هل للتعلم والذاكرة مكان في القشرة المخية ؟
دراسات جديدة في علم النفس الفسيولوجي

للدكتور : محمود الزيادي

لا شك أن مخ الانسان هو سيد أعضاء بدنه . وهو يختلف كثيراً عن مخ الثدييات الأخرى خصوص في اتساع منطقة القشرة المخية ، فالمادة الرمادية ، أي القشرة المخية التي تغطي كرة المخ عند الانسان متسعة اتساعاً كبيراً لأنها تحتوي على خضم هائل من الخلايا العصبية . ومن هنا يتكدس بعضها فوق بعض في جمجمة الانسان محدثة تلك الأخاديد والثنيات التي تسمى بالتلافيف . وهذه الأخاديد عميقة جداً حتى أن معظم هذه الشبكة من الخلايا (حوالي ٦٥٪ من خلايا المخ) تختفي بداخلها .

وفي هذه القشرة منطقة غريبة في وظيفتها تغطي جزءاً كبيراً من الفصين الصدغيين سميّت مؤخراً بالمنطقة المفسّرة « The Interpretive area » . ان هذه المنطقة اذا نبهت كهربياً فانها تستطيع استدعاء سلسلة من خبرات الانسان السابقة . ومن الممكن أن تحدث الاثارة الصرعية الآثار نفسها في المنطقة نفسها . انها أشبه بجهاز تسجيل أو شريط سينمائي يتحرك داخل المخ بالمناظـــر والأصوات والأفكار نفسها .

وقد قام فريق من الجراحين وعلماء الأعصاب المهتمين بالعلاج الجراحي للصرع بمعهد مونتريال لعلم الأعصاب بجامعة « ماكجل » بكندا وعلى رأسهم الأستاذ وايلدر بنفيلد « Wilder Penfield » بسلسلة من الدراسات عن هذه المنطقة في القشرة المخية تجلو لنا بعض غوامض هذا الموضوع المثير . لقد أثارت هذه الدراسات جدلاً كبيراً بين علماء النفس والطب النفسي في السنوات الثلاث الماضية وفي اعتقادي أن هذه الدراسات العلمية ستؤدي الى سلسلة طويلة من أبحاث المستقبل في علم النفس بعامة وعلم النفس الفسيولوجي بخاصة .

ونستطيع أن نلخص نتائج هذه الدراسات في أن التنبيه الكهربي لهذه المنطقة من القشرة المخية يحدث نوعين من الاستجابات هما :

١ ــ استجابات خبرية Experiental responses

٢ ــ استجابات تفسيرية Interpretive responses

ونتناول كل نوع منهما بشيء من التوضيح :

١ ــ الاستجابات الخبرية :

يحدث أحياناً في أثناء العمليات الجراحية العصبية بالتخدير الموضعي أن يحدث تنبيه كهربي ضعيف في المنطقة الصرعية اليمنى أو اليسرى . فيؤدي ذلك الى أن يعيش المريض بصورة شعورية خبرة سابقة ويعيها تماماً . ويبدو أن هذه الخبرة تقفز الى السطح من بين خبرات حياته السابقة بصورة عشوائية والغريب في الأمر أنها تقفز بكل تفصيلاتها الدقيقة . ثم يتوقف هذا الاستدعاء الخبري فجأة حينما

وقف التنبيه الكهربي أو حين يبتعد عن هذه المنطقة من القشرة المخية . وهذا هو المقصود بمصطلح لاستجابة الخبرية . ولنضرب بعض الأمثلة لهذا النوع من الاستجابات الخبرية :

المثال الأول لمريض أجريت له عملية تنبيه كهربي للفص الصدغي من الناحية اليمنى من المخ قال « انني أرى أمامي بيانو وأرى أحد العازفين وأسمع اللحن جيداً » . وعندما نبهت القشرة مرة أخرى دون أن يخبره الباحث بذلك قال « أرى شخصاً يتحدث الى شخص آخر . ولكنني لا أكاد أتبين الحديث . ه شيء أشبه بالحلم » . ثم أعاد الباحث تنبيه المنطقة نفسها . فسمع المريض أغنية وأخذ يتغنى بها . ا أعيد التنبيه للمرة الرابعة قال المريض « انني أسمع الأغنية نفسها في برنامج اذاعي » . وأخيراً أخبره باحث أنه سيعيد الكرة وينبه المنطقة نفسها . وبعد فترة صمت قال الباحث « سأبدأ الآن » ولكنه لم به المنطقة . والمريض لا يعلم بعملية التنبيه إلا اذا أخبره الباحث بها لأن القشرة المخية لا تحس . فقال ريض : « لا شيء موجود على الاطلاق » .

والمثال الثاني لسيدة سمعت فرقة كاملة تعزف لحناً موسيقياً حينما أجريت لها عملية تنبيه للفص صدغي من المخ . ثم توقفت الموسيقى عندما توقف التنبيه . ثم عادت الموسيقى مرة أخرى عندما نبهت مرة الثانية . وكانت تهمهم بالنغمات مع الفرقة الموسيقية . وفي كل مرة يتم فيها تنبيه هذه المنطقة من خ يعود استماع اللحن نفسه . وكانت الموسيقى تبدأ دائماً من المنطقة نفسها وتسير وفقاً لبقية اللحن كما هو متوقع . وقد أخفقت كل محاولات الباحث تضليل المريضة التي كانت تعتقد أن هناك جهاز سجيل يعمل في غرفة العمليات .

والمثال الثالث لصبي أجريت له عملية تنبيه للمنطقة اليمنى الصدغية فسمع أمه تتحدث في الهاتف . عندما أعيد التنبيه مرة ثانية دون انذار سمع أمه تواصل الحديث نفسه . ولما أعيد التنبيه للمرة الثالثة بعد ة زمنية وجيزة قال الصبي « اني أسمع أمي تقول لأخي أن عليه إن يأخذ معطفه خشية البرد . انني سمعها جيداً » . ثم سأله الباحث عما اذا كان ذلك قد حدث فعلاً في الواقع . فأجاب الصبي « نعم ، دث ذلك قبل أن آتي الى هنا مباشرة » . فسأله الباحث مرة أخرى : « هل كان ما سمعته أشبه بالحلم ؟ جاب « كلا . . . انه شيء حيوي وطبيعي تماماً وكأني أعيشه » .

ـ الاستجابات التفسيرية :

ومن ناحية أخرى يمكن أن يؤدي التنبيه في المنطقة نفسها الى استجابات مختلفة . إذ أن المريض كشف ـ وهو تحت تأثير التنبيه ـ أن هناك تغيراً ما قد حدث في تفسيره ما يرى وما يسمع . فهو يقول لاً أن هذه الخبرة التي يعيشها الآن تبدو مألوفة لديه وكأنه رآها أو سمعها أو فكر فيها من قبل . وهذه ظاهرة التي يسميها الفرنسيون « ظاهرة الرؤية السابقة deja vu phenomena » هي حالة من حالات طرح لعناصر عامة مشتركة . إذ أن كثيراً من المواقف المعقدة لها تفصيلات متشابهة . وهذه التفصيلات تشابهة التي خبرها المرء من قبل يعود فيتعرف عليها في الموقف الجديدة . فربما يبدو له كأنه عاش ـا الموقف من قبل بالفعل . ومعنى ذلك أن هذه التفصيلات هي نوع من الادراك المحرف للذاكرة ، ربما تبدو له هذه الأشياء غريبة فجأة . فالمشاهد قد تبدو بعيدة وصغيرة ، والأصوات قد تبدو ضعيفة زيلة . أو ربما تصبح الأشياء والأصوات ضخمة وقريبة . وربما يشعر المريض فجأة بالخوف وكأن يئاً ما سيدهمه . ويتملكه رعب هائل وغامض . وقد يقول إنه يرى نفسه وكأنه واقف على بعد .

والواقع أنه لا توجد وظيفة محددة ينسبها علماء الأعصاب للفصين الصدغيين . ومصطلح « القشرة المفسرة » Interpretive cortex « ليس إلا تعبيراً عاماً وضعه بنفيلد لكي يناقش هذا الموضوع . كما هي الحال في مصطلحات أخرى كالقشرة الحركية « Motor cortex » والقشرة الحسية « Sensory cortex » والقشرة الكلامية « Speech cortex » التي كانت مصطلحات عامة غامضة قامت بالغرض نفسه . ولكن يجب أن نفهم هذه المصطلحات على أساس أنها لا تعني استقلالاً لمناطق المخ المختلفة . فتحديد وظائف المناطق القشرية المخية ليس إلا اشارة الى أهمية هذا الجزء من القشرة أو ذاك بالنسبة للوظيفة ، ولا يعني مطلقاً انفصال ذلك الجزء عن بقية أجزاء المخ .

ويحسن قبل أن نناقش موضوع هذا الجزء من القشرة أن نتعرض باختصار لمناطق الحس والحركة والكلام فيها ، لأن معرفة أثر التنبيه الكهربي في هذه المناطق يسهل علينا فهم نتائج التنبيه الكهربي للفصين الصدغيين . ويشمل هذا العرض العناصر الآتية :

أ ـ وظائف القشرة المخية : لقد كانت أبحاث فلورنس « Flourens » في القرن التاسع عشر أول دليل على وجود تخصيص في وظائف بعض مناطق القشرة المخية ، فقد لخص نتائج بعض دراساته في قوله « ان الفص الجبهي في نصف كرة المخ يختص بعمليات التفكير والارادة على حين أن المخيخ يؤدي الى تآزر حركات الجسم . . . الخ » .

وفي عام ١٨٦١ عرض بول بروكا « Paul Broca » حالته الشهيرة التي تبين فيها أن تلف منطقة معينة صغيرة في النصف الأيسر من كرة المخ يؤدي الى فقدان القدرة على الكلام . وقد اتضح بعد ذلك أن منطقة الكلام في القشرة المخية توجد فعلاً في النصف المسيطر من كرة المخ ، وهو النصف الأيسر عند معظم الناس . وفي عام ١٨٧٠ استخدم فرتش « Fritsch » وهتزج Hitzig « تياراً كهربياً مرراه في قشرة مخ كلب في أحد النصفين مما أدى الى تحرك رجل الكلب في الناحية المقابلة من الجسم . ومن هنا بدأ اكتشاف منطقة الحركة في القشرة المخية .

وبعد هذه الدراسات الرائدة أجرى عدد من الاكلينيكيين التجريبيين سلسلة من الأبحاث تهدف الى تحديد وظائف المناطق المختلفة للقشرة المخية . وقد أصبح من المتفق عليه الآن بالنسبة للانسان أن الشق قبل المركزي « Precentral gyrus » في كل من نصفي المخ يرتبط بالضبط الإرادي للشفتين واللسان والفك ، أي أنها مناطق حركية . كما اتضح أن هناك مناطق أخرى في القشرة في كل من النصفين (الشق بعد المركزي) « Postcentral gyrus » تختص بالأحاسيس الجسيمة المختلفة ، أي أنها مناطق حسية ، كما تبين من نتائج هذه الدراسات أن هناك أليافاً عصبية تمتد من منطقة الحركة في القشرة . وتهبط من خلال جذع المخ الأسفل والنخاع الشوكي ثم تستقر في العضلات . ومن خلال هذه الممرات العصبية يصبح من الممكن السيطرة الارادية على هذه العضلات . وهناك ممرات حسية عصبية تخرج من أعضاء الحس المختلفة وهي العين والأذن والفم والجلد والعضلات لتصل الى مناطق مختلفة من القشرة المخية .

وتسمى هذه المناطق الحركية والحسية بمناطق الاسقاط (Projection areas) وهي تلعب دوراً كبيراً في اسقاط التيارات العصبية من أطراف الجسم المختلفة الى القشرة ومنها الى الأطراف ، وهذا

يجعل الوعي الحسي بالبيئة ممكناً . كما أنه يمكن الفرد من التعبير الحركي الخارجي . وللمنطقة الحركية في القشرة استخدامها الخاص خلال القيام بفعل ارادي . كما أن للمناطق الحسية استخداماتها الخاصة عند ما يرى الانسان أو يشم أو يسمع أو يحس .

ب ـ الانتقال العصبي : يقول شرنجتون « Sherrington » عالم الأعصاب الأشهر أن قيام المخ بوظائفه يعتمد على الحركة في داخله . أي يعتمد على الانتقال الكهربي الذي يعبر ألياف الجهاز العصبي ويقطع المسافات الطويلة . ويشبه هذا الانتقال داخل هذه الدائرة الواسعة من جسم الانسان بالشهاب الذي يمرق في السماء ليلاً مخلفاً وراءه ذيلاً طويلاً يومض بالضوء . فعندما يحرق هذا الشهاب يستمر وميض هذا الخط الضوئي فترة وجيزة ثم يخبو شيئاً فشيئاً حتى يختفي تماماً . والانتقال العصبي شبيه بذلك . وتنشط مناطق القشرة المختلفة في بعض الأوقات ثم تعود فتهدأ . ولكن ما دام الانسان حياً فلا بد أن هناك قدراً من التكامل المركزي والتآزر بين هذه الانتقالات العصبية بين جذع المخ ومناطق القشرة . وهذا ما يسمى بالتكامل المركزي للدماغ Central encephalic integration

حـ ـ الاستجابات الحسية والحركية والنفسية لتنبهات القشرة المخية : الهدف الأساسي من دراسة هذه الاستجابات هو محاولة التعرف على طبيعة الاستجابات النفسية التي تظهر عندما ننبه المنطقة المسماة بالقشرة المفسّرة . وتقتضي هذه المحاولة الاشارة الى النشاط الحسي والحركي للقشرة فيما يلي :

عندما تمر تيارات كهربية خلال المناطق الحسية في القشرة المخية لا يختلف بعضها عن بعض اختلافاً كبيراً ، وربما كان الاختلاف الوحيد هو في وجهة التيار . فالممر البصري يصل الى المنطقة البصرية في الفص القفوي ، والممر السمعي يصل الى المنطقة السمعية من القشرة في الفص الصدغي . . وهكذا . وعندما يقوم الجرّاح بتنبيه منطقة حسية في القشرة يرسل القطب الكهربي خلال ممر معين . وهذا القطب عندما ينبه منطقة الابصار في القشرة لا يحدث إلا رؤية أولية بسيطة لنقاط أو ظلال أو أشكال ضوئية تتحرك . كذلك اذا دخل هذا القطب الكهربي منطقة السمع في القشرة فانه يؤدي الى ان يسمع المرء طنيناً أو همهمة . واذا دخل الى الشق بعد المركزي ، أي مناطق الحس الجسمي فان المرء قد يشعر باحساس زائف بالحركة . وهذا معناه أن الاحساس قد يحدث بتمرير تيار كهربي في مناطق الحس ، وأما اذا حدث هذا التنبيه في مناطق الحركة من القشرة فانه يؤدي الى تحرك أعضاء الجسم .

وهناك نوع ثالث من الاستجابات التي تحدث لهذا التنبيه الكهربي هي التي نسميها الاستجابات النفسية تمييزاً لها من الاستجابات الحسية والاستجابات الحركية . وهذه الاستجابات النفسية تحدث في مناطق معينة من القشرة في الفص الصدغي . ولكنها لا تحدث أبداً عند تنبيه أية منطقة أخرى . ويجب أن نقرر أن هناك مناطق كبيرة في القشرة لا هي حسية ولا هي حركية ، وربما ترتبط بعمليات نفسية أخرى ، ولكن هذه المناطق لا يمكن أن نثيرها بهذا المثير البسيط أي بتمرير تيار كهربي ضعيف الى القشرة .

د ـ حالات الصرع الحالة : يعرف جاكسون « Jackson » الصرع بأنه « تحرك سريع ومؤقت وشديد ومفاجيء في منطقة ما من مناطق المادة الرمادية » وتهدف العمليات الجراحية لعلاج الصرع الى استئصال هذا الجزء من المادة الرمادية المسئول عن نوبات الصرع اذا كان اكتشاف هذا الجزء ممكناً .

ومن هنا يقوم الجراح باحداث تنبيه كهربي لمناطق القشرة المتعددة حتى يصل الى منطقة معينة يؤدي تنبهها الى احداث الظاهرة النفسية التي تسبق النوبة مباشرة . ومن هنا يتعرف على نقطة البداية .

وهذه الظاهرة النفسية التي تشكل بداية النوبة قد عرفها الاكلينيكيون منذ القرن التاسع عشر وسمّاها جاكسون بالحالة الحالمة « dreamy state » وهي حالة تحدث عند بدء التشنج الصرعي كأن يشعر المريض بأنه في حلم ، أو أن حلمه مختلط بالواقع . أو ربما يشعر بأنه يعود القهقري الى احداث بعيدة من أحداث طفولته .

ولم يحاول جاكسون تصنيف هذه الحالات الحالمة . ولكنه فعل شيئاً أهم من ذلك ، فقد حدد منطقة القشرة المخية التي تؤدي الى هذه الحالة . وهي على وجه التحديد منطقة في داخل الفصين الصدغيين وغائرة فيها . وهي المنطقة نفسها التي تسمى بالقشرة المفسرة . والتي يؤدي تنبيهها الى احداث الاستجابات النفسية الخبرية والتفسيرية .

ونضرب لهذه الاستجابات مثلاً بفتاة في السادسة عشرة من عمرها . دخلت معهد مونتريال للأعصاب شاكية من نوبات صرعية . وكانت النوبة تبدأ عندها دائماً بخبرة هلوسية محددة ، وهي حلم قصير يمثل خبرة طفلية مبكرة ، ثم تصرخ بعدها رعباً وتجري نحو أمها ، ويصحب ذلك تشنج صرعي حاد .

قام بنفيلد باجراء جراحة لهذه الفتاة مستعملاً التخدير الموضعي ، واستطاع أن يحدث هذا الحلم بتنبيه كهربي في منطقة محددة من الفص الصدغي الأيمن . وعند تنبيه المناطق الأخرى من القشرة الصدغية كان يحدث خوف مفاجيء ولكن بدون الحلم . وفي بعض المناطق من الفص الصدغي كان التنبيه الكهربي يجعل الفتاة ترى شخصاً يقترب منها ، على حين أن تنبيه بعضها الآخر يجعلها تسمع صوت أمها وأخواتها .

والمهم هنا أن نعرف أن تنبيه المنطقة البصرية في الفص القفوي عند أي مريض يجعله يرى أضواء أو ألواناً متحركة أو أشكالاً سوداء ، ولكنه لا يرى أبداً شخصاً يقترب منه . كما أن تنبيه المنطقة السمعية من القشرة يؤدي إلى أن يسمع المريض طنيناً أو همهمة أو أصواتاً مبهمة ، ولكنه لا يسمع أبداً كلاماً وأحاديث . ومعنى ذلك أن تنبيه المناطق الحسية من القشرة يؤدي إلى أحاسيس بصرية أو سمعية غامضة ولا يستدعي أبداً خبرات سابقة واضحة .

وقد أجريت فيما بعد مجموعة من الأبحاث تدور كلها حول تنبيه مناطق القشرة المختلفة ، فلم يحدث أبداً ظهور استجابات نفسية خبرية أو تفسيرية إلا من تلك المنطقة الصدغية .

وبعد سلسلة الدراسات التي قام بها بنفليد وتلاميذه حاولوا تصنيف التشنجات والحالات الصرعية تصنيفاً منطقياً بالطريقة نفسها أي إلى تفسيرية وخبرية . وقد سبق أن ذكرنا أن الاستجابات النفسية التفسيرية إنما هي تفسيرات لخبرة حالية وأن الاستجابات النفسية الخبرية هي استعادة لخبرة سابقة ، ومن ثم تكون التشنجات التفسيرية مصحوبة بخيالات « illusions » على حين تكون التشنجات الخبرية مصحوبة بهلوسات « halucinations » .

وقد أمكن تقسيم الاستجابات والتشنجات التفسيرية إلى عدة فئات من أهمها :

١ ـ التعرف « Recognition » حيث يتخيل المريض أن الأشياء التي يراها ويسمعها ويفكر فيها حالياً مألوفة لديه أي أنها مرت به من قبل (ظاهرة الروْية السابقة) .

٢ ـ الخداع البصري « Visual illusion » أي الإحساس بأن الأشياء المرئية تتغير كأن يراها تقترب وتكبر .

٣ ـ الخداع السمعي « Auditory illusion » أي الإحساس بأن المثيرات السمعية تتغير كأن يراها تدنو وتعلو .

٤ ـ الانفعال التخيّلي « Illusional emotion » كانفجار انفعال الخوف أو الإحساس دون وجود مثير خارجي واضح .

أما ظاهرة الهلوسات فهي معايشة خبرات من الماضي تقفز إلى الذهن دون أن يكون هناك فقدان تام للواقع الحالي .

وتعقيباً على ما ذكر نؤكد أن هذه الأعمال العلمية الرائدة التي قام بها بنفيلد تعد من الأعمال الغريبة والمحيّرة لعلماء النفس والفسيولوجيا وعلم الأعصاب . وعلى رغم أنها تفتقر إلى الضبط المنهجي لأن بنفيلد لم يقم باختيار عينات مضبوطة ، ولم يعتمد على أدوات علمية دقيقة تمكنه من قياس الظواهر النفسية الخبرية والتفسيرية . ولأن الأدوات الفنية المتاحة الآن تعجز عن هذا القياس ، وعلى رغم أنه اعتمد اعتماداً تاماً على تصورات مرضاه في العمليات الجراحية . وهي تصورات قد تشوبها خبرات هلوسية وذكريات محرفة فإن نتائج دراساته وأبحاثه تثير أسئلة كثيرة جديرة بالاهتمام والبحث . ومن الممكن أن تتمخض عنها أبحاث تجريبية عديدة وأن تثير أسئلة مهمة مثل : ما وظيفة هذا الجزء بالذات من القشرة المخية ؟ وما علاقته بعملية التذكر ؟ وهل يحتفظ الإنسان بذكرياته مسجلة في هذه المنطقة ؟ إن هناك أبحاثاً تدل على أن القشرة المفسّرة ليست وحدها المسئولة عن عملية التذكر ، ففي بعض العمليات الجراحية استؤصل جزء كبير من القشرة المفسّرة ولم يؤد ذلك إلا إلى ضعف طفيف في الذاكرة ، ولم يؤد إلى اختفاء القدرة على تذكر الأحداث الغريبة . ولذلك يمكن أن نسأل : هل اختزان الذكريات عملية عصبية أو أنه عملية كيميائية ؟ إن هناك مادة خلوية تسمى حمض السريبونيوكليك RNA يعتقد أنها الشفرة التي تنقل مخزون الذاكرة . كما يعتقد أن حمض ال دي اكس نيوكليك DNA هو الشفرة التي تنقل التكوينات الوراثية . ففي دراسة قام بها بابيك « Babich » وجيكوبسون « Gacobson » درباً مجموعة من الفيران على الاقتراب من الطعام عندما تسمع صوتاً معيناً . ثم استخلصا منها مادة RNA وحقنا بها فيران غير مدربة ، فوجدا أن الفيران غير المدربة أصبح لديها ميل إلى أن تتجه نحو الطعام عندما تسمع الصوت نفسه . فإذا كان حمض الـ RNA ينقل الذكريات ، أفلا يوحي ذلك بأنه سوف يصبح من الممكن في المستقبل نقل هذه الذكريات من شخص الى شخص آخر ؟.

ولا شك أن دراسة موضوع الذاكرة سواء من الزاوية العصبية كما فعل بنفيلد وزملاؤه . أو من الزاوية الكيميائية كما فعل بابيك وجيكوبسون وشتيلار وغيرهم عمل مثير يكتنفه الكثير من الغموض . ولكنه يثير أسئلة علمية طريفة نحس إزاءها بأننا في حاجة إلى أبحاث علمية ضخمة حتى نستطيع أن نفهم هذه الظاهرة فهماً يرتكز على الحقائق العلمية المستمدة من التجريب العلمي الدقيق .

وأخيراً لنا في ضوء الدراسات والتجارب العلمية السابقة أن نسأل :

هل يصل العلم يوماً الى نقل المعلومات والذاكرة التي يكتسبها إنسان ما إلى مخ إنسان آخر ؟ أي هل سيصبح ممكناً نقل معلومات معينة من مخ شخص إلى مخ شخص آخر ؟ اذا حدث ذلك فسيطرأ على عمليتي التعلم والتعليم تطور هائل لا يعلم مداه إلا الله . فسبحان من علم الإنسان ما لم يعلم .

المـــراجـــع

1. J. Taylor, ed., Selected Writings of Joha Hughlings Jackson (doudan: Hodder and Stoughton 1931), vol. 1, On Epilepsy and Epilepticform Convulsions.
2. S. Mullan and W. Penfield, American Medical Association Archives of Neurology and Psychiatry 81 (1959).
3. W. James, The principles of Psychology (New York: Holt, 1910.
4. W. Penfield: The Exitable Cortex in Conscious Man. 1972.
5. W. Penfield and L. Roberts, Speech and Brain Mechanisms (Princeton, N.J. Princeton University Press, 1959).