

## الثورة الكوسمولوجية في العصر الحديث

الباحث داود خليفة

جامعة وهران 2 - محمد بن أحمد

الملخص:

يتمحور موضوع البحث حول الثورة التي عرفها علم الفلك في العصر الحديث، وهي الثورة التي بدأت معالمها مع نظرية كوبرنيك ثم كبلر فغاليليو. وتأثيراتها في مسار التحولات والتطورات التي عرفها هذا العلم، بدءاً من عصر النهضة، والتي كان لها انعكاسات ابستمولوجية على مسار تطور الفكر العلمي في هذه الفترة.

الكلمات المفتاحية: الفلك، العلم، الثورة، الحقيقة، القانون.

مقدمة:

ظل علم الفلك – ولقرون عديدة – رهين التفسيرات الخرافية تلك التفسيرات التي كان الإنسان يصيغ عليها معتقده وما يؤمن به من أفكار، إلى أن جاءت الحقبة اليونانية فقدم فلاسفة وعلماء الإغريق نظريات في علم الفلك، ولعل تاريخ العلم لازال يحتفظ بآراء أرسطو الفلكية ومن بعده بطليموس. إلا أن النهضة التي عرفتها أوروبا والثورة العلمية التي أعقبتها أدت إلى تحول جذري في نظريات علم الفلك وكانت بمثابة ثورة في هذا العلم، فما هي معالم هذه الثورة في ميدان الكوسمولوجيا؟

### 1- الروح العصر الجديد:

لا شك أن أوروبا وبداية من عصر النهضة عرفت روحاً جديدة، انعكست على كل مناحي الحياة الاجتماعية والسياسية والدينية والعلمية، فمن النواحي العلمية، شهد العلم بداية من هذا العصر تحولات عظيمة الأثر، أعادت النظر في كافة معطيات العلم ونظرياته التي تأسست منذ عهد اليونان، وتوصل الفكر العلمي – عقب الثورة العلمية – إلى أفكار جديدة على المستويين: النظري (قوانين كوبرنيك وكبلر في الفلك وقوانين غاليليو ونيوتن في علما الفيزياء والميكانيكا...) وعلى المستوى العملي (تطور التقانة وتعاضل دور الآلة)، والتي بدورها شكلت أساساً لتحولات عظيمة على مدى القرون اللاحقة.

كل هذا، أدى إلى هدم العديد من المفاهيم والتصورات التقليدية وإلى تغيير شامل في النظرة إلى العالم، وزعزعة التصور القديم للعلم وللحقيقة العلمية، وأحدث تحولا مفهوما فيهما. كما أحدث قطيعة مع البراديجم الأرسطي الذي كان براديجما متسيدا باعتباره النموذج الأوحد للمعرفة، وذلك عندما تكاملت الفلسفة الأرسطية داخل العقيدة المسيحية.

وقد كان من نتيجة هذه القطيعة مع البراديجم الأرسطي هو الانتقال من فلسفة الطبيعة، أي النظر إلى الطبيعة ككل نظرة قائمة على أسس فلسفية، تأملية مجردة، كما عُرف ذلك عند فلاسفة الطبيعة الإغريق الأوائل، إلى علم الطبيعة، أي إنشاء خطاب علمي حول مختلف المعارف التي تتناول موضوعاتها من الطبيعة كالفيزياء والكيمياء والفلك... وتحقق ذلك بعد منح «العناية البالغة بالعلم الآلي وتطبيقاته العملية الرامية إلى توسيع سلطان الإنسان على الطبيعة»<sup>(1)</sup>.

من هنا، أصبح الرجوع إلى الطبيعة وفهمها مصدرا للعلم لا كتابات أرسطو (384 ق م - 322 ق م)، حيث «بدأ العلماء والمفكرون الأوروبيون... بالتقرب من الطبيعة لدراستها ورسمها، وبدأت محاولات فهم أسرارها دون التقيّد بأفكار سابقة أو معتقدات دوغماتية راسخة»<sup>(2)</sup>، ومعنى ذلك أن هذا العصر شهد عملية تحول تاريخي من الولاء للدين وأرسطو إلى الولاء للعلم والعقل.

إن فهم الطبيعة والاستغناء عما فوق الطبيعة، هو مسعى العلماء من وراء الممارسة العلمية، وأن التفسير العقلاني للظواهر الطبيعية هو الهدف من نشر المعرفة العلمية، وغاية ذلك كله هو تحرير العقل الإنساني من سيطرة الأوهام والخرافات اللاهوتية وتحقيق ماهية الإنسان المتمثلة في التفكير الحر المبدع، وهذا ما أحدث تغيير جذري في النظرة للإنسان ونشاطاته

فبينما «كان الإغريق يفضلون التأمل ويعتبرون أنه يقود الإنسان إلى جوهر العالم وإلى الخلود، وفي حين وضعت العصور الوسطى جِجراً على نشاط الإنسان ووظيفته العقلية، أعطى عصر النهضة للإنسان معنويات كبيرة ومنح الثقة لقدراته»<sup>(3)</sup>. ولعل هذا ما ذهب إليه أرنست كاسيرر (1874 – 1945 Ernest Cassirer) الذي يرى أن واحداً من التفسيرات التي تطرح حول ظاهرة العلم الحديث وتطوره في عصر النهضة هو الإيمان بقوة الإنسان الخلاقة واستقلالها، ويرجع هذا الإيمان في جانب منه إلى قيام مناهج جديدة للملاحظة والاستقصاء إبان ذلك العصر. إن تلك الاتجاهات الفكرية الجديدة كانت مظهراً من مظاهر النزعة الإنسانية *Humanisme* التي امتد أثرها في عصر الثورة العلمية<sup>(4)</sup>.

يمكن القول أن العصر الجديد تميز بالتقدم الكبير على المستويين النظري والعملي وما صاحب ذلك من تأثير على مجمل نواحي الحياة الاجتماعية والاقتصادية والفكرية، ولعل أبرز تأثير تجلّى في تحقيق سيطرة الإنسان على الطبيعة وإخضاعها لإرادته، معلناً بذلك الإعلان عن بداية تحرر العقل الإنساني من الخرافات والأوهام.

## 2- كوبرنيك ضد بطليموس

يعتبر كتاب "حركة الأفلاك السماوية" بداية ميلاد العلم الحديث والبداية الفعلية لمسيرته الانقلابية، وهو الكتاب الذي ألفه كوبرنيك (1473-1543 N.Copernicus) سنة 1543 وهو على فراش الموت، وربما كان ذلك رحمة به من عقاب الكنيسة الذي كان سيلحق به جراء الأفكار الانقلابية التي احتواها الكتاب؛ ففكرة الكتاب تعتبر هرطقة تعاقب عليها الكنيسة.

لقد تضمن هذا المؤلف أولى النظريات العلمية جرأة في ميدان العلم (علم الفلك تحديداً). وكان بمثابة نقلة نوعية وثورة على النموذج المعرفي اليوناني (الفلك البطلمي). والذي وضع فيه اللبنة الأولى للكوسمولوجيا الجديدة القائمة على مركزية الشمس عوض مركزية الأرض.

ومن المعلوم، أن الثورة الكوبرنيكية الفلكية جاءت نقضا للمنظومة الفلكية البطلمية؛ فقد كانت نظرية بطليموس (367 ق.م – 283 ق.م) هي النسق الفلكي السائد، الذي يقوم على فكرة مركزية الأرض، وكان هذا النسق منسجماً تماماً مع العقيدة المسيحية من حيث مركزية الإنسان في الكون، وأيضاً مع فلسفة أرسطو من حيث إن الدائرة هي أكمل الأشكال، والحركة الدائرية فقط هي اللاتئة بالأجرام السماوية، لذلك قام رجال الكنيسة بتأييد هذه النظرية، وأصبح التسليم بها مشتقاً من التسليم بالكتاب المقدس (الإنجيل)<sup>(5)</sup>. ورغم أن بطليموس أدرك كروية الأرض وإقراره بذلك إلا أنه دافع عن استحالة حركتها وبرهن على ذلك. وبناءً على ذلك، أعلن أن الكواكب تتميز بحركة مشتركة، فمسار الكواكب، كما يُلاحظ في السماء، يتحدد عن طريق تطابق المدارات الدائرية، وأن الشمس والقمر ليسا مثبتين في موقع محدد بين النجوم، وإنما يتحركان في مسارات دائرية خاصة بهما<sup>(6)</sup>.

أما كوبرنيك فقد أعلن أن الشمس ثابتة والأرض وسائر الأفلاك الأخرى تدور حولها، وهذه الفكرة غيّرت كل المفاهيم العلمية تقريباً، وغيّرت نتيجة لذلك نظرتنا للعالم تغييراً جذرياً. لقد رسّخت فكرة مناقضة للاعتقاد السائد منذ القديم من أن الأرض تقع في مركز الكون؛ إذ هي ليست سوى كوكب صغير ضمن كواكب عديدة تدور حول الشمس التي هي الأخرى ليست سوى نجم واحد بعيد عن مركز مجرة محددة في كون شاسع لا حد له<sup>(7)</sup>.

لقد وضع كوبرنيك جداول فلكية، لكن لم تكن أفضل عمومًا من الجداول الفلكية المحسوبة باستخدام نظرية مركزية الأرض وطرق بطليموس. لكن كانت هناك ميزة واحدة لمنهج كوبرنيك: كانت الحسابات أبسط إلى حد ما في إجراءاتها<sup>(8)</sup>. حيث إن «النظرية الكوبرنيكية كانت من الناحية الرياضية "أبسط" من النظرية البطلمية وأيضاً أكثر منها ديناميكية»<sup>(9)</sup>. لقد أدرك كوبرنيك أن النسق الفلكي البطلمي معقد، وغير دقيق سواء في حساب مواقع الأفلاك أو في توقع الظواهر وحسابها حساباً مضبوطاً، بحيث لا تتطابق الملاحظات الحسية مع نتائج الحساب الفلكي، وهذا ما شكل عقبات أمام تقدم العلم والمعرفة<sup>(10)</sup>، وهذا التعقيد الذي تميز به النظام البطلمي الفلكي يخالف المعتقد الذي يؤمن به كوبرنيك؛ وهو أن الطبيعة شأنها الانتظام والبساطة. ولا شك أن كوبرنيك كان متأثراً بالأفلاطونية الجديدة (*Neoplatonisme*) التي تجذرت في الفكر

الإغريقي الكلاسيكي، حيث إن الاعتقاد بالتفسيرات البسيطة أفضل من التفسيرات المعقدة هو اعتقاد منسجم مع هذه الأفلاطونية الجديدة<sup>(11)</sup>.

بناءً على ذلك «وجد كوبرنيك أنه بإزاحة وجهة النظر لحركة الكواكب من الأرض إلى الشمس، تصبح الحركات التي تبدو معقدة جداً بسيطة جداً: لو تمكن أحد من الوقوف على الشمس فستظهر جميع الكواكب وهي تدور في مسارات دائرية»<sup>(12)</sup>. وليس هذا فحسب، بل إن الشكل الهندسي الوحيد البسيط، والمعادلة الرياضية الوحيدة البسيطة تمخضا عن نتائج دقيقة ومتطابقة تماما مع الملاحظات الأكثر صرامة<sup>(13)</sup>.

وعلى هذا الأساس، نادي كوبرنيك بضرورة قيام علم الفلك على الملاحظات الدقيقة والافتراضات البسيطة، معتبرا أن الفروض العلمية البسيطة هي الأقرب إلى الصواب من الفروض العلمية المعقدة<sup>(14)</sup>. وكان من أبسط الفروض العلمية في نظره هو أن الشمس ثابتة والأرض وسائر الأفلاك الأخرى تدور حولها، أي أن جوهر إسهامات كوبرنيك في العلم هو استنباطه العميق أن حركات الكواكب يمكن تفسيرها بطريقة أكثر تبسيطا لو افترضنا أن الكواكب تدور حول الشمس، وأن الأرض نفسها كوكب يدور حول الشمس<sup>(15)</sup>. ويرى إن «جميع مسارات الأجرام عبر السماء يمكن تفسيرها بشكل أبسط عن طريق الافتراض أن الأرض والأجرام السماوية جميعا تدور حول الشمس المركزية الثابتة»<sup>(16)</sup>. يتبين إذن أن النظرية الكوبرنيكية لا تستند إلا على حجة واحدة هي حجة "البساطة"، فإذا نظرنا إلى الكواكب من على سطح الشمس، وافترضنا أنها هي المركز فسوف تبدو مدارات الكواكب أبسط وأجمل وحساباتها الرياضية أبسط.

وباسم "مبدأ البساطة" شن كوبرنيك هجوما على تعقيدات النظرية الفلكية البطلمية<sup>(17)</sup>. ولذلك نجده يقول: «... إذا افترضنا الأرض متحركة، وهي المكان الذي نشاهد منه الحركات السماوية، حصلنا على صورة للعالم أبسط من الصورة المبنية على افتراض الأجرام السماوية هي المتحركة»<sup>(18)</sup>، ويقول أيضا: «تدور الأرض حول نفسها بحيث يواجه كل مكان على سطحها الشمس ويبعد عنها على التوالي. ويرجع السر في تعاقب الليل والنهار إلى هذه الحركة الدائرية، وليس إلى تحرك الشمس والنجوم»<sup>(19)</sup>، نستنتج من ذلك أنه يجب أن يؤخذ كافتراض بديهي أن الأرض متحركة، وأن حركتها كما في جميع الحركات الفلكية يجب أن تكون دائرية ومتسقة.

يمكن القول، إن كوبرنيك لم يكتشف واقعة جديدة مفردة عن الكون، ولم يقدم ملاحظات عن الطبيعة أو حركات الأجرام السماوية التي لم يلحظها أحد من قبل، وهو بذلك لم يكتشف وقائع، بل كل ما فعله هو تنظيم الوقائع المعروفة في طريقة جديدة أكثر تبسيطا<sup>(20)</sup>، أي إنه لم يقم إلا بتبسيط الحسابات الضرورية اللازمة للنظام الشمسي تبسيطا عظيما، وهذا التبسيط هو ما جعل النظام الكوبرنيكي أسى من النظام البطلمي، وهو مناسب أكثر لأنه أكثر تبسيطا.

وبشكل عام، نجد نظرية كوبرنيك هي صياغة لنسق أو لتصوّر ينظم الوقائع الفلكية تنظيما أبسط وأكثر جمالا من النظرية القديمة للنظام الشمسي... فأعطى أهمية خاصة لفكرة الشمس التي كان نفوذها السائد معترفا به، وقد أعطيت أخيرا المكان المركزي الذي يليق بها<sup>(21)</sup>.

### 3- كبلر وبداية الفلك الرياضي:

يمكن القول، إن نظرية كوبرنيك تمثل نقطة تحول تاريخية عميقة الأثر في الوعي العلمي؛ فالقول بثبات الشمس ودوران الأرض ليس مجرد افتراض علمي فحسب، بل انقلابا أنتج سلسلة متتالية من الانقلابات في ميدان العلم الطبيعي، وأكثر من ذلك: إنه ثورة زعزعت مركزية الإنسان والأرض، وأن كل معارفنا قد تأثرت تأثيرا عميقا بالكشف العلمي الذي حققه كوبرنيك<sup>(22)</sup>. فكان هذا الافتراض دافعا قويا لظهور أفكار ثورية أخرى، بحيث إن ما تحقق في ميدان العلم الطبيعي من قبل العلماء الذين أتوا من بعد كوبرنيك أمثال كبلر، غاليليو ثم نيوتن بعد ذلك، ما كان ليتحقق لولا ذلك الانتقال من مركزية الأرض إلى مركزية الشمس.

بعد نظرية كوبرنيك، عرف علم الفلك تطورات كبيرة؛ لاسيما مع الفلكي الألماني يوهانس كبلر (1571 – 1630 J. Kepler)، الذي كان في الأساس مقتنعا بنظرية مركزية الشمس، فقام بإدخال تحسينات على النظام الكوبرنيكي في حركة الأفلاك؛ وذلك خلال استخدام الحساب الرياضي الدقيق واللغة الكمية المضبوطة في حساب حركة الكواكب. وبعد ملاحظات عديدة

دامت تسع سنوات توصل إلى المدار البيضاوي للأرض، حيث إن المدار البيضاوي يجعل المخططات النظرية تتفق مع الرصد والملاحظات الحسية، وهنا «نلاحظ كيف كانت الفلسفة الطبيعية تعمل في ذهن كبلر، فالعلم الرياضي والفيزياء والملاحظة والتجربة والإحصاء والحدس، كلها اجتمعت للوصول إلى اكتشافات مذهلة نسفت منظومة أرسطو الكونية»<sup>(23)</sup> ومن خلال ذلك تمكن كبلر من الوصول إلى قوانين ثلاث اشتهرت باسمه، وهي القوانين التي تمثل الدراسة الرياضية للحركة المدارية في المجموعة الشمسية.

ومن خلال هذه القوانين الثلاث أثبت كبلر أن مسارات الكواكب إهليجية أو بيضاوية وليست دائرية، وأن مساراتها تمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية، وأن هناك علاقة تناسب طردية بين مربع الزمن الدوري للكواكب ومتوسط بعده عن الشمس مرفوع للقوة الثالثة.. ولم تعد هناك حركات غائية، بل حركة ذاتية للمادة بفعل ظروف طبيعية محضة<sup>(24)</sup>، فأصبحت جراء ذلك حركة الأفلاك السماوية تحكمها قوانين صارمة لها علاقة بكتلة الكواكب والمسافات الفاصلة بينها. وقد أدت هذه القوانين الثلاثة إلى قلب النموذج اليوناني القديم، وإلى صراعات مريرة مع الكنيسة عند محاولة تعميمها على الرأي العام<sup>(25)</sup>، حيث إن هذه القوانين لم تدع مجالاً للشك في حركة المادة بفعل قوة موضوعية مؤثرة عليها بمعزل تماماً عن العلة الغائية التي كان يُعتقد أنها تحرك الأجسام الأرضية والسماوية على حد سواء<sup>(26)</sup>، وهذا «لم يتناول كبلر حركات الكواكب من الناحية الهندسية والزمنية فحسب، بل حاول لأول مرة في تاريخ فكر الإنسان أن يبين ميكانيكياً حركات الكواكب، معتقداً أن الشمس تبعث خطوط مغناطيسية تؤثر على الكواكب وتلزمها السير في مداراتها البيضاوية»<sup>(27)</sup>

#### 4- غاليليو وتقويض الفيزياء الفلكية الأرسطية

أما غاليليو (1564-1642 G. Galileo) إسهامات في علم الفلك لا تقل أهمية عن إسهاماته في الميكانيكا، والتي جمعها في كتابه: "حوار حول علمين جديدين"، وهو كتاب على شكل محاوراة بين ثلاثة أشخاص: الأول يمثل رأي كوبرنيك، والثاني يمثل رأي أرسطو وبطليموس، والثالث يدير المناقشة. وكانت مجمل أبحاثه في هذا نقضا لنموذج أرسطو وبطليموس، وتأييدا لنموذج كوبرنيك، وبصورة مجملة، يمكن الإشارة إلى أهم إنجازاته في علم الفلك، فبعد تطويره للمقرب (التليسكوب) كشف أن القمر به إلتواءات ومرتفعات وفوهات بركانية كالتي على الأرض وليس كرة ملساء كما هو مُعتقد، وبين أن المجرة ليست جسماً سديمياً بل مؤلفة من عدد كبير من النجوم، ولاحظ أن هناك حلقات تحيط بكوكب زحل، ووجود بقع على سطح الشمس، وأن كوكب المشتري له أقمار (أربعة توابع) تدور حوله مثلها مثل القمر الذي يدور حول الأرض. وهذه الاكتشافات الفلكية قد أعادت ترتيب الكون بشكل جذري، بالرغم من أن سيطرة الكنيسة والفكر الأرسطي لم يكونا يسمحا للعلماء والفلكيين الرياضيين بالتعبير عن أفكارهم وتصوراتهم للشكل الطبيعي الحقيقي للكون.

لقد كانت الأبحاث فتحة في ميدان العلم الطبيعي وأحدثت ثورة في الفكر المادي في القرن السابع عشر، حيث ساهمت في تقويض ركائز الفيزياء الأرسطية وحطمت بشكل قاطع التمييز الأرسطي بين السماء والأرض وكشفت عن زيف الفكرة القائلة بكمال الأجسام السماوية، وأثبتت نظرية كوبرنيك فأخرجتها من مجال الحساب النظري إلى مجال الوجود الطبيعي، وأخضعت كل الأجسام لنوع واحد من القوانين، وفسرت كل الحركات عن طريق القوانين الديناميكية لاعن طريق العلل غير المادية، وهنا بالذات «تتجلى نموذجية التراث الغاليلي، لا لأنه قدم أولى قوانين الفيزياء الكلاسيكية وحسب، ولكن أيضاً لأن هذا التراث يحتوي تاريخ الفيزياء كله في أطواره الأساسية: الفيزياء الأرسطية والفيزياء الوسطوية والفيزياء العلمية الرياضية»<sup>(28)</sup> وبذلك حلت تنبؤات العلم اليقينية وقوانينه ونظرياته العلية، محل التنبؤات الغيبية اللاهوتية. واستند اليقين العلمي إلى الملاحظة والتجربة المسلحان بالتكميم الرياضي بدلا عن التفسيرات الغائية الميتافيزيقية.

#### خاتمة:

يمكن القول أن إسهامات كوبرنيك وكبلر وغاليليو في علم الفلك شكلت نقطة تحول في مسار تطور هذا العلم، فقد حلت القوانين الرياضية التي تستند على الملاحظة والتجربة محل التفسيرات المشبعة بالأفكار اللاهوتية الميتافيزيقية التي لا يمكن التحقق منها أو إثباتها، والتي لم تستند إلا على سلطة الكنيسة لا على سلطة العقل والعلم.

هوامش البحث:

- (1)- يوسف كرم، تاريخ الفلسفة الحديثة، دار المعارف، د ط، بدون تاريخ، القاهرة، ص 7.
- (2)- إبراهيم مصطفى إبراهيم، في فلسفة العلوم، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، ط 1، الإسكندرية، 2000، ص 115.
- (3)- نزار دندش، ما هو العلم: رحلة التفكير العلمي، دار الفارابي، ط 1، بيروت، 2009، ص 113.
- (4)- نقلا عن: عبدالله العمر، ظاهرة العلم الحديث، عالم المعرفة، عدد 69، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1983، ص 19.
- (5)- يميني طريف الخولي، فلسفة العلم في القرن العشرين، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ط 1 القاهرة، 2009، ص 86.
- (6)- هانز ريشنباخ، نشأة الفلسفة العلمية، ترجمة فؤاد زكريا، دار الكتاب العربي، د ط، القاهرة، 1968، ص 93.
- (7)- نيثان سبيليرج، برايون اندرسون، أفكار سبع هزت العلم، ترجمة: أحمد عبدالله السماحي وفتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، ط 1، القاهرة، 2010، ص 13-14.
- (8)- المرجع نفسه، ص 47.
- (9)- فيليب فرانك، فلسفة العلم: الصلة بين العلم والفلسفة، ترجمة: علي ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط 1، بيروت، 1983، ص 424.
- (10)- سالم يفوت، إبستمولوجيا العلم الحديث، دار توبقال للنشر، ط 2، الدار البيضاء، 2008، ص 20.
- (11)- نيثان سبيليرج، برايون اندرسون، أفكار سبع هزت العلم، مرجع سابق، ص 44.
- (12)- فيليب فرانك، فلسفة العلم: الصلة بين العلم والفلسفة، ص 46.
- (13)- ريتشارد تارناس، آلام العقل الغربي، مرجع سابق، ص 307 – 308.
- (14)- حسين علي، فلسفة العلم المعاصر ومفهوم الاحتمال، الدار المصرية السعودية للطباعة والنشر، د ط، القاهرة، 2005، ص 47.
- (15)- انظر إلى: ولتر ستيس، الدين والعقل الحديث، ترجمة: إمام عبد الفتاح إمام، مكتبة مدبولي، ط 1، القاهرة، 1998، ص 74.
- (16)- السيد نفادي، السيببية في العلم وعلاقة المبدأ السببي بالمنطق الشرطي، دار الفارابي، ط 1، بيروت، 2006، ص 82.
- (17)- يميني طريف الخولي، فلسفة العلم في القرن العشرين، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ط 1، القاهرة، 2009، ص 87.
- (18)- نقلا عن: يوسف كرم، تاريخ الفلسفة الحديثة، مرجع سابق، ص 18.
- (19)- نقلا عن إبراهيم مصطفى إبراهيم، في فلسفة العلوم، مرجع سابق، ص 118.
- (20)- ولتر ستيس، الدين والعقل الحديث، مرجع سابق، ص 76.
- (21)- السيد نفادي، الضرورة والاحتمال بين الفلسفة والعلم، دار التنوير للطباعة والنشر، ط 2، بيروت، 2005، ص 29.
- (22)- حسين علي، فلسفة العلم المعاصر ومفهوم الاحتمال، مرجع سابق، ص 48.
- (23)- أيوب أبودية، العلم والفلسفة الأوروبية الحديثة من كوبرنيك إلى هيوم، دار الفارابي، ط 1، بيروت، 2009، ص 113.
- (24)- السيد نفادي، الضرورة والاحتمال بين الفلسفة والعلم، مرجع سابق، ص 114.
- (25)- محمود فهمي زيدان، الاستقراء والمنهج العلمي، نقلا عن إبراهيم مصطفى إبراهيم: في فلسفة العلوم، مرجع سابق، ص 120.
- (26)- السيد نفادي، الضرورة والاحتمال بين الفلسفة والعلم، مرجع سابق، نفس الصفحة.
- (27)- حسين علي، فلسفة العلم المعاصر ومفهوم الاحتمال، مرجع سابق، ص 54.
- (28)- محمد هشام، في النظرية الفلسفية للمعرفة، إفريقيا شرق، د ط، بيروت، 2001، ص 51.

#### مراجع البحث:

1. السيد نفادي، الضرورة والاحتمال بين الفلسفة والعلم، دار التنوير للطباعة والنشر، ط 2، بيروت، 2005.
2. السيد نفادي، السيببية في العلم وعلاقة المبدأ السببي بالمنطق الشرطي، دار الفارابي، ط 1، بيروت، 2006.
3. أيوب أبودية، العلم والفلسفة الأوروبية الحديثة من كوبرنيك إلى هيوم، دار الفارابي، ط 1، بيروت، 2009.
4. حسين علي، فلسفة العلم المعاصر ومفهوم الاحتمال، الدار المصرية السعودية للطباعة والنشر، د ط، القاهرة.
5. إبراهيم مصطفى إبراهيم، في فلسفة العلوم، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، ط 1، الإسكندرية، 2000.
6. سالم يفوت، إبستمولوجيا العلم الحديث، دار توبقال للنشر، ط 2، الدار البيضاء، 2008.
7. عبدالله العمر، ظاهرة العلم الحديث، عالم المعرفة، عدد 69، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.
8. فيليب فرانك، فلسفة العلم: الصلة بين العلم والفلسفة، ترجمة: علي ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط 1، بيروت، 1983.
9. محمد هشام، في النظرية الفلسفية للمعرفة، إفريقيا شرق، د ط، بيروت، 2001.
10. نزار دندش، ما هو العلم: رحلة التفكير العلمي، دار الفارابي، ط 1، بيروت، 2009.

11. نيثان سبيلبرج، برايون اندرسون، أفكار سبع هزت العلم، ترجمة: أحمد عبدالله السماحي وفتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، ط1، القاهرة، 2010.
12. هانز ريشنباخ، نشأة الفلسفة العلمية، ترجمة فؤاد زكريا، دار الكتاب العربي، د ط، القاهرة، 1968.
13. ولتر ستيس، الدين والعقل الحديث، ترجمة: إمام عبد الفتاح إمام، مكتبة مدبولي، ط 1، القاهرة، 1998.
14. يمنى طريف الخولي، فلسفة العلم في القرن العشرين، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ط 1 القاهرة، 2009.
15. يوسف كرم، تاريخ الفلسفة الحديثة، دار المعارف، د ط، بدون تاريخ، القاهرة.

