ملف في تعليم الرياضيات

حركة حذرة في مسارات الزمن المتعرج

وائل كشك

لا تخفى تلك العلاقة العضوية بين العلم والثقافة، بكل ما في هذه العلاقة من أبعاد، وتشابكات حيوية، من شأنها شحذ الفكر والوجدان على طريق تنمية الطاقات الإنسانية.
هناك من يرى أن أحد أسباب عدم تحقق الكثير من الأهداف التربوية «الطموحة» هو انحسار وجود المعلم المثقف الذي تكون لديه رؤية في تنمية الطالب شخصياً وذهنياً، والذي يستطيع ربط الحقول المعرفية ببعضها البعض، وربطها، أيضاً، بالواقع في سياقه الاجتماعي والحضاري.
إن انحسار معرفة المعلم بموضوع تخصصه وبكيفية تعليمه لموضوع التخصص يبقى مثل الذي يغني أغنية جميلة بدون موسيقى وألحان.

مقدمة*:

إن معظم المواضيع في المنهاج المدرسي تطور الإحساس المكاني في أفضل حال، حتى الأدب والتاريخ في مدارسنا يبدو تراكماً متلاحماً مع أحداث مستقلة، تامة في حد ذاتها.

لذلك يغيب الزمن في المنهاج، ففي الموضوعات العلمية لا يكون حاضراً إلا بمقدار ما تقتضيه هذه المعادلة أو تلك، وفي الأدب تنحصر أهميته في كونه درساً للإرشاد في المستقبل، وفي تحديد مغزى حكاية أو تزيينها ... حتى في التاريخ ينحصر دور الزمن في تهيئة السوابق لدواعي الحاضر والمستقبل.

ليست هذه الصفحات بحثاً أكاديمياً ولا هي دراسة متكاملة عن الزمن وتعرجاته، بل محاولة موجزة القصد منها تفهم المسألة الزمنية ونصب بنيتها الأساسية، ثم تشخيص ماهيتها، ولذلك سيتم نقاش المسألة من زوايا مختلفة، وبالتالي سنتطرق إلى مسالك زمنية متعددة، ننزلق على الملساء منها ونتعثر على خشنها، نتوه في قديمها ونخشى قادمها، نبطئ في وعيدها ونسرع في وعدها!

إن الزمن قضية أساسية، بل حقيقة حتمية لا مناص منها، تعايشه وتعيه جميع الكائنات على مختلف مستوياتها، فالحضارات على مر العصور لم تهمل العنصر الزمني، بل أدركت أهميته، وتبعاً لذلك اخترعت الأساطير والرموز لتصويره، ثم شيدت الآلات والأدوات لقياسه، فصيغت المعادلات الرياضية لحسابه، ولتخبرنا عن وجوده وخصائصه (لا عن ماهيته).

كذلك غاص الفلاسفة والعلماء في هذه المسألة، فمنهم من جرفه تيار الزمن، ومنهم من جنح على ضفافه، إما منتصراً وإما مهزوماً، ومع ذلك، فعلى يد هؤلاء الفلاسفة التصق الزمان بالمكان، وبالعقل والذاكرة، وبالتطور والوجود، وعلى يدهم تأرجح الزمان بين الذاتي والموضوعي: تحت التأملات الفلسفية والتكهنات السيكولوجية أحياناً، وتحت القياس والتجربة أحياناً أخرى ... لقد بقي الزمن متأرجحاً بين هذه الثنائية حتى أصابه الدوار، وكان التاريخ على موعد مع القدر (قدر يأتي بخطوات حكيمة أحياناً) فكانت بداية القرن كسراً لهذه الثنائية، فاندمج الذاتي بالموضوعي وتداخل، وأصبحت «النسبية» -بشقيها العام والخاص- على يد أينشتاين دواء رحيماً لكل من كان يرى الزمن بأحد شقيه الذاتي والموضوعي.

لن ننسى أن ما قام به الفلاسفة والعلماء في مسألة الزمان انتقلت عدواه إلى الأدباء والفنانين، حيث عصف الزمن الذاتي وربما الموضوعي بهؤلاء، فمنهم من شكا الزمان، ومنهم من استسلم

للزمان، ومنهم من سافر في الزمان، ومنهم من كتب الزمان أو كتب في الزمان... أما وردة الجزائرية فقد قالت حكايتها مع الزمان.
إذن انفلتت أبعاد الزمان لتحقق زمناً فيزيائياً ورياضياً ووجودياً وسيكولوجياً وجيولوجياً.

سأقترب الآن من الكتابة عن الزمن، على الرغم من معرفتي أن الذي يكتب عن الزمن مثل ذلك الإنسان الذي يقف على سلم مائل وسط العاصفة ... فأهلاً بالعاصفة!

ما قبل العاصفة:

أتذكر كيف استعجلت أيام طفولتي لعلي أتوقف عن الخوف، لعلي أذهب إلى السينما،... لما انصرفت تلك الأيام، توسلت بذاكرتي لتعيدني إليها.
لقد شردت في منطق ذلك الزمان ... الأزمنة كالناس تخفي وساوسها ومخاوفها في نفسها، ولها كلام خاص بها ومنطق خاص بها أيضاً، ولكن يبقى للزمن الماضي قابلية دائمة للحياة في داخلنا (إذا أردنا). في داخلنا ينضج الزمن الماضي ويتصفى ويتناسب ذلك مع العمق الذي نعيش به الحاضر، ويتناسب كذلك مع الحلم الذي يسبق المستقبل (قد يتحول الحلم إلى ذكرى متجاوزاً تحذير زميلة بأن لا تسبق ذكرياتنا أحلامنا)!

إني لست من الذين يستبدلون الحاضر بالذكرى، ولكني من أولئك الذين يرون أن قيمة الإنسان تتوقف على قوة الماضي الذي يحمله في داخله، والماضي الداخلي في الإنسان هو تلك اللحظات التي يتم استعادتها ربما لمعايشة ما لم نعشه في آنيتها ... ومن وراء جدار الليل وعلى إيقاعات الأزمنة التي عبرت، سأكتب نصوصاً في الزمن الغامض الدائر حول نفسه ... قد يكون لقراءتها إيقاع ذاتي ... إيقاع مراوغ للزمن!

أولاً: الزمن في التاريخ

في الأساطير اليونانية القديمة قيل أن كروتوس إله الزمان هم ابن السماء وتذهب الأساطير إلى تصويره يلتهم أبناءه، ومعنى هذا هو استيعاب الزمان لكل الأحداث، وإذا ما وقفنا على مفهوم الرمزية، وجدنا أن هناك تماثيل كثيرة عند الفرس والإغريق والرومان، ومنها ما هو إنسان برأس أسد منكشف على فكين ضخمين دلالة على القوة المدمرة للزمن المفترس، ومنها ما هو أسد ممسك بكرة وتجلله حية تعض ذنبها في رمزية للزمن اللانهائي.

كان التصور القديم للزمن عند الحضارات المختلفة دائرياً، فتصورته شعوب الماية مثلاً كعجلة تديره الآلهة بالتناوب، وتصوره الإغريق كقرص الشمس ... إن هذا التصور مستمد من الكون نفسه الذي هو بالتالي دائري، وهو مستمد، أيضاً، من تعاقب الظواهر الطبيعية على هيئة فترات منتظمة مستمرة ... وعلى أساس التصور الدائري والاستمرارية تشكل مفهوم الخلود ليكون امتداداً لـ لانهائية الزمن الذي ينطلق من اللانهائية وينفلت إليها، وكانت الطقوس الدينية تأخذ دورها في بعض المناسبات التي غالباً ما ترتبط بالمراحل المتعددة للقمر والشمس.

إن الحس الزمني يختلف من شعب إلى آخر، فقد كان عند الهنود القدماء «دورة أزلية ناتجة عن تناغم الكون». أما عند اليونانيين، فهو يختلف نوعاً ما، إذ كانت هناك أدوات لقياس الوقت كالساعة الرملية، وعندما وصل التجريد عند اليونانيين ذروته، انقسم الفلاسفة فيما بينهم حول فكرة الزمن، فمنهم من أقر بوجوده وأنكر حقيقته من حيث ارتباطه بالأشياء، ومنهم من ربطه بفكرة الحركة باعتبار أن الزمن لا يمكن تصوره بدون حركة، فمثلاً كان أرخميدس وراء فكرة التخلص من الزمن تماماً باعتبار أن الزمن ليس له وجود حقيقي كبقية الأشياء، أما أرسطو فوجد أنه لا يمكن إدراك حركة الأشياء بدون زمن، وأما الفيلسوف هيرقليطس، فاعتقد أن العالم ليس إلا مجموعة كلية من الوقائع والأحداث وليس شيئاً آخر.

في العصور الوسطى وقع خلاف شديد حول مفهوم الزمن، أهو خطي أم دائري، ولكن وقع علماء وباحثو الفلك تحت تأثير المفهوم الدائري للزمن (الصديقي، 1995)، بينما كان أتباع المفهوم الخطي هم رجال الاقتصاد وطبقة المال حتى أنهم أطلقوا على الزمن مال! وفي هذه الفترة اخترعت الساعة البندولية لتكون في خدمة المعاملات المالية.

في العصر الحديث الذي بدأ بإسحق نيوتن كان الزمن قائماً بذاته ولذاته، يتدفق من الأزل وإلى الأزل بانتظام ويسير باحترام (لا يلتفت إلى الخلف)، ولذلك كان نيوتن دائماً يقول بوجود ساعة في الكون لقياس أحداث الزمن، بينما زعم صديقه ليبنتز (الصديقي، 1995) أن الكون برمته عبارة عن ساعة، حيث الزمن ليس مستقلاً عن الأشياء، بل مرتبط بالوقائع والأحداث.

وكان الفيلسوف كانط (kant) (الصديقي، 1999) يرى أن الزمن ما هو إلا صورة حدسية متفقة تماماً مع حواسنا الداخلية. أما هيجل الذي كان معجباً بكانط، فقد انفرد عنه تماماً، وقال إن الزمان لم يعد صورة حسية، بل هو حركة في المكان، بينما يشارك شوبنهور كانط من حيث أن المكان والزمان «صورتان للمعرفة لا تقومان إلا بالذات العارفة» (عبد المعطي، 1986).

ثانياً: ولادة الزمن

قبل اقتراب نظرية أينشتاين من الوعي الإنساني، كان الناس يرون أن الزمن متجانس حقيقة، حيث لكل آنة (لحظة) لا بد وأن تسبقها آنات وتتبعها آنات أخرى، وكانوا يعتقدون بلانهائية الزمان ابتداءً وانتهاءً، حتى أن كانط قد خرج بعد سنوات البحث الطويلة بمتناقضاته المشهورة: واحدة تنص على أن للعالم بداية في الزمان، وهو أيضاً محصور ومحدود في المكان، والثانية نقيضها وتنص على أن ليس للعالم بداية ولا حدود في المكان، بل متناهٍ بالنظر إلى الزمان، وهذا يعني أن وحدات الماضي لا نهائية، وكذلك وحدات المستقبل، وهذا يلغي مسألة البداية والنهاية ... .

وعلى الرغم من هذه المتناقضة، كان كانط يرفض تصور أن للعالم بداية، وجاء هذا الرفض نتيجة تصوره العالم في القدم على أنه سلسلة لا نهائية من الأحداث، كل حدث يمثل جزءاً من تاريخ العالم قد يكون عاماً أو قرناً في متوالية لا نهائية، وكان دائماً يتساءل كيف لمتوالية لا نهائية أن تنتهي؟ وهو السؤال الذي لم يستطع الخروج منه وقتئذ، ولكن تدلنا الرياضيات البحتة على أنه يوجد نهاية لمتوالية غير منتهية، ويدرك ذلك طالب متوسط يدرس الرياضيات في جامعة بيرزيت.

جاء أينشتاين بنسبيته، وأصبح الحديث عن أزمنة وأشلاء أزمنة وبداية أزمنة ممكناً ... أصبح من العبث الحديث عن زمان بدون حركة، وعن حركة بدون وجود ... فالحركة هي بداية الزمن، وبداية الزمن بدأت بانفجار عظيم!

الانفجـــــار العظيـــم:

على الرغم من التباين في النظريات العلمية والفلسفية المتعلقة بأصل الكون وبدايته (تلك المعضلة التي حطمت أفضل الرؤوس البشرية) فإن قصة الدقائق الثلاث الأولى تبقى الأكثر حضوراً فيما يتعلق بتفسير البدايات ... وفي الدقائق الثلاث الأولى كان الانفجار وانتهى كل شيء!

تزعم نظرية الانفجار العظيم (Big-Bang Theorem) أن الكون الذي نعيشه كان في يوم من الأيام كتلة مضغوطة تماماً، كانت نقطة الكون مركزة في نقطة واحدة تعرف رياضياً بالتفرد (Singularity)، أما درجة حرارة الكون، وكذلك كثافته، فتصلان إلى ما لا نهاية، وبدأ الانفجار وملأ الفضاء منذ البدء، وهرب كل جسم عن كل ما عداه، وبعد حوالي جزء من مئة من الثانية – وهي أقدم لحظة يمكن الحديث عنها بشيء من الاطمئنان– هبطت درجة حرارة الكون إلى ما يقرب من مئة مليار درجة مئوية، ونتيجة الأبحاث والدراسات الكونية، وعلى وجه التحديد، نظرية التمدد الكوني (Expanding Theory of Univers)، هبطت درجة الحرارة أولاً إلى 30 ملياراً بعد عشر ثانية أخرى، ثم إلى 3 مليارات بعد أربع عشرة ثانية، وهذه الحرارة تكفي برودتها لأن يتسنى للالكترونات والبوزيترونات أن تبدأ بالتلاشي بسرعة أكبر من أن يمكنها أن تولد من جديد من الفوتونات (وينبرغ، 1986).

درجة الحرارة استمرت بالهبوط حتى بلغت في نهاية الدقائق الثلاث الأولى مليار درجة، وهذه الحرارة منخفضة إلى الحد الكافي الذي يتيح للبروتونات والنيوترونات أن تكون معاً نوى الذرات المعقدة، مبتدئة بنواة الهيدروجين الثقيل (الدتريوم) والمكون من بروتون واحد ونيوترون واحد.

في نهاية الدقائق الثلاث كان الكون مؤلفاً بصورة أساسية من الضوء والنيوترونات، وكانت هناك أيضاً كمية صغيرة من النوى الذرية التي كان منها 73٪ هيدروجين و27٪ من الهيليوم.

بعد بضعة آلاف من السنين انخفضت درجة الحرارة إلى حد يكفي لتكاثف الغاز المتشكل هنا وهناك، إلى أن انتهى هذا التكاثف إلى انهيار المادة على ذاتها لتكون مجرات الكون ونجومه.

بدأت المجرات في التباعد عن بعضها البعض، وأصبح الكون في حالة تمدد دائم (مستمر حتى الآن، وكلما بعدت المجرة زادت سرعة التمدد).

إن الأدلة والشواهد على تباعد المجرات معتمدة على ظاهرة دوبلر (Doppler Effect)، أي الإزاحة الطيفية نحو الأحمر، أو ما يعرف بـ «الزحزحة الحمراء» (Red Shift)، وهذه بالتالي أصبحت قياساً لمعرفة المسافات التي تفصل المجرات عن بعضها البعض وباستخدام ثابت هبل (Hubble Constant) الذي يساوي سرعة الانحسار، يمكننا معرفة الزمن منذ الانفجار وحتى يومنا هذا، والذي يقدر بـ عشرين بليون من الأعوام.

ثالثاً: الزمن الفيزيائي

نبأ مهم في العلم الرياضي: «علمت صحيفتنا أن شخصاً اسمه ألبرت اينشتاين ادعى أنه أثبت وبشعوذة رياضية بحتة أن الزمان يمكنه في بعض الظروف أن يتمدد أو يتقلص، أي يمكنه أن يبطئ تارة وأن يسرع تارة أخرى، وقد أفدنا أن هذا المخبول استطاع أن يقنع ثلاثة من كبار العلماء في البلاد بمهاتراته هذه ... هو يظن أن مجرى الزمن يمكن أن يتغير بشعوذة رياضية، فليذهب هو ومن استمع إليه إلى الجحيم».

كان هذا الخبر الذي نقلته صحيفة «ديبريسا» النمساوية في أواسط العام 1912، ولكن هذا لم يمنع أينشتاين من استكمال أبحاثه والذهاب إلى أقصى المعمورة للتبشير بنظريته الجديدة ... فقد وصل أينشتاين إلى مرفأ نيويورك لشرح «النسبية»، وقد استقبله

الصحافيون وجماهير نيويورك بحماس شديد، وقد انهال عليه الصحافيون بوابل من الأسئلة:

سؤال: هل يمكن أن تشرح لنا فحوى النسبية بجمل قصيرة؟

لعل من المستحيل أن يجيب عن السؤال، لكنه تعود على هذا النوع من الأسئلة، فقال: «يمكن أن أشرحها لكم على النحو التالي على ألا تحملوا ما سأقوله على محمل الجد. لقد كان الناس من قبل يعتقدون أنه لو اختفت جميع الأشياء المادية من العالم لبقي الزمان والمكان مع ذلك، وأما النظرية النسبية فأنها ترى الزمان والمكان يختفيان أيضا هما وسائر الأشياء».

سؤال: يقولون أن النظرية النسبية لا يفهمها إلا اثنا عشر شخصاً في العالم، فكيف تفسر تحمس جماهير نيويورك- وبخاصة نساءهم- لنظرية عسيرة الفهم؟

«إن النظرية النسبية لا تغير شيئاً في أفكار رجل الشارع العادي، ومع ذلك فإن نساء نيويورك يبحثن كل عام عن زي جديد، وزي هذه السنة نظرية النسبية!».

لقد كان الزمان مطلقاً، مستقلاً بذاته، منفصلاً عن المكان تماماً، بالإضافة إلى نهائيته واستمراريته، فقد جاء في كتاب المبادئ لنيوتن «أن الزمن الحقيقي والمطلق في طبيعته عبارة عن جريان منتظم بدون الرجوع إلى مصدر خارجي، فهو – أي الزمن – إطار تعاقب الأحداث، ولكنه لا يؤثر ولا يتأثر بهذه الأحداث» (غصيب، 1986).

إن المطلق حلم يدغدغ جميع العقول منذ فجر التاريخ، ومثل أعلى يصعب التخلي عنه، فالجميع أحب المطلق وأراد أن يتصور الكون على غراره، ولقد أحدث الزمن المطلق خاصيتين: إحداهما تدفقه بسرعة متساوية على مدى الكون، والثانية أن أي راصدين لحركة جسم يسير بسرعة معينة -ومهما كانت حركتهما بالنسبة لبعضهما – فإنهما يتفقان على معدل سرعة الجسم، ولكن مع حلول النظرية النسبية تكون فكرة الزمن المطلق قد لفظت أنفاسها الأخيرة، فالنسبية الخاصة تقوم على الفرضية التالية: «ليس هناك ارتباط لحظي بين الأحداث الخارجية والمشاهد» (Tipler,1978)، وينتج عن هذه الفرضية ما مؤداه أنه إذا كان هناك راصدان يتحركان بالنسبة لبعضهما البعض ويقيسان في الوقت نفسه سرعة جسم يسير، فإن القياسين يختلفان ... يتفقان فقط إذا كان كل منهما ثابتاً بالنسبة إلى الآخر.

الزمن يتمدد (time dilation) – **الطول يتقلص** (length contraction):

لعل تباطؤ الزمن وانحناءه وتقلص الأطوال وانعدامها يعد من الظواهر الغريبة التي أثبتتها عبقرية أينشتاين، وكانت هذه أشبه بصدمة قوية للحس العام السائد حول فكرتي الزمان والمكان المطلقين، وقد وجد أينشتاين أن الأجسام التي تتحرك بسرعات كبيرة تحدث تقلصات بالطول، وعبر عنها أينشتاين بالمعادلة التالية:

$$L' = \sqrt{1 - v^2/c^2} \cdot L_0$$

حيث v سرعة الجسم، c سرعة الضوء (3000000 كلم لكل ثانية)، L0 طول الجسم الأصلي، L' طول الجسم أثناء الحركة. وأيضا وفي السرعات الكبيرة يكون هناك تباطؤ في الزمن، وعبر عن ذلك بالمعادلة:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

إن الأمثلة التي سيقت لتوضيح هذه الأفكار كثيرة- نقول التوضيح وليس البرهان- والمثالان التاليان هما محاولة لتوضيح الفكرة:

المثال الأول:

تخيل طائرة طولها مئة متر تقف على مدرج الطيران، وفي لحظة ما بدأت محركاتها بالعمل وأخذت بالتحرك بسرعة متزايدة، فعندما تتزايد سرعتها إلى قيمة كبيرة يلاحظ راصد خارجها أن طولها قد نقص، وكلما زادت سرعتها تقلص طولها أكثر، وعندما تصل سرعتها إلى سرعة الضوء، فإن طولها ينعدم ويصبح صفراً بالنسبة لراصد يشاهدها (ازدياد سرعة الطائرة يعني ازدياد قيمة v، واقتراب سرعة الطائرة من سرعة الضوء يعني اقتراب قيمة v من قيمة c، وهذا يعني أن نسبة مربع v إلى مربع c يقترب من القيمة 1، وبالتالي تقترب القيمة تحت الجذر من الصفر، وعندئذ وتبعاً للمعادلة السابقة، يقترب طول الطائرة بالنسبة إلى ناظرها من الصفر).

أما بالنسبة للراكب داخلها، فإن الزمن يتباطأ أثناء تزايد سرعتها الهائل، وعند حركتها بسرعة الضوء يتوقف الزمن تماماً (تتحقق أمنية الشاعر لامارتين الذي يخاطب الساعة ويقول: أنت أيها الساعة أوقفي جريانك)، وربما يمر على الراكب مئات السنين ولا تسجل ساعته ثانية واحدة!

- يمكن بيان تباطؤ الزمن أثناء السرعة العالية واقترابه من الصفر عندما تقترب سرعة الطائرة من سرعة الضوء على أساس المعادلة الثانية.

المثال الثاني(The Twin Paradox):

توجد في السماء نجوم كثيرة، نجوم تبعد عنا مثلاً مسافة يمكن أن يجتازها الضوء خلال 20 سنة.

وبما أننا نعلم أنه لا يمكن التحرك بسرعة تزيد على سرعة الضوء، فإننا يمكننا أن نصل إلى النتيجة التالية: «لا يمكن أن نصل إلى

هذا النجم في فترة تقل عن عشرين سنة»، غير أن هذه النتيجة خاطئة لأننا لم نأخذ بعين الاعتبار تغير الزمن الناشئ عن الحركة: علياء وسماء توأمان عمرهما 18 عاماً، الأولى مسكونة بالانتظار والثانية مسكونة بالفضاء ... تسافر سماء إلى نجم بعيد (كان صديقها قد أهداها إياه في عيد ميلادها قائلاً لها: السماء مليئة بالنجوم يا سماء وكلها أساطير، هناك نجم واحد لك فقط لا يلمع إلا مرة واحدة في العمر) يبعد هذا النجم عشرين سنة ضوئية، ولأن هذه المسافة خيالية فإنها تركب سفينة فضائية تسير بسرعة 240000 كلم/ثانية، ويعني هذا أن سماء ستصل إلى النجم بالنسبة إلى أختها علياء بعد مضي:

3000000 x 20 ÷ 240000 = 25 سنة (300000 هي سرعة الضوء كلم/ثانية)

أما بالنسبة إلى سماء المسافرة، فإن هذه الفترة الزمنية ستقل بنسبة 10 إلى 6، أي أنها ستصل إلى النجم بعد مضي 6/10 x 25 = 15 سنة، وهذا يعني أن الوقت الذي سيستغرق سماء عندما تعود إلى الأرض (على فرض أنها بدأت بالعودة بمجرد ما أن وصلت) هو أيضاً 15 سنة، وبكلام آخر تكون قد استغرقت رحلتها 30 عاماً ... تلتقيها علياء بعمر يحترف الانتظار، سماء تخاطب أختها قائلة: الصبر علاج الإنسان الأقدم على غموض هذا الكون، في طريقي إلى هناك كنت أفكر هنا، وفي هذا المكان، لقد عشت سنوات طويلة هناك – في الفضاء – وأنت عشت سنوات أطول هنا – على الأرض – إني في هذه اللحظة لم أعد أميز بين «الهنا» و«الهناك»!! ولكني متأكدة أن عمري 48 عاماً!

خطوط صفراء تتجمع في الزوايا حول عيني علياء ... عينان لا تزالان مخمليتين وحولهما تجاعيد تنكسر عند البدء بالكلام ... خلفهما خطوط تفضي نحو زمن مجهول ... عمرها الآن 68 عاماً، أربعون عاماً مرت في الانتظار – كثيرون هم الذين يأتون في الأوقات الأقل احتمالا – حاولت علياء التعرف على أختها سماء، كانت ذكرياتها تختلط ببعضها البعض، فتتصور ما رأته في مكان هناك كأنه وقع هنا ... حاولت أن تقول لأختها شيئاً –ولكن يبدو أن الذاكرة حين يطول أمدها، فإنها تنصب لنا فخاخاً نقع فيها بسهولة أيام العمر المتقدم– بعد عودة سماء إلى الأرض، وفيما تبقى من عمر، كانت علياء تقضي وقتاً في ترتيب الأحداث وضبط تواريخها عبثاً، فالأحداث لا تلبث أن تختلط مرة أخرى كخيوط ... سرعان ما تقوم علياء إلى تركها على حالها!

إذن، سيصبح الفرق بين عمر هذين التوأمين 12 سنة، ولو قدر لسماء السفر بمركبة تقترب سرعتها من سرعة الضوء، لاختصرت من الفترة الزمنية التي تحتاجها للوصول إلى هذا النجم الموغل في البعد، حيث يمكنها أن تصل إلى هذا النجم، وأن تعود منه إلى الأرض في فترة لا تتعدى الدقيقة الواحدة! وعلى الرغم من ذلك، تكون قد انقضت على الأرض فترة زمنية قدرها 40 عاما!

بالإضافة إلى هذه العلاقة العجيبة بين السرعة والطول والزمن، هناك تلك النتيجة المدهشة التي تربط بين الكتلة والسرعة «كلما زادت سرعة جسم تزداد كتلته أيضاً، وعند اقتراب سرعته من سرعة الضوء، تقترب كتلته من قيمة متناهية بالكبر» (Tipler,1978).

(يحذر الروائي التشيكي ميلان كونديرا من زيادة السرعة، ويقول إن زيادة السرعة تعني زيادة الخطورة بسبب تداخل الأزمنة، فالسرعة تجعل من الحاضر ماضياً ويأتي المستقبل قبل الأوان فيكون فجاً غير ناضج).

ولا بد هنا من الإشارة إلى العلاقة «التراجيدية» بين مكونات الضوء: الأشعة والمادة، علاقة يستحيل أحد شقيها إلى الآخر، فإذا تعرت المادة عن كتلتها وصارت بسرعة الضوء تكون إشعاعاً، وعلى العكس إذا بردت الطاقة وتخثرت أسميناها مادة ... ويوغل هنا أينشتاين في استنتاجاته بنسبية الكتلة وعلاقتها بالطاقة، ويستخرج منها كل ممكناته فيصل إلى نتيجة لا تقدر بثمن وهي:

[لما كانت كتلة الجسم تزيد بزيادة حركته، ولما كانت الحركة صورة من صور الطاقة فالكتلة المتزايدة للجسم المتحرك هي إذن طاقته المتزايدة، وبكلمة واحدة: **الطاقة هي كتلة**، وبعد البحث تم التوصل إلى المعادلة التاريخية التالية: **الطاقة = الكتلة x مربع السرعة**].

إن هذه المعادلة البسيطة قد وضعت العالم على الحافة النووية المرعبة بإخراج القنبلة الذرية إلى حيز الوجود.

وأخيراً، هل سيقدر الغد أن يعبر جدار الأمس؟

كثيراً ما كانت تشدنا قصص الخيال العلمي، وبالأخص أعمال سوبرمان، وتحديدا تلك التي تحكي عن محاولات سوبرمان في السفر عبر الزمن، فتراه يسير أحياناً بسرعة تفوق سرعة الضوء وفي اتجاه دوران الكرة الأرضية، فيتقدم ويحل ضيفاً على المستقبل، ويكون ما يكون، أو يسير بالسرعة نفسها، ولكن في اتجاه معاكس لحركة دوران الكرة الأرضية، فيتأخر ويحل ضيفاً ثقيلاً على الماضي، يحاول أن يتدخل في مواقع «الندم» ليعدلها أو يستخدم ممكناته لتغيير حدث ما ... الخ.

المهم نبقى نركض عبر الصفحة الواحدة ولا ننفك نغادرها حتى

نعود إليها، خائفين من فشل مهمة سوبرمان في التغيير، بطيئين في وصولنا إلى الصفحة الأخيرة ... ولكن في النهاية نصل إلى تلك الصفحة اللعينة لنرى سوبرمان يضع رأسه بين يده معلنا خيبته.

في تلك الأيام عندما كنا نسأل أستاذ الفيزياء عن إمكانية عبور حاجز الزمن... كان يقول «نعم شباب، نظرياً ممكن، ولكن بشرط أن تتجاوز الحركة سرعة الضوء».

وهل يا أستاذ لو حصل هذا نظرياً – كما تقول – وعدنا إلى الماضي، يمكننا أن نعدل من حادث وقع؟

كانت لدى هذا الأستاذ دائماً إجابة جاهزة لمثل هذا السؤال وهو مقطع من إحدى أغاني أم كلثوم:

(وعايزنا نرجع زي زمان ... قل للزمان ارجع يا زمان)

مع مرور الزمن تأكدنا من حقيقتين:

الأولى: لا يمكن اختراق حاجز الزمن – حتى ولو نظريا – لأنه وببساطة لا يوجد سرعة أعلى من سرعة الضوء، وتجدر الإشارة إلى أن سرعة الضوء هي المطلق الوحيد في أعمال أينشتاين. وإذا أخذنا معادلة أينشتاين الثانية والمتعلقة بالزمن وكانت قيمة v أكبر من قيمة c، فإن القيمة تحت الجذر التربيعي تصبح سالبة، وبالتالي يصبح المقدار المعبر عن فرق الزمن غير معرف أو «تخيلياً». أي يكون السفر عبر حاجز الزمن في «مخيلة» أصحاب الفكر اللامحدود.

الثانية: قد يزور الفرد ماضيه من أجل خلق استقلالية أكبر للمستقبل، ولكن ليس لتغيير وقائع حدثت في الماضي، وكان نيتشه قد أكد على لسان زردشت هذه الحقيقة في كتابه (هكذا تكلم زردشت)، ولكن بطريقته حين قال «إن الزمان لا يعود أدراجه، ذلك ما يثير غضب الآلهة وكيدها، فهناك صخر لا طاقة للإرادة برفعه، وهذا الصخر إنما هو الأمر الواقع».

رابعاً: الزمن الرياضي

يعتبر التجريد الرياضي للزمن أحد المبادئ الأساسية للعلم الحديث الذي يصور لنا الزمن كمحل هندسي يطلق عليه عادة تموقع الزمن (Spatialization of Time)، ويرتبط تصورنا الرياضي للزمن عادة بصورة مباشرة لسلسلة أفكارنا التي تأخذ نمط المتوالية الخطية، هذه المتوالية تتكون من أجزاء صغيرة منفصلة بعضها عن بعض يطلق عليها «أفعال الانتباه غير المتصلة (Discrete Acts of Attention)»، وبالتالي يرتبط مفهوم الزمن وتطوره بفكرة العد (Counting) والإيقاع، حيث يمثل العد أبسط صور الإيقاع أو النغم ذات الوحدات المتصلة، فجميع النغمات المتشابهة تكون فيما بينها اتحاداً من مجموعات عدة، لها القدرة لتشكل في النهاية أعداداً من نغمات الإصغاء الأولية.

إن الرابطة بين العدد والزمن أكدها كل من فلاسفة الرياضيات والطبيعة، وقد اعتبر الفيلسوف الألماني كانط (الصديقي، 1995) أن المفاهيم الحسابية ناتجة عن العدد نفسه، وذلك بإضافة الوحدات الزمنية المتعاقبة. ولقد بين أيضاً العالم الرياضي آرنست كاسيير (Ernest Cassier) «أن حدسنا للزمن قائم على أساس فهمنا المنطقي لمفهومي المتوالية (Series) والنظام (Order) فهو بالتالي مصدره– أي الزمن– القوانين الحسابية» (الصديقي، 1995). وقد انصبت جهود الكثير من علماء الرياضيات – أمثال كوشي، وديدكن، وكونتور– على دراسة المتواليات التي فيها تعبير دقيق لمتوالية الزمن، ولكن من الناحية الترانسدالية المتعالية (Transcendental) أي كون الزمن واقع وراء نطاق الخبرة، ولكنه يكون على شكل متوالية منتظمة.

هندسة الزمن:

يعتبر نيوتن أول من أوجد ما عرف بـ«هندسة الزمن», وذلك عندما عرّف السرعة اللحظية بأنها معدل تغير المسافة إلى معدل تغير الزمن ($\frac{\Delta s}{\Delta t}$)، وتعد هذه الأفكار بمثابة حجر الزاوية لحساب التفاضل والتكامل (Calculus) الذي يعتبر أروع عمل رياضي عرفته العلوم الطبيعية في هندسة الزمان، وذلك لأن مفهوم التغير عند نيوتن كان مبنياً على أساس ضمني لحدسنا بالنسبة إلى الحركة (ما أصبح يعرف بالسرعة اللحظية)، وبهذا اقتربت أعمال نيوتن وليبتنز بكل وضوح من مبدأ «النهاية» التي تعرّف على أنها النسبة المطلقة للأجزاء المتلاشية، ولذلك بقي مفهوم النهايات (Limits) حتى يومنا هذا كخارج قسمة بين كميتين وليس عدداً قائماً بذاته.

أما خط الزمن، فقد قسمه بعض الرياضيين تقسيماً لانهائياً على غرار النسق الرياضي المجرد، ولكن هناك من اعتقد منهم بعدم إمكانية التقسيم اللانهائي لخط الزمن، وقد استند هؤلاء إلى نظرية التحول الزمني (Temporal Transition) التي تنص على أن هناك نهاية لتقسيم الزمن (قد يكون هذا ناتجاً من الاعتقاد بانعدام الحركة عندما يكون التقسيم لانهائياً) تنتهي عند الكرونون (Chronon) كوحدة متناهية في الصغر يطلق عليها ذرة الزمن، ففكرة التقسيم نابعة أساساً من تحطيم المادة إلى ذرات، والطاقة إلى فوتونات، وذلك بفضل النظرية الكوانتية (Quantum Theory, Tipler,1978). ولقد تبين لدى هؤلاء أن أحداث الطبيعة لا يمكن أن تتجاوز ذرات الزمن، بمعنى أن أي حدث مهما كان فلا بد أن يستغرق فترة لا تقل عن الكرونون. لهذا، فإن التقسيم اللانهائي للزمن مجرد خيال رياضي ليس له ارتباط بالعالم الطبيعي، وعلى

الرغم من ذلك، يعتقد بعض الرياضيين أن خط الزمن كثيف (dens)، أي أنه عند أي لحظتين متقاربتين يوجد بينهما لحظة ثالثة.

تبولوجيا الزمن (Topology of Time):

إن التبولوجيا هي أحد فروع الرياضيات الحديثة التي تدرس هندسة الشكل بالنسبة إلى الأشكال الأخرى، وبغض النظر عن تلك القياسات المتعلقة بهذا الشكل أو ذلك، يبقى التركيز على خصائص الشكل، ولهذا يطلق عليها غالباً الهندسة اللاكمية. أما فكرة تبولوجيا الزمن، فهي مستعارة من الرياضيات، وتعرَّف الخاصية التبولوجية للزمن بأنها تركيب يحتفظ بخصائصه مهما كانت التحولات الطارئة أو المستمرة على هذا التركيب، ومن هذه الخصائص: الإقفال (Closure)، والانفتاح (Open)، والتفرع (Branching) (Loomis,1972). وتضمين هذه الخصائص زمنياً هو أنه لكل حدث مهما كان لحظة بدء ولحظة انتهاء (إقفال). وهناك دائما لحظتان: الأولى سابقة والأخرى لاحقة، فهذه علاقة خطية متدفقة من الماضي مروراً بالحاضر فالمستقبل (انفتاح). بجانب هذه الخاصية التبولوجية، هناك الخاصية القياسية (Metric) للزمن التي تقدم لنا أسلوباً متناسقاً ومنتظماً، وذلك بتحديد وقت معين لبداية ونهاية الأحداث، وكذلك فترات هذه الأحداث وطرق قياسها، وقاموا بتقسيم الدقيقة إلى ستين ثانية، والثانية إلى ستين ثالثة، والثالثة إلى ستين رابعة، ... وهكذا لبسوا ساعاتهم وحسبوا أوقاتهم وعدوا دقائقهم وهيأوا مواعيدهم وخابت آمالهم!

الزمان- المكان: هل يلاقي الزمان مصير الفضاء؟

إن أول من صرح بصلة الزمان بالمكان هو عالم الرياضيات هيرمان منكوفسكي (H. Minkowski)، وذلك في العام 1908 بعبارته الخاصة (الصديقي، 1995): «إن المكان بذاته والزمان بذاته محكوم عليهما بالتلاشي إلى مجرد ظلال، غير أن نوعاً من الاتحاد بين الاثنين هو وحده الذي يبقى في واقع مستقل». وقد شرح منكوفسكي وحدة الزمان والمكان وتناول اشتقاقهما الرياضي، وقد أكد على أنه لا يمكن تصور مكان بدون زمان، ولا زمان بدون مكان، فالنقطة في المكان هي نقطة في الزمان، وقد أطلق عليها نقطة العالم (Point World)، كما أن الخطوط الواصلة بين هذه النقاط أطلق عليها خط العالم (World Line) ومجموع هذه الخطوط هو العالم بأكمله.

هكذا اندمج المكان والزمان في قالب واحد ليكون متصلاً واحداً، عرف بـ«الزمكان»، وكل الحوادث الممكنة توجد على هذا المتصل ... وبناء عليه، فكما أن المكان يحدد بثلاثة أبعاد وهي الطول، والعرض، والارتفاع، كذلك الزمن يحدد ببعد واحد يضاف إلى أبعاد المكان الثلاثة لتصبح أبعاد «الزمكان» أربعة، وتحدد الأشياء في«زمكان» رباعي الأبعاد ... إذن، فنحن أمام هندسة رباعية الأبعاد، والأشياء في هذه الهندسة تتحدد بنقطة لها أربع إحداثيات، وأشياؤنا هنا تسبح في «الزمكان» وتحمل خصائصه، فهي تتمدد، وتتقلص، وتتشوه!

اقتراح: آمل من صناع المناهج الفلسطينية إضافة وحدة في الهندسة الزمكانية على أن تتلو وحدة الهندسة الفراغية للصف العاشر أو الحادي عشر!

وائل كشك – مركز القطان

* هذه المقالة مكونة من جزأين؛ عرضنا في هذا العدد الجزء الأول منها، وسنعرض في العدد القادم الجزء الثاني الذي سيتناول محاور أربعة أخرى هي: الزمن الوجودي، والزمن السيكولوجي، والزمن في الأدب والرواية، والزمن في المذكرات.

قائمة بالمراجع العربية

- الصديقي، عبد اللطيف (1995). الزمان أبعاده وبنيته. بيروت: المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر .
- الصديقي، عبد اللطيف (1999). مسألة اللانهاية في الرياضيات. راماالله: دار الشروق.
- عبد المعطي، علي (1986). قضايا الفلسفة ومباحثها. الاسكندرية: دار المعرفة الجامعية.
- غصيب، هشام (1986). المغزى الحضاري التاريخي للعلم. عمان: الجمعية العلمية الملكية.
- لامارتين، رفائيل (2001). لامارتين. ترجمة علي مجيد. : دار الأنوار للطباعة والنشر.
- مرحبا، محمد عبد الرحمن (1981). أينشتاين والنظرية النسبية ط8. بيروت: دار القلم.
- وينبرغ، ستيفن (1979). الدقائق الثلاث الأولى من عمر الكون. ترجمة وائل الاتاسي. دمشق: الدار المتحدة للطباعة والنشر.

قائمة المراجع بالانجليزية

- Tipler, P (1978). Modern Physics. Worth Publishers INS.
- Tuller,A(1967). A Modern Introduction to Geometries. Van Nost and Reinhold Company.