المقالة الاولى

مقدمة

١ — تعاريف — الانسان بما له من الحواس يشعر بأشياء مختلفة هى الاجسام وتسمى مادة وبما تعمله هذه الاجسام فى الحواس يتميز بعضها عن بعض وتكون فى بعض الاحيان مجلسا لتغيرات مختلفة وكل فعل تظهر منه صفات الجسم أو تغيراته يسمى فى علم الطبيعة ظاهرة ومجموع الاجسام هو العالم ويسمى أيضا الكون واعلم أن بعض الاجسام لا يمكن وجوده الا فى شكل ونسيج مخصوص أى فى تركيب خاص به بشرط أن المواد المتركبة منها هذه الاجسام تتجدد على الدوام فهذه هى الاجسام المتعضونة أى الحية النباتات والحيوانات وهى العالم العضوى ومدة حياة أفراد هذه المملكة محدودة وفيها خاصة التوالد أما بقية أجسام العالم غير المتمتعة بما للاجسام الحية مما ذكرناه من الصفات فتسمى الاجسام اللاعضوية (أى غير العضوية) والجمادات والى الآن لم يمكن الوصول الى استكشاف شئ آخر فى الاجسام المتعضونة غير الاجسام اللاعضوية

واذا تأملنا ما فى الكون من الاشياء المختلفة والظواهر المتباينة علمنا امكان النظر لها من وجهتين مختلفتين تفتحان للعلم طريقين متميزين

فاذا نظر لها بالنسبة للحال بقطع النظر عما يعرض لها من التغيرات فى الزمن والمسافة ظهر الكون كانه عبارة عن اجتماع كائنات منعزلة فى سكون ولهذه الكائنات صفات عامة وخاصة تصير بها منقسمة الى طوائف مختلفة العدد كثرة وقلة وعمل هذا التقسيم على قواعد علمية توصلا الى معرفة الكون بترتيب هو موضوع علم التاريخ الطبيعى واذا لم ينظر للاشياء نفسها معتبرة فى سكون بل نظر الى ما يحصل فيها من التغيرات المختلفة وبحث عن كنه وأسباب هذه التغيرات كان ذلك موضوع علوم الطبيعة وقد قسموا هذه العلوم الى قسمين رئيسين علم الطبيعة وعلم الكيمياء

ولا تقبل المادة الانقسام لا الى نهاية وقد سمى الجزء الغير الممكن تقسيمه بالطرق المعلومة على اختلافها ميخانيكية كانت أو كيماوية بالذرة ولا توجد الذرات منفردة منعزلة وانما تجتمع فى الغالب بغيرها من جنسها أو من جنس آخر فتتكون الجزيئات وباجتماع عدد كثير أو قليل من هذه الجزيئات تتكون الاجسام

وتنقسم الظواهر الى كيماوية وطبيعية بحسب ما يحصل من التغير فى الاجسام فان كانت نتيجة تغير فى التكوين الخاص بالجسم أى متسببة عن اختلاف فى موازنة الذرات لتفاوت فى كيفية ارتباطها أو تغير فى طبيعتها فهى الظاهرة الكيماوية ومثالها استحالة الحديد الى صدإ واستحالة المادة الدسمة بالقلويات الى صابون

وان كانت الظاهرة ناشئة عن تغير موازنة الجزيئات بنسبة بعضها الى بعض بحيث لا يصل هذا التغير الى الذرات فهى الظاهرة الطبيعية ومثالها جذب الكهربا للاجسام الخفيفة اذا دلكت بقطعة من الصوف وكون القضيب الذى من الصلب يصير مغناطيسيا بمرور تيار كهربائى حوله

ولا تتعلق صفات الجسم الكيماوية الا بطبيعة الذرات وبكيفية ارتباطها وأما صفاته الطبيعية فهى فضلا عن تعلقها بما ذكر تتعلق بكيفية ارتباط الجزيئات فلا تتغير طبيعة الجسم الا بتغير يحصل فى تكوين جزيئاته وقد يظهر الجسم الواحد فى حالات طبيعية مختلفة مع بقائه كما كان بالنسبة لحالته الكيماوية

وقد دلت المشاهدة على ان كل ظاهرة كيماوية تكون مصحوبة بظواهر طبيعية

والظواهر الخاصة بالاجسام الحية وتسمى أحيانا بظواهر الحياة تكون مصحوبة بظواهر كيماوية أو طبيعية أو بهما معا وبتدقيق البحث تبين أنها ظواهر كيماوية أو طبيعية أكسبتها الحياة طرزا مخصوصا بسبب مالها من الاعضاء وبذلك تعينت دراسة الظواهر الطبيعية والكيماوية قبل دراسة الظواهر الحاصلة فى الاجسام الحية المسماة بالظواهر الفسيولوجية

٣ — القانون — أول شئ يتنبه اليه الفكر هو انتظام ظواهر الطبيعة فى ظهورها ألا ترى ان الاجسام مثلا تسقط دائما نحو سطح الارض وأن النجوم تقطع مدارها فى مدد محددة ثابتة لا تزيد ولا تنقص والبندول يهتز تبعا لقواعد لا يتغير نسقها ولا تختل أحكامها ويعبر عن هذا الانتظام وظهور الظواهر بهذا الاحكام بانقياد ظواهر الكون الى قوانين ويقال لكل طائفة من الظواهر التى كيفية ظهورها ثابتة لا تتغير انها منقادة لقانون طبيعى كقانون سقوط الاجسام وقانون البندول والجذب العام

وكل قانون يقتضى وجود علاقة نسبية والظاهرة الطبيعية لا تحدث بطريقة منتظمة الا اذا وجد بالاقل بعض الاحوال التى صاحبت ظهورها فى المرة الاولى وبالاحكام يمكن أن يقال ان الاحوال المرتبطة بحادثة تشمل حالة العالم وقت حصول الحادثة وحالته قبل فان مجموع الاحوال التى لها دخل فى حصول هذه الحادثة لا يكون تاما الا باعتبار الحوادث الاخرى التى باجتماعها

تكون

تكوّن حالة العالم الى وقت حصول هذه الحادثة ومع ذلك فقد دلت التجربة أن عددا قليلا من هذه الاحوال التي لا تحصى عدّا ولا تنتهي حدّا المرتبطة بها الحادثة له تأثير حقيقي وهذه الاحوال حالية أو ماضية التي لا بدّ من ارتباط الظاهرة بها هي ما يسمى شروط الظاهرة

ولا يمكن معرفة شيء من العالم الطبيعي رجما بل من فحص الظواهر كما هي من غير تخمين في الاسباب المولدة لها وهذا الفحص يسمى المشاهدة وليست المشاهدة عبارة عن بحث سطحي بل هي دراسة دقيقة مستمرّة وخصوصا أقيسة محكمة لجميع شروط الظاهرة

وعلى العموم الظواهر وشروطها حوادث متضاعفة ولنذكر مثالا يزيل الابهام ويستلفت الافهام بسقوط كرة على سطح منحن فانها تكون متأثرة بحركة بعضها ينسب لجذب الارض وبعضها لمقاومة السطح وآخر لمقاومة الهواء فقانون الحركة يتعلق بهذه الاحوال كلها ومن ثم كان تعيين ما لكل من هذه الاحوال من التأثير يستلزم تصيير الظاهرة بسيطة بان تفصل كل حالة عن غيرها من الاحوال وتحويل الظاهرة الى بسيطة بفصل بعض الاحوال التي لها دخل في ظهور هذه الظاهرة عن بعض وافرادها هو احدى الوسائل القوية والوسائط العلمية التي بها يتوصل الى تفسير الظواهر ويسمى التجربة والعلماء مضطرون في معظم الاحوال الى استعمال هذه الوسائل فانه يندر وجود حالة منعزلة من نفسها

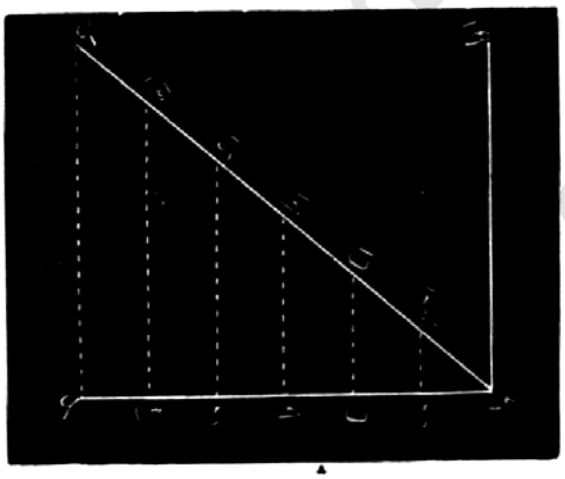
ومتى انتهى الافراد الى حالة لا تقبل الاختصار أي متى أدّى العمل الى ظاهرة لا يمكن تحويلها الى أبسط مما وصلت اليه قيل انه استكشف سبب الظاهرة والعلاقة الكائنة بين سبب منفرد ونتيجته قانون بسيط أي قانون لا يمكن انقسامه الى قوانين أخرى يكون هو ناتجا عنها ففي المثال المتقدم اذا تركت جميع الشروط الا التثاقل وأعيدت التجربة باسقاط الكرة في الفراغ فانه يشاهد قانون بسيط هو قانون السقوط مع ان الكرة بسقوطها فوق سطح منحن تتبع قانونا متضاعفا أي ناتجا عن دخل عدّة قوانين بسيطة منها قانون السقوط ويتوصل الى معرفة القوانين الاخرى بالبحث عن تأثير الاحتكاك ومقاومة الهواء وميلان السطح كل على حدته

٣ — الدلالة على القوانين — يمكن الافصاح عن القانون البسيط في غالب الاحيان بعبارة موجزة كالافصاح عن قانون سقوط الاجسام في الفراغ بان نقول ان سرعة الجسم الساقط تزداد بنسبة الزمن وان السرعة بعد وحدة الزمن الاولى كمية ثابتة هي ٩٫٨ م اذا كانت الثانية مأخوذة وحدة للزمن واذا رمز لهذه الكمية الثابتة بالحرف ك وللزمن بالحرف ن وللسرعة بالحرف ع فللدلالة على قانون السقوط تكون المعادلة ع = ك ن

ويتأتى اكساب جميع قوانين الطبيعة أشكالا رياضية والدلالة عليها بمعادلات أى بروابط معينة بين الاقيسة المختلفة المكونة للظاهرة ومن البين أنه اذا كان القانون متضاعفا فلا تكون المعادلة فى بساطة التى مثلنا بها

وللمعادلة الرياضية منفعة كبيرة فى علم الطبيعة فان استعمالها يكسب القوانين المدلول عليها بها وضوحا وضبطا سيما وبها يتسنى لنا أن نستخرج من أى قانون جميع نتائجه وأحيانا تكون المعادلات ضرورية لا يستغنى عنها فمن المستحيل التعبير بعبارة واضحة مفهومة عن الارتباطات الكائنة بين مسافات البورات المرتبطة فى انكسار الضوء فى العدسات مع أن الدلالة على هذه الارتباطات سهل بالمعادلة $\frac{1}{م} + \frac{1}{ص} = \frac{1}{س}$ التى فيها م و ص رمز للمسافة بين البورات المرتبطة والعدسة و س رمز للمسافة البورية الرئيسة

ويتأتى أيضا الدلالة على القوانين الطبيعية بخطوط هندسية فاذا اريد تصوير قانون سقوط الاجسام الذى ذكرناه أخذ على الخط ء هـ (شكل ١) مبتدأ من النقطة هـ الاحداثيات الافقية هـ ا ، هـ ب ، هـ حـ الخ دلالة على الازمنة من ابتداء الظاهرة متناسبة معها وفى نقط التقاسيم تقام احداثيات رأسية تكون أطوالها دالة على السرعة المقابلة للازمان المعتبرة ففى هـ وقت ابتداء سقوط الجسم تكون السرعة معدومة ومن ثم يكون الاحداثى معدوما أيضا ثم اذا مضت الثانية الاولى كانت السرعة مساوية ٩٫٨ م فيؤخذ للدلالة على هذا الكبر احداثى رأسى طوله ا أ مبارا من نقطة ا وهى التى تقابل الزمن ١ وحيث ان السرعة تزداد بنسبة الزمن فطول الاحداثيات الرأسية للزمن ٢ و ٣ و ٤ ... الخ يكون على التعاقب ضعف وثلاثة أمثال وأربعة أمثال ... الخ الاحداثى ا أ ومن ثم يكون الخط المار باطراف الاحداثيات الرأسية أ ب حـ مستقيما ويكون ميله على الاحداثيات الرأسية متعلقا بالكبر الثابت ا أ وهذا الخط هـ ء ليس الاصورة للمعادلة ع = ك ن أى للقانون الذى بحسبه تزداد السرعة بالنسبة للزمن المقطوع

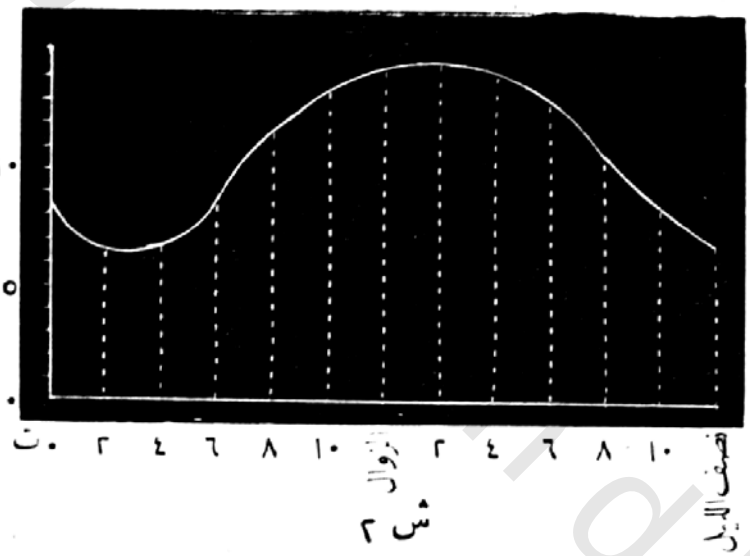


ش ١

وهذه

وهـذه الدلالة نافعـة خصوصا فى القوانين المتضاعفـة التى وضعها فى صورة معـادلة صعب لا تؤخذ منه بسهولة العلاقات الكائنة بين الشروط المختلفة للظاهرة

ومتى كانت العلاقة متضاعفة فانه يكتفى فى الغالب بالدلالة عليها بالصورة الرسمية التى ذكرناها فاذا أريد التعبير عن القانون الذى على حسبه تتغير درجة حرارة الانسان فى الساعات المختلفة من النهار بطريقة رياضـية فانه يحصل على معادلة متضاعفة لا ترى منها العلاقة المقصودة بين درجة الحرارة والساعة ولـكن هذه العلاقة تؤخذ بسهولة من الصورة الرسمية لهذا القانون (شكل ٢) بمجرد رؤية الخط المنحنى



ش ٢

ومن البـين أن الحالة التى مثلنا بها ليست فيها الساعات هى المحـدثة لارتفاع أو انخفاض درجة حرارة الجسم وانما نشأ هذا الاختـلاف عن أحوال ليست دائما واحدة فى الاوقات المختلفـة من اليوم مثـل الحرارة الخارجية والتغذية والنوم واليقظة وغير ذلك وعلى ذلك فالعلاقة بين الحرارة والزمن يمكن ردها الى علاقات متعددة أقل تضاعفا

وفى الغالب لا يجعـل فى شكل معادلة الا القوانين البسيطة وباستعمال الدلالات الرسميـة للعلاقات المتضاعفة يقصد استبدال عدة معلومات موضوعة فى هيئة جـداول بخط يسهل فهمه وقد اقترح عدة آلات ترسم بنفسها خطوطا دالة على العلاقة بين الزمن وأحد فروع الظاهرة وهذه الآلات هى المسماة بالرواسم وقد كثر استعمالها فى الطب

٤ — الطبيعة والحركة — يمكن تقسيم جميع الظواهر التى يبحث عنها فى علم الطبيعة للوقوف على أسبابها أولا ستنتاجها من أسباب معلومة الى قسمين الاول يحوى الظواهر التى تكون عبارة عن حركة انتقالية للجسم من غير أن يحصل له فى نفسه تغير ولو كان وضعه يتغير بالنسبة للاجسام المجاورة له ومثال ذلك ظاهرة سقوط الاجسام والثانى يحوى الظواهر التى فيها يكون مجموع الاجسام ساكنا ولـكن مع حصول تنوع فى صفاتها يمكن ادراكه بالحواس أو الوقوف عليه بوسائط أخر كتجمد الماء وتمغنط الحديد بالتيار الكهربائى وكثيرا ما يكون

فى الظاهرة الواحدة حركة انتقال وتنوع فى صفات الجسم ومن هنا يمكن القول بان الظواهر التى من موضوع علم الطبيعة هى عبارة عن تغير اما فى الوضع واما فى الصفات واما فى النوعين معا وأبسط هذه التغيرات تغيرات الوضع لان الحركات المختلفة للجسم لا يتميز بعضها عن بعض الا بكبر سرعتها وباتجاه ومقدار الاختلافات التى يمكن حصولها فيها وأما تغير صفات الاجسام فمختلف لا الى نهاية ومع ذلك فقد اعتمدوا تصورا به أمكن تفسير عدة من تنوعات هذه الصفات بقوانين الحركة واذا فالطبيعة ترد جميع التغيرات الحاصلة فى صفات الاجسام الى حركات الجزيئات النهائية للمادة وحينئذ فعلم الطبيعة هو علم الحركات الحاصلة فى العالم المادى الا ما كان منها متعلقا بالميل الكيماوى أو مكونا للظواهر الحياة فى الاعضاء

٥ - القوة وأنواعها - ينتج من كون جميع الظواهر الطبيعية عبارة عن حركة أن الاسباب التى يبحث فى علم الطبيعة عن معرفتها هى أسباب حركة لا غير ويسمى اصطلاحا سبب الحركة بالقوة وأنواع القوى متعددة بتعدد الاسباب المختلفة للحركة غير أن الاجزاء المتحركة فى كل حركة اما أن تتقارب أو تتباعد وبناء على ذلك تكون قوى الكون نوعين قوى جاذبة وقوى منفرة فالثقل قوة جاذبة والقوة الكهربائية تكون منفرة أو جاذبة بحسب كون الكهربائيتين المؤثرة كل منهما فى الاخرى من جنس واحد أو من جنسين مختلفين والحرارة باحداثها كبرا فى حجوم الاجسام تعمل عمل قوة منفرة وهى مثال لتأثير القوى بين جزيئات جسم واحد والقوى التى من هذا القبيل تسمى القوى الجزيئية

ولا ينسب الطرز المخصوص الذى تكسبه الحياة للظواهر الطبيعية والكيماوية الحاصلة فى الاجسام العضوية الى قوى خاصة بالاجسام الحية متميزة عن باقى القوى لان القوى التى تعمل فى الاجسام الحية هى كالتى تعمل فى باقى أجسام العالم قوى طبيعية وكيماوية وانما ينسب هذا الطرز الى تركيب وكيفية ارتباط الاجزاء المختلفة المكونة للاجسام الحية

المطلب الاول

تكوين المادة وحالات الاجسام

٦ - المادة - المادة لا تعرف الا بما تظهره من القوى فهى التى بتأثيرها فى أعضاء الحواس تحدث شعورا بوجودها وتنحصر دراسة الخواص الطبيعية للمادة فى البحث عن هذه القوى

وللمادة المتكونة منها جميع الاجسام صفتان عامتان السعة أى شغلها حيزا من الفضاء وعدم التداخل أى مقاومتها التأثير القوى الخارجة عنها

ولا تفهم المادة بغير هاتين الصفتين فالمادة كل ما كان له سعة وكان فيه خاصة عدم التداخل وانما عرفت المادة بما لها من الخواص التى ترشدنا اليها الحواس للجهل بطبيعتها ولا تكفى السعة وحدها لكون الشئ جسما فالظل ذو سعة ولكنه ليس بجسم لتجرده عن خاصة عدم التداخل

واذا كان قد تبين من تأثير بعض الاجسام فى بعض وجود قوى جاذبة ومنفرة فبالقياس يمكن الحكم بما يقرب من اليقين وهو أن جزيئات المادة متمتعة بهاتين القوتين فيكون تماسك الاجسام مثلا نتيجة جذب جزيئاتها بعضها البعض وبزواله يصير الجسم مسحوقا دقيقا

والى هاتين القوتين مع تنسب الخاصة التى بها الاجسام تقاوم القوى الخارجة المغيرة لشكلها وهذه الخاصة هى المسماة المرونة فاذا رأينا جسما لا ينقاد للقوة الخارجة الممتدة له الا بعسر ثم يرجع الى حجمه الاصلى متى انقطع تأثير هذه القوة نسبنا هذه الظاهرة الى وجود قوى جاذبة فى داخل الجسم واذا رأينا جسما يقاوم ضغطا متسلطا عليه لينقص حجمه نسبنا هذه المقاومة لوجود قوى منفرة فى داخل الجسم يظهر فعلها متى أخذت الجزيئات فى التقارب وصغرت المسافة الطبيعية بين الجزيئات وهى المسافة التى عليها تكون القوى الجاذبة والمنفرة فى توازن

ولما كان من الصعب تعلق وجود الجذب والتنافر فى جزء واحد اعتبرت جميع الاجسام مكونة من نوعين من الجزيئات مختلطين اختلاطا كليا بعضها متمتع بقوة جاذبة وبعضها بقوة منفرة فالاولى هى جزيئات المادة المسماة ذات الوزن لانها تكسب الاجسام الداخلة فى تركيبها خاصة سقوطها نحو الارض فتكون ذات وزن والثانية هى الجزيئات المتمتعة بالقوة المنفرة وتسمى جزيئات المادة عديمة الوزن وجزيئات الايتير وقد اقتضت دراسة ظواهر الضوء اعتبار الايتير مكونا كالمادة ذات الوزن من جزيئات منفصل بعضها عن بعض وأفادت المشاهدة أن الايتير يكون دائما مرتبطا بالمادة ولا أقل من أنه متراكم فى داخلها ومن ذلك يؤخذ ضرورة تمتع المادة ذات الوزن بجذب العديمته واذن يكون كل جزء من جزيئات المادة ذات الوزن محاطا بغلاف من جزيئات الايتير ولا بد أن يكون هذا الغلاف آخذا فى التلاشى من الباطن الى الظاهر لتنافر جزيئات الايتير

والقوى المنفرة للايتير هى قوى جزيئية محضة أى انها لا تعمل على بعد عظيم وتعتبر شدتها عظيمة من قرب وتصغر بسرعة كلما كبرت المسافة وتصير غير محسوسة متى صار بعد الجزيئات واضحا

ويظهر عمل القوى الجاذبة لجزيئات المادة ذات الوزن من قرب ومن بعد فكل جسم يجذب غيره تكون شدة جذبه على العكس من مربع المسافة بينهما وحركات الاجسام السماوية أمثلة متعددة لتأثير الاجسام المادية من بعد وكذلك سقوط الاجسام نحو الارض

والقوة التى يكون بها كتلتا ك ، ك' تتجاذبان تكون متناسبة مع حاصل ضرب الكتلتين واذا لاحظنا أن هذا الجذب يكون على العكس من مربع المسافة فان القانون العام يكون

$$ق = هـ \frac{ك ك'}{م^2}$$

وهذه معادلة فيها ق رمز لقوة الجذب ، ك ، ك' للكتلتين ، م للمسافة ، هـ لقوة الجذب اذا كانت الكتل والمسافة مساوية للوحدة وقد أيدت المشاهدات الفلكية لحركة الكواكب قانون الجذب العام هذا وأظهر (كاوانديش) صحته فى جذب الاجسام الكائنة على سطح الارض فانه شاهد أن كتلة عظيمة من الرصاص تجذب كرة صغيرة معدنية وأبان هذا الجذب بحركة رافعة حساسة وضع فى طرفها الكرة المعدنية

٧ — حالات الاجسام — الاجسام تكون فى حالات مختلفة تسمى بحالات الاجتماع نسبة لكيفية اجتماع الجزيئات ذات الوزن وعديمته بعضها ببعض لتكوين الاجسام فكل جسم هو عبارة عن جزيئات مجتمعة والفرق بين الاجسام المختلفة بالنظر لحالتها الطبيعية انما هو فى وضع هذه الجزيئات بعضها من بعض وفى حركاتها النسبية فقد تكون صلبة وسائلة وغازية

والصفة المميزة لحالة الصلابة هو أن المادة الصلبة تكون متماسكة فى جميع أجزائها ذات شكل معين لا يتعلق بالمسافة الموجود فيها الجسم ولا بد من بذل مجهود فى تغيير شكل مجسم ومن ذلك يستنتج أن الجذب الحاصل بين جزيئات الاجسام الصلبة غالب على نفور جزيئات الايتير وينبغى أن يلاحظ أن الجذب لا يظهر على النفور ظهورا بينا الا اذا كان هناك قوة خارجة تحدث تباعد الجزيئات المادية بعضها عن بعض أما اذا كان هناك قوة خارجة تحدث تقاربها فقوة النفور تظهر على الجذب وتقاوم هذا التقارب واذا لم يكن الجسم متأثرا بقوة خارجة كان بين قوتى الجذب والنفور توازن اذ لو كانت قوة الجذب غالبة دائما لكان حجم الجسم

آخذا

آخذا دائما فى النقصان وجزيئات الجسم فى حالة السيولة تنزلق على بعضها مع بقاء المسافات بين الجزيئات المتجاورة ثابتة ولذلك كان كل سائل يكتسب شكل الاوانى التى وضع فيها من غير تغير فى حجمه الا اذا كان مضغوطا من جميع الجهات ضغطا شديدا ويستنتج اذن من ذلك أن قوى الجذب والنفور العاملة بين جزيئات السائل فى توازن مهما كان الوضع النسبى لهذه الجزيئات

وفى الحالة الغازية يكون للاجسام ميل لأن يكبر حجمها لا الى نهاية فتشغل دائما المسافات المعرضة لها مهما كانت سعتها ولذلك ينسب للغازات قوة انتشار مقابلة للتماسك الموجود فى الاجسام الصلبة وسبب الحالة الغازية هو تسلطن تأثير القوة المنفرة للجزيئات

وقد يكتسب الجسم الواحد الاحوال الثلاثة الصلابة والسيولة والغازية فبتأثير الحرارة يصير الصلب سائلا مع ازدياد فى حجمه ويصير السائل غازيا فيكتسب حجما أكبر مما كان عليه ومن ذلك يمكن أن يستنتج أن تباعد الجزيئات يكون أصغر ما يكون فى الاجسام الصلبة وأعظم ما يكون فى الغازات ويسهل تفسير أحوال الاجسام بما قدمناه من اختلاف الجذب والنفور باختلاف المسافات فالقوة الجاذبة للجزيئات تكون بعكس المسافات التى بين هذه الجزيئات فاذا حصل تغير فى حجم جسم تباعدت جزيئاته فاذا صارت على مسافات متباعدة بحيث لا يكون جذب هذه الجزيئات بعضها البعض الا ضعيفا لكنه كاف لارتباط بعضها ببعض مع كونه غير كاف لمنع انفصالها بتأثير قوة خارجة مهما كان صغرها كثقل هذه الجزيئات صار الجسم الصلب حينئذ سائلا فاذا استمر ازدياد الحجم الى أن يفوق فيه نفور جزيئات الايثير المغلفة لجزيئات المادة على القوة الجاذبة اكتسب الجسم قوة الانتشار أى صار غازيا

وهنالك عدد قليل من الاجسام يظهر من كيفية تغير حالاتها عدم انقيادها للقاعدة التى ذكرناها وهى ازدياد حجم الاجسام بانتقالها من حالة الصلابة الى حالة أخرى وذلك كالماء فان حجمه يكبر بالتجمد وبالتأمل يرى أن عدم الانقياد هذا ليس الا أمرا ظاهريا فان تصلب الماء انما هو تبلوره والمسافات بين جزيئات الاجسام المتبلورة لا تكون واحدة فى جميع الاتجاهات ويكفى فى تصلب جسم حصول تقارب جزيئاته فى اتجاه واحد وأما حصول النقصان فى حجم جسم فيكون بنقصان فى المسافات بين الجزيئات فى جميع الاتجاهات

المطلب الثانى

فى القوانين التى هى أكثر عموما

٨ — قانون القصور الذاتى ويسمى قانون الاستمرار — المادة قاصرة فليس فى وسعها أن تغير بنفسها سكونها أو حركتها وبعبارة أخرى ان الجسم اذا كان فى حالة فانه يبقى عليها الى أن تؤثر فيه قوة فاذا كان فى حالة السكون بقى عليها وان كان متحركا استمر فى حركته فمفاد هذا القانون بقاء كل شئ على ماهو عليه الى أن يطرأ عليه مايغيره عن حاله وينتج منه ان لكل شئ سببا

٩ — قانون حفظ المادة — المادة لا تتجدد ولا تنعدم وقد يشاهد فى بعض الاحوال مايؤخذ منه عدم اطراد هذا القانون وذلك كالاحتراق واستحالة الاجسام الى بخار وقد دلت التجارب طبيعية وكيماوية على أن عدم الاطراد هذا هو تخيل لا حقيقة له وينتج من عدم امكان انعدام المادة وتجددها أن التغيرات الحاصلة فى العالم منحصرة فى حركة لانه مادامت كمية المادة غير قابلة للزيادة والنقصان فما يحصل من التغير فى المادة انما هو انتقالات فى أجزائها

١٠ — قانون مساواة الفعل لرده — اذا أثر جسمان أحدهما فى الآخر ليتجاذبا أو يتنافرا فتأثير الاول فى الثانى يكون مساويا لتأثير الثانى فى الاول وبعبارة أخرى ان رد الفعل يكون مساويا ومضادا للفعل فقطعتا الحديد والمغناطيس تتجاذبان بقوة واحدة والجسم الساقط نحو الارض يجذبها بقدر جذبه اله غير أن تأثيره فيها غير محسوس لتوزعه على كتلة عظيمة والمسمار المعلق فيه ثقيل بخيط يحدث فى الخيط شدا من أسفل الى أعلى مساويا لما يحدثه الثقيل فى الخيط من أعلى الى أسفل

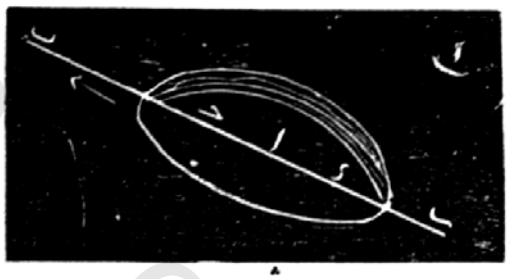
ويستنتج من هذا القانون قانون مهم آخر مؤيد بالتجربة وهو أن القوة التى بها يؤثر جسم فى آخر تكون متناسبة مع حاصل ضرب كتلتى الجسمين لانه من المسلم ان التأثير الواقع من أحدهما فى الآخر هو نتيجة التأثيرات الجزئية لكل جزء من اجزاء الجسم

١١ — القوة — هى كل سبب يمكن به حصول حركة أو تنوعها وتعرف بثلاثة أشياء (١) نقطة ارتكازها أى النقطة التى تؤثر فيها مباشرة (٢) طريقها أى الخط الذى يتبعه الجسم اذا أثرت هذه القوة وحدها فيه ويكون هذا الطريق مستقيما ومن ذلك يعلم أنه اذا اتبع جسم فى سيره طريقا غير مستقيم كان ذلك نتيجة تأثير عدة قوى معافيه قوتين فى الاقل (٣) شدتها أى قيمتها العددية مقدرة بوحدة القوى

والدلالة

والدلالة الهندسية المستعملة للقوى هى خط مقام من نقطة ارتكاز القوة متجه فى اتجاهها وطوله مقدار من وحدة الطول مساو لما فى القوة من وحدة القوى

واذا أثرت قوة مرتكزة فى نقطة ا من جسم صلب (شكل ٣) فى الاتجاه اب فلا تتغير نتيجتها بانتقال نقطة ارتكازها الى حـ أو الى د من الجسم عينه موضوعة فى نفس الاتجاه وكذلك اذا نقل الارتكاز الى نقطة ر خارجة عن الجسم بشرط فرض ارتباطها بالجسم من غير تغير و بعبارة أخرى يمكن نقل نقطة ارتكاز القوة الى أى نقطة من اتجاه القوة بشرط فرض ارتباطها من غير تغير بالنقطة الاولى



ش ٣

١٢ — عدم تعلق فعل القوة بحركة الجسم — فعل القوة فى نقطة مادية لا يتعلق بحركة هذه النقطة التى اكتسبتها قبل تأثير القوة فيها فاذا أثرت قوة فى نقطة مادية ساكنة أكسبتها حركة تختلف باختلاف شدة القوة واتجاهها فاذا كانت النقطة المادية فى حركة وقت تأثير القوة فيها فان هذه الحركة تتحد بالحركة التى تنتج عن القوة لو أثرت وحدها والنقطة ساكنة والحركة الناتجة من هذا الاتحاد هى الحركة الحقيقية للنقطة المادية فى الوقت المقصود

١٣ — استقلال القوى المؤثرة معا فى نقطة مادية ثابتة — القوى المؤثرة معا فى نقطة مادية يستقل كل منها بعمله ومعنى ذلك أنه اذا أثرت عدة قوى فى آن واحد فى جسم فانها تحدث فى وضعه تغيرا هو الذى يحصل من تأثير كل من هذه القوى على حدته واحدة بعد أخرى وبعبارة أخرى ان كل واحدة من هذه القوى المؤثرة تحدث عين التأثير الذى تحدثه لو كانت منفردة وعلى ذلك فلمعرفة ما تحدثه عدة قوى فى جسم مدة معينة من الزمن يبحث عن الطريق الذى يتبعه هذا الجسم بتأثير احدى القوى ثم عن الطريق الذى يتبعه بعد ذلك بتأثير القوة الثانية ثم عن الذى يتبعه بتأثير الثالثة وهكذا فى منتهى الحال يحصل على الطريق الذى يتبعه الجسم بتأثير تلك القوى معا

١٤ — حفظ القوى وتكافؤها — لا يمكن القوة أن تظهر نتائجها فى شكل حركة الا اذا لم تكن ممنوعة بقوة أخرى تؤثر فى اتجاه مضاد لها فالجسم المتأثر بقوتين متضادتين متساويتين يكون ساكنا كما لو كان غير متأثر بشئ من القوى غير أن هاتين القوتين المتساقطتى الفعل قادرتان على أن تؤثرا ويمكن اظهار عمل احداهما بطرح الاخرى فيتحرك الجسم بتأثير القوة الباقية ويستفاد من ذلك أنه يمكن تمييز القوى الى قوى محدثة لحركة وقوى مانعة لأن تحدث

حركة ولكنها لا تصل الى ذلك لانها ممنوعة بقوة أخرى فالقوة المحدثة للحركة تسمى العاملة وعلامتها ⟶ والتى تميل لأن تحدث حركة تسمى بالقوة العاطلة ومجموع القوة العاطلة والعاملة لا يتغير وهذا هو قانون حفظ القوى ومفهومه أن القوة العاملة تستحيل الى قوة عاطلة وأن القوة العاطلة تستحيل الى عاملة وان مقدار ما يظهر من القوة العاطلة يساوى ما يختفى من العاملة بالاستحالة وبالعكس مقدار ما يظهر من القوة العاملة يساوى مقدار ما يختفى بالاستحالة من القوة العاطلة فاذا رفعنا ثقيل ساعة مثلا فاننا نبذل لرفعه كمية من القوة العاملة تنتقل الى هذا الثقيل على حالة قوة عاطلة كأنها اختزنت فيه لوقت الاستعمال فاذا سقط هذا الثقيل عادما فيه من القوة العاطلة الى عاملة وفى ابتداء سقوط هذا الثقيل تكون جميع القوة عاطلة ثم تستحيل شيأ فشيأ الى عاملة مدة سقوط الثقيل وفى انتهاء الحركة يكون جميع القوة العاطلة قد استحال الى عاملة وفى أى زمن من أزمان سقوط الثقيل يكون مجموع ما استحال من القوة العاطلة الى عاملة وما بقى مساويا للقوة العاملة التى بذلت فى رفعه واختزنت فيه على حالة قوة عاطلة ولم تنعدم القوة التى انتقلت الى الحالة العاملة بل كان جزء منها لمقاومة احتكاك الهواء وآخر لمقاومة احتكاك القطع المختلفة للساعة واحتكاك هذه القطع بعضها ببعض واحتكاك الهواء بنبدول الساعة يحدثان حرارة وبذلك يتبين أن العاملة المستعملة فى سقوط الثقيل استحالت الى قوى طبيعية أخرى

ولو أمكن قياس الحرارة المنتشرة مدة سير الساعة لوجدت كمية هذه الحرارة مساوية لكمية السعر اللازم لايجاد قوة قادرة على أن ترفع كتلة مساوية فى الوزن لوزن الثقيل المحرك للساعة ارتفاعا مساويا للمسافة التى قطعها الثقيل المحرك مدة سقوطه

ومما ذكرناه يؤخذ أن القوى الطبيعية يستحيل بعضها الى بعض وان هذه الاستحالة تحصل بمقادير متكافئة فاذا فرضنا مثلا أن القوة القادرة على رفع كيلوجرام واحد لارتفاع ٤٢٤ مترا تولد باستحالتها الى حرارة كمية من الحرارة كافية لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة فكمية الحرارة الكافية لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة اذا استحالت الى قوة ميخانيكية تكون قادرة على رفع كيلوجرام مقدار ٤٢٤ مترا وهذا هو تكافؤ القوى

وقد دلت التجربة على أن القوى الميخانيكية والحرارة والضوء والكهربائية والتفاعلات الكيماوية وسائر القوى الطبيعية يمكن استحالة بعضها الى بعض فالاحتكاك والعمل الميخانيكى يستحيلان الى حرارة وفى الآلات البخارية يحصل العكس ففيها تستحيل الحرارة الى عمل ميخانيكى وتتولد الكهربائية باحتكاك الجسمين وبالحرارة وبالتفاعلات الكيماوية

وقد

وقد تولد عملا ميخانيكيا وحرارة وتفاعلات كيماوية ومع البحث عن تعيين مكافئ كل من هذه القوى بالنسبة لاحداهن مأخوذة وحدة لم يعرف بالدقة الا المكافئ الميكانيكي للحرارة فقد دلت أبحاث العالم (جول) على أن كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة تولد باستحالتها الى عمل ميخانيكي قوة قادرة على أن ترفع ٤٢٤ كيلوجرام مترا ويفصح عن ذلك بان كل سعر يكافئ العمل الميخانيكي ٤٢٤ كيلوجرام متر وبالعكس العمل الميكانيكي لقوة ٤٢٤ كيلوجرام متر باستحالته الى حرارة يولد حرارة كافية لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة وجميع القوى توجد أحيانا على حالة قوة عاطلة وأحيانا على حالة عاملة فالقوة الميكانيكية مثلا قد تحدث حركة وقد تنتقل الى الحالة العاطلة بحسب الاحوال وكذلك قد تصير الحرارة كامنة وهذا هو ما يحصل بتسخين أجسام سائلة أو صلبة فانها تبعد جزيئاتها فتكسبها توترا محسوسا بنقصان القوة العاملة ويظهر ما اختفى من الحرارة متى رجعت الجزيئات الى موضعها الاصلي والقوى الكيماوية تنحصر في جذب بين الذرات فان كانت هذه القوى عبارة عن ميل الذرات للاتحاد فهي عاطلة وتصير عاملة متى حصل الاتحاد وفي الذرات المنفردة والداخلة في متحدات قليلة الثبات قوة عاطلة ضعيفة أو شديدة أي فيها ميل لان تدخل في مركبات ثابتة فالاوكسيجين المنفرد قوة عاطلة هي المسماة بالميل للاتحاد بالاجسام القابلة للتأكسد وباتحاد الاوكسيجين تستحيل قوته العاطلة الى عاملة وهذه تظهر في حالة اتحاد الاوكسيجين بالايدروجين في صورة حرارة وضوء والماء لا يحتوي على قوة عاطلة محسوسة لانه مركب ثابت واذا أريد تحليله أي فصل عناصره وجب ايصال قوة عاملة غريبة اليه كالكهربائية مثلا فيكون متحصل التحليل وهو الاوكسيجين والايدروجين محتويا على ما وصل اليه من القوة العاملة لفصلهما في صورة قوة عاطلة

ولوضع قانون حفظ القوى في صورة رياضية نرجع الى المثال السابق ذكره وهو حركة الساعة ونرمز للثقيل المحرك بالحرف و وللارتفاع الذي وصل اليه بالحرف ن فالناتج ن و هو العمل الذي فعل لرفع الثقيل للارتفاع ن وهو أيضا القوة العاملة التي صارت عاطلة برفع الثقيل فاذا فرضنا مسير الساعة ولاحظناها في وقت من الاوقات فان الثقيل بسقوطه يكون قد قطع المسافة د مثلا ويكون الباقي من القوة العاطلة هـ وتبعا لقانون حفظ القوى يكون و د + هـ = ن و

واذا استبدلنا و د و ن و بقيمتهما بالنسبة للقوة العاملة $\frac{ك س^2}{2}$ و $\frac{ك س^2}{2}$ يحدث $\frac{ك س^2}{2} + هـ = \frac{ك س^2}{2}$ أي أن القوة العاملة التي صرفت زائدا القوة العاطلة تساوي القوة

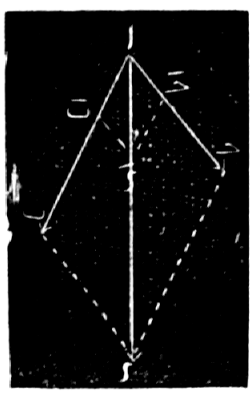
العاملة الواصلة للساعة قبل تحركها وهذه القوة الاخيرة ثابتة فى كل آلة فاذا رمزنا لها بالحرف ثا امكن اخذ المعادلة الآتية بدل السابقة $\frac{ك_{م}}{م}$ + هـ = ثا

وهذه المعادلة ليست الا صورة رياضية لقانون حفظ القوى واذا اعتبرنا جميع القوى الموجودة فى العالم بدل الساعة أمكن تطبيق القانون السابق على عموم القوى فاذا فرضنا عدة كتل ك ، ك' ، ك'' ، ك''' ... الخ متحركة بسرعة س ، س' ، س'' ، س''' ... الخ وفيها قوة كامنة هـ ، هـ' ، هـ'' ، هـ''' ... الخ يكون ($\frac{ك_{م}}{م}$ ، $\frac{ك'_{م}}{م}$ ، $\frac{ك''_{م}}{م}$ ... الخ) + (هـ ، هـ' ، هـ'' ... الخ) = ثا واذا أخذنا عن مجموع القوى العاملة العلامة لا ($\frac{ك_{م}}{م}$) وعن القوة العاطلة العلامة لا (هـ) يحدث

$$\text{لا } (\frac{ك_{م}}{م}) + \text{لا } (\text{هـ}) = \text{ثا}$$

١٥ - تركيب القوى المرتكزة فى نقطة واحدة - اذا ارتكزت عدة قوى فى نقطة مادية منعزلة فاما أن تكون اتجاهاتها وطرقها واحدة واما أن تكون اتجاهاتها متضادة مع اتحاد طرقها واما أن تكون مكونة لزاوية بينها وفى الاحوال الثلاث تستنتج نتيجة فعل القوى فى النقطة المادية من قاعدة استقلال القوى المؤثرة معا

ففيما اذا كان اتجاه القوتين المؤثرتين فى نقطة مادية وطريقهما واحدا تكون نتيجة فعلهما مساوية لمجموع نتيجة كل واحدة منهما معتبرة على حدتها واذا كان اتجاههما متضادا فالفعل الناتج يكون فى اتجاه أكبرهما ومساويا للفرق بينهما واذا كانت القوتان مكونتين لزاوية بينهما احداهما متجهة فى الاتجاه اب (شكل ٤) والاخرى فى الاتجاه اح فنتيجة فعلهما معا هو نقل النقطة المادية الى د فان تأثير احدى القوتين وحدها ينقل النقطة ا الى ح وتأثير القوة الثانية ينقلها الى ب فاذا فرضنا أن القوتين أثرتا واحدة بعد أخرى فان النقطة المادية تقطع أولا الطريق اح ثم حد المساوى للطريق اب ويسهل معرفة الطريق الذى تسلكه النقطة المادية للوصول للنقطة د بأن نقسم تأثير القوى الى عدة تأثيرات جزئية فاذا فرضنا أن احدى القوتين نقلت فى وقت من الاوقات النقطة المادية الى النقطة حَ فالقوة الثانية تنقلها الى بَ فتأثير القوتين معا ينقل النقطة الى دَ



ش ٤

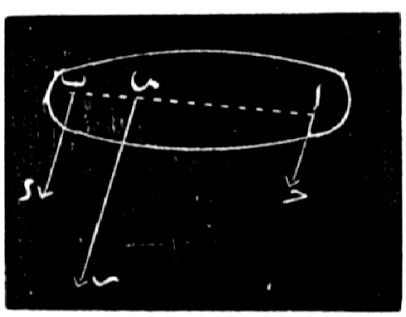
واذا

واذا بحثنا عن المحلات التى شغلتها النقطة المادية فى الازمان المتتابعة بعد ذلك نرى أن هذه المحلات هى خط مستقيم اء وهو قطر متوازى الاضلاع المرسوم على الخطين اح ، اب وتسمى القوى المؤثرة فى الاتجاه اب ، اح بالقوى المركّبة ويمكن استبدالها بقوة تؤثر فى اتجاه الخط اء تسمى المحصّلة وقانون تركيب القوى المركبة هذا يسمى بقانون متوازى الاضلاع والخطوط اب ، اح ، اء تدل على كبر القوى المركبة والمحصلة وعلى اتجاهاتها وحينئذ فلا فرق من حيث النتيجة بين أن يكون الجسم متأثرا بقوة مساوية فى الكبر والاتجاه اء أو يكون متأثرا بالقوتين اب ، اح معا فيمكن استبدال القوى المركبة بمحصلتها والمحصلة بمالها من القوى المركبة

واذا كانت النقطة المادية متأثرة بعدة قوى يبحث بالطريقة المتقدمة عن المحصلة لقوتين ثم يركب بالطريقة عينها هذه المحصلة مع قوة ثالثة فقطر متوازى الاضلاع الجديد الذى هو المحصلة للقوى الثلاث يركب مع قوة رابعة وهلم جرّا الى أن تنتهى جميع القوى فالمحصلة الاخيرة تكون هى المحصلة لجميع القوى

ولما كانت الخطوط المستقيمة التى أقيمت لعمل متوازيات الاضلاع تركب شكلا كثير الاضلاع سميت هذه القاعدة الاخيرة قاعدة كثير الاضلاع للقوى ومن قاعدة تركيب القوى هذه يمكن تحليل قوة الى قوتين بل الى أكثر من ذلك بأن تعتبر القوة محصلة أولى من مركبتين ثم كل مركبة منهما محصلة قوتين أخريين وهكذا

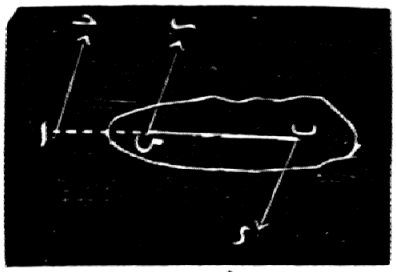
١٦ — تركيب القوى المرتكزة فى نقط مختلفة — اذا أثرت قوتان متوازيتان مرتكزتان فى نقطتين مختلفتين من جسم غير قابل للانثناء وكان اتجاههما واحدا كانت محصلتهما مساوية لمجموعهما وموازية لطريقهما ونقطة ارتكاز تلك المحصلة تقسم المسافة بين نقطتى ارتكاز القوتين المركبتين الى جزأين يكونان على العكس من القوتين فاذا فرضنا ح ، ء من (شكل ٥) القوتين المتوازيتين المرتكزتين فى الجسم اب فان المحصلة ر تكون مساوية لمجموع القوتين ح ، ء وتقسم اب فى نقطة ارتكازها س بحيث يكون $\frac{ب س}{ا س} = \frac{ا ح}{ب ء}$ فاذا كانت القوتان غير متساويتين وكانتا مؤثرتين فى اتجاهين متضادين فمحصلتهما تكون مساوية للفرق بينهما وموازية لطريقهما



ش ٥

ويكون تأثيرها فى اتجاه الاكبر منهما ونقطة ارتكاز هذه المحصلة تكون فى الخط الواصل

بين نقطتي ارتكاز القوتين بحيث تكون المسافة بينها وبين نقطتي ارتكاز القوتين المركبتين على العكس من شدتهما فاذا فرضنا د و ﻫ من (شكل ٦) القوتين المتوازيتين مؤثرتين في اتجاهين متضادين ونقطتا ارتكازهما هما ب و س فالمحصلة ح تكون مساوية للفرق بينهما ومؤثرة في نقطة ا وهي نقطة تقسم الخط اب بحيث يكون $\frac{\text{ا س}}{\text{ا ب}} = \frac{\text{س ﻫ}}{\text{ب د}}$

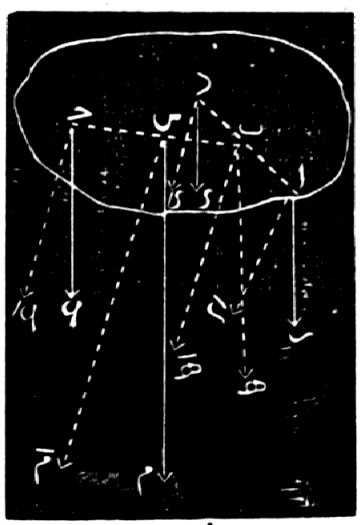


ش ٦

واذا كانت القوتان متوازيتين متساويتين مؤثرتين في اتجاهين متضادين فالمحصلة معدومة وفي هذه الحالة يكون ما يسمى بالزوج وحيث لا يمكن موازنتهما بقوة منفردة ففعل هذا الزوج هو تحريك الجسم بحركة رحوية الى أن يصير طريق القوتين واحدا مع بقائهما في اتجاهين متضادين وكل زوج لا محصلة له لا يمكن جعله في موازنة بنقطة ثابتة منفردة بل لا بد من نقطتين لمنع حركة دوران الجسم المؤثر به

١٧ - مركز القوى المتوازية - اذا أثرت عدة قوى متوازية متحدة الاتجاه مرتكزة في نقط مختلفة من جسم واحد فلهذه القوى محصلة مساوية لمجموعها ويستدل على نقطة ارتكاز هذه المحصلة بأن يعين نقطة ارتكاز محصلة قوتين من هذه القوى ثم تركب مع المحصلة الاولى قوة ثالثة ويبحث عن محصلتهما ثم تركب مع هذه المحصلة قوة رابعة وتستخرج محصلتهما وهكذا فنقطة ارتكاز المحصلة الاخيرة تكون نقطة ارتكاز محصلة جميع هذه القوى

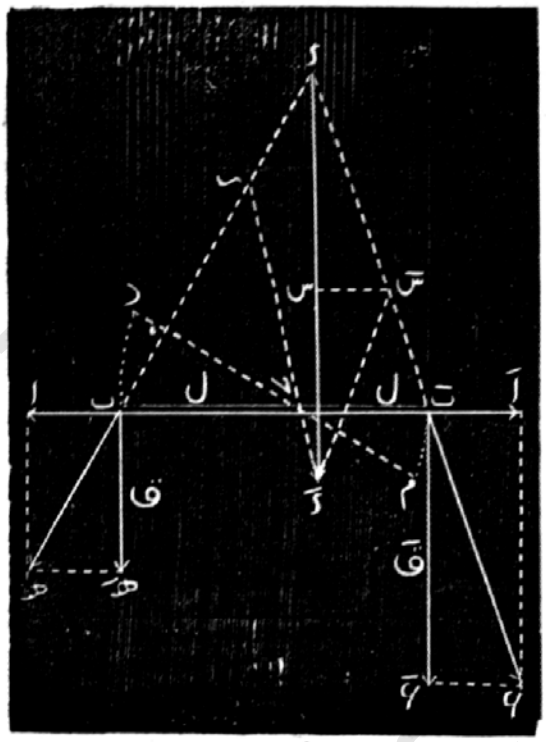
فاذا فرضنا ا و د و ح من (شكل ٧) ثلاث قوى متوازية مؤثرة في جسم ما وأردنا معرفة المحصلة لهذه القوى الثلاث بحثنا عن المحصلة ﻫ للقوتين ا و د وهذا يكون بقسمة اد بحيث تكون النسبة الآتية $\frac{\text{ا}}{\text{د}} = \frac{\text{ب د}}{\text{ا ب}}$ ثم يمد خط يوصل نقطة ب وهي نقطة ارتكاز المحصلة ﻫ بالنقطة ح التي هي نقطة ارتكاز القوة الثالثة ح ويقسم هذا الخط بحيث تكون النسبة الآتية $\frac{\text{ﻫ}}{\text{ح}} = \frac{\text{س ح}}{\text{ب س}}$ فيحصل على نقطة س نقطة ارتكاز م وهي المحصلة العمومية واذا غير طرق القوى الثلاث مع بقائها متوازية فان المحصلة تمر من نقطة الارتكاز عينها بلا تغير وهذه النقطة تسمى بمركز القوى المتوازية وتسمى بمركز الثقل في حالة التثاقل واذا فرض أن طريق القوتين مكونان لزاوية



ش ٧

بينهما

بينهما كما هي الحالة في (شكل ٨) بالنسبة لقوتي ب هـ و ب ء اللتين يكون امتدادهما زاوية ب د ب يحلل كل من هاتين القوتين الى ثنتين أخريين بحيث تكون اثنتان من المركبتين ا ب و ا ب متساويتين متضادتين موضوعتين في امتداد الخط ب ب والقوتان الباقيتان ب هـ و ب ء متوازيتين فمجموع هاتين الاخيرتين يساوي محصلة القوتين ب هـ و ب ء وللحصول على هذه المحصلة نمد القوتين الى أن تتلاقيا ولتكن نقطة د نقطة التلاقي ولنفرض أن الخطين المستقيمين ب د و ب د أعواد صلبة لا ثقل لها مرتبطة من غير تغير بالجسم فمن البين أن مثل هذه الاعواد لا تغير حركة الجسم المتأثر بالقوى



ش ٨

وقد علمنا (§ ١١) أنه يمكن نقل نقطة ارتكاز قوة الى أي نقطة في طريقها من غير تغير في حالة سكون وحركة الجسم بشرط أن تكون النقطة الثانية مرتبطة بالاولى من غير تغير فيجوز حينئذ نقل نقط ارتكاز القوى ب هـ و ب ء الى نقطة تلاقي امتدادهما د وبهذه الكيفية تصير القوتان مرتكزتين في نقطة واحدة وهذه مسئلة علمنا كيفية حلها (§ ١٥) واذن نأخذ د س مساويا ب ء و د س مساويا ب هـ ونرسم متوازي الاضلاع للقوى فنحصل على المحصلة د ب وهي تقابل ب ب في نقطة ح فهذه نقطة ارتكاز محصلة القوى ب هـ و ب ء ونقول ان هذه المحصلة تساوي مجموع القوتين المتوازيتين ب هـ و ب ء ولاثبات ذلك نقيم من نقطة س الخط س س موازيا ب ب فنحصل على المثلثين س د س و س د س مساويين بالترتيب للمثلثين ء ب ء و هـ ب هـ لمساواة ضلع وزاويتين مجاورتين في كل من الاولين لضلع وزاويتين مجاورتين من نظيره من الأخرين وحينئذ يكون

د س = هـ ب و د س = ب ء

ومن هذه

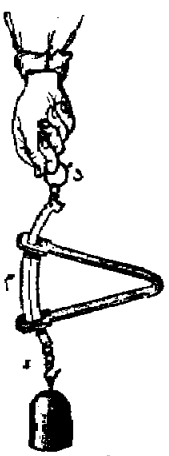
د د = ب هـ + ب ء

١٨ — قياس القوى — يقال للقوتين متساويتان متى أثرتا فى جسم وأحدثتا نتائج متساوية فى أحوال واحدة ويقال للقوة ق انها ضعف أو ثلاثة أمثال الخ القوة ق' متى كانت هذه القوة ق تحدث نتائج مساوية لما تحدثه القوة ق' مثلين أو ثلاثة أمثال الخ وذلك بتأثيرها فى أحوال هى عين الاحوال التى أثرت فيها القوة ق' ويقال ان نسبة القوة ق الى ق' كنسبة م الى ك متى كانت القوة ق = م مرة القوة ف وأن ق' = ك مرة القوة ف

وقد دلت التجربة على امكان استبدال بعض القوى ببعض لاحداث نتائج واحدة فى حصول الحركة وأنه يمكن مقارنة كل قوة باخرى ومقارنة جميعها بقوة تؤخذ أنموذجا للمقارنة وقد أخذ أصلا لهذه المقارنة تأثير الثقل فى جسم معين درجة حرارته معينة كذلك هو الديسيمتر المكعب من الماء المقطر الذى فى درجة ٤ + وضغط ٧٦٠ ملليمتر وبعبارة أخرى اخذ لقياس القوة وحدة هى الكيلوجرام والآلات المستعملة لقياس القوة هى الديناموميترات والموازين

١٩ — الديناموميترات — النتائج التى تحصل فى الديناموميترات بتأثير القوة وبها تقاس هذه القوة هى تغير فى زنبلك يختلف شكله باختلاف الديناموميتر فاذا تغير شكل الزنبلك بتأثير قوة بدرجة تغيره بتأثير وزن معلوم كانت القوة والوزن متساويين وكان هذا الوزن قياسا لهذه القوة

وقيمة القوة مقدرة بوحدة القوى أى بالكيلوجرام تسمى شدتها وأحد هذه الديناموميترات (شكل ٩) صفيحة من الصلب قابلة للانثناء فى هيئة الرقم الهندى ٧ فى كل من طرفيها قوس معدنى يمر فى فتحة الطرف الآخر من الصفيحة وينتهى أحدهما بحلقة د يعلق منها الجهاز والآخر ينتهى بخطاف ه يعلق فيه الموزون أو تتكىء عليه القوة المراد مقارنتها فيعلق فى الخطاف وزن ثقله كيلوجرام ثم اثنان ثم ثلاثة وهكذا فتنثنى الصفيحة فى كل مرة فيخرج مقدار من القوس المتطرف م يختلف باختلاف هذا الثقل فيوضع عليه فى النقطة المقابلة للفتحة المار فيها القوس م الرقم ١ و ٢ و ٣ الخ بحسب ما علق فى الخطاف من الوزن وبذلك يكون الجهاز مدرجا فاذا أريد معرفة شدة قوة به علق الجهاز وأوصلت القوة بالخطاف فتنثنى الصفيحة فان كان هذا الانثناء يساوى ما يحصل من تأثير كيلوجرام أو اثنين أو ثلاثة الخ كانت شدة القوة ١ و ٢ و ٣ الخ



ش ٩

ومن الديناموميتر ما يكون فيه الزنبلك شكلا حلزونيا يرتكز أحد أطرافه على القاعدة العليا ا

من

ش ١٠

من اسطوانة معدنية اب (شكل ١٠) منتهية بخطاف ء والطرف الآخر ينتهي بقرص مستو ب في مركزه ساق يمر من محور الاسطوانة والخزون وفي طرف هذا الساق حلقة يعلق منها الجهاز فبقدر شدة القوى المؤثرة في الخطاف يخرج من هذا الساق كمية

٣٠ — نسبة قوتين ثابتتين احداهما الى الاخرى — نسبة قوتين ثابتتين احداهما الى الاخرى كنسبة المعجلة التي تحدث من تأثير كل منهما في جسم واحد ولبيان ذلك نعتبر قوتين ق ، قَ لهما قياس مشترك هو قوة ف بحيث يكون ق = ن ف ، قَ = نَ ف فبهذا يكون $\frac{ق}{قَ} = \frac{ن}{نَ}$

فاذا أثرت القوة ف وحدها في الجسم أحدثت معجلة يمكن فرضها ء فاذا أثرت ن قوى معامساوية كل واحدة منهما ف كانت المعجلة أكبر أي مساوية ن ء حيث ان تأثير كل واحدة منها غير متعلق بالاخرى وكذا اذا أثر نَ قوى معامساوية كل واحدة منها ف فالمعجلة تكون نَ ف وحينئذ لو رمزنا للمعجلة التي تحدث من تأثير ق بالحرف هـ والتي تحدث من تأثير قَ بالحرف هـَ يكون هـ = ن ء ، هـَ = نَ ء ومن ذلك $\frac{هـ}{هـَ} = \frac{ن}{نَ}$ وباستعاضة $\frac{ق}{قَ}$ بما ساواه يحدث $\frac{ق}{قَ} = \frac{هـ}{هـَ}$

٣١ — الكتلة — المعادلة السابقة يمكن كتابتها هكذا $\frac{ق}{هـ} = \frac{قَ}{هـَ}$ ومن الواضح أنه لو أثرت قوة ثالثة قً في الجسم عينه لكانت نسبة هذه القوى الى معجلتها هي عين النسبة المتقدمة وحينئذ يكون بالنظر لجميع القوى المؤثرة في جسم واحد

$$\frac{ق}{هـ} = \frac{قَ}{هـَ} = \frac{قً}{هـً} \ldots \text{الخ} = ك$$

فالقيمة ك في هذه النسبة ثابتة وتسمى بكتلة الجسم وبالجملة يسمى بكتلة الجسم العدد الدال على النسبة بين قوة ما والمعجلة التي تحدث عنها

واذا اعتبرنا القوة التي تنشأ من تأثير الثقل في الجسم أي وزنه غير منظور الى القوى التي يمكن أن تؤثر فيه ورمزنا للمعجلة التي تنشأ عن هذا الوزن بالحرف ع يكون $\frac{و}{ع} = ك$ وحينئذ يمكن أن يسمى بكتلة الجسم نسبة وزنه الى المعجلة التي تحدث من سقوطه بتأثير الثقل وحده واذا فرضنا ك = واحدا يكون و = ع ومعنى ذلك أن الوحدة المستعملة لقياس الكتل هي كتلة جسم يكون وزنه في مكان معلوم معبرا عنه بوحدة الوزن والعدد الدال

على المعجلة فى هذا المكان معبر عنه بوحدة الطول فالمعجلة فى باريس مثلا ٩,٨٠٨٨ متر فوحدة الكتل تكون ككتلة جسم يزن فى باريس ٩,٨٠٨٨ كيلوجرام

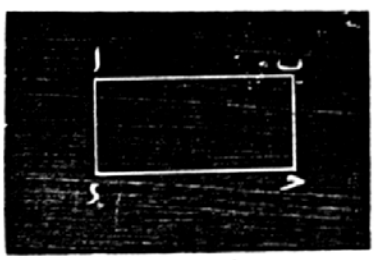
٢٢ — الحركة — الجسم المتحرك هو الذى يشغل مواقع متتابعة مختلفة كالزمن والنقط المتتابعة التى يشغلها الجسم المتحرك تسمى طريقه والعلاقة الكائنة بين المسافات المقطوعة فى هذا الطريق والازمنة التى قطعها فيها تسمى معادلة الحركة والحركة اما منتظمة أو متغيرة

٢٣ — الحركة المنتظمة — هى حركة بها يقطع الجسم فى الازمنة المتساوية مسافات متساوية مهما كانت هذه الازمنة وعلى ذلك يمكن معرفة المسافة التى يقطعها جسم متحرك بحركة منتظمة فى زمن ما بمعرفة المسافة التى يقطعها هذا الجسم فى زمن معلوم ويصير الجسم متحركا بحركة منتظمة متى منع عنه تأثير القوة المحركة له فيستمر فى حركته بقصوره الذاتى .

وتسمى المسافة التى يقطعها الجسم فى زمن مساو للوحدة سرعة الحركة المنتظمة ووحدة الزمن المستعملة فى الغالب هى الثانية وعلى ذلك فيستدل على السرعة بوحدة الطول وهى المتر اذا كان هو المستعمل لقياس الطول ومن البين أن المسافة التى يقطعها الجسم المتحرك بحركة منتظمة هى ما يقطعه هذا الجسم فى ثانية مضروبا فى عدد الثوانى التى قطع فيها هذه المسافة أى هى سرعته مضروبة فى الزمن واذا فعادلة قانون الحركة المنتظمة بعد الرمز للمسافة والسرعة والزمن على التعاقب بالحرف م و س و ن هى

$$م = س ن \quad \text{ومنها} \quad س = \frac{م}{ن} \quad , \quad ن = \frac{م}{س}$$

والاولى تسمى بمعادلة الحركة المنتظمة ومن هذه المعادلة يستنتج أنه لو أخذ حـ د (شكل ١١) للدلالة على الزمن أى خط يحتوى طوله على عدد من وحدات الطول بقدر ما يحتوى عليه الزمن المدلول عليه من وحدات الزمن وأخذ الخط ب حـ العمودى على حـ د للدلالة على السرعة كان مسطح المستطيل أ ب حـ د دالا على المسافة المقطوعة أى كان مسطح هذا المستطيل محتويا على عدد من وحدات السطوح بقدر ما فى المسافة المقطوعة من وحدات الطول



ش ١١

٢٤ — الحركة المتغيرة — يقال للحركة انها متغيرة متى كانت المسافات المقطوعة بالجسم المتحرك فى أزمنة متساوية مختلفة فحالة الحركة تتغير من لحظة الى أخرى وسرعة الحركة

المتغيرة

المتغيرة فى نقطة معينة هو الحد الذى ينتهى اليه نسبة المسافة الى الزمن الذى قطعت هذه المسافة فيه متى صغر هذا الزمن الى أن قارب الصفر ولبيان ذلك نعتبر مكانين على طريق جسم متحرك بحركة متغيرة ونفرض جسما ثانيا متحركا بحركة منتظمة يقطع المسافة بين المكانين المأخوذين على طريق الجسم الاول فى عين الزمن الذى يقطع فيه هذا الجسم تلك المسافة فمن البين أنه اذا تحرك الجسمان فى وقت واحد من مكان واحد فانهما يصلان الى المكان الثانى فى آن واحد كذلك وليس الامر كذلك فى وقت بين الابتداء والوصول فانهما حينئذ يكونين متباعدين فسرعة الحركة المنتظمة هذه تسمى بالسرعة المتوسطة للحركة المتغيرة فى الزمن المعتبر فاذا نقص هذا الزمن فان الاختلاف بين الحركة الحقيقية والحركة المنتظمة يأخذ فى النقصان واذا فرضنا أن الزمن أخذ فى النقصان الى الصفر فالسرعة المنتظمة المتوسطة تقرب الى قيمة نهائية هى سرعة الحركة المتغيرة فى النقطة المعينة

٣٥ — الحركة المنتظمة التغير — قد تتغير السرعة بكمية واحدة فى الازمنة المتساوية فتسمى منتظمة التغير وتسمى الحركة المنتظمة التغير منتظمة التقدم أو منتظمة القهقرة بحسب كون السرعة تزيد أو تنقص

وكمية تغير السرعة فى الثانية الواحدة أى فى وحدة الزمن تسمى بالمعجلة وتكون مماثلة للسرعة أو مخالفة لها بحسب كون الحركة منتظمة التقدم أو منتظمة القهقرة ففى المنتظمة التغير يكون ما يحصل من التغير مدة من الزمن متناسبا مع هذا الزمن

فاذا اعتبرنا متحركا ورمزنا لسرعته الابتدائية بالحرف ص أى لسرعته فى مبدا احتساب الزمن ن ورمزنا بالحرف هـ للمعجلة أى لتغير السرعة وهى كمية بها تتميز الحركة المتغيرة وبالحرف س للسرعة بعد مضى الزمن ن فيكون

$$س = ص \pm هـ ن \quad (١)$$

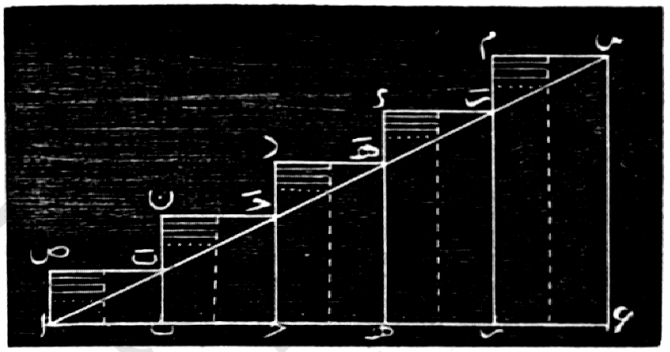
والعلامة (+) تقابل الحالة التى فيها الحركة متقدمة والعلامة (—) تقابل الحالة التى فيها تكون الحركة متقهقرة وفى هذه الحالة الاخيرة تنعدم السرعة متى صارت $ص = هـ ن$

وفى المعادلة (١) لو جعل $ص = ٠$ أى جعل مبدأ الحركة المتغيرة والجسم ساكن لصار

$$س = هـ ن \quad (٢)$$

ومن ذلك يتبين أن السرعة المكتسبة بعد زمن بجسم متحرك منتقل من السكون الى الحركة تكون متناسبة مع هذا الزمن

وفى الحركة المنتظمة التقدم تكون المسافة المقطوعة بجسم متحرك منتقل من السكون متناسبة مع مربع الزمن ودستور هذا القانون هو م = ½ هـ ن٢ وهذه معادلة يتوصل اليها بطرق رياضية وتتصور بطريقة (جليليه) وهى أن يؤخذ الطول اء (شكل ١٢) دلالة على الزمن والطول ء س عموديا على اء دلالة على السرعة فى انتهاء هذا الزمن ويقسم الزمن اء الى أجزاء صغيرة متساوية اب ، اح ، اهـ الخ فالسرعة المكتسبة بعد مضى الازمان المدلول عليها بالاطوال اب ، اح ، اهـ الخ تؤخذ من الاحداثيات الرأسية ب ت ، ح خ ، هـ ص الخ وهى متناسبة مع الزمن كما علمنا واذا فرضنا أن السرعة فى كل جزء من أجزاء الزمن تكون ثابتة ومساوية للتى لا تكون الا فى آخر جزء من أجزاء الزمن فالحركة تكون منتظمة والمسافات المقطوعة فى الازمنة اب ، اح ، اهـ تكون مدلولة بسطوح المستطيلات اب ت ص ، ب ح خ د الخ والمسافة المقطوعة فى الزمن اء بمجموع مسطحات سطوح هذه المستطيلات وهو مجموع يختلف عن مسطح المثلث القائم الزاوية اء س بكل ما هو خارج عن الوتر اس



ش ١٢

ويستفاد بسهولة أنه بتقسيم الزمن اء الى أجزاء أكثر عددا مما قسم اليه قبل يكون الفرق بين مسطح المثلث ومجموع مسطحات المستطيلات قليلا ويقل هذا الفرق كلما كثر عدد أقسام الزمن اء الى أن تصير أجزاء الزمن صغيرة جدا فيصير الفرق غير محسوس أى متى صار تغير السرعة مستمرا يكون سطح المثلث دلالة على المسافة المقطوعة فى الزمن اء ومسطح هذا السطح هو ½ اء × ء س وحيث ان اء = ن ، ء س = س (أى السرعة) وان اس = هـ ن تكون المسافة المقطوعة هى م = ½ ن هـ ن = ½ هـ ن٢ ويستدل على هذا الدستور أيضا بالكيفية الآتية وهى أن يفرض انقسام الزمن ن الى أجزاء متساوية تكون صغيرة جدا حتى أنه يمكن مع صغرها اعتبار السرعة ثابتة تقريبا مدة كل جزء من أجزاء الزمن د وأن تغيرها لا يحصل الا بين كل جزء من أجزاء الزمن وما يتبعه ولنفرض ى عدد هذه الاجزاء بحيث يكون ن = ى د فيمكن معرفة المسافات المقطوعة مدة أجزاء

الزمن

الزمن المتوالية بواسطة معادلة الحركة المنتظمة بشرط أن يضاف الى السرعة بين كل جزء من أجزاء الزمن وما يتلوه الزيادة الثابتة هـ د فيحصل

ل١ = ص د

ل٢ = (ص + هـ د) د

ل٣ = (ص + ٢ هـ د) د

ل٤ = (ص + ٣ هـ د) د

. . . . . .

ل ج = [ص + (ج — ١) هـ د] د

ومجموع ل١ + ل٢ + ل٣ + ل٤ + ... ل ج ليس شيأ آخر غير المسافة م المقطوعة فى الزمن ج د واذا يكون م = ص د + ص د + هـ د٢ + ص د + ٢ هـ د٢ + ص د + ٣ هـ د٢ + ... ص د + (ج — ١) هـ د٢ وبجمع حدود هذه المتوالية العددية يحدث

$$م = \frac{(ص د + ص د + (ج - ١) هـ د^٢) ج}{٢} = ج ص د + \frac{(ج د - د) ج د هـ}{٢}$$

$$= \frac{هـ}{٢} . ج د (ج د - د)$$

وحيث ان ج د = ن فاذا استبدل ج د بما ساواه يحدث م = $\frac{هـ}{٢}$. ن (ن — د) ومن هذه المعادلة يحصل على قيمة المسافة المقطوعة بالضبط كلما كانت قيمة د صغيرة جدا فاذا تناهت قيمة د فى الصغر حتى صارت معدومة كانت م = ص ن + $\frac{هـ}{٢}$ ن٢ وهى الدستور المراد استخراجه

٣٦ — الرافعة — يسمى بهذا الاسم كل قضيب ذو مقاومة خطى منحن أو مستقيم مرتكز على نقطة تمنعه عن الانتقال الكلى ولا تمنعه عن التحرك حولها والقوة التى تلزم لمنع هذا الجسم من الانتقال تستنتج مما تقدم ذكره فان كانت القوى المحركة متوازية واتجاهاتها واحدة وجب أن تكون مقاومة نقطة ارتكائها مساوية لمجموع القوتين وان كانت القوتان متوازيتين ولكنهما مختلفتا الاتجاه وجب أن تكون مقاومة نقطة الارتكاء مساوية للفرق بينهما ومتجهة فى اتجاه أصغرهما وان كانت القوتان مكونتين لزاوية كما فى (شكل ٨) وجب أن تكون مقاومة نقطة الارتكاء مساوية لمجموع القوتين المركبتين ب هـ و ب ءَ واذا لم يكن القصد الا منع حركة انتقال الرافعة فليس من المهم اختيار نقطة دون غيرها لارتكاء

الرافعة عليها وليس الامر كذلك اذا قصد منع حركة الانتقال وحركة الدوران معافى هذه الحالة يلزم اتكاء الرافعة على النقطة ح التى تمر بها محصلة القوى المحركة فبوضع نقطة اتكاء الرافعة فى نقطة ما من الخط بَ غير التى تمر منها المحصلة للقوى المحركة تمتنع حركة انتقال الرافعة ولا يمتنع دورانها

وموضع النقطة ح من الخط بَ يتعلق بنسبة عظم القوتين المتوازيتين بهَ و بَءَ ولتعيين هذه النقطة يلاحظ أن المثلثين دحب و بهَهَ متشابهان وكذا المثلثان دحَ و بَءَء واذن يكون

$$\frac{\text{هـهَ}}{\text{بـح}} = \frac{\text{بـهَ}}{\text{دَ دَ}} \quad , \quad \frac{\text{ءءَ}}{\text{بَح}} = \frac{\text{بَءَ}}{\text{دَ دَ}}$$

واذا لاحظنا أن ءءَ = هـهَ بالوضع وجعلنا بـهَ = ن ، بَءَ = نَ ، بـح = ل ، بَح = لَ يحدث

$$\frac{\text{ل}}{\text{هـهَ}} = \frac{\text{دَ دَ}}{\text{ن}} \quad , \quad \frac{\text{لَ}}{\text{هـهَ}} = \frac{\text{دَ دَ}}{\text{نَ}}$$

ومن الاولى يستخرج

$$\text{ل ن} = \text{هـهَ} \times \text{دَ دَ}$$

ومن الثانية يستخرج

$$\text{لَ نَ} = \text{هـهَ} \times \text{دَ دَ}$$

ومن هاتين الاخيرتين يحدث

$$\text{ل ن} = \text{لَ نَ}$$

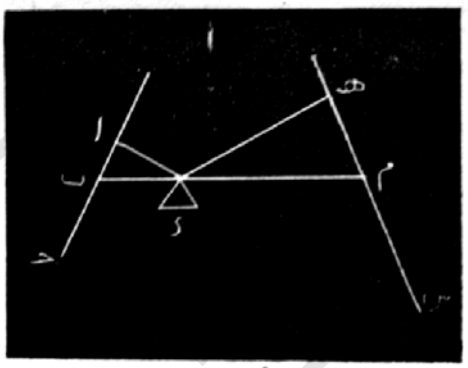
ومسافتا ل ، لَ اللتان بين نقطة استناد الرافعة ونقطتى ارتكاز القوتين تسميان بذراعى الرافعة وعلى ذلك يمكن الافصاح عن القانون الذى دلت عليه المعادلة الاخيرة بأن الرافعة المتأثرة بقوتين متوازيتين محركتين لها فى اتجاهين متضادين لا تكون فى حالة موازنة الا اذا كان حاصل ضرب أحد ذراعى الرافعة فى القوة المقابلة له يساوى حاصل ضرب الذراع الآخر فى القوة المقابلة له وبعبارة أخرى الا اذا كانت القوتان على النسبة العكسية من ذراعى الرافعة

ولا يصدق هذا القول الا اذا كانت القوى متوازية وكانت نقط ارتكازها ونقطة اتكاء الرافعة على خط مستقيم ولكنه يصير قانونا عموميا يصدق على الروافع المنحنية والمتعرجة المتأثرة بقوى متوازية وغير متوازية اذا اعتبرت عزة القوى فيصير منطوق هذا القانون أن

الرافعة

الرافعة المتاثرة بقوتين تحدثان فيها حركات دوران فى اتجاهين متضادين لا تصير متوازنة الا اذا كانت عزتا القوتين متساويتين

وعزة القوة اسم لحاصل ضرب القوة فى العمود الساقط من نقطة اتكاء الرافعة على الخط الدال على طريق القوة فحاصل ضرب القوة ب حـ (شكل ١٣) بالعمودى اء الساقط من ء التى هى نقطة اتكاء الرافعة على الخط حا وهو طريق القوة يسمى عزة القوة فتكون الرافعة فى توازن اذا كان حـ ب × اء = س م × هـ ء



ش ١٣

وجرى اصطلاح علماء الميخانيكا بتسمية احدى القوتين اللتين تميلان لأن تحدثا حركات فى اتجاهات متضادة موجبة والاخرى سالبة فتبعا لهذا الاصطلاح يكون منطوق قانون موازنة الروافع ان الرافعة يلزم لكونها فى موازنة أن يكون المجموع الجبرى لعزتى القوى معدوما وهذا المنطوق يصدق مهما كان عدد القوى وينبغى الدلالة على هذا القانون العمومى بهذه المعادلة الجبرية

ق ء + ق َ ء َ = ٠

ء َ و ء رمز للعمودين الساقطين من نقطة اتكاء الرافعة على طريقى القوتين ق و ق َ مع اعطاء احدى عزتى القوى علامة الزيادة والاخرى علامة النقصان

واذا لم يكن مجموع عزتى القوى معدوما فان الرافعة تتحرك فاذا فرضنا اختلال الموازنة بازدياد احدى القوتين ب َء (شكل ٨) فان الطرف ب َ للرافعة ينخفض الى أن يصير فى م مع كون الطرف ب يرتفع الى أن يصير فى د ونسبة القوتين ب َم و دم بعضهما الى بعض كنسبة ذراعى الرافعة المتقابلين حـ ب و حـ ب َ الى بعضهما وفى ذلك دلالة على ان انتقال نقطة ارتكاز القوى عند اختلال الموازنة يكون بسرع نسبة بعضها الى بعض كنسبة أذرع الرافعة المقابلة لها ولا تعود الموازنة الا اذا كانت القوى على النسبة العكسية من المسافات بينها وبين نقطة اتكاء الرافعة واذا فالقوة التى تلزم لاختلال الموازنة تكون على العكس من ذراع الرافعة المرتكزة هذه القوة فيه ويستنتج من ذلك أن القوى التى تؤثر فى الذراع الاطول تكون أصغر وأن السرعة التى بها يحصل انتقال نقطة ارتكاز هذه القوة تكون أكبر فالقوة اء المؤثرة فى الذراع القصير تكون عظيمة فعزمها ينوب عن السرعة الضعيفة التى تكسبها الحركة نقطة ارتكازها فاذا فرضنا أن فى نقطة م (شكل ٨) ثقلا

يراد رفعه وفى نقطة د يدا تضغط على ذراع الرافعة ففى هذا الوضع تكون القوة اللازمة لاحداث الموازنة صغيرة وتكون أصغر كلما كان ذراع الرافعة المتأثر بالقوة أطول من ذراع الرافعة المتأثر بالثقل فاذا حصل فى ضغط اليد ازدياد ارتفع الثقل ولكى يرتفع من م الى ن يلزم اليد أن تقطع المسافة من د الى ب ونسبة هذه الى المسافة م ن كنسبة ب ح الى ح ن واذا فرضنا أن الثقل موضوع فى ب واليد فى ن يلزم أن تكون نسبة قوة اليد الى الثقل كالنسبة بين الذراع ب ح و ح ن كى تحصل الموازنة واذا ازداد ضغط اليد ارتفع الثقل من ب الى د وانخفضت اليد من ن الى م وفى الحالتين يرى انه اذا وضع الثقل فى الذراع القصير فالقوة اللازمة لرفعه تكون أصغر من ثقله ولكن المسافة التى يقطعها هذا الجسم تكون أصغر من المسافة التى تقطعها اليد وبالعكس اذا وضع الثقل فى الذراع الطويل فرفعه يحتاج الى تأثير قوة أعظم من ثقله تؤثر فى الذراع القصير ولكن المسافة التى يقطعها الثقل تكون أطول من المسافة التى تقطعها نقطة ارتكاز القوة المؤثرة فى الذراع القصير ولذلك كان من القواعد الاساسية فى علم الميكانيكا أن ما يكتسب فى القوة يخسر فى المسافة وما يكتسب فى المسافة يخسر فى القوة

٣٧ - أنواع الروافع - الروافع ثلاثة أنواع بحسب وضع نقطة اتكاء الرافعة بالنسبة لنقطتى تأثير القوتين المؤثرتين فيها واحدى هاتين القوتين تميز باسم القوة لانها تحدث تحركا فاذا قيل قوة قصد بذلك السبب المحرك للرافعة والذراع الذى تؤثر فيه يسمى بذراع القوة والثانية تميز باسم المقاومة لانها تقاوم تأثير القوة الاولى والذراع الذى تؤثر فيه يسمى بذراع المقاومة فالذراع ب ح (شكل ٨) المتأثر باليد يسمى بذراع القوة لوقوع تأثير القوة وهى اليد فى طرفه ب والذراع ح ن يسمى بذراع المقاومة لان الثقل المؤثر فى ن يقاوم تأثير القوة فاذا كانت نقطة اتكاء الرافعة متوسطة أى بين نقطة ارتكاز القوة ونقطة تأثير المقاومة فالرافعة من النوع الاول ومثالها الميزان المعتاد وميزان القبان وبكرة البئر ونحو ذلك واذا كانت المقاومة بين نقطة اتكاء الرافعة ونقطة ارتكاز القوة فالرافعة من النوع الثانى ومثالها المنجل ومكسر البندق والمجداف وشبهها وفى هذه الرافعة تكون الفائدة للقوة لوقوع تأثيرها على ذراع أطول من الذراع المتأثر بالمقاومة

واذا كانت نقطة ارتكاز القوة بين نقطة اتكاء الرافعة ونقطة ارتكاز المقاومة فالرافعة من النوع الثالث ومثالها صمام الأمن فى الآلات البخارية والملقاط والخفت وفى هذه الرافعة يكون الرجحان للمقاومة لوقوع تأثيرها فى ذراع أطول من الذراع المتأثر بالقوة

وفى

وفى تركيب بنية الانسان أمثلة متعددة من الروافع غالبها من النوع الثالث فالعظام فى البنية هى الاعواد الصلبة والعضلات بمنزلة القوى والمفاصل بمنزلة نقط الارتكاز

فعظم زند الانسان عند انثناء الساعد على العضد رافعة من النوع الثالث نقطة اتكائها المرفق واليد هى المقاومة والعضلة العضدية ذات الرؤس الثلاثة المؤثرة فى الطرف العلوى لعظم الزند هى القوة وتحرك هذه الرافعة عسر لقرب نقطة الاتكاء من القوة ولذلك جعلت العضلة ذات ثلاثة رؤس لحمية لتكون بمنزلة ثلاث عضلات فتكون قوية وحركة انبساط الزند سريعة لانه رافعة طويلة نقطة اتكائها قريبة من مفصل المرفق

المقالة الثانية

مقدمة

٣٨ — طبيعة التثاقل — يسمى بالتثاقل القوة التى بها تميل الاجسام للسقوط نحو الارض

وسبب حركة الاجسام السماوية هو عين سبب سقوط الاجسام على سطح الارض فهذه القوة العمومية سبب حركة العالم تسمى بالجذب العام وبالتثاقل العام والتثاقل الارضى حالة خصوصية منه

ولا يتأتى نسبة التثاقل فى المادة ذات الوزن الى قوة فيها تتحرك بها المادة لان المادة قاصرة فلا يمكنها أن تتحرك بنفسها وانما هو بناء على الآراء الحديثة العهد نتيجة حركة ذرات الاثير المحيط بالمادة ذات الوزن من جميع الجهات وقرعها لها فى كل لحظة ومن الظاهر أنه اذا كان هذا القرع غير متماثل حول جزء أو جسم فان الجسم يتحرك فى اتجاه محصلة القرع الاكثر شدة وهذا يحصل متى تقابل الجسمان فان عدم تساوى شدة القرع الواقع على الجسمين يكون متجها بكيفية بها يحصل تقارب هذين الجسمين

ويؤثر التثاقل بشدة واحدة فى جميع الاجسام مهما كانت طبيعتها غير أن نتيجة هذا التأثير تختلف خصوصا باختلاف حالات المادة ولذلك نرى من الواجب تقسيم ظواهر التثاقل الى ثلاثة أقسام مقابلة لحالات الاجسام الثلاث موازنة الاجسام الصلبة وموازنة الاجسام السائلة وموازنة الاجسام الغازية