبل على أهمية الاعتماد على العقل والمنطق باعتبارهما أصدق مصدر للمعرفة، بالمقارنة بالمعرفة الحسية.

ويقول ماكولين: «لقد صمد منطق زينون لقرون عديدة معظمه سليم، مما يثبت الطبيعة المناعية لحججه، وقد حفزت البحوث عبر العصور، وحفزت أفكارنا حول الحركة والزمن والمكان، وكان الطريق إلى حلها حافل بالأحداث»، وقد شبه الحجج بالتساؤل الذي طرحه الفلكي الألماني هاينريش أولبيرز المتعلق ب «مفارقة السماء المظلمة»، إذا كان هناك عدد لا يحصى من النجوم في السماء فلماذا يحل الظلام ليلًا؟! (٢). ويمكننا أن نقول عن حجج زينون، أثارت جدل فلسفي كبير وحفزت العقول للتأمل والتفكير المنطقي والعلمي، وأدت إلى تطور في كثير من المفاهيم الفلسفية والعلمية وخاصة الرياضية.

---

(١)إسرائيل شفلر: عوالم الصدق نحو فلسفة للمعرفة، ترجمة وتقديم ودراسة: فاطمة إسماعيل، مراجعة: مصطفى لبيب، المركز القومي للترجمة، ط(١)، القاهرة، ٢٠١٥م، ص ص٩٣-٩٤.

(2) William I. McLaughlin, Resolving Zeno's Paradoxes, Scientific American, Vol.271, No.5, November 1994, p.89.

## الخاتمة

**يمكن إيجاز أهم النتائج التي توصل إليها البحث في النقاط الآتية:**

١- إن حجج زينون ضد الحركة، وإن كانت صادمة في بعض نتائجها، إلا أن بها من العمق، بل وبراعة التفكير، ما استغرق ألفي عام ليسبر أغوارها، وحتى الآن تعجز الرياضيات الحديثة عن إيجاد حلول وتعاريف دقيقة لبعض المشكلات التي أثارها زينون في حججه.

٢- إن تحليل زينون للفرضيات والإشكاليات التي وضعها في حججه دقيقة وصحيحة، فأي مسافة بين نقطتين فيها عدد لا نهائي من النقط، وأي مسافة لها منتصف ومنتصفها لها منتصف وهكذا إلى ما لا نهاية، وأخيل لن يلحق السلحفاة أبدًا ما دام هدفه هو الوصول إلى النقطة التي توجد بها السلحفاة لحظة بداية تحركه والتوقف فيها، والسهم متوقف في كل الآنات، والحركة ليست مطلقة بل نسبية، فهذه هي المعطيات التي أعطاها زينون في حججه لكن المشكلة والخطأ هو في الاستنتاجات التي خرج بها من المعطيات السابقة- إن كان قد استنتج- بل إن البعض ذهب إلى أن استنتاجات زينون لا تتناسب مع المعطيات التي شرحها، وفي ضوء عدم وجود نص أصلي لحجج زينون، ذهب البعض بخطأ أرسطو في فهم واستنتاج ما يقصده زينون بحججه. ويظهر ذلك جليًا في الحجة الرابعة: حيث إن «نصف الزمن يساوي ضعفه». لا تفيد القضية الأصلية لزينون بشيء- وهي الوحدة والسكون- لكن نسبية الحركة مع أن القول بمبدأ «الوحدة» ينفيها.

٣- أنه من الخطأ الوقوف على استنتاجات أرسطو فقط في الحجة الأولى، حيث إن هذه الحجة أعطت مبدأ غاية في الأهمية وأيضًا غاية في الغرابة، وهو أن حاصل مجموع اللا متناهي في العظم هو متناهي. وبالتالي يصبح الغرض من هذه الحجة ليس نفي الحركة عن طريق توضيح الامتداد اللانهائي للمكان فقط، بل أيضًا إلى الذين يقولون بالكثرة، وهكذا يكون رده عليهم بأنه على الرغم من الوجود الواضح «للكثرة» لكن سيكون حاصل مجموعها النهائي هو «الوحدة». وهي مقولة لا يستطيع أرسطو أن يقولها بوضوح حتى لا تؤثر على مذهبه في سرمدية المحرك الأول التي تستند كليًا إلى أبدية الحركة.

٤- تبدو الحجة الثانية صحيحة حتى مع نص أرسطو فالطالب يصل من قبل إلى الموقع الذي منه فصل الهارب، ولذلك يجب أن يصل الأسرع إلى المكان الذي يتواجد فيه الأبطأ

لحظة تحركه، وهنا لفظ يصل- وليس يمر- فالوصول يعني التوقف عندها، وبالتالي لن يستطيع الأسرع أن يلحق بالأبطأ أبدًا، مع الوقت سيقل الفارق بينهم أكثر فأكثر، ولكن لن يصل الفارق إلى الصفر أبدًا. وسيبدو الأمر مثل إطلاق رصاصة على الموضع اللحظي لجسم متحرك بسرعة فعندما تم إطلاق الرصاصة على الموضع اللحظي للجسم، فإن الرصاصة استغرقت وقت للوصول إلى الموضع اللحظي للجسم المتحرك، وفي هذه الأثناء بالطبع تحرك الجسم من مكانه وهكذا، فبالتالي لن تصيب الرصاصة الهدف طالما يتم تصويبها على الموضع الحالي للجسم المتحرك وليس على الموضع الذي سيكون الجسم المتحرك فيه عند وصول الرصاصة إليه.

٥- تعتبر حجة السهم من أكثر حجج زينون تعقيدًا نظرًا لأنها تعتمد على اتجاه مختلف وهو محاولة تقسيم الزمان إلى ما لانهاية، ويكون السؤال الفلسفي لهذه الحجة: هل التقسيم اللانهائي للزمان سينتج لنا جزء متناهي الصغر هو (الآن) سيكون فيه أي جسم متحرك ساكنًا؟ وهذا خطأ زينون في تعريف «الآن» التي هي ليست لها أي مقدار كمي، أي بمعنى آخر قيمتها صفرية ($\Delta t = 0$)، وبالتالي فإن الزمان لا يكون بتجميع الآنات، بينما الزمان يكون بتجميع أجزائه المتناهية الصغر.

٧- أعطى أرسطو من خلال مناقشته لحجج زينون شرحًا لسلسلة تكوين الزمان، من حيث كونه مكون من فترات صغيرة متجاورة ومتصلة وقابلة للانقسام، بينما الآنات متفرقة وغير متجاورة أو متصلة وغير قابلة للانقسام.

٨- على الرغم من أن أرسطو هو من أطلق على زينون اسم مخترع فن الجدل، لكن هذه الطريقة كانت موجودة من قبل زينون، في أسلوب كل من بارمنيدس وربما إكسينوفان، كما أنها لها جذور في اليونان القديمة. وعلى الرغم من محاولات أرسطو وأفلاطون لتطوير الجدل إلا أنه لم يصبح علمًا بالمعنى المعروف.

# قائمة المصادر والمراجع

## أولًا: العـربية


- أحمد فؤاد الأهواني:

١- فجر الفلسـفة اليونانية قبل سـقراط، الهيئة المصرية العامـة للكتاب، القاهرة، ٢٠٠٩م.

- أرسطـو:

٢- الطبيعة، ج(١)، ترجمة: إسـحق بن حنين مع شروح ابن السمح، متى بن يونس، ابـن عدي، أبي الفرج بـن الطيب، حققه وقدم له: د. عبـد الرحمن بدوي، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٤م.

٣- الطبيعة، ج(٢)، ترجمة: إسـحق بن حنين مع شروح ابن السمح، متى بن يونس، ابـن عدي، أبي الفرج بن الطيـب، حققه وقدم له: د. عبد الرحمن بدوي، المكتبة العربية- المؤسسة المصرية العامة للتأليف والأنباء والنشر، القاهرة، ١٩٦٥م.

٤- علم الطبيعة، ج(١)، ترجمه من الإغريقية إلى الفرنسـية وصدّره بمقدمة في تطور علـم الطبيعة، وبتفسـير ثم علق على النـص تعليقات متتابعة: بارتملي سـانتهلير، نقلـه إلى العربية: أحمد لطفي السـيد، الهيئة المصرية العامـة للكتاب، القاهرة، ٢٠٠٨م.

- إسرائيل شفلر:

٥- عوالم الصدق نحو فلسـفة للمعرفة، ترجمة وتقديم ودراسـة: فاطمة إسـماعيل، مراجعة: مصطفى لبيب، المركز القومي للترجمة، ط(١)، القاهرة، ٢٠١٥م.

- أفلاطـون:

٦- محاورة بارمنيدس، ضمن المحـاورات الكاملة لأفلاطون، المجلد الخامس، نقلها إلى العربية: شوقي داود تمراز، الأهلية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٩٤م.

٧- محاورة فيدروس، ضمن المحاورات الكاملة لأفلاطون، المجلد الخامس، نقلها إلى العربية: شوقي داود تمراز، الأهلية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٩٤م.

- د. أميرة حلمي مطر:

٨- الفلسفة اليونانية- تاريخها ومشكلاتها، دار المعارف- القاهرة، ١٩٨٨م.

- د. إمام عبد الفتاح إمام:

٩- مدخل إلى الميتافيزيقا، دار نهضة مصر للنشر، ط(٤)، القاهرة، ٢٠١٤م.

- أ. وولف:

١٠- عرض تاريخي للفلسفة والعلم، ترجمة: محمد عبد الواحد خلاف، آفاق للنشر والتوزيع، ط(١)، القاهرة، ٢٠١٧م.

- برتراند راسل:

١١- أصول الرياضيات، ج(٤)، ترجمة: د. محمد مرسي أحمد، د. أحمد فؤاد الأهواني، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٦١م.

١٢- مقدمة للفلسفة الرياضية، ترجمة: د. محمد مرسي أحمد، راجعه: د. أحمد فؤاد الأهواني، مؤسسة سجل العرب، القاهرة، ١٩٨٠م.

- ريكس وورنر:

١٣- فلاسفة الإغريق، ترجمة: عبد الحميد سليم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥م.

- د. علي سامي النشار:

١٤- نشأة الفكر الفلسفي عند اليونان، منشأة المعارف، ط(١)، الإسكندرية، ١٩٦٤م.

- د. عبد الرحمن بدوي:

١٥- ربيع الفكر اليوناني، مكتبة النهضة المصرية، ط(٤)، القاهرة، ١٩٦٩م.

١٦- مدخل جديد إلى الفلسفة، وكالة المطبوعات، ط(٢)، الكويت، ١٩٧٨م.

- فوادسواف تاتاركيفتش:

١٧- الفلسـفة اليونانيـة، ترجمة: محمد عثمان مكي العجيل، كنـوز للنشر والتوزيع، القاهرة، د. ت.

- د. مجدي السيد أحمد كيلاني:

١٨- أرسطو، المكتب الجامعي الحديث، الإسكندرية، ٢٠٠٩م.

- د. محمد علي أبو ريان:

١٩- الفلسفة أصولها ومبادئها، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٧٨م.

- د. مصطفى النشار:

٢٠- تاريخ الفلسفة اليونانية من منظور شرقي، الجزء الأول والثاني، دار قباء الحديثة، ط(٢)، القاهرة، ٢٠٠٧م.

- هنري برجسون:

٢١- التطـور الخالـق، ترجمة: محمـد محمود قاسـم، مراجعة: نجيب بلـدي، تقديم: رمضان بسطاويسي محمد، المركز القومي للترجمة، القاهرة، ٢٠١٥م.

- وليم جيمس:

٢٢- بعض مشـكلات الفلسـفة، ترجمة: د. محمد فتحي الشـنيطي، مراجعة: د. زكي نجيب محمود، المؤسسـة المصريـة العامة للتأليف والترجمـة والطباعة والنشر، القاهرة، د.ت.

## ثانيًا: الأجـنبية

- Barnes (Jonathan):

1 - The Presocratic Philosophers, Routledge, New York, 1982.

- Berkeley (George):

2 - His Works, Vol.1: Philosophical Works, 1705-21, with Prefaces, Annotations, Appendices, and Account of His Life By: Alexander Campbell Fraser, Vol.1, The Clarendon Press, Oxford.

- Burnet (John):

3- Early Greek Philosophy, A & C Black, 3rd Edition, London, 1920.

- Clark (Michael):

4 - Paradoxes from A to Z, Routledge, 2nd ed., New York, 2007.

- Grimaldi (Alba Papa):

5- Why Mathematical Solution of Zeno's Paradoxes Miss the Point: Zeno's one and Many Relation and Parmenides, Prohibition, in «Review of Metaphysics», Vol.50, No.2, The Philosophy Education society of America, Washington D.C.,1996.

- Keisler (H. Jerome):

6- Elementary Calculus: An Infinitesimal Approach, Dover Publication Inc., 2nd ed., New York, 2012.

- Krantz (Steven G.):

7- An Episodic History of Mathematics: Mathematical Culture Through Problem Solving, the Mathematical Association of America, Washington D.C., 2010.

- McLaughlin (William I.) and Miller (Sylvia L.):

8- An Epistemological Use of Nonstandard Analysis to Answer Zeno's Objection Against Motion, Vol.92, Kluwer Academic Publisher, Netherlands,1992.

- McLaughlin (William I.):

9- Resolving Zeno's Paradoxes, Scientific American, Vol.271, No.5, November 1994.

- McKirahan (Richard D.):

10- Philosophy Before Socrates, Hackeet Publishing Company, Second Edition, Indianapolis, USA, 2010.

- Oizerman (T. I.) & Bogomolov (A. S.):

11- Principles of the Theory of the Historical Process in Philosophy, Translated by: H. Campbell, Progress Publishers, Moscow, 1986.

- Palmer (John):

12- Parmenides & PreSocratic Philosophy, Oxford University Press Inc., New York, 2009.

- Russel (Bertrand):

13- Our Knowledge of the External world, W. W. Norton, New York, 1929.

14- The Principles of Mathematics, W. W. Norton, Second Edition, New York, 1943.

- Salmon (Wesley C.):

15- A Contemporary Look at Zeno's Paradoxes: An Excerpt from Space, Time, and Motion, in «Metaphysics: The big Questions», Ed. By Peter Van Inwagen and Dean W. Zimmerman, Blackwell Publishers, First Published, Oxford, 1998.

- Tomlin (E. W. F.):

16- The Great Philosophers the Western world, Skeffington and Son Ltd., London, w.d.

- Zangari (Mark):

17- Zeno, Zero and Indeterminate Forms: Instants in Logic of Motion, Australasian Journal of Philosophy, Vol.72, No.2, Sydney, 1994.