





DATE DUE

[illegible]



Princeton University Library



32101 073553537





في  
سُنَنِ اللَّهِ الْكُونِيَّةِ

---

تأليف

مُحَمَّدُ أَحْمَدُ الْغَمْرَاوِيُّ

المدرس بكلية الطب

والمتدب لتدريس علم سنن الله الكونية

بكلية أصول الدين

---

« حقوق الطبع محفوظة »

---

[ الطبعة الأولى ]

مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر

١٩٣٦ — ١٣٥٥





7V16





al-Ghamrāwī, Muḥammad Aḥmad

Fi sunan Allāh

في

# سُنَنُ اللَّهِ الْكُونِيَّةِ

تأليف

مُحَمَّدُ أَحْمَدُ الْغَمْرَاوِيُّ

المدرس بكلية الطب

والمتدب لتدريس علم سنن الله الكونية

بكلية أصول الدين

« حقوق الطبع محفوظة »

[ الطبعة الأولى ]

طبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر

١٣٥٥ — ١٩٣٦



(RECAP)

2269

37762

334

# فهرس الكتاب

صفحة

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| مقدمة الكتاب . . . . .                       | ٥   |
| تمهيد . . . . .                              | ١   |
| الباب الاول : العلم والدين . . . . .         | ٣   |
| » الثاني : المادة — تمهيد . . . . .          | ٢٣  |
| الفصل الأول : خواص المادة . . . . .          | ٢٦  |
| » الثاني : أحوال المادة . . . . .            | ٥٠  |
| » الثالث : تغير الحالة . . . . .             | ٦٠  |
| » الرابع : تغيرات المادة . . . . .           | ٧٦  |
| » الخامس : أنواع المادة . . . . .            | ٨٦  |
| » السادس : هل المادة أصلها واحد . . . . .    | ١٠٨ |
| الباب الثالث : الطاقة — مقدمة . . . . .      | ١١٧ |
| الفصل الأول : الحرارة . . . . .              | ١٢٠ |
| » الثاني : طرق انتقال الحرارة . . . . .      | ١٣١ |
| » الثالث : حرارة الماء . . . . .             | ١٤١ |
| » الرابع : السحاب والمطر والبرد . . . . .    | ١٥١ |
| » الخامس : الضوء . . . . .                   | ١٧٢ |
| » السادس : ضوء الشمس . . . . .               | ١٨٧ |
| » السابع : الآثار الكيميائية للضوء . . . . . | ٢٠٩ |

4-3-68

١٩٨٨





## مقدمة الكتاب

بسم الله ، والحمد لله ، والصلاة والسلام على سيدنا محمد خاتم رسل الله .

و بعد : فهذا الكتاب ثمرة تدريس علم سنن الله الكونية في السنة الأولى من قسم الوعظ والإرشاد بكلية أصول الدين . وعلم سنن الله الكونية هو العلوم الطبيعية مطبقة على الدين ، وإن لم يتسع الزمن طبعاً إلا لتدريس طرف يسير من تلك العلوم . وقد أصاب الأزهر كل الإصابة حين جمع بقدر الإمكان لطلبة الوعظ والإرشاد بين العلم والدين تحت هذا الاسم البليغ ، وإن كان قد بدا للأزهر بعدُ فحذف هذا العلم لما أعوزه الزمن فيما يظهر عند وضع البرامج الجديدة ، بدلاً من أن يزيد هذا العلم ثبوتاً بتعميمه في الأقسام العليا وتأسيس شبه معامل لتدريسه قد ترتقى بعد إلى معامل يكون لها وله في المستقبل شأن كبير .

إن العلم في الإسلام جزء من الدين ؛ ولن يستطاع تفسير جزء كبير من القرآن إلا بمعونة العلم الذي يبحث من أسرار الفطرة عما حث القرآن على البحث عنه . ولئن لم ينشأ في العالم الإسلامي جيل من العلماء يجمعون بين تقوى الله وفقه الدين وعلوم الفطرة فسيظل ذلك الشطر الكبير من القرآن بغير تفسير يليق به ، وستظل الدعوة إلى الله في هذا العصر العلمي محرومة من أمضى أسلحتها وأنجح وسائلها . وليس لإخراج هذا النوع من العلماء إلا الأزهر أو جامعة عليكرة أو جامعة بيت المقدس التي لا تزال في رحم الأيام . فعسى الله أن يخرج هذا النوع من علماء الدين على أيدي أي هذه الهيئات الإسلامية شاء ، أو على أيدي جميعها ، أو على



أيديها وأيدي غيرها من الهيئات الإسلامية ، فإن الحاجة شديدة ، والشقة بعيدة ،  
ورحمة الله واسعة ، وفضل الله عظيم .

وكيفما كان الأمر فإن هناك حقيقة باقية هي أن العلم لا يسيغه رجل الدين  
إلا إذا قدم له بروح الدين ، والدين لا يقبل عليه رجل العلم إلا إذا قدم له بروح  
العلم . وكلا الأمرين ميسور في الإسلام كل اليسر . ولست أقدم هذا الكتاب  
على أنه مثال لما ينبغي في هذا السبيل ، ولكن على أنه تجربة تشير إلى ما يمكن  
أن يكون . وقد كان في النية من زمن القيام بهذه التجربة على صورة لعلها  
أبعد عن النقص وأقرب إلى ما ينبغي ، غير أن هذه الرغبة في القرب مما  
ينبغي كانت مما يدعو إلى البطء في التنفيذ حتى قامت في العام الدراسي المنصرم  
ظروف تعليمية لم تدع محلاً للتسويق ، وجعلت سرعة التنفيذ آثر من التجويد .  
فكان هذا الكتاب نتيجة تلك الظروف : بعضه أُمِّلَ كانت أُمِّلَت على الطالبة  
طبعت كما هي أو ببعض تعديل ، وبعضه فصول كتبت أثناء الطبع . وكانت  
العجلة في التنفيذ سبباً في خلوه من الأشكال مع الحاجة في مثله إلى الأشكال  
التوضيحية . لكن المرجو مع هذا أن ينفع الله بهذا الكتاب مع طلبة الودع  
وإخوانهم من طلبة الأزهر غيرهم من القراء في مصر وغير مصر من جمهور المسلمين  
الذين يهمهم أمر الاتصال الوثيق بين العلم والدين . فإذا حقق الله هذا الرجاء  
وكتب لهذا الكتاب الانتشار فسيكون في طبعاته الآتية إن شاء الله أحفل  
بالأشكال وأنقى من العيب ، خصوصاً إذا تفضل قراؤه فأبلغوا المؤلف ما يعن لهم  
من نقد للكتاب .

والله أسأل أن يجعل عملنا خالصاً لوجهه ، وأن يهدينا أجمعين سواء السبيل .

محمد أحمم العمراوى



# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## تمهيد

سنن الله الكونية : هي النظم التي فطر الله عليها الخلق ، فكل ما اشتملت عليه هذه النظم وكل ما اتصل بطبائع الأشياء وخصائصها وعلاقات بعضها ببعض داخل في علم سنن الله الكونية . فهذا العلم هو علم الفطرة ، ويقابله في عرف الثقافة اليوم ما يسمونه بالعلوم الطبيعية أى علوم ما طبعت عليه الأشياء . فالعلوم الطبيعية وعلوم الفطرة وعلم سنن الله الكونية كلها بمعنى ، إلا أن هذا الاسم الأخير يمتاز من الاسمين قبله بتوكيده علاقة المخلوقات بخالقها ، والفطرة بفطرها فضلاً عن اشتراكه مع الاسمين الآخرين في توكيده طبائع المخلوقات نفسها . ففي العلوم الطبيعية يُبحث عن طبائع الأشياء حبا في الوقوف على حقيقتها من ناحية والانتفاع بها في الحياة من ناحية أخرى . أما في علم سنن الله الكونية فيبحث عن طبائع الأشياء من الناحيتين السالفتين وأيضاً من ناحية دلالة هذه الأشياء وطبائعها على فاطر الكون . لذلك كان جزءاً مهماً من علم سنن الله الكونية تطبيق ماورد متعلقاً بموضوعه من آيات وأحاديث على ما كشفه العلم من الحقائق في موضوع تلك الآيات والأحاديث . فكان علم سنن الله الكونية إذا فهم على إطلاقه يشمل المعلوم من العلوم الطبيعية كلها ، من طبيعة وكيمياء وطب وحيوان ونبات وفلك ونفس الخ ، بل يذهب إلى ما وراء ذلك ويشمل ما يمكن أن ينشأ في المستقبل من علوم لا يعرفها الإنسان اليوم .

وفي الحق أن العلوم الطبيعية هي في الحقيقة أجزاء من علم واحد شامل هو



علم الفطرة أو علم سنن الله الكونية ، وإنما تعددت العلوم الطبيعية لأن الإنسان وجد من مصالحته ، إذ عجز عن طلب الكل طفرة ، أن يطلبه جزءاً جزءاً وأن يتطلب دراسة المخلوقات وطبائعها نوعاً نوعاً وجنساً جنساً ، وأن يختص بدراسة طبائع كل نوع أو جنس فريق من الناس ، وما يصلون إليه من الحقائق مع ما يكون لهم من آراء متعلّقة بتلك الحقائق يسمونه علماً وينسبونه إلى الجنس أو النوع الذى درسوه ، فهناك مثلاً علم النبات وعلم الحيوان الخ ، كما أن هناك علم النفس نفس الإنسان . وهذه العلوم إذا تمت وتبينت العلاقات بينها وضم بعضها إلى بعض كونت كلاً مترابط الأجزاء وكون مجموعها علماً واحداً شاملاً هو علم الفطرة . والعلم فى حالته الحاضرة مقتصر على دراسة المخلوقات نفسها ، لكن هذه الدراسة ستفضى به حتماً ، إن قريباً وإن بعيداً ، إلى دراستها من ناحية دلالتها على الخالق سبحانه . لكن لا حاجة بالإنسان إلى انتظار حدوث هذا قبل أن يطابق بين حقائق العلم وما يقابلها من نصوص الدين ما دامت تلك الحقائق وهذه النصوص معروفة ، وما دام الإنسان سيراغى فى هذه المطابقة الضرورية كل ما ينبغى فى مثلها من الحذر والتدقيق . فإذا تم للإنسان هذا الجمع بين العلم والدين تم ما يصح أن يسمى بعلم سنن الله الكونية ، واستطاع الإنسان أن يدرس العلم بروح العبادة من غير أن يضجى بشىء من دقة العلم ، وأن يدرس الدين ويطبقه بروح العلم من غير أن يضجى بشىء من عبادة الدين ، وهنالك يتم للإنسان الاتحاد بين عقله وقلبه ، بين علمه ودينه ، وهذا شىء ممكن تماماً فى الإسلام .

# الباب الاول

## العلم والدين

يظن بعض من لا خبرة له بالعلم أو بالدين الإسلامى أو بكليهما أن هذه العلوم المسماة بالعلوم الطبيعية والتي يصح تسميتها بعلوم الفطرة علوم مستحدثة وأنها غريبة عن الدين ، وأن من الجائز وجود تناقض بين **مقائرها ومقائمه** . لكن ظنهم هذا باطل ، لأن هذه العلوم الطبيعية هى فى الواقع علوم إسلامية لأنها فى الواقع علوم قرآنية : قرآنية فى موضوعها ، قرآنية فى طريقها ، بل قرآنية فى اسمها لأن مادة (علم) بهذا المعنى الطبيعى المعروف واردة أيضاً فى القرآن .

فأما ورود مادة « علم » فى القرآن الكريم بمعنى العلم الكونى الذى يسمى الآن بالعلم الطبيعى فذلك نراه فى القرآن فى أكثر من آية . ففي سورة الأنعام وردت آيات كثيرة موضوعها الحث على طلب هذا العلم بآيات الله فى الكون نذكر منها قوله تعالى : ( وهو الذى جعل لكم النجوم لتهتدوا بها فى ظلمات البر والبحر ، قد فصلنا الآيات لقوم **يعلمونه** ) . كذلك وردت آيات عدة فى سورة الروم نذكر منها قوله تعالى : ( ومن آياته خلق السموات والأرض واختلاف ألسنتكم وألوانكم ؛ إن فى ذلك لآيات **للعالمين** ) . كذلك فى سورة فاطر آيات كونية نذكر منها قوله تعالى : ( ألم تر أن الله أنزل من السماء ماء فأخرجنا به ثمرات مختلفا ألوانها ، ومن الجبال جُدَدٌ بيضٌ وحمرٌ مختلف ألوانها وغرايبٌ سود . ومن الناس والدواب والأنعام مختلف ألوانه كذلك ؛ إنما يخشى الله من عباده **العلماء** ، إن الله عزيزٌ غفور ) . وواضح من السياق أن المراد بالعلماء هنا هم



العالون بالآيات وأسرار الخلق التى أودعها الله سبحانه فيما أشارت إليه هذه الآيات الكريمة . هؤلاء العلماء إذا كانوا مؤمنين حملهم علمهم بأسرار الفطرة على خشية الله فاطر الفطرة لأنهم يكونون بعلمهم أبصر بعظمة الله سبحانه وجلاله وقدرته المتجلىة فى آيات صنعه . وهذا فى الواقع هو الحكمة الكبرى التى من أجلها أمر الله الإنسان فى كثير من آيات القرآن بالنظر فيما خلق الله فى السموات والأرض من خلق . وهناك طبعاً إلى هذه الحكمة الكبرى حكم أخرى هى ما يتبع طلب هذه العلوم الكونية من منافع مادية دنيوية آتية من استخدام حقائق العلم فى شؤون الإنسان ، كالانتفاع مثلاً بخواص الكهرباء والبخار والحديد فى هذه القطارات والسفن البخارية وهذه المركبات والمصاييح الكهربائية . والحكم كلها مرادة لله سبحانه حين أمر الإنسان بالنظر فى ملكوت السموات والأرض ، إلا أن الحكمة الأولى حكمة خشية الله المشار إليها فى ( إنما يخشى الله من عباده العلماء ) هى الحكمة الكبرى ؛ إذ عبادة الله وخشيته هى الغاية الأولى والآخرة من وجود الإنسان .

### العلم قرآنى بموضوعه : وأما قرآنية موضوع هذه العلوم الطبيعية فذلك

واضح من الآيات السابق ذكرها ومما لا يتيسر الآن ذكره من نحو خمس آيات القرآن وإن تيسر ذكر بعضه ، مثل قوله تعالى من سورة النحل : ( وإن لكم فى الأنعام لعبرة ، نستقيكم مما فى بطونه من بين فرث ودم لبناً خالصاً سائغاً للشاربين . ومن ثمرات النخيل والأعناب تتخذون منه سكراً ورزقاً حسناً ، إن فى ذلك لآية لقوم يعقلون . وأوحى ربك إلى النحل أن اتخذى من الجبال بيوتاً ومن الشجر ومما يعرشون . ثم كلى من كل الثمرات فاسلكى سبل ربك ذللاً ، يخرج من بطونها شراب مختلف ألوانه فيه شفاء للناس ؛ إن فى ذلك لآية لقوم يتفكرون . والله خلقكم ثم يتوفاكم ، ومنكم من يردُّ إلى أرذل العمر لى لا يعلم بعد علم



شيئاً ، إن الله عليم قدير ) . ومثل قوله تعالى من سورة الجاثية : ( الله الذي سخر لكم البحر لتجرى الفلك فيه بأمره ولتبتغوا من فضله ولعلكم تشكرون . وسخر لكم ما فى السموات وما فى الأرض جميعاً منه ، إن فى ذلك لآيات لقوم يفتكرون ) . فموضوع هذه الآيات الكريمة ، ما ذكر منها وما لم يذكر ، هو نفس موضوع العلم الطبيعى بأوسع معانيه ، ما عرف الإنسان منه وما سيعرفه . فالعلم الطبيعى كما قلنا يبحث عن الأشياء الكونية طبائعها وخواصها والعلاقات بينها ثم عن حقيقتها إن أمكن ، أى عن آيات الله المودعة فى هذه الأشياء . ففى آية فاطر مثلاً لا يعرف سر نزول الماء من السماء إلا بعلم الطبيعة ، ولا يعرف تركيب الماء وخواصه إلا بعلم الكيمياء ، ولا يعرف الإنبات والإثمار وأثر الماء فيهما إلا بعلم النبات ، ولا يعرف ما الجبال ولا ما طرائقها البيض والجر والسود إلا بعلم طبقات الأرض ، ولا يعرف اختلاف أجناس الناس والدواب والأنعام إلا بعلم أصل الشعوب والحيوان الخ . وعلى هذه الآية فقس غيرها . فهذه العلوم الطبيعية ليست قرآنية الموضوع فقط بل هى لا بد منها لتفسير الآيات الكونية فى القرآن .

العلم قرآنى بطريقته : أما إن طريقة العلم فى طلب أسرار الفطرة هى نفس

الطريقة التى أمر بها القرآن فيتبين مما يأتى : —

أولاً : أن العلم لا يقول عن شىء إنه حق إلا إذا قام عليه البرهان اليقينى القاطع . والقرآن الكريم يأمر كذلك بالأى يقبل الإنسان شيئاً على أنه حق إلا إذا قام عليه البرهان ؛ يتبين ذلك من مثل قوله تعالى : ( وقالوا لن يدخل الجنة إلا من كان هوداً أو نصارى ، تلك أمانتهم ، قل هاتوا برهانكم إن كنتم صادقين ) وقوله تعالى : ( سيقول الذين أشركوا لو شاء الله ما أشركنا ولا آباؤنا ولا حرمنا من



شئ ، كذلك كذب الذين من قبلهم حتى ذاقوا بأسنا ، قل هل عندكم من علم فتخرجوه لنا ؟ إن تتبعون إلا الظن وإن أنتم إلا تخرصون ) . والعلم هنا هو الحق اليقيني القائم الثابت بالحجة القاطعة بدليل عيبه عليهم إنزالهم الظن والتخمين منزلة الحجة واليقين في قوله تعالى : ( إن تتبعون إلا الظن وإن أنتم إلا تخرصون )

**ثانياً :** أن العلم يحاذر كل المحاذرة أن يجعل يقينياً ما ليس بيقيني ، وأن ينزل الظن منزلة اليقين ، أو أن ينزل الفرض والتخمين منزلة الظن والترجيح . فهو يقيس مقدار اقتراب القضية من الحق بمقدار متانة الحجة التي تشهد للقضية ، فإذا كانت الحجة قاطعة فالقضية حق ، وإذا كانت غير قاطعة فالقضية ظن ، ويسمى العلم في هذه الحالة نظرية إذا كانت أرجحيتها كبيرة ؛ إذ من الواضح أن هناك في الرجحان مراتب بعضها أرق من بعض . أما إذا تساوى ما يشهد للقضية وما يشهد عليها ، فتلك هي القضية المجهولة التي وقعت موقعاً وسطاً بين الحق والباطل لا يُدرى إلى أيهما هي أقرب . وأمثال هذه القضية وما قبلها من القضايا الواقعة في منطقة الرجحان ، قل حظها من الرجحان أو أكثر ، هي موضع النظر العلمي والبحث ، لا يزال العلم يبحث عنها ويمحصها حتى ينتهي فيها إلى حكم قاطع فيلحقها إما بالحق اليقيني وإما بالباطل اليقيني . وهذا التفريق من العلم في المنزلة بين ما هو حق وما هو راجح وما هو دون الراجح يتفق تماماً مع روح القرآن الكريم في النظر ، ومع طريقته المتجلية في القرآن الكريم كله ، خصوصاً تلك الآيات منه التي من قبيل ما ذكر تحت **أورد** ، مثل قوله تعالى من سورة النجم : ( أفرايتم اللات والعزى ، ومناة الثالثة الأخرى ؟ ألكم الذكر وله الأنثى ؟ تلك إذن قسمة ضيزى . إن هي إلا أسماء سميتموها أنتم وآباؤكم ما أنزل الله بها من سلطان ؛ إن يتبعون إلا الظن وما تهوى الأنفس ، ولقد جاءهم من ربهم الهدى ) . ومثل قوله تعالى من سورة الجاثية : ( وقالوا ما هي إلا حياتنا الدنيا نموت ونحيا وما يهلكنا إلا



الدهر ، وما لهم بذلك من علم إن هم إلا يظنون ) ، وقوله تعالى من سورة يونس :  
( وما يتبع أكثرهم إلا ظنًّا ، إن الظن لا يغنى من الحق شيئًا ، إن الله عليم بما  
يفعلون ) .

نألفنا : وهو ملتحق بالأصلين السابقين ، أن العلم يمنع التقليد في النظر من غير  
وقوف على الدليل واقتناع به ، والعلم الحديث يخالف العلم قديماً في هذا ، لأن العلماء  
قديماً ، خصوصاً في القرون الوسطى ، كانوا كثيراً ما يقنعون في الاستدلال على الصحة  
أو البطلان بإثبات أن القضية توافق أو تخالف رأى فلان أو إعلان من المشاهير ،  
فكان ما ثبت عن أرسطو مثلاً يتخذ حجة قاطعة في موضوعه من غير أن ينظر  
في رأى أرسطو هذا في ذاته ، ومن غير أن يسأل ما دليل أرسطو . وكان هذا  
منبع شركبير ، ولعله كان سبب كثير من الشبه الكلامية التي قامت بين علماء  
المسلمين ، بعد أن ترجمت كتب اليونان في العصر العباسي ، فيما يتعلق بالعلاقة بين  
الشريعة وما كانوا يسمونه الحكمة ، يريدون بالحكمة غالباً ما أخذوه عن حكماء  
اليونان مثل أفلاطون وأرسطو وأضرابهما ، حتى جاء أمثال الغزالي من المسلمين  
فوضعوا الأمر في نصابه .

والعلم في منعه التقليد الأعمى يتفق تمام الاتفاق مع القرآن الكريم الذي  
شدد النكير على أناس كانوا يستمسكون بالرأى ، لا لأنهم عقلوه ولكن لأن  
آباءهم فعلوه . ترى ذلك من مثل قوله تعالى من سورة البقرة : ( وإذا قيل لهم اتبعوا  
ما أنزل الله قالوا بل نتبع ما ألفينا عليه آباءنا ، أولو كان آبؤهم لا يعقلون شيئاً  
ولا يهتدون ) ، وقوله تعالى من سورة المائدة : ( وإذا قيل لهم تعالوا إلى ما أنزل الله  
وإلى الرسول قالوا حسبنا ما وجدنا عليه آباءنا ، أولو كان آبؤهم لا يعلمون شيئاً  
ولا يهتدون ) ، أو قوله تعالى من سورة الزخرف : ( بل قالوا إنا وجدنا آباءنا على أمة  
وإنا على آثارهم مهتدون . وكذلك ما أرسلنا من قبلك في قرية من نذير إلا قال



مترفوها إنا وجدنا آباءنا على أمة وإنا على آثارهم مقتدون . قال أولو جئتكم بأهدى مما وجدتم عليه آباءكم ؟ قالوا إنا بما أرسلتم به كافرون . فانتقمنا منهم ، فانظر كيف كان عاقبة المكذبين ) . فالتقليد الأعمى ، أى الأخذ بالرأى من غير دليل أو رغم الدليل متابعة لزيد أو لبكر من الناس ، محرم على أهل النظر فى حكم العلم وفى حكم القرآن .

والأصل الجامع : لذلك كله فى العلم وفى الدين هو تحكيم العقل فى كل ما يعرض للإنسان من أمر . والمراد بالعقل ليس هو العقل الخاص عقل الفرد ولكن العقل العام أو العقل المطلق الذى ضبطت قوانين تفكيره عن طريق الاستقراء وأودعت ما يسمى بعلم المنطق . هذا العقل هو الحكم فى العلم وهو الحكم فى الدين . فالقرآن دائماً يحاكم إلى العقل وينعى على من لا يستعمله . بل إن العقل قد أكبره الإسلام إكباراً دونه أى إكبار ، حتى لقد أوجب الشرع تأويل النص إلى ما يوافق العقل إذا كان ظاهر النص يناقض ما ثبت قطعياً بالعقل . وكلمة « قطعياً » هنا مهمة ، فلا يجوز تأويل النص من أجل ما هو راجح عند العقل ، لأن العقل نفسه يميز بطلان ذلك الراجح فلا حكمة هناك إذن فى تأويل النص الشرعى من أجل ما قد ثبت المستقبل أنه من الباطل . والأمثلة التى ضربت فى الشرع لوجوب التأويل كلها من باب قوله تعالى : ( يد الله فوق أيديهم ) فإن نسبة الجراحة إلى الله تعالى محال فوجب تأويل الآية عن ظاهرها إلى معنى من المعانى المجازية اللائقة به تعالى ؛ فأولوا اليد إلى القدرة . لكن من الممكن أن يقال إن هذا النوع من التأويل غير لازم عند النظر فى الآيات الكونية القرآنية . بل كثيراً ما يكون المعنى الحرفى للآية الكريمة هو المنطبق على ما ثبت عند العلم بالبرهان .

رابعاً : أن العلم فى تطبيقه قوانين التفكير المجموعة فى علم المنطق القياسى

يتخذ أصليْن اثنين يبنى عليهما : —



**الردول :** أنه لا تناقض مطلقاً بين الحقائق . فليس من الممكن أن ينقض حق حقاً ، وما ينقض حقاً إذن فهو باطل . وهذا يصح أن يسمى بأصل توافق الحقائق .

**الثاني :** أصل اطراد الفطرة . فما ثبت أنه حق في وقت ما سيكون دائماً حقاً ، أو بعبارة أخرى أن الحق مستقل عن الزمان والمكان .

وليس عند العلم برهان على هذين الأصلين إلا تجاربه الماضية ، فإنه لم يشاهد مطلقاً أن قضية حقيقية نقضت أخرى حقيقية . أى لم يشاهد مطلقاً تناقضاً بين حقائق العلم سواء اكتشفت تلك الحقائق في الماضي أم في الحاضر ، في الأرض أم في كوكب من الكواكب ، بل كثير من حقائق العلم إنما استنتج بناء على هذين الأصلين : أصل اتساق الحقائق أو امتناع التناقض بينها ، وأصل اطراد الفطرة ، وكانت التجربة دائماً تؤيد الاستنتاج . بل من الواضح أن العلم يصبح مستحيل الوجود ومستحيل النمو لو انهار أحد هذين الأصلين أو كلاهما . وهذا سبب آخر يجعل العلم يستمسك بهذين الأصلين محافظة على وجود نفسه ، وإن عجز العلم عن إقامة الدليل على صحتها فيما يتعلق بالمستقبل .

هذان الأصلان اللذان يستمسك العلم بهما هذا الاستمسك هما أصلان قرآنيان أكدهما منزل القرآن سبحانه كل التأكيد ، وهو سبحانه أعلم بما خلق . فأصل اطراد الفطرة ثابت قرآنياً من مثل آية الأحزاب : ( سنة الله في الذين خلوا من قبل ولن تجد لسنة الله تبديلاً ) ، أو آية فاطر : ( فهل ينظرون إلا أن تأتيهم سنة الأولين ؟ فلن تجد لسنة الله تبديلاً ولن تجد لسنة الله تحويلاً ) ، وآية الروم : ( فأقم وجهك للدين حنيفاً ، فطرة الله التي فطر الناس عليها ، لا تبديل لخلق الله ) . فهذه آيات صريحة في اطراد الفطرة وبقاء سنن الله فيها على الزمان كله من غير تحويل ولا تبديل . والفطرة وسننها هنا تشمل كل ما وجد في ملكوت الله ، سواء في ذلك ما تعلق بغير الإنسان من جماد ونبات وحيوان أو ما تعلق بالإنسان من



ناحية النفس والروح في الفرد والجماعة مما لم يرتق العلم إليه إلى الآن .  
أما أصل توافق الحقائق أو استحالة تناقضها فتأبث قرآنيًا من الآيات السابقة ،  
لأن تناقض الحقائق يستلزم تناقض الفطرة ، ويزداد ثبوتًا بقوله تعالى من  
سورة تبارك ( ما ترى في خلق الرحمن من تفاوت ) ، فإن التناقض هو أكبر التفاوت ،  
فإذا ما انتفى التفاوت في خلق الله لزم أن ينتفى التناقض في خلق الله أيضًا .

**فأما : أصل المأهدة :** عرفنا أن العلم في بحثه عن الحقيقة يسلك سبيل  
العقل فلا يعتبر حقا إلا ما قام البرهان على أنه حق . فالعلم دائب البحث إذن عن  
البراهين التي تثبت حقائق الأشياء . هذه البراهين عرفنا من أنواعها النوع  
القياسي ، أى الذى يتوصل إليه بالقياس الصحيح . لكن القياس الصحيح إنما  
يؤدى إلى نتيجة صحيحة إذا صحت المقدمتان كلتها . أما إذا كانت إحداها  
باطلة أو مشكوكا فيها فإن النتيجة يصيبها من البطلان أو الشك مثل ذلك وإن  
صحت طريقة الاستنتاج . وبعبارة أخرى يلزم لصحة النتائج شرطان : صحة المقدمات  
كلها ، وصحة طريقة الاستنتاج التى هى نفس القياس . أما صحة طريقة الاستنتاج فقد  
تكفل بها المنطق القياسى ، لكن المقدمات ما شأنها وما طريق التثبت من صحتها ؟  
كثير من المقدمات ناتج عن طريق القياس من مقدمات أولية بدهية الصحة  
لا يختلف في صحتها العقلاء ويصلون إليها مستقلا بعضهم عن بعض . وعلم الهندسة  
النظرية على تعقد نظرياته مستنتج كله من أمثال هذه البديهيات . لكن ليس  
كل المقدمات يمكن رده إلى بدهيات كهذه عند إثبات صحتها . ولا بد إذن في  
إثبات صحة هذا النوع الثانى من طريق آخر غير طريق الاستنتاج من البدهيات ،  
هذا الطريق الآخر هو طريق المشاهدة الصحيحة . وهو الطريق الذى سلكه  
إلى حد ما العلم قديما ، ويسلكه دائما العلم حديثا حتى صار طابعه الذى طبع به ،  
وميزته التى أمتاز بها .



هذه المشاهدة العلمية تستعمل فيها الحواس خصوصاً السمع والبصر لكن بشرط تربيتها وتدريبها من ناحية ، وإعانتها على دقة الملاحظة بالآلات الدقيقة من ناحية أخرى . هذه الآلات هي في الواقع وسائل هدى الله إليها الإنسان ليزيد في مدى حسه ، فيزيد في مدى إبصاره مثلاً بالمجاهر أو ( الميكروسكوبات ) التي يستطيع الإنسان بها أن يرى من الأجسام ما صغر حتى دق عن أن تبصره العين المجردة ، كالجراثيم وكرات الدم وخلايا الأجسام الحية — أو يزيد في مدى إبصاره بالمراقب « التليسكوبات » التي تقرب للإنسان الأجسام البعيدة فيرى منها ما لم يكن يراه من قبل . فأما المجاهر فتستعمل كثيراً في المعامل ، وأما المراقب فتستعمل غالباً في المراسد .

هذا الأصل أصل المشاهدة الصحيحة هو إذن الطريق الثاني الذي يسلكه العلم الطبيعي للوصول إلى مقدمات صحيحة ، ولولا ما اتسعت العلوم الطبيعية هذا الاتساع ولا نمت هذا النمو ولا كشفت ما كشفت من أسرار الخلق . فالمشاهدة أصل علمي عظيم وهي أيضاً أصل قرآني عظيم ، فإن الآيات التي تأمر بالمشاهدة واستعمال السمع والبصر والعقل كثيرة في القرآن نذكر منها ما يأتي : —

### ( ١ ) استعمال البصر مع العقل : ( قل سيرا في الأرض فانظروا كيف

بدأ الخلق ) العنكبوت ؛ ( أو لم يروا إلى الطير فوقهم صافات ويقبضن ) تبارك ؛ ( أفلا ينظرون إلى الإبل كيف خلقت ، وإلى السماء كيف رفعت ؟ الآيات ) الغاشية .

### ( ٢ ) استعمال السمع مع العقل : ( أفلم يسيروا في الأرض فتكون لهم

قلوب يعقلون بها أو آذان يسمعون بها ؟ ) — الحج .

### ( ٣ ) استعمال السمع والبصر مع العقل : ( ولقد ذرأنا لجهنم كثيراً من

الجن والإنس لهم قلوب لا يفقهون بها ، ولهم أعين لا يبصرون بها ، ولهم آذان لا يسمعون بها ، أولئك كالأنعام بل هم أضل ، أولئك هم الغافلون ) الأعراف .



(والله أخرجكم من بطون أمهاتكم لا تعلمون شيئاً ، وجعل لكم السمع والأبصار والأفئدة لعلكم تشكرون) — النحل .  
(ولا تقف ما ليس لك به علم ، إن السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسئولا) — الإسراء .

#### (٤) استعمال جميع وسائل المناهضة مع العقل : (أو لم ينظروا في

ملكوت السموات والأرض وما خاق الله من شيء) الأعراف .  
فهذه الآيات القرآنية الكريمة تحض الإنسان على استعمال العقل والسمع والبصر وما إليها من طرق المشاهدة الصحيحة بجميع أساليب الحض ، ثم هي مع ذلك تؤدبه من حيث استعمال هذه المواهب على وجهها الصحيح . فآية (ولا تقف ما ليس لك به علم الآية) تنهاه من ناحية أن يجرى مع الوهم أو الظن ، وتدله من ناحية أخرى على طريق الوصول إلى ما ليس بوهم ولا ظن أى إلى اليقين والحق عن طريق إحسان استعمال السمع والبصر والعقل (إن السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسئولا) . وفى قوله سبحانه (كل أولئك كان عنه مسئولا) ليس فقط أمر شديد بإحسان استعمال البصر والسمع والعقل وعدم إهمالها ، بل فيه أيضاً أمر بالاستمسك بما يهتدى إليه الإنسان من الحق عن طريقها . ففى هذه الآية وحدها ثلاثة أصول هى جماع أصول النظر العلمى : —

الأول : ألا يتبع الإنسان إلا الحق المعلوم يقيناً (ولا تقف ما ليس لك به علم)

الثانى : أن طريق الوصول إلى هذا الحق

هو المشاهدة الصحيحة والتفكير الصحيح .

الثالث : أن على الإنسان أن يستمسك

بما يصل إليه من الحق عن طريق هذه المشاهدة

والتفكير الصحيحين .

(إن السمع والبصر والفؤاد كل

أولئك كان عنه مسئولا)



على أن علم الإنسان كله مصدره العقل والمشاهدة الصحيحة . بل إن العقل لا يقوى ولا ينو إلا عن طريق التجارب والملاحظات . فلو أخذ طفل وحبس عن العالم إلا فيما يكفي لحياته من طعام وشراب ، فإنه وإن نما جسمه حتى يبلغ جسم الرجال لا ينمو عقله عن عقل الطفولة . بهذا يقول علماء التربية ، وإلى هذا تشير الآية الكريمة ( والله أخرجكم من بطون أمهاتكم لا تعلمون شيئاً ، وجعل لكم السمع والأبصار والأفئدة لعلكم تشكرون ) ، فإن هذه الآية تسكاد تكون صريحة في أن ما يحصله الإنسان من علم بعد أن يولد إنما يكسبه عن طريق السمع والبصر والعقل .

### مقارنة بين العلم القديم والعلم الحديث : وأصل المشاهدة الصحيحة هذا هو

من أعم الفروق بين العلم الحديث والعلم القديم ، فإن القدماء كانوا في جملتهم يعتقدون أن من الممكن أن يصل الإنسان إلى ما يشاء من علم عن طريق العقل وحده . أى لم يكونوا يقولون بضرورة المشاهدة لحصول العلم ، بل منهم من كان يرى أن المشاهدة تضل العقل لأن الحواس غير مأمونة في أثنائها ، ترى الشيء صغيراً كالنجم مثلاً وهو كبير . لذلك كانوا كثيراً ما يكتفون في طاب العلم وأسرار الفطرة بالجلوس والتفكير ، فكانوا يصلون إلى قضايا كلية يزعمون أنها حقائق ، ولما يقيم عليها دليل . إنما كان دليلهم فروضاً يفترضونها يرونها حقاً ويركنون إليها في الإثبات ؛ ففيثاغورث مثلاً يقول عن الكون إنه متفرد كامل كروى لأن الكرة أكمل الأشكال ، وإنه حى عاقل لأن ما هو حى وعاقل خير مما ليس بحى ولا عاقل . فمثل هذا النوع من الاستنتاج الخيالى غير المرتكز على حقائق يقينية ينكره العلم الحديث كما ينكره القرآن . ومن هنا وقع قدماء الفلاسفة من اليونان في أغلاط كثيرة من حيث لا يشعرون ، كقولهم إن للأجرام السماوية في أفلاكها تغات يطرب لها من يسمعها وإن لهذه الأجرام أثراً كبيراً فيما يصيب الإنسان من



محس أو سعود . وقد سقط كثير من المسلمين في نفس هذه الأغلاط حين أخذوا علم اليونان كله على أنه حق من غير أن يطيعوا الله فيه فيمحصوه ، ومن غير أن يردوه إلى القرآن . بل بلغ بهم الأمر أنهم كانوا يردون القرآن إليه ، كقول إخوان الصفا : إن إدريس عليه السلام هو هرمس الثالث بالحكمة ، صفت نفسه فصعدت إلى السماء وطافت مع بعض أجرامها ثلاثين عاماً ، وشاهدت من العجائب ما لا يشاهده إلا من يطوف ذلك الطواف ، وأن إلى هذا في زعمهم يشير القرآن الكريم في قوله تعالى : ( ورفعناه مكاناً علياً ) . وهذا نوع من فهم القرآن لا يميزه القرآن كما رأيت ولا العقل . ولعلنا لو بحثنا في تاريخ الفلسفة الإسلامية ، وما كان بين علماء المسلمين من خلافات كلامية لوجدنا أكثر هذه الخلافات إن لم يكن كلها راجعاً إلى قضايا فلسفية أخذها المسلمون عن اليونان من غير تمحيص .

كان قدماء الفلاسفة إذن يرون العقل مصدراً للحقائق مستغنياً بذاته عن المشاهدة ، أما محدثوهم فيرونه وسيلة . أما الحقائق نفسها عند العلم الحديث فهي خارج النفس ، خارج العقل . كان القدماء لا يرون امتحان الأشياء نفسها ضرورياً لطلب الحقيقة ، أما المحدثون فلا يرون سبيلاً للوصول إلى الحقيقة إلا امتحان الأشياء تحت إشراف العقل . والعلم الحديث باختراعاته واكتشافاته قد وُلد حين ترك الإنسان مذهب الأقدمين في طلب العلم عن طريق التفكير البحت ، وبدأ هو يطلب العلم عن طريق المشاهدة مع التفكير . لذلك كان الدور الأول من أدوار نشوء العلم الحديث هو دور مشاهدة تكاد تكون بحتة : ليس للتفكير فيها إلا بقدر ما يضمن صحتها .



## أدوار النظر العلمي

**الدور الأول :** هذا الدور هو دور جمع الحقائق ، فهو دور التجربة والملاحظة ، ولا بد فيه من الاستيثاق من صحة الوقائع لأن هذه الوقائع سيبنى عليها العلم ببناءه ، فلا بد من التأكد من متانة الأساس قبل إقامة البناء . وصحة الوقائع يستوثق منها عن طريق تكرار الملاحظة في نفس الظروف . هذا التكرار يكون إما على يد المشاهد الأول الذى شاهد الواقعة لأول مرة — يكرر التجربة والملاحظة ليتأكد هو من صحة الواقعة قبل أن يذيعها على الناس — وإما أن يكون التكرار على يد غير المشاهد الأول من العلماء للتثبت من صحة الواقعة إذا خامرهم ما يدعو إلى الشك فيها ، أو للبناء عليها فى أبحاثهم . فكل واقعة من الوقائع العلمية لا بد أن تكون ثبتت عن تجارب متعددة فى ظروف محدودة واضحة .

وهذا الدور فى العلم يشبه فى علوم الدين دور جمع الحديث من طرق متعددة للاستيثاق من صحتها ولترتيبها فى مراتبها . فالحديث يريد أن يستوثق من صحة الواقعة إلى الرسول صلوات الله عليه لأنه سيبنى عليها فى دينه ، والعالم الطبيعى يريد أن يستوثق من صحة الواقعة المنسوبة إلى الفطرة لأنه سيبنى عليها فى علمه . واتفاق الروح والطريقة عند علماء الدين الأولين والعلماء الطبيعيين الحداثين ، مع اختلاف الزمن واستقلال كل عن كل ، دليل على أن الطريقة العلمية هى طريقة قرآنية ينبغى أن يأنس إليها ويقبل نتائجها رجل الدين ، وأن الطريقة القرآنية فى النظر هى الطريقة العلمية ، وينبغى أن يأنس إليها ويقبل نتائجها رجل العلم .

**الدور الثانى :** فى دور الملاحظة تُجمع الوقائع ، لكن هذه الوقائع إن كانت من باب واحد لا بد أن تكون ناشئة عن قانون طبيعى واحد أو إذا شئت عن سنة من



سنن الله واحدة . والعلم يرمى من وراء مشاهداته إلى الوصول إلى تلك القوانين أو هذه السنن ، فالوقائع المجموعة وإن كانت مهمة في ذاتها لأنها حقائق جزئية تزداد أهميتها كثيراً لأنها السلم الذي يوصلنا إلى القوانين الفطرية ، أو الحقائق الكلية التي كان من آثارها تلك الوقائع الفردية ، أو إذا شئت ، التي من صورها تلك الحقائق الجزئية .

### طريق اكتشاف قوانين الفطرة : والطريق الواحد المفتوح أمام العلماء

لاكتشاف قوانين الفطرة أو سنن الله في الكون كما ينبغي لنا أن نسميها هو الاجتهاد في انتزاع كل قانون من مجموعة الوقائع الصادرة عنه ، أو بعبارة أخرى من الوقائع التي هي من باب واحد ، وذلك إما بالاستقراء إذا كان عدد الوقائع كبيراً ، وكان القانون في ذاته بسيطاً ، وإما بالتلمس إذا كان عدد الوقائع قليلاً أو كان القانون خفياً أو كان أكثر تعقيداً .

وأمثلة اكتشاف قوانين الفطرة عن طريق الاستقراء هي في العلم كثيرة تذكر منها مثلاً واحداً . إن الكيماويين حضروا مركبات نقية كثيرة فوجدوا في كل حالة أن المركب ، مثل ملح الطعام ، فهما اختلف مصدره أو اختلفت طريقة تحضيره يتركب دائماً من نفس العناصر متحدة مع بعضها بنفس النسب في الوزن . فاستنتجوا أن هذا قانون طبيعي للمركبات وسموه قانون التركيب الثابت . ونصه : كل مركب كيماوي يحتوي دائماً على نفس العناصر بنفس النسب وزناً .

أما طريقة التلمس فهي أصعب من هذا كثيراً . ويراد بهذا الاصطلاح الاجتهاد في الإتيان بتفسير لوقائع القبيل الواحد بحيث لا تشذ عنه في باب واقعة ، فإذا وفق العلماء في اجتهادهم هذا ووصلوا إلى تعليل أو تفسير واحد لتلك الوقائع يثبت على الزمن رغم تكاثرها بالبحث والتنقيب حكموا أن ذلك التعليل أو التفسير



قريب من الحقيقة الكلية أو القانون الفطرى المنشود . إلا أنهم لا يسمون ذلك التعليل أو التفسير قانوناً فطرياً إلا إذا بلغت الوقائع المفسرة به من الكثرة الكاثرة مبلغاً لا يدع مجالاً للشك فى عمومية ذلك التفسير . والطريقة العملية التى يسلكها العلم فى تلمس قوانين الفطرة من الوقائع المشاهدة تتلخص فيما يأتى : —

**أولاً :** يؤتى بفرض مفصل مقدّر على وقائع القبيل الواحد بحيث يفسرها جميعاً .

**ثانياً :** يختبر هذا الفرض عملياً لينظر أصحح هو أم غير صحيح . وهذا الاختبار ضرورى ، لأن الوقائع تكون فى الأول قليلة يجوز تفسيرها بأكثر من فرض واحد ، كما يجوز بل يغلب ألا يقع الإنسان فى أول محاولة على التفسير الصحيح . والاختبار يكون بجعل هذا الفرض الجديد مقدمة تُضم إلى أى حقيقة أخرى معروفة مناسبة ، ويركب منهما قياس يؤدى إلى نتيجة جديدة بالطبع . فتختبر هذه النتيجة الجديدة بإجراء تجارب عملية يعرف بها ما إذا كانت تلك النتيجة منطبقة على الواقع أو غير منطبقة . فإذا وُجد أنها منطبقة ازداد عدد الوقائع المفسرة بالفرض واقعة ، وازداد الفرض بذلك رجحاناً . ولا يزال الفرض يختبر عن هذا الطريق حتى تبلغ الوقائع المفسرة به من الكثرة مبلغاً يجعلنا نرجح كثيراً صحة هذا الفرض فنسميه **فرضية** . ونستمر فى امتحان النظرية بنفس الطريقة حتى تبلغ الوقائع المفسرة بها من الكثرة مبلغاً يجعلنا نوقن بأنها قانون عام .

أما إذا لم تؤيد التجربة النتيجة المستنتجة من ذلك القياس الجديد ، فإن ذلك يكون دليلاً على أن الفرض الجديد ليس صحيحاً فى صورته التى هو عليها ، وعندئذ يحاول العلم أن يوفق بين النتيجة الجديدة التجريبية وبين الفرض بإدخال تعديل على الفرض يجعله يشمل هذه النتيجة الجديدة ، فإن لم يمكن



هذا نبذ الفرض أو نبذت النظرية ، وحيء بفرض آخر أو بنظرية أخرى تختبر بنفس الطريقة . وواضح أن أى فرض يؤتى به يجب أن يكون قابلاً لهذا التمهيص العملى ، إذ هو الطريق الوحيد للتأكد من صحة الفرض ، كما أن من الواضح أن الفرض إذا كان قابلاً للتمهيص العملى سينفع نفعه ولو بتأديته إلى اكتشاف الحقيقة الجديدة التى قد تكون سبباً فى نبذه . أما الفرض الذى لا يقبل أن يحص عملياً عن هذا الطريق — كقول القدماء بحياة العالم الخ — فإن العلم لا يأبه به ولا ينظر فيه .

### مثال يوضح طريقة التلمس العلمى لقوانين الفطرة : إن تاريخ العلم

مملوء بالنظريات العلمية قائمها وباطلها ، إلا أن من الصعب اختيار مثل أو مثلين منها صالحين لتوضيح طريقة التلمس لمن لم يكن ملماً بقسط مذكور من المبادئ العلمية . على أننا سنجتهد فى اختيار مثل أو مثلين ونوردهما على صورة مبسطة يكون الغرض منها أقرب إلى توضيح طريقة التلمس منه إلى تأريخ نفس النظرية المضروب بها المثل .

### المثل الأول : نظرية الجسيمات الضوئية لنيوتن : كان القدماء يعرفون قدرأ

مذكوراً عن آثار الضوء ، لكنهم لم يكونوا يعرفون عن ماهيته شيئاً . وكانوا فى محاولاتهم الوصول إلى هذه الماهية يصدر عن مجرد الظن ، أى الظن غير المستند إلى المشاهدة . فكان فيثاغورث وأفلاطون يقولان إن الإبصار له ثلاثة أركان : سيال إلهى يخرج من العين فيتحد أولاً بضوء الشمس ثم بإشعاع يخرج من المرئى وعند هذا الاتحاد الثانى يتم الإبصار . وبعد فيثاغورث بنحو قرنين جاء أرسطو فقال بأن الضوء ليس إشعاعاً مادياً يخرج من الجسم المضيء ولكنه مجرد صفة يتصف بها الوسط القائم بين العين والجسم المرئى . وهذا القول أقرب



إلى الحقيقة من الأول إلا أنه أيضاً رجم بالغيب لم يقصد به تفسير المشاهد من الوقائع المتعلقة بالضوء .

ثم جاء السير إسحاق نيوتن بعد أرسطو بنحو عشرين قرناً في القرن السابع عشر في مستهل العلم الحديث ، وكانت أهم الحقائق المعروفة عن الضوء تتلخص فيما يلي : —

(١) أن الضوء يسير في مسار مستقيم في كل وسط متجانس كالهواء أو الماء أو الزجاج .

(٢) أن الشعاع إذا سقط على سطح مصقول انعكس عنه بحيث يكون الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود على السطح من نقطة الانعكاس كلها في مستو واحد .

(٣) أن الزاوية بين الشعاع الساقط والعمود على السطح ، وتسمى زاوية السقوط ، تكون مساوية دائماً للزاوية بين الشعاع المنعكس والعمود ، وتسمى زاوية الانعكاس . أى أن العمود ينصف الزاوية بين الشعاعين .

(٤) أن الضوء إذا خرج من وسط متجانس شفاف ، كالهواء ، إلى آخر متجانس شفاف كالماء أو الزجاج انكسر .

(٥) أن الشعاع قبل انكساره ومساره بعد الانكسار والعمود على السطح من نقطة الانكسار تكون كلها في مستو واحد .

(٦) أن الزاوية بين الشعاع والعمود بعد الانكسار تقل أو تزيد بنسبة مخصوصة عنها قبل الانكسار حسب كون الوسط الخارج منه الشعاع أصف أو أكثر من الوسط الداخل فيه الشعاع .

أى أن الضوء ينكسر نحو العمود في الوسط الأثقل وبعبارة عن العمود في الوسط الأثقل .



(٧) أن هناك دائماً ، لكل وسطين شفافين ، علاقة ثابتة بين زاويتي السقوط والانكسار (أى الزاويتين الواقعتين بين العمود الممتد وبين الشعاع قبل الانكسار والشعاع بعد الانكسار) .

هذه هى الوقائع التى كان يراد تفسيرها ، فجاء نيوتن لها بتفسير وجاء هـيغنز لها بتفسير . فأما نيوتن فافترض أن الضوء عبارة عن جسيمات لطيفة جداً تامة المرونة يقذف بها الجسم المضيء . فإذا دخلت العين أبصر الإنسان الجسم الصادرة عنه ، سواء أكان مضيئاً بنفسه أم مضيئاً بالانعكاس . ولقد فسر نيوتن بفرضه هذا استقامة مسار الضوء وخواص الضوء فى الانعكاس من غير أن يجد فى ذلك صعوبة ؛ فأما استقامة مسار الضوء فلأن الجسم المتحرك لا يغير اتجاه حركته إلا بمغـيـر كما هو معروف وكما سيوضح بعد ؛ أى أنه يظل متحركاً فى نفس الاتجاه حتى يحرفه عنه حارف . وأما الانعكاس فإن جسيمات الضوء النيوتنية ترتد عن السطح العاكس إذا توفرت فيه بعض الشروط من الانصقال ونحوه كما ترتد كرة البليارد إذا أصابت جدار منضدته ، ومن المشاهد أن الكرة ترتد بحيث يصنع مسارها قبل الارتداد وبعده زاويتين متساويتين مع العمود على الجدار من نقطة التماس . أما إذا أصابت الكرة جدار المنضدة عمودية عليه فإنها ترتد عنه عمودية عليه أيضاً من غير أن يتغير المسار كما يحدث بالضبط فى حالة الضوء على فرض نيوتن وإن حدث ذلك فى حالة الضوء على صورة أكل كثيراً منها فى حالة البليارد .

أما فى حالة الانكسار فقد اضطر نيوتن إلى أن يفرض انجذاباً بين جسيمات الضوء والجسم الشفاف الأكتف الذى سينفذ فيه حتى يستطيع تفسير هذا النفوذ من ناحية وانكسار الضوء نحو العمود من ناحية أخرى . ولكن هذا يؤدى إلى أن سرعة الضوء تزيد فى الجسم الأكتف عنها فى الجسم الأقل كثافة ، لأن جذب الجسم الشفاف لجسيمات الضوء قوة تزيد بالطبع فى سرعة تلك الجسيمات ؛ أى أن



هذا الفرض يؤدى إلى أن سرعة الضوء فى الماء مثلاً أكبر منها فى الهواء ، وهى نتيجة لم تكن معروفة قبل نيوتن فهل ياترى هى منطبقة على الواقع ؟ وبالجمله فإن نيوتن استطاع بفرضه ذلك تفسير جميع تلك الوقائع المذكورة آنفاً . وهذا كان كافياً لرفع فرض نيوتن من مرتبة الفروض إلى مرتبة النظريات .

### المثل التالى : النظرية الموجية الضوئية : لكن هيغن استطاع أيضاً أن

يفسر نفس تلك الوقائع ، وإن بغير تلك السهولة ، بأن فرض أن الضوء موجبات لا جسيمات . وليس هذا موضع تلخيص طريقته فى تفسير تلك الوقائع على هذا الفرض ، فإنه يحتاج إلى قدر مذكور من الرياضة ، وإنما نكتفى بأن نذكر هنا أن النظرية الموجية تؤدى إلى عكس ما تؤدى إليه النظرية الجسيمية عن سرعة الضوء فى الأجسام الشفافة . فنسبة سرعة الضوء فى الماء مثلاً إلى سرعته فى الهواء عدد كسرى محدود أكبر من واحد وأقل من اثنين حسب النظرية الجسيمية ، وعكس هذا المقدار بالضبط حسب النظرية الموجية . فأى النتيجتين أكثر انطباقاً على الواقع ؟ وأى النظريتين أصدق ؟ إذ من المستحيل أن تصدق النظريتان فيما تنبأتا به فى هذا الموضوع .

لم يكن من الممكن فى الأول الحكم بين النظريتين لأنه لم تكن هناك طريقة عملية لقياس سرعة الضوء فى الماء والهواء . فلما ابتدع فوكو طريقة مضبوطة لذلك وقيست السرعتان وحُسبت النسبة بينهما وجد أنهما بالضبط كما تنبأ هيغن وعكس ما تنبأ به نيوتن ، فنبذت النظرية الجسيمية وظلت النظرية الموجية فائزة فى الميدان إلى الآن ، لا يشك أحد أكثر ما فسرت من خصائص الضوء العويصة أنها بالفعل تمثل حقيقة الضوء وإن كانوا لا يزالون يسمونها النظرية الموجية الضوئية . لا القانون الموجى الضوئى .



و بعد فقد رأيت مثلاً من طريقة العلم في تعرف أسرار الفطرة والاهتداء الى سنن الله في السكون ، وتبينت كيف أن هذه الطريقة تضمن الوصول إلى الحق في القريب أو البعيد وإن استعانت على ذلك بفرض الفروض . لكن لا خوف قط على الحقيقة من هذه الفروض مادام العلم يطبق فروضه على الواقع ويمحصها بالتجربة والاختبار . فهذه الطريقة في الواقع هي طريقة العلم في الاجتهاد ، وبينها وبين طريقة اجتهاد المجتهدين في الدين وجه شبه مهم هو أن رجال العلم يستوحدون الحقيقة من صنع الله ، ورجال الدين يستوحدون الحقيقة من كلام الله وحديث رسوله . فكلٌّ في الحقيقة مرجعه إلى الله وإن لم يصل رجال العلم بعد إلى الله . كل في حكم الدين نفسه مرجعه إلى الله إذ أن هذه الحقائق الطبيعية التي يكشف عنها العلم ببحوثه إن هي إلا نوع من كلمات الله ، أو هي كلمات الله الواقعة النافذة كما أن آيات القرآن هي كلمات الله الصادقة المنزلة . ولقد سُمي القرآن حقائق أسرار الخلق كلمات لله في مثل قوله تعالى : ( ولو أن ما في الأرض من شجرة أقلامٌ والبحر يمده من بعده سبعة أبحرٍ ما نفدت كلمات الله ) — لقمان . ( قل لو كان البحر مداداً لكلمات ربي لنفد البحر قبل أن تنفد كلمات ربي ، ولو جئنا بمثله مدداً ) — الكهف . وكلمات الله في هاتين الآيتين السكريميتين لا يمكن أن تكون كلماته المنزلة على رسله ، لأن كلماته سبحانه في كتبه المنزلة محصورة محدودة ، في حين أن كلماته المشار إليها في هاتين الآيتين لا حصر لها ولا نهاية . فلا بد أن تكون هي كلماته النافذة في خلقه والتي يبدو أثرها متجسماً فيما نشاهد من الحوادث وفيما يكشف العلم من أسرار السكون . فالإسلام متسع للعلم كله حقائقه وفروضه ، والمجتهد مثاب أخطأ أم أصاب مادام يريد وجه الحق ، وإن كان العلم لا يعرف إلى الآن أن سبيل الحق من سبيل الله .

## الباب الثاني

### المادة

تمهيد :

الأشياء الموجودة في الكون الذي نعيش فيه ويمكن أن نشهدها أو نحسها ، إذا استثنينا منها النفس ، تنقسم إلى أجسام وغير أجسام ، أو كما كان يقول المتقدمون إلى جواهر وأعراض . فالأجسام أمثلتها كثيرة معروفة تشترك بينها ، فيما تشترك ، في : —

( ١ ) أن كلاً منها يشغل حيزاً من الفراغ ، ومقدار هذا الحيز يسمى حجم

الجسم .

( ٢ ) أن كلاً منها له وزن يحس إما باليد إن كان مذكوراً ، وإما بالميزان

الحساس إن كان غير مذكور .

ولما كانت الأجسام كلها مهما اختلف نوعها تشترك في هاتين الخاصتين

دل ذلك على أنهما خاصتان **للمادة** المخلوقة منها الأجسام عامة لا لنوع خاص من الأجسام .

والفرق بين المادة والجسم إن أريد التفريق بينهما أن الجسم نوع من المادة ،

وقد يُعرف أيضاً بأنه جزء محدود من المادة . ويسمى مقدار المادة في جسم ما بكتلة الجسم .

وغير الأجسام ، أو الأشياء غير الجسمية الموجودة في الكون ، مثلها الحرارة



والضوء والكهرباء والمغناطيسية والصوت والحركة على العموم . هذه كلها ليس لها حجم ولا وزن ، فهي لا تشغل حيزاً من الفراغ ولا تحس بالميزان الذى توزن به الأجسام وإن دق . فالجسم الحار مثلاً يمكن أن يوزن بميزان دقيق فى صندوق زجاجى محكم مغلق مفرغ الهواء فلا تجد فرقاً بين وزنه وهو حار ووزنه وهو بارد . ولو كان للحرارة وزن لكان وزنه وهو حار أكبر من وزنه وهو بارد . ومثل ذلك فقل فى الجسم المكهرب ، والحديد المغطس .

هذه الأشياء غير الجسمية التى عددنا بعضها والتى لا تقوم بنفسها وإنما تقوم دائماً بغيرها تسمى غير مادة أو طاقة . وقد سميت طاقة لأن بها تعمل الأعمال وبدونها لا يعمل عمل . فالآلات مثلاً التى يسخرها الإنسان فى بعض أعماله لا يمكن أن تقوم بشئ من تلك الأعمال إلا باستنفاد نوع أو أكثر من أنواع الطاقة . فلو لا الحرارة مثلاً المتولدة من احتراق الفحم ماسار القطار ، ولو لا الكهرباء السارية فى الترام من الأسلاك ماسار الترام ، ولو لا الطعام المحترق يبطئ فى جسم الإنسان والحيوان ما استطاع الإنسان ولا الحيوان أن يقوم بأعماله التى يقوم بها .

### تنوزم المادة والطاقة : هذان الشئان أى المادة والطاقة فى صورهما

المتلفة متلازمان لا ينفكان ، فلسنا نشاهد مادة خالية من طاقة ولا طاقة مجردة عن مادة . فكل جسم نلقاه نجد به حرارة مثلاً بدليل أنه يمكن تبريده ولو كان غير حار الملمس .

وتلازم المادة والطاقة هذا يقابل ما كان يسميه الأقدمون بتلازم الجواهر والأعراض ، وإن لم يفهم الأقدمون من الأعراض ما نفهم الآن من الطاقة . لذلك كانت أنواع الطاقة كلها لا تقوم بنفسها بل لابد لها من شئ تقوم به .

**فالصوت** مثلاً يقوم بالهواء أكثر مما يقوم ، فهو ينتقل في الهواء لكنه أيضاً ينتقل في السوائل وفي الأجسام الصلبة .

**والضوء** أيضاً لا بد له من شيء يقوم به وحاملٍ يحمله ، ولكن هذا الحامل أو الجوهر الذي يقوم به الضوء ليس هو الهواء ، بدليل أننا إذا فرغنا إناء زجاجياً من الهواء ظل داخل الزجاج بادياً للعيان ، ولو كان الهواء هو حامل الضوء لأظلم داخل الإناء بالتدريج كلما اشتدنا في التفريغ . في حين أننا لو وضعنا داخل الإناء جرساً كهربائياً وجعلناه يذق قبيل شروعه في تفريغ الهواء ، فإن صوت الجرس يخفت بالتدريج كلما قل الهواء داخل الإناء حتى يأتي وقت لا نسمع فيه للجرس دقاً ، وإن رأيناه داخل الإناء يضرب . على أن الطبقة الهوائية الجوية محدودة الارتفاع لا يكاد أقصى ارتفاعها يزيد على عشرات الأميال ، والمسافة بيننا وبين النيزات كالشمس مثلاً تعد بملايين من الأميال كثيرة ، فما الذي يحمل الضوء من الشمس مثلاً إلينا في تلك الملايين الخالية من الهواء ؟ لا بد من وجود شيء غير الهواء يحمل الضوء إلينا من الكواكب مادام الضوء كما قلنا ليس بمادة ولكنه طاقة ، وليس بجوهر ولكنه عرض . هذا الشيء الذي استنتجوا وجوده منشأً في الكون يسمونه **الأمير** . وكما يحمل الأثير أمواج الضوء يحمل أمواج الحرارة وأمواج الكهربائية التي منها أمواج الراديو .



## الفصل الأول

### خواص المادة

ذكرنا أن من أخص خواص المادة الوزن ، لكن الوزن فرع من خاصة عامة ألا وهى الجاذبية ، فلننظر فيها إذن قبل أن ننظر فيه .

#### ١ — الجاذبية

المادة كلها تجاذب : هذه هى الخاصة العامة التى اكتشفها نيوتن فى المادة فى القرن السابع عشر . لقد شاهد الناس قبله الأجسام من جامدة وسائلة تسقط نحو الأرض لكن لعله كان أول من فسر ذلك بجذب الأرض لتلك الأجسام . لكن لماذا تجذب الأرض ما على سطحها ولا تجذب غيرها من الأجرام العلوية ؟ سأل نيوتن نفسه هذا السؤال ، ونظر فى أمر القمر والأرض فوجد بالحساب أن القمر منجذب إلى الأرض انجذاب ما على سطحها إليها ، وأن ما هنالك من فرق بين الانجذابين راجع إلى ما بين القمر والأرض من مسافة ، وأن انجذاب القمر إلى الأرض هو سر دورانه حولها . وقبل نيوتن أثبت كبرنيق أن الأرض تدور حول الشمس وأن السيارات تدور حول الشمس كذلك ، لكنه كان يظن أنها تدور حول الشمس فى دوائر حتى جاء كبلر فأثبت أنها تدور حول الشمس بصورة مخصوصة فى قطاعات ناقصة ، أى فى مدارات بيضاوية الشمس فى مركز خاص داخلها . فلما جاء نيوتن أثبت بالحساب أن تلك الصورة المخصوصة التى تدور بها السيارات ، ومنها الأرض ، حول الشمس لا يمكن أن تكون إلا إذا كان بين الشمس والسيار تجاذب مخصوص على الخط الموصل بين مركزيهما . أى أنه

اثبت بحقائق الفلك انجذاب الأرض وبقية السيارات إلى الشمس ، كما أثبت انجذاب القمر إلى الأرض ، بقوة خاصة متوقعة على مقدار ما في الكوكبين المتجاذبين من مادة وعلى مقدار المسافة التي بينهما . ثم نظر في الجاذبية هذه أهي خاصة بالأجسام الكبيرة أم تكون بين الأجسام الصغيرة أيضاً فتكون من خواص المادة نفسها لا من خواص الكتل الكبيرة منها ، فاتمى به النظر الحسابي الدقيق إلى الحقائق العامة الآتية : —

**أولاً :** أن الأجسام كلها ، صغيرة أو كبيرة ، تتجاذب ، أى أن المادة تجذب

المادة .

**ثانياً :** أن قوة الجذب بين جسمين المسافة بينهما ثابتة تتناسب مع حاصل

ضرب كتلتى الجسمين .

ومعنى ذلك أنه إذا ضوعفت كتلة أحدهما فقط تضاعفت قوة تجاذبهما : فإذا ضوعفت كتلة الآخر أيضاً صارت قوة تجاذبهما أربعة أمثال ما كانت عليه أولاً ؛ فإذا ضوعفت كتلة أحدهما ونصفت كتلة الآخر لم تتغير قوة تجاذبهما عما كانت عليه في الأول وإن تغير أثرها في كل منهما ، لأن أثر قوة في جسم متوقف على كتلة ذلك الجسم .

**ثالثاً :** أن قوة التجاذب بين جسمين ثابتى الكتلة تتناسب مع عكس مربع

المسافة بينهما .

أى أنها تزداد أو تنقص بقدر ازدياد أو نقص ، لا عكس المسافة بينهما ، ولكن عكس مربع المسافة . فإذا ضوعفت المسافة بينهما مثلاً نقصت قوة تجاذبهما لا إلى عكس اثنين ، أى نصف ما كانت عليه ، ولكن إلى عكس مربع اثنين ، أى إلى الربع . وإذا صارت المسافة ثلاثة أمثالها قبل نقص التجاذب



بين الجسمين لا إلى الثلث ولكن إلى التسع . أما إذا نقصت المسافة بين الجسمين إلى نصف ما كانت عليه فإن قوة التجاذب بينهما تزداد ، لا إلى عكس النصف ، أى الضعف ، ولكن إلى عكس مربع النصف ، أى إلى أربعة أمثال ما كانت عليه . وإذا نقصت المسافة إلى الثلث فإن التجاذب بين الجسمين يزداد إلى تسعة أمثال ما كان عليه ، وهلم جرا .

أى أنه وجد أن : —

$$\text{قوة التجاذب بين جسمين متناسبة مع} \frac{\text{كتلة الأول} \times \text{كتلة الثانى}}{\text{مربع المسافة بينهما}}$$

وهذا هو قانونه المجازية الشهير لنيوتن .

وقد أثبت العلماء هذا القانون عملياً بتجارب أجروها على أربع كرات معدنية مختلفة فى النوع والكتلة ، مدلاة فى مستو واحد بأسلاك رفيعة من سقف شبه غرفة صغيرة محكمة فلا تدخلها التيارات الهوائية . وكان كل كرتين مدليتين من طرفى قضيب معدنى يمكن إدارته من وسطه من خارج الغرفة ، وكان القضيبان متعارضين على شبه علامة + بحيث كان من الممكن تقريب أى زوجى الكرات من الآخر أو إبعاده عنه بتدوير أحد القضيبين حول نقطة المنتصف . وكان فى جانبي الغرفة منظران مُقربَّان بحيث تمكن بهما مراقبة مواقع الكرات فى جو الغرفة . فكان مجرى التجربة بعد أن يرصد الكرات فى موقع يدنى أو يبعد اثنتين منهما من الآخرين ، ثم يرصد الموقع مرة أخرى بعد استقرار الكرات ، ويقدر فى كل موقع مقدار اللى الذى يحدثه فى سلاك كل كرة تقريب الأخرى منها أو إبعادها عنها . ومن تقدير قوى اللى الحادث فى الأسلاك كانوا يحسبون قوى التجاذب الواقع بين الكرات المتقاربة . وقد كان إجراؤهم تلك التجارب من خارج الغرفة احتياطاً مما عسى أن يدخله وجود الإنسان فى الغرفة من أغلاط .



وقد أدت أمثال هذه التجارب الكثيرة الدقيقة إلى تحقيق قانون الجاذبية تحقيقاً تاماً ، ليس فقط من الناحية الكيفية ولكن من الناحية الكمية ، وأدى تطبيقه على حركات بعض الكواكب إلى معرفة كثير من الحقائق عنها لم تكن لتعرف لولا ذلك القانون ، مثل تقدير كتل بعضها بالنسبة لبعض ، وتقدير كثافات بعضها بالنسبة لبعض ، وما إلى ذلك .

**أهمية الجاذبية في الكون :** تجاذب المادة حقيقة واقعة ثبتت بالتجربة والمشاهدة الصحيحة كما رأيت . أما كيفية التجاذب وعلته فأمر يجهله العلم . فالعلماء الطبيعيون يعرفون أن الأجسام تتجاذب طبق القانون السابق لكنهم لا يعرفون حقيقة هذه الجاذبية ، ولا كيف نشأت ، ولا كيف تقع . لكن جهلنا بعلمها أو حقيقتها لا يمنعنا من تقدير أهميتها العظمى في الكون .

**أهميتها في الأرض :** إن الإنسان لا يكاد يستطيع أن يتصور كيف كانت تكون الحياة على الأرض لو لم تكن هناك جاذبية بين الأرض وبين ما عليها ، فإن كل شيء على الأرض متأثر بجذب الأرض إياه . فلو لا الجاذبية ما كان للأجسام على الأرض ثقل ولا وزن ، ولطارت هذه الأجسام عن الأرض بالحركة كل مطار ثم لم تعد بعد إليها . فلو لا جذب الأرض الهواء الجوى مثلاً لفارقتها لشدة حركة جزيئاته ، ولصارت الأرض في النهاية لا هواء فيها ولا جو لها ، كالقمر الذي فارقه جوه بالتدريج لصغر كتلته وضعف جاذبيته بالتبع عن الاحتفاظ بالجو الذي كان له في القديم ، ولانعدمت الحياة على سطح الأرض بانعدام الهواء كما قد انعدمت على سطح القمر .

وجذب الأرض هو الذي ينزل الله به المطر من السحاب وإلأبقى السحاب معلّقاً مهبماً كبرت قطرات مائه ، أو بالأحرى لما عاد الماء إلى الأرض أبداً بعد



أن يفارقها متبخراً بحرارة الشمس ، وفارقها بخاراً مع الهواء ، ولجفت جميع المياه من على الأرض في النهاية فلا يكون عليها بحر ولا نهر ، ولانعدمت فيها الحياة بانعدام الماء .

والجاذبية ، أو بالأحرى جذب الأرض ما عليها من الأجسام نحو مركزها . هي القوة التي يجري الله سبحانه بها الأنهار سيلاً من أعلى الجبال في الأول فلا تزال تهبط اقتراباً من مركز الأرض من منحدر إلى منحدر ، طوراً منحدرة بضعف في السهول وطوراً منحدرة بقوة من الشلالات ومساقط المياه . ولا تزال المياه تسيل هكذا حتى ينتهي بها المسير إلى أقرب مواطن سطح الأرض من مركز الأرض ، ألا وهو سطح البحر . والإنسان كثيراً ما يستغل قوة اندفاع المياه بفعل الجاذبية من علو إلى سفلى عند المساقط والشلالات بل ومن عيون الخزانات ، فيجعل الماء المندفع يحرك له آلات يعرضها في طريقه فتحول له حركة المياه إلى كهرباء ، كما يحدث ذلك بالفعل عند مساقط نياجارا ، وكما يراد أن يصنع ذلك في مياه خزان أسوان .

وكما سخر الله سبحانه الجاذبية للإنسان في إجراء الأنهار تسير الهويني أو غير الهويني إلى سطح البحر ، سخرها له أيضاً في كبح جماح البحر ومنعه أن يطغى بمائه الأجاج على النهر أو على اليابسة ، فهي دائماً تحبسه في مستقره الذي هو ، كما قلنا من قبل ، أقرب مواطن سطح الأرض إلى مركز الأرض ؛ فالبحر لا يستطيع أن يفارق مستقره ذلك إلا بقوة أخرى تغلب قوة الجاذبية عليه ، وهيات . فكأنما البحر ملجم بالجاذبية أن يهجم على اليابسة من الأرض ، كلما هم بالهجوم بفعل المد أو الريح أو حركة الأرض جذبته قدرة الله بلجام الجاذبية من خلف فيعود إلى موطنه الذي كتب عليه أن يبقى مقيداً بقيد الجاذبية فيه . ولقد منّ الله سبحانه على الإنسان بهذا حين منّ عليه بحجره بين البحرين ، أو بين



البحر والنهر ، في قوله سبحانه من سورة الفرقان ( وهو الذى مَرَجَ البحرين ، هذا عذبٌ فَرَاتٌ وهذا ملحٌ أُجَاجٌ ، وجعل بينهما برزخاً وَحِجْراً مُحجوراً ) . وليس ذلك البرزخ والله أعلم إلا ارتفاع ما بين سطح البحر وسطح اليابسة التى يجرى فيها النهر ، وليس ذلك الحِجْر المحجور والله أعلم إلا الجاذبية بين البحر ومركز الأرض وَحَبَسَهَا البحر فى موطنه . ولقد من الله على الإنسان بذلك مرة أخرى ، وعاب عليه وعجب منه كيف يشرك مع الله إلهاً آخر رغم ذلك ، فى قوله سبحانه من سورة النمل ( أَمَّنْ جَعَلَ الأرض قَرَاراً ، وجعل خلالها أنهاراً ، وجعل لها رِوَاسِىَ ، وجعل بين البحرين حاجزاً ؟ أَلَيْهَ مع الله ؟ بل أكثرهم لا يعلمون ) . فتفهّم هذه الآية الكريمة فى ضوء ما ذكرناه لك وتأمل تعقيبه سبحانه بقوله : ( بل أكثرهم روى يعلمون ) تعلم أن ذلك العلم من هذا الدين ، وأن هذا القرآن لم يأت إلا من عند خالق الفطرة ، وأنه لا غنى للمسلم عن علم الفطرة إن كان يريد حقاً أن يفهم شيئاً من سر الآيات الكونية فى القرآن .

### أهمية الجاذبية فى السماء : على أن أهمية الجاذبية فى الكون أعظم من هذا

بكثير . فإن الجاذبية كما قد عرفنا ، ليست بين الأرض وما عليها فقط ، بل بين الأرض وما عداها من الكواكب ، ثم هى أيضاً بين كل كوكب وما عداه . فكل كوكب فى ملكوت الله يجذب كل كوكب آخر طبق سنة الجاذبية السابق ذكرها ، أى بقوة تتناسب مع حاصل ضرب كتلتى الكوكبين مقسوماً على مربع المسافة بينهما . ونتائج كل هذه القوى الواقعة على الكوكب قوة واحدة يمسك الله بها فى مداره أو فلكه ، أو فى موقعه الذى هو فيه إذا كان النجم من الثوابت .

فالجاذبية إذن على قدر علم الإنسان إلى الآن هى القوة التى يمسك الله بها سبحانه السموات والأرض فى مواقعها التى قدرها لها ، أو هذا إن شئت هو



ما أدركه الإنسان إلى الآن من سر قوله تعالى من سورة فاطر : ( إن الله يسك  
السموات والأرض أن تزولا ، ولئن زالتا إن أمسكهما من أحد من بعده )  
وفى قوله تعالى : ( الله الذى رفع السموات بغير عمدٍ ترونها ) وما يشبهها من  
آيات القرآن الكريم إشارة إلى قوى الجاذبية الخافية التى هى بعد تقدير الله لها  
سبب بقاء أجرام السماء فى أماكنها ومداراتها المقدرة لها . فإنه إذا فهم من قوله  
تعالى : ( بغير عمد ترونها ) أن السموات مرفوعة بعمدٍ غير مرئية ، كما هو ظاهر  
الآية ، كانت تلك العمد غير المرئية هى قوى الجاذبية بين بعض الكواكب  
و بعض ، لأن العمد المعروفة المادية تؤثر أثرها وتحمل أحمالها بإرسال قوى أو  
ضغوطٍ تساوى وتضاد ضغوط الأبنية عليها : كما هو صريح علم القوى ، وكما يحصل  
بالضبط بين الكواكب المتجاذبة . فإذا عجزت العمد عن أن تكون ضغوطها المضادة  
لضغوط المحمولات عليها مساوية لهذه الضغوط تكسرت الأعمدة والجدران أو  
تشققت ، ويكون البناء أقرب إلى التداعى بقدر ما بين ضغوط الأعمدة وضغوط  
الأحمال من فروق . ففى حالة الأعمدة وما تحمل يوجد **تضاغط** واتزان ، كما أن  
هناك بين الأجرام السماوية **تجاذب** وتوازن ، وإن اختلف مدى التوازن ونوعه  
فى الحالين . وينبغى أن نتذكر أيضاً أن الأعمدة ضاغطة ، وليست هى بداهة  
نفس الضغوط الخارجة منها ، وأن هذه الضغوط المقاومة لثقل الأبنية غير مرئية  
وإن رأينا الضاغطة من عمود أو جدار . كذلك قوى التجاذب بين أجرام السماء  
غير مرئية وإن رأينا أجرام السماء . فالتعبير بالعمد غير المرئية عن القوى التى رفع  
الله بها السموات هو أدق تعبير وأبلغه فى الخطاب ، يفهم كل منه بقدر ما رزقه الله  
من الفهم والعلم ( وتلك الأمثال نضربها للناس وما يعقلها إلا العالمون ) العنكبوت  
فقانون الجاذبية هو مفتاح فهم أمثال الآيتين السابقتين من كتاب الله عز  
وجل ، إلا أن الإشارة إلى القانون فى تلك الآيات الكريمة إشارة عامة من



ناحية الوصفية . لكن في القرآن الكريم آية تشير إليه إشارة خاصة من ناحيته الكمية الحسابية ، ألا وهي قوله تعالى من سورة الواقعة : ( فلا أقسم بمواقع النجوم ؛ وإنه لقسم لو تعلمون عظيم ) فإن في هذه الآية الكريمة إشارة واضحة إلى أثر المسافة في قوى التجاذب أو في قوى الجاذبية بين الأجرام السماوية ؛ فإن المسافات بين النجوم هي المسافات بين مواقعها ، وتقدير الخالق سبحانه مواقع النجوم وأجرامها بحيث يكون أثر المسافات بينها في قوى تجاذبها متناسباً مع ما أراد الله لها من حركة ونظام — هذا التقدير آية من آيات الله في الكون ، وسرٍّ من أعظم أسرار خلقه ، وإليه من غير شك يرجع بعض سر قوله تعالى : ( خالق السموات والأرض أكبر من خلق الناس ، ولكن أكثر الناس لا يعلمون ) . وإلى عظمة هذه الآية وهذا السر نبه الله سبحانه الإنسان بقوله : ( وإنه لقسم لو تعلمون عظيم ) ، وقد منَّ الله على الإنسان ومكنه من النظر حتى علم من هذا ما هو دليل عجيب على وجود الله وقدرته ووحدانيته ، فإن تقدير كتل النجوم والمسافات بينها على كثرتها الكثيرة ، بحيث تكون نتيجة قوى التجاذب الواقعة على كل نجم هي سبب ذلك النجم في فلسفه إن كان من السواج ، أو ثبوته إن كان من الثوابت — هذا التقدير يستحيل بداهة وعلماً أن يكون قد وقع اعتباطاً بالمصادفة ، ولكن لا بد أن يكون وقع بتقدير إله عليم حكيم قادر : ( وهو الذي في السماء إله وفي الأرض إله وهو الحكيم العليم . وتبارك الذي له ملك السموات والأرض وما بينهما ، وعنده علم الساعة وإليه ترجعون ) .

## ٢ — الوزن

الوزن خاصة عامة من خواص المادة ، فما من مادة إلا ولها وزن . وهو فرع عن خاصة الجاذبية لأنه عبارة عن مقدار جذب الأرض للجسم . أما مقدار ( ٣ — سنن كونية )



المادة نفسها التي في الجسم فيسمى كتلة الجسم كما قد ذكرنا قبل . والفرق بين هذين ، أى بين الكتلة والوزن ، هو الفرق بين المجذوب والجذب ، والمشدود والشد .

ولما كان الوزن عبارة عن تجاذب بين الأرض والجسم كان متوقفاً على كتلتى المتجاذبين وعلى المسافة بينهما . فالأجسام كلما بعدت عن الأرض قلّ وزنها بقلّة قوة جذب الأرض لها ، وكلما قربت من مركز الأرض ، كما يحدث في جوف منجم ، زاد وزنها بزيادة جذب الأرض لها ، لكن مقدار المادة في الجسم الموزون واحد في كل هذه الأحوال ، أى أن أوزان الأجسام ممكن أن تتغير في حين أن كتلتها تظل ثابتة .

المعرفة بين الكتلة والوزن : لكن الأجسام إذا كانت على مسافة واحدة

من مركز الأرض تجذبها الأرض بقوى متناسبة مع كتل تلك الأجسام . وهذا ينتج بسهولة من قانون الجاذبية السابق ، إذ المسافة في هذه الحالة تكون ثابتة ، وكتلة الأرض أيضاً ثابتة ، فلم يبق إلا كتلة الجسم يتغير الوزن بتغيرها . فإذا كانت كتلة جسم مثلاً ضعف كتلة جسم آخر كان مقدار جذب الأرض له ضعف مقدار جذب الأرض الآخر . وهذا معقول ولو لم نعرف قانون الجاذبية إلا من ناحيته الوصفية ، إذ من الممكن تصور الجسم الأكبر منقسماً إلى قسمين كل منهما يساوى الأصغر ، أى كل منهما واقع عليه من الأرض جذب يساوى الواقع على الجسم الأصغر ، ويكون إذن من الواضح أن مجموع الجذب الواقع على الأكبر ضعف الجذب الواقع على الأصغر ؛ أى أن وزن الأكبر يكون في هذه الحالة ضعف وزن الأصغر ؛ وقد يكون ثلاثة أمثاله إذا كانت كتلته ثلاثة أمثال كتلة الآخر ، وهلم جرا . وهذا هو معنى قولنا إن قوى جذب الأرض



الأجسام ، أى أوزانها ، تناسب مع كتلتها إذا كانت على مسافة واحدة من مركز الأرض .

إذن فمن الممكن المقارنة بين كتل الأجسام بالمقارنة بين قوى جذب الأرض لها على مسافة واحدة من مركز الأرض ، كما هو الحال إذا حدثت المقارنة فى بقعة واحدة من سطح الأرض . فإذا وجدنا الأرض تجذب جسمين على سطحها بقوة واحدة كان هذان الجسمان متساويين فى الكتلة . وهذا هو الذى نعمله بالفعل بواسطة الميزان . فالميزان فى الواقع هو آلة للمقارنة بين قوى جذب الأرض للأجسام ، ومن نتيجة هذه المقارنة نستنتج كتل الأجسام إذا اتفقنا على كتلة خاصة نتخذها وحدة للكتل وننسب غيرها إليها ، مثل كتلة الجرام أو الرطل أو الأنة أو القنطار .

## الموازين

الميزان ذو الكفتين : فيه نقطة الارتكاز أو نقطة الرفع فى وسط عاتق

الميزان . أى أن نقطتى تعليق الكفتين متساويتا البعد من نقطة الارتكاز أو الرفع . فإذا تساوت كتلتا الكفتين وما إليهما عن جانبي نقطة الارتكاز تساوى جذب الأرض لهما واعتدل الميزان . لكن إذا زادت كتلة أحد الجانبين على كتلة الجانب الآخر رجحت الأولى وشالت الأخرى . فإذا وضعنا فى الكفتين المتعادلتين كتلتين متساويتين ظل الميزان معتدلاً عند الاستقرار لتساوى جذب الأرض للجانبين . وبالعكس إذا عادلنا بين جسمين فى كفتى الميزان استنتجنا أن الجسمين متساويان فى الكتلة ، أى أن كمية المادة فى أحدها ككمية المادة فى الآخر وإن اختلف نوع المادة . هذا هو سر استعمال الميزان ذى الكفتين فى تقدير كتل الأجسام فى البيع والشراء بالمعادلة بينها



و بين الصنّج من حيث جذب الأرض لكلّ .

ميزان القبابه : وهناك من الموازين ما لا يتساوى فيه بُعد القوتين عن نقطة الارتكاز ، أى ما لا تكون نقطة الارتكاز أو الرفع فيه فى وسط العاتق . وفى هذه الحالة يمكن لجسم صغير أن يوازن جسماً أكبر معلقاً فى طرف الذراع الأقصر وذلك بوضع الجسم الصغير على بُعد مناسب من نقطة الارتكاز ، لأن وزن الجسم مضروباً فى بعده عن نقطة الارتكاز يساوى وزن معادله مضروباً فى بعده عن نقطة الارتكاز .

وفى أمثال هذه الموازين يوضع الوزن عادة فى جانب الذراع الأقصر على بُعد ثابت من نقطة الارتكاز ثم يعادّل بتحريك كتلة أو كتل ووضعها فى نقط على الذراع الأطول المدرّج حتى يحصل التوازن . وتدرّج الذراع الأطول معناه تقسيمه إلى نقط وأقسام محفورة فيه بحيث تعلم القوى المقابلة لوزن الجسم المتحرك ( الرمانة ) فى أوضاعه المختلفة على الذراع الطويل .

الميزان الزنبركى أو الميزان ذو الكفة : لكن الميزان المسمى بالميزان

الزنبركى ليس من هذا النوع . فليس فيه قوتان متعادلتان عن جانبى نقطة رفع أو ارتكاز ، ولكن فيه تعادل بين وزن الجسم الموزون وبين قوة مقاومة الزنبرك للانبساط الناشئ من تعليق الجسم فى أحد طرفى الزنبرك المثبت من الطرف الآخر . فإننا إذا علقنا أجساماً مختلفة الكتل فى الزنبرك على التتابع انبسط الزنبرك انبساطات مختلفة ، فإذا كانت هذه الأجسام معلومة الكتلة أمكن تعيين مقدار الانبساط فى كل حالة بعلامات تُحفر فيما بعد فى صفيحة ثابتة الوضع على طول الميزان . أى أن من الممكن تدرّج الميزان أو معايرته عند صنعه بتعيين مدى انبساط الزنبرك إذا علقت فيه الكفة أولاً ثم إذا وضع فى الكفة صنّج مختلفة



المقدار متحدة الوحدة . فإذا تم تدريج الميزان أو معايرته أمكن تقدير وزن أى جسم مجهول مناسب بوضعه فى الكفة وقراءة الرقم المقابل لسان فى آخر وضع يتخذ .

فالقاعدة المبني عليها هذا الميزان هى أن القوى المتساوية تحدث فى زنبركه انبساطات متساوية . لكن هذه القاعدة لا تصدق إلا فى حدود تختلف باختلاف نوع الزنبرك واختلاف حالته من حيث الجدة والبلى ، أى تختلف باختلاف مرونة الزنبرك . وسنفهم معنى هذا الاصطلاح حين ننظر فى المرونة كخاصة من خواص المادة .

أثر المسافة فى استعمال هذه الموازين : وقد يحسن أن نتساءل أى هذه

الموازين يتأثر الوزن به بمرکزنا من سطح الأرض ، أليزان ذو الكفة أم الميزان ذو الكفتين والقبان . إننا نعرف أن الوزن يختلف باختلاف بُعد الجسم عن مركز الأرض وإن لم تختلف الكتلة . والبقاع على سطح الأرض تختلف أبعادها من المركز لنقص فى كروية شكل الأرض ناشئ عن حركتها اليومية الرخوية حول نفسها قبل تجمد قشرتها . ومهما يكن تفسير خروج شكل الأرض عن الكروية التامة فإنها ليست تامة الكروية بالفعل كما نأما ضغطت قليلاً عند القطبين فانبعجت قليلاً عند خط الاستواء . وعلى أى حال فنصف قطر الأرض الاستوائى يزيد نحو ١٣ ميلاً عن نصف قطرها القطبى ، ويقل هذا الفرق بالتدريج فيما بين خط الاستواء والقطبين ، فأى الموازين أصلح للاستعمال فى المناطق المختلفة على سطح الأرض ، أو إن شئت ، أيها أصلح للاستعمال فى جوف الأرض فى المناجم مثلاً أو فى جو الأرض فى الطيارات الحلقة أو فوق الجبال ؟

إن النقص فى الوزن باختلاف البعد عن مركز الأرض يلحق الصنجات كما يلحق الموازنات ، ويلحقها بنسبة واحدة على بعد واحد ، وإذن فما يعادل رطلاً



أو أفة الخ في الميزان ذى الكفتين (أو ميزان القبان) كتلته في الواقع كتلة الرطل أو الأفة الخ سواء تمت عملية الوزن على سطح الأرض أو في جوفها . لكن لما كان الميزان الزنبركى أو ذو الكفة قد تمت معايرته على سطح الأرض فإنه لا يصلح للاستعمال إلا حيث عویر ودُرِّج لأن ما يزن به أفة أو كيلوجراماً على سطح الأرض في منطقة ما يزن أقل من ذلك إذا ارتفع به عن سطح الأرض ارتفاعاً مذكوراً ، وأكثر من ذلك إذا هبط به في جوف الأرض مهبطاً مذكوراً ، أى أن الزنبرك لا ينسبط نفس الانبساط الذى كان ينسبطه على سطح الأرض لاختلاف جذب الأرض للجسم باختلاف بعده عن مركزها . فما يزن كيلوجراماً بالميزان ذى الكفة في جوف منجم كتلته في الواقع أقل من كتلة الذى يزن كيلوجراماً بنفس الميزان على سطح الأرض . صحيح أن عظم نصف قطر الأرض وهو نحو ٤٠٠٠ ميل يجعل هذه الفروق في الوزن صغيرة إلا إذا كبرت الفروق في البعد عن مركز الأرض ، لكنها فروق موجودة يمكن تقديرها بالفعل بالحساب .

وينبغى أن نلاحظ أن وزن الجسم الواحد يختلف باختلاف الكوكب الموزون على سطحه الجسم ، بفرض أن عملية الوزن على الكوكب مستطاعة ، وعلى أى حال فالحساب يدل على أن الأجسام تزن على سطح الشمس مثلاً أكبر نحو ٢٨ مرة مما تزنه على سطح الأرض ، وتزن على سطح القمر أصغر نحو ست مرات من وزنها على الأرض ؛ وهذا بالطبع راجع إلى اختلاف الكواكب في الكتلة ونصف القطر .

### ٣ — الحجم

المادة لها حجم كما لها وزن ، والحجم كما سبق التنبيه إليه هو مقدار الفراغ الذى يشغله الجسم ، والفراغ كما هو معروف له ثلاثة أبعاد ، طول وعرض وارتفاع .



أما قياسه فيختلف باختلاف الظروف ، فمن الأجسام ما هو هندسى الشكل منتظمه ، وهذا يمكن حساب حجمه رياضياً ، مثل المكعب ومتوازى المستطيلات والكرة والمهرم والمخروط . وفى قياس حجم هذه الأجسام يجب قياس أبعادها ، لكن من الأجسام ما لا يمكن قياس حجمه على هذه الصورة لعدم انتظام شكله كقطعة من الحجر مثلاً ، أو لانهدام شكله مثل السوائل ، وفى مثل هذه الأحوال يُحتال على معرفة الحجم بطرق تختلف أيضاً باختلاف الظروف . فالسوائل تقاس أحجامها بالمكاييل أو الأوانى المدرجة كالخبار المدرج وما إليه . والجسم الجامد غير المنتظم إذا كان صغير الحجم بحيث يمكن إدخاله فى آنية منتظمة الشكل مدرجة أو غير مدرجة يمكن قياس حجمه بوضعه فى سائل معروف الحجم فى مخبار مدرج مثلاً . وقراءة الزيادة فى حجم السائل الناشئة عن حلول الجسم فى السائل محل السائل المرتفع ، أو بوضع مقدار من السائل فى إناء زجاجى ولو غير مدرج ، وتعليم سطح السائل بورقة مصمغة مثلاً تلصق قبائله على سطح الزجاج ، ثم وضع الجسم فى السائل وتعليم السطح الثانى الجديد ، ثم قياس حجم ما بين العلامتين بالاستعانة بآنية مدرجة مناسبة .

وفى قياس الأحجام كما فى قياس أى شىء لا بد لنا من وحدة . ووحدة الحجم متعددة تعدد وحدة الأطوال لأنها عبارة عن حجم مكعب ضلعه وحدة الأطوال . فهناك السنتيمتر المكعب ، والديسيمتر المكعب أو اللتر ، والمتر المكعب الخ . وتعدد هذه الوحدات يجعل الإنسان يختار من بينها ما يناسب الأحوال المختلفة فيختار السنتيمتر المكعب مثلاً فى قياس الأحجام الصغيرة ، والمتر المكعب فى قياس الأحجام الكبيرة نسبياً كحجم الماء الذى يمر من عيون خزان أسوان أو الماء الذى يستنفده منزل فى الشهر من شركة المياه



## ٤ — الكثافة

كون الجسم له وزن وله حجم لا يفرق بين نوع ونوع من المادة ، لأن الأنواع كلها لها وزن ولها حجم ، ولأن من الممكن أخذ مقدار من مادة ما له أى وزن أو أى حجم . لكن إذا أخذنا أوزاناً متساوية أو أحجاماً متساوية من المادة بدأ الاختلاف يظهر بين أنواع المادة المختلفة : تختلف الأحجام باختلاف نوع المادة إذا تساوت الأوزان ، وتختلف الأوزان إذا تساوت الأحجام . فأحجام أوزان واحدة من مواد مختلفة هي في نفسها مختلفة ، وأوزان أحجام متساوية من المواد المختلفة هي أيضاً مختلفة . فمن الممكن إذن التمييز بين المواد المختلفة بأن نقارن بين أحجام وزن واحد منها ، أو أوزان حجم واحد منها .

وكلتا الطريقتين موجود مستعمل ، إلا أن الطريقة الأكثر شيوعاً في تمييز أنواع المادة بعضها من بعض هي الأخيرة أى المقارنة بين أوزان حجم واحد من مختلف المواد . والحجم الواحد الذى تسهل به المقارنة هو وحدة الأحجام ، ومن بين وحدات الأحجام المتعددة اختير السنتيمتر المكعب . ووزن السنتيمتر المكعب من أى مادة بالجرامات يسمى كثافة تلك المادة لأنه يمثل كتلة سنتيمتر مكعب من تلك المادة ، فكأنه يمثل ازدحام المادة في كل سنتيمتر مكعب منها . فالمواد المختلفة لها كثافات مختلفة كثافة الحديد ( ٧,٦٦ جم ) غير كثافة الرصاص ( ١١,٢٥ جم ) غير كثافة النحاس ( ٨,٩٢ جم ) غير كثافة الماء وهلم جرا . ومن المستحسن أن تذكر أن الجرام هو كتلة سنتيمتر مكعب من الماء عند درجة ٤ مئوية ، وكثافة الماء لا تكاد تختلف عن ذلك في درجات الحرارة العادية .

وقياس الكثافة أمر ميسور : يؤخذ مقدار مناسب من المادة فتقدر كتلته بالجرام ويقدر حجمه بالسنتيمتر المكعب بإحدى طرق قياس الأحجام ، وتقسم



الكتلة على الحجم فيكون خارج القسمة هو عبارة عن كتلة وحدة الأحجام من تلك المادة ، أى عبارة عن كثافتها .

### الوزن النوعى أو الثقل النوعى

وعندهم طريقة أخرى للمقارنة من مادة ومادة من حيث اختلافها فى الثقل عند توحيد الأحجام ، وهى أن يقارنوا بين كتلة حجم من المادة وكتلة حجم مثله من مادة أخرى اتفقوا على اتخاذها معياراً . هذه المادة المتخذة معياراً هى الماء للجوامد والسوائل ، وغاز الادروجين أو الهواء للغازات .

والنسبة بين كتلة حجم من مادة ما وكتلة حجم مثله من المعيار (الماء مثلاً) تسمى بالوزن أو الثقل النوعى لتلك المادة ، وكلمة نوعى هنا إشارة إلى أن هذه النسبة تختلف باختلاف نوع المادة .

والفرق بين الكثافة والثقل النوعى أن الكثافة كتلة ، كتلة السنتيمتر المكعب من المادة ، ولها تمييزٌ ، فيقال إن كثافة الزئبق ١٣,٦٧ جرام ، وكثافة الكلوروفرم ١,٥ جرام ؛ أو أن متوسط كثافة الأرض ٥,٥ جرام . ومتوسط كثافة القمر  $٣\frac{1}{4}$  جرام . أما الوزن النوعى فهو نسبة بين كتلتين ، أى هو عدد لا تمييز له ، فيقال : إن الوزن النوعى للزئبق ١٣,٦ وللذهب ١٩,٤٣ وللفضة السبيك (١٠,٤٥ — ١٠,٥١) . وواضح أنه ما دامت الكتلة تقاس فى حالى الكثافة والوزن النوعى بالجرام فإن الإثنين يتفقان فى النتيجة من حيث المقدار ، وإن اختلفا من حيث التمييز .

هاتان هما أهم الطرق العلمية للمقارنة بين المواد من حيث الثقل : أما الطريقة العلمية فى المقارنة ، وهى أن يَرَوُز<sup>(١)</sup> الإنسان المادة بيده ، فهى تنفع للمقارنة

(١) راز الشىء : جربه لينظر ما ثقله .



بين كتلتين حاضرتين أيهما أثقل لا يبين نوعين من المادة أيهما أكتشف في ذاته ، إنما يُفرّق بين أنواع المادة أيهما أكتشف في ذاته بتلك الطريقة العلمية التي تقارن بين الكثافات أو بين الأوزان النوعية .

## ٥ — المرونة

هذه خاصة أخرى من خواص المادة ، لكن ما يفهم منها في العلم غير ما يفهم منها في العُرف . فعند الناس أن الجسم يكون أكثر مرونة كلما كان أكثر قابلية للتغير والتأثر بالقوى المختلفة الواقعة عليه . فقطعة من المطاط مثلاً أكثر عند الناس مرونة من قطعة من الحديد ، لكن الأمر بعكس هذا في العلم . تكون المادة في العلم أكثر مرونة كلما كانت أقل قابلية للتغير والتأثر بالقوى الواقعة عليها ، وكلما كانت أقدر على استرداد حالتها الأولى بعد زوال تلك القوى المؤثرة . فإذا شدّدنا حبلاً من المطاط مثلاً ازداد في الطول زيادة كبيرة بقوة من الشد صغيرة ، حتى إذا زالت القوة عاد المطاط إلى حالته الأولى . فقوة صغيرة نسبياً تحدث في المطاط تغيراً نسبياً كبيراً . لكن إذا أخذنا سلكاً من الحديد وشدّدناه احتاج إلى قوة كبيرة لإحداث زيادة صغيرة في طوله ، وإذا زالت تلك القوة الكبيرة عاد السلك إلى حالته الأولى . فقوة كبيرة في هذه الحالة ، حالة الحديد ، لا تحدث إلا تغييراً صغيراً جداً . فمرونة الحديد في العلم أكبر جداً من مرونة المطاط .

فالمرونة عند الناس معناها المطاوعة ، والمرونة عند العلم معناها : —

أولاً : مقاومة التغير . وثانياً : الرجوع إلى الحالة الأولى بعد زوال المغيّر .

والتغير إذا كان صغيراً يتناسب في العادة مع مقدار القوة . فيمتضاعف مثلاً إذا تضاعفت ، ويصير إلى ثلاثة أمثاله إذا كبرت القوة إلى ثلاثة أمثاله ، وهلم



جرا . لكن المدى الذى يصدق فيه هذا محدود وإن اختلف فى كل مادة . فإذا زاد التغير عن حد خاص بزيادة القوة عن حد خاص قلت مقاومة المادة للتغير نسبياً وأصبحت أكثر مطاوعة ، وفى هذه الحالة إذا زالت القوة المؤثرة لم يستطع الجسم أن يستعيد حالته الأولى تماماً إلا بعد فترة فيها طول ، ويقال عندئذ أن الجسم قد تعب ، وعلى مقدار التعب يتوقف طول الفترة التى يعود الجسم بعدها إلى حالته الأصلية . أما إذا استمررنا فى إتباعه باستمرارنا فى زيادة القوة المؤثرة فى طول الجسم بعد أن يصير الجسم أكثر مطاوعة ، فإن نسبة المطاوعة تزداد حتى يأتى وقت ينقطع الجسم فيه ، ولو كان مثلاً سلكاً نحيقاً من الحديد .

والتغير الذى يلحق الأجسام من هذه الناحية إما أن يلحقها فى طولها وإما أن يلحقها فى جرمها أى حجمها . وإذن فهناك مرونتان : مرونة طولية أو بالأحرى سطحية لا تكون إلا فى الأجسام الجامدة ، ومرونة جسمية تكون فى الأجسام كلها ، جامدة أو سائلة أو غازية . وفى حالة السوائل والغازات تكون القوة بالبداهة من قبيل الضغط لا من قبيل الشد ، وقد اصطلاح على تقدير مرونة مادة ما بقسمة القوة المغيرة على التغير الذى تحدثه فى جسم مناسب مصنوع من المادة المخصوصة ، كل مقيس بالوحدة اللازمة .

## ٦ — القصور الذاتى

هذا اسم غريب لكن معناه بسيط هو أن كل جسم ساكن لا يتحرك إلا بقوة تحركه ، وكل جسم متحرك لا تتغير حركته إلا بقوة تغير منها ، سواء أكان التغير فى اتجاه الحركة أم بالنقص أو الزيادة فى مقدارها .

والجزء الأول من هذه القضية واضح بذاته تؤيده الملاحظة ، فكلما نرى أن الجسم إذا كان ساكناً لا يتحرك إلا بمحرك بحيث أن حركته بعد سكون



تحمّلنا على التساؤل في أنفسنا عن ماذا حرّكه . فكأنّا كلنا نعرف بالفطرة هذا الجزء من معنى القصور الذاتي وإن لم نعرف هذا الاسم إلا بتوقيف . لكن الذى يصعب التسليم به بعض الصعوبة هو الجزء الثانى من معنى القصور الذاتى ، أى عدم تغير حركة المتحرك سواء فى السرعة أم فى الاتجاه إلا بمغيّر ، لأن مقتضى هذا أنه إذا انعدم المغيّر استمر الجسم المتحرك على حركته إلى مالا نهاية ، وهذا مالا يكاد يسلم به الإنسان ، لأنه تعود أن يرى كل متحرك حوله تنتهى حركته بالفعل بعد مدة من غير أن يرى شيئاً ظاهراً يقاوم الحركة ، فيظن أن الحركة تنتهى من تلقاء نفسها .

هذا الظن طبعاً خطأ لأن مقاومات الحركة موجودة حولنا فى كل مكان وإن لم تبد للعيان إلا بعد تأمل ونظر . وعدم رؤيتنا مقاومات الحركة واضحة ظاهرة هو سبب هذا الظن الذى هو فى الحقيقة العقبة الأولى فى سبيل فهم هذا الجزء من معنى القصور الذاتى . فلو كنّا نراها دائماً كما نرى الحركة ما ظن أحد أن الحركة تنتهى من تلقاء نفسها . فنحن مثلاً لا نجد صعوبة ما فى فهم سبب وقوف برمىل متدحرج إذا تصدى له رجل يوقفه بيديه أو بوضع عقبة فى طريقه ، لكننا نجد شيئاً من الصعوبة فى فهم سبب وقوف هذا البرمىل عينه بعد فترة من غير أن يتصدى لإيقافه أحد . والسبب من اقريب لو تأملناه ، هو مقاومة الهواء للبرمىل خصوصاً إذا كان عظيم السطح ، والاحتكاك بين سطح البرمىل وسطح الأرض . ومثل البرمىل فى هذا كل جسم متدحرج أو منزلق على سطح . حتى القطار المتحرك يقف بعد مدة إذا انحبس عنه البخار بنفس العاملين : مقاومة الهواء والاحتكاك بين القضبان وبين العجلات . ويجب أن نتذكر أن الاحتكاك بين سطحين يكون اتجاهه دائماً ضد اتجاه الحركة ، فهو دائماً موجود مادامت هناك حركة بين سطحين وإن كان لا يستطيع أن يزيد عن مقدار نسبي محدود . أما



إذا كان الجسم غير متدحرج ولا منزلق ، كالحجر الذى يقذف به إلى أعلى ، فإن حركته تقل بالتدريج حتى يقف فيأخذ في السقوط فتزداد حركته بالتدريج . والسر في نقصان حركته إلى علوه هو نفس السر في زيادتها إلى سفله : جذب الأرض إياه . على أن الإنسان ، حتى بعد اتّضاح وقوف الأجسام المتحركة لا من تلقاء نفسها ولكن بموقف ، يجد صعوبة كبرى في التسليم بل لازم القصور الذاتي في الجسم المتحرك ألا وهو استمرار الحركة إلى ما لا نهاية إذا انعدم الموقف والمقاوم . لكن من الممكن تقريب ذلك إلى الفهم بأن نفرض أننا أخذنا كرة مصقولة من الخشب مثلاً ودفعناها بقوة واحدة على سطوح مختلفة مثل سطح الأرض غير المرصوفة ، و سطح الأرض المرصوفة ، و سطح أرض غرقة مبلوطة مستوية ، وأرض غرقة مبلوطة مستوية مدهونة ، وأخرى مدهونة مصقولة ، فإن المسافات التى تقطعها الكرة على تلك السطوح المختلفة تختلف مع اتحاد قوة الدفع . فهى تزداد بالتدريج على تلك الأسطح ، من الأرض غير المرصوفة إلى الخشب المصقول . وليس لهذا تفسير إلا أن الاحتكاك أقل في بعض هذه الأسطح منه في بعض . فالحركة تدوم أكثر كلما كان السطح أكثر استواء وأصقل ، أى كلما كان الاحتكاك أقل بين الجسم المتحرك وبين السطح . لكن الاحتكاك في الواقع دائماً موجود ، كثير أو قليل ، ولذلك تنتهى الحركة دائماً بالسكون . أما إذا تصورنا أن الاحتكاك ارتفع بالمرة ، وأن الهواء المحيط بالجسم أثناء حركته قد انعدم ، فإنه لا يكون هناك عندئذ داع يدعو إلى انتهاء الحركة ، ويظل الجسم المتحرك على حركته مادام ليس هناك قوة تقاومه .

فالقصور الذاتى إذا صورناه تصويراً أدق ، هو مقاومة المادة لكل تغير يراد إدخاله على حالة المادة من حيث الحركة والسكون . فإذا كانت المادة ساكنة فإنها تقاوم تحريكها ، وإذا كانت متحركة فإنها تقاوم تسكينها .



والقصور الذاتي يختلف مقداره باختلاف الكتلة في الأجسام الساكنة ،  
وباختلاف الكتلة والسرعة في الأجسام المتحركة . وهذا مشاهد فإن الجسم  
العظيم الساكن أكثر مقاومة للتحريك من الجسم الصغير الساكن . فإذا كان  
لدينا كرتان كبيرتان من الحديد أو من الحجر إحداهما نصف الأخرى في الكتلة  
كانت مقاومة الصغرى نصف مقاومة الكبرى للتحريك ، أو بعبارة أخرى  
احتجنا في حالة الصغرى إلى قوة نصف التي نحتاجها في حالة الكبرى كي نكسب  
كلا من الكرتين حركة واحدة بسرعة واحدة . فإذا حركنا الكرتين  
وأكسبناهما سرعة واحدة ثم أردنا إيقافهما في زمن واحد احتجنا في إيقاف  
الكبرى إلى ضعف القوة التي نحتاجها في إيقاف الصغرى . لكن لو كانت  
الصغرى تتحرك بسرعة ضعف سرعة الكبرى فإننا في هذه الحالة نحتاج لإيقاف  
الكرتين إلى قوتين متساويتين .

أما إذا كانت الكرتان متساويتين في الكتلة فإننا طبعاً نحتاج إلى قوتين  
متساويتين لإكسابهما حركة واحدة ، وإلى قوتين إحداهما ضعف الأخرى  
لإكسابهما سرعتين إحداهما ضعف الأخرى ، وهلم جرا . فإذا أردنا إيقافهما احتجنا  
إلى مقاومتين متساويتين عند تساوى سرعتيهما ، وإلى مقاومتين إحداهما ضعف  
الأخرى إذا كانت السرعتان إحداهما ضعف الأخرى .

ويتلخص ما سبق فيما يأتي : —

أولاً : أن الجسم يظل على حالته من السكون أو الحركة ما لم تؤثر فيه قوة  
تخرجه عن حالته . فلو أن الجسم كان ساكناً ولم تؤثر فيه قوة بتحريك اظل  
ساكناً أبداً الدهر . ولو أن جسماً كان متحركاً بسرعة ما ولم تؤثر فيه قوة  
تنقص سرعته أو تزيد فيها أو تغير من اتجاهها اظل متحركاً بنفس السرعة في



نفس الاتجاه أبد الدهر كذلك . هذا المعنى كان نيوتن أول من أحسن التعبير عنه ولذا يعرف بقانونه الحركة لنيوتن .

ثانياً : أن القصور الذاتي للجسم الساكن متناسب مع كتلته ، ولالجسم المتحرك متناسب مع كتلته وسرعته .

وإحداث الحركة الدائمة مستحيل على الإنسان ، أجمع على ذلك العلماء بحيث أصبح ذلك من مسلمات العلم البديهية ؛ لأن إحداث الحركة الدائمة يحتاج إلى التغلب الدائم على المقاومات المحيطة ، وهذا يحتاج إلى إحداث طاقة دائمة متجددة ، والإنسان عاجز عن إحداث هذه الطاقة التي لا تنفد . لكن الحركة الدائمة وإن عجز عنها الإنسان موجودة بالفعل في الكون : في حركة جزئيات الهواء الساكن مثلاً وحركة الهواء كتلاً فيما نسميه النسيم والرياح ، وفي حركة سطح البحر ، وفي حركة الكواكب والسيارات ومنها الأرض . ووجود الحركة الدائمة بالفعل في الكون مع عجز الناس أجمعين عنها من أعظم الأدلة وأدقها على وجود خالق قادر يسير الكون .

#### ٧ — المسامية

من خواص المادة أنها ذات مسام منبثة بين أجزائها الدقيقة . والاستدلال على هذه المسام في الغازات والسوائل أمر غير صعب فإن من الممكن تحريك بعض الأجسام الصلبة في الغازات والسوائل . وهذا أمر غير ممكن إلا إذا وجدت مسام فيها .

والسوائل تذيب بعض الأجسام فتنبث أجزاء الجسم المذاب بين أجزاء السائل المذيب بحيث لو أخذنا جزءاً من المحلول لوجدنا فيه من أجزاء المذيب والمذاب معاً كما قد يستدل عليه بالذوق ، في حين أن حجم المذيب قلما يتغير بذوبان الذائب الذي يكون ذائباً فيه بنسبة معقولة ، فإذا ازداد الحجم فإن الزيادة تكون أقل



كثيراً من حجم المذاب . فلو أخذنا سنتيمتراً مكعباً من السكر مثلاً وأذبناه في ٢٠ سنتيمتراً مكعباً من الماء فإن حجم المحلول لا يكون ٢١ سنتيمتراً مكعباً . ولكن ٢٠ ، ويزيد قليلاً جداً إن زاد . أما وزن المحلول ، فهو مجموع وزن السكر والماء في هذه الحالة ، ووزن المذيب والمذاب على العموم . ولو كان كل من المذيب والمذاب لا مسام فيه لما انتشر المذاب في المذيب أولاً ، ولكن حجم المحلول أيضاً مساوياً لمجموع الحجمين كما هو الحال عند خلط سائل بجسم لا يذوب فيه .

والأمر أظهر بالنسبة للغازات لأننا نجد الروائح مثلاً تنتشر في الجو ، ونجد الغاز إذا جمعنا بينه وبين غاز آخر يمتزج به امتزاجاً تاماً ولو كان أحدها أثقل من الآخر ، ولم يكن هذا ليتمكن لو لم تكن الغازات ذات مسام . ثم إن سرعة انتشار الروائح مثلاً بالنسبة لبطء انتشار دقائق الأجسام المذابة في السوائل يدل ليس فقط على شدة حركة حزيئات الغاز أو البخار ذى الرائحة ، ولكن أيضاً على عظم مسام الغازات ، وصغر مسام السوائل بالنسبة إلى الغازات .

فالسوائل والغازات ، بل والجوامد القابلة للذوبان في بعض السوائل ، كل هذه واضح أنها ذات مسام . إنما الصعوبة هي في الاستدلال على مسامية بقية الجوامد التي لا تذوب ، لكن من الممكن الاستدلال على مسامية مثل الخشب بإمكان إدخال جسم صلب كالمسامر فيه من غير زيادة في حجمه ومن غير أن يخرج منه شيء . على أن إمكان قطع الجسم الصلب أو تفتيته هو في ذاته شبه دليل على وجود مسام بين أجزائه جعلت ذلك القطع أو التفتيت ممكناً .

بقي علينا النظر في أمر مثل الحديد والنحاس وما شابهها من المعادن التي لا تقبل الذوبان في الظاهر . لكن هذه وإن لم تقبل الذوبان في الماء تقبل الذوبان في غيره من المعادن المنصهرة ، فالفضة مثلاً تذوب في الرصاص المنصهر والذهب في الزئبق وهلم جرا ؛ بل من الممكن أن يقال إن المعادن على العموم



يذيب بعضها بعضاً أى أن لكل معدن تقريباً معدناً آخر يذيبه في حالة الانصهار ، وهذا الذوبان دليل مسامية كل منهما .

على أن بعض المعادن كالزئبق يستطيع النفوذ في بعض المعادن الجامدة مع بقائها جامدة ؛ فالزئبق ينفذ بالتدريج من الذهب والنحاس مثلاً إذا تركت ملامسة له . فلو وضعت شيئاً من الزئبق على قطعة من النحاس أو الذهب وتركتهما كذلك مدة كافية ثم امتحنتم قطعة النحاس أو الذهب بمبرد لوجدت الزئبق قد تحلل الذهب أو النحاس مما يدل على وجود مسام فيه .

كذلك كثير من المعادن ينفذ منها بعض الغازات كالإيدروجين . فلو مر الإيدروجين في أنبوبة مسخنة من الحديد مثلاً بعد تفريغ ما حولها من الهواء ثم امتحن ما حولها بعد فترة لوجد فيه الإيدروجين ، وهذا دليل وجود مسام في الحديد نفذ منها الإيدروجين . صحيح أن الحديد لا بد من تسخينه لتسهيل نفوذ الإيدروجين ، لكن هذا معناه أن التسخين يوسع المسام لأنه يوجد بها .

على أننا بعد هذا وذاك يمكننا تحويل أكثر الأجسام الجامدة إلى سوائل ثم إلى أبخرة إذا سخناها تسخيناً كافياً ، كما يمكن تحويل الغازات والأبخرة والسوائل إلى أجسام جامدة إذا بردت تبريداً كافياً ، ووجود المسام في الغازات والسوائل لا شك فيه ؛ فمن المعقول أن هذه المسام لا تنعدم بالتبريد وإنما تقل وتصغر ، كما أن من المعقول أنها لا توجد من العدم إذا أسلنا الجسم الجامد وإنما هي موجودة فيه وإن كانت دقيقة ، ثم تكبر وتتسع بالتسخين .

وكذلك قبول الأجسام للانضغاط دليل وجود مسام فيها . فالغازات سهلة الانضغاط ، وإذن فسامها كثيرة كبيرة ؛ والسوائل صعبة الانضغاط ، ولكن الانضغاط واقع بها وإن قل . كذلك المعادن القابلة للطرق تنضغط بالضغط

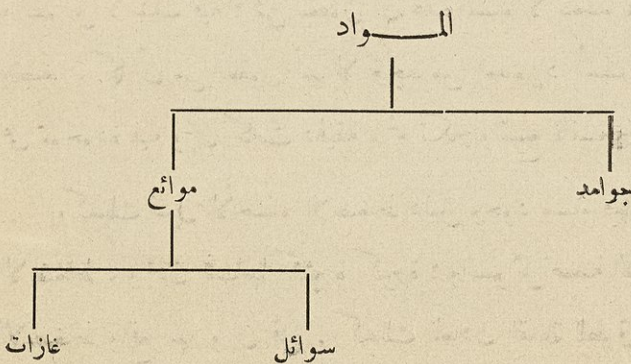


الكبيرة وتزداد كثافتها بالتبع . فالزنك مثلاً تصير كثافته ٧,١٣ بعد ٦,٩ جم إذا وقع تحت ١٠٠٠٠ جو ، أى تحت ضغط قدر الضغط الجوى ١٠٠٠٠ مرة . وتحت نفس الضغط تزداد كثافة الذهب المقطر من ١٨,٩ إلى ١٩,٢٧ جم ، وتزداد كثافة النحاس من ٨,٩٣٣ إلى ٨,٩٣٨ جم ؛ فى حين أن النحاس المطروق كثافته ٨,٩٥ جم ، والفضة تصير كثافتها تحت السك ١٠,٥٧ جم بعد ١٠,٤٥ ، فليس هناك شك إذن فى مسامية هذه المواد .  
وهناك أدلة أخرى غير هذه على مسامية المادة لا داعى لذكرها .

## الفصل الثانى

### أحوال المادة

من خواص المادة أن تكون على حالة من ثلاث : المجمدة ، والسيولة ، والغازية . فكل نوع تقى من أنواع المادة إما أن يكون جامداً أو سائلاً أو غازاً ، والسوائل والغازات قد تسمى بالموائع .





### أهم الفروقات بين الجوامد والموائع :

(١) الجوامد لها شكل ثابت والموائع ليس لها شكل ثابت ، وقد يعبر عن هذا المعنى بطريقة أخرى فيقال إن الجوامد أجزاؤها متماسكة ، أما الموائع فأجزاؤها غير متماسكة .

(٢) الجوامد إذا أريد قطعها قاومت القطع إلى حد ما ، أما الموائع فلا مقاومة فيها للقطع . فالمائع يكفي لقطعه أية قوة قاطعة مهما صغرت . أما الجامد فيحتاج إلى قوة ذات قدر محدود قبل أن يمكن قطعه .

(٣) الموائع لجزيئاتها حركة تنقلية كما يتبين ذلك من انتشار الغازات أو الأبخرة ذات الرائحة في غيرها من الغازات ، وانتشار السوائل القابلة للذوبان في السائل الذي تذوب فيه من غير تحريك . فإذا جئت بسائلين يتداوبان مختلفي الكثافة ، ووضعت أخفهما فوق أثقلهما أو أثقلهما تحت أخفهما من غير مزج بينهما ، وتركتهما هكذا في الإناء مدة كافية فإنك واجدهما بعد هذه المدة قد امتزجا تماماً ، كما يمكن الاستدلال عليه بالطعم ، أو باللون إن كان أحدهما ذالون ، أو بالتحليل ، وهذا دليل انتشار الأخف في الأثقل والأثقل في الأخف ، وهو بدوُّه دليل تمقل جزيئات كلٍّ .

أما الجوامد فليس لجزيئاتها هذه الحركة التنقلية ، ولكن إذا كان لجزيئاتها حركة فهي حركة تذبذبية : يتذبذب الجزيء في الجسم الجامد حول نقطة ثابتة ؛ ولذلك يحتفظ الجسم الجامد بشكله رغم حركة جزيئاته ، لأن الحركة التذبذبية تكون ثابتة المسكن كحركة بندول الساعة أو حركة وتر العود .

والعلماء يرون أن لجزيئات الجوامد هذه الحركة التذبذبية ، ولهم على ذلك شواهد تشهد لها على وجه الترجيح لا اليقين . منها أن السوائل يمكن



تجميدها ، وأن الغازات يمكن تسيلها كلها وتجميد كثير منها ، وهم يقيسون تجميد السوائل على تسيل الغازات . فكما أن تسيل الغاز لا يستنفد حركة جزيئاته بل يترك فيها بقية على وجه اليقين ، كذلك تجميد السائل لا يستنفد حركة جزيئاته بل يترك فيها بقية على وجه الظن والتغليب ، ويستأنسون لهذا بتعذر استنفاد السائل من إناء محتويه ويقتل به جداره مهما بولغ في تفرغه ، وإذا تعذر استنفاد السائل كله وهو مادة محسوسة فن باب أولى يتعذر استنفاد كل حركة جزيئات السائل عند تجميده بالتبريد . ولما كان أكثر الجوامد يمكن تسيله ثم تجميده ، فحكمه من هذه الناحية حكم السوائل المجمدة . وعلى الجوامد الممكن تسيلها تقاس الجوامد التي لا يمكن تسيلها كالخشب والجير . وبالجملة فإنه يغلب جدا أن تكون لجزيئات أكثر الجوامد حركة موضعية ، كما يغاب أن تكون مثل هذه الحركة لجزيئات جميع الجوامد وإن اختلفت الجوامد في مدى هذه الحركة ، وهذا القسط من الشك الذي ينتاب الإنسان في نسبة الحركة إلى جزيئات الجوامد هو الذي يجعل القول بحركة جزيئات المادة في مرتبة النظريات بدلاً من مرتبة القوانين .

( ٤ ) و فرق رابع بين الجوامد والموائع أن الموائع المحبوسة يسرى فيها الضغط في حين أن الضغط لا يسرى في الجوامد . فإذا كان عندك سائل أو غاز محبوس في أسطوانة ، وكان بعض ما يحبس في الأسطوانة مكبس جزئى لا يشغل إلا جزءاً من فراغها ، فإن أى ضغط يقع على بعض السائل أو الغاز بواسطة المكبس يسرى في جميع السائل أو الغاز في كل اتجاه .

( ٥ ) و فرق خامس ينتج إلى حد كبير من الرابع أن المائع إذا حل فيه جسم لا يذوب فيه ، سائلاً كان أو جامداً ، وقعت عليه ضغوط من جميع الجهات متناسبة عند كل نقطة من نقط سطح الجسم مع كثافة المائع ومع عمقه عند تلك النقطة ،



أو بعبارة أخرى مع ثقل عمود المائع الواقع على تلك النقطة أو على نقطة في مستويها .  
ولما كانت الضغوط الأفقية الواقعة في مستو واحد متساوية ومتضادة فإنها تتلأغى في كل مستو ، فلا يكون لمجموع الضغوط الأفقية الواقعة على الجسم نتيجة أو تأثير . أما الضغوط الرأسية فإنها كما قلنا تزداد مع العمق ؛ ولما كانت الأعماق عند نقط سطح الجسم الواقعة على عمود واحد لا تختلف إلا بقدر ما يفصل النقط من مادة الجسم ، وكان الضغط من أعلى إلى أسفل عند كل نقطة عليا يقابله ضغط من أسفل إلى أعلى عند كل نقطة سفلى تناظرها على العمود المار بهما ، فإن قليلا من التفكير يؤدي إلى أن كل ضغط إلى أسفل يتلأغى مع جزء من الضغط المناظر له إلى أعلى تاركا جزءاً متناسباً مع البعد بين النقطتين الواقع عليهما الضغطان المتناظران ، وأن مجموع هذه الضغوط الجزئية إلى أعلى يتناسب إذن مع حجم الجسم ، أو بعبارة أدق يساوى حجم الجسم في كثافة المائع ، مادام كل ضغط يتناسب مع كثافة المائع وعمقه عند كل نقطة من سطح الجسم . وتكون النتيجة أن الجسم يدفع إلى أعلى بقوة تساوى وزن المائع الذى حل الجسم محله .

هذه النتيجة التى تحتاج إلى شيء من التخيل والتفكير لتصورها نظريا من السهل إثباتها عمليا فى السوائل على الأقل : يؤتى بجسم جامد صغير ويعلق فى الهواء بخيط من أحد طرفى عاتق ميزان ، ويوزن بمعادلته بالصنج فى الكفة الأخرى ؛ ثم يؤتى بكوب فيه سائل كافٍ ويوضع الكوب تحت الجسم المعلق بحيث يصبح من ناحية مغموراً بالسائل من غير أن يمس شيئاً من زجاج الكوب ، ويكون الكوب من ناحية أخرى محمولاً على الكف أو غيره بحيث لا يمس شيئاً من الميزان . عندئذ ترجح ناحية الصنج ناحية الجسم بمجرد غمر الجسم فى السائل . وهذا هو الدليل العملى على أن نتيجة الضغوط الواقعة على الجسم فى السائل قوة واحدة ترفع إلى أعلى . أما مقدار هذا الدفع فيمكن إيجاد



بوزن الجسم في هذه الحالة أيضا ، فيكون الفرق بين هذا الوزن ووزن الجسم معلقاً في الهواء يساوى الدّفع إلى أعلى أو الرفع . فإذا قيس حجم الجسم بطريقة من طرق قياس الحجم مناسبة ، فإن حجم السائل الذي حل الجسم محله يساوى حجم الجسم بالبداية ، ووزن هذا السائل المزاح كما يسمونه يساوى إذن هذا الحجم مضروباً في كثافة السائل . وإذا قورن وزن السائل المزاح المأثّر به عن هذا الطريق بقوة الرفع المقيسة عملياً من قبل وُجد أنهما متساويان مهما كان السائل ما دام الجسم لا يذوب فيه . وهذا هو البرهان العملي على أن كل جسم مغمور بسائل لا يبريزه يرفع الى فوق بقوة تساوى وزنه السائل المزاح .

هذه النتيجة تصدق على جميع الموائع ، إذ من الممكن إثباتها عملياً في حالة الغازات أيضاً وإن بشيء من الصعوبة والاحتياط .

قاعدة أرخميدس : الجسم إذا انغمر بسائل كان تحت سلطان قوتين :

قوة الرفع المشار إليها آنفاً تدفعه إلى أعلى ، ووزن الجسم يجذبه إلى أسفل . والوضع الذي يستقر عليه الجسم في السائل في النهاية يتوقف على النسبة بين هاتين القوتين . فإذا كان الوزن أكبر من الرفع غاص الجسم . وإذا كان يساويه فإن الجسم يقر في السائل وهو منغمر به على أي وضع كان . أما إذا كان الرفع أكبر من الوزن فإن الجسم يتحرك إلى أعلى حتى يصير إلى وضع يقل فيه الرفع حتى يتساوى والوزن ، أي حتى يبرز منه عن سطح السائل جزء كافٍ لجعل السائل الذي أراحه الجزء المنغمر مساوياً في الوزن لوزن الجسم ، وعندئذ يستقر الجسم على سطح السائل ، ويقال إنه طفا على السائل .

فالجسم الطافي إذن لابد أن يكون جزء منه منغمراً بالسائل ، وأن يكون وزنه مساوياً وزن السائل المزاح أي الذي حل الجزء المنغمر محله . وبعبارة أخصر



الجسم الطافي وزنه يساوى وزنه السائل المزاع . هذا هو قانون الأجسام الطافية الذى كشف عنه أرشميدس فى القرن الرابع قبل الميلاد ولذا يعرف بقاعدة أرشميدس .

### أهمية قانون الأجسام الطافية : سنة الله هذه فى الأجسام الطافية هى

السر الأكبر فى تسخير الله الفلك للناس فى البحر ، فإن الفلك وما تحمل تطفو على سطح الماء مادام الجزء الغاطس منها كافياً فى حجمه لإزاحة قدر من الماء وزنه يساوى وزن الفلك وما عليها . وهذا سهل تحقيقه فى العادة بجعل الفلك أو السفينة مقوسة البدن إلى الخارج بحيث يقتضى انغراس سنتيمتر مثلاً من ارتفاعها إزاحة جزء عظيم من الماء حجمه يتفاوت بتفاوت مساحة المقطع السطحى للسفينة عند ذلك الجزء المنغمر . فإذا كان ذلك المقطع كبير المساحة أمكن السفينة أن يزداد فى حملها زيادة كبيرة من غير أن تتعرض للانغراس فى الماء إلا بقدر سنتيمتر أو شبيهه من ارتفاعها . فلو كانت مساحة المقطع مثلاً عند مُنغَس السفينة  $2 \times 5$  متراً مربعاً ، فإن انغراس سنتيمتر آخر من ارتفاعها معناه إزاحة  $100 \times 100$  سنتيمتر مكعب من الماء تقريباً ، وهذا يوازى قوة رفع قيمتها ١٠٠ كيلو جرام . أى أن هذه السفينة الصغيرة تستطيع أن تزيد حملها ١٠٠ كيلو جرام أو نحو قنطارين ونصف من غير أن يغطس منها مقابل ذلك إلا نحو سنتيمتر واحد من ارتفاعها . فإذا كان ارتفاع الجزء البارز منها نحو ثلاثين سنتيمتراً استطاع الملاح أن يحمل فيها نحو أربعين قنطاراً من غير أن يغطس منها أكثر من نصف ذلك الارتفاع . وما تستطيع مثل هذه السفينة حمله فى الماء المالح يزيد طبعاً عن حملتها فى الماء العذب بما يناسب فرق ما بين المائين فى الكثافة .

ومن هنا أمكن الإنسان أن يسيّر تلك الجوارى فى البحر كالجبال ، سواء أكانت جوارى بالتجارة وما ينفع الناس ، أم كانت جوارى بكل مهلك مخرب



من آلات القتال . ولو راقب الإنسان ربه فلم يستعمل ما أوتى من قوة إلا في ما أحل الله له أو أوجب عليه لكانت تلك البوارج والمدرعات نعمة على الإنسان يدفع بها عن نفسه بالحق أو يحمي بها الضعيف . وهى على كل حال نعمة وإن كانت كغيرها من النعم عرضة لأن تنقلب نقمة إذا استعملها الإنسان في غير ما شرع الله . والله ينعم ، والإنسان مسئول عن تصرفه فيما أنعم الله عليه . (ومن آياته الجوار فى البحر كالأعلام ، إن يشأ يسكن الريح فيظللان رواكد على ظهره ، إن فى ذلك لآيات لكل صبار شكور . أو يوبقهن بما كسبوا ، ويعف عن كثير) .

وسنة الله فى الأجسام الطافية لا تقف طبعاً عند حد السفن ، صغيرة أو كبيرة بل هى تشمل كل طاف . فالإنسان يطفو جسمه على سطح الماء لأن متوسط كثافة جسمه أقل من كثافة الماء العذب ، أى لأن وزنه أقل من وزن الماء الذى يزيحه لو انغمر كله ، فإذا رُمى به فى الماء فلا بد أن تبقى منه بقية طافية . وأول أسرار السباحة أن يعرف الإنسان كيف يجعل ذلك الجزء الطافى هو جزء رأسه الذى حول فيه وأنفه ، أى حول متنفسه الذى يتنفس منه ، فإذا لم يعرف هذا فسيبدو من جسمه جزء آخر وينغمر فيه وأنفه ، وإذا انغمر فيه وأنفه فإنه يوشك أن يفقد رشده ويتلع من الماء عند التنفس ما يثقل به جسمه فيغوص بالتدريج حتى لا يبدو منه شئ . فكان ثانى أسرار السباحة ألا يتلع الإنسان شيئاً من الماء مهما كانت الظروف ، وليس ذلك بمنجيه عند خطر الغرق ولكن يطيل له فى فرصة النجاة . كذلك يزيد فى فرصة نجاته أو فرصة سباحته أن يحفظ فى الماء كل ما عدا رأسه ، فإن ذلك يعين على ظهور رأسه فوق الماء . ومن هنا كانت طريقة السبح بتحريك اليدين والرجلين تحت الماء أحسن وأسلم من طريقة الضرب بالرجل والذراع .



وطيور الماء قد لافقَ الله بين ريشها ، وصانه بما يغشاه من الدهن عن أن يتخلله الماء إلا برغبتها ، وذلك كله حتى يصير حجمها أكبر من وزنها ، أى حتى يصير متوسط كثافتها أقل كثيراً من كثافة الماء فلا يغطس منها فى الماء إلا أقلها . أما أرجلها المفرطة فإنما هى لها بمنزلة اليد للسباح أو المجداف .

وكما أن سنة الله فى الأجسام الطافية هى السر فى طفو الفلك وطيور الماء ، كذلك سنة الله فى الاتزان فى المائع مطلقاً عند تساوى الوزن والرفع هى بعض سر اتزان الطير فى الهواء عند التحليق . وقد لآحم الله أيضاً بين ريش الطير ووجهه الجناح والذيل ليزيد بنشرها فى حجمه أولاً ، فيزداد بذلك الرفع السابى أو الرفع عند السكون ؛ ويزيد بنشرها فى سطحه ثانياً فيزداد بذلك حمل الهواء إياه فى كل من السكون والحركة . ولا شك أن لحركة الهواء حول جسم الطائر دخلاً عظيماً فى طيرانه ، سواء أ كانت حركة الهواء إلى أعلى ناشئة عن حركة الطير أم كانت مستقلة عنها . وإلى حركة الهواء هذه من غير شك يرجع سر بقاء الطير فى الجو عند قبض جناحيه ، فإليها وإلى ما قبلها يرجع بعض سر قوله تعالى : ( أَوَلَمْ يَرَوْا ) إلى الطير فوقهم صافات<sup>(١)</sup> وَيَقْبِضْنَ ؟ ما يمسكهن إلا الرحمن ، إنه بكل شىء بصير ) ، وتفصيل ذلك عند علماء رياضة الطيران إن كانوا وقفوا من ذلك على التفاصيل .

ومهما يكن من ذلك فقد أحاط الإنسان من سنن الله فى الطير بما كفى فى تمكين الإنسان من مضارعة الطير فى طيرانه إلى حد أدهش الإنسان نفسه ، وإن كان لا يزال بعيداً جداً عن محاكاة الطير كل المحاكاة . لكن صعود الإنسان فى السماء بالطيارة أعقد كثيراً فى تفسيره من صعوده بالبالون أو بالمنطاد . فالطيارة أثقل من الهواء وإذا وقف محركها سقطت . أما البالون أو المنطاد فهما

(١) صافات : باسطات أجنحتهن .



أخف من الهواء ، وإذا وقف محركه أو تخفف من بعض حملة صعد . والسرف في ذلك يرجع إلى أمرين : الأول تكبير حجم البالون أو المنطاد كثيراً بالنسبة لوزنه حتى يزداد رفع الهواء إياه تبعاً لسنة الله في الأجسام المغمورة في الموائع . والثاني ملؤه أو ملء جيوب كثيرة في بدنه بغاز أخف من الهواء ، ونتائج هذين العاملين أن يصير متوسط كثافة المنطاد بالفعل أقل من متوسط كثافة الهواء ، ولما كان اللتر من الهواء يزن حوالى ١.٢٩ جرام فإن متوسط وزن السنتيمتر المكعب من البالون أو المنطاد أقل من ١.٢٩ ر من الجرام . أو ، إن شئت ، إن الوزن النوعى للمنطاد بالنسبة للهواء أقل من واحد ، ولذا فهو يصعد في الجو إذا ترك وشأنه ، ومن أجل ذلك إذا أريد أن ينزل إلى الأرض جذب بالحبال .

وقد كان الغاز المستعمل في تخفيف المنطاد في الأول هو الإيدروجين الذى هو أخف الغازات ، لكن استبدل به أخيراً الغاز الذى يليه في الخفة والكثرة ، غاز الهليوم ، وذلك لأن الهليوم أسلم وأمن ، إذ الإيدروجين قابل والهليوم غير قابل للاحتراق .

وإذا فرغنا الآن من النظر في أهم الفروق بين الجوامد والموائع وبعض ما يترتب عليها من الآثار فلننظر الآن في أهم الفروق بين صنفى الموائع ، أى بين السوائل والغازات .

### أهم الفروق بين السوائل والغازات :

( ١ ) حركة الجزيئات في السوائل ، وإن كانت تنقلية كما في الغازات ، أقل كثيراً في سرعتها من حركة جزيئات الغازات . وهذا مشاهد في ببطء تبخر السوائل وببطء انتشار بعضها في بعض من ناحية ، وفي سرعة انتشار الغازات والأبخرة ذات الرائحة من ناحية أخرى . والفصل بين السائل والغاز من هذه الناحية أن السوائل لا يلزم أن تملأ الإناء الذى تكون فيه ، أما الغازات فتنتشر



بسرعة في الإناء الذي تكون فيه حتى تملأه مهما قل مقدارها .

(٢) مسام السوائل أصغر كثيراً في ذاتها من مسام الغاز ، أى أن جزيئات السائل أقرب كثيراً بعضها من بعض من جزيئات الغاز . ومن الممكن التعبير عن هذا بطريقة أخرى فنقول : إن الغازات أخف كثيراً من السوائل ، ويكفي المقارنة أن نعرف أن اللتر من الماء مثلاً وزنه ١٠٠٠ جرام ، في حين أن اللتر من الهواء الجاف وزنه ١,٢٩ جرام ومن الإيدروجين ٠,٠٩ جرام ومن الأكسجين ١,٤٣ جم ومن الأزوت ١,٢٤٨ جم .

(٣) السوائل مقاومتها للانضغاط ، أى تصغير الحجم بالضغط ، كبيرة جداً في جميع الحالات . أما الغازات فقوتها غير كبيرة إلا في حالات خاصة ، حالات الغازات المضغوطة ضغطاً كبيراً بالفعل .

وقياس انضغاط السوائل ليس بالأمر السهل لأنه يحتاج إلى احتياطات عدة لكن على العموم لو فرضنا أسطوانة من فولاذ يتحرك فيها مكبس محكم ، بحيث لا يسمح أثناء حركته بخروج شيء من السائل أو الغاز ، فإننا إذا حاولنا ضغط سائل في الأسطوانة فإننا لا نكاد نستطيع تحريك المكبس إلى داخل الأسطوانة بالرغم من كبر الضغط ؛ لكن من الممكن في حالة الغاز تحريك المكبس إلى داخل الأسطوانة بسهولة في الأول ، ثم تقل سهولة شيئاً فشيئاً كلما قل حجم الغاز بالانضغاط .

وبعبارة أخصر وأدق ، السائل مرونته الجسمية عظيمة جداً ، أما الغاز فرونته الجسمية متغيرة تبعاً لحجمه بفرض ثبات كتلته . فإذا أخذنا كتلة ما من سائل في حيز مناسب محدود كان صعباً جداً تصغير حجمها بالضغط . لكن إذا أخذنا كتلة من غاز تحت الضغط العادى كان من السهل ضغطها في الأول وكلما صغر حجمها صعب ضغطها ، أى زادت مرونتها الجسمية .

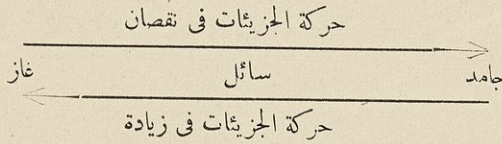


## الفصل الثالث

### تغير الحالة

مدار التغير : المادة في أحوالها الثلاث ممكن تحويلها من حالة إلى حالة . إن من الممكن القول بأن الفرق الأساسي بين حالات المادة هو فرق في حركة جزيئاتها : حركة جزيئات الجامد تذبذبية ، وحركة جزيئات السائل تنقلية بطيئة ، وحركة جزيئات الغاز تنقلية سريعة . فمن المعقول إمكان الانتقال من حالة إلى حالة إذا أمكن تغيير حركة الجزيئات تغييراً كافياً . فإذا أمكن تغيير الحركة من تذبذبية إلى تنقلية بطيئة أمكن تحويل الجامد إلى سائل ، وإذا أمكن تحويلها من تنقلية بطيئة إلى تنقلية سريعة أمكن تحويل السائل إلى غاز . وبالعكس إذا أمكن تحويل حركة الجزيئات من تنقلية سريعة إلى تنقلية بطيئة ، ومن هذه إلى تذبذبية أمكن تحويل الغاز أو البخار إلى سائل ثم إلى جامد .

هذا التحويل كله مداره زيادة حركة الجزيئات إذا سرنا نحو الطرف الغازي أو تقليلها إذا سرنا نحو طرف الجامد :



التميع والتجميد : فأما زيادة حركة الجزيئات فتحتاج إلى طاقة . هذه الطاقة نستمدّها في الغالب من الأجسام الحارة بالتسخين . فإذا سخنا جسماً جامداً كالنحاس أو كبريت العمود تحولت حركة جزيئاته من تذبذبية بطيئة إلى تذبذبية سريعة ثم إلى تذبذبية عنيفة ، وفي هذه الأثناء كلها يظهر أثر زيادة حركة



الجزئيات على صورة زيادة سخونة الجسم ، أى زيادة درجة حرارته ، أو أيضاً على صورة ضوء يخرج من الجسم إذا صارت ذبذبة جزئياته عنيفة . فإذا استمررنا فى التسخين بعد ذلك اضطربت حركة الجزئيات إلى درجة يفصل معها بعضها ، أى تتحول الحركة الجزيئية من تذبذبية عنيفة إلى تنقلية ، وبذلك يبدأ الجسم يتحول من جامد إلى سائل ، وبعبارة أخرى يبدأ الجامد يسيح .

ذلك الاضطراب وهذا التحول يبدأ عادة فى الأجزاء الأقرب إلى مصدر الحرارة ، أى فى الطبقة الظاهرة من الجامد المسخن . فالجامد يسيح من ظاهره ويسرى السيحان شيئاً فشيئاً إلى الطبقات الباطنة حتى يصير الجسم كله سائلاً . ويعين على ذلك أن يكون الجامد مسحوقاً أو شبه مسحوق ، وأن يُقَلَّب أثناء التسخين ، وقد شوهد بالفعل فى هذه الحالة أن درجة حرارة الجسم أثناء السيحان تبقى ثابتة حتى يسيح الجامد كله إذا كان الجامد نقياً ، أى مكوناً من مادة واحدة غير مخلوطة بغيرها ، وتسمى درجة الحرارة التى يبدأ عندها السيحان والتى تبقى ثابتة أثناءه **برمجة السيحان أو برمجة الانصهار** .

تجربة الجوامد والسوائل : فإذا استمررنا فى التسخين بعد ذلك ، أى بعد تمام سيحان الجامد ازدادت حركة جزئياته واتسعت مسامه وتحول بعضه إلى بخار ، وإذا كان هذا البخار آتياً من الداخل ظاهراً على السطح فى صورة فقائيع من مادة السائل قيل إن السائل يغلى أى يتحول إلى بخار ليس فقط من السطح ، ولكن من الداخل . وهذا لا يحدث إلا إذا كان ضغط بخار السائل إلى الخارج مساوياً للضغط الواقع على السائل من الخارج ، وقد شوهد أن درجة حرارة السائل الثابت التركيب تظل فى هذه الحالة ثابتة ما دام الضغط الواقع على السائل ثابتاً ، وهذا معناه أن درجة حرارة السائل الذى يغلى تختلف باختلاف الضغط الواقع



عليه؛ فترتفع إذا زاد، وتنخفض إذا نقص، وتثبت إذا ثبت، وتغير إذا تغير، وهذا كله قد ثبت أيضاً بالملاحظة. وتسمى درجة حرارة السائل الذى يغلى تحت ضغط مخصوص بدرجة غليان السائل عند ذلك الضغط. فلكل سائل درجات غليان متعددة بتعدد الضغوط: كل ضغط يمكن أن يقع على السائل يقابله درجة غليان، أى درجة حرارة يغلى عندها السائل. ولما كان الضغط الذى يغلب وقوعه على السوائل عند غليانها هو ضغط الجو، فقد اصطاحوا إذا أطلق الغليان أن يقصد به الغليان تحت الضغط الجوى، وإذا أطلقت درجة الغليان أن يقصد بها درجة الحرارة التى يغلى عندها السائل تحت الضغط الجوى، أو إذا شئت، درجة الحرارة التى يصير عندها ضغط بخار السائل مساوياً لضغط الجو على السائل. وهذا الكلام ينطبق طبعاً على كل سائل سواء كان جامداً مصهوراً، أو كان فى الأصل سائلاً فى درجة الحرارة العادية.

فالذى علينا أن نذكره على الأخص هو أن الانتقال إلى السيولة من الجوده، أو إلى البخارية من السيولة، يقتضى حتماً زيادة فى حركة الجزيئات، وأن هذه الزيادة لا بد أن تؤخذ من مصدر ما؛ لأن التسييح أو التبخير عمل، وسنة من أعم سنن الله فى خلقه ألا يعمل عمل إلا ببذل مجهود واستنفاد طاقة.

دوبان الجوامد: لكننا نشاهد أن بعض الجوامد يتحول إلى سائل بالدوبان.

فى سائل آخر من غير تسخين؛ فمن أين تأتى الطاقة اللازمة فى هذه الحالة لهذا الدوبان؟ تأتى من نفس حركة جزيئات السائل المذيب فتقل هذه بقدر ما يلزم لتذويب الجسم من طاقة، ومن أجل ذلك تقل درجة حرارة المحلول الناتج. فإذا أذيت ملحاً أو سكرراً فى ماء انخفضت درجة حرارة الماء قليلاً، وقد تنخفض كثيراً بدوبان بعض الأملاح الأخرى، وهكذا يمكنك تبريد السائل بتذويب



جسم مناسب فيه ، حتى أن من الممكن تخفيض درجة حرارة الثلج نفسه بإذابة ملح الطعام فيه : يخلط الملح بالثلج المدقوق فيذوب بعضه في الثلج آخذاً الطاقة اللازمة لذلك من حركة جزيئات الثلج فتقل هذه الحركة ، أى تنخفض درجة حرارة الثلج بقدر ما يحتاجه ذوبان الملح من طاقة ، ويقال فى هذه الحالة إن درجة حرارة الثلج انخفضت إلى ما تحت الصفر ، لكن ليس فى هذا التعبير معنى جديد لأن الصفر ما هو إلا الاسم الاصطلاحي لدرجة حرارة الثلج .

تبخر السوائل : ومثل الذوبان التبخير ، لا بد له من طاقة ، إذ جزيئات البخار أشد حركة من جزيئات السائل . هذه الطاقة يأخذها البخار من السائل إن لم يجد مصدراً آخر يأخذها منه ، فتقل بذلك الطاقة المتخلفة فى السائل وتنخفض درجة حرارته . وهذا هو علة برودة الماء فى أبريق الفخار الراشحة ، فإن الأبريق إذا عرض للهواء تبخر الماء الراشح على ظهره فتشرح آخر مكانه ، فتبخر ، فتشرح وهلم جرا ؛ وكلما تبخر منه شئ نزلت درجة حرارة الماء فى الأبريق حتى يبرد الماء باستمرار التبخير برودة محسوسة . والنسيم يساعد على التبخير لأنه يذهب بالبخار إذا تراكم حول الأبريق ويفسح بذلك المجال لتكوين غيره ، فقد عرف بالمشاهدة أن الهواء إذا تشبع ببخار الماء لم يستطع حمل بخار آخر غير الذى فيه ، فيقف التبخر ولو كان الماء مكشوفاً ؛ وهذا هو السر فى بقاء برودة الماء فى الأواني الفخارية على السواحل البحرية أو انعدامه ، لأن الهواء على شاطئ البحر يكثر أقرب إلى التشبع بالبخار .

النبيل والتجميد : إذا كنا قد اصطلاحنا على تسمية تحويل الجامد إلى

سائل تسيباً فلنصطلح على تسمية تحويل الغاز إلى سائل تسيباً حتى يكون هناك لفظ خاص بكل من التحويلين . وقد عرفنا أن الانتقال من الجودة إلى



السيولة فالبخارية يكون عادة بالتسخين وأحياناً تؤخذ الطاقة اللازمة لذلك من نفس الجسم . أما الانتقال العكسي ، أى من البخارية إلى السيولة فالجودة فإنه يكون بالتبريد كما هو واضح . فإذا أردنا تحويل بخار أو غاز إلى سائل وجب أن نسلبه فرق ما بين البخار والسائل من الطاقة ، أى يجب أن نأخذ منه بطريقة ما فضل حركة جزيئاته على حركة جزيئات السائل ، وذلك يكون عادة بتوصيله بشيء أبرد منه برودة كافية ، وهذا نعرفه فى بعض ما نجريه فى حياتنا العادية من عمليات . فإذا عرضنا مثلاً سطحاً بارداً إلى بخار خارج من أبريق شاي تغبش السطح البارد بما يتطأف عليه من البخار . وفى عملية استخراج الزهر أو الورد نجد الناس يجمعون بين عمليتي التبخير والتكثيف : نجدهم يخالطون الزهر أو الورد فى دست أنيق قد اتصل — أى الدست — من أعلاه بأنبوبة حولها أنبوبة أخرى يمكن فتحها وإغلاقها . هذه الأنبوبة الخارجية تملأ بالماء البارد حتى إذا أوقد على الدست وما فيه تبخر الماء وحمل بخاره من عطر الزهر أو الورد ، وسار البخار وما يحمل فى الأنبوبة الداخلية فيبرد بالماء المحيط بها فى الأنبوبة الخارجية ، ويتحول إلى سائل هو مزيج من الماء وعطر الزهر أو الورد أو أى ورق عطرى آخر ، فيقطر ذلك المزيج من طرف الأنبوبة الداخلية الآخر فى إناء يستقبله من نحو زجاجة أو غيرها اصطلاح اليوم على تسميته بالمستقبل . فالبخار فى هذه العملية يفقد طاقته الزائدة التى تموقف عليها البخارية فتنخفض درجة حرارته هو وترتفع حرارة الماء المبرد فى الأنبوبة الخارجية ، ولذا يغيرون هذا الماء من حين إلى حين .

أما إذا استمررتا فى عملية التبريد وبردنا السائل الناتج عن تكثيف البخار بمخلوط مبرد من ثلج وملح أو نحوه ؛ فإن النقص فى حركة جزيئات السائل يبلغ حدّاً ينقلب معه السائل جامداً .



التسييل بالضغط : وهناك للإسالة ، إسالة الأبخرة والغازات ، طريق آخر غير التبريد ، هو الضغط . فإذا ضغطنا بخاراً بدلاً من تبريده تحول إلى سائل ، وإن كان مقدار الضغط اللازم يزداد بازدياد درجة حرارة البخار ؛ بل إن الضغط لا يحدث هذا الأثر في جميع درجات الحرارة ؛ إذ قد وجدوا لكل بخار ولكل غاز درجة حرارة خاصة لا يمكن تسييله فوقها بالضغط وحده مهما كبر الضغط ومهما صغر الفرق بين الدرجتين . هذه الدرجة الخاصة من الحرارة التي يمكن عندها أو تحتها تسييل البخار أو الغاز بالضغط وحده ولا يمكن تسييله قط فوقها تسمى *بدرجة الحرارة الانقلازية* ، أو *الدرجة الانقلازية* اختصاراً . فلا بد من أن تكون درجة حرارة البخار أو الغاز تحت درجته الانقلازية ، حتى يمكن تسييله بالضغط وحده .

والدرجات الانقلازية تختلف باختلاف الأبخرة والغازات : لكل بخار ولكل غاز درجة انقلازية تختلف قليلاً أو كثيراً عن الدرجة الانقلازية لأي غاز أو بخار آخر . وليس بين البخار والغاز فرق إلا أن الدرجة الانقلازية للبخار أعلى كثيراً من الدرجة الانقلازية للغاز . فالدرجة الانقلازية لبخار الماء مثلاً هي ٣٦٠ درجة مئوية ؛ في حين أن الدرجة الانقلازية لغاز ثاني أكسيد الكبريت ١٥٥٫٥° م ؛ وغاز ثاني أكسيد الكربون ٣١٫٥° م ؛ وغاز النشادر ١٣٠° م ؛ ثم هي للأكسجين — ١١٩° م ؛ وللأزوت — ١٤٦° م ؛ وللإيدروجين — ٢٣٨° م . وكلما كانت الدرجة الانقلازية أكثر انخفاضاً كان الغاز أنأى عن البخارية وأمكن في الغازية . فالغاز الذي درجته الانقلازية صفر مثلاً هو أمكن في الغازية من الذي درجته الانقلازية ١٠ ، لأن الذي درجته صفر لا يمكن تسييله عند درجة ١ ولا ٢ الخ مهما كان الضغط كبيراً ؛ في حين أن الغاز الثاني الذي درجته ( ٥ — سنن كونية )



١٠ يمكن تسيله عند ١٠ أو أقل من ١٠ ؛ والفرق بين الأبخرة والغازات الحقيقية هو كما قلنا من قبل أن الأبخرة درجاتها الانقلاية مرتفعة جدًا ، في حين أن الغازات المسكينة الغازية درجاتها الانقلاية منخفضة جدًا . أى أن الأبخرة تقع في دهمليز مرتبة الغازية ، فهي في الحقيقة شيء وسط بين السوائل والغازات ، كما أن الغازات التي درجاتها الانقلاية عالية نسبيًا مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت هي في الحقيقة شيء وسط بين الأبخرة والغازات الحقيقية أو الغازات المسكينة ، كما ينبغي أن تسمى .

وينتج من أن الغازات المسكينة درجة حرارتها الانقلاية منخفضة جدًا أنه لا يمكن تسيلها بالضغط وحده ، ولا بالتبريد وحده ، ولكن بالضغط والتبريد معًا : يبرّد الغاز إلى درجته الانقلاية على الأقل ، ثم يضغط حتى يسيل ؛ وكلما اشتد تبريده تحت درجته الانقلاية احتيج إلى ضغط أقل لتسييله عند تلك الدرجة المبرّد إليها . وقد اصطلح على تسمية أقل ضغط كاف لتسييل الغاز بضغط التبريد . والعبرة في الحكم على مكانة الغاز هي بالدرجة الانقلاية لا بالضغط الانقلاي .



## جدول بالقيم الانقلاية لبعض المواد

| المادة                   | الدرجة الانقلاية | الضغط الانقلاي |
|--------------------------|------------------|----------------|
| الماء                    | + ٣٦٠ ° مئوية    | ١٩٥,٥ جو       |
| البزين                   | + ٢٨٨,٥ »        | » ٤٨           |
| الكحول                   | + ٢٤٣ »          | » ٦٣           |
| غاز ثاني أ أكسيد الكبريت | + ١٥٥,٥ »        | » ٧٩           |
| » الكلور                 | + ١٤١ »          | » ٨٤           |
| » النشادر                | + ١٣٠ »          | » ١٥٥,٥        |
| » ثاني أ أكسيد الكربون   | + ٣١,٥ »         | » ٧٣           |
| » الأ كسيجين             | — ١١٩ »          | » ٥١           |
| » أول أ أكسيد الكربون    | — ١٣٦ »          | » ٣٣,٥         |
| » الأزوت                 | — ١٤٦ »          | » ٣٥           |
| » الإدروجين              | — ٢٣٨ »          | » نحو ١٥       |
| » الهليوم                | — ٢٦٨ »          | » ٢,٣          |

على أنه بعد أن تقدمت وسائل التبريد الشديد حتى صار من الممكن الحصول على درجة من البرودة حوالى — ٢٧٢ °م أصبح فى الاستطاعة تسييل أكثر الغازات المسكينة المعروفة ، بل تجميدها ، بالتبريد الشديد وحده

### وسائل التبريد : للتبريد على وجه الإجمال طريقتان :

**الطريقة الأولى :** إحاطة الشئ المراد تبريده ، جامداً كان أو سائلاً أو غازاً ،

بجسم بارد مناسب .

وأهون المبردات الثلج ، وهو وإن قضى حاجة الإنسان من التبريد فى حياته العادية قليل النفع فيما نحن بصدد من تجميد السوائل أو تسييل الغازات . وقلة نفعه راجعة إلى قلة برودته ، فإنه وإن كان فى العرف شديد البرودة حتى ضرب



الناس بشدة برودته المثل ، ليست برودته في الواقع إلا أول درجات البرودة ، أو بالأحرى هي الأرض التي يبدأ الإنسان منها حين يريد أن يصعد سلم البرودة . فإن للبرودة سلماً مكوّناً من ٢٧٣ درجة كلها تحت درجة حرارة الثلج ، أو إذا شئت فوق درجة برودته ؛ تبدأ من واحد تحت الصفر ( - ١ ° م ) ، وتنتهي بمائتين وثلاث وسبعين تحت الصفر ( - ٢٧٣ ° م ) . أى تنتهي بالصفر المطلق الذي عنده يظن العلم أن الحرارة تنعدم من الأجسام بقاءً ، وبعبارة أخرى تنعدم عنده حركة الجزيئات انعداماً تاماً فتكون الجزيئات عنده ساكنة لا حراك بها في الأجسام كلها ، إذ حرارة الأجسام عند العلماء ما هي إلا حركة جزيئاتها . فإذا كان هذا الصفر المطلق هو الموطىء الذي يصعد منه سلم الحرارة كان الصفر العادى أو درجة حرارة الثلج هي الدرجة الثالثة والسبعون بعد المائتين على هذا السلم ؛ وإذا كان الصفر المطلق هو أعلى درجات سلم البرودة كانت درجة برودة الثلج هي الأرض التي يهبط إليها الإنسان بعد أن ينزل المائتين والثلاث والسبعين درجة المكون منها ذلك السلم . فبرودة الثلج ليست بذات بال في البرودات المستعملة في التجميد أو التسييل : يمكن بها تجميد السوائل التي تتجمد لدرجات قليلة فوق الصفر ، مثل البنزين النقي الذي يتجمد عند ٤٫٥ ° ، ومثل زيت الزيتون الذي يتجمد بين درجتين وأربع درجات فوق الصفر ، لكن لا يمكن بها تجميد سائل يتجمد تحت الصفر ولو بدرجات مثل زيت السمسم الذي يتجمد عند نحو - ٥ ° م ، ولا تسييل غاز يسيّل تحت الصفر ولو بدرجات مثل ثاني أكسيد الكبريت الذي يسيّل تحت الضغط الجوى عند - ١٠ ° م ، اللهم إلا إذا أعان الضغط الثلج فعندئذ يمكن تسييل جميع الغازات التي درجاتها الانقلاية فوق الصفر ، وإن كان لا يمكن تجميد شيء من السوائل لأن الضغط لا يُعين في العادة على التجميد كما يُعين على التسييل . وإذا كان لابد من ضرب الأمثلة للغازات



التي يمكن تسيلها بالضغط مع التبريد بالثلج فهناك غاز ثاني أكسيد الكبريت يسيل عند الصفر تحت ضغط ١٥ جو ، وغاز الكلور يسيل عند الصفر أيضاً بضغط ٦ جو ، وغاز ثاني أكسيد الكربون يسيل عند ٥° م بضغط ٤٠٥ جو . على أنه قد سبق التنبيه إلى أن الثلج يمكن تخفيض حرارته بخاطه بالملح . وقد وجد أن من الممكن تخفيض درجة حرارته بهذه الوسيلة إلى — ٢٠° مئوية وهذا يزيد كثيراً في فائدة الثلج في التبريد والتسييل والتجميد . فمن الممكن مثلاً تسيل ثاني أكسيد الكبريت بمجرد إمراره في أنبوبة محاطة بمخلوط مبرد من الثلج والملح درجة حرارته — ١٠° م أو أقل .

لكن درجات التبريد الأكبر لا يمكن الحصول عليها بالاستعانة بالثلج ، ولكن ببعض هذه الغازات المسيلة التي يستعان على تسيلها بالثلج أو بمجرد الضغط عند درجة الحرارة العادية ، مثل ثاني أكسيد الكبريت السابق ذكره أو النشادر أو ثاني أكسيد الكربون . فإن هذه الغازات المسيلة إذا فرغ الهواء فوقها ولو بعض التفريغ تبخرت بشدة تتناسب مع درجة التفريغ أى مع صغر الضغط الواقع عليها ، وهي في تبخرها تحتاج إلى طاقة تأخذها من نفسها ومما يلامسها كما حدث في تبخير الماء . أى أنها إذا خفف الضغط الجوي عنها تبخرت بسرعة فبردت وبردت . وقد وجدوا أن من الممكن الحصول بهذه الصورة على درجة — ٥٠° بل — ٦٠° مئوية بتبخير ثاني أكسيد الكبريت السائل ، وعلى درجة — ٦٠° بل — ٧٠° مئوية بتبخير النشادر السائلة . أما ثاني أكسيد الكربون السائل فمن الممكن الحصول بتبخيره تحت ضغط منقوص على درجات من — ١٢٠° إلى — ١٤٠° مئوية ، وعلى درجات أقل من ذلك كثيراً بواسطة الأكسيجين السائل والهواء السائل والإدروجين السائل .



**تسييل الأكسيجين :** كان أول من سبل الأكسيجين العالم الفرنسى بكنيه سنة ١٨٧٧ ، وقد سبله بطريقة التبريد السابقة على درجات . سبل أولاً ثانى أكسيد الكبريت بالضغط المجرد عند درجة الحرارة العادية ، ثم غمر فيه أنبوبة من النحاس يمر فيها ثانى أكسيد الكربون وترك السائل يتبخر تحت ضغط منقوص فحصل بذلك على درجة حرارة حوالى — ٦٠° م برد إليها وسال عندها ثانى أكسيد الكربون . ثم كرر العملية مستعملاً ثانى أكسيد الكربون السائل بدلاً من ثانى أكسيد الكبريت السائل ، وغاز الأكسيجين بدلاً من غاز ثانى أكسيد الكربون ، فحصل من تبخير ثانى أكسيد الكربون السائل على درجة حوالى — ١٤٠° م سال عندها الأكسيجين .

وقد استعمل العالم الإنجليزى ديوورز الأكسيجين السائل فى تسييل الهواء ، والهواء السائل فى تسييل الإيدروجين .

**الطريقة الثانية للتبريد :** على أن هناك طريقة أخرى خيراً من الطريقة السابقة فى تسييل الغازات الميكينة ، مثل الأكسيجين والأزوت والإيدروجين ، تتلخص فى التبريد المتكرر لا بواسطة مبرد يحيط بالغاز ولكن بواسطة تمديد الغاز المضغوط كثيراً بتركه يتمدد فى منطقة قليلة الضغط . إن الغاز إذا ضغط كثيراً ارتفعت درجة حرارته ؛ فإذا أحيطت الأنابيب المضغوط فيها الغاز بماء بارد يذهب بتلك الحرارة الناشئة من الضغط ، ثم سمح لذلك الغاز المضغوط بأن يخرج من تقوُب ضيقة إلى منطقة مفرغة أو إلى منطقة الضغط فيها جوى ، تمدد الغاز وأخذ الطاقة التى يحتاجها فى التمدد من حرارته الباطنية فتنخفض درجة حرارته قدرًا ما . فإذا أعيد ضغطه فى نفس الأنابيب وتمديده فى نفس المنطقة ازدادت درجة حرارته انخفاضاً فى كل مرة حتى يصير من البرودة إلى درجة يسيل عندها



في تلك المنطقة المفرغة إذا خرج إليها من الثقوب . فإذا كان في تلك المنطقة وعاء ينتهى بصنبور ، تجمع الغاز السائل في الوعاء وأمكن تفريره من الصنبور . تلك في صميمها هي طريقة ديورز في تسيل الغازات خصوصاً المكين منها . وهي أسهل وأحسن من طريقة بكتيه ولذلك قد حلت الآن محلها في الاستعمال وقد أمكن بهذه الطريقة تسيل الهواء والإدروجين والهليوم ، إلا أنه قد وجد في حالة الإدروجين أن لابد من تبريده إلى نحو — ٩٠° م قبل تمديده ، وفي حالة الهليوم أن لابد قبل تمديده من تبريده بالإدروجين السائل .

جدول بدرجات الغليان والتجمد لبعض المواد

| المادة                    | درجة الغليان | درجة التجمد  |
|---------------------------|--------------|--------------|
| الماء                     | + ١٠٠° مئوية | صفر مئوى     |
| الكحول                    | + ٧٨,٥       | نحو — ١٣٠° م |
| البنزين                   | + ٨٠,٥       | » ٥,٤        |
| ثانى أكسيد الكبريت السائل | — ١٠         | » ٧٦ —       |
| الكلور السائل             | — ٣٣,٥       | » ١٠٢ —      |
| النشادر                   | — ٣٨,٥       | » ٧٥,٥ —     |
| ثانى أكسيد الكربون السائل | — ٨٠         | » ينسامى     |
| الأكسجين السائل           | — ١٨٢,٥      | » ٢٢٣ —      |
| أول أكسيد الكربون السائل  | — ١٩٠        | » ٢٠٧ —      |
| الأزوت السائل             | — ١٩٥,٥      | » ٢١٣ —      |
| الأدروجين السائل          | — ٢٥٢,٥      | » ٢٥٩ —      |
| الهليوم السائل            | — ٢٦٨,٥      | » ٠٠ —       |

مفظ الغازات السائلة : على أنه لابد للغازات من أوعية تحفظ فيها بعد

تسييلها . والأوعية العادية لا تغنى شيئاً بالطبع ، إذ سرعان ما تسرب حرارة الجو



إلى الغازات السائلة من خلالها فلا يبقى منها أثر بعد قليل . وهذا مشكل وفق إلى حله السير جيمز ديُوورز ، فقد هداه التفكير إلى ابتداء أوعية من الزجاج مجوفة الجدران ، مفرغة جدرانها من الهواء . والزجاج كما تعرف رديء توصيل الحرارة ، وإذا لم يكن بين الجدارين شيء من الغاز تنقلُ جزيئاته الحرارة الجوية من خلال الجدار الخارجي ، إلى الغاز السائل من خلال الجدار الداخلي ، بتنقلها بين الجدارين ، فان الغاز السائل لا تسكاد تنفذ إليه حرارة الجو إلا من فوهة الوعاء . فاذا ضيقت الفوهة من ناحية ، وسدت بشيء رديء توصيل الحرارة من ناحية أخرى ، مثل قطن أو نشارة أو نحوها ، فان الغاز السائل ولو كان هواء أو أيद्रوجيناً سائلاً لا يكاد يتبخر منه إلا القليل ، ويظل في مثل هذا الوعاء محتفظاً بسيولته مدة طويلة . تلك هي الأوعية المفرغة الجدران التي اخترعها ديُوورز ليحفظ فيها ما كان سيّله من الهواء والأدروجين ونحوها ، فاستعملها الناس بعد ذلك ليحفظوا فيها السوائل الحارة أو الباردة إذا أرادوا أن يحفظوا عليها حرارتها أو برودتها مدة طويلة .

وقد حُسنت تلك الأواني بعد ذلك بتفضيض جدارها أو تمويهها بالزئبق داخل التجويف كي تنعكس عنه أشعة الضوء فلا تصل إلى الداخل ، واستطاعوا بعد ذلك أن يصنعوها من المعدن بدل الزجاج ، وأن يحتفظوا بتجويف جدارها مفرغاً من الهواء تمام التفريغ بترك جزء من فحم الخشب بين الجدران ليمتص ما يعجز التفريغ عن إخراجه من بقايا جزيئات الهواء .

بعضه فوائد الغازات السائلة : وقد تسأل عن الفوائد التي ترتبت على هذا

التعب كله في تسهيل الغازات وتجميعها . فان سألت هذا فقد نسيت أن العلم يبحث أول ما يبحث عن حقائق الكون وأسرار الفطرة ، فان ترتب على هذا البحث فوائد للناس كان ذلك أدعى إلى ارتيابه ، وإن لم يترتب على ذلك فائدة



ظاهرة لم يأس العلم على شيء ولم يخفف من جهوده في البحث شيئاً ، لأن الذي عليه هو أن يكشف أسرار الفطرة للإنسان ، وعلى الإنسان بعد ذلك أن يتعلم كيف ينتفع بتلك الأسرار باستخدامها في الحياة .

١ — صنع الثلج : على أن العاملين من الناس لم يتأخروا عن الانتفاع بما اكتشف لهم العلم من وسائل التبريد والتسييل . ولعل أول ما يمسك من ذلك هذا الثلج الذي تستبرد به في الحر ، وتستعين به على حفظ الأطعمة في الصيف . فهل تعرف كيف يصنع ؟ إنه يصنع بمعونة بعض تلك الغازات السائلة التي سبق ذكرها لك مثل النشادر أو ثاني أكسيد الكبريت . وأكثر ما يستعمل في صنعه النشادر : يضغط غاز النشادر في أنابيب مبردة بالماء حتى تسييل ، وليس الغرض من تبريد الأنابيب بالماء إلا الذهاب بالحرارة التي تنشأ عن الضغط لتقليل الضغط اللازم للتسييل ، وإلا فالضغط وحده كاف لتسييل النشادر في درجة الحرارة العادية ، وفوق الدرجة العادية بكثير ، إذ درجة النشادر الانقلابية هي ١٣٠° مئوية كما قد عرفت . لكن المسألة هنا ليست مسألة علمية ، ولكن مسألة تجارية . ليست مسألة مجرد تسييل النشادر ، ولكن تسييلها بأقل نفقة مستطاعة . وتبريد النشادر بالماء البارد أثناء ضغطها يقلل الضغط اللازم لتسييلها ويجعل التسييل أقل نفقة . والنشادر السائلة تصب من الأنابيب في أحواض بها قوالب مملوءة بالماء المراد تجميده ثم يخفف الضغط فوقها بالتفريغ الجزئي فتتبخر ، وتنخفض بالتبخر درجة حرارتها انخفاضاً كافياً لتجميد الماء الذي في تلك القوالب الكبيرة الكثيرة . والنشادر المتبخرة تأخذها المكابس وتضغطها لتسييلها مرة أخرى ، وهلم جرا في حلقة متصلة لا تنقطع إلا عند الفراغ من العمل أو عندما يصنع من الثلج ما يكفي للسوق .



٢ — **موظف الطعم** : وفائدة أخرى للغازات السائلة استعمالها في تبريد الأطعمة عندما يراد الاحتفاظ بها سليمة مدة طويلة . والإنسان مضطر إلى حفظ الأطعمة على ظهر السفن البخارية البعيدة السفر ، وفي الموانئ والمصانع التي تصنع الأطعمة من زبد وجبن ونحوهما وتضطر لتخزينها حتى يتم توزيعها . وتبريد الأطعمة ابتغاء حفظها لا يكون بغمرها بالغازات السائلة طبعاً ، ولكن بوضعها في غرف باردة ، جوها شديد البرودة . هذه الغرف تكون في العادة مجوفة الجدران أو تجرى حول جدرانها أنابيب يجرى فيها بخار غاز أسيل بالضغط ثم خفف الضغط عنه فتبخر فازدادت برودته على النحو الذي سبق شرحه . فعلى ظهر كل سفينة كبيرة آلة كابسة ماصة لتسييل الغاز وتبخيره ثم تسييله باستمرار . والغاز البارد يمر في طريقه إلى المكبس في الجدران المعدنية المجوفة أو في الأنابيب حول الجدران ، وفي كلتا الحالتين يبرد جو الغرفة إلى درجة كافية لحفظ الخزون من الطعام . أما الغاز الذي يستعمل لهذا فقد يكون غاز الشادر أو ثاني أكسيد الكبريت ، لكن لما كان لكل من هذين رائحة غير مقبولة إذا تسرب قليل منه إلى الهواء لأى سبب عارض ، فقد حتمت بعض الحكومات على سفنها أن تستعمل للتبريد ثاني أكسيد الكربون .

٣ — **تحضير الأكسيجين من الهواء** : ومن فوائد تسييل الغازات أن تمكن الإنسان من تحضير الأكسيجين من الهواء . فالهواء كما لعلك تعرف يحتوي في حجمه على خمسة من الأكسيجين ، وعلى أربعة أخماسه من الأزوت أو النيتروجين . وكان من الممكن قبل الآن تحضير الأزوت من الهواء بإمرار الهواء على جسم مناسب ساخن يتحد بالأكسيجين السهل الاتحاد بالأجسام . لكن هذه الخواص نفسها كانت تحول من قبل دون تحضير الأكسيجين من الهواء على عظم نفعه للإنسان



في الصناعة وغير الصناعة لو استطاع الإنسان تحضيره رخيصاً من مصدر لا يكلف شيئاً ، مثل الهواء . فلما استطاع الإنسان تسيل الهواء استطاع فصل كل من الأوكسيجين والأزوت عن الآخر لاستخدامه في الصناعة وغير الصناعة . وسر إمكان هذا الفصل تتبينه إذا تأملت درجتي غليان كل من هذين الغازين المذكورتين في جدول درجات الغليان الذي سبق . فهناك تجد أن الأزوت السائل يغلي قبل الأوكسيجين السائل بنحو ثلاث عشرة درجة . ومعنى هذا أن الهواء السائل إذا ترك يغلي غلياناً خفيفاً ، فأول ما يتصاعد منه الأزوت مختلطاً بقليل من الأوكسيجين ، ويتخلف في الإناء الأوكسيجين السائل مختلطاً بقليل من الأزوت . وبطريقة التقطير المُجَزَّأ هذه كما يسمونها أمكن تحضير أوكسيجين لا يحتوي إلا على نحو ٧٪ من الأزوت ، في حين أن الغاز الذي يتبخر من الهواء السائل عند درجة غليانه ، أي عند  $-190^{\circ}$  م ، يحتوي على النصف من الأوكسيجين والنصف من النتروجين . وهذه النسبة الصغيرة (٧٪) من الأزوت في الأوكسيجين لا تضر شيئاً بأكثر الأغراض الذي يستعمل من أجلها الأوكسيجين المضغوط ، في الصناعة وفي غير الصناعة ، كاستعماله للتنفس في الغواصات . على أن العالم كلود قد تمكن من تعديل الطريقة السابقة بحيث أصبح من الممكن بطريقته تحضير كل من الأوكسيجين السائل والأزوت السائل تقريباً أو شبه نقي من الهواء السائل ، لكن لا محل الآن لشرح طريقة كلود .

#### ٤ — امتحان خواص الأشياء في درجات الحرارة المنخفضة : على أنه مهما

يكن من الفوائد العملية للغازات السائلة فقد فتحت في العلم باباً واسعاً : باب امتحان خواص الأشياء في درجات الحرارة المنخفضة ، أو في درجات البرودة الشديدة ، كما نشاء أن تقول . فقد وجد الأستاذ ديوي ورز أن التفاعلات الكيميائية تقف تماماً عند  $-180^{\circ}$  م أي فوق درجة غليان الهواء السائل بقليل ؛ ووجد أن



الجراثيم والبذور لا تموت بتبريدها في الهواء السائل مدة طويلة ؛ ووجد أن بعض المواد ، كالقطن وقشر البيض والجلد ، إذا غمس في الهواء السائل ثم عرض للضوء لحظات برق بريقاً قوياً في الظلام ؛ كما وجد أن بعض المواد كالمطاط والحديد إذا بردت في الهواء السائل صارت هشّة كالزجاج في حين أن البعض الآخر كالرصاص يصبح مطاطاً بتبريده في الهواء السائل . هذا قليل من كثير مما أدى إليه البحث عن التغير الذي يلحق خواص الأشياء بالتبريد الشديد ، وهو باب لا يزال يتابع البحث فيه العلماء .

## الفصل الرابع

### تغيرات المادة

تغيرات الحالة التي تناولناها بالشرح في الفصل السابق مثل من تغيرات شتى تلحق بالمادة ولا تتغير بها ماهيتها . فالماء مثلاً إذا تجمد أو تبخر لا يخرج عن مابئته وإن خرج عن السيولة ، ويكفي لرده إليها أن يسيح الثلج أو يُكثف البخار أى أن الماء لم يتغير تركيبه وإن تغيرت حالته . ومثل الماء في هذا أى مادة تخرج عن حالتها بالتبريد أو التسخين ثم تعود إليها بعكس ذلك ، مع احتفاظها أثناء ذلك كله بتركيبها وماهيتها وخواصها النوعية . أشباه هذه التغيرات التي تقع بالمادة من غير أن تغير من ماهيتها وخواصها النوعية شيئاً تسمى بالتغيرات الطبيعية .

وهناك طبعاً تغيرات إذا لحقت المادة غيرت من ماهيتها ونوعها وهذه تسمى بالتغيرات الكيميائية .



### التغيرات الطبيعية : أمثلة أخرى لها :

(١) **تغير الشكل :** كل جسم يتغير شكله من غير أن يتغير نوع مادته فقد تغير تغيراً طبيعياً ، كما إذا سحقت قطعة من السكر مثلاً . وتغيير الحالة يستلزم طبعاً تغيير الشكل .

(٢) **الذوبان :** خصوصاً ذوبان الأجسام الجامدة بشرط أن يكون المحلول الناتج جامعاً بين خواص المذيب والمذاب ، مثل ذوبان السكر أو الملح في الماء . وفي هذه الحالة يمكن استرداد كل من المذيب والمذاب ، أى يمكن فصل المحلول إلى مادتيه إن كان مكوناً من مادتين . فالمذيب يفصل بالتبخير ثم تكثيف البخار ، وهو ما يسمى في العرف والاصطلاح بالتقطير . أما المذاب الجامد إذا لم يكن سهل التطاير كالكافور مثلاً فيمتخلف في الإناء بعد تبخير كل المذيب .

والعمدة في فصل المذيب من المذاب أن يكون الفرق بين درجتى غليانهما كبيراً ، ولا يهم في هذه الحالة أن يكون المذاب سائلاً أو جامداً . فإذا أذبنا مقداراً من الزيت مثلاً في الكحول كان من السهل فصل الاثنين واستردادهما بتقطير الكحول كله . ويطبخ الزيت في الدست كما يتخلف الملح إذا قطرنا عنه الماء .

أما إذا كان المذيب والمذاب قريبة درجة غليان أحدهما من الآخر ، أو كان المذاب جامداً سهل التطاير ، فإن من الممكن أيضاً فصل المحلول إلى مكوناته ، وإن احتجنا إلى احتياطات خاصة في التقطير .

(٣) **تغير درجة حرارة الجسم بالتسخين أو بالتبريد** وإن لم يتغير حالته .

(٤) **تغير حالة الجسم من حيث الإضاءة وعدم الإضاءة ، وهذا في العادة يستلزم ارتفاع درجة حرارة الجسم ارتفاعاً كبيراً ، كأن يسخن الحداد مثلاً قطعة**



من الحديد إلى درجة الاحمرار ، فإن الحديد في هذه الحالة لا يتغير نوعه بالإحماء بل يظل حديداً . ومثل آخر من هذا الباب إضاءة المصابيح الكهر بائية ، لأن السلك داخل المصباح لا يتغير نوعه ، وإنما يسخنه التيار الكهر بائى تسخيناً شديداً حتى يضىء ، فإذا انقطع التيار عاد السلك إلى ما كان عليه .

(٥) تغيّر بعض الأجسام كالحديد من حيث جذبها قطعاً من الحديد وانجذابها إليها ، وهذا لا يكون إلا بغطسة الجسم أى تحويله إلى مغنطيس ، إما بواسطة مغنطيس آخر بالدلك ، وإما بواسطة التيار الكهر بائى .

(٦) تغير بعض الأجسام بالدلك من حيث جذبها أو عدم جذبها قطعاً خفيفة من الورق أو القش الجاف أو نحو ذلك . فإذا دلكنّا قطعة جافة من الأبنوس أو الخشب أو الكهرمان أو الشمع دلكا شديداً بقطعة جافة من الصوف فإن الأبنوس أو الخشب أو الكهرمان أو الشمع يكتسب خاصية جذب قطع صغيرة من الورق أو القش أو النشارة الجافة . ويقال في هذه الحالة إن الجسم المدلوك قد تكهرب بالاحتكاك ، وبعبارة أخرى تحول جزء من الحركة حركة الدلك إلى كهر بائية في المدلوك والمدلوك به ، وتحول جزء إلى حرارة .

(٧) تغير الجسم من حيث الحركة والسكون بقوة مؤثرة فيه . فهذه كلها أمثلة للتغيرات التى جرى الاصطلاح بتلقينها بالطبيعية لأن ماهية المادة لا تتغير بها .

### التغيرات الكيميائية : أمثلة لها :

هذه الأمثلة يجب أن يتوفر فيها شرط تغير نوع المادة ، فتصير المادة بعد التغير غير ها قبل التغير في خواصها الأساسية .

(١) ظاهرة الصدأ : وقد جرت العادة في لغة العلم بتسمية كل ما يظهر



للإنسان من التغيرات الكونية بالظاهرة . فالحديد إذا ترك في الجو مدة كافية تحول إلى مسحوق محمر قليلاً يسمى صدأ الحديد ، له خواص جديدة غير خواص الحديد .

وإذا وزنا قطعة من الحديد وتركناها في الجو حتى تصدأ ، ثم عدنا فوزناها وصدأها ، وجدنا وزنها بعد أن صدأت أكبر من وزنها قبل أن تصدأ . هذه الزيادة أتت من اتحاد الحديد ببعض المواد الموجودة في الهواء مثل الأكسيجين وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون . وهذا الاتحاد بين مادة وأخرى بحيث تتغير به ماهية كل منهما ، وبحيث ينشأ مكانهما مادة جديدة ذات خواص غير خواصهما ، يسمى بالاتحاد الكيميائي كما يسمى التغير نفسه بالتغير الكيميائي . ومثل صدأ الحديد صدأ النحاس المعروف « بالجنزرة » .

(٢) إذا سخنا الرصاص أو القصدير أو النحاس أو الزنك (الخارصين) أو الزئبق أو ما يشبهها في الهواء فإن الرصاص أو القصدير الخ يتحول بالتدريج إلى مسحوق يزداد مقداره كلما قلنا الجسم المسخن في الهواء ، أي كلما عرضنا جزءاً جديداً منه للهواء . هذا المسحوق يخالف الجسم قبل التسخين تمام الخالفة في الخواص . وهو دائماً أثقل وزناً من الجسم قبل التسخين بفرض أن الجسم تحول كله إلى مسحوق . هذه الزيادة في الوزن آتية من أن الجسم اتحاداً بالأكسيجين الذي في الهواء اتحاداً نشأ عنه المسحوق . لذلك يسمى المسحوق أكسيد الجسم : أكسيد الرصاص أو أكسيد القصدير أو أكسيد النحاس الخ . فأكسيد أى معدن أو أى عنصر معناه جسم جديد نشأ من اتحاد العنصر بالأكسيجين اتحاداً كيميائياً . ومعنى الاتحاد هنا هو نفس معناه الوارد في تعريفات السيد الجرجاني حيث يقول ما معناه : (الاتحاد هو أن تصير الذاتين واحدة ، ولا يكون إلا في العدد من اثنتين فصاعداً) . فالأكسيجين والرصاص أو الحديد الخ يصيران



بالاتحاد الكيميائي ذاتاً واحدة جديدة تسمى أكسيد الحديد أو أكسيد الرصاص الخ .

(١) **ظواهر الاحتراق** : جميع ظواهر الاحتراق هي ظواهر كيميائية لأن التغير فيها يتغير به نوع المادة المحترقة ونوع المادة المحترق فيها ، وتنشأ من بينهما مادة أو مواد أخرى تخالفهما كل المخالفة . فالحشب بعد احتراقه لا يكون خشباً . وكذلك كل مادة قابلة للاحتراق كالورق والسكر والزيت والشمع .

وما يحدث أثناء الاحتراق في الهواء هو اتحاد عناصر الجسم المحترق ، كلها أو بعضها ، بالأكسيجين الموجود طليقاً في الهواء ، مكونةً مادة أو أكثر تخالف كلا من الأكسيجين والمادة المحترقة مخالفة تامة . فالأكسيجين الموجود في الهواء بنحو الخمس من حيث الحجم ضروري للاحتراق ، بحيث لا يكون احتراق ما لم يكن هناك هواء كاف متصل بالجسم المحترق . والمقصود بالهواء للاحتراق هو الأكسيجين الذي فيه . وقد أدرك الإنسان ضرورة الهواء للاحتراق بالتجربة ، ولذا نراه يعرض النار لتيار الهواء أو يروّح عليها بمنفاخ أو نحوه استعانة بالهواء على إشعال النار . والاحتراق في الأكسيجين الخالص أشد كثيراً من حيث الحرارة والضوء والسرعة منه في الهواء ، حتى أن شظية الحشب المتوقدة الطرف إذا عرض طرفها للحمر للأكسيجين الصرف انبثق مشتعلاً ؛ وهذه هي طريقة تمييز الأكسيجين من غيره من الغازات ، لا يشرّكه فيها إلا غاز واحد هو أحد أكاسيد الأزوت . وسر مشاركته الأكسيجين في هذه الخاصة أن الجرم يحاله بسهولة ويأخذ أكسيجينه فيشتعل .

ونواتج احتراق الجسم تكون دائماً أكبر وزناً من الجسم قبل احتراقه ، والزيادة آتية من وزن الأكسيجين المتحد بعناصر الجسم عند الاحتراق . أما ما يبدو من اختفاء الجسم المحترق أكثره أو كله بالتدريج فراجع إلى أن نواتج



الاحتراق جلها أو كلها غازات أو أبخرة لا تراها العين ، والعين لا ترى من الغازات إلا ماله لون مثل غاز الكلور الأخضر المظفر ، أما أكثر الغازات فلا لون له ، ومن أجل ذلك لا تراها العين كما لا ترى الهواء مثلاً .

والعناصر القابلة للاحتراق إذا اتحدت بالأكسيجين أثناء الاحتراق كونهت مركبات جديدة هي أكاسيد هذه العناصر . فالكربون مثلاً وهو المادة السوداء في الفحم وفي السناج يكون أكسيدين : أكسيد الكربون الأول وأكسيد الكربون الثاني . وثانيهما فيه نسبة مقدار الأكسيجين إلى الكربون بالوزن ضعف مثلها في الأول ، أو بالأحرى إذا نسبنا كل عنصر في الثاني إلى مثله في الأول وجدنا نسبة الكربون فيهما واحدة ونسبة الأكسيجين متضاعفة ، ولذلك كان أول أكسيد الكربون قابلاً للاحتراق لأنه قابل للاتحاد بالأكسيجين ليكون ثاني أكسيد الكربون غير القابل للاشتعال ؛ وعدم قابليته للاشتعال راجع إلى أن ليس هناك أكسيد ثالث للكربون يتكون باحتراق ثاني أكسيد الكربون في الأكسيجين . وأول أكسيد الكربون غاز سام لأنه يتحد بكريات الدم الحمراء ويمنعها من الاتحاد بالأكسيجين عند التنفس . أما ثاني أكسيد الكربون فهو ليس سام ولكنه غاز خافق لا يشتعل ولا تشتعل فيه الأجسام ، فمثله في ذلك كمثل الماء

والإيدروجين عنصر غازي قابل للاشتعال ، وهو إذا اشتعل اتحد بالأكسيجين وكون الماء ؛ فلما إذن هو أكسيد الإيدروجين .

نظرية الفلوجستون للبرنارد : وقد جاء على العلماء وقت أساءوا فيه تعليل

ظاهرة الاحتراق وظنوها راجعة إلى خروج جوهر أثناءه من الأجسام المحترقة سموه بالفلوجستون أو روح النار ؛ فكان كل جسم قابل للاحتراق عندهم عبارة عن ناتج الاحتراق زائداً روح النار تلك أو الفلوجستون ؛ حتى العناصر مثل



الرصاص والحديد كانت في رأيهم مركبة من رمادها والفلوجستون . فإن لم يكن للاحتراق في رأى عينهم ناتج فالجسم فلوجستون صرف . ورأيهم ذلك معروف في تاريخ الكيمياء بنظرية الفلوجستون . وقد سادت هذه النظرية عالم الكيمياء حقبة طويلة وتغلبت في الأول على كل صعوبة ؛ أى أمكن العلماء في الأول أن يفسروا كل ظاهرة طبقاً لها . ففسروا مثلاً عدم احتراق الأجسام المعزولة عن الهواء في أوان مغلقة بأن حبسها في تلك الأواني حبساً للفلوجستون فلا يجد إلى الهواء مخرجاً ، ولا بد في رأيهم للفلوجستون من مخرج إلى الهواء قبل أن تتكون بمخرجه النار . وقد خدمت تلك النظرية العلم بربطها بين كثير من الحقائق المتفرقة وبتنبئها بحقائق لم تكن معروفة من قبل : كتنبئها مثلاً بأن رماد المعادن الذى كان يسمونه في ذلك الوقت كلساً ، إذا سخن مع الفحم أو الخشب عاد معدناً كما كان : رماد الرصاص أو كلسه يعود إلى رصاص ، ورماد النحاس يعود إلى نحاس وهلم جرا . ونحن الآن نعرف أن هذا راجع إلى انتزاع الفحم أو الخشب الأكسيجين من أكسيد المعدن ، فيتحول الأكسيد إلى المعدن ويتحول بعض الفحم أو الخشب إلى أكسيد الكربون . لكنهم كانوا يفسرون ذلك بأن الكلس يسترد من الفحم أو الخشب ما فقد من الفلوجستون أثناء احتراق المعدن أو بالاحرى تكليسه فيعود رصاصاً أو نحاساً الخ كما كان . وما زالت تلك النظرية سائدة حتى انتبه العلماء إلى وجوب استعمال الميزان في دراسة الظواهر الكيميائية ، وحتى اكتشف الأكسيجين في عصر لفوازيه ، وأثبت لفوازيه ما سبق أن تنبأنا إليه من أن نواتج الاحتراق أثقل دائماً منها قبل الاحتراق في حين أن نظرية الفلوجستون تقضى بأن تكون النواتج أخف من الجسم مادام الجسم يفقد جوهه الفلوجستون أثناء الاحتراق . وإلى لفوازيه ترجع تجربة الشمعة الشهيرة التى أثبت بها أن الشمعة ونواتج احتراقها أثقل من الشمعة كلها قبل



أن يحترق منها شيء بأن عادل بين كفتى ميزان في إحداها الشمعة معلقاً في العاتق فوقها شبكة معدنية تحتوي على قطع من الصودا الكاوية التي من خواصها أن تمسك ما يمر عليها من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون الناتجين من احتراق الشمعة . فلما أشعل الشمعة رجحت كفتها بعد فترة قصيرة وشالت كفة الصنجات وكان مقتضى فناء الشمعة كلها أو أكثرها كما يبدو للعين أن يحدث العكس ، أى أن تشيل كفة الشمعة وترجح كفة الصنجات بعد الاشتعال . فلما أثبت هذا لفوارزيمه وأثبت بتجارب أخرى أن الزيادة في وزن الجسم أثناء الاحتراق يقابلها نقص في وزن أكسيجين الهواء يساوى تلك الزيادة بالضبط ، عرف يقيناً أن الاحتراق ليس راجعاً إلى فقدان الفلوجستون ولكن إلى الاتحاد بالأكسيجين ، فسقطت نظرية الفلوجستون وحلت محلها الحقيقة ، ولكنها ككل نظرية مهمة لم تسقط حتى خدمت العلم ومكنته من التقدم في طريقه خطوات .

#### (٤) ظاهرة التعفن : من المشاهد أن أجزاء النبات أو الحيوان إذا تعفنت

تحللت إلى غيرها وخرجت عن نوعها . فالتغير الحادث فيها هو تغير كيميائى . هذا التعفن يكون بواسطة كائنات دقيقة موجودة في الهواء وفي الأرض تعرف بالجراثيم يتحلل الجسم بواسطتها . هذه الجراثيم تعيش على الجسم المتعفن وتتكاثر فتأخذ بعضاً من عناصره وتسبب اتحاد بعض بالأكسيجين تدريجاً . والأكسيجين اللازم لها أثناء التعفن تأخذه بالتدريج من الهواء الذى يتخلل مسام القشرة الأرضية إذا حدث التعفن تحت ظهر الأرض . والاتحاد بالأكسيجين يستلزم دائماً خروج حرارة ، إلا أنه لما كان الاتحاد بالأكسيجين هنا بطيئاً فإنه لا تظهر معه إلا حرارة تناسب ذلك ، لا كتلك الحرارة الشديدة التى تحدث عند الاتحاد السريع المعروف بالاحتراق . وهذا هو السبب فى اعتبار ظواهر التعفن من بين أمثلة الاحتراق البطيء .



على أن هناك جراثيم لا تحتاج في تحليلها أجزاء النبات والحيوان المدفونة إلى أكسيجين . وكل من نوعي الجراثيم ، المؤكسد وغير المؤكسد ، موجود في الأرض يتعم عمله عمل الآخر .

ونتيجة تعفن الأجسام الميتة هي تحول إدروجينها في النهاية إلى ماء ، وكربونها إلى ثاني أكسيد الكربون ، وأزوتها أو نيتروجينها إلى بعض أملاح الأزوت المعروف بالأزوتات أو النترات ، وقد يتحول بعضه إلى أزوت أو نشادر يصعد في الهواء ، وتحول العناصر الأخرى كالفسفور والكبريت والكلسيوم والحديد إلى أملاح مثل فسفات الكلسيوم ، تبقى مع الأزوتات في الأرض مكونة تراب الجسم أو رميم الجسم . أما بخار الماء وثاني أكسيد الكربون فيصعدان إلى الهواء .

(٥) **ظواهرات التغذى :** الجسم الحى يتغذى ، أى يأكل الطعام ويهضمه ويمثله أى يحول مهضومه إلى أجزاء من جسمه ؛ فإذا كان نباتاً حوله إلى جذر أو ساق أو ورق أو زهر أو ثمر ، وإذا كان حيواناً حوله إلى عضل أو عصب أو عظم أو جلد أو دم الخ .

فعملية الهضم في الحيوان عملية كيميائية يخرج بها الطعام عن ماهيته ونوعه ويتحول إلى مواد سهلة الامتصاص سهلة التمثيل ، فهى عملية تحليلية . أما عملية التمثيل وتحويل المهضوم إلى جزء من الجسم فهى عملية كيميائية تركيبية : تركيب بها خلايا الجسم من مهضوم الطعام ومن الأكسيجين الذى يحمله الدم من الرئة ومن الماء الذى فى الدم — تركيب من هذا كله مواد معقدة يزداد تعقيدها شيئاً فشيئاً حتى تصير فى التعقيد كالجزء أو الأجزاء الحولة إليه من الجسم . وهذه العملية يصحبها دائماً عملية تحليلية ؛ هى عملية احتراق بعض مهضوم الغذاء فى الخلايا لتتولد الطاقة اللازمة للجسم فى أعماله الباطنية من إفراز وتمثيل وغيرها ، وفى أعماله الخارجية .



ومن آيات الله في الخلق أن النبات لا يتغذى بما يتغذى به الحيوان ، وأن الحيوان لا يتغذى بما يتغذى به النبات . فالنبات يتغذى بمواد بسيطة التركيب نسبياً كالماء وثنائي أكسيد الكربون الناتج من احتراق المواد العضوية أو تعفنها وكالأملح الموجودة في الأرض ، سواء أكان مصدرها التعفن أو غيره ، وكالأكسجين الموجود في الهواء . أما الحيوان فيتغذى بالنبات أو بما ينتجه النبات . لا يستطيع النبات على العموم أن يتغذى بنبات مثله ولا من باب أولى بحيوان ، بل لابد من تحلل الحيوان أو النبات الميت تحللاً تاماً بالتعفن قبل أن يستطيع النبات تغذياً به ؛ أى أن النبات يتغذى بنواتج تعفن النبات أو الحيوان لا به . ومن الناحية الأخرى لا يستطيع الحيوان أن يتغذى بنواتج التعفن هذه من ماء وثنائي أكسيد كربون وأملاح إلا إذا ركبها النبات مرة أخرى وحولها إلى أغذية نباتية . فالجراثيم تتغذى ببعض الجسم الميت أثناء تعفينه ، والنبات يتغذى بنواتج التعفن هذه ، والحيوان يتغذى بالنبات ، وإذا مات أو مات النبات تغذت به الجراثيم وهلم جرا — سلسلة متصلة من ظواهر الحياة والموت بعضها ضرورى لبعض . أدناها ضرورى لأعلاها . فلو انعدمت حلقة حياة الجراثيم لانعدمت حياة النبات بعد أجلٍ تتكدس فيه أموات الحيوانات والنباتات في الأرض ، وتنحبس في تلك الأموات جميع العناصر اللازمة لحياة النبات كأنما أغلق عليها بقفل ضاع مفتاحه ، وما مفتاحه إلا تلك الجراثيم . وإذا انعدمت حياة النبات فستنعدم بالتدريج حياة الحيوان التى تقوم في صميمها على منتجات النبات .

فالمادة دائماً في تغير تتناوبها التغيرات الطبيعية والتغيرات الكيميائية ، سواء أقررتها الحياة أم فارقها . ولكل من نوعى التغيرات عمله ومكانه في الحياة على ظهر الأرض ، لكن التغيرات الكيميائية هى من غير شك أهم الاثنين .



## الفصل الخامس

### أنواع المادة

المادة تنقسم إلى أنواع كثيرة كل نوع يختلف عن غيره في الخواص .  
لكن من الممكن حصر هذه الأنواع في قسمين عامين : —

الأول : أنواع بسيطة لا يمكن تحليلها إلى أبسط منها وتسمى بالعناصر .

الثاني : أنواع غير بسيطة يمكن تحويل كل منها إلى أبسط منه وتسمى

بالمركبات .

#### ١ — العناصر

كان قدماء الفلاسفة من اليونان وغيرهم يرون أن الأشياء كلها مكونة من عناصر أربعة : التراب والماء والهواء والنار . فكان التراب عندهم يمثل كل جامد ، والماء يمثل كل سائل ، والهواء يمثل ما ليس بجامد ولا سائل كالأبخرة والسحب والأنفاس ، والنار تمثل الشمس أو الحرارة والضوء . ولا ندرى بالضبط ماذا كان يريد القدماء بكلمة عنصر في نظريتهم هذه . والحكم على نظريتهم هذه من حيث ما فيها من حق أو باطل يتوقف كثيراً على ما كانوا يريدون بهذا اللفظ ؛ فإن كانوا يريدون به كل ما يدخل في تركيب غيره بقطع النظر عن تركيبه هو وبقطع النظر عن كيفية دخوله في تركيب غيره ، فإن في نظريتهم تلك كثيراً من الحق إذ من الثابت الآن أن الأجسام الحية على الأخص مردها كلها إلى التراب والماء والهواء وضوء الشمس . أما إذا كانوا أرادوا بالعنصر كل ما هو أبسط من غيره ،



أو أرادوا أن تلك الأشياء الأربعة تحتفظ بخواصها الذاتية إذا دخلت في تركيب غيرها ، فإنه لا يكاد يكون في نظريتهم تلك شيء من الصواب ، لأن تلك الأشياء الأربعة لا تحتفظ بخواصها إذا دخلت في تركيب غيرها ولأنها في ذاتها مركبة بل هي معقدة التركيب . وقد يكونون لم يريدوا في الأول أكثر من تقسيم الأشياء إلى ما يشبه التراب في الجمودة ، والماء في السيولة ، والهواء في التمدد والانتشار ، والنار في الحرارة والإضاءة ، فتكون نظريتهم تلك في الأول لا تزيد عما يشبه تقسيمنا الأشياء اليوم إلى مادة وطاقة من ناحية ، وتقسيمنا المادة إلى جامدة وسائلية وغازية من ناحية أخرى . قد يكونون لم يريدوا أكثر من هذا في الأول فيكونون قد أصدروا في رأيهم هذا عن استقراء ومشاهدة ثم غلبهم طبعهم ورغبتهم في الوصول إلى كنه الأشياء عن طريق مجرد التفكير والظن الذي لا يستند من المشاهدة إلى قليل ولا كثير ، فتوسعوا في رأيهم ذلك عن طريق الخدس والرحم بالغيب وقالوا إن التراب داخل في تركيب كل جامد ، والماء في تركيب كل سائل ، والهواء في تركيب كل متطاير منتشر ، والنار في تركيب كل شيء له من الحرارة أو من الإضاءة أو من كليهما نصيب ؛ ثم ترقوا في التعميم فجعلوا الكائنات كلها حية أو غير حية مزيجاً من تلك الأشياء ، أو العناصر الأربعة في رأيهم ، وإن بنسب مختلفة . وحكموا حتى على الناس بما ظنوا أنه يغلب عليهم منها : فجعلوا للترابين أو الهوائيين أو المائيين أو الناريين ما خيل لهم الوهم ، وما ظنوا أنه بالتراب أو بالهواء أو بالماء أو بالنار أشبه . ومهما يكن من نشأة نظرية العناصر الأربعة تلك ، ومن تقلبها في التاريخ أو تقلب التاريخ بها ، فإنها فيما يبدو كانت من أقدم النظريات وأعما وأوسعها انتشاراً ؛ قد قال بها فلاسفة الهند كما قال بها فلاسفة اليونان . وقد زاد فلاسفة الهند كما زاد فلاسفة اليونان على تلك العناصر الأربعة عنصراً خامساً ألطف منها جميعاً ردوها كلها إليه ، وأنزلوه



منها منزلة خلاصة الشيء من الشيء . لكن هذا كله كما ترى ظن وتخمين لا يستند من الواقع إلى شيء .

ثم جاء كيمياء الواسطى أو كيمياء التحويل ، تحويل المعادن إلى ذهب أو فضة ، فنبذ أكثرهم نظرية العناصر الأربعة لغير ماحكمة أو فائدة ظاهرة واستبدلوا بها نظرية العناصر الثلاثة : الملح والزئبق والكبريت . وكانت نظريتهم هذه نظرية رمزية أيضاً ، فكان الملح عندهم رمزاً للجوامد ، والزئبق رمزاً للغوائع والسوائل والأبخرة ، والكبريت رمزاً لقابلية التحويل إلى ماهو حار بالاحتراق ؛ واستمر الأمر هكذا فوضى لا يرجع فيه إلى ثابت من القول حتى بدأ العلم الحديث وجاء روبرت بويل ومن لف لقه في القرن السابع عشر فنادوا بوجوب طالب الحقيقة للحقيقة لا للمنفعة ، وبوجوب الاحتكام إلى المشاهدة والتجارب عند اختلاف الرأى ، وأدخلوا على الفوضى الضاربة عنصر التنظيم .

وكان من أول ما حاولوا به تنظيم علم الكيمياء تقسيمهم المواد إلى بسيطة ومركبة وإلباسهم كلمة عنصر معناها الحديث : كل ما لم يمكن تحليله إلى أبسط منه فهو عنصر ، وكل ما أمكن تحليله إلى أبسط منه فهو مركب . وجاء لافوازييه بعد بويل بقرن فأكد من تعريف العنصر توقعه على مقدرة الإنسان التحليلية ، وأنكر من أجل ذلك أن يقال في تعريف العنصر إنه ما لا يمكن تحليله أبداً لأن في هذا افتئاتاً في الحكم على مقدرة الأجيال المستقبلية ، فاعل ما استعصى على التحليل من قبل لا يستعصى عليه من بعد إذا تقدم العلم وارتقت فيه وسائل التحليل ، فيصبح ما كان عنصراً بسيطاً في حكم جيل من العلماء شيئاً مركباً من عنصرين على الأقل في حكم الأجيال التي تليه . وقد حدث ذلك بالفعل ، وقد يحدث في المستقبل كما حدث في الماضي . فالماء الذي كان يعتبر بسيطاً في عرف القدماء وفي عهد بويل أصبح من المركبات بعد أن حاله كيندش في



أواخر القرن الثامن عشر إلى عنصريه الإدروجين والأكسجين ، وبعد أن ركه منهما ؛ أى أن كون الماء مركباً قد ثبت في العلم عن طريق كل من التحليل والتركيب . وقد ثبت بالتحليل والتركيب كليهما أن الماء مكون من العنصرين الغازيين الإدروجين والأكسجين بنسبة ٢ : ١ حجماً و ٨ : ١ وزناً على الترتيب .

ومثل الماء في هذا جميع ما كان يسمى عنصراً قبل عهد بويل إلا الزئبق والكبريت ( كبريت العمود ) فقد استعصيا على التحليل إلى الآن . فالملاح ، ملح الطعام ، قد ثبت أنه مركب من عنصرين سامين : غاز خائق اسمه الكاور إشارة إلى لونه المخضر ، وجامد لدن سهل الاشتعال في الهواء وفي الكاور اسمه الصديوم ؛ وإذا اشتعل في الكاور كوّن الملح ، لكن إذا اشتعل في الهواء كون شيئاً آخر عنصراه الأكسجين والصديوم ولذا يسمى أكسيد الصديوم . أما الهواء فقد ثبت أنه مخلوط معقد ، وأما التراب فقد ثبت أنه مخلوط أعقد ، وأما النار فتحتمل على أجسام تختلف باختلاف الظروف ، بعضها يكون في حالة التحليل ، وبعضها يكون في حالة التركيب ، وفي أثناء التحليل والتركيب تخرج الحرارة والضوء اللذان هما قوام النار . وبثبوت تركيب الماء والهواء والتراب والنار خرجت هذه من العناصر إلى الأبد ودخلت في عداد المركبات أو المخاليط ، ومثلها في هذا عدة مواد كالجير الحى والمائيزيا والصودا الكاوية كانت تسمى عناصر في عهد لفوازيه ثم أمكن تحليلها بعد فخرجت من العناصر ودخلت في المركبات .

فالعنصر هو كل مادة لم يتمكن الإنسان من تحليلها إلى الآن .

والمواد التي لم يتمكن الإنسان من تحليلها إلى الآن كثيرة تبلغ نحو تسعين عنصراً ليس فيها سوائل إلا اثنتان ، أحدهما معروف مشهور هو الزئبق ، والثاني غير



مشهور يسمى البروم ؛ وهو سائل محمراً أثقل من الماء سهل التبخر ، بخاره يرتقى اللون خائق مثل الكور . أما بقية العناصر فكلها ما بين جامد وغاز ، إلا أن الغازات من بينها لا تكاد تتجاوز العشرة ؛ منها ثلاثة مشهورة كثيرة هي الأكسجين والأزوت والإدروجين ، واثنان أقل من هذه شهرة هما الكور الداخل في تركيب ملح الطعام ، وآخر اسمه الفلور يشبهه في الخواص وإن كان أكثر منه فاعلية ، وباقي العناصر الغازية قليل نادر وإن اختلفت في الندرة والقلة : أحدها وهو الهليوم قد اكتشف أول ما اكتشف في الشمس ، ومن هنا جاء اسمه ومعناه « الشمسي » ثم اكتشف بعد في الأرض محبوساً في بعض الركاز أو ذائباً في بعض الينابيع الموجودة على الأرض في أمريكا ، ومنها يستخرج لتلأ به جيوب المناطيد ، ثم اكتشف في الهواء مع أربعة غازات أخرى تشبهه ، ونسبتها كلها في الهواء صغيرة جداً تنقص قليلاً عن ١٪ بالحجم وتزيد قليلاً عن ١٪ بالوزن ، وأهمها وأكبرها نسبة الأرجون فإن نسبته في الهواء نحو ١٪ بالوزن . وقد اكتشف هذه الأربعة السير وليم رمزي في الأثارة المتخلفة من الهواء السائل بعد تطاير الأزوت والأكسجين .

ومن الغريب أن العناصر الغازية ليس فيها ما يتفاعل مع غيره إلا الخمسة المشهورة : الأكسجين والأدروجين والأزوت والكور والفلور . أما بقيتها كالهليوم والأرجون فلا تتفاعل مع شيء من العناصر الأخرى مطلقاً ، أو بالأحرى قد عجز الإنسان إلى الآن عن حملها على التفاعل مع غيرها بأى وسيلة من الوسائل ؛ ولذا فقد ضم بعضها إلى بعض وجعل منها طائفة واحدة سماها طائفة الغازات الهامدة ، ولولا حركتها التنقلية السريعة بحكم طبيعتها الغازية لسميت بالغازات الميتة ، وهي كإماوياً ميتة ليس بها على الاتحاد بغيرها مقدرة ولا طاقة ، وإن كانت طبيعياً غير ميتة



لأنها كغيرها من الغازات متحركة غير ساكنة .

وينتج من الإحصاء المتقدم أن أكثر العناصر جوامد بعضها معروف مشهور كالحديد والنحاس والقصدير والرصاص والزنك والألمنيوم والذهب والفضة والكبريت (العمود) والفسفور والزرنيخ ، وبعضها أقل شهرة كالمغنيزيوم والصدىوم والبوتاسيوم والكسيوم والبلاطين والكربون واليود والسليكون . وأكثر هذه العناصر التي ذكرنا لك قد سمعت به من غير شك لكن ما لم تسمع به منها موجود في مركبات تعرفها وتألفها . فالكسيوم مثلاً موجود في الجير ، إذ الجير الحى مركب من الأكسيجين والكسيوم يسمى من أجل ذلك في اصطلاح الكيمياء بأكسيد الكسيوم . والسليكون الذي لعلك لم تسمع به قط موجود في الرمل ، إذ الرمل هو أكسيد السليكون ، كما أن الجير هو أكسيد الكسيوم .

على أن للعناصر تقسيماً آخر يُنظر فيه لا إلى الحالة ولكن إلى مجموع الخواص . ذلك هو تقسيمها إلى فلزات وروفلزات . والفلز في اللغة نحاس أبيض يجعل منه القدور المفرغة ، فاستعير في الاصطلاح لكل ماله خواص النحاس من قابلية للصقل والسبك والطرق صفائح والسحب أسلاكاً ، ومن جودة التوصيل للحرارة والكهربائية . فكل ما يسمى في العرف معادن — وقد استعملنا هذه الكلمة من قبل بهذا المعنى العرفي — هو في الاصطلاح فلزات أو سبيك من الفلزات . وإذا تركنا السبائك كالبرنز جانباً كان ما يسميه العرف معادن هو عناصر فلزية : كالحديد ، والذهب ، والفضة ، والألمنيوم ، والمغنيزيوم ، والرصاص ، والقصدير ، والزنك ، أو الخارصين . فكل هذه وكثير غيرها لها تلك الخواص وإن بدرجات مختلفة . إلا أن هناك عناصر أشبهت هذه في أكثر تلك الخواص الطبيعية فألحقت بها وحشرت معها في الفلزات ، كالصدىوم والبوتاسيوم



والكلسيوم والزنبق ، فإن قابلية الصديوم والبوتاسيوم للطرق والسحب ضعيفة ، والزنبق ليس له من ذلك شئ حتى لقد مر عهدٌ أبى كثير من الكيميائيين فيه أن يحسبوه لذلك من الفلزات إلى أن جُمِدَ في سنة ١٧٥٩ بالتبريد الشديد ووجد قابلاً للطرق وهو جامد فأدخلوه في الفلزات . لكن المعيار ليس هو الاشتراك في جميع الخواص ولكن في أكثرها ، والزنبق وإن كان سائلاً مشترك مع الفلزات في أكثر الخواص كالبريق أو الصقل وجودة التوصيل للحرارة والكهربائية . وهناك عناصر كالسيوم تشترك في بعض صورها مع الفلزات في أقل خواصها الطبيعية ، ومع ذلك فهي بحكم غالب خواصها تعتبر في اللافلزات .

على أن الشبه بين بعض الفلزات وبعض أشد وأعرق مما سبق ، فإن مجموع الخواص يجب أن يشمل الخواص الكيميائية كما يشمل الخواص الطبيعية . والخواص الكيميائية هي تلك التي تتغير بها ماهية المادة بخلاف الطبيعية كما هو معروف . وأهم الخواص الكيميائية التي تشترك فيها الفلزات على العموم هي تكوينها مركبات تشبه ملح الطعام من نواح عدة ليس منها الطعم ، ولذا تعرف بالأملاح . والفلزات تكون الأملاح بطرق شتى : تارة بتفاعلها مع الأحماض ، وتارة بتفاعل أكاسيدها مع الأحماض ، وتارة بتفاعل مركباتها الإيدروجينية الأكسجينية المعروفة بالأكسيدات مع الأحماض ، وتارة بتفاعلها مع بعض اللافلزات كما تتفاعل الصديوم مع الكلور لتكوين ملح الطعام . وإذا حكم على الفلزات بالناحية الكيميائية كان بعض العناصر التي بدا فيما سبق أنها ضعيفة الفلزية من الناحية الطبيعية كالصديوم والكلسيوم أمكن كثيراً في الفلزية من بعضها الآخر كالرصاص والقصدير .

الفلزات : والتقسيم المنطقي يقضى طبعاً بأن اللافلزات هي كل ما عدا

الفلزات ، ويقضى أيضاً بأن يكون اللافلز ضد الفلز في الخواص ، وهذا في الجملة



صحيح . فالافلزات على العموم ، كالعناصر الغازية والبروم واليود والكبريت والفسفور والكربون ، غير قابلة للطرق ولا للسحب ولا للصقل ولا للسبك ، ولا هي جيدة التوصيل للحرارة والكهربائية . هذا صادق على العموم وإن كان هناك بعض الشذوذ ، فإن المتبلور من اليود والكبريت والكربون مثلاً يلمع ويبرق كالجسم الثقيل . إلا أنه يجب أن يكون اللافلز متبلوراً قبل أن تكون له هذه الخاصة ، بخلاف الفلز الذي يبرق ويلع حتى ولو كان سائلاً . والكربون مع عرافته في اللافلزية يشذ في بعض صورته المتبلورة في أكثر من خاصة . والكربون صورتان متبلورتان على الأقل ، ألماس والجرافيت ؛ فإن الماس ما هو إلا كربون متبلور ، وأى شيء أكثر بريقاً أو لمعاناً من الماس ؟ لكن الماس لا يوصل الحرارة والكهرباء . أما الجرافيت فهو مع بريقه يوصل الكهرباء جيداً والحرارة ، لكن نعود فنقول إن هذا الشذوذ ، أو بالأحرى هذا الاشتراك مع الفلزات في الصقل والتوصيل ، أقرب إلى أن يكون من خواص الصورة لا من خواص العنصر في ذاته لأن غير المتبلور من اللافلزات كلها ، كربون أو غير كربون ، ليس له من البريق ولا من جودة التوصيل نصيب ، في حين أن الفلزات براقه جيدة التوصيل على أى صورة كانت ، متبلورة كانت أو غير متبلورة ، جامدة كانت أو منصهرة . فالعبرة في الحكم من هذه الناحية الطبيعية هي بمجموع الخواص في أغلب أحوال العنصر .

على أن الخواص الكيميائية لها هنا من الأهمية ما وجدنا لها في الفلزات ؛ فاللافلزات لا تكون مع الأحماض أملاحاً كما تفعل الفلزات بل هي في ذاتها أساس **الأحماض** كما أن الفلزات هي أساس **القواعد** . وبين الأحماض والقواعد من التضاد ما بين الفلزات واللافلزات . وإذا سألت عن الأحماض ما هي ، فلفل خير ما تجاب به أنها مركبات إدروجينية دائماً ، أكسিজينية غالباً ، تتحد كيميائياً



مع أكاسيد الفلزات مكونة بذلك أملاحاً وماء . وإذا سألت عن القواعد ما هي  
فلعل خير ما تجاب به أنها مركبات أكسيجينية دائماً ، إدروجينية غالباً ، تتحد  
مع الأحماض مكونة بذلك أملاحاً وماء ، أو كما يعبر عنها الكيميائيون :

$$\text{حمض} + \text{قاعدة} = \text{ملحاً} + \text{ماء}$$

فأنت ترى أن هناك شيئاً من الدور أو الغموض في هذا التقسيم ، تقسيم  
العناصر إلى فلزات ولا فلزات ، وهو في الواقع تقسيم غير دقيق لأنه حاول أن  
يكون دقيقاً من الناحية المنطقية فجاء غير دقيق من الناحية الواقعية ، إذ الواقع  
أعتمد كثيراً مما يقتضيه المنطق ؛ يريد المنطق أن يقسم كل شيء إلى صنفين  
متضادين ، مثبت ومنفي ، فلز ولا فلز ، ويأبى الواقع في كثير من الأحوال هذا  
النوع من التقسيم ، إذ هناك من الأشياء ما يشترك مع أحد الصنفين في بعض  
الخواص ومع ضده في بعض . والتقسيم المنطقي سهل دائماً إذا جعلنا أساسه خاصة  
**واحدة** نسبتها لفريق ونفيها عن غيره ، لكن العلم في التقسيم ينظر إلى مجموع  
الخواص لا إلى خاصة واحدة . والنظر في التقسيم إلى مجموع الخواص لا إلى  
واحدة منها دل على أن سنة الفطرة التدرج لا التضاد ، فالأشياء أقرب إلى أن  
تكوّن سلسلة متصلة لا قطبين متضادين ، ومن يدري ؟ لها أقرب إلى أن تكون  
حلقة مفرغة لا سلسلة منقطعة الطرفين . وعلى أي حال فأقرب إلى الدقة أن  
يقال إن العناصر تكوّن شبه سلسلة الفلزات في طرف منها ، وأضدادها في طرف ،  
وبينهما عناصر بين بين يصح أن تسمى بالفلزيات أو باللافلزيات حسب قربها من  
أحد الطرفين أو من الطرف الآخر . وإذا شئت فسمّ الفلزيات بأشباه الفلزات  
كما تسمى اللافلزيات بأشباه اللافلزات ، إلا أن الاختصار في التسمية العلمية  
أولى وأحسن .



على أن تقسيم العناصر إلى فلزات ولا فلزات تقسيم نافع وإن كان تقسيماً غير دقيق ، ولذلك فهو محتفظ به إلى الآن .

### تقسيم العناصر إلى طوائف : وهناك غير تقسيم العناصر إلى فلزات ولا

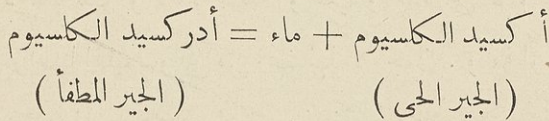
فلزات تقسيمات أخرى يمكن تقسيم العناصر إليها . فمن الممكن تقسيمها إلى طوائف أو أسر حسب تشابهها وتدرجها في الخواص خصوصاً الخواص الكيميائية . وقد لقينا من هذه الطوائف أو الأسر طائفة أو أسرة واحدة على الأقل : أسرة الغازات الهامدة التي يرأسها الهليوم والتي من أعضائها الأرجون . وكلمة أرجون مشتقة من أصل يوناني معناه الهامد فاسمه مشتق من صفة عامة للأسرة جميعاً ، إذ قد رأينا أنها كلها قد أعجزت الإنسان أن يحملها على أى تفاعل كيميائى مع غيرها مهما قل . وعدد ما عرف من أعضاء هذه الأسرة إلى الآن ستة كلها إلا واحداً موجودة في الهواء .

هذه طائفة أو أسرة ، وطائفة أو أسرة أخرى طائفة الكلور نسبة إلى أشهرها ، وهى الفلور والكلور والبروم واليود ؛ وتسمى أيضاً بطائفة الملحيات لأن الكلور كما عرفت إذا اتحد مع الصديوم كوّن ملح الطعام ، وكل من إخوته أولئك يكوّن مع الصديوم أملاحاً تشبه ملح الطعام في كثير من خواصها ، وهو أو أى إخوته على العموم إذا اتحد بالفلزات كوّن أملاحاً . هذه الأملاح تختلف فيما بينها حسب الفلز المتحد مع أفراد هذه الطائفة أو أعضاء هذه الأسرة ، إلا أن من الممكن أن يقال إن الفلزات المتشابهة ، أى المنتمية إلى طائفة واحدة ، تكون على العموم أملاحاً متشابهة إذا اتحدت بأعضاء طائفة الكلور .

وطائفة الكلور لافلزية قوية ، وهناك للفلزات طوائف كما للافلزات . ومن أشهر هذه الطوائف الفلزية طائفة الفلزيات أو طائفة الصديوم نسبة إلى أشهرها ،



و طائفة القليويات أو طائفة الكالسيوم نسبة إلى أشهرها كذلك . واسم القليويات غير مستعمل ، وليس هو ترجمة لاسمها الأعجمي الذي لو ترجم لكان « فلزات الأتربة القلوية » . وكلمة الأتربة القلوية بقية من بقايا اصطلاحات القرون الوسطى ، وهى إشارة إلى أكاسيد الكالسيوم وأكاسيد أخواتها التى هى أتربة بيضاء تتحد مع الماء كما يتحد الجير الخى مع الماء عند الإطفاء مكونة أدركسيدات ، أو كما يجب الكيمائيون أن يعبروا :



والجير المطفأ لا يذوب فى الماء كثيراً كما هو معروف ، لكن ما يذوب منه فيه كاف لجعل الماء قلويا . ومعنى قلوى أنه إذا غمس فيه ورق عباد الشمس الأحمر أزرق ، وإذا عودل بحمض كوّن ملح الحمض مع الكالسيوم . ومعنى عودل أنه إذا أضيف إليه محلول الحمض قليلاً قليلاً حتى يصير لا قلويا يزرّق به عباد الشمس الأحمر ، ولا حمضياً يحمرّ به عباد الشمس الأزرق .

وأدركسيدات إخوة الكالسيوم أكثر ذوباناً فى الماء من أدركسيد الكالسيوم أو الجير المطفأ ، إلا أنها كلها ليس فيها ما يبلغ من ذلك مبلغ أدركسيدات القلويات : أدركسيد الصديوم أو الصودا الكاوية ، وأدركسيد البوتاسيوم أو البوتاسا الكاوية ، وأتراكهما . فإنك مثلاً تستطيع أن تصنع محلولاً من أدركسيد الصديوم يحتوى على ١٠٠٠ جرام من الأدر كسيد فى اللتر من المحلول ، فى حين أن أقوى ماء جير تستطيع صنعه لا يحتوى إلا على نحو ١٧ جرام فى اللتر . وتستطيع أن تبلغ المقدار الذائب فى اللتر من أدركسيد أقوى إخوة الكالسيوم ، أو أدركسيد الباريوم ، إلى عشرة أمثال المقدار السابق ، لكن أين ١٧ جراماً فى اللتر من ١٠٠٠ جرام فى اللتر ؟ وهذا هو أحد الأسباب القوية



فى تسمية طائفة الصديوم بطائفة الفلزات القلوية ، وطائفة الكاسيوم بطائفة فلزات الأتربة القلوية ، أو بالأحرى بالفلزات القلوية .

ويحسن أن نعرف أن كلاً من عناصر هاتين الطائفتين ، الفلزات القلوية والقلوية ، يحلل الماء فى درجة الحرارة العادية إلى إدروجين يصعد ، وأدر كسيد الفلز يبقى : يبقى ذائباً فى حالة الفلزات القلوية ، وذائباً بعضه ومعلقاً بعضه فى حالة الفلزات القلوية . إلا أن قوة التحليل تختلف باختلاف الطائفتين وباختلاف الفلز فى كل طائفة ، فتحليل الفلز الماء فى حال الطائفة القلوية أقوى كثيراً منه فى حال الطائفة القلوية ، كما قد يستنتج من الفرق الكبير بين ذائبية الأدر كسيدات فى كل من الطائفتين . وكذلك تحليل الفلز الماء فى حال الطائفة القلوية ، أو الطائفة القلوية ، تختلف باختلاف الفلز : كلما كانت ذرة الفلز أثقل كان التحليل أقوى ، فهو فى حالة البوتاسيوم أقوى منه فى حالة الصديوم ، وفى حالة الباريوم أقوى منه فى حالة الكاسيوم . ومظهر القوة مقدار الحرارة التى تصحب التحليل ، فهى فى حالة البوتاسيوم كافية لإشعال الإدروجين الناتج من التحليل بحيث إنك ترى قطعة البوتاسيوم الملقاة فى الماء تدور على سطح الماء لقوة التفاعل وحوها شعلة متحركة من الإدروجين والبوتاسيوم . لكن الإدروجين لا يشتعل فى حالة الصديوم إلا إذا أشعلته أنت ، وهو من باب أولى أبعد عن الاشتغال فى حال كل من الباريوم والكاسيوم .

## ٢ — المركبات

العناصر كما قد رأيت هى أصل المركبات : تنشأ المركبات عن الاتحاد بينها كما تنتج هى إذا انحلت المركبات إلى أبسط ما يمكن . وهذا الاتحاد والانحلال الكيمياويان يشملان جميع التغيرات الكيمياوية الجارية فى الكون والى سبق



ضرب الأمثلة لها بشيء من الإسهاب . وهما ينتجان عما يسميه الكيميائيون **بالتفاعل الكيميائي** سواء كان التفاعل بين مادة ومادة ، أو بين مادة و طاقة . فالتفاعل الكيميائي بأعم معانيه يشمل كل تغير كيميائي ، تركيبياً كان أو تحليلياً ، ويشير من طرف خفي إلى سبب ذلك التغير ؛ فهو يشمل مثلاً اتحاد الإدروجين والأكسجين لتكوين الماء كما يشمل تحليل الماء إلى عنصريه بالكهرباء ، وإن كان التفاعل في الحالة الأولى هو بين الإدروجين والأكسجين ، أى بين مادة ومادة ، والتفاعل في الحالة الثانية هو بين الماء والكهرباء ، أى بين مادة و طاقة .

ويحسن هنا أن ننبه إلى ما فاتنا أن ننبه إليه من قبل من أن أصغر جزء من العنصر يمكن أن يشترك في تفاعل كيميائي ، أو بعبارة أخرى يمكن أن يدخل في تركيب مركب ، يسمى **ذرة** ؛ وأن أصغر جزء من العنصر أو المركب يمكن أن يوجد مستقلاً في الخارج يسمى **جزئاً** . فالذرة لا تكون إلا من عنصر ، والجزء يكون من العنصر أو المركب على السواء .

وقد مرت بك أمثلة عدة للمركبات الكيميائية والتفاعلات الكيميائية مثل تكون الأكاسيد بالاحتراق أو التأكس ، وتكون الجير المطفاً باتحاد الجير الحى والماء ، وتحلل الماء بالصدىوم ، وتكون أدر كسيد الصدىوم أو الصودا الكاوية أثناء ذلك التحلل ، وهلم جرا . وأمثلة أخرى لهذا النوع من المركبات كبريتات الفلزات : مثل كبريتات النحاس المعروف بسلفات النحاس ، وكبريتات الصدىوم المعروف بسلفات الصودا ، وكبريتات المغنيزيوم المعروف بالملح الإنجمايزى ، وكبريتات الكلسيوم المعروف بالجبس . وغير الكبريتات يوجد السكر بونات ، كربونات الفلزات : مثل كربونات الصدىوم المعروف بكربونات الصودا ، وكربونات الكلسيوم المعروف بالطباشير ، وإذا كان متبولراً فيعرف بالرخام .



ولا تتقلن عليك هذه الأسماء الكيمياوية فإنها أسماء نظامية قصد بها إلى الإفادة وإن جاءت غريبة غير خفيفة على لسان من لم يألّفها . وأقل ما تفيد هذه الأسماء الدلالة على عناصر المسميات ، تارة بصراحة في أسماء المركبات الثنائية أى المركبة من عنصرين ، كما ترى في أكسيد الزنك وكلوريد الصديوم ، وكبريتيد الحديد — وما المقطع (يد) في هذه الأسماء إلا علامة ثنائية المركبات ؛ وتارة بنوع من النحت أو التركيب المزجى في المركبات الثلاثية ، كما ترى في تسمية الجير المطفأ بأدر كسيد الكلسيوم ، فإن كلمة أدر كسيد بمقطعيها تدل على الإدروجين والأكسيجين المتحد أحدهما بالآخر وبالكلسيوم في الجير المطفأ ، وهى تدل الكيمياوى فوق ذلك على كيفية اتحاد العناصر داخل الأدر كسيدات ؛ وتارة تكون الدلالة بالجمع بين التصريح ونوع من التلميح ، كما ترى في كبريتات المغنيزيوم وكر بونات الصديوم وفسفات الكلسيوم وأزوتات البوتاسيوم فان كلا من هذه المركبات مكون من العنصرين المصرح بهما في أول الاسم وآخره مع الأكسيجين المرموز إليه بالمقطع (ات) . وهذا المقطع يدل الكيمياوى فوق ذلك على نسبة الأكسيجين في المركب بالنسبة للعنصرين الآخرين ، وهو طبعاً لا علاقة بينه البتة وبين علامة جمع التانيث . فاحذر أن تظن أن تلك الأسماء هى جمع لمفرد من جنسها فان كلا منها اسم مفرد لمركب كيمياوى محدود ، واجتهد إن استطعت أن تأتى بصيغة مصقولة مقبولة لجمع تلك المفردات فإنك إن فعلت تكون قد أعنت على حل مشكلة من مشكلات التعريب .

### بعض الأقسام المرمزة للمركبات : كانوا فيما مضى يقسمون المركبات حسب

مصدرها إلى معدنية ونباتية وحيوانية ، ثم نظروا فوجدوا المركبات النباتية والحيوانية مشتركة في مجيئها من الأجسام الحية فسموها **مركبات عضوية** نسبة إلى عضو الكائن الحى ، وسموا ما عداها **مركبات غير عضوية** وهى التى كانوا يسمونها من



قبل معدنية . وكانوا يرون أنفسهم قادرين على المركبات غير العضوية يحضرونها ويختبرونها تركيباً وتحليلاً في المعامل ، أما المركبات العضوية فكانوا يعتقدون أنهم وإن استطاعوا تحضيرها واختبارها وتحليلها كغير العضوية لا يقدرّون على تركيب شيء منها في معاملهم ، فكان إمكان التركيب واستحالته في اعتقادهم فارقاً مهما عندهم بين غير العضوى والعضوى ، حتى إذا استطاع فيلر سنة ١٨٢٨ تركيب المادة البولية المعروفة بالبولينا من بعض المواد التي لم تأت من الأجسام الحية ، بل التي تحضر بسهولة في العمل ، زال ذلك الاعتقاد ، وارتفعت تلك الاستحالة ، وانفتح باب تركيب المركبات العضوية على مصراعيه ، وصارت المركبات كلها من عضوية وغير عضوية عند الكيميائيين سواء في إمكان تركيب الإنسان إياها من عناصرها . لكن زوال ذلك الفارق المهم بين هذين القسمين الواسعين من المركبات لم يذهب بالتقسيم نفسه لأن الكيميائيين نظروا فوجدوا أنه لا يزال هناك من الفوارق الكبيرة بين مركبات كل من القسمين ما يجعل من المفيد النافع أن يُحتفظ بذلك التقسيم ، فاحتفظوا به بل وبالتسمية أيضاً إذ كانت قد سارت واشتهرت ، واستعاضوا عن ذلك الفارق الاعتقادي الذي ظهر بطلانه بفارقٍ واقعي لا يمكن أن يبطل لأنه منتزع بالاستقراء من حقيقة كل من القسمين . فقد نظروا فوجدوا أن جميع المركبات العضوية هي مركبات كربونية من بين عناصرها الكربون ، فبنوا على هذا التعريف الجديد للمركبات العضوية ، واقتضى هذا تعريف غير العضوية بأنها المركبات غير الكربونية ، أى التي لا تحتوى بين عناصرها على الكربون ، كما اقتضى أيضاً توسيع أفق المركبات العضوية ليشمل آلاف المركبات الكربونية الممكن تحضيرها في العمل وإن لم توجد في حيوان ولا نبات .

فالمركبات إذن تنقسم إلى قسمين عظيمين : مركبات الكربون وغير



مركبات الكربون . فمركبات الكربون تسمى بالمركبات العضوية ، ومركبات جميع العناصر الأخرى غير الكربون تسمى بالمركبات غير العضوية ، وقد اختص بدراسة كل منهما فرع من علم الكيمياء .

المركبات العضوية : والمركبات العضوية هي أعقد المركبات كلها وأهمها لأنها أساس الأجسام الحية من حيوانية ونباتية . ومن عجيب آيات الله أن هذه المركبات العضوية ، سواء أكانت آتية من جسم حي أم مصنوعة في معمل ، هي على كثرتها الكثيرة مخلوقة من عدد قليل من العناصر : الكربون والإدروجين والأكسجين والأزوت والفسفور والكبريت ، وأيضاً الكالسيوم في العظام ، وأثارات من عناصر قليلة أخرى كالحديد والغنيزيوم . على أن جمهرة المركبات العضوية مكون من أربعة العناصر الأولى فقط ، وعجيب أن ينشأ من عناصر لا تتكاد تتجاوز الخمسة آلاف مؤلفة من مركبات ذات درجات مختلفة في التعقيد : فمنها البسيط نسبياً كالجلسرين ، والمعقد قليلاً كالدهن وسكر العنب وسكر القصب وسكر اللبن وسكر الشعير وسكرات أخرى اهتدى إلى تركيبها الإنسان . ومنها المعقد كثيراً في تركيبه كالنشا والقطن . وقد اخترنا لك هذه الأمثلة لأنها كلها مكونة من ثلاثة عناصر فقط : الكربون والإدروجين والأكسجين . فكيف أمكن خلق ذلك الكثير من هذا القليل ؟ لقد أمكن هذا بما أودع الله سبحانه في تلك العناصر القليلة من الخواص ، وبما سنّ سبحانه للمركبات والتركيب من سنن . فأما الخواص فافهمها قابلية ذرات ذلك العنصر العجيب المسمى بالكربون لأن تتحد بنفسها على الأخص والإدروجين والأكسجين ، مكونة سلاسل من حلقات لا تتكاد تعد ، قطب كل حلقة ذرة كربونية متحدة بالإدروجين أو الأكسجين أو كليهما أو الأزوت أو ما شاء



الله أن تتحد به من الذرات أو الجاميع ، بنظام مقدر موزون . وأما السنن ، سنن الله في المركبات والتركيب ، فمتعددة نذكر منها في هذا الصدد ما يأتي :

(١) إن اختلاف العناصر ينتج عنه اختلاف المركبات .

(٢) إن اختلاف النسب بين العناصر (عنصرين أو أكثر) يُنتج مركبات مختلفة ولو اتحدت العناصر ، كما ترى في أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون .

(٣) إن اختلاف عدد ذرات كل عنصر في جزيء المركب يُنتج مركبات مختلفة ولو اتحدت العناصر في الذات وفي النسبة ؛ فغاز الأستيلين مثلاً ، الذي يستضيء بشعلته البيضاء بعض الباعة ، مركب كالمبزين من الكربون والإيدروجين و بنفس النسبة ، إلا أن عدد ذرات كل من الكربون والإيدروجين في جزيء المبزين ثلاثة أمثال عددها في جزيء الأستيلين .

(٤) إن اختلاف ترتيب الذرات داخل الجزيء ينتج مركبات مختلفة ولو كانت العناصر واحدة ، والنسب واحدة ، وعدد الذرات داخل الجزيء واحدة . مثال ذلك سكر القصب وسكر اللبن وسكر الشعير : كلها مختلفة في الخواص حتى في الحلاوة ، فإن سكر اللبن مثلاً أقل حلاوة وأقل ذائبية في الماء من سكر القصب ، ومع ذلك فإن السكرات الثلاثة متحدٌ تركيباً في العناصر ، وفي النسب بين العناصر ، وفي عدد ذرات كل منها في جزيء كل سكر ، ولا تختلف إلا في ترتيب الذرات داخل الجزيء .

### بعضه القوانين الكيميائية الأخرى :

(١) قانونه ثبوت الوزن : أوزانه المواد المتفاعلة لا يمتص مجموعها

أي نقص أوزانها بمجموع التفاعل الكيميائي بينها أو بعبارة أخرى أنه



### مجموع أوزانه المواد المتفاعلة قبل التفاعل هو عينه بعد التفاعل .

هذا القانون قانون تجريبي نبه إليه لفوازييه ، وثبت ثبوتاً تاماً بالتجربة ، واستنتج منه بعض العلماء أن المادة لا تتجدد ولا تنعدم وأن مجموعها في الكون إذن ثابت ، فكان القانون ولا يزال أحياناً يسمى بقانونه **بوت المادة** . وهذا الاسم لا ضرر فيه من الناحية العلمية بشرط أن يلاحظ فيه أنه مقيد في الواقع بالتفاعلات الكيميائية . فإذا غفل عن هذا القيد كما غفل من استنتج منه أن مجموع المادة في الكون ثابت ، أو أن المادة غير قابلة مطلقاً للتجدد أو الانعدام فقد تعدى حدود ما قد ثبت بالتجربة ، ومزج اليقيني الواقع بنصيب من الرأي والظن ، فهو بعمله هذا ينزل بهذا القانون العملي إلى مرتبة النظريات . وقد نعود إلى هذه النقطة بشيء من التفصيل .

### (٢) قانونه تفاوت الطاقة بالتفاعل : إن مجموع الطاقة الكيميائية

الكامنة في المواد المتفاعلة هو قبل التفاعل **غيره** بعد التفاعل .

إن أكثر التفاعلات الكيميائية يخرج أثناءها حرارة ، وقد يخرج أثناء بعضها ضوء كما يحدث في الاحتراق . تلك الحرارة وهذا الضوء طاقة كانت من قبل كامنة في المواد قبل التفاعل وخرجت من بينها أثناء التفاعل . فنواتج التفاعل في هذه الأحوال تنقص في طاقتها الكامنة عن المواد قبل التفاعل بقدر ما خرج من بينها من الطاقة أثناء التفاعل ، وإذا أريد ردها إلى ما كانت عليه قبل التفاعل وجب رد هذه الطاقة إليها . فالماء مثلاً ينتج من تفاعل الإيدروجين والأكسجين بالاحتراق . فإذا أريد تحليله إلى عنصريه وجب أن يرد إليه ما فقد من طاقة أثناء اتحادها وذلك مثلاً بإمرار تيار كهربائي فيه .



وهناك مركبات كيميائية لا تتكوّن إلا بامتصاص طاقة ، وهذه المركبات إذا عادت إلى أصلها نفثت ما كانت امتصته من طاقة . فالتفاعلات الكيميائية مقترنة دائماً بتغيرات في مجموع طاقة المواد المشتركة فيها ، وذلك إما بنقص أو زيادة . أو بعبارة أخرى إن أنواع المادة تختلف في طاقتها الكامنة كما تختلف في ذواتها ، وهذا الاختلاف في الطاقة الكامنة هو أحد الفروق الأساسية بين المواد .

### ٣ — المخاليط

إذا خلطنا مادة نقيّة بأخرى مثلها نتج مخلوط له خواص المادتين . فلو خلطنا سكرًا بنشا مثلاً نشأ مخلوط فيه السكر والنشا قائمان جنباً لجنب بحيث لو امتحنا بالجهر جزءاً من المخلوط الذي أجدنا خلطه لوجدنا بلورات السكر قائمة مرئية جنباً لجنب بجوار حبيبات النشا ؛ ولو ذقناه لتبيننا السكر فيه بحلاوته ، والنشا بلمس اللسان له إذ النشا لا طعم له ؛ ثم لو مزجنا هذا المخلوط بالماء البارِد وقلبناه وصبرنا عليه مدة ثم رشحنه لوجدنا الماء الراشح حلوّاً لذوبان السكر فيه ولبقى النشا على ورقة الترشيح . فهذا المخلوط إذن فيه خواص السكر وخواص النشا مجتمعة ، وقد أمكن باستعمال ما بينهما من فرق في الخواص أن نفصل أحدهما من الآخر بدون كبير عناء .

ومثل آخر : لو خلطنا مسحوق الكبريت العمود ببرادة الحديد خلطاً جيداً لنشأ مخلوط فيه أجزاء الحديد قائمة جنباً لجنب مع أجزاء الكبريت ولو كان الخلط من الجودة بحيث لا تبين العين الكبريت من الحديد في المخلوط . هذا المخلوط يمكن فصل مادتيه باستعمال الفرق بين الكبريت والحديد بالنسبة للمغنطيس مثلاً إذ المغنطيس يجذب الحديد ولا يجذب الكبريت ، فإذا مررنا المغنطيس في



المخلوط عدة مرات أمكن فصل الحديد من الكبريت . لكن الحديد المنفصل يكون في العادة متحماً ببعض مسحوق الكبريت ، فإذا مررنا المغنطيس مرة أخرى في هذا الحديد المفصول أمكن تقليل ذلك الكبريت المختلط به وفي النهاية يمكن فصل الحديد من الكبريت تمام الفصل .

### أمثلة أخرى للمختلطات :

( ١ ) محلول أى مادة في سائل ما ، مثل محلول السكر في الماء ، ومحلول اليود في الكحول .

( ٢ ) شراب الليمون : مخلوط من الماء والسكر والمواد الموجودة في عصارة الليمون ، ومن أهمها زيت عطري وحامض الليمون .

( ٣ ) ماء النيل عند الفيضان : مخلوط من طمي معلق وأملاح ذائبة في الماء .

( ٤ ) ماء البحر : مخلوط من ماء وملح الطعام وأملاح عدة أخرى .

( ٥ ) اللبن : مخلوط من ماء وسكر اللبن وزلال اللبن ودهن اللبن وأملاح .

( ٦ ) الحبيبة : مخلوط من زلال اللبن ودهن اللبن وماء وملح .

( ٧ ) الدوية التي يحضرها الصيدلى حسب تذكرة الطبيب كلها مخاليط ولولا ذلك ما أفادت فائدتها المطلوبة في العلاج لأن كل مادة في الدواء لها فعل خاص مطلوب يزول لو اتحدت المادة بغيرها اتحاداً كيميائياً .

( ٨ ) الهواء : مخلوط من الأزوت والأوكسيجين وبخار الماء والأرجون وثنائي أكسيد الكربون وأتارات من مواد كثيرة أخرى تختلف باختلاف البقاع



## مقارنة بين المركب والمخلوط

### المخلوط

### المركب

(١) خواصه تختلف كل المخالفة  
خواص عناصره وخواص ما يمكن أن  
ينتج منه بالتحليل .  
(١) خواصه هي مجموع خواص  
المواد المكونة له .

(٢) المركب يحتوى دائماً على  
نفس العناصر متحدة بنفس النسبة .  
أى أن تركيبه ثابت .  
(٢) لا يشترط فيه ثبوت تركيبه  
لا بالنسبة للمواد الداخلة فيه ولا بالنسبة  
لمقادير تلك المواد . أى أن تركيبه  
متغير .

(٣) طاقة عناصره قبل التركيب  
غيرها بعد التركيب .  
(٣) طاقة مواده قبل الخلط هي  
في الغالب عيناها بعد الخلط .

(٤) لا يمكن تحليله إلى  
ما يركب منه إلا بطرق كيميائية  
تستلزم تغييرات كيميائية ، أى تغييرات  
في الماهية .  
(٤) يمكن تحليله بطرق طبيعية  
مبنية على الخواص الطبيعية للمواد  
المكونة له بحيث لا يتغير بالفصل نوع  
هذه المواد .

والأشياء الموجودة في الكون على حالتها الفطرية كلها مخاليط .  
فالعصارات النباتية والحيوانية والدم والمياه والتراب والشحوم والزيوت الخ كلها  
مخاليط لأن حكمة الله سبحانه اقتضت أن ييسر للإنسان الانتفاع بما خلق خصوصاً  
فيما ينفع في التغذية ، فأوجد المواد التي تنفع الإنسان في ذلك مختلطاً بعضها ببعض  
وإلا لاضطر الإنسان إلى تحضيرها ثم خلطها حتى يستعملها ميسرة مجمعة



كما يفعل الصيدلى عند تحضير الدواء . فالطفل الرضيع مثلاً والرضيع من الحيوانات يلزمه فى غذائه الدهن والسكر والزلال والماء وبعض الأملاح وإلا لما نما ، فجمع الله له كل ذلك ، وأثارات من مواد أخرى نافعة غير ذلك ، مخلوطاً ممزوجاً فى اللبن ، لبن الإنسان أو لبن غيره من الحيوان .

كذلك الطفل الفطيم تختلف خلايا جسمه فى الغذاء التى تحتاجه ولذا جعل الله الدم يحمل المهاضم المختلفة من الأغذية مختلطاً بعضها ببعض ، فيمر الدم بها على خلايا الجسم ليأخذ كل ما يحتاج . هذه المهاضم تتغير تغيراً كيميائياً فى الخلايا أثناء تغذيتها ، أما فى الدم فهى مخاليط طبيعية . ولو اتحد بعضها ببعض كيميائياً فى الدم لتعطلت وظيفة الدم ، بل لتسهم الجسم ببعض ما ينتج من ذلك الاتحاد الكيميائى . فحكمة الله سبحانه اقتضت وجود الأشياء مخلوطة ، وعلى الإنسان أن يحضر من هذه المخاليط المواد النقية التى يحتاجها كما يحضر سكر القصب مثلاً من عصارة القصب ، وكما يحضر سكر اللبن من « شرش » اللبن . ولعل هذه حكمة أخرى فى خلق المواد مخاليط أن يُحمل الإنسان على البحث والطلب ، فإن الإنسان لا يستطيع فصل بعض المواد نقية أو شبه نقية إلا إذا درس المخاليط المختلفة وخواصها ، والمواد النقية المختلفة وخواصها ، وحكم عقله وحياته فى تطبيق ذلك لاستخراج ما يريد .



## الفصل السادس

### هل المادة أصلها واحد؟

كان القدماء يجيبون على هذا السؤال بنعم ، ولا يستندون في ذلك إلى شيء من الواقع ولكنه كان مجرد رأى رأى وأوه واعتقاد اعتقده . كانوا يعتقدون العناصر أربعة كما رأيت ، ويردون الأربعة إلى عنصر خامس أطف منها يروونه خلاصتها ، ومعنى هذا أنهم كانوا يرون أن المادة كلها ترجع إلى أصل واحد ، وتنبج من هذا اعتقادهم بإمكان تحويل بعضها إلى بعض ، وترقية بعضها عن بعض . وحوّل هذا الاعتقاد التخميني جهودهم فيما بعد إلى محاولة تحضير المواد الراقية النبيلة في عرفهم ، كالذهب والفضة ، من المواد المنحطة الخسيسة كالنحاس والرصاص . وفي أمثال هذه المحاولات ضاعت جهود كيميائي القرون الوسطى وما قبلها من غير أن يحققوا من غرضهم شيئاً وإن كانوا أفادوا العلم كثيراً بالتبع بما كشفوه من عمليات ؛ أما الحقائق الكيميائية التي كانوا يقفون عليها ويوفقون إليها فتد كانوا يسترونها ما استطاعوا فلا يصفونها إلا بلغة رمزية خوفاً على السر أن يقع في يد غير أهله . ولم يكن في المسألة من سر إلا ما صورته لهم الوهم ؛ بل لقد قام اعتقادهم بإمكان التحويل حاجزاً دون اكتشافهم حقائق مهمة بالتفسير الصحيح لبعض ما كانوا يشاهدون .

كذلك كان الحال في القرون الوسطى حتى أفاق العقل واقتنع بعنث تلك المحاولات ، ووُلد العلم مولداً جديداً باتخاذ وجهه جديدة هي وجهة تطالب أسرار الفطرة وحقائقها بالبحث والتجربة ، بدلاً من وجهة تطالب الغنى الضخم بالإكسير وحجر الفلاسفة . فاجتمعت بالتدريج لديه الحقائق الواقعة التي حوّلها الاستقراء



إلى قوانين ، مثل قانون التركيب الثابت وقانون الوزن الثابت وقوانين أخرى قد نشير إلى بعضها بعد . هذه القوانين التي ليست في الواقع إلا تلخيصاً للوقائع المشاهدة كانت تحتاج طبق طريقة العلم في تلخيص سنن الفطرة إلى تفسير . وفي سبيل تفسيرها وضع دلتون نظريته الذرية وقبلها منه العلماء لأنها وسّعت تفسير تلك القوانين .

النظرية الذرية : هذه النظرية بعد تعديلها وتحويرها بما يوافق ما جدد للإنسان بعدها من الواقع تقول :

**أولاً :** إن كل عنصر من العناصر يمكن تقسيمه حتى يُبلغ منه ما لا ينقسم هذا الذي لا ينقسم يسمى **الذرة** . والكلمة الأعجمية للذرة مشتقة من اليونانية ومعناها ما لا ينقسم . والتقسيم والانتقسام هنا هو طبعاً من حيث المقدار لا من حيث النوع مادام العنصر في العلم هو أبسط أنواع المادة .

**ثانياً :** إن ذرات كل عنصر متجانسة متشابهة من جميع الوجوه : في الحجم والوزن والمقدرة على التفاعل الخ ، لكنها تختلف عن ذرات كل عنصر آخر .

**ثالثاً :** إن الاتحاد بين العناصر لتكوين المركبات يكون باتحاد الذرات بعضها مع بعض .

**رابعاً :** إن الاتحاد يكون دائماً بين عدد محدود من الذرات : فيتحدد عدد محدود من ذرات عنصر بعدد محدود من ذرات عنصر آخر ، أو بعدد محدود من ذرات كل من عناصر أخرى حسب طبيعة المركب الناتج ، لتكوين أصغر جزء يمكن أن يوجد قائماً بذاته من ذلك المركب . أي لتكوين جزئ المركب .

هذه هي نظرية دلتون الذرية بعد التعديل . والتعديل الذي أُدخل عليها ليس كبيراً وإن كان مهماً . فقد كان دلتون يقول إن ذرات من العناصر تتحد



لتسكون ذرات من المركبات . وهذه غفلة منه من غير شك عن معنى الذرة التي اشتق اسمها هو من اليونانية ليفيد معنى عدم قابلية الانقسام . فهو لم يكن منطقياً حين سمي أصغر جزء يمكن أن يتكون من المركب ذرة لأن ذلك الجزء قابل للتقسيم من غير شك ما دام مركباً من ذرات . لكن لعله اعتمد في الأول على تخصيص الذرة بإضافتها إلى المركب لتمييزها عن ذرة العنصر ، ولم يتوقع أن يؤدي ذلك إلى ما أدى إليه بعد من الخلل في التفكير ، والتناقض في التعبير ، ولم يتوقع غيره شيئاً من ذلك حتى وقع بالفعل بعد سنين ، فاضطر العلماء إلى اختيار لفظ آخر بدلاً من ذرة المركب ، يسمون به أصغر جزء من المركب يمكن أن يقوم بذاته فاختاروا لفظاً ترجمه الآن بكلمة جزيء ، وانتهوا إلى أن الجزيء قد يكون من العنصر كما يكون من المركب . أى أنهم انتهوا بعد سنين من وضع دلتون نظريته إلى ما لم ينتبه إليه دلتون حين وضعها . انتهوا إلى التفرقة بين أصغر جزء من العنصر يمكن أن يتحد بغيره ، وأصغر جزء من العنصر يمكن أن يقوم بذاته ، فسموا الأول ذرة وسموا الثاني جزيئاً . وكان ذلك تقدماً كبيراً ، أو أن ذلك مهد لتقدم كبير ، كما يعرف ذلك من يعرف تاريخ تلك النظرية العلمية المهمة . وهذا هو كل التعديل الذي أدخل على تلك النظرية في حقبة طويلة من الزمن .

ولقد كان نجاح النظرية الذرية عظيماً في تفسير ما كان معروفاً إذ ذاك من قوانين الاتحاد الكيميائي تفسيراً واضحاً بسيطاً . فقانون التركيب الثابت الذي يقرر أن كل مركب يتربك دائماً من نفس العناصر بنفس النسب ، يفسره ما تقول به النظرية من أن جزيء كل مركب يحتوي دائماً على نفس الذرات متحدة بنفس الكيفية . وكلمة نفس الذرات تضمن ثبوت نوعها وثبوت عددها في جزيء المركب . وثبوت العدد يضمن عدة أمور : يضمن أولاً ثبوت نسب



العناصر في المركب بالوزن ما دامت ذرات كل عنصر متحدة في جميع الخواص ومنها الوزن ؛ ويضمن ثانياً أن تكون النسب بين أوزان العنصر الواحد في الجزيئات المختلفة الداخل في تركيبها بسيطة ، لأنها ستكون نسباً بين أعداد صحيحة من الذرات . وهذه النتيجة وحدها تفسر أكثر من قانون واحد كشفه العلم بالتجارب الطويلة والاستقراء . تفسر مثلاً القانون المعروف بقانون النسب المتضاعفة الذي يقرر أنه إذا اتحد عنصران ليكونا أكثر من مركب واحد فإنه أوزانه أهم هما المتحدرة بوزنه واحد من الثاني تكون النسب بينها بسيطة . وتفسر قوانين أخرى غير قانوني النسب الثابتة والنسب المتضاعفة لا محل للتعرض لها الآن .

وخير ما ساعدت به النظرية الذرية العلم ليس هو تفسير القوانين الكيميائية التي كانت معروفة لعهد دلتون ، بقدر تمسكها بالإنسان من تصور ما يجري أثناء التفاعلات الكيميائية ، فصار يستطيع أن يتصور الذرات تدخل وتخرج من المركب ، ويستطيع أن يتخيل ما يجري بينها أثناء الدخول والخروج . وهذا التصور والتخيل أعان كثيراً على الدقة والوضوح في التفكير والاستنتاج ، ومهد وسهل لكثير من الاستكشافات ، كما أن فكرة التفاعل بين الذرات وضعت التفاعلات الكيميائية على أساس واضح من الناحية الحسابية إذ لم يكن بين العلماء وبين تنظيم هذه الناحية إلا أن يختاروا لأوزان الذرات وحدة ينسبون إليها ويقيسون بها . فاختاروا أولاً أخف ذرة معروفة ، ذرة الإيدروجين ، فاتخذوها وحدة ؛ أي فرضوا أن وزنها واحد ونسبوا ما عداها إليها . فوجدوا مثلاً أن ذرة الأكسجين أثقل من ذرة الإيدروجين ١٦ مرة تقريباً فقالوا إن الوزن الذري للأكسجين هو تقريباً ١٦ ؛ وبالمثل وجدوا أن الوزن الذري للكربون هو ١٢



والأزوت هو ١٤ ، والحديد هو ٥٦ ، والصدىوم هو ٢٣ ، والأكسيوم هو ٤٠ ،  
وهلم جرا . أما كيف استطاعوا أن ينسبوا وزن الذرات المختلفة إلى وزن ذرة  
الإدروجين فهذا موضوع يحتاج إلى شرح طويل وكان تحقيقه من أكبر ما قام  
به العلم بعد وضع النظرية الذرية . إنما يكفي الآن أن تعرف أن الأوزان الذرية  
لجميع العناصر معروفة الآن بغاية الدقة وإن كان العلماء قد وجدوا من المصاحبة  
بعد أن اجتمعوا في مؤتمر للتباحث في هذا الأمر أن ينسبوها إلى الأكسيوم  
لا إلى الإدروجين ، على اعتبار أن وزن ذرة الأكسيوم هو ١٦ بالضبط لا على  
وجه التقريب ، وأن ذرة الأكسيوم تكافئ ذرتين من الإدروجين كما  
ثبت من تحليل الماء . ثم يحسن أن تعرف أيضاً أن تحديد الأوزان الذرية للعناصر  
يمكن بالحساب من تحديد عدد ذرات كل عنصر في جزيء المركب بناء على  
النتائج التحليلية للمركب ، وهذا يمكن من تقدير الأوزان الجزيئية على وجه  
الضبط بمجرد جمع أوزان ذرات الجزيء .

وقد أثبتت جهود العلماء المتصلة في نحو قرن وربع مر بعد ميلاد النظرية  
الذرية مُحصت فيه هذه النظرية من كل وجه أن هذه النظرية تطابق الواقع في  
كل شيء إلا شيئاً واحداً ظهر أن دلتون قد تزيد فيه حين وضعها . ذلك أن  
دلتون حين قال إن الذرة لا تنقسم ولا يمكن أن تنقسم لم يلزم حدود الوقائع التي  
وضع نظريته لتفسيرها فلم يقيد عدم قابلية الانقسام بالتفاعلات الكيميائية ،  
ولكنه أطلق القول وقال بعدم قابلية الذرة للانقسام ، سواء أكان ذلك في  
التفاعلات الكيميائية التي بنى نظريته عليها أم في غير التفاعلات الكيميائية .  
وهذا الإطلاق أو هذا التزيد لم يأخذه عليه أحد لأنه لم يكن يخطر ببال أحد أن  
ستظهر عناصر تتحلل من تلقاء نفسها من غير أن يكون للانسان أى سلطان  
على مجرى هذا التحلل . أى لم يكن يخطر ببال أحد أن هناك ضرباً من التغيرات



الكيمياء القهرية يخالف ما ألفه الإنسان وضبطه ودرس قوانينه .  
 لكن أمثال هذه العناصر قد كشف عنها العلم بانكشاف أشعة اليورانيوم على يد بكرل سنة ١٨٩٦ ، وبانكشاف الراديوم سنة ١٨٩٨ على يد مدام كورى .  
 وكلمة الراديوم معناها ( الإشعاعى ) ، وذلك أن الراديوم يقذف بأشعة تؤثر على الألواح الفوتوغرافية كما يؤثر ضوء الشمس وإن كانت هي لا تضيء . والذي جرى أن بكرل ترك بعض أملاح اليورانيوم زمناً على لوح فوتوغرافى ملفوف فى ورق أسود ، فلما جهزه وجده قد تغبش ، وردّ تغبشه إلى أشعة خرجت من اليورانيوم ونفذت من الورق إلى اللوح وأثرت فيه كما لو كان موضع الملح من اللوح معرضاً للضوء . ثم وجدت مدام كورى وزوجها أن حجر اليورانيوم الذى يحضر منه اليورانيوم وأملاحه أقوى إشعاعاً من اليورانيوم نفسه ، فاستنتجت أن هناك عنصراً جديداً فى ذلك الخجر أقوى إشعاعاً من اليورانيوم ، وبجثت عنه حتى وفقت إلى استخلاص بعض أملاحه ثم إلى تحضيره منها وسمته الراديوم . وقد وجدوا أن مقدرة عنصر الراديوم على الإشعاع ، أو بالأحرى إشعاعية الراديوم ، هي فى حالتى التركيب والانطلاق ؛ أى وجدوا أن مركبات الراديوم فيها من الإشعاعية بقدر ما فيها من الراديوم فعرفوا أن خاصة الإشعاع هذه هي من خواص ذرة الراديوم لا من خواص الفلز المطلق . وحاولوا أن ينقصوا من إشعاعية الراديوم أو يزيّدوا فيها بالعوامل المختلفة التى يملكها العلم كالترديد الشديد أو التسخين الشديد فلم يفلحوا ، فأيقنوا أنهم أمام خاصة ذرية جديدة غير الخواص التى ألفوها فى التفاعلات الكيمياءية ، واهتم بتلك الخاصة فريق من العلماء وأخذوا يتابعون بحثها فانكشفت لهم عن تحلل ذاتى لذرة الراديوم الثقيلة ينتج عنه ثلاثة أنواع من الأشعة تخرج من الذرة :

الأول : شعاع له خواص الكهربية الموجبة سموه الشعاع الألفى .



**الثاني :** شعاع له خواص الكهربية السالبة سموه الشعاع البائي .

**الثالث :** شعاع لا خواص كهربية له ولكنه نفاذ من المعادن التي توقف

الشعاعين الأولين وسموه الشعاع الجيمي .

وقد وجدوا الشعاع الألفي هو عبارة عن ذرة من هليوم موجبة التكهرب

تقذف بها ذرة الرديوم بسرعة نحو عُشر سرعة الضوء .

ووجدوا الشعاع البائي عبارة عما يسمونه اليوم الكترونات أو كهرباً أو كهيراً ،

حسب اختلاف الرأى فى التسمية والتعريب ، قد قذف به بسرعة تعادل نحو

نصف سرعة الضوء . وهم يعتبرون الكهير الوحدة الفطرية للكهربائية السالبة .

كذلك وجدوا الشعاع الجيمي شعاعاً خالصاً لا جسماً مقذوفاً بسرعة عظيمة

أى وجدوه عبارة عن موجبات أثرية أصغر فى طولها ألف مرة من موجبات

الضوء ، وصغرها هذا هو الذى يفسر نفوذها البعيد فى الفلزات .

فكان ذرة الرديوم تتحلل بفطرتها إلى طاقة كبيرة وجسيمات مادية موجبة

التكهرب إذا فقدت كهربتها صارت هليوماً . أما ما يتبقى من الذرة بعد قذفها

ذلك كله فلا يكون رديوماً ولكن عنصراً آخر غازياً شعاعاً غير الرديوم

يصح أن يسمى غازى الرديوم .

وتولّد الهليوم من الرديوم قد أدهش العلماء إذ ذاك لأنهم لم يكونوا يتوقعون

أن يتولد عنصر من عنصر إذ كانوا يعتقدون استحالة انقسام الذرة . لكن

اعتقادهم هذا لم يكن له على إطلاقه ما يبرره من الواقع كما قد نبهنا إلى ذلك من

قبل ، إذ الواقع الذى قامت عليه النظرية الذرية إنما كان خاصاً بالتفاعلات

الكيميائية ، ولو أن دلتون حين قال بعدم انقسام الذرة قصر ذلك على التفاعلات

الكيميائية لما كان فى ظاهرة **الاشعاعية** ما يخالفها ، وظلت برمتها صحيحة إلى



اليوم ، لأن التفاعلات الكيميائية على كثرتها الكثيرة وتنوعها البالغ لا تزال إلى اليوم تجرى بين الذرات ، حتى الإشعاعى منها ، من غير أن يلحق الذرات فيها أى انقسام . أما وقد أطلق دلتون القول بعدم انقسام الذرة وتبعه فى ذلك العلماء فقد اضطر العلماء بعد انكشاف العناصر **الشعاعية** — إذ قد وجدوا للريوم أشباهاً فى الإشعاع متعددة — اضطروا إلى أن يعدلوا آراءهم وتعريفهم طبق الواقع . والمسألة كلها درس رائع ألقته الفطرة أو ، إذا شئت ، ألقاه فاطر الفطرة سبحانه على الإنسان أن يلزم فى تفكيره حدود الواقع وإلا فهو يعرض نفسه للخطأ وإن كانت الطريقة العلمية الحديثة كفيلة بتصحيح هذا الخطأ ولو بعد حين ؛ وهذا هو موضع الحسن فيها وموضع الفضل على الطريقة القديمة .

والتصحيح الذى اضطرهم إليه ظاهرة **الريوماعية** بسيط ولكنه بعيد الأثر . فقد صححوا **أول** جزء النظرية الذرية الخاص بعدم انقسام الذرة وجعلوه مقصوراً على التفاعلات الكيميائية .

وصححوا **ثانياً** تعريف المركب بأنه ما يقبل الانحلال إلى أبسط منه **بالطرق الكيميائية** ليخرجوا بذلك العناصر **الشعاعية** من المركبات ، إذ الطرق الكيميائية والطبيعية التى بيد الإنسان لا سلطان لها ألبتة على تلك العناصر فى تحللها الإشعاعى . واستمسكوا **ثالثاً** بتعريف العنصر أنه ما لا يمكن **الرفاء** تقسيمه إلى أبسط منه حتى الآن حتى لا يخرجوا العناصر **الشعاعية** من بين العناصر ، إذ هى والعناصر غير **الشعاعية** سواء فى كل ما يتعلق بالتفاعلات الكيميائية التى يملك الإنسان التحكم فيها إلى حد كبير .

وصححوا **رابعا** نظرهم إلى العناصر ، فبعد أن كانوا يعتقدونها أصولاً مختلفة أصبحوا يعتقدون أنها من أصل واحد وإن كانوا لا يدرون يقيناً ما هو ذلك



الأصل ؛ وأصبحوا مجمعين على القول بإمكان تحويل بعضها إلى بعض وإن كانوا لا يزالون من الناحية العملية بعيدين عن تحقيق هذا التحويل . ثم أصبحوا يميزون القول بانعدام المادة ، بمعنى تحويلها إلى طاقة ، بعد أن كانوا يستنكرون أن يقال مثل هذا من قبل . أى أنهم أدخلوا من التعديل على قانون أنه **المادة لا تتجدد ولا تنعدم** ما أدخلوه على قانون عدم انقسام الذرة ، فقصروا هذا وذاك على التفاعلات الكيميائية التي منها استنتجوها بعد أن كانوا يطلقون القول بهما إطلاقاً . وكان هذا درساً آخر لتلقاه الإنسان أنه لا ينبغي أن يستنتج من الواقع أكثر مما يبرره الواقع . فإذا كان الواقع هو أن المادة في تغيراتها الكيميائية تحتفظ بكتلتها بحيث أن كل نقص يلحقها في ناحية تقابله زيادة تساويها في ناحية أخرى فليقرر الإنسان ذلك كما يشاء ، وليقل إذا شاء أن المادة لا تتجدد ولا تنعدم ولكن ليتذكر أن ذلك صادق ثابت فقط في التفاعلات الكيميائية . أما ما وراء ذلك مما يتعلق بالمادة في ذاتها خارج تلك التفاعلات فما كان للإنسان أن يقطع فيه برأى حتى يتبين له الحق . وقد تبين له الآن إمكان تناقص الكتلة في التحال الإشعاعى تناقصاً لا يقابله زيادة في الكتلة من ناحية أخرى وإن قابله زيادة عظمت في الطاقة ، فأصبح يقول بإمكان فناء الكتلة ، أى بإمكان فناء المادة . وسقط بذلك كل ما كان يمكن أن يقام على استحالة فناء المادة من شبه في الدين ، وإن كانت تلك الشبه لم تكن لتضر الدين شيئاً ما دام **تغير المادة** هو عند العلم سنة الفطرة وسنة الوجود .



## الباب الثالث

### الطاقة

مقدمة : قلنا قبل إن السكون إذا استثنينا النفس والروح مادةً وطاقةً ، وإن المادة والطاقة متلازمان ، وإن الطاقة هي الفعالة في المادة ، وإن كل عمل تقوم به المادة في الظاهر لا بد من أن يستنفد فيه مقدار من الطاقة .

الطاقة الظاهرة والكامنة : على أن الطاقة اللازمة للمادة قد تكون ظاهرة ، وقد تكون كامنة . فالظاهرة هي التي تحس أو يحس أثرها ، كالحركة والحرارة والصوت والضوء والكهرباء والمغناطيسية . أما الكامنة فلا تحس إلا إذا تحولت إلى صورة أخرى من الصور المحسوسة ، ومثلها الطاقة الكيميائية المقارنة للمركبات والمحتزنة على الأخص في المركبات العضوية من نباتية وحيوانية ، فإن السكر مثلاً والزيت والخشب مخزن لطاقة لا يشعر الإنسان بها ولا يحسها إلا إذا لحق السكر أو الزيت أو الخشب تغيير كيميائي أوضح مثل له الاحتراق . فإذا احترق الخشب أو النشا أو أية مادة قابلة للاحتراق ظهر مقدار كبير من الطاقة في صورة ضوء وحرارة لم يكونا محسوسين من قبل . هذه الطاقة كانت كامنة في المركب من نحو خشب أو نشا لم تبد إلا عند اتحاده بالأوكسجين ؛ أو بالأحرى كانت الطاقة كامنة في المركب والأوكسجين مختلطين ، فلما اتحدا وكونا مركبات أخرى ظهر بعض الطاقة الكيميائية في صورة محسوسة من حرارة ، أو حرارة وضوء .

ومثل آخر للطاقة الكامنة تلك الطاقة المقارنة للجسم المحمول بحكم ارتفاعه



أو بعبارة أخرى بحكم إمكان انحداره بفعل الجاذبية . فإن الجسم المحمول إذا زال عنه الحامل تحرك هاوياً أو منحدرًا إلى مستقر بفعل جذب الأرض إياه ، أو إذا شئت بفعل وزنه . وجميع الطاقة الكامنة في الأجسام بحكم مركزها ، أو الطاقة المركزية ، لا بد لإكساب الجسم إياها من إنفاق طاقة تعادلها . فالحجر المحمول على كرسي مثلاً لا بد أن يكون قد رفع إلى الكرسي ، أى أن الإنسان أنفق في رفعه إلى الكرسي نفس المقدار من الطاقة الذى يبدو في صورة ما إذا زال الكرسي من تحت الحجر . كذلك الماء المخزون في خزان المياه في منزل أو في الخزانات الكبرى لشركات المياه فيه طاقة كامنة تبدو إذا سمح لهذا الماء أن ينحدر من الخزان ، وقد اكتسبها الماء لما رفع إلى الخزان ، وأنفق في رفعه قدر من الطاقة يتناسب مع ارتفاع الخزان وكتلة الماء المرفوع .

والسحب أيضاً فيها طاقة كامنة بحكم ارتفاعها تبدو إذا تكاثفت وسقط بخارها مطراً . هذه الطاقة الكامنة في السحب أهم مصادرها حرارة الشمس فإن هذه الحرارة تتبخر بها المياه فتصعد الأبخرة إلى أعلى حتى تلتقي طبقة من الهواء باردة تسلب البخار بعض ما فيه من الطاقة وتحيله إلى قطيرات ماء محمولة بالهواء هى التى يسمى مجموعها بالسحاب . أى أن بعض حرارة الشمس قد تحول إلى طاقة كامنة في السحاب تبدو عند الإمطار .

وزنبرك الساعة المملوءة فيه طاقة كامنة وإن من نوع آخر ، تظهر شيئاً فشيئاً في دوران الساعة . وواضح أن مصدر هذه الطاقة هو الجهد المبذول عند ملء الساعة . وقد يظن أن الحرارة دائماً طاقة ظاهرة ، لكن الحرارة فيها الكامن وفيها الظاهر . فالحرارة الظاهرة نحسها بأيدينا أو بترمو متر ؛ أما الكامنة فلا نحسها بهذين . مثل هذه الحرارة الكامنة حرارة التسييح وحرارة التبخير ، أى الحرارة الضرورية لتحويل جامد له درجة حرارة معروفة إلى سائل له نفس الدرجة ،



أو تحويل سائل درجة حرارته معروفة إلى بخار له نفس الدرجة من الحرارة ؛ فإن الطاقة الكامنة في السائل أكبر من الطاقة الكامنة في الجامد وإن اتحدت درجة حرارتهما . كذلك الأمر في البخار والسائل المتحدين في درجة الحرارة . وقد عرفنا قبل أنه لا يمكن تجميد السائل ولا تسهيل البخار إلا بساب السائل أو البخار مقداراً من الحرارة كان كامناً فيه ، بدليل أنه لا يمكن الاستدلال عليه باللمس أو بالترمومتر ما دامت درجة الحرارة كانت واحدة في الجامد والسائل والبخار .

على أن هذه الحرارة ، حرارة التسييح أو التبخير ، ليست طاقة كامنة بالمعنى الذى ذكرناه في الطاقة الكيميائية ، أو الطاقة الارتفاعية ، لأن هذه الطاقة موجودة في السائل والبخار على صورة حركة في الجزيئات ، فإن جزيئات السائل كما عرفنا أشد حركة من جزيئات الجامد ، وجزيئات البخار أشد حركة من جزيئات السائل ، وإن اتحدت كلها في درجة الحرارة . لكنهم استباحوا أن يسموها حرارة كامنة لأنها موجودة في السائل أو البخار لا على صورة حرارة ترتفع بها درجة حرارة الجسم ولكن على صورة أخرى من صور الطاقة هى في هذه الحالة حركة الجزيئات ، ولأن هذه الطاقة تبدو عند تجميد السائل أو تسهيل البخار على صورة حرارة . فهى حرارة كامنة وإن لم تسكن طاقة كامنة ، لأن الطاقة طبعاً أعم من الحرارة .

وسننظر الآن نظرة في بعض أنواع الطاقة .

---



## الفصل الأول

### الحرارة

من الصعب تعريف الحرارة ، لكن من الممكن أن يقال إنها طاقة تقوم بالجسم فتسبب فينا إحساساً خاصاً إذا لمسنا الجسم أو اقتربنا منه قريباً كافياً ، بشرط أن يبلغ مقدارها في الجسم درجة خاصة .

وقد سمينا الحرارة طاقة لأن من الممكن تحويلها إلى عمل وهذا مشاهد في حياتنا اليومية ؛ فمن المشاهد مثلاً تحويل حرارة احتراق الفحم في تنور القاطرة إلى عمل يتجلى في حركة القطار ونقله الناس والبضائع من بلد إلى بلد ، وهذا التحويل يحتاج طبعاً إلى آلات خاصة يتم بها . ومثل القطار ما يدار بالوقود من آلات للطحن ومضخات وسفن بخارية الخ .

درجته الحرارة : الحرارة فيما نشاهد تنتقل من الأجسام الساخنة إلى الأجسام

الباردة عند اتصال بعضها ببعض . فإذا اتصل جسم بجسم انتقلت الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد بالنسبة له ، أى إلى الجسم الأقل سخونة . وإذا انتقلت الحرارة من جسم إلى جسم قيل إن درجة حرارة الجسم الأول أعلى من درجة حرارة الجسم الثانى .

فدرجة الحرارة هى العامل الذى يعين اتجاه انتقال الحرارة بين الأجسام عند اتصالها .

وشعورنا بالسخونة والبرودة راجع إلى خلايا عصبية خاصة فى الجلد . فإذا انتقلت إليها الحرارة من شئ عند ملامسته نبهتها تنبيهاً خاصاً يسرى فى الأعصاب



المتصلة بتلك الخلايا حتى يصل إلى المخ فيفسره تفسيراً خاصاً نعبر عنه بقولنا إن الشيء دافئ أو ساخن أو ما شابه ذلك من تعبير يختلف باختلاف درجة الإحساس . وإذا انتقلت الحرارة من الجلد إلى الشيء فإن الإحساس ينعكس ، ونعبر عنه بقولنا إن الجسم الملموس بارد قليلاً أو بارد كثيراً حسب ما نشعر به إذ ذاك . أما إذا لم تنتقل حرارة من الشيء إلى الجلد ولا من الجلد إلى الشيء لم نشعر بفرق من هذه الناحية عند اللمس وعبرنا عن ذلك تعبيراً مقارباً . فشعورنا بالدفء أو بالبرد متوقف على التفاوت بين درجة حرارة الجلد ودرجة حرارة ما يلامسه من جو أو غيره ، إذ على مقدار هذا التفاوت ، وطول زمن التعرض ، يتوقف مقدار ما يكسبه الجسم من الحرارة مما حوله أو ما يفقده منها .

### قياس درجة الحرارة : لكن تأثر الجلد باكتساب الحرارة أو بفقدائها

لا يكفي للدلالة على الفروق بين درجات الحرارة المختلفة إلا بصورة عامة في مدى ما ينفع في الحياة العادية . بل قد تكون الدلالة حتى من هذه الناحية العامة كاذبة ، فأنك إذا جئت بثلاث أوانٍ فيها ماء بارد ودافئ ساخن ، وغسست يديك في البارد والساخن في وقت واحد ثم نزعتهما وغسستهما معاً في الماء الدافئ ، فإن إحساسك وحكمك على الماء يختلف باختلاف اليد : تنبئك يدك الساخنة أنه بارد ، وتنبئك يدك الباردة أنه ساخن ، مع أن درجة حرارته طبعاً واحدة . لذلك كان لابد من طريقة أخرى للحكم على الأجسام من حيث درجات حرارتها بحيث تكون غير متوقفة على هذا الإحساس ، وبحيث يمكن بها إدراك الفروق الطفيفة بين درجات الحرارة .

### مقاييس درجة الحرارة أو الترمومترات : وقد اهتدى الإنسان إلى حل

هذا المشكل بملاحظته أولاً أن السوائل تتمدد تمداً مذكوراً بالحرارة فيزيد



حجمها كلما زاد تسخينها . ومقدار الزيادة يتوقف طبعاً على مقدار السائل ونوعه من ناحية ، وعلى مقدار الحرارة التي يكتسبها وتزيد بها درجة حرارته من ناحية أخرى . فإذا استعمل الإنسان مقداراً ثابتاً من سائل مناسب فإن الزيادة في الحجم تتناسب مع درجة حرارة ذلك المقدار من السائل . فإذا هو رتب أموره بحيث يمتد السائل عند زيادة حجمه في أنبوبة ضيقة متناسقة الضيق ، فإن الزيادة القليلة تبدو كثيرة في تلك الأنبوبة ، لأن حجم التجويف يساوى طوله  $\times$  مقطعه ، وما دم المقطع صغيراً ثابتاً فلا بد أن يكون الطول كبيراً نسبياً عند كل زيادة حجمية مذكورة . وبعبارة أخرى تكون الزيادات الحجمية متناسبة مع الزيادة في طول خيط السائل في الأنبوبة .

لكن هذا وحده لا يكفي في قياس درجات الحرارة إذ لابد هنا كما لابد في كل شيء يراد قياسه من وحدة يقاس بها . وهنا تأتي الملاحظة الثانية التي لاحظها الإنسان وسهلت له حل النصف الثاني من مشكلة القياس درجة الحرارة؛ فقد لاحظ بعد أن حصر مقداراً من الزئبق في بصيلة زجاجية منفوخة في طرف أنبوبة شعرية ملحومة الطرف الآخر وخالية من الهواء ، بحيث كان الزئبق يملأ البصيلة وجزءاً من الأنبوبة في درجة الحرارة العادية حتى إذا تمدد بعد ذلك أو انقبض كان تمدده أو انقباضه في الأنبوبة الشعرية — لاحظ أنه كلما وضع البصيلة مدة كافية في ثلج مدقوق انقبض خيط الزئبق ووقف دائماً عند نفس النقطة السفلى من الأنبوبة ، وأنه كلما وضعها مدة كافية في ماء نقي يغلي تمدد خيط الزئبق ووقف دائماً عند نفس النقطة العليا من الأنبوبة . ولما كانت درجة حرارة الزئبق عندئذ هي نفس درجة حرارة الثلج أو الماء الغالي ، استنتج بالطبع أن درجة حرارة الثلج ثابتة ، وأن درجة غليان الماء النقي ثابتة كذلك ، وقال مالى لا أنسب درجات الحرارة إلى هاتين وأقسم ما بينهما إلى عدد من المسافات



فتكون كل مسافة صغيرة وحدة لدرجات الحرارة ، وأوجد بذلك مقياساً للحرارة ؟  
وقد فعل ، فاتخذ درجة حرارة الثلج أساساً أدنى وسماها صفراً ، لكن رومر قسم  
المسافة بين الدرجتين إلى ثمانين قسماً ، فكانت درجة غليان الماء على مقياسه  
هذا ٨٠° ، ومد التقسيم على الأنبوبة من فوق ومن تحت ، فصار بيده مقياس  
لدرجات الحرارة أخذها الناس عنه وعرف باسمه ، فصار يسمى **مقياس رومر**  
أو **ترموتر رومر** .

فمقياس رومر فيه درجة سيحان الثلج صفر ، ودرجة غليان الماء تحت  
الضغط الجوى ٨٠° رومرية .

**المقياس المئوى :** ثم جاء بعد رومر من رأى أن الأوفق تقسيم ما بين  
درجتى سيحان الثلج وغليان الماء إلى مائة قسم بدلاً من ثمانين ، ففعل ونشأ  
المقياس المئوى أو الترمومتر المئوى ، وهو يتحد مع الرومرى فى الصفر ويختلف  
عنه فى درجة غليان الماء إذ هى عليه ١٠٠° وعلى الرومرى ٨٠° .

**مقياس فارنهایت :** أما فارنهایت فلم يتخذ سيحان الثلج ولا غليان الماء  
أساساً وإنما اتخذ أساسه درجة حرارة الجسم . لاحظ أن الزئبق يتمدد حتى  
يقف فى الأنبوبة دائماً عند نقطة واحدة إذا وضع مستودع زئبق الترمومتر فى فم  
الإنسان مدة كافية ، فاتخذ هذه النقطة أساساً ، وقسم ما تحته اعتباطاً إلى ٢٤ قسماً  
فكانت هى طبعاً القسم الرابع والعشرين . وعلى هذا المقياس وجد أن درجة حرارة  
الثلج ٨ فقط . ثم وجد أن هذه الأقسام كبيرة غير مناسبة فقال أقسمها أرباعاً  
واتخذ كل ربع وحدة . وقد فعل ، فصارت درجة حرارة الجسم ٩٦ بدرجات  
فارنهایت هذه ، ودرجة حرارة الثلج ٣٢ ، ولما قيست درجة غليان الماء وجدت  
على هذا المقياس ٢١٢° .



فمقياس فارنهایت فيه درجة سيجان الثلج  $32^{\circ}$  ف أى فارنهيته ، ودرجة غليان الماء  $212^{\circ}$  ف .

أى أن : —

$80^{\circ}$  رومرية =  $100^{\circ}$  مئوية =  $180^{\circ}$  فارنهيته .

ومن هنا يمكن تحويل الدرجات بعضها إلى بعض ، من مقياس إلى مقياس .

المقياس الطبى أو الترمومتر الطبى : لكن استعمال الترمومتر الفارنهيته

أو المئوى العادى للأغراض الطبية فى قياس درجة حرارة الإنسان محوط بصعوبة نزول الزئبق بعد إخراج الترمومتر من الفم عما كان عليه وهو فى الفم . طبعاً من الممكن قراءة الترمومتر وهو فى الفم ، لكن هذا فيه من المضايقة للطبيب والمريض ما فيه . ففكر من فكر فى أن يلوى مجرى الأنبوبة الشعرية بعض اللىّ ويزيد فى ضيقها بعض الزيادة عند عنقها ، أى فوق موضع اتصالها بالبصيلة التى هى مستودع الزئبق . فإذا تمدد الزئبق فاض حتى يبالغ مبالغته فى الأنبوبة كأن لم يكن فى شعريتها عوج ولا حبسة ، حتى إذا خرج المقياس من الفم انقبض زئبق المستودع أولاً فانقطع خيط الزئبق عند الملتوى أو الحبسة فظل بقية الخيط فى الأنبوبة يقرأ طرفه الأعلى من يريد . وأثر الحبسة فى منع الزئبق من الرجوع إلى المستودع واضح ، حتى إن رده إلى المستودع بعد ذلك يحتاج إلى شىء من الهز العنيف .

هذا هو الترمومتر الطبى . وقد يكون مئوياً فتكون درجة حرارة الجسم عليه  $37^{\circ}$  م ، أو فارنهيته فى مثل انجلترا فتكون درجة الجسم عليه  $96^{\circ}$  ف .

الترمومتر الكحولى : هذا ترمومتر فيه يستعمل الكحول الملون بدلاً

من الزئبق . وله مساوئ ومحاسن . فمن مساوئه أنه لا يمكن استعماله حتى فى قياس



درجة غليان الماء لأن درجة غليان الكحول هي  $78^{\circ}\text{م}$  ؛ لكن درجة غليان الزئبق  $358^{\circ}\text{م}$  ولذا فالترمومتر الزئبقى يفضل الكحولى فى الصلاحية لقياس الدرجات العالية نسبياً . أما فى درجات الحرارة المنخفضة فتنعكس الآلية ويصير الفضل للكحولى على الزئبقى ، لأن درجة تجمد الزئبق  $39^{\circ}\text{م}$  فى حين أن درجة تجمد الكحول حوالى  $- 130^{\circ}\text{م}$  ، فىمكن استعمال الترمومتر الكحولى فى قياس الدرجات المنخفضة حيث لا يمكن استعمال الزئبقى قط . وهذا من أظهر محاسن الترمومتر الكحولى . وحسنة أخرى أن قابليته للتمدد بالحرارة أكبر من قابلية الزئبق فىكون القياس به أظهر وأدق .

#### الترمومتر الغازى والمقياس المطلق : إن الغازات أكبر تمدداً بالحرارة

من السوائل كما أن السوائل أكبر تمدداً من الجوامد ، فمن المعقول أن يكون الترمومتر الذى أساسه غاز مكين يتمدد أو ينقبض أكبر حساسية من الترمومتر الذى أساسه سائل . كذلك المدى الذى يستعمل فيه ترمومتر كهذا فى قياس الدرجات المنخفضة أو المرتفعة أكبر كثيراً من مدى الترمومتر الكحولى أو الزئبقى ، وإن كان لا بد لقياس الدرجات المرتفعة من تقليل ضغط الغاز فيه ومن صنع بصفة من مادة صعبة الانصهار . لكننا لم نذكر الترمومتر الغازى لنصفه ولكن لننبه إلى أمرين اثنين يتعلقان به : الأول أن أشهر هذه الترمومترات مبنية على تمدد الغاز تحت ضغط ثابت . وقد وجد أن الغاز المكين يتغير بقدر  $\frac{1}{273}$  من حجمه الذى يكون له عند درجة الصفر المئوى تحت ضغط يساوى الضغط الجوى ، وذلك لكل درجة واحدة من درجات الحرارة المئوية تزادها درجة حرارته أو تنخفضها . ومقتضى هذا أننا لو خفضنا درجة حرارته  $273^{\circ}\text{م}$  تحت الصفر يصير حجم الغاز صفراً وينعدم الغاز . لكن هذا الاستنتاج طبعاً



غير صحيح لأن جزيئات الغاز لا تنعدم بالتبريد مهما كان شديداً ، وإنما الذى ينعدم أو بالأحرى ينتظر أن ينعدم هو المسافات بينها من ناحية ، وحركتها من ناحية أخرى . وهذا كان أول ما أوحى إلى العلماء فكرة المقياس المطلق الذى صفه يساوى — ٢٧٣° م . وهذا هو الأمر الثانى الذى أردنا التنبيه إليه مما يتعلق بالترمومتر الغازى .

### الفرق بين مقدار الحرارة ودرجة الحرارة : قد يظن أن درجة الحرارة

هى مقياس لمقدار الحرارة . هذا صحيح على وجه ما فيما يتعلق بكل جسم على حدة ، لكنه ليس صحيحاً على إطلاقه فيما يتعلق بجميع الأجسام . ذلك أن للأجسام سعة حرارية تختلف باختلاف كتلة الجسم ونوع مادته . فإذا وضعنا فى كتلتين متساويتين من مادتين مختلفتين مقداراً واحداً من الحرارة لم ترتفع درجة حرارتهما بنسبة واحدة ، ولو وصلنا بينهما لسرت الحرارة من أحدهما إلى الآخر .

على أن الفرق بين مقدار الحرارة ودرجة الحرارة يتبين بوضوح من المقارنة الآتية :

إذا وضعنا مقداراً واحداً من الماء فى إناءين مختلفى السعة فإن ارتفاع الماء فى الإناء الضيق يكون أكبر منه فى الإناء الأوسع مع أن مقدار الماء واحد فى الإناءين ؛ ولو وصلنا الإناءين من أسفل أحدهما بالآخر بالاستطراق لسال الماء من الإناء الضيق إلى الإناء الأوسع لأن ارتفاعه فى الأول أكبر منه فى الثانى ، أو بالأحرى لأن ضغطه فى الأول عند ملتقى المائين أكبر منه فى الثانى . كذلك الأجسام بالنسبة للحرارة تختلف فى السعة الحرارية : بعضها يكفى قليل من الحرارة لملئته ؛ وبعضها واسع يحتاج إلى مقدار كبير من الحرارة لملئته إلى نفس الارتفاع



الحرارى ؛ ولو وصلنا الجسمين بعد وضع مقدار واحد من الحرارة فيهما بموصل جيد لسالت الحرارة من أقلهما إلى أكبرهما سعة حرارية لأن ارتفاع الحرارة في الأول يكون أكبر منه في الثانى .

فالحرارة هنا تقابل الماء في الإناءين ؛ ودرجة الحرارة تقابل ارتفاع الماء في الإناءين ؛ ومقدار الحرارة يقابل مقدار الماء ؛ والسعة الحرارية للجسمين تقابل السعة المائية للإناءين ؛ وسريان الحرارة من الجسم الذى درجة حرارته أكبر إلى الجسم الذى درجة حرارته أقل يقابل جريان الماء من الإناء الذى ارتفاع الماء فيه أكبر إلى الإناء الذى ارتفاع الماء فيه أقل ؛ ويستمر سريان الحرارة من أحد الجسمين إلى الآخر حتى تستوى درجة الحرارة فيهما كما يستمر جريان الماء بين الإناءين حتى يستوى ارتفاع الماء فيهما .

فالفرق بين مقدار الحرارة ودرجة الحرارة فى جسم كالفرق بين مقدار الماء وارتفاع الماء فى إناء .

الحرارة النوعية : والمقارنة بين المواد فى سعتها الحرارية لا يمكن حتى يُستعمل منها كتل متساوية ، لأن الأجسام بالطبع تختلف سعتها الحرارية باختلاف كتلتها عند اتحاد النوع . وقد اتفق العلماء على استعمال وحدة الكتل عند المقارنة بين السعة الحرارية للعواد ، وسمّوا مقدار الحرارة اللازم لرفع الجرام من مادة ما درجة واحدة من الحرارة الحرارة النوعية لتلك المادة .

والحرارة النوعية مختلفة باختلاف المواد : لكل نوع من المادة حرارة نوعية كما لكل مادة كثافة نوعية . واختلاف الحرارة النوعية دليل اختلاف المواد فى السعة الحرارية .

والحرارة النوعية كما ترى هى مقدار من الحرارة ، ولا بد لقياس مقادير الحرارة



من **وصمة** . فاصطلحوا على اتخاذ مقدار الحرارة اللازم لرفع جرام من الماء درجة واحدة (من صفر إلى ١° م) **وصمة لكميات الحرارة** وسموها **سعرًا** .

وينتج من تعريف **السعر** أن **الحرارة النوعية للماء** هي **واحد** . لكنهم وجدوا أن الحرارة النوعية للماء تختلف قليلاً باختلاف درجات حرارته : تنقص بالتدريج إلى نحو ٤٠° م ، ثم تعود فتزيد بالتدريج إلى درجة الغليان . وهذا هو السبب في قولهم (من صفر إلى ١° م) في تعريف **السعر** عند إرادة الدقة في التعبير .

وقد قاسوا الحرارة النوعية فوجدوا الماء أكبرها في الجملة ، إذا استثنينا الإندروجين الذي تبلغ حرارته النوعية ٣,٤ ؛ ووجدوا الحرارة النوعية لغير الإندروجين من العناصر أقل كثيراً من الواحد ، وأن العنصر في الجملة يحتفظ بحرارته النوعية في مركباته ، أى أن من الممكن حسابان الحرارة النوعية للمركب على وجه التقريب إذا عرفنا رمزه الجزيئي . وصغر الحرارة النوعية للعناصر وثبوتها هما السبب في أن الحرارة النوعية للأجسام على سطح الأرض تنقص قليلاً أو كثيراً عن الواحد أى عن الحرارة النوعية للماء . كما وجدوا أن الحرارة النوعية لمادة ما تختلف باختلاف حالتها ، فهي في حالة الجمودة غيرها لنفس المادة في حالة السيولة ، غيرها في حالة البخارية ؛ وهي في حالة السيولة أكبر منها في أى الحالتين الآخرين . فالحرارة النوعية للثلج مثلاً هي ٥° في حين أنها ٤٨° للبخار عند درجة ١٠٠° م . ثم وجدوا أن الحرارة النوعية على العموم تزداد بارتفاع درجة الحرارة ، أى أن الجسم كلما كانت درجة حرارته الابتدائية أعلى احتيج إلى مقدار من الحرارة أكبر لرفع الجرام منه درجةً فوق تلك الدرجة .

ولكن الحرارة النوعية ، أو إذا شئت السعة الحرارية ، للماء بالنسبة لما عداه من الأجسام أثر غير قليل في الحياة . فهو مثلاً السبب في هبوب نسيم



البحر ونسيم البر ، إن مقدار الحرارة الساقطة من الشمس على المساحة الواحدة من البحر والبر واحدة ، لكن لما كانت السعة الحرارية للماء أكبر كثيراً من السعة الحرارية لليابس ، كانت درجة حرارة البحر بالنهار أقل كثيراً من درجة حرارة البر . ونتيجة ذلك هبوب نسيم البحر على البر طرئاً بالنهار ليحل محل ما صعد من هواء البر الملامس لليابس الساخن . والعكس يحدث بالليل ، لأن البر سرعان ما تتشعع حرارته إذا غابت الشمس فتتخفف درجاتها انخفاضاً محسوساً عن درجة حرارة البحر ، فيهب النسيم بالليل بارداً من البر إلى البحر ليحل محل ما تصاعد من الهواء الدافئ الملامس للماء ، وهذا الهواء الدافئ يعود طبعاً فينزل إلى البر ليحل محل ما تحرك من هوائه البارد تلقاء البحر . فاختلاف الحرارة النوعية لليابس والماء يسبب تبادل الهواء بين البحر والبر في اتجاهين متضادين بالنهار وبالليل . ومهما يكن الحال بالليل فإن هبوب نسيم البحر يروح عن الإنسان بالنهار ويلطف من حرارة الجو على شواطئ البحار .

### تمرد الأجسام بالحرارة : الأجسام في الجملة تمتد بالحرارة وتقبض

بالبرودة ، والجوامد أقل تمدداً بالحرارة من السوائل ، كما أن السوائل أقل تمدداً من الغازات . وقد رأيت مثلاً من انتفاع الإنسان بتمدد السوائل وانقباضها في الترمومترات ، كما رأيت في نسيم البر ونسيم البحر مثلاً من علاقة أثر الحرارة في الغازات بحياة الإنسان .

على أن الإنسان مضطر في حياته لأن يحسب حساب تأثير الأجسام بالحرارة ولو كانت جوامد ، فتارة يحتاط منها أن تدخل شيئاً من الفساد على بعض أعماله ، وتعرضه بذلك لبعض الخطر ؛ فهو في بناء السكك الحديدية مثلاً مضطر إلى ترك تلك الفجوات التي تراها في طول القضيب الواحد حتى إذا تمددت القضبان بحرارة



الاحتكاك أو بحرارة الشمس وجدت منفرجاً تتمدد فيه وإلا تقوست وعرضت القطار المسرع إلى كثير من الخطر . وهو أيضاً مضطرب إلى أن يرخي من الأسلاك الممدودة لأغراض عامة كهربائية بعض الإرخاء حتى إذا انقبضت بالبرودة وجدت منقبضاً ولم تنزل بانقباضها الأعمدة التي تحملها . صحيح أن درجة تمدد الحديد أو النحاس بالحرارة صغيرة ، لكن الأطوال العظيمة التي تستعمل من القضبان والأسلاك تجعل التمدد أو الانقباض الكلي شيئاً مذكوراً يحسب حسابه وإلا تعرض عمل الإنسان فيهما لكثير من الفساد . وبالمثل يحتاط الإنسان لأثر الحرارة والبرودة فيما يبني من قناطر ويصنع من آلات ؛ حتى الساعات يجب عند صنعها أن يحسب حساب تمدد أجزائها في الصيف وانقباضها في الشتاء خصوصاً تمدد الرقاص وانقباضه ، وإلا قدمت الساعة في الشتاء وأخرت في الصيف .

وقد يتجاوز الإنسان الاحتياط من التمدد إلى تسخينه لمنفعته ، كما أهلك لاحظت في صنع العجلات ؛ فإن إطار العجلة الخشبي لا بد له من طوق يمسكه وينطبق من حوله تمام الانطباق ، فتري الصانع يقدر قطر الطوق بحيث يضيق عن أن يلبس الإطار وهو بارد ويلبسه وهو محمي . فيسخنه الصانع ، حتى إذا تمدد بالإحماء أدخل فيه الإطار ، حتى إذا لبسه صب عليه الماء فانقبض فأمسك بالخشب بقوة دونها قوة الدق بمسمار .

---



## الفصل الثاني

### طرق انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة بواحد أو أكثر من ثلاثة طرق :

(١) التوصيل : وهو اسم يطلق على نقل الحرارة من نقطة إلى نقطة في جسم من غير انتقال أجزاء الجسم . فإذا أخذنا مثلاً قضيباً من حديد أو سلكاً من نحاس ووضعنا طرفه في نار أحسننا في الطرف الآخر بمرارة تزداد شيئاً فشيئاً كلما طال مكث الطرف الأول في النار ؛ وهذا لا يتيسر إلا إذا كانت الحرارة سرت في القضيب أو السلك كله ، ومن المشاهد أن القضيب متماسك لم تنتقل أجزاؤه من طرف إلى طرف .

والأجسام تختلف في درجة توصيلها الحرارة ، أى في سهولة سريان الحرارة فيها . فهناك موصلات جيدة للحرارة كالفلزات وكل ما يصنع منها ، وهناك موصلات رديئة للحرارة لا تسرى فيها الحرارة إلا بصعوبة تختلف باختلاف رداءة التوصيل مثل الخشب والمطاط والزجاج واللافلزات على العموم إلا بعضاً منها في بعض حالات تبلوره كما رأيت في الجرافيت . ورداءة توصيل مثل الخشب والزجاج أمر واضح ، فإن أحدنا يأخذ بطرف عود الثقاب الملتهم فلا يحس بمرارة إلا إذا وصلت النار إلى ذلك الطرف ، أو يأخذ بطرف ررود قصير من الزجاج ويسخن الطرف الآخر في لهب حتى يسيح أو يحمر فلا يحس لذلك أى أثر في الطرف الذى هو ممسك به .

والموصلات الجيدة لا تستوى في جودة التوصيل ، فأجود الفلزات توصيلاً النحاس والفضة ثم الذهب ، أما البلاتين والحديد فيبلغان في ذلك نحو خمس النحاس ، وأما الزئبق فيبلغ نحو عُشر الحديد في جودة التوصيل .



كذلك الموصلات الرديئة تختلف في رداءة التوصيل . فإذا تخدنا زجاج النوافذ معياراً لرداءة التوصيل في الجوامد — ومقدرته على التوصيل ، أو موصليته كما يصح أن تسمى ، هي نحو عشر موصلية الزئبق — كان كبريت العمود وشمع البرافين أردأ توصيلاً منه بنحو أربع مرات ، والورق بنحو ثمان مرات ، والحرير بنحو عشر مرات ، والصوف والقطن المشوطان والفلين بنحو عشرين مرة . أما الأخشاب فتختلف رداءة توصيلها باختلاف النوع ، وفي النوع الواحد باختلاف الاتجاه فيه .

والسوائل ماعدا الزئبق رديئة التوصيل . فلو سخنا سائلاً كالماء من أعلى في أنبوبة اختبار لظل جزؤه الأسفل بارداً ، ولو كان فيه ثلج مثقل بقطعة من حجر تمنعه أن يطفو لما ساح الثلج . والسوائل تختلف في رداءة توصيلها فالجلسرين أردأ توصيلاً من الماء ، والكحول أردأ من الجلسرين وإن كان الفرق بينهما ليس كبيراً . أما موصلية الماء فهي تقريباً نصف موصلية زجاج النوافذ أى أن الماء ضعف الزجاج في رداءة التوصيل ؛ وأما الجلسرين فهو في ذلك مثل كبريت العمود .

والغازات أردأ الأجسام كلها توصيلاً . فالهواء مثلاً أردأ توصيلاً من الفلين أو الصوف المشوط بنحو ثلاث مرات . ويستثنى من الغازات الإدرجين فإنه أحسن توصيلاً من الهواء بنحو سبع مرات .

والملابس تحفظ على الجسم حرارته لسببين : الأول سوء توصيل مادتها هي من صوف أو قطن أو حرير ، والثاني سوء توصيل الهواء الذى يتخلل نسيجها . وفضل الصوف على القطن من هذه الناحية راجع إلى أنه أكثر من القطن مساماً ، فالطبقة الهوائية التى فى الصوف أسمك من التى فى مثل وزنه من القطن . على أن هذه الطبقة الهوائية ليست ثابتة بل تتغير بالتدريج ، ويعين على



تغيرها التدريجي في الصوف كثرة مسامه ، وتغيرها يسمح بخروج ما يلبس الجلد من الهواء المتشبع بالبخار . أما القطن فهو من ناحية يحبس هذا الهواء لقلّة مسامه ومن ناحية أخرى يمتص بطبيعته بخار ما يمر خلاله إلى الخارج فيبتل ، ويتعرض الجسم للبرودة بتمخر هذه الرطوبة خصوصاً عند التعرض للهواء .

ومن الممكن توضيح الفرق بين الموصل الجيد والموصل الرديء بتجربة سهلة : يؤتى بقطعتين متشابهتين من الورق الرقيق تلتصق إحداها بقطعة من الخشب والأخرى بلوح من النحاس وتعرض الورقتان الواحدة بعد الأخرى للهب مضاح زمناً واحداً بطريقة واحدة ، فإن الورقة الملتصقة بالخشب تنفحم في حين أن الورقة الملتصقة بالنحاس لا يكاد يصيبها من النفحم شيء لأن الحرارة تنتقل من الورقة الرقيقة إلى النحاس فيصرفها عنها بجودة توصيله . ومن الممكن أن يجمع بين جزئى هذه التجربة في تسخين واحد بأن يلصق بين الورقة والخشمة سلك أو شريحة من النحاس على أى شكل كان ثم تسخن الورقة فتنفحم إلا أجزاءها الملاصقة للنحاس . أى أن شكل السلك أو الصفيحة يبقى على الورقة بياضاً في سواد . وبأخذ السلك من فلزات مختلفة يمكن إلى حد ما المقارنة بين الفلزات من حيث جودة التوصيل .

وقد انتفع السير همفري ديفى بجودة توصيل الفلزات للحرارة في صنع مصباح الأومى ليقى الفحمين شر الانفجارات التي كانت كثيراً ما تحدث في مناجم الفحم قبل اختراعه هذا المصباح . ذلك أن العمال في مناجم الفحم لا بد لهم من الاستئضاء في جوف الأرض إذا ذهبوا لاستخراج الفحم من مظانه . وكانوا يستضيئون بمصابيح زيتية يتصل لهبها طبعاً بجو المنجم ، لكن هذا الجو كثيراً ما يحتوى على مقادير من غازات عضوية قابلة للاشتعال تخرج من بين شقوق الفحم فتختلط بالهواء ، حتى إذا بلغت نسبتها فيه مقداراً خاصاً ومس هذا الخليط



الغازى لهب انفجر وأهلك العمال إن لم يقوض المنجم . وقد دفع السير هـ . ديفى هذا الشر الكبير عن مناجم الفحم وعمالها بأمر بسيط هو أن أحاط الفراغ حول لهب المصباح بشبكة فلزية من النحاس . هذه الشبكة إذا تخللها الغاز التهب داخلها من غير أن يسرى اللهب إلى خارجها لأنها لجودة توصيلها توزع الحرارة من الغاز الملتهب فتخفض درجتها عن درجة التهاب الغاز ، أى درجة الحرارة التى لابد أن يسخن الغاز إليها قبل أن يمكن اشتعاله . فإن لكل مادة قابلية للاشتعال درجة حرارة لا بد أن تبلغها قبل أن يمكن اشتعالها تعرف بـ **درجة الاشتعال** .

(٢) **المحل** : هذا هو الطريق الثانى لنقل الحرارة ، ويراد به نقل الحرارة بواسطة حمل أجزاء الجسم إياها من **مصدر** إلى **مصدر** ، وهذا لا يكون إلا فى الموائع من سوائل وغازات . فإذا سخنا مثلاً إناء فيه ماء وجدنا الماء يسخن كله بعد زمن ، لكن الحرارة لم تسرف فيه كما سرت فى قضيب الحديد أو سلك النحاس من غير أن تزايل أجزاؤه مكانها ، وإنما سرت بانتقال نفس أجزاء الماء فى الإناء من مكان إلى مكان أثناء التسخين . ومن الممكن إذا أقمينا فى الماء المسخن أجساماً خفيفة صغيرة من ورق أو نشارة أو نخالة ، أن نشاهد انتقال أجزاء الورق أو النخالة من أسفل إلى أعلى ومن أعلى إلى أسفل بانتقال أجزاء الماء . وقد عرفنا قبل أننا إذا سخنا الماء من أعلاه حتى يغلى لم يسخن أسفله ، وهذا يدل على أن الحرارة لا تنتقل فى الماء أثناء التسخين بالتوصيل .

والسر فى انتقال أجزاء السائل من أسفل إلى أعلى إذا سخنت أنها تتمدد أى يزداد حجمها مع ثبوت كتلتها فتقل كثافتها وتتحف عن الأجزاء العليا التى لم تتمدد أو التى لم تبلغ من الخفة بالتمدد نفس الدرجة ، فتطفو الأجزاء الأخف ويحل محلها الأجزاء الأثقل ، فتسخن هى أيضاً ، فتخف ، فتطفو ، فيحل غيرها محلها



وهلم جرا إلى أن يسخن السائل كله بدرجة واحدة ، وذلك يكون في العادة عند الغليان .

ولأجزاء السائل من الأثر في صرف الحرارة عن الإناء بالحمل ما لأجزاء الموصل في صرفها عن الغاز الملاصق له في مصباح الأمن أو الورقة في تجربة الورقة والنحاس ، فإن درجة حرارة الإناء لا ترتفع على العموم فوق درجة غليان السائل إلا قليلاً حتى إن من الممكن أن تغلي الماء في وعاء من الورق الرقيق من غير أن يحترق الورق لأن درجة التهاب الورق أعلى كثيراً من درجة غليان الماء . لكن يشترط لذلك أن يكون الماء متصلاً مباشرة بجدر الإناء ، أى يشترط ألا يكون هناك عازل حرارى بين الإناء وبين الماء كما قد يحدث في مراحل القطارات أو السفن أو غيرها من الآلات البخارية إذا كان الماء المستعمل في توليد البخار ماء عسراً أى به مقادير مذكورة من الأملاح الذائبة فيه ، فإن هذه الأملاح تتخلف في المرحل بعد تبخير الماء وتكوّن طبقة رديئة التوصيل حول جدران المرحل تحول من ناحية دون سرعة غلي الماء وتوليد البخار المضغوط ، وتحول من ناحية أخرى دون حمل الماء للحرارة عن جدران المرحل ، فتسخن جدران المرحل كثيراً فوق درجة حرارة الماء الذى فيه وربما قربتها من درجة السيجان وعرضتها للانفجار بضغط البخار . لذلك كان من المهم جداً أن يستعمل لتوليد البخار في الصناعة الماء اليسر الذى لا يحتوى على مقادير تذكر من الأملاح الذائبة فيه ، وأن ينظف باطن المراحل من حين إلى حين .

ومثل السوائل في الحمل الغازات . فالغاز إذا لامس جسمًا ساخنًا سخنت أجزأؤه فتمددت فارتفعت وحل محلها أجزاء أخرى أكتف منها فتسخن فترتفع وهلم جرا ، وهذا هو السبب في حدوث تيارات هوائية في الغرف إذا كان بها نار ، كما أن هذا هو السبب في حركة الرياح من المناطق الاستوائية إلى المناطق



الباردة في الشمال والجنوب في مناطق الجو العليا ، ومن المناطق الباردة إلى المناطق الاستوائية في مناطق الجو السفلى . يسخن الهواء في المناطق الاستوائية فيصعد فتحمل محله الكتلة الهوائية من المناطق المجاورة وتحمل أخرى محل هذه وهلم جرا : كلما سخنت كتلة صعدت ، وكلما برد الهواء في أعلى الجو نزل ، فلا يزال الهواء بين حركتين دوريتين أفقيتين ورأسيتين ، ومن بين هاتين الحركتين تنشأ النسيم والرياح . أما اتجاه هذه الرياح فلحركة الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق أثر فيها .

كذلك في المحيطات تنشأ تيارات سطحية ناشئة من تحرك الماء الدافئ من المناطق الاستوائية صوب الشمال وصوب الجنوب ، وتحرك الماء البارد من الشمال والجنوب صوب المناطق الاستوائية ليحل محل مائها .

(٣) الإشعاع : ومعنى ذلك انتقال الحرارة من الجسم الساخن إلى الفضاء حوله بدون حامل كالهواء ولا موصل كالحديد ، أى بطريقة آخر غير طريق الحمل والتوصيل يسمى طريق الإشعاع تشبيهاً بتشعع الحرارة إلينا من الشمس كما يتشعع الضوء ، إذ الناقل للحرارة والضوء في الحالين واحد هو ذلك الذي سماه العلماء **الأثير** . فإذا نحن جلسنا نستدفئ أمام نار لم تأتتنا حرارتها إلا عن طريق الإشعاع ، فإن الهواء الذي يسخن بالنار لا يتحرك إلينا وإنما يصعد إلى أعلى ، فما نحسه من حرارتها في هذه الحالة لم يحمله إلينا الهواء ولكن حمله إلينا الأثير . فالنار إذا أوقدت تفقد حرارتها عن طريقين : طريق الحمل بالهواء ، وطريق الإشعاع في كل اتجاه بالأثير .

وقد وجدوا أن للحرارة المنبعثة بالإشعاع جميع خواص الضوء إلا الرؤية بالعين . فهي مثله تعبر الفراغ الخالي من كل غاز ، وتعبه في طريق مستقيم ، فإذا لاقت في طريقها سطحاً فلزياً مصقولاً انعكست طبق قوانين انعكاس الضوء ، وإذا



اعترض طريقها جسم شفاف لها ، أى يسمح لها بالمرور فيه ، مرّت وانكسرت عن طريقها الأول انكساراً قليلاً . وسنعرف إذا نظرنا فى الضوء أن الضوء الأحمر أقلّ الأضواء المرئية انكساراً . والحرارة انكسارها أقل من انكسار الضوء الأحمر ؛ فهى على أى حال تنكسر وتتبع فى ذلك قوانين الانكسار . ويجب أن نذكر أن الأجسام الشفافة للضوء لا يلزم أن تكون شفافة للحرارة . فالزجاج مثلاً يحجبها ، لكن بلورات ملح الطعام الخشن لا تحجبها . وقد استعمل فى اختبار انكسار الحرارة منشورات من ملح الطعام أو من مادة تشبه فى ذلك مثل كلوريد البوتاسيوم . ولما كان الضوء الأحمر أطول الأضواء المرئية موجة وأقلها انكساراً ، وكانت الأضواء المرئية يقل انكسارها كلما طالت موجتها ، فقد اتخذ نقصان الحرارة عن الضوء الأحمر فى الانكسار دليلاً على أن موجاتها أطول من موجات الضوء الأحمر . وقد وجدوا أن هناك موجات حرارية مختلفة ، كما أن هناك موجات ضوئية مختلفة .

كذلك وجدوا أن سرعة الحرارة فى الأثير هى نفس سرعة الضوء ؛ فهى تصلنا من الشمس مع ضوءها فى آن واحد فى الصباح ، وتنقطع عنا دفعة واحدة إذا انقطع عنا فى الكسوف الكلى .

فالحرارة الإشعاعية والضوء من قبيل واحد ، لا تختلف عنه إلا فى أن موجتها أطول كثيراً من موجته . والموجات الطويلة يحسها جلدنا ولا تحسها أعيننا ؛ ولو كان هناك عين تحس الموجات الطويلة ، أو بعبارة أخرى تتأثر شبكيتها بالموجات الإشعاعية الطويلة ، لأبصرت فى الظلام كل جسم يشع بالحرارة . وقد تكون أعين الحيوانات التى تصيد بالليل من هذا القبيل فتبصر فريستها بالموجات الحرارية المنبعثة منها لا بالموجات الضوئية .



هكهم الحرارة والضوء حين يسقطان على الأجسام : إذا سقطت الحرارة

والضوء أحدهما أو كلاهما على جسم حدث لهما واحد أو أكثر من ثلاثة أمور :  
الامتصاص أو الانعكاس أو النفوذ من الجسم ؛ أى أن الطاقة الحرارية  
أو الضوئية إما أن تمتص ، وإما أن تعكس ، وإما أن تخترق الجسم الذى تسقط  
عليه . والغالب أن هذه الأمور تحدث كلها للحرارة والضوء إلى درجة ما ، فجزء  
يتمتصه الجسم أى يبقى فيه ، وجزء ينعكس عن سطح الجسم إلى ما حوله فلا يتمتص  
ولا يمر فى الجسم ، وجزء يمر مخترقاً الجسم من غير أن يتمتص فيه أو ينعكس عنه ؛  
غير أننا قد لا نشعر بالجزء الممتص أو المنعكس أو المخترق لصغره ، فنظن فى هذه  
الحالة أنه لم يكن امتصاص أو انعكاس أو اختراق .

والجوامد تختلف فى هذه الأمور الثلاثة بالنسبة للحرارة ، كما تختلف فيها  
بالنسبة للضوء ، وهى أكثر اختلافاً فيها بالنسبة للثنتين . فمن الأجسام ما هو  
شديد الامتصاص للحرارة والضوء كليهما ، ككل جسم قاتم أو أسود خصوصاً  
السناج فإنه أشد الأجسام كلها امتصاصاً للثنتين . والفلزات والأجسام البيضاء  
من أقلها امتصاصاً ، فى حين أنه قد وجد أن قوة الامتصاص تختلف باختلاف  
مصدر الأشعة ، أو بالأحرى باختلاف طول الموجة الحرارية كما فى الضوء ، اللهم  
إلا فى حالة السناج فقد وجد إلى الآن أنه خير الأجسام امتصاصاً للموجات كلها .

ويتعلق بالامتصاص نفث الطاقة الممتصة ، أى إشعاعها ، بعد زوال مصدرها .  
وقد وجد أن الإشعاع يتبع فى العادة الامتصاص . فالسناج أقوى الأجسام  
إشعاعاً ، كما هو أقوىها امتصاصاً . والفلزات من أقلها نفثاً أو إشعاعاً ، كما هى  
من أقلها امتصاصاً .

وهذا الترتيب ينعكس بالنسبة لارتداد الموجات الإشعاعية عن الأجسام .



فالسناج لا يكاد يعكس منها شيئاً ، في حين أن أقوى الأجسام من هذه الناحية الفلزات والأجسام البيضاء ومنها الملابس . وخير الأجسام الفلزية في ذلك الشبه أو النحاس الأصفر ، فالفضة ، فالذهب ، فالقصدير ، فالفولاذ . أما الزجاج فمُعْشَر النحاس الأصفر في ذلك ، وسُبع الفولاذ . على أنه ينبغي أن نذكر أن هذه المقدرة على رد الموجات الإشعاعية تتوقف أيضاً على مصدر الموجات ، أو بالأحرى على طولها ، وإذن فقد يختلف ترتيب الأجسام بالنسبة لهذه الخاصة إذا اختلف طول الموجات .

أما الشفافية الحرارية فأمرها أعقد من الامتصاص والانعكاس . فقد وجد أن السناج شفاف بالنسبة لبعض الموجات الحرارية العظيمة الطول ، في حين أن الزجاج يختلف شفافيته باختلاف الموجات وطولها ؛ فقد وجد لَنْجَلِي أنه شفاف إلى درجة كبيرة أو صغيرة بالنسبة لجميع الموجات الإشعاعية الشمسية ، في حين وجد مَآوْنِي أن لوحاً من الزجاج سمكه مليمتران يحجب نصف الحرارة الآتية من المصباح تقريباً ، وكلّ الحرارة التي ينفثها السناج بعد امتصاصها . وقد رأيت قبل أن الملح الخشن يسمح بمرور الأشعة الحرارية التي يمتصها الزجاج .

### الامتصاص والنفث للغازات والأبخرة : كان تَنَدَال من أول من

امتحن الغازات والأبخرة من ناحية امتصاصها للأشعة الحرارية وقد أيدت نتائجه القاعدة العامة أن النفث يتبع الامتصاص : يقوى حين يقوى ، ويضعف حين يضعف . وقد وجد أن الهواء والأكسيجين والأزوت والادرجين لا تكاد تمتص شيئاً سواء كان ضغطها جويًا أو أقل من جوى ، في حين أن الكلور أقوى منها امتصاصاً أربعين مرة ، وقد يكون هذا راجعاً إلى لونه وإن كانت الأشعة حرارية غير ضوئية . وقد وجد أيضاً أن مقدرة المركبات الغازية على الامتصاص أعظم كثيراً من مقدرة العناصر الغازية ، وأن امتصاصيتها هذه تزيد كثيراً كلما قل



ضغطها عن الضغط الجوي وزاد تعقيدها في التركيب ، في حين أن مقدرة الأبخرة على الامتصاص كانت أكبر من مقدرة الغازات . وقد وجد تنبدال أن بخار الماء كبير امتصاص الموجات الاشعاعية غير الضوئية ، فوجوده في الجو يلطف من حرارته ؛ إلا أن ما يمتصه طبعاً ينفثه إذا زال مصدر الموجات ، وهذا يفسر دفء الجو إذا احتجبت الشمس بعد طلوع وارتفعت درجة رطوبة الهواء . وقد وجد أيضاً أن بخار الماء يحجب أكثر الأشعة الحرارية الناجمة عن احتراق الإندروجين ، أى عن تكون الماء ، في حين أن سُمك نحو نصف سنتيمتر من الماء يحجب كل تلك الأشعة تماماً . وهذا مثل خاص من قاعدة عامة فيما يبدو هي أن الأجسام تحجب أشعتها الخاصة . فقد وجدوا أن بلورات ملح الطعام تحجب الأشعة الحرارية المنبعثة من ملح الطعام الساخن وإن كنا قد رأينا أنها تسمح لكثير مما عداها بالمرور .

فالحرارة الإشعاعية تختلف في طول موجاتها اختلافاً يزيد كثيراً عن اختلاف الضوء في طول موجاته ، فهي أنواع كثيرة حسب طول موجاتها ، وكلها أطول موجة من الضوء الأحمر ؛ واختلافها فيما بينها يتوقف على الأخص على عاملين مهمين : نوع المصدر ودرجة حرارة المصدر . فالأشعة الحرارية الصادرة من سلك من النحاس في درجة حرارة ما غير الصادرة من سلك من البلاتين مثلاً عند نفس الدرجة ؛ والأشعة الحرارية الصادرة من سلك من النحاس في درجة ١٠٠ م غير تلك التي تصدر من نفس السلك عند درجة ٤٠٠ م مثلاً . ولما كانت هذه الموجات يحدثها في الأثير حركة الجزيئات في المصدر ، فكأن طول الموجة يتوقف أولاً على تركيب جزيء المصدر ، وثانياً على حركة ذلك الجزيء من حيث الشدة ؛ وربما أيضاً من حيث الكيفية . ومهما يكن من ذلك فخكم الحرارة الإشعاعية الساقطة على جسم من حيث الامتصاص والانعكاس والاختراق يختلف في الجملة باختلاف طول موجتها واختلاف نوع الجسم الساقطة عليه .



## الفصل الثالث

### حرارة الماء

الماء من الناحية الحرارية يشترك مع غيره من المواد في أمور ، وينفرد منها ويمتاز عنها في أمور . فهو مثلاً كغيره من المواد النقية له تحت الضغط الجوى الثابت درجة تجمد أو سيحان ثابتة ، ودرجة غليان ثابتة اتخذناها أساساً لقياس درجات الحرارة ، وسمينا الأولى صفراً والثانية مائة . وله كغيره في حالى التجمد والغليان حرارة كامنة تميزه : ينفثها إذا تحول إلى جمد ، ويأخذها إذا تحول إلى بخار ؛ وهو كغيره في أن حرارته الكامنة عند التجمد (أو السيحان)<sup>(١)</sup> غير حرارته الكامنة عند الغليان أو عند التبخر<sup>(٢)</sup> على الإطلاق . وهو أيضاً كغيره في أن له حرارة نوعية خاصة تمثل سعته الحرارية

فالماء يشبه غيره من أنواع المادة في خضوعه لهذه السنن العامة ، لكنه يتميز منها في أكثر هذه النواحي نفسها إذا تركنا الكيف ونظرنا في الكم . فقد رأينا من ناحية الحرارة النوعية أنه أكبر المواد كلها حرارة نوعية إلا

---

(١) الحرارة الكامنة للتجمد والسيحان مقدارها واحد إلا أن الأولى يعطيها السائل عند تجمده ، والثانية يأخذها الجامد الناتج عند سيحانه ، وبطلق عليها على العموم الحرارة الكامنة للسيحان . ولقياسها نسبوها إلى ما يعطيه أو يأخذه الجرام الواحد من المادة . وعرفوها في حالة السيحان بأنها مقدار الحرارة اللازمة لتحويل جرام من الجامد إلى سائل من غير تغير في درجة الحرارة .

(٢) حرارة التبخر الكامنة هي مقدار الحرارة اللازمة لتحويل جرام من السائل إلى بخاره من غير تغير في درجة الحرارة . فإذا كانت درجة حرارة السائل هي درجة غليانه سمي مقدار الحرارة اللازمة لتحويل جرام منه إلى بخار عند نفس الدرجة بحرارة الغليان الكامنة لذلك السائل .



الإدروجين . وهو أيضاً من أكبرها ، إن لم يكن أكبرها ، حرارةً كامنة في التجمد وفي التبخر . فحرارة تجمده الكامنة ٨٠ سُعراً ، وحرارة غليانه الكامنة ٥٣٦ سُعراً ؛ وهي أكبر من ذلك قليلاً للتبخر في الدرجات الأقل من درجة الغليان ، لأن حرارة التبخر على العموم تقل بارتفاع درجة الحرارة التي يكون عندها التبخر .

ولحكمة كبرى جعل الله الماء متميزاً في هذه النواحي . فمعظم حرارته النوعية ليس فقط سبباً في هبوب نسيم البحر ونسيم البر ، وهبوب الرياح على العموم كما قد رأيت من قبل ، ولكنه يجعل البحار والمحيطات مخازن هائلة لحرارة الشمس تخزنها إذا سطعت عليها بالنهار ، وتجود بها تدريجاً بعد مغيب الشمس بالليل ، فتخفف بذلك عن الإنسان شدة الحر وشدة البرد بالنهار وبالليل .

أما ارتفاع حرارة تبخر الماء الكامنة ، وهي عالية جداً كما ترى ، فلها أكبر الآثار أيضاً في الموازنة بين درجات الحرارة في الأرض ، وحفظ معدلها عند الحد الذي ينفع الناس . وتبريد الماء في أوانيهِ الفخارية على حسن وقعه هو من أصغر هذه الآثار ، ومثله دفع الحر برش الأرض وقت الظهيرة . لكن الأثر البعيد في تلطيف جو الأرض هو أثر الأمطار ، فإن المقادير الهائلة من الأبخرة المتصاعدة من الأرض ومن البحار تعطى حرارتها الكامنة إذا تسكثفت سحباً أو تسكثفت مطراً : ما أخذته من حرارة الجو عند التبخر تعطيه للجو مرة أخرى عند التسكثف ، وهذا هو سر شعورك بدفء الجو غب المطر . فكأن الرياح التي تسوق السحاب بأمر الله إلى ما شاء الله من مناطق الأرض ليست تحمل إلى الناس الماء فحسب ، ولكنها تحمل مع الماء مقادير هائلة من الحرارة لعل حاجة الناس إليها ليست في تلك المناطق أقل كثيراً من حاجتهم إلى الماء .

على أن هناك ناحية حرارية أخرى يتميز منها الماء عن غيره تميزاً أشبه



بالشدوذ ، أو قل هو الشدوذ بعينه حين اقتضت حكمة الخالق ومصلحة المخلوق أن يشد الماء .

إن السنة العامة أن الأجسام تتمدد بالحرارة وتنقبض وتقلص بالبرودة . والماء يتبع هذه السنة لكن إلى حد محدود ، وقدر مقدور . فهو ينقبض بالبرودة حتى تبلغ درجة حرارته  $4^{\circ}$  م ، ثم يبدأ بعد ذلك يتمدد بالبرودة إلى الصفر وإلى ما تحت الصفر ، فإذا ما عكسنا العملية **انقبض** الثلج بالحرارة حتى يبلغ الماء درجة  $4^{\circ}$  م ثم يأخذ في التمدد كالمعتاد . أى أن الجمد ، الذى نسميه بالثلج خطأ ، أكبر حجماً من الماء الذى تجمد منه ويسيح إليه . وقد وجدوا أن الجرام من الجمد حجمه فى درجة الصفر  $1.0910$  سم<sup>٣</sup> ، فإذا ما ساح إلى ماء فى درجة الصفر صار حجمه  $1.0012$  سم<sup>٣</sup> . فالجمد أخف من الماء فى درجة الصفر ، والماء فى درجة الصفر أخف قليلاً جداً من الماء عند درجة  $4^{\circ}$  م حيث كثافة الماء واحد بالضبط ، وهى أكبر كثافة للماء . لكن هذا الفرق الضئيل بين الحجمين ، أو إذا شئت بين الكثافتين ، له أبعاد الأثر فى حياة الإنسان وحياة الحيوان ، وهذا الأثر ليس بأقل من بقاء البحر بجرأً ينتفع به الإنسان والحيوان على سطح الأرض وإلا لصارت البحار والمحيطات فى المناطق الباردة على الأقل أرضاً من الجمد لا يكفى فى تسييحها حرارات الفصول .

### مياة الحيوان البحرية : فى المناطق الباردة فى الشمال وفى الجنوب تبرد المياه

من أعلى فى البحار وفى الأنهار لأن الجو المتصل بسطوح تلك المياه يكون بارداً جداً ، فإذا برد الماء سطحي انقبض وازدادت كثافته فغاص وحل محله الماء الأخف الذى لم يبرد فيبرد بدوره فيغوص ، وهلم جرا حتى تصير درجة الماء كله فى البحر أو النهر أربعاً مئوية . فإذا ما استمر التبريد ببرودة الجو فى الشتاء ، وبرد



سطح الماء تحت م<sup>٥</sup>م ، تمدد الماء الذي على السطح بدلا من أن يشكشخف  
 فظل طافيا . فاذا ما بلغت برودته درجة الصفر ، وكثيراً ما تنخفض عنه ، تجمد  
 الماء السطحي مما يلي الشط وامتد التجمد في الماء شيئاً فشيئاً فصار البحر  
 أو النهر مما يلي الأرض عندئذ طبقتين : طبقة سفلية عميقة سائلة درجة حرارتها  
 بين الصفر من فوق والأربعة من تحت ، وطبقة علوية متجمدة . فأما الطبقة  
 السفلية فتعيش فيها الحيوانات البحرية من أسماك وغيرها طول فصل الشتاء .  
 وأما الطبقة المتجمدة فتكون في العادة أشبه بقشرة غير سميكة إذا قيسـت إلى  
 عمق الطبقة السائلة ، فإذا ولى الشتاء وجاء الربيع وارتفعت درجة حرارة الجو  
 بدأت تلك الطبقة المتجمدة الرقيقة نسبياً تسيح شيئاً فشيئاً ، ولا تلبث طويلاً  
 حتى تسيح كلها ويرجع النهر أو البحر سائلاً كله . ولو اطرد انقباض الماء  
 بالبرودة وتمدده بالحرارة كغيره من الأجسام لتحول البحر كله جمداً في شتاء  
 تلك المناطق الباردة ، ولما تـ الحيوانات البحرية بتجميده . ثم إذا طلع الربيع  
 وتبع الربيع الصيف لما ساح من البحر إلا أعلاه لرداءة توصيل الماء الحرارة ،  
 ثم يجيء الشتاء فيجمد ما قد ساح . وهذا إذا تم ليس معناه وقوف ارتفاع  
 الإنسان بحيو ان البحر فحسب ، ولا وقوف الفلك عن الجرى بالتجارات بين  
 مختلف الأقطار فحسب ، ولكن تحول جو الأرض كلها في النهاية إلى جو المناطق  
 المتجمدة . وتصور عندئذ ماذا كانت تؤول إليه الحياة .

فانظر إلى آثار رحمة الله كيف جعل الماء يتبع سنة التمدد العامة ما دام  
 خلقه في ذلك مصلحة ، حتى إذا كادت المصلحة تنقلب باتّباع تلك السنة إلى  
 فجیة هائلة جعل الماء يشذ عن تلك السنة بقدر ما يديم المصلحة ويدراً الفجیة .  
 وهذا من أكبر الأدلة لمن يريد دليلاً على أن هذا الكون ليس ابن المصادفة  
 العمياء ولكن خلق إله قادر حكيم .



## بخار الماء في الهواء

الهواء يحتوي على مقادير عظيمة من بخار الماء المتصاعد من البحار والأنهار والأجسام المبتلة على اليابسة . ووجود هذا البخار في الهواء يتبين مما يتكاثف على ظاهر الأواني الزجاجية مثلاً إذا وضع فيها شراب مبرد ، فإننا إذا تركنا كأساً فيه ماء مثلج مدة في الهواء ولمسنا ظاهر الكأس وجدناه مبتلاً وكان من قبل جافاً . هذا البلل ليس طبعاً من الماء الذي في الكأس لأن الزجاج لا ينضج الماء ، وإنما هو من الهواء .

لكن الهواء لا يستطيع أن يحمل مقادير لا نهاية لها من البخار ، فإن قوة حمله البخار محدودة تختلف باختلاف درجة حرارة الهواء . فالهواء الذي درجة حرارته أعلى يستطيع أن يحمل بخاراً أكثر من الهواء الذي درجة حرارته أقل ، أي أن السعة البخارية للهواء عند درجة ١٥° م مثلاً أكبر من سعة الهواء البخارية عند درجة ١٠° م . وهذا راجع إلى ما وجدوه من أن الماء له عند كل درجة حرارة ضغط بخار أعلى قد لا يبلغه ولكن لا يستطيع أن يتجاوزه ، وأن هذا الضغط يزيد بازدياد درجة حرارة البخار ، وأن إلى ضغط البخار هذا ترجع خاصية التبخر في الماء ، بحيث لو لم يكن للبخار ضغط ما تبخر الماء ، كما أن عدم تبخر الزيت مثلاً راجع إلى صغر ضغط بخار الزيت صغراً يكاد يكون والانعدام سواء . فإذا عرضت ماء في إناء للجو وكان الهواء ساكناً كانت سرعة تبخر الماء متوقفة على ضغط بخار الماء في الهواء في درجة حرارته إذ ذاك . فإذا كان ضغط بخار الماء عند سطحه أكبر من ضغط بخار الهواء تبخر الماء بسرعة تناسب الفرق بين الضغطين ، وهذا هو الحال على سطح الأرض في أكثر الظروف . وإذا كان ضغط البخار في الهواء أكبر من ضغط بخار الماء عند سطحه ، كما قد



يحدث أحياناً ، تكاثف البخار من الهواء على سطح الماء . أما إذا تساوى الضغطان فإن التبخر والتكاثف يتعادلان ويبقى مقدار الماء في الإناء من غير تغيير ؛ ويقال للهواء في هذه الحالة إنه مشبع بالبخار ، كما يقال في الحالة الأولى إنه غير مشبع . أما في الحالة الثانية التي يتكاثف فيها بعض بخار الهواء فيقال للهواء فيها إنه فوق المشبع .

ففي حالة التشبع يكون ضغط البخار في الهواء مساوياً أعلى ضغط يمكن أن يبلغه بخار الماء عند درجة حرارة الهواء ، أى مساوياً بالاختصار الضغط البخارى للماء عند تلك الدرجة . فإذا نقص ضغط البخار في الهواء عن هذا الضغط البخارى للماء فالهواء غير مشبع ، وإذا زاد عنه فالهواء فوق المشبع بالبخار .

وإذا أردت أن تنظر إلى المسألة من ناحية أخرى ، ناحية ما سميناه السعة البخارية للهواء ، كان الهواء مشبعاً إذا حمل أكبر ما يمكن أن يحمل من البخار عند درجة حرارته التي يكون فيها ، فإذا ارتفعت درجة حرارته بعد ذلك ازدادت سعته البخارية وصار غير مشبع ؛ أما إذا برد الهواء المشبع بالبخار فإن ما كان فيه من البخار يزيد عن احتماله ويصير فوق المشبع ، وإذا وجد سطحاً يلامسه ألقى عليه فضل ما كان يحمل من البخار .

بعض مقادير بخار الماء في الهواء عند التشبع

درجة الحرارة : — ١٠ ٠ صفر ١٠ ٢٠ ٣٠ م

مقدار البخار بالجرام في المتر المكعب : ٢,٤ ٤,٩ ٩,٣ ١٧,٢ ٣٠ جم

ومن هذا الجدول تتبين أولاً المقادير الهائلة من الماء في الهواء ، وتتبين ثانياً كيف أن كمية بخار الماء في الهواء المشبع عند درجة حرارة ما لا تكفى لإشباعه فوق هذه الدرجة ، وتزيد عن إشباعه دونها ، ولو بقليل . لذلك كان المهم



معرفته ليس هو القيمة المطلقة للبخر في الهواء ، أو الرطوبة المطلقة كما يسمونها ، ولكن هو الرطوبة النسبية : أى النسبة المئوية لمقدار البخار الموجود بالفعل في الهواء في درجة الحرارة الجوية الى المقدار اللازم لاستيعاب الهواء في نفس درجة الحرارة .

أما درجة الحرارة التى يصير الهواء عندها مشبعاً بما فيه بالفعل من البخار فتسمى بـ درجة الندى أو نقطة الندى ، لأن أى زيادة على ذلك المقدار عند تلك الدرجة تتكاثف على الأرض ندى .

الندى : هو تلك القطرات المائية التى نراها فى الليل ، أو على الأخص فى الصباح ، تعلو سطح الأرض وما عليه من الأجسام . ومصدره المهم هو بخار الهواء ، فإن هواء النهار غير المشبع إذا برد بالليل أو قرب الصباح صار فوق المشبع وعندئذ يُبقى فضل بخاره على الأرض ندى كما رأيت .

لكن الندى قد يكون له مصدر آخر هو البخار الخارج من بطن الأرض أو باطن ورق النبات ، فإن الماء داخل الأرض والورق له ضغط يتبخر به ، فإذا ما بلغ سطح الأرض أو الورق ووجد الهواء مشبعاً لم يستطع أن يرجع ولم يستطع أن يصعد فيتكاثف قطرات نظنها آتية من الهواء وليست آتية منه ، إذ الهواء المشبع لا يتكاثف منه البخار .

الجليد : وقد تنخفض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر قليلاً أثناء الليل بعد سقوط الندى فيتجمد وعندئذ يسمى بـ جليد .

الصقيع : أما إذا انخفضت درجة الحرارة السطحية إلى درجة كافية لتجمد البخار الآتى من باطن الأرض أو باطن النبات بمجرد بلوغه السطح ، فإن هذا البخار يمر من البخارية إلى الجودة مرة واحدة من غير أن يتكاثف ندى ، فيتجمد بلورات دقيقة من الثلج ويسمى بـ صقيعاً .



وقد يخلط بين هذين الاسمين في الاستعمال ، لكن الأحسن قصرهما على ما استعملا فيه هنا .

الضباب : إن الهواء فوق المشبع لا بد له من جسم يلقى فضل بخاره عليه ، أو بالأحرى لا بد للبخار فوق المشبع من شيء يتكاثف عليه وإلا تأخر تكاثفه جدا حتى يبلغ من زيادة التشبع درجة عظيمة . أما إذا تيسر للبخار في الهواء فوق المشبع ما يكون له بمثابة نواة يتكاثف حولها فإنه يتكاثف مهما قلت زيادة تشبعه . وقد رأيت أنه يسمى ندى إذا تكاثف على التثوء في الأجسام على سطح الأرض . أما إذا تكاثف على الهباء والغبار المعلق في الهواء قرب سطح الأرض فإنه يسمى بالضباب .

ومن الممكن الآن عد دقائق الغبار في السنتيمتر المكعب من الهواء وذلك بواسطة «عداد الغبار» الذي اخترعه ايتكن سنة ١٨٩٩ . وهو في صميمه صندوق صغير عمقه سنتيمتر واحد وأرضه قطعة من الزجاج مقسمة إلى المليمترات مربعة يمكن فحصها بعدسة من أعلى الصندوق . هذا الصندوق يمكن ملؤه بمقدار من الهواء المراد امتحانه ممزوج بنسبة معينة من هواء مصفى من الغبار ، كما يمكن أيضاً توصيله بقبابة صغيرة مفرغة حسبما نريد . فإذا ملئ من الخلوط الهوائى ترك الهواء فيه حتى يتشبع بالبخار من ماء في بعض جوانب الصندوق ، ثم يوصل بالقبابة فيتمدد ، فيبرد ، فيصبح فوق المشبع ، فيتكاثف فضل بخاره على دقائق الغبار ، فتثقل ، فتسقط على أرض الصندوق ، فيمكن عد متوسطها في المليمتر المربع . فإذا كان متوسط عدد القطرات في المليمتر المربع مثلاً ستا كان هناك ٦٠٠ في السنتيمتر المربع . وإذا كان الهواء في الأصل مخففاً عشر مرات بالهواء المصفى من الغبار كان هناك في الهواء الأصلي ٦٠٠٠ غبارة في السنتيمتر المكعب الواحد . وهاك بعض النتائج التى وصل إليها ايتكن :



| مصدر الهواء                                           | دقائق الغبار في السنتيمتر المكعب |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------|
| هواء الشارع قبل المطر                                 | ١٣٠,٠٠٠                          |
| هواء الشارع بعد المطر                                 | ٣٢,٠٠٠                           |
| هواء على أعقدام من أرض غرفة يحترق فيها مصباح من الغاز | ١,٨٦٠ ٠٠٠                        |
| في نفس الغرفة قرب السقف                               | ٥,٤٢٠ ٠٠٠                        |
| في لندن وباريس                                        | مئات الآلاف                      |

وقد اختبر غير ايتكن نماذج من هواء بقاع مختلفة أثناء سياحة حول الأرض فوجد أن دقائق الغبار يختلف عددها من ٢٠٠ في السنتيمتر المكعب في المحيط الهندي إلى ٤٠٠٠ في المحيط الأطلسي . وقد يكون بعض هذه النويات غير غبارية ، كأن تكون كهربية المصدر ؛ لكن مهما كان مصدرها فالأرقام السالفة تفسر العلة في اختلاف الأماكن في كثافة الضباب .

الهواء المصفى : وقد امتحن س . ت . ر . ولسن الهواء المصفى من الغبار

لينظر إلى أى حد يمكن زيادة تشبيعه بالتمدد من غير أن يتكاثف من بخاره شيء فوجد أنه إذا كانت درجة حرارته حوالى ٢٠°م فإن من الممكن تمديده فجأة مرة وربعاً ( أى تصبح النسبة بين حجميه قبل و بعد كنسبة ١ : ١ ¼ ) من غير أن يحدث تكاثف قط . أما إذا زاد التمدد عن ذلك فإن تكاثفاً قليلاً لا يزيد عن بضع مئات في السنتيمتر المكعب يقع في الهواء إلى أن تصبح النسبة بين الحجمين ١ : ١ ⅜ ؛ فإذا تجاوزنا هذا الحد حدث تكاثف كبير يزداد بازدياد نسبة التمدد . ومعنى هذا أن الهواء المصفى يمكن تبريده من حوالى ٢٠°م إلى نحو ٦°م



من غير تكاثف ، مع أن البخار الموجود في الهواء عندئذ هو أربعة أمثال ما يشبعه عند درجة — ١٦° م . أما الحد الآخر للتمديد ( ١ : ١٣ ) فيقابلة درجة حرارة تساوى نحو — ١٦° م ، ويصبح بخار الماء في الهواء نحو ثمانية أمثال ما يشبع الهواء عند هذه الدرجة . وهم يستنتجون من حدوث التكاثف بعد التمديد أن عدداً من النويات ينشأ في الهواء إذا بلغ التمديد تلك الحدود وإن اختلفوا في كيفية نشوء هذه النويات . ومهما يكن من تفسير التكاثف الحادث فإن هذه التجارب كافية لتبيين الأهمية العظمى للغبار أو ما عداه من النويات في تكوين الضباب والسحاب .

### السحاب والمطر والبرد والثلج : أما إذا صار الهواء في الطبقات الجوية العلوية

بارداً برودة كافية وأصبح فوق المشبع فإن فضل بخاره يتكاثف حتى يبدو للعين سحاباً . هذا السحاب إذا اجتمعت قطيراته بأسباب شتى من رياح أو نحوها صارت قطرات مائية أثقل من أن يحملها الهواء فتنزل عندئذ مطراً . وقد تنخفض درجة حرارة الجو الأعلى تحت الصفر وتحمل اليه قطرات المطر بطريقة ما فتتجمد فتنزل على الأرض متجمدة وتسمى عندئذ بَرَدًا . أما إذا تجمدت القطيرات السحابية الدقيقة قبل أن تجتمع قطرات مطرية فإن القطيرات السحابية المتجمدة تتجمع بعضها على بعض بعوامل شتى منها الرياح فتثقل فتسقط على الأرض ثلجاً . أى أن الثلج هو بخار تجمد ثم تجمع في الطبقات العلوية . أما هذا الذي يباع في الأسواق من الماء المتجمد كمتلاً نسميها ألواحاً فاسمه اللغوى والعلمى جَمْدٌ كما سبق التنبيه إليه . فالسحاب في الطبقات العلوية يقابل الضباب في الطبقات السفلية على الأرض ، والمطر يقابل الندى . أما الثلج فيقابل ما سميناه بالصقيع ، وأما البرد فيقابل ما سميناه بالجليد . هذا هو الإجمال لكن موضوع السحاب والمطر هو من الأهمية بحيث يحسن أن نفرده بفصل خاص .



## الفصل الرابع

### السحاب والمطر والبرد

السحاب : السحاب إذن هو بخار ماء تكاثف في طبقات الجو العلوية كما يتكاثف الضباب في الطبقات القريبة من الأرض . ولا بد لتكوّن السحاب من شرطين أساسيين يجب توفرهما في الهواء العلوى :

الأول : أن يكون الهواء فوق المشبع بالبخر .

الثانى : أن يكون الهواء محتويا عدداً كبيراً من النويات .

زيادة التبسيع : وكل هواء كما رأيت يكفى في زيادة تشبعه أن يبرد تبريداً كافياً . لكن من الواضح أنه كلما كانت نسبة الرطوبة في الهواء أكثر كان مدى التبريد المطلوب لزيادة التبسيع أصغر . فهناك إذن عاملان يسهلان توفر هذا الشرط الأساسى فى تكوّن السحاب : تبريد الهواء ، وارتفاع نسبة الرطوبة فيه .

فأما ارتفاع نسبة الرطوبة فسهل تحققه فى الهواء فوق السطوح المائية الواسعة ، فى جميع الفصول فى المناطق الحارة ، وفى غير المناطق الحارة أثناء النهار فى غير الشتاء . هذا الهواء يكون متحملاً بمقادير عظيمة من البخار ، فإذا هب على البر سخن وصعد وحل غيره من البحر محله وهلم جرا . أما بالليل فينعكس الأمر ويهب الهواء من البر إلى البحر فترتفع درجة حرارته نسبياً لارتفاع درجة حرارة الماء بالنسبة للبر ، ويحمل من بخار البحر ويصعد . فحركة الهواء فى المناطق البحرية



من شأنها دائماً بالنهار أو لليل أن تزيد في نسبة البخار في الهواء خصوصاً في المناطق الحارة والمعتدلة .

وأما تبريد الهواء في المناطق العلوية من الجو فيكفله : **أولاً** برودة الجو في تلك المناطق ، فإن مناطق الجو العليا منخفضة درجة الحرارة لقلّة ما يعكس الضوء والحرارة فيها ، إذ الذي يرفع درجة الحرارة على سطح الأرض هو كثرة السطوح العاكسة المشعة ، وكلما ارتفع الإنسان في الجو قلت هذه السطوح ولذلك كانت البرودة في الجبال أشد منها كثيراً في السهول حتى إن من الجبال الشاهقة ما هو متوّج بالجمد دائماً طول الفصول . صحيح أن أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض هي بنفسها قد احترقت تلك المناطق لكنها تكاد تمر بها غير منقوصة ما لم تعترضها كتل من السحاب أو ينعقد في طريقها قمام .

**ثانياً** : قلّة الضغط في المناطق الجوية العليا ؛ فإن الضغط الجوى يتناقص بالتدريج كلما زاد الارتفاع ، أى كلما تناقص مقدار الهواء فوق النقطة المقيس فيها الضغط ، إذ الضغط الجوى ما هو إلا زنة عمود الهواء المرتفع من نقطة القياس . وارتفاع الغلاف الهوائى حول سطح الأرض محدود . صحيح أنه قد يبلغ في أقاصيه أكثر من ١٢٠ ميلاً ، لكن الضغط الجوى عند ذلك لا يكاد يتجاوز كسراً ضئيلاً من المليمتر من الزئبق لأنه يبلغ بضعة ملليمترات على ارتفاع ٢٠ ميلاً ، مع أنه على سطح الأرض حوالى ٧٦٠ ملليمترًا من الزئبق . فكأن ارتفاع الغلاف الجوى في الواقع لا يتجاوز هذه الأميال العشرين . ولو كانت الطبقة الجوية متساوية الكثافة لكان ارتفاعها نحو خمسة أميال ، لكنها غير متساوية الكثافة لميل الهواء بطبيعته إلى الانتشار كلما وجد منتشراً في الفراغ .

ولتناقص الضغط كلما زاد الارتفاع أثر بعيد في تبريد الهواء **الصاعِد** لأنه يمدد أثناء صعوده ، ويزداد تمدده كلما صغر الضغط بالعلو في المناطق التى يصير إليها .



فالهواء إذا صعد يبرد مرتين : مرة باختلاطه بالهواء العلوى البارد ، ومرة بتمددده فى المناطق العلوية المخلخلة .

وقد تسخن كتل عظيمة من الهواء مرة واحدة فتصعد معاً حتى إذا باذت الطبقات العلوية بردت بالتمدّد وكوّنت كتلاً سحابية عظيمة قاعدتها أفقية حيث مبدأ زيادة التشعب ، وحدودها الأخرى كالقباب المتلامسة المتدرجة فى العلو وهى الحدود التى وصلت إليها تلك الكتلة فى تمددها . هذا هو السحاب الركام ، ويكثر فى العواصف الرعدية ويكون عندئذ عظيم العمق عظيم الارتفاع .

على أنه يجب أن نتذكر أن الحرارة ليست بالعامل الوحيد الذى يسبب صعود الهواء ؛ فإن شرط الصعود هو الخفة ، والخفة كما تحدث بالتمدّد الحرارى تحدث أيضاً بارتفاع نسبة البخار فى الهواء ، لأن البخار أخف من الهواء إذ كثافته نحو ٦، من كثافته .

**ثالثاً :** الاختلاط بالرياح الباردة الآتية من المناطق القطبية . فإن الرياح الدافئة المتحملة بالبخار إذا التقت برياح باردة انخفضت درجة حرارة الأولى وارتفعت درجة حرارة الثانية ، لكن مقادير البخار فى الأولى كثيراً ما تكون فوق مقدرة الريحين أن تحملها فى درجة الحرارة الناتجة . أى كثيراً ما ينتج من اختلاط ريحين ، دافئة وباردة ، ريح واحدة فوق المشبعة وقد كان الريحان من قبل غير مشبعين .

وقد تمر الباردة من تحت الساخنة فى الطبقات العلوية فيتكوّن السحاب بينهما عند مُحْتَكَمَهما ، ويكون السحاب عندئذ متموجاً لتموّج الهواء عند ملتقى الريحين .

وللرياح دخل عظيم فى تكون السحاب وتوزيعه ، لكن سر الرياح وتقلباتها لم يدرك العلم غوره إلى الآن .



**رابعاً : الجبال ؛** وهذه تفعل فعلها بطريقتين : طريق تبريد الرياح الأفقية التي تصطدم بأعاليها ، لأن أعلى الجبال الشاخنة شديدة البرودة فتبردّ الرياح إلى ما فوق التشبع وعندئذ يتكاثف السحاب المتكون ماء يسيل على جوانب الجبال . هذا طريق . والطريق الثانى طريق تحويل مجرى الرياح إلى أعلى إذا اصطدمت الرياح الأفقية بالجبال دون أعاليها . فالرياح الساخنة أو المعتدلة الحرارة إذا اعترضتها الجبال غيّرت مجراها ، وأرغمتها على الصعود إلى المناطق العلوية حيث يتكاثف بخارها سحاباً ويتكاثف سحابها مطراً على أعلى تلك الجبال .

**نوبات النطائف :** لكن التبريد إلى ما فوق التشبع لا يكفي وحده فى تكوين السحاب إلا إذا بلغ مبلغاً عظيماً كما دلّت عليه تجارب س . ت . ر . ولسن التى سبقت الإشارة إليها ، بخلاف ما إذا كان فى الهواء ما يتكاثف البخار حوله فإن البخار عندئذ يتكاثف بمجرد انخفاض درجة حرارته ولو قليلاً عن درجة التشبع أو درجة الندى كما يسمونها .

وحسيمات الغبار الخفية والمرئية ليست هى كل ما يتكاثف عليه بخار الماء فى الهواء ، ولو كانت هى كل ما يمكن أن يصلح نوّى لتطيرات الماء فى الهواء فوق التشبع لعزّ تكوّن السحاب ، ولاقتصر على المناطق التى يكثر فى جوها العلوى هذا الغبار . لكن الذى قدّر الأشياء وعلم حاجة الزرع والحيوان إلى الماء جعل مما يتكاثف عليه البخار فى أعلى الجو أشياء أخرى غير الهباء هى الذرات والجزيئات الغازية المكهربة المعروفة بـ **أيونات** .

**تأين الهواء :** لقد عرفت قبل أن بعض العناصر الثقيلة الذرة كالرديوم تقذف ذراتها بالكهيرات ، لكن وحدات الكهربية السالبة هذه التى يسمونها بالكهيرات أو الكهارب أو الإلكترونات ، ليست جزءاً من ذرات العناصر



الشعاع وحدها ، ولكنها جزء من ذرات العناصر كلها : تحتوى ذرة كل عنصر على عدد من الكهيرات يختلف عما تحتويه ذرة كل عنصر آخر . لكن ذرات العناصر الشعاع تقذف ببعض كهيراتهما ، أما غيرها فلا تقذف من كهيراتهما شيئاً ؛ لكن قد تمتزج منها كهيرة من كهيراتهما انتزاعا بعوامل شتى ، وعندئذ تصبح الذرة التى فقدت كهيرتها موجبة التكهرب كما تصبح أى ذرة أو جزئ أو هباءة تلتصق به الكهيرة سالبة التكهرب . وكل ذرة أو جزئ أو هباءة مكهربة تسمى **بالأيون** .

وعوامل **تأيين** الهواء ، أى تكوين الأيونات فيه ، متعددة : منها **النيران** فإن النار فيها غازات محملة بالنوعين الموجب والسالب ، بدليل أن الأجسام المكهربة كلها من موجبة وسالبة تفقد كهربائيتها إذا أُمسرت في النار . ومنها **الضوء** ، فإن أشعة الشمس إذا اخترقت الهواء أيّنته فيتكون في مسار كل شعاع عدد كبير أو صغير من الأيونات . ومنها **الرؤسة النفاذة الجيمية** التى تخرج من العناصر الشعاع الموجودة في القشرة الأرضية ، أو الأشعة النفاذة الكهربية المصدر المعروفة **بأشعة رونتجن** .

وقد أثبتوا تأين الهواء بهذه الأشعة بطرق شتى : منها إمرار الشعاع ، كما فعل ولسن ، في قَدَر من الهواء الزائد التشبع المصفى من الغبار ، فكان مسار الشعاع يرى ظاهراً لتكاثف البخار في ذلك المسار على ما تكون فيه من الأيونات أثناء مرور الشعاع .

ومنها **امتطاك الماء** في البحار بتلاطم الأمواج ببعضها ببعض وبالساحل أو الصخور . فقد عرفت أن الكهرباء تتولد بالاحتكاك ، والبخار الذى يتصاعد من المياه المتلاطمة يحمل هذه الكهرباء بعضها أو كلها إلى الطبقات



العليا الجوية . وكل جزىء من جزيئات هذا البخار المكهرب كغيره من الأيونات يصلح أن يكون نواة يتكاثف عليها البخار .

وبحث الهواء الجوى من الناحية الأيونية موضوع صعب واسع ، لكنهم رغم صعوبته قد وصلوا إلى نتائج مهمة : منها اقتدارهم على عد الأيونات فى الهواء كما احتالوا على عد هباءات الغبار . فقد وجدوا أن الأيونات فى الهواء يمكن تقسيمها فى الجملة إلى *صغيرة سريعة* وهى الغازية ، و*كبيرة بطيئة* وهى البخارية أو الغبارية ، فإن دقائق الغبار إذا اصطادت أيوناً غازياً وأصقته بنفسها ألحقت بالأيونات . هذه الأيونات من سريعة و بطيئة قد عدوها فوجدوا عدد الصغير منها من كل نوع ( أى من الموجب أو السالب ) يتراوح فى البر من ٣٠٠ إلى ١٠٠٠ فى السنتيمتر المكعب من الهواء ، وفى البحر من ٥٠٠ إلى ٧٠٠ فى السنتيمتر المكعب ؛ فى حين أن عدد الكبير منها من كل نوع يتراوح فى البر من ١٠٠٠ إلى ٨٠٠٠٠ فى السنتيمتر المكعب ، وفى البحر يبلغ عدده حوالى ٢٠٠ فى السنتيمتر المكعب من الهواء . هذا ما وجدوه قريباً من سطح الأرض فى البر وفى البحر ؛ أما فى الطبقات العليا الجوية فالمظنون أنه أكبر من هذا بكثير .

فأنت ترى أن جميع ما يساعد على تكوين السحاب موجود فى الطبقات العليا الجوية ، سواء أكان من ناحية البرودة أم من ناحية النويات اللازمة لتكاثف البخار إذا تجاوز الهواء درجة التشبع ولو قليلاً بالتبريد .

المطر : لكن تكون السحاب لا ينفع الناس شيئاً إذا لم يكن فى الإمكان أن ينزل ماؤه عليهم مطراً . وماء السحاب لا يمكن أن ينزل على الناس مطراً إلا إذا نمت قطيراته وأصبحت أثقل من أن يحملها أو يعوق نزولها الهواء .



إن القطيرات السحابية خاضعة طبعاً للجاذبية فهي تبدأ تستط إلى الأرض بمجرد تكونها، لكن الهواء ولو كان ساكناً يقاوم مرورها فيه مقاومة تزداد بازدياد سرعة السقوط حتى تصير المقاومة معادلة لفعل الجاذبية، أى لوزن القطيرة، وعندئذ تستمر القطيرة في السقوط بسرعة مطردة هي التي تكون عليها القطيرة في اللحظة التي تتعادل فيها المقاومة والوزن، كما ينتج من قانون الحركة لنيوتن الذي عرفته قبل. وقد حسبوا أن هذه السرعة المطردة التي تنتهي إليها القطيرة تكون في المتوسط أقل بكثير من ٨، من البوصة في الثانية. فإذا فرضنا أنها ٦، من البوصة في الثانية، وأن علو السحاب خمسة أميال — وعلوه قلما يزيد عن ستة أميال — فإن من الممكن بعملية حسابية بسيطة إثبات أن هذه القطيرة لا تصل إلى الأرض إلا بعد ستة أيام بلياليها. هذا إذا ظلت القطيرة السحابية موجودة أثناء ذلك، لكن أنى لها البقاء بعد أن تدخل في سقوطها مناطق الهواء غير المشبع الدافئ؟ إن السحاب عندئذ لا بد متبخر كما يتبخر الضباب إذا طلعت عليه الشمس، فلا يصل إلى الأرض منه شيء.

فأنت ترى أن الناس لو تركوا إلى الجاذبية وحدها ما سُقوا من السحاب قطرة ماء. إن الجاذبية إنما تنفع نفعها إذا تحولت القطيرات السحابية إلى قطرات مطرية. وهذا التحول قد يسر الله أسبابه في الرياح والجبال والكهربائية الجوية وإن كان العلم لم يحط بتفاصيل ذلك إلى الآن.

الرياح والجبال : والرياح كما لها أبعاد الأثر في تكوين السحاب لها أبعاد الأثر

في تكثيفه مطراً بفعل الجبال أو بفعل الكهرباء الجوية.

فأما الجبال فإنها مكتنفات هائلة نصّبها الله لتكثيف السحاب من الجو إذا حملته إليها الرياح. لقد عرفت أثر الجبال في تكوين السحاب نفسه، لكن السحاب إذا لامس أعلى الجبال الباردة، سواء أ كان متكوناً عليها أو محملاً إليها،



تكاثف على سطحها ماء بالتجمع وبالتبريد . ومن هنا كانت الأنهار منابعها كلها من الجبال . وإلى هذا كله تشير الآية الكريمة التي من الله فيها بالجبال من هذه الناحية على الإنسان إذ يقول سبحانه : ( ألم نجعل الأرض كفاتاً أحياء وأمواتاً ؟ وجعلنا فيها رواسي شامخات وأسقيناكم ماء فراثاً ) . وأظنك الآن تدرك بعض سر ترتيب سقيا الناس الماء على شموخ الجبال ، وإذا تذكرت أن هذا الماء كله مصدره البحار المالحة أدركت سر وصف الماء هنا بالفرات .

### الرياح والكهربائية الجوية : إن الكهرباء التي تتولد في الهواء والتي

ذكرنا لك بعض مصادرها يكتسبها السحاب عند تكونه على الأيونات التي تحملها تلك الكهرباء في الطبقات العليا الجوية . ولا يُدرى الآن كيف يفصل الله الأيونات السالبة من الأيونات الموجبة قبل تكاثف البخار عليها إن كان هناك فصل لهما ، أم كيف يكون السحاب عظيم التكهرب إما بنوع من الكهرباء وإما بالنوع الآخر إذا حدث التكاثف على الأيونات وهي مختلطة . وهما يكن من سر ذلك فإن السحاب مكهرب من غير شك كما أثبت ذلك فرنسكان لأول مرة في عام ١٧٥٢ ، وكما أثبت غيره عظم تكهربه بشتى الطرق بعده . وأنت تعرف أن نوعي الكهرباء يتجاذبان ، وأن الموجب والموجب أو السالب والسالب يتدافعان أو يتنافران كما تشاء أن تقول . هذا التدافع أو التنافر من شأنه تفريق السحاب ذى النوع الواحد . لكن الله سبحانه قد يجمعه برغمه بواسطة الرياح ، وعندئذ تكبر السحابة وقد كانت قبل سحابتين أو أكثر ، وتكبر سحبتها الكهربائية . ثم إذا شاء الله ساق السحاب بالريح حتى يقترب السحاب الموجب من السحاب السالب قريباً كافياً ، في اتجاه أفقي أو في اتجاه رأسي أو فيما شاء الله من الاتجاهات ، فإذا اقتربا تجاذبا ، ومن شأن اقترابهما هذا أن يزيد في كهربائية مجموع السحاب بالتأثير ؛ ولا يزالان يتجاذبان ويتقاربان حتى لا يكون محيـص



من اختلاطهما واتحاد كهر بائيتهما بهدوء أو من اتحاد كهر بائيتهما من بُعد ،  
وعندئذ تحدث شبه شرارة عظمى كهر بائية هي البرق الذي كثيراً ما يرى في  
البلاد الكثيرة الأمطار .

والمطر نتيجة لازمة لحدوث ذلك الاتحاد الكهر بائى سواء حدث في هدوء  
أو بالإبراق ، فإذا حدث بهدوء حدث بين القطيرات المختلفة في السحابتين ، فتجذب  
كل منها قريبتها أو قريباتها حتى تتحد وتكون قطرة فيها نقل ، فتنزل وتكبر  
أثناء نزولها بما تكتسب من كهر بائية وما تجذب من قطيرات أثناء اختراقها  
السحاب المكهرب الذى يكون بعضه فوق بعض في السحاب الزكام . أما إذا  
حدث الاتحاد الكهر بائى في شدة البرق وعنفه فإنه يحدث لا بين القطيرات  
ولكن بين الكتل من السحاب . ويسهل حدوثه تخاضل الهواء أى قلة ضغطه  
في تلك الطبقات .

والبرق يمثل قوة كهر بائية هائلة تستطيع أن تكون فكرة عنها إذا عرفت  
أن شراسته قد تبلغ ثلاثة أميال في طولها أو تزيد ، وأن أكبر شرارة كهر بائية  
أحدثها الإنسان لا تزيد عن بضعة أمتار .

فالحرارة الناشئة عن البرق لا شك هائلة ؛ فهي تمدد الهواء بشدة وتحدث  
مناطق جوية عظيمة مخلخلة ، الضغط داخلها يعادل الضغط خارجها مادام الهواء  
داخل المنطقة ساخناً ؛ حتى إذا تشععت حرارته وبردت تلك المناطق برودة  
كافية ، وما أسرع ما تبرد ، خف منها الضغط وصار أقل كثيراً من ضغط  
الطبقات الهوائية السحابية المحيطة بها فهجمت عليها فجأة بحكم الفرق العظيم بين  
الضغطين وتمددت فيها وحدث لذلك صوت شديد هو صوت الرعد وهزيمه :  
هذا الصوت قد يكون له صدى بين كتل السحاب يتردد فنسميه قعقة الرعد .  
أما صوت الشرارة الكهر بائية البرقية فهو بدء الرعد ، ويكون ضعيفاً بالنسبة  
لهزيمه وقعقعته . لذلك تسمع الرعد ضعيفاً في الأول ثم يزداد كأنما أوله إيذان



بتضخمه ، كما قد تؤذن الطلقة الفردة بانطلاق بطاريات برمتها من المدافع الضخمة في الحروب . فالرعد يحدث لا عند اتحاد الكهر بائيتين حين يحدث البرق فقط ، ولكن يحدث أكثره بعد ذلك عند تمدد السكتل الهوائية العظيمة الهاجمة في المنطقة المفرغة . وهي إذا تمددت بردت برودة شديدة فيتكاثف ما فيها من البخار ومن كتل السحاب فينزل على الأرض إما مطراً وإما برداً حسب مقدار البرودة الحادثة في تلك المناطق . وهذا هو السبب في أن الرعد والبرق يعقبهما في الغالب مطرات شديدة سواء أكانت المطرة مائية أم بردية . وقطرات الماء أو حبات البرد تنمو بعد ذلك باختراقها كتل السحاب المتراكم تحت المنطقة التي حدث فيها التفريغ .

البرد : والبرد شأنه عجيب . لا يُدرى بالضبط كيف يتكون ولا كيف ينمو حبه حتى يبلغ أحياناً قدر بيض الحمام . وقد امتحنوا حبه فوجدوها في الغالب تتكوّن من غلافات متراوحة من الثلج ومن الجمد تنتهي إلى قلب من الثلج . والثلج كما قد عرفت هو بخار قد تجمد فجأة . فكأن البرودة العظيمة التي تنشأ من تمدد السحاب داخل المنطقة المفرغة تحوّل بخار السحاب ثلجاً في الأول ثم يصير هذا الثلج بطريقة ما برداً صغيراً أو كبيراً . وتعاقب الطبقات الجمدية والثلجية في حبة البرد يدل على أن الحبة كانت إذا سقطت وتكاثف عليها الماء في مرورها خلال بعض السحاب عادت فأرغمت على الصعود إلى المنطقة الثلجية مرة أخرى ، فتتجمد عليها أولاً الطبقة المائية التي كانت حولها وتتحوّل إلى طبقة من الجمد ، ثم تلتصق بها طبقة من البخار المتجمد أي الثلج ؛ ثم تأخذ في السقوط تارة وفي الصعود أخرى ، فإذا سقطت تكونت عليها طبقة مائية وإذا صعدت تحولت هذه إلى طبقة جمدية وتكونت حولها طبقة ثلجية بعد ذلك ، وهلم جرا .



هذا ما يستنتج من تراوح الطبقات الجدية والثاجية في البرد . لكن ماهي القوى الهائلة التي تصعد بالحبة مرة بعد أخرى رغم الجاذبية حتى تبلغ حبة البرد ذلك الحجم الغريب ؟ هنا يختلفون وحق لهم أن يختلفوا . فبعضهم يرى أنها قوى آلية مرجعها إلى تيارات هوائية عنيفة تدفع بالبرد برغمه إلى الطبقة الثاجية حتى إذا تمت وضعف التيار بصعوده سقطت الحبة إلى الطبقة المائية فيلقاها التيار القوي فيصعد بها وهلم جرا ، حتى يعجز عن حملها التيار الهوائى الصاعد فتسقط هالوية إلى الأرض .

وبعضهم يرى أن القوى ليست قوى آلية هوائية ولكن قوى كهربائية . إن السحاب يكون ركائماً بعضه فوق بعض إلى أعماق عظيمة ، وقد تكون طبقاته مختلفة التكهرب : طبقة موجبة أو سالبة تليها طبقة ضدها وهلم جرا ؛ أو على الأقل قد يؤول الأمر إلى أن تكون الطبقة الباردة الثاجية مخالفة في كهربائيتها الطبقة المائية التي تحتها . فلنفرض أن الثاجية كانت سالبة التكهرب والمائية موجبة ؛ هنالك إذا تساقطت بلورات الثلج حتى تبلغ المنطقة الموجبة زالت كهربائيتها وانقلبت موجبة في طرفة عين ، فدفعتها الطبقة الموجبة وجذبها السالبة إلى أعلى فتنقلب كهربائيتها إلى سالبة فتندفع إلى أسفل ، حتى إذا بلغت الطبقة المائية الموجبة انقلبت كهربائيتها مرة أخرى وانجذبت إلى أعلى ، ولا تزال هكذا تتذبذب في الاتجاهين ساقطة صاعدة ، وفي كل مرة تتكون حولها طبقة من جمد أو ثلج ، حتى تثقل إلى حد تعجز القوتان الكهربائيتان معه أن تتقاذفاها هكذا ، فتتهوى إلى الأرض برداً كبيراً قد يهلك الزرع إن لم يهلك الناس . وبعبارة أخرى يرى هذا الفريق أن الحالة الجوية الكهربائية السابقة على العواصف البردية تكون من الثقل والتعقد والشدة ، بحيث يصحح من السهل معها أن تتذبذب طبقة مائية بين طبقتين من السحاب المترابكتين مختلفتي التكهرب



والبرودة ، فإذا صعدت أو هبطت تكونت عليها طبقة من الجمد أو الثلج - حتى يؤذن لها بالسقوط .

والكهربائية الجوية على أى حال هى من أساس الرأيين لأن تلك التيارات الهوائية التى يتكلم عنها رأى الأول لا بد أن يكون للكهربائية الجوية شأن فى تكوينها .

الصواعق : وقد يحدث التفريغ الكهربائى بين السحاب والأرض بدلا من بين السحاب والسحاب ، وهذا يكون عادة إذا كان السحاب عظيم الكهرباء قريبا من الأرض ، فإذا حدث التفريغ ظهر له كالعادة ضوء وصوت يسمى مجموعهما **بالصاعقة** ؛ أى أن الصاعقة تفريغ كهربائى بين السحاب والأرض إذا أصاب حيوانا أو نباتا أحرقه . وهو يحدث أكثر ما يحدث بين الأجسام المدببة على سطح الأرض من شجر أو نحوه وبين السحاب ، ولذا كان من الخطأ الاستظلال بالشجر أو المظلات فى العواصف ذات البرق . على أن لإنسان قد استخدم سهولة حدوث التفريغ بين الأجسام المدببة والسحاب لوقاية الأبنية من الصواعق وذلك بإقامته على سطوحها قضباناً حديدية أو نحاسية مدببة الأطراف بحيث يكون طرف القضيب المدبب أعلى قليلاً من أعلى نقطة فى البناء ، والطرف الآخر متصلاً بلوح فلزى مدفون فى أرض رطبة . ومن شأن الأطراف المدببة أن يكون كل منها باباً تخرج منه الكهرباء بائية المتجمعة على السطح تدريجاً إلى السحاب الذى يظله ، فيحدث التفريغ أى الاتحاد بين كهربائية الأرض وكهربائية السحاب تدريجاً فيمتنع ذلك التفريغ الفجائى المعروف بالصاعقة . على أنه إذا نزلت الصاعقة بالبناء رغم ذلك فالأرجح جداً أنها تصيب القضيب المدبب أول ما تصيب ، وتنصرف الكهرباء بائية إلى الأرض بدلا من أن تدك البناء . ولذا



يسمى مثل هذا القضيب المدبب الواصل إلى الأرض بصارفة الصواعق . وقد وجدوا أن السطح الخارجى للقضيب هو الطريق الذى تمر به الكهروبائية إلى الأرض ، لذلك كلما كان هذا السطح أكبر كان الصرف أعظم والبناء أحسن ، ولذا كانت الصفائح أفعل فى حفظ الأبنية من مثل كتمتها من الأسلاك .

### القرآن الكريم والظواهر الجوية السابقة : إن الظواهر الجوية السابقة

لقيت تنويعاً كثيراً فى القرآن الكريم ؛ ولم يكن بد من أن يكون ما ورد فيها من الآيات مجعلاً إذ التفصيل غير ممكن ، ولو أمكن لما فقه العقل حين نزل القرآن منه شيئاً ، بل لقام حائلاً دون قبول العقل إذ ذاك رسالة القرآن . والعقل لا يزال فى حيرة من حقيقة كثير من تلك الظواهر ، فقد وجد الإنسان أن الجو من أعوص المشاكل وأن دراسته من أصعب الأمور . وصعوبتها ليست راجعة فقط إلى تعقد مسائله ولكن إلى ضرورة توحيد جهود الأمم فى القيام بتلك الدراسة لأنها تتعلق بظواهر عامة تشمل الأرض بأسرها لا إقليمياً خاصاً منها ، كالرياح ونشوءها وتصريفها ، والسحاب ونشوءه وتسخيرها ؛ فإن الرياح التى تهب على بلد أو السحب التى تصب ماءها فيه ليست مناشئها فى ذلك البلد ولكن فى خارجه من الأقطار القريبة أو البعيدة . وإذا كان الإنسان قد عرف بصورة عامة العوامل التى تتسبب عنها الرياح مثلاً فإن تحليل أى ريح خاصة إلى عواملها الخاصة من الناحية الكيفية بله الناحية الكمية من أصعب الأمور . وهذا التحليل حين يمكن لا يمكن إلا بواسطة معلومات شتى يحصل عليها الإنسان بأرصاد شتى فى أقطار شتى . والأرصاد الجوية إذا أمكنت بانتظام قريباً من سطح الأرض فالقيام بها بانتظام بعيداً عن سطح الأرض فى المناطق العليا من الجو لما يصيح فى مقدور الإنسان . والمناطق العليا من الجو هى مجال تلك الظواهر الجوية التى نوه بها القرآن وحث الإنسان على تفهمها . فكأن الإنسان لا يزال من دراسة تلك الظواهر فى أول



الشوط ؛ فهو يدرى قليلاً أو كثيراً عما يجري قريباً منه على وجه الأرض لكنه لا يكاد يدرى شيئاً عما يجري بعيداً عنه في أعلى الجو وإن كان يرجو أن يكون ما يدرىه سبباً إلى ما لا يدرىه ، وأن تكون الخبرة التي اكتسبها في دراسة الجوّيات السفلية دليلاً إلى الطريق التي يصل بها إلى دراسة الجوّيات العلوية . فإنسان اليوم كالإنسان الأمس لا يزال يخاطبه القرآن ويستحثه إلى استكناه تلك الظواهر الجوية .

على أن الإنسان وإن كان في أول الشوط من معرفة تلك الظواهر فقد وصل منها إلى شيء مذكور . من ذلك ما ذكرناه لك في هذا الفصل ، وهو إن لم يكن تفسيراً مفصلاً فهو تفسير مجمل لتلك الآيات الكريمة الواردة في الرياح والسحاب والمطر والبرد والبرق والرعد . وتلك الآيات الكريمة على إجمالها فيها إشارات إلى أمهات الحقائق الجوية التي كشف عنها العلم حديثاً . ففي آية فاطر : ( والله الذي أرسل الرياح فتثير سحاباً فسقناه إلى بلد ميث فأحيننا به الأرض بعد موتها ، كذلك النشور ) ، إذا قصرنا نظرنا على ما يتعلق منها بالرياح والسحاب ، وجدنا في كلمة « تثير » في موضعها من الآية إشارة لطيفة إلى أثر الرياح في تكوير السحاب . والإنسان إذا قرأ أمثال هذه الآية ينصرف ذهنه إلى حمل الرياح السحاب من بلد إلى بلد ، فهو يفرض أن السحاب دائماً موجود ليس في حاجة إلا إلى أن يحمل . وحمل الريح السحاب من مكان إلى مكان أمر في غاية الأهمية طبعاً لكنه مشار إليه في الآية الكريمة بكلمة ( فسقناه إلى بلد ميث ) ، إذ أينما كان السحاب فإن انتقاله أياً كان داخل كله في معنى السَّوْق ، وإذن فلا بد أن يكون المعنى المعبر عنه بكلمة ( فتثير ) غير المعنى المعبر عنه بكلمة ( فسقناه ) في تلك الآية الكريمة . وإذا رجعنا إلى القاموس وجدنا من معاني مصدر « ثار » « السطوع ونهوض القطا والجراد وظهور الدم ... وأثاره واستثاره



غيره» ، فمعانى الإثارة المقابلة لهذه المعانى الثلاثة بينها معنى واحد مشترك هو الإظهار . فالرياح إذن تظهر السحاب بعد خفائه ثم يسوقه الله حيث يشاء . وهذا الإظهار ينبغى أن يكون غير الإظهار الناتج عن السوق من مكان بعيد خافٍ إلى مكان قريب ظاهر للعين ، وذلك أولاً لما ذكرناه قبل من أن هذا داخل فى معنى السوق ، وثانياً لأن الإظهار بهذا المعنى نتيجة للسوق ينبغى ألا يتقدم ذكرها عليه إذ تقديمها يكون قلباً للوضع الصحيح وذكراً للنتيجة قبل المقدمة ؛ بل يكون فى الآية ترتيباً للمقدمة على النتيجة . وهذا غير معقول لأن الآية رتبت السوق على الإثارة ولم ترتب الإثارة على السوق . فيجب إذن أن نستبعد الإظهار الناتج عن تغيير **مظهر** السحاب من بين معانى إثارة الرياح السحاب ، وإذن لا يبقى هناك إلا إظهار واحد يجب أن تحمل عليه الإثارة هو إظهار **التكوين** أى تسبب التكاثف . وإذا تذكرت أن السحاب هو بخار كان قبل كامناً فى الهواء غير المشبع ، أو فى الهواء فوق المشبع الخالى من الأيونات أو الغبار ، ثم ظهر بالتكاثف لما انقلبت حالة الهواء من حيث التشبع أو من حيث نسبة الأيونات فيه ، وتذكرت أن هذا الانقلاب لا يكون إلا بفعل الرياح سواء كان ذلك بحملها البخار إلى المناطق الباردة العلوية أو بحملها الغبار والأيونات إلى تلك المناطق ، اتضح لك أن المراد بإثارة الرياح للسحاب هو أثر الرياح فى تكوين السحاب لا فى نقله . وهذا الأثر شبيه كل الشبه بإثارة الصيد من قطعاً أو نحوه ، فإن القطا وما إليه مما يصاد من الطير كان خافياً عن العين قبل أن يثار فلما أثير ونهض فى الجو ظهر ، مع أنه كان فى الحالين بمكان قريب و بمرأى من الصائد لو استطاع أن يراه . وكل الفرق قبل النهوض وبعده ، أو قبل الإثارة وبعدها ، أن الطير أو الصيد كان كامناً لا يرى رغم قرب مكانه فلما أثير واضطر إلى النهوض فى الهواء رؤى ، كالبخار كان كامناً فى الهواء قبل أن تحمله الرياح إلى مناطق



التكاثف في الجو العلوى فلما حملته وتكاثف رؤى . وهذا الشبه الشديد بين كمون القطا وكمون البخار ، ونهوض القطا بفعل أعوان الصائد وصعود البخار بفعل الرياح ، وظهور القطا بعد نهوضه وظهور السحاب بتكاثف البخار بعد صعوده — هذا الشبه الشديد قرينة قوية أخرى على صحة ما استنتجناه من أن ظهور السحاب بالإثارة غير ظهور السحاب بالسوق . فالسحاب لا يساق إلا بعد أن يوجد وإلى إجماع السحاب بفعل الرياح وإلى جميع الحقائق المنطوية في هذا الإيجاد أشار الله سبحانه حين عبر بكلمة « تثير » عن عمل الرياح في تكوين السحاب .

وفي الآية الكريمة شيء آخر يستلفت النظر ، ذلك هو نسبة الإثارة إلى الرياح ، ونسبة السوق إلى الله سبحانه : ( والله الذى أرسل الرياح فتثير سحاباً فسقناه إلى بلد ميت ) . صحيح أن الرياح لم تثر السحاب حتى أرسلها الله ، لكنها أيضاً كما تثير السحاب تحمله وتنقله ، فذلك كله لا يقع إلا بإذن الله وبتقديره ، ومع ذلك فقد نسب الله الإثارة إلى الرياح واستأثر سبحانه بالسوق فنسبه لنفسه . والإنسان يتبين طرفاً من هذه الحكمة إذا تذكر الفرق الكبير في التقدير بين تكوين السحاب وبين توزيعه وسوقه إلى مكان الحاجة إليه . فالتكوين لا يحتاج إلا إلى التكشيف ، وهذا يكفي فيه أن يُحمل البخار إلى حيث يمكن أن يتكاثف سحاباً في الجو ، والريح تفعل ذلك فيتكون السحاب في أى مكان كان . لكن سوقه بعد تكونه ، إلى حيث الناس والأنعام والزرع في حاجة إليه ، يحتاج إلى تقدير وتدير في توجيه الرياح لا يكاد الإنسان على ما بلغ من العلم يدرى الآن من سرها شيئاً . فمن طبيعة الرياح أن تحمل البخار ، حتى إذا بلغت به المناطق الباردة تكاثف ، لكن ليس من طبيعة الرياح أن تتجه بالسحاب إلى حيث تشتد حاجة الأحياء إلى الماء ، وإنما الله يوجهها بالسحاب إلى حيث يشاء سبحانه أن ينزل الماء . فهي تثير السحاب لا يهتم أين تثيره ، والله يسوقه بها ، أو بها



وبغيرها ، سوقاً مقدَّراً لا يدري الإنسان الآن من سره إن درى إلا قليلاً . وهو مهما درى لا يمكن أن يحيط بسره ، لأن وقوف السحاب بالبلاد يطرها ليس من الأمور المطردة التي إذا عرفها الإنسان فقد عرفها إلى الأبد ، فكم من بلد يطر ثم يحرم لا يدري لم يُطرو لم حُرِّم ، وإنما الذي من قبيل المطرد من الأمر هو علل تكون السحاب بالتكاثف في جو السماء . من أجل ذلك نسب الله إثارة السحاب إلى الرياح ، ونسب إلى نفسه إرسال الرياح وسوق السحاب إلى حيث يشاء سبحانه من البلاد . ولا يزال هذان مظهرين لإرادته سبحانه يدلان الإنسان مهما أوتي من العلم على أن من وراء هذا الكون إلهاً يدبره .

**الأمطار :** أما العوامل المسببة للأمطار ومحورها كما رأيت الكهربية الجوية

فقد أشير إليها إشارات واضحة في أكثر من آية . من تلك الآيات الكريمة آية الحِجْرِ : ( وأرسلنا الرياح لواقح ، فأنزلنا من السماء ماء فأسقيناكموه ، وما أتم له بخازنين ) . ومفتاح هذه الآية الكريمة هو ترتيب إنزال الماء لسقيا الناس على إرسال الرياح لواقح . والناس يحملون وصف الرياح بالواقح على أنها لواقح للزرع والشجر وهذا منهم إغفال للنصف الثاني من الآية ، إذ لو كان ما ذهبوا إليه هو المراد لترتب عليه إزكاء الزرع وإخراج الثمر للناس يأكلونه ، لا إنزال الماء من السماء للناس يشربونه . أما وقد رتب الله على إرسال الرياح لواقح إنزال الماء من السماء يسقاه الناس فقد تحتم أن يكون للواقح معنى آخر غير معنى تلقيح الزرع ، ويكون مع ذلك من ناحية شبيهة بلقاح الأحياء من زروع وحيوان ، ومن ناحية أخرى يكون بينه وبين نزول الماء ما بين العلة والمعلول أو السبب والمسبب . وما عليك إلا أن تذكر ما قدمنا لك عن تكاثف السحاب مطراً ، وعن أثر كهربية في ذلك التكاثف وأثر الرياح في تمهيد سبل الاتحاد بين كهربية وكهربائية في سحاب وسحاب ، لتعلم أن المراد من وصف الرياح بأنها



لواقع ليس هو الإشارة إلى أثرها في الجمع بين طلع أعضاء التذكير وبويضات أعضاء التأنيث في النبات ، ولكن هو الإشارة إلى أثرها في الجمع بين السكر بائية الموجبة والسكر بائية السالبة في السحاب . فالملاحظة هنا هي بين قطرات وقطيرات أو بين سحب وسحاب ، لا بين زهر وزهر أو نبات ونبات . والشبه تام بين هذا التلقيح النباتي وذاك التلقيح السكر بائي ؛ أو بالأحرى ليس هناك تشبيه مطلقاً فإن اتحاد السكر بائيتين تلقيح إن كان اتحاد الخليتين تلقيحاً ، لأنه في الحالين اتحاد تام بين شيئين متضادين متجاذبين يختفى به الشئان ويظهر مكانهما شيء آخر غيرهما .

ففي حالة التلقيح النباتي ينشأ من بين الخليتين خلية واحدة لها خواص غير خواص أيهما ، وفي حالة التلقيح السكر بائي ينشأ من بين السكر بائيتين ضوء وحرارة لها خواص غير خواص السكر بائيتين . فهذا شرط الشبه الشديد للقاح الأحياء قد توفر . أما شرط ترتب نزول الماء على تحقق هذا الإلقاح فقد عرفت توفره من ترتب تكاثف السحاب مطراً على التفريغ السكر بائي السحابي . فآية الحجر تلك هي مظهر من مظاهر الإعجاز المتجدد للقرآن لأن تلاقيح السحاب وأثره في نزول المطر أمر كان يحمله الإنسان حتى كشف عنه العلم الحديث . وهي طبعاً مثل رائع من التطابق التام بين العلم والدين في الإسلام .

وآية أخرى أكثر تفصيلاً من آية الحجر هي آية النور : ( ألم تر أن الله يزجي سحاباً ثم يؤلفُ بينه ثم يجعله ركاماً فترى الودق يخرج من خلاله ؛ وينزل من السماء من جبالٍ فيها من بردٍ فيصيب به من يشاء ويصرفه عن من يشاء ، يكاد سنا برقه يذهب بالأبصار ) . ومفتاح هذه الآية الكريمة هو في قوله تعالى : ( ثم يؤلفُ بينه ) فقد كان الناس يعمرون بهذه الكلمات الكريمة يرونها مجازاً من المجازات البلاغية ، وهي حقيقة من أمهات الحقائق الكونية . وهذه الكلمات مفتاح الآية الكريمة لأنها تدل بوضوح على الحقيقة السكر بائية التي تقوم عليها



تلك الظواهر الجوية كلها ، فإن التأليف بين السحاب ما هو إلا إشارة واضحة بل وصف دقيق للتقريب بين السحاب المختلف الكهر بائية حتى يتجاذب ويتعباً في الجو تعبئة كتعبئة الجيوش تتفق مع ما يريد الله أن يخلقه من بين السحاب من برق أو صواعق ، ومن مطر أو برد . فإذا كان السحاب المتجاذب بعضه فوق بعض نشأ السحاب الركام وقد ذكرنا لك قبل ما وجدوه من أن عمق الركام في العواصف الرعدية يكون عظيماً ، فإذا حدث التفريغ داخل السحاب بين بعض تلك الطبقات وبعض كما هو الغالب نزل المطر الناشئ عن ذلك التفريغ من خلال الطبقات الدنيا وتكبر قطراته أثناء نزولها بما تستلحقه من القطيرات ، وهو الودق . فإذا بلغت الحالة الجوية الكهر بائية في ذلك السحاب الركام من القوة ومن الاضطراب ما يسمح بوقوع تلك الظاهرة الغريبة ، ظاهرة تردد بلورات الماء بين منطقتين ، ثلجية علوية ومطرية سفلية ، تكون البرد ونما حتى يصير أثقل من أن يظل في أسر تلك القوى فيسقط على الأرض رحمة إن كان صغيراً هيناً ، ونعمة إن كان كبيراً راجماً ( فيصيب به من يشاء ويصرفه عن يشاء ) . وليس يدرى الإنسان كثيراً عن الظروف التي يتكوّن فيها البرد لكنه يدرى أنها ظروف يسودها اضطراب جوى عظيم . هذا الاضطراب قد أشارت الآية إليه وإلى طبيعته إشارتين : الأولى حين شبهت السحاب الركام الذي يتكون البرد داخله بالجبال ، والثانية حين أشارت إلى عظم القوى الكهر بائية المشتركة في تكوينه بنصها على عظم برقه وشدته وبلوغه من الحرارة درجة الابيضاض أو ما فوق ذلك ( يكاد سنا برقه يذهب بالأبصار ) .

وهناك آية أخرى أشارت إلى الطبيعة الكهر بائية لتلك الظواهر إشارة من نوع آخر هي آية الواقعة : ( أفرايتم الماء الذي تشربون ؟ أنتم أنزلتوه من المزن أم نحن المنزلون ؟ لو نشاء جعلناه أجاجاً ، فلولا تشكرون ! ) . وتستطيع بعد أن



عرفت العوامل المتعددة التي لا بد من تعاونها على تكوين المطر أن تدرك شيئاً من سر الحجة في هذا السؤال العجيب : ( أأنتم أنزلتموه من المزن أم نحن المنزلون ؟ ) لكن الإشارة التي أردنا أن نلفت النظر إليها هي في قوله تعالى : ( لو نشاء جعلماناه أجاجاً ، فلولاً تشكرون ) . والناس طبعاً يسمعون بالقدرة الإلهية على قاب العذب أجاجاً و يظنون أن هذا يكون عن طريق الخوارق ولا يتساءلون هل في سنن الله ما يسمح بهذا . ولو تساءلوا وتطلبوا الجواب في العلم لوجدوه قريباً ، واعرفوا أن عذوبة الماء الذي يستقيهم الله إياه من السحاب هي بحض رحمة الله . إن الماء طبعاً عذب بطبيعته ، وماء المطر معروف أنه أنقى المياه ، لكن طبيعة تكونه من السحاب تعرضه لأن ينقلب أجاجاً لا ينتفع به الإنسان .

إن الهواء كما تعرف أربعة أخماسه أزوت أو نتروجين ، والأزوت كما تعرف أيضاً لا يكاد يتحد في العادة بشيء ، ولا بالأل أكسجين الذي يكاد يتحد بكل شيء . لكن الكيمائيون وجدوا أنهم يستطيعون بالكهربائية أن يحولوا الأزوت غير الفعال إلى أزوت فعال يتحد بأشياء كثيرة في درجة الحرارة العادية ، كما وجدوا أنهم يستطيعون أن يحملوا الأزوت على الاتحاد بالأل أكسجين بإمرار الشرر الكهربائي في مخلوط منهما ، ومن هذا الاتحاد ينشأ بعض أكاسيد للأزوت قابل للذوبان في الماء وإذا ذاب فيه اتحد به وكون حمضين أزوتيين أحدهما حمض الأزوتيك أو ماء النار كما كان يسميه القدماء ، وإليه يعير الحمض الثاني . وقليل من حمض الأزوتيك في الماء كاف لإفساد طعمه . وأظنك الآن بدأت تدرك الطريق الذي يمكن أن ينقلب به ماء المطر ماء أجاجاً من غير خرق لأي سنة من سنن الله . فهو نفس الطريق الكهربائي الذي يتكون به المطر ، وكل الذي يلزم أن يتعدل التفريغ الكهربائي ويتكرر في الهواء تكررًا يتكون به مقدار كاف من تلك الأكاسيد الأزوتية يذوب في ماء السحاب ويحوله حمضياً



لألا يسيغه الناس . وهذا هو موضع المنّ من الله على الناس : أنه يكيّف التفرّيع بالصورة التي ينزل بها المطر ولا يؤجّج بها الماء . إن شيئاً من ذينك الحاضين لألأبد أن ينزل في ماء العواصف ، وهذا ضرورى للحياة لأنه يتحول في الأرض إلى الأزوتات الضرورية لحياة النبات . لكن الله برحمته وحكمته يقدرّ تكونه بحيث لا يتأذى به إنسان ولا حيوان . ولو شاء الله لكثّرته في ماء المطر فأفسده على الناس . وسواء شكر الناس هذه النعمة أم كفروها فإن في قوله تعالى ( لو نشاء جعلناه أجاجا ) إشارة إلى تلك العوامل الكهربية التي يتكون بها المطر ، يفهمها من يفقه تلك الحقائق السابقة ومن يعرف أن الطريق الكهربائي هو أحد الطرق العملية التي يمكن بها تحويل الأزوت الجوى إلى حمض .

### دورة الماء في الأرض : إن نعمة الله على الناس في الماء العذب أكبر من

أن يقوموا بشكرها لأن كل ماء عذب في الأرض كان أجاجا في الأصل إذ هو آت من ماء البحار . إنك تعرف أن الأرض ربعها يابس وثلاثة أرباعها ماء . هذا الماء كله ماء مالح ، ومنه يقطرّ الله للإنسان والحيوان والنبات ما لا غنى لهم عنه من الماء العذب . أما جهاز التقطير فليس كمثله جهاز : البحار كلها في ذلك الجهاز دست لا يسخن من تحت كما يفعل الإنسان في تقطيراته التافهة ولكن يسخن من فوق بنارٍ قدر الأرض آلاف المرات . فاذا ما تبخر الماء بحرارة الشمس تسكثف في مكثف ناهيك من مكثف : الجو العلوى كله والجبال . والرياح مسخرة تحمل البخار من الأرض إلى الجو ، وتحمل السحاب في الجو إلى حيث يشاء الله أن تنزل الأمطار . فاذا سالت الأودية وفاضت الأنهار وحات الخصب والنماء إلى الأقطار تبخر بعض الماء ، وامتصت الأرض منه بعضاً ، وصار باقيه إلى البحر الذي كان منه مصعده . لكن ليس شيء من هذا الماء بضائع . فما تمتصه الأرض تنفجر به بعد عيوننا حيث يشاء الله ، وما يتبخر من الماء العذب أو يصير



إلى البحر فهو في حرز حر يز من الضياع ، إذ مآله أن يصير مرة أخرى ماء يحيا به  
الناس والأنعام وتحيا به الأرض الموات . وهذا فرق آخر بين صنع الله وصنع  
الإنسان : ما يقلت إلى الجو من الإنسان أثناء تقطيراته فهو ضائع لا يملك الإنسان  
له استرداداً ، لكن ليس شيء من الماء أو غير الماء الصاعد إلى الجو ضائعاً في  
ملك الله . فالماء بين البحر والجو واليابسة في دورة مقدرة متصلة لا انقطاع فيها  
ولا توقف ولا تعثر ، عليها مدار الحياة في الأرض ، ولا تنتهي أبداً إلا أن يشاء الله  
الذي أذن لها بالابتداء .

## الفصل الخامس

### الضوء

لعلّ الضوء أهم صور الطاقة قاطبة ؛ لا لتوقف الإبصار عليه فحسب ، ولكن  
لأن حياة النبات كلها متوقفة عليه ، وعلى حياة النبات تتوقف حياة الحيوان .  
وموضوع الضوء واسع صعب ، فليس يمكن في فصل أو فصاين إلا أن تتناول  
من نواحيه المتعددة ما يمكن تبسيطه مما له علاقة بالحياة .

### خواص الضوء

وقد سبق أن ذكرنا بعض خواص الضوء التي وضعت النظرية الجسيمية ثم  
النظرية الموجية لتفسيرها . ونريد الآن أن نتناول تلك الخواص التي ذكرناها ،  
وبعضاً مما لم نذكر ، بشيء من الشرح توطئة لتطبيقها على بعض الظواهر  
الضوئية العادية .



(١) **خفاء الضوء** : وأول خاصة للضوء ينبغى التنبيه إليها أنه نفسه لا يرى ، وإنما الذى يرى هو الأشياء التى تعكسه . ولو لم يكن على سطح الأرض وفي الجو ما يعكس ضوء الشمس لما كان هناك نهار . ولو تصور الإنسان أنه صعد بالنهار حتى خرج عن جو الأرض وفارق غلافها الهوائى لوجد نفسه فى ظلام حال كأمام جسم منير هو الأرض ، ولراى الغلاف الهوائى بادياً كما يبدو مسار الضوء إذا دخل من كوة فى قاعة مظلمة لانعكاس الضوء عن الهباء الذى فيه . فظهر النهار فى الواقع لا يعدو الأرض وجوها ، والظلمة الحالكه خارج هذا الجورغم الضوء الذى يخترق الفضاء نتيجة لازمة لخفاء الضوء فى ذاته . وإذا تذكرنا أن الضوء هو اهتزازات أثرية ، وأن الأثير نفسه لا يرى ، زال عنا العجب الذى يعترينا عن سماعنا بخفاء الضوء ، إذ لا يمكننا رؤية تلك الاهتزازات ما دمنا لا نستطيع رؤية الأثير المهتز .

فالإنسان إذن لا يرى ضوءاً ولكن يرى مضيئاً . فكأن كل جسم مرئى هو إلى حد ما جسم مضىء . إلا أن الأجسام المرئية تنقسم إلى ما هو مضىء بالذات وما هو مضىء بالواسطة . فالمضىء بذاته هو الذى تتولد الأشعة فيه ، كالشمس والمصابيح وكل جسم محترق . والمضىء بالواسطة هو الذى لا يتولد منه ضوء وإنما يأتية الضوء من غيره ثم ينعكس عنه ، كالقمر والأرض وكل جسم مرئى بالانعكاس . ولعل الأولى للفرقة بين هذين النوعين أن نقصر كلمة **مضىء** على النوع الأول ونطلق على النوع الثانى كلمة **منير** .

(٢) **استقامة مسار الضوء** : والخاصة الثانية أن الضوء لا يسير فى الوسط المتجانس إلا على خط مستقيم . ويراد بالوسط المتجانس كل وسط شفاف متشابه الأجزاء كالهواء والماء والزجاج .



والجسم الشفاف هو الذى يسمح بالمرور لمعظم الضوء إن لم يكن لكل الضوء ،  
وضده هو الجسم الحاجب الذى يمنع الضوء كله أو جلّه أن يمر فيه . وقد جرت  
العادة أن يسمى هذا الجسم **معتما** لكن الأولى تسميته حاجباً وإطلاق كلمة معتم  
على الأجسام التى هى بين بين ، لا حاجبة ولا شفافة ، والتى لا يُدرى بالضبط  
كيف تسمى ، فتسمى أحياناً نصف شفافة وأحياناً شبه شفافة ، وهى تسمية  
مركبة خير منها التسمية المفردة التى اقترحناها .

واستقامة مسار الضوء تتضح من استقامة طريق الأشعة الداخلة فى القاعات  
المظلمة من كوى فيها أو من ثقب فى نوافذها كما يكشف عنها الهباء السابح  
فى طريقها . كذلك تتضح استقامة المسار من استقامة الأشعة التى ترى فى بعض  
الأحوال خارجة من مصدر الضوء كالخراب أو السهام . وإذا أوقدت شمعة خاف  
حاجز مثقوب من ورق مقوى أو نحوه فى غرفة مظلمة ووضعت حذاء الثقب من  
الناحية الأخرى سطحاً أفقياً يمسح الشعاع فانك ترى ذلك الشعاع يس سطح  
فى مسار مستقيم . وإذا وضعت حاجزاً آخر موازياً الأول وقرّباً منه فانك ترى  
عليه خيالا معكوساً للشمعة . فإذا ثقت فى هذا الخيال ثقباً فى الحاجز الثانى  
ونظرت فيه من خلف رأيت الشمعة من بين الثقبين ما داما والشمعة على  
استقامة واحدة ، فإذا خرج أحدهما عن الاستقامة ولو قليلا احتجبت الشمعة  
عن العين .

ولاستقامة مسار الضوء نتائج عدة : فأول نتيجة لها اختفاء المضىء إذا قام  
بينه وبين العين جسم صغير يحول بين أشعته وبين الوصول إلى العين عن طريق  
مستقيم . ولو كان الضوء يستطيع أن ينتثر فى الوسط المتجانس انشاء يذكر  
لاستطعنّا أن نرى المضىء من وراء ذلك الجسم الحاجب وذلك بواسطة الأشعة  
التي كانت تنتثر حول حوافه .



**الظل :** ومن نتائج استقامة مسار الضوء الظلال . والظل ما هو إلا جزء من سطح حال بين الأشعة وبين الوصول إليه حائل في حين أن أجزاء السطح الأخرى لم يحل بينها وبين الأشعة شيء . وبعبارة أخرى الظل هو مكان خال من الضوء في سطح مُضاء ؛ وخلوه راجع إلى وقوع الأشعة على جسم حاجب في طريقها إليه . لذلك كان من الممكن دائماً تحديد الظل بإرسال مستقيمتين من المضيء إلى حدود الحاجب ، ومد تلك المستقيمتين حتى تلتقي بالسطح ، فتكون مواقعها من السطح هي حدود ظل الجسم الحاجب .

وخلو الظل من الضوء مطلقاً قلما يتحقق على ظهر الأرض ، ويتمنع من تحققة **أولاً :** انعكاس الضوء إلى الظل من الأجسام المجاورة **ثانياً :** انكسار الضوء إلى الظل بواسطة الهواء **ثالثاً :** أن المضيئات هي في الغالب سطوح أو خطوط كل نقطة من نقطها مصدر للضوء ، وقد يضيء بعض نقطها الظلال المتكونة من احتجاب أشعة البعض الآخر . وهذا هو السر في أن الظلال لا تكون بالنهار حالك ولا قريبة من الحالك ، وأشبه الظلال بالظل الحالك هو جزء الظل الذي لا يبلغه ضوء من أى نقطة من نقط الجسم المضيء . هذا الجزء الذي لا يصل إليه ضوء يصح تسميته بالظل الكلى ، أو الظل الحالك ، أو الظل اختصاراً . أما الجزء الآخر الذي يقع عليه بعض الأشعة ويحجب عنه البعض فيصح تسميته بالظل الجزئى ، أو الظل الحائل ، أو شبه الظل .

وظلال الأجسام في النهار تتحرك بحركة الأرض حول نفسها أمام الشمس حسب الواقع ، أو بحركة الشمس بالنسبة للأرض حسب الظاهر . فالأرض تتحرك أمام الشمس حول نفسها من المغرب إلى المشرق فتبدو لنا الشمس كأنها تسير حول الأرض من المشرق إلى المغرب . وتبدأ الظلال تتكون بارتفاع



الشمس عن الأفق ، ولما كانت أشعة الشمس في أول النهار شديدة الميل فإن الظلال في أول النهار تكون مستطيلة جداً قبل المغرب ثم تقصر شيئاً فشيئاً بتعالى النهار وتتناقص ميل الأشعة حتى إذا صارت الأشعة عمودية أو شبه عمودية عند الزوال بلغت الظلال أقصرها ، فإذا مالت الشمس عن خط الزوال إلى الغرب تحول الظل قبل المشرق وبدأ يطول شيئاً فشيئاً حتى يبلغ أطوله قبيل الغروب . وظلال الأجسام تدور على سطح الأرض بدوران الشمس الظاهري في السماء من المشرق إلى المغرب ، وتختلف مواضعها لا باختلاف ساعات النهار فحسب ولكن أيضاً باختلاف الفصول . هذا الظل الدائر الذي ينسخ مواقع أشعة الشمس يسمى فيئاً . فهو مجرداً عن حركته ظل ، وملاحظاً فيه حركته في . وظلّيته المجردة راجعة إلى مقدرة الأجسام على حجب أشعة الشمس . وإلى استقامة هذه الأشعة . وفيئيته أو حركته الظلمية راجعة في صميمها إلى حركة الأرض حول نفسها أمام الشمس ، والأمران لا يقعان إلا طبق قوانين مقدرة ، وإليهما جميعاً تلفت الإنسان الآية الكريمة آية النحل : ( أُولم يروا إلى ما خاق الله من شيء يَفْقِيَا ظِلَّاهُ عن اليمين والشمائل سجداً لله وهم داحرون ) . والسجود هنا هو منتهى الخضوع لما سن الله للخلوقات في ذلك من سنن . فإخلال لابد أن تتكون ما دامت هناك أجسام ، وما دام هناك ضوء ساطع من النيرين على تلك الأجسام : لا تستطيع الأجسام امتناعاً عن رمي الظلال ، ولا تستطيع الظلال امتناعاً عن الامتداد ولا عن التحول شيئاً فشيئاً عن مواقعها من ناحية المشرق إلى ناحية المشرق ، وهي في كل ذلك لا تستطيع أن تخرج قيد شعرة عن السنن التي سنّها الله سبحانه للظل في تكونه بين الضوء والأجسام ، أو في تحركه النائي عن العلاقة الحركية بين الأرض والشمس أو بين القمر والأرض . وإلى الحركة النسبية بين الأرض والشمس وما تلحقه بالظل من تغير لفتت الإنسان الآية



الكريمة ، آية الفرقان : ( ألم تر إلى ربك كيف مد الظل ، ولو شاء لجعله ساكناً ، ثم جعلنا الشمس عليه دليلاً . ثم قبضناه إلينا قبضاً يسيراً ) وهي آية يقف الإنسان عندها لا يكاد ينقضى عجهه ، وما انقضاؤه حين ينقضى إلا لقصر علمه ، وليس علم الإنسان بمحيط بأطراف معانيها . فما أظن الإنسان يفقه إلا قليلاً من سر قوله تعالى : ( ولو شاء لجعله ساكناً ) ، وما يفقهه من سر قوله سبحانه : ( ثم قبضناه إلينا قبضاً يسيراً ) هو من غير شك أقل من القليل .

( ٣ ) انطس الضوء : هذه هي الخاصة الثالثة ويراد بها ارتداد الضوء عن السطوح المصقولة طبق قانون خاص . وأهم شرط في السطح المصقول أن يكون خالياً من الفتوات وإن صغرت ، وأن يكون براقاً ، وليس يشترط بعد ذلك أن يكون مستوياً . فالمرأى مثلاً كما فيها المستوى فيها الكرى وفيها البيضاوى وفيها غير ذلك ، واسأل مزايه .

وقانون الانعكاس ذو شطرين : الأول أن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود على السطح العاكس من نقطة الانعكاس تقع كلها في مستو واحد . والثاني أن العمود ينصف الزاوية بين الشعاعين ، أو كما يفضلون أن يقولوا : إن زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس .

وتحقيق هذا القانون سهل ، لكن لاداعي يدعو إلى شرح الطريقة في ذلك . والعين لا تستطيع تمييز ما يكون في مسار الضوء بعد الانعكاس من التواء وانكسار ، فإذا جاءها شعاع منعكس خيل إليها أنه أت من وراء السطح العاكس ، أى من صورة الشيء في السطح الصقيل . فالأشعة المنعكسة إذا مدت على استقامتها وراء السطح العاكس انتهت بصورة الجسم الذى هو مصدر الأشعة الساقطة : يسقط الشعاع من الجسم على السطح الصقيل فينعكس إلى العين فيرى الإنسان به جزء الصورة المناظر لجزء الجسم الصادر منه الشعاع . فكيفها وصل إلى العين شعاع



منعكس عن سطح رأى الإنسان به صورة مصدر الشعاع فى ذلك السطح . وهذا هو السبب فى أن الإنسان إذا سار على شاطئ نهر فى ليلة مقمرة يعلو فيها القمر الماء رأى صورة القمر فى الماء كلما نظر إلى صفحة النهر ، كأنما صورة القمر تماشيه فى الماء وليس كذلك ، ولكن أشعة القمر ساقطة على سطح الماء منعكسة عنه فى كل مكان ، فإذا نظر الإنسان إلى الماء أصاب العين بعض الأشعة بعد انعكاسها فيبصر بها صورة القمر فى الماء . وتنقطع رؤية الإنسان الصورة فى الماء أو فى غيره بانقطاع الأشعة المنعكسة أن يصل بعضها إلى العين .

أما الموقع الوهمى للصورة وراء السطح العاكس المستوى من ماء أو زجاج فهو بحيث يكون السطح العاكس فى منتصف المسافة بين الجسم والصورة . وأما وضوح الصورة فيتوقف على مقدار الضوء المنعكس وانتظام السطح العاكس . وانتظام السطح يؤدى إلى انتظام الصورة ، وعظم مقدار الضوء المنعكس يؤدى إلى جلائها كما هو الحال فى المرايا المستوية فإنها تعكس إلى العين معظم ما يقع عليها من الضوء . أما إذا كان السطح العاكس سطح جسم شفاف ، كسطح الماء أو سطح لوح من زجاج ، فإن أكثر الضوء ينفذ فى الماء أو الزجاج وأقله ينعكس عن سطحه ، ولذا تكون الصورة المرئية قابلة للوضوح . وقد ينعكس بعض الضوء عن السطح الخلفى بعد أن ينفذ إليه من اللوح الزجاجى فيبصر الإنسان صورة أخرى أضعف من الصورة الأولى المبصرة بالضوء المنعكس عن السطح الأمامى للوح .

على أن هناك ظروف ينعكس فيها كل الضوء الساقط على سطح الجسم الشفاف فيبدو شديد البريق جدا ، ويسمى الانعكاس فى هذه الحالة بالانعكاس الكلى .

هذا إذا كان السطح منتظما صقيلا . أما إذا كان غير صقيل وذلك أن



يكون خشناً كثير النتوءات فإن كل نتوء يشتمل الشعاع الساقط عليه في جهات شتى إذ من الممكن اعتبار كل نتوء ذا سطوح صغيرة متقاربة على غير انتظام ، وتكون النتيجة ليس انعكاساً بالمعنى السابق شرحة في المرايا ، ولكن تشتتاً لا يرى بواسطته إلا السطح المشتت . أما مصدر الضوء فليس يرى عن هذا الطريق ، ولذا يحسن منذ الآن قصر مادة « عكس » على ارتداد الضوء بانتظام عن السطوح الصقيلة ، ومادة « شتت » على ارتداد الضوء بغير انتظام عن السطوح غير الصقيلة كسطح الأرض و سطوح الأبنية وما إليها .

وتشتت الأجسام الضوء إلى كل مكان هو السبب في رؤية تلك الأجسام أولاً وفي انتشار النور ثانياً ، بالنهار أو بالليل ، بحيث لو لم تكن تلك الأجسام المشتتة لنور الشمس من الغبار العالق في الجو أو الأجسام المستقرة على الأرض ما عرفنا النهار كما نعرفه الآن .

(٤) انكسار الضوء : هذه خاصة من أهم خواص الضوء . وقد يبدو لك أنها تضاد الخاصة الثانية ، خاصة استقامة مسار الضوء ، لكن لا تضاد بينهما فإن شرط الاستقامة أن يكون الضوء كله في وسط متجانس . أما إذا خرج من وسط متجانس إلى آخر متجانس فإن مساره في كل منهما يكون مستقيماً لكن مجموع المسارين أو المسار الكلى يكون منكسراً .

ومعنى هذا كما سبق شرحة من قبل أن الضوء ينكسر عن مساره إذا خرج من وسط إلى وسط ، ومبدأ الانكسار يكون عند المدخل أو المخرج كما تشاء أن تسميه ، فإن نقطة الانكسار هي المدخل بالنسبة للوسط الثاني والمخرج بالنسبة للوسط الأول .

وقانون الانكسار كقانون الانعكاس ذو شطرين : الأول أن الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود على السطح الفاصل بين الوسطين عند نقطة



الانكسار تكون كلها في مستو واحد . وهذا الشرط كنظيره في قانون الانعكاس على سواء .

**الثاني :** أن الانكسار يكون نحو العمود في الوسط الأثقل ، وبعبارة عن العمود في الوسط الأخف . وهذا قد سبق ذكره ، إنما علينا هنا أن نلاحظ ما لم نلاحظه من قبل وهو أن أ كثف وأخف هنا لا يلزم أن يكون لهما المعنى الآلى الذى سبق شرحه حين شرحنا كثافة الأجسام ، فقد يكون الوسط زيت أخف من الماء مثل زيت الزيتون ومع ذلك ينكسر الضوء فيه نحو العمود إذا خرج من الماء إليه . فهذا الزيت أخف من الماء ماديا لكنه أ كثف من الماء ضوئيا . وليس للكثافة أو الخفة الضوئية معنى إلا أن الشعاع ينكسر نحو العمود أو عن العمود حسب الظروف . فإذا انكسر نحو العمود كان الوسط ضوئيا أ كثف ، وإذا انكسر عن العمود كان الوسط ضوئيا أخف . وكثيراً ما تكون الكثافة المادية دليل الكثافة الضوئية كما هو الحال في الهواء والماء والزجاج .

والانكسار بين وسطين يقع أيضاً بقدر مقدور ، فإن زاوية السقوط وزاوية الانكسار تكونان دائماً ذات علاقة ثابتة ما دام الوسطان ثابتين . أما تلك العلاقة الثابتة فليست هى النسبة بين الزاويتين ولكن بين بعدى أى نقطتين متناظرتين على الشعاعين عن العمود على السطح . وبعد نقطة عن مستقيم هو العمود النازل من النقطة على المستقيم . فإذا رسمنا العمود على سطح الانفصال والشعاعين الساقط والمنكسر ، وأخذنا على الشعاعين نقطتين متناظرتين أى متساويتى البعدين عن نقطة الانكسار أو نقطة السقوط كما نشاء أن نسميها ، ورسمنا من كل من هاتين النقطتين عموداً على العمود السطحى ، فإن النسبة بين هذين العمودين تكون دائماً ثابتة للوسطين اللذين انكسر بينهما الضوء . أى أن كل شعاع ساقط له شعاع منكسر يناظره تكون بينهما تلك العلاقة قائمة . وهذه



الحقيقة المهمة تُعرف بقانون اسنيل ، نسبة إلى كاشفها .

ونسبة العمود المرسوم داخل زاوية السقوط إلى العمود المناظر له المرسوم داخل زاوية الانكسار يسمى معامل الانكسار أو دليل الانكسار من الوسط الأول الذي فيه السقوط إلى الوسط الثاني الذي فيه الانكسار . فمعامل الانكسار من الهواء إلى الماء مثلاً ثابت وهو عكس معامل الانكسار من الماء إلى الهواء كما هو واضح . وأى رسم تقريبي للعمودين على النمط الموصوف آنفاً يبين بسهولة أن معامل الانكسار من الهواء إلى الماء أكبر من الواحد ، وهذا يسمى اختصاراً معامل انكسار الماء . وبالمثل معامل انكسار الزجاج هو معامل الانكسار من الهواء إلى الزجاج وهلم جرا . أى أنه للمقارنة بين الأوساط من حيث انكسار الضوء فيها يمكن نسبتها جميعاً إلى الهواء ، وإن كان نسبتها إلى الفراغ الخالص أدق وأضبط .

#### بعض معاملات الانكسار

| المادة                        | القيمة  | المادة              | القيمة         |
|-------------------------------|---------|---------------------|----------------|
| الهواء ( بالنسبة إلى الفراغ ) | ١,٠٠٠٢٩ | الزجاج              | ١,٥ في المتوسط |
| الماء عند ٢٠ °م               | ١,٣٣    | الملح الخشن (الجلي) | ١,٥            |
| الجمد                         | ١,٣١    | الماس               | ٢,٦            |
| الكحول                        | ١,٣٧    | الحديد              | ١,٧٣           |
| زيت الزيتون                   | ١,٤٧    | النحاس              | ١,٦٥           |
| » التربينينا                  | ١,٤٧    | الصدىوم             | ١,١٢           |

وقد تستغرب ذكر الحديد والنحاس والصدىوم في هذا الجدول لأن هذه



المواد غير شفافة . هي بالفعل غير شفافة في سمكها العادى لكنها إذا رقت رقة كافية سمحت للضوء بالمرور فيها بحيث يمكن قياس معامل انكسارها أو دليل انكسارها كما تشاء أن تقول . ومما يستلفت النظر في هذا الجدول أيضاً أن النحاس والصدىوم أخف ضوئياً من الهواء .

الوسط السطحي : والآن نستطيع أن نفهم الظرف الذى يمكن أن ينعكس فيه الضوء كله عن السطح الفاصل بين شفافين . لقد رأيت أن زاوية السقوط في الوسط الأخف بالمعنى الضوئى تكون أكبر من زاوية الانكسار في الوسط الأثقل أو بالعكس : زاوية السقوط في الوسط الأثقل تكون أصغر من زاوية الانكسار في الوسط الأخف . تصور الآن أن هناك شعاعاً ساقطاً في الوسط الأثقل منطبقاً على العمود السطحي ، فهذا ينفذ في الوسط الأخف من غير انكسار . فإذا مال الشعاع الساقط عن العمود قليلاً إلى اليسار مثلاً مال الشعاع المنكسر عن العمود إلى اليمين بمقدار أكبر ، بحيث يكون معامل الانكسار بين الوسطين دائماً ثابتاً وتكون زاوية الانكسار في الأخف أكبر من زاوية السقوط في الأثقل . فإذا استمر الشعاع الساقط يبعد عن العمود شيئاً فشيئاً استمر الشعاع المنكسر يبعد عن العمود أكثر فأكثر في اتجاه مضاد ، هذا إلى اليمين إذا كان ذاك إلى اليسار ، حتى تصير زاوية الانكسار في الأخف مساوية  $90^\circ$  في حين أن زاوية السقوط المناظرة في الأثقل تكون لا تزال حادة . وواضح أن الانكسار في الوسط الأخف قد بلغ الآن أقصى مداه لأن الشعاع المنكسر قد دار إلى اليمين مبتعداً عن العمود حتى صار يمس سطح انفصال الوسطين بحيث إذا استمر في دورانه دخل في الوسط الأثقل وصار الشعاعان كلاهما في وسط واحد ، أى صار أحدهما ساقطاً والآخر منعكساً . وواضح أنه في هذه الحالة لا ينفذ إلى الوسط الأخف شيء من الضوء بل ينعكس الضوء كله عن سطح الانفصال



الوسط الأكتف وهذا هو الانعكاس الكلى .

وزاوية السقوط فى الوسط الأكتف التى تبلغ زاوية الانكسار عندها أقصى مداها فى الأخف يسمونها الزاوية المجرّبة ولكن الأحسن أن تسمى زاوية **الانعكاس** أى الزاوية التى إذا تجاوزناها أقلّ تجاوز انقلب الشعاع المنكسر فى فى الأخف شعاعاً منعكساً انعكاساً كلياً فى الأكتف .

ويحسن أن نتذكر أن الانعكاس الكلى يكون دائماً فى **أكتف** الوسطين ولا يمكن أن يحدث فى أخفهما .

وإذا أردت أن ترى مثلاً للانعكاس الكلى فخذ كوباً فارغة واغمر أسفلها بالماء فى إناء وانظر إليها من جنب تجد جوانبها براقه كأنما هى مملوءة بالزئبق لا بالهواء . هذا ناشئ عن انعكاس الضوء كله عند سطح تلاقى الزجاج والهواء . فإذا ما وضعت فى الكوب الماء قليلاً قليلاً وجدت موضع الماء من الكوب يشف لنفوذ الضوء فيه ، ووجدت موضع البريق ينقص بنقصان الهواء ، وبدا منظر الجزء المغمور كأنه مملوء بماء يعلوه زئبق ، حتى إذا حل الماء محل الهواء كله داخل الجزء المغمور زال كل أثر للبريق وشفت الكوب كلها .

**أمثلة الانكسار :** وإذا أردت أن ترى مثلاً لانكسار الضوء فخذ فنجالاً

فارغاً وضع فيه قرشاً وارفعه إلى مستوى نظرك قليلاً قليلاً حتى يحتجب القرش عن بصرك . الآن والفنجال فى موضعه هذا منك صب الماء فيه شيئاً فشيئاً من كوب أو كوز ، فإن القرش بعد قليل تبدو لك حافته ثم يزداد الجزء البادى بازدياد الماء المصبوب حتى يبدو القرش كله أو جلّه . وتفسير ذلك أن الأشعة المنعكسة عن القرش كان لا يصل إلى العين منها شىء فى الأول فلما وضع الماء فى الفنجال مالت تلك الأشعة بالانكسار شيئاً فشيئاً نحو العين حتى أصابتها فأبصرت القرش . وإذا شئت أن تنظر إلى المسألة من الطرف الآخر فقل إن الأشعة المستقيمة التى



كانت واصله إلى العين من قاع الفنجال لم يكن شيء منها يصيب القرش ، فلما وضع الماء انكسر بعضها نحو القرش فأصابه فأبصرته العين . والى حين كما قلنا لا تستطيع تمييز الانكسار ، فيبدو لها القرش عند ملتقى امتدادات تلك الأشعة المنكسرة . لذلك يبدو القرش كأنه خرج من مكانه وصار أقرب إلى سطح الماء . وبمثل هذا يفسر ظهور الأواني إذا ملئت بالماء كأنها أقل عمقاً مما هي عليه في الواقع ، وكذلك ما يبدو من قرب قاع الجداول والأنهار للواتف على الشط ، واتساع دائرة إبصار ما على الشط للغائص الذي يستقبل الضوء .

الموقع الظاهري للكواكب : والهواء طبعاً يكسر الضوء حين يدخله من فراغ ما وراء الطبقة الجوية . ولما كانت الطبقة الهوائية تزداد كثافتها شيئاً فشيئاً بالاقتراب من سطح الأرض فإن الضوء يزداد انكساره نحو الأرض شيئاً فشيئاً بإيغاله في الطبقة الهوائية . وهنا أيضاً لا تميز العين الانكسار فيبدو المضيء من كوكب أو قمر أو شمس أنه أعلى في السماء مما هو في الواقع لأن العين تبصره كأنه واقع على استقامة الأشعة الواصلة إليها . وتسمى الزاوية التي يكون بها الموقع الظاهري أعلى من الموقع الحقيقي للكوكب بالانكسار الفلكي

هذا الانكسار الفلكي ينحى طبعاً إذا كان الكوكب في السميت أى فوق الرأس لأن الأشعة تكون عندئذ عمودية ، فلا انكسار . فإذا مال الكوكب عن السميت اقترباً أو ابتعاداً ازداد الانكسار الفلكي تدريجاً في الابتعاد وتقص في الاقتراب . أى أنه يبلغ أقصاه عند الأفق في الشروق أو في الغروب .

والانكسار الفلكي يتوقف بعد ارتفاع النجم على درجة حرارة الهواء وضغطه إذ هذان لهما أثرهما طبعاً في كثافته . وهناك جداول تبين متوسطات الانكسارات الفلكية ، إلا أن من الممكن أن يقال إن الانكسار الفلكي يبلغ في المتوسط ثمانية قوسية لكوكب على علو ٤٥° من الأفق ، ثم يزداد تلقاء الأفق حتى يبلغ عنده



ملا يقل عن ٣٣ ثانية؛ وهذه أكبر من القطر الظاهري للقمر أو الشمس . أى أن الفرق بين الموقع الظاهري والموقع الحقيقي للقمر أو للشمس عند الأفق في الشروق أو الغروب يزيد قليلا عن قطر الشمس أو القمر ، وهذا معناه أننا نرى الشمس والقمر قبل شروقهما الحقيقي وبعمر غروبهما . فإذا بدت لنا الشمس عند الغروب كأن قرصها أخذ يتوارى وراء الأفق تكون الشمس في الحقيقة قد تم توارىها وتم غروبها ، وإنما تظل بادية لنا فترة بعد ذلك لانكسار الأشعة المصعدة في الجو فتصل إلى العين بواسطة فعل الغلاف الهوائى الأرضى .

السفر : والسفر يراد به بقية ضوء النهار الذى نبصر به بعد غروب الشمس وقبل هجوم الظلام . وهذا راجع كله إلى تأثير الطبقة الهوائية الجوية فهى تكسر إلى سطح الأرض ما يدخلها من أشعة الشمس بعد الغروب ، وما فيها من الغبار والبخار يشتت تلك الأشعة هنا وهناك فيبعثر الناس إلى حين حتى ينتقطع الضوء الداخلى جو الأرض بابتعاد الشمس بعداً كافياً عن الأفق .

ومثل السفر فى ذلك الفجر ثم الصباح : هما مثله فى التفسير وإن كانا عكسه فى الترتيب . أما الكواكب التى لا جو لها كالقمر فلا سفر فيها ولا فجر ولا صباح : يعمها ليلها فجأة كما يعمها نهارها فجأة ، ولا وسط بين الاثنين .

على أن أثر الهواء فى انكسار الضوء لا يقف عند هذه الظواهر الفلكية ولكن يتعداها إلى ظواهر أرضية تسترعى البصر راجعة إلى تغير كثافة الهواء بالحرارة أثناء النهار . وانفساخ الظلال أو ضعف ظلمتها راجع فى جزء مذكور منه إلى انكسار الأشعة إليها بواسطة الطبقات الهوائية المختلفة الكثافة . لذلك كانت الظلال على القمر حالكة السواد إذ لا هواء هناك .



السراب : لكن لعل أهم ظاهرة انكسارية جوية على سطح الأرض هي

السراب . إن الهواء إذا حميت الشمس وسط النهار في الصحارى ونحوها من العراء المنبسط يسخن ويمتدد كثيراً قرب سطح الأرض حتى يصير أخف من الطبقات التي فوقه بالتدريج . فإذا ما مرت الأشعة من شجر قائم حول ماء في تلك الطبقات القريبة من الأرض انكسرت فيها شيئاً فشيئاً بعيداً عن مرماها من سطح الأرض ، حتى ينتقل الانكسار إلى انعكاس كلي وتنحرف الأشعة مصعدةً ، وتنكسر مرة أخرى لكن انكسارها الآن يعين على هذا الإصعاد . فإذا ما أصابت هذه الأشعة عين مسافر في تلك الصحراء عجزت العين عن إدراك ما في الأشعة من انكسار وارتسم الشجر والماء اللذان تنبعث منهما الأشعة في الأصل عند ملتقى امتداد الأشعة بالأرض ، فيخيل إلى الإنسان أنه يرى ماء يتفرق قد انعكس فيه ظل الشجر فيطلبه حتى إذا خرج عن منطقة تلك الأشعة المنكسرة المنعكسة زال المنظر طبعاً ولم ير الإنسان إلا الرمال .

وهناك نوع آخر من السراب يرى في البحر ؛ فإن الهواء في البحر تكون تغيرات كثافته عكس تغيرات كثافته على البر في الصحراء ، أي تكون الطبقات المخالطة من أعلى كما هو الطبيعي . فإذا دخلتها الأشعة المصعدة من سفينة انكسرت في الطبقات العليا شيئاً فشيئاً حتى تنعكس انعكاساً كلياً إلى عين راء بعيد فيخيل إليه أنه يرى سفينة مقلوبة في الجو . وليس هناك خوف من الخداع الإنسان بهذا النوع من السراب إذ وجود السفينة منقلبة في أعلى الجو غير معقول ، أما ترى الشجر منقلباً من بعيد فمن شأنه أن يخدع الرائي لأن انقلاب الشجر قد تعود الإنسان أن يقرنه بانعكاسه عن سطح الماء .



## الفصل السادس

### ضوء الشمس

إن الضوء أيا كان ، من شمعة أو من سراج ، عجيبة من عجائب خلق الله . لكن أعجب الأضواء كلها ضوء الشمس ، ليس فقط في مقداره وعظمه ولكن في طبيعته وتركيبه . ومن ينظر إلى ضوء الشمس يحسبه بسيطاً ويسميه أبيض أو أبيض في اصفرار قليل حسبما يبدو له . وهو بسيط في رأى العين لأن العين لم تخلق لتحليل الضوء كما خلقت الأذن لتحليل الصوت . لكن ضوء الشمس غير بسيط في حقيقته ، بل هو مركب من أضواء ذوات ألوان يخرج من بينها باختلاطها الموزون هذا الضوء الشمسى المعروف .

تركيبه : وأول من امتحن ضوء الشمس وحلله ثم ركه هو نيوتن العالم الطبيعى المشهور . لكن العجيب ليس تحليل نيوتن إياه ، وإنما العجيب هو كيف تأخر هذا إلى أيام نيوتن . إن كل إنسان يعرف أن ضوء الشمس إذا مر في الزجاج الملون خرج بلون ذلك الزجاج ، فإذا مر في الزجاج الأحمر خرج أحمر أو في الأصفر خرج أصفر أو في الأخضر خرج أخضر وهلم جرا ؛ ويعرف أن هذا الضوء الخارج يمكن أن يعكس بمرآة على أى جسم أبيض من نحو سقف أو جدار فيبدو محتفظاً بلونه الذى خرج عليه من الزجاج ، أى أنه يحتفظ بلونه الأحمر أو الأصفر الخ بعد ابتعاده عن منطقة الزجاج الملون . وغير معقول أن يكون بعض المادة الملونة للزجاج قد انتقلت إلى الضوء وخرجت معه حين خرج ، فلم يبق إلا أن يكون ضوء الشمس مركباً من هذه الأضواء ذات اللون كلها ، وأن الزجاج الملون إنما



يحبس بعض هذه الأضواء ويسمح بمرور بعض . وإذا بلغ الإنسان هذا فليس بينه وبين تفسير الألوان تفسيراً صحيحاً إلا خطوة قصيرة .

لكن تركيب الضوء وتفسير الألوان لم يفهم ولم يعرف إلا بعد أن أجرى نيوتن تجاربه ، ومن عجيب أن تكون آلة نيوتن في تحليل الضوء وتركيبه لا تزيد عن بعض تلك المنشورات الزجاجية التي ألفنا ونحن صغار رؤية أمثالها متدلية من « النجف » كما ألفنا التلهي برؤية الأجسام من خلالها ، فكنا نعجب حين تبدو لنا ملتفة بألوان شتى من حمراء وصفراء وزرقاء إلى آخر ما كانت تبدو به ، ولم يخطر ببال أحد أن يفسر وهو كبير تلك الظاهرة التي ألفها وهو صغير . وقليل من التفكير كان يؤدي إلى اكتشاف تركيب الضوء لو أن مفكراً فكّر في هذا فإن الزجاج المصنوع من المنشور غير ملون ، وكثير من تلك الأجسام التي كانت تبدو ملتفة بالألوان غير ملونة ، فلا بد أن يكون مصدر تلك الألوان هو ضوء الشمس الذي نبصر به الأجسام ، ولا بد أن يكون عمل المنشور الزجاجي هو تفريق ذلك الضوء إلى عناصره من الأضواء ذات اللون . لكن العقول المشغوفة بالبحث عن حقائق الأشياء قليلة ، وأقل منها العقول القادرة على الاحتفاظ باتزانها واستقلالها أثناء البحث . ومهما يكن من ذلك فقد ادّخر نيوتن أن يكشف عن تركيب الضوء لا بأكثر من منشور من زجاج .

كان ذلك عقب انكشاف قانون انكسار الضوء على يد اسنيل . أدخل نيوتن في غرفته المغلقة حزمة من ضوء الشمس من ثقب صغير في خشب نافذة وكانت الحزمة طبعاً مستقيمة دل عليها الهباء في الهواء وطبعت على الجدار المقابل للثقب صورة للشمس بيضاء صغيرة مستديرة . عرض نيوتن في طريق الحزمة منشوراً من الزجاج متوقفاً أن تنكسر الحزمة ويرى صورة الشمس قد ترحلت عن مكانها من الجدار ، لكن أخذه العجب حين رأى في مكان الدائرة الصغيرة



التي توقعها مستطيلا من الألوان طوله نحو خمسة أمثال عرضه ، فيه الألوان بعضها  
بجوار بعض : الأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالبنفسجي .  
صورة الشمس هذه المستطيلة الملونة سماها نيوتن الطيف يريد طيف الشمس .  
واستنتج نيوتن في الحال أن ضوء الشمس مركب من هذه الأضواء ، وأن المنشور  
الزجاجي يفرق بعضها عن بعض لأن قابليتها للانكسار أو بالأحرى انكسارياتها  
مختلفة ، فالضوء الأحمر أقلها انكساراً والبنفسجي أكثرها انكساراً والأضواء التي  
بينهما انكسارياتها بين بين ، حسب ترتيبها في الطيف . وفصل الضوء الأبيض هكذا  
إلى عناصره يسمى أحيانا بالتشتت أو التشتيت لكن الأولى تسميته بانفريقه  
لكن نيوتن لم يقتنع باستنتاجه هذا على وضوحه دون تحقيق ، فجاء بمنشور  
آخر وضمه إلى المنشور الأول ولكن على عكس وضعه ، بحيث إذا فرق الأول الضوء  
لحمه الثاني . يريد بذلك أن يخطط الأضواء مرة أخرى بعد تفريقها لينظر هل يرجع  
الضوء بعد خلطها أبيض كما كان . وقد تحقق ما توقع ، وأيد نيوتن بالتركيب  
ما أثبتته لضوء الشمس بالتحليل . وهناك طرق أخرى لمزج ألوان الطيف كأن  
نمررها مثلاً في عدسة محدبة كتلك التي يتأهى الناس بها أحياناً بتعريضها للشمس  
وحرق ورقة أو إشعال سيجارة بواسطتها .

وليس الزجاج هو وحده الذي يفرق الضوء إذا كان مثلاً على شكل منشور  
بل كل مادة شفافة تفرق الضوء إلى عناصره إذا كانت على شكل مناسب منشوري  
أو كروي . لكن تختلف قوة التفريق باختلاف معامل الانكسار للمادة : كلما كان  
المعامل أكبر كانت المادة أقدر على التفريق . وبريق الماس الباهر بألوانه  
ليس إلا نتيجة لتفريق الضوء تفريقاً شديداً راجعاً إلى عظم معامل الانكسار  
للماس ، ولانعكاس كل ضوء من تلك الأضواء انعكاساً كلياً عند وجهه من أوجه  
الشكل البللوري المقطوع إليه الماس . لكن لاجابة الإنسان إلى الماس ليظهر



بعض هذا البريق ، فلعلك لاحظت إذا كنت خرجت للسير في الحقول صباحاً والندى لا يزال يتفرق على الأوراق أن أشعة من النور البهى تنبعث من قطرات الندى في ضوء الشمس إذا وقفت من القطرة موقفاً خاصاً . ولو لبثت برهة في ذلك الموقف من القطرة وحركت عينك قليلاً إلى اليمين أو إلى اليسار لرأيت القطرة تلمع وتقلب في ألوان شتى ، كلما حركت رأسك إلى موضع مناسب رأيت لوناً لم تره من قبل ، وكلها لا تخرج عن ألوان الطيف لأنها ناشئة بالفعل عن تحمل الضوء إلى ألوانه بفعل قطرات الندى . أما البريق الشديد فهو راجع إلى الانعكاس الكلى لسكل ضوء من السطح الخلفى للقطرة .

قوسى قزح : وقطرات الندى ليست بالطبع بدعاً في تأثيرها هذا في الضوء .

فكل قطرة مائية يمتزجها شعاع تحالاه ، وإذا اخترقها على زاوية مناسبة انعكست الأضواء التى نشأت بالتفريق انعكاساً كلياً عن سطح القطرة الخلفى ، فإذا أصابت عين راء ظهر له طيف الشعاع كله أو بعضه . هذا يحدث سواء أكانت القطرة على الأرض أم في الهواء . فإذا كان الهواء مملوءاً بالقطرات كما يحدث عند المطر ، وصادف ذلك شمساً طالعة أو مرسلة أشعتها من فوجات السحاب ، فإن كل قطرة من قطرات المطر يصيبها شعاع من الشمس تفرقه إلى ألوانه . والإنسان لا يرى طبعاً من تلك الألوان إلا ما تصل أشعتها إلى عينه . فإذا كانت الظروف مساعدة ، وذلك يتوقف بالأخص على موقع الشمس في السماء ، فإن القطرات الواقعة على دوائر خاصة متحدة المركز في الجو تبدو طيوفها الجزئية للإنسان . هذه الطيوف الجزئية تكون متجاورة متلاصقة كالتقطرات التى سببتها ، وتكون على شكل قوس يقابل الدائرة التى تجمع مواقع القطرات فى الجو . هذا القوس أو الطيف الكلى للأشعة الساقطة على دائرة قطرات الماء



هو الذى يراه الناس أحيانا عند الأمطار وإذا رأوه تنادوا إليه لندرتة فى هذه البلاد وهو الذى لألوانه المتعددة يسمونه قوس قزح .

وألوان القوس تكون من الأحمر إلى البنفسجى : الأحمر من أعلى والبنفسجى من أسفل . وقد تكون كلها آتية من صف دائرى واحد من القطرات لكن هذا نادر جدا ، وإنما يغلب أن يكون جزء القوس الأحمر آتيا من صف ، والبرتقالى من الصف الذى تحته ، والأصفر من الصف الذى تحته ، وهلم جرا إلى البنفسجى ، إذ الغالب جدا ألا يصل العين إلا شعاع واحد من الأشعة المنفرقة عن كل قطرة . فالأحمر لقلة انكساره يصل إلى العين من قوس القطرات العلوى ، والبنفسجى من قوس القطرات السفلى ، وما بين ذلك من الأضواء يأتى من أقواس قطرية بين بين .

والشرط الذى وجدوا أنه لا بد من توفره قبل إمكان رؤية القوس أن تكون الشمس خلف الإنسان ، وأن تكون الزاوية بين امتداد الخط الوهمى الواصل من الشمس إلى مؤخرة العين — ويسمونه نصف قطر القوس — والخط الوهمى الواصل من العين إلى القوس تساوى  $39^{\circ} 42'$  للجزء الأحمر و  $40^{\circ}$  للجزء البنفسجى ، أو نحو  $41^{\circ}$  لمتوسط القوس . أما شكل القوس الذى يرى فيتوقف على ارتفاع الشمس . فإذا كانت الشمس عند الأفق بدا القوس نصف دائرة ، وإذا كانت فوق الأفق بقليل بدا أقل من ذلك ، حتى إذا بلغ ارتفاع الشمس  $42^{\circ}$  اختفى القوس . فالقوس لا يمكن رؤيته إذن إذا كان ارتفاع الشمس  $42^{\circ}$  أو أكثر .

والقوس الذى وصفناه هو القوس الأولى أو الأصلى ، لكن قد ينشأ قوس آخر أضعف منه كثيراً ناشئاً عن الأشعة التى تنعكس مرتين داخل القطرة ، وهذا يسمى قوساً ثانوياً ، ويكون ترتيب ألوان الطيف فيه عكس ترتيبها



فى الأول : البنفسجى من الخارج والأحمر من الداخل .

ولست فى حاجة إلى أن تنتظر الظروف الملائمة لترى قوس قزح ؛ فإنك تستطيع أن ترى قوساً صناعياً مصغراً إذا سطعت الشمس على نافورة دقيقة الرشاش . فإذا مررت مثلاً بميدان الأوبرا والشمس مطلة عليه بعد الظهر ، واستدبرت الشمس واستقبلت رشاش أقرب النافورتين إلى الجنيحة ، وكان الرشاش متناثراً دقيقاً ، فإنك تبصر إلى الجانب الآخر من الحوض قوساً ملوناً شبيهاً بقوس قزح .

الألوان : وتركب ضوء الشمس من عدة أضواء ذات ألوان ليس عبثاً ؛

لأن الألوان ومباهج الحياة الناشئة عنها راجعة كلها إلى أضواء الطيف . لقد رأيت أن الزجاج الملون يخرج منه ضوء الشمس بلون الزجاج ، وليس ذلك لأن الضوء يحمل بعض صبغة الزجاج ، ولكن لأن الزجاج الملون يمتص من ضوء الشمس كل الأضواء إلا تلك التى تنفذ منه والى لونها نفس لونه . فلزجاج الأصفر يمتص ما عدا الأصفر من أضواء الطيف ، والأحمر يمتص ما عدا الأحمر وهلم جرا . وعامل الامتصاص هنا ليس هو الزجاج نفسه ولكن المادة الملونة له . وكذلك الحال فى كل مادة ذات لون : يرجع لونها إلى صبغة فيها تمتص من الضوء الواقع عليها ما زاد عن العناصر الضوئية المكونة لونها هى ، وهذه البقية الضوئية تنعكس إلى أعيننا فنبصر الجسم بلونه الذى يكون عليه . فانظر إلى عجيب صنع الله كيف جعل ضوء الشمس معدن الألوان كلها على اختلافها وكثرتها التى لا تسكاد تُحدّ ، وكيف خلق فى كل جسم ذى لون مادة تستطيع أن تمتص ما عدا لونه من أضواء الطيف . أما تفسير هذا الامتصاص الموزون فأمر آخر لم يحط به العلم كله إلى الآن .

فكل لون خلقه الله يمكن تركيبه من ألوان الطيف إذا أخذت بالنسب الملائمة



إلا الأسود فإنه راجع إلى انعدام أضواء الطيف كلها : يمتص الجسم الحالك السواد الضوء كله بنسب واحدة في حين أن الأجسام حوله تمتص منه بعضاً وتترك بعضاً ، فيبدو أسود من بينها بالمفارقة . والجسم الأسود هو في الواقع مظلم ، أو هو إذا شئت جزء من الظلمة في وسط النور . وتوضيح ذلك كله سهل لورميننا بالطيف الشمسي أو طيف الضوء الكهربائي الأبيض على شاشة في غرفة مظلمة ، ومررنا في أجزاء الطيف المختلفة أشرطة مختلفة الألوان . فالشريط الأحمر يبدو أحمر قانياً في الطيف الأحمر ، ويبدو أسود فيما عدا الأحمر من أجزاء الطيف ؛ وكذلك الشريط الأصفر أو الأخضر أو الأزرق : كل يبدو زاهياً في مكان لونه من الطيف ويبدو أسود حالكا فيما عداه . وهذا يوضح أولاً أن لون الأجسام راجع إلى امتصاصها ما عدا لونها من عناصر الضوء ، ويوضح ثانياً أن السواد راجع إلى امتصاص الضوء كله . فقد رأيت أن الأحمر أو الأخضر الخ يبدو أسود في غير منطقته من الطيف ، ولو مررت بشريط أسود في الطيف لبدا أسود في كل موطن . فلا فرق إذن بين الأسود وغيره إلا أن الأسود يمتص جميع عناصر الضوء امتصاصاً كلياً . أما غيره فامتصاصه الكلي يكون لبعض عناصر الضوء دون بعض .

لكن علينا أن نتذكر ما سبق التنبيه إليه من أن الضوء إذا وقع على جسم انعكس بعضه عن سطح الجسم وامتص بعضه داخل الجسم . والأجسام السوداء لا تشذ عن هذه القاعدة إلا أن الممتص فيها كثير جداً والمنعكس عن سطحها ضئيل . فهي سوداء بالمفارقة لامتناصها كل الضوء تقريباً على السواء ، لكن الضوء الضئيل الذي ينعكس عن سطحها هو ضوء أبيض . ولو كان سطح القمر من قطيفة سوداء لبدا لنا كما يقول الأستاذ « تندرال » أبيض وإن أقل بياضاً منه الآن .

بقى علينا أن ننظر في الأجسام البيضاء لإلام يرجع لونها . إن المتبادر أنه راجع إلى انعكاس أكثر الضوء عن سطحها على السواء ، والقليل الذي يمتص يمتص



على السواء كذلك . فهى كالسوداء لا تميز بين عناصر الضوء فيما تمتص منها وما تعكس ، إلا أن ما تعكسه أكثر جداً مما تمتصه فى حين أن السوداء تمتص أكثر جداً مما تعكس . أى أن الفرق بينهما فرق فى مقدار ما تمتص أو ما تعكس وهما فى ذلك متضادان تضاد مظهريهما ، أما الأضواء كلها فهى بعد ذلك بالنسبة لهما سواء .

هذا هو المتبادر . لكن من الجائز أن يكون هناك تفسير آخر للون الأبيض ؛ فقد وجدوا أن اللون الأبيض كما ينتج من مزج أضواء الطيف كلها بنسبها فى الطيف ينتج أيضاً من مزج بعض أضواء الطيف بنسب خاصة . فالضوءان الأصفر والأزرق مثلاً إذا مزجا نتج ضوء أبيض . وقد اصطلح على تسمية الألوان التى تنتج الأبيض بـ تمازجها ألواناً متتامه ؛ فالضوءان الأصفر والأزرق متتامان ومثلهما الأحمر والأزرق المخضر ، والأخضر والأرجوانى . فمن الجائز إذن أن يظهر الجسم أبيض من غير أن يعكس كل أضواء الطيف ، إذ يكفي مثلاً أن يعكس الأصفر والأزرق معاً بنسبة خاصة ممتصاً ما سواهما . ولعل الأجسام البيضاء تختلف فيما بينها من حيث ما تمتص وما تعكس وإن بدت للعين واحدة .

### الألوان الأولية وغير الأولية : على أنهم وجدوا أن جميع أضواء الطيف

يمكن تركيبها من غيرها ما عدا ثلاثة : الأحمر ، والأخضر ، والبنفسجى . هذه الثلاثة لا يمكن تقليدها ، أما ما عداها فيمكن تقليده . فالأصفر مثلاً ينتج من مزج الأحمر الشديد والأخضر الشديد ؛ والبرتقالى من مزج الأحمر الشديد والأخضر الضعيف ؛ والأزرق من الأخضر المشبع والبنفسجى المشبع ؛ والنيلي من البنفسجى المشبع والأخضر الضعيف .

إلا أنه يجب التمييز هنا بين مزج الأضواء ومزج الأصباغ . فالتأثير السابقة



راجعة إلى تجارب بأضواء الطيف ، وأضواء الطيف يمكن أن يقال إنها ألوان صافية ؛ أما الأصباغ فالألوانها ليست كذلك . لا شك أن من الممكن الحصول على أصباغ ألوانها تماثل في صفاتها ألوان الطيف ، لكن هذه تحتاج إلى عناية كبيرة وتعب في التحضير وليست الأصباغ على العموم مثل هذه ؛ وإذن فينبغي ألا نتظر من مزج الأصباغ نتائج كالتي حصلنا عليها من مزج الأضواء . فالأصفر والأزرق مثلاً في الأضواء يُنتجان الأبيض لكنهما في الأصباغ ينتجان الأخضر . وأنت إذا رجعت إلى تركيب الأضواء المذكور آنفاً وجدت الأخضر داخلًا بنسبة ما في تركيب الأصفر والأزرق . والكثير الغالب أن تكون نسبته في الصبغة الصفراء أو الزرقاء أكبر مما يلزم لتكوين الأبيض إذا مُزجت الصبغتان معاً ، فتكون النتيجة أن تبقى هذه البقية الخضراء بعد مزج الصبغتين لتتألف ما عدا ذلك من عناصر لونيتهما .

### الفرق بين الألوان : والفرق بين الألوان المختلفة هو فرق في طول الموجة

الضوئية . إن من الواجب ألا ننسى أن اللون إحساس ، وأن شبكية العين تتأثر تأثراً مختلفاً بأضواء الطيف ، ومن اختلاف هذا التأثير ينتج الإحساس اللوني المختلف . لكن الأضواء كلها اهتزازات أثرية سرعتها واحدة لا تختلف فيما بينها إلا في طول الموجة ؛ فإلى اختلاف الأضواء في طول الموجة يرجع إذن الاختلاف في الإحساس بها ، أى الاختلاف في الألوان . طبعاً إن عدد الموجات التي تقع على الشبكية في الثانية الواحدة هو في حالة الضوء الأصغر موجةً أكبر منه في حالة الضوء الأكبر موجةً ما دامت الأضواء كلها متساوية في السرعة ، وإلى هذا الاختلاف في تردد الضوء كما يسمونه يرجع اختلاف تأثير الشبكية . لكن اختلاف التردد هو نتيجة اختلاف طول الموجة ، وإذن فالفرق بين الألوان راجع إلى الفرق في طول الموجة بين الأضواء .



وأضواء الطيف تصغر موجاتها من الأحمر إلى البنفسجى : أطولها موجة الأحمر ، وأصغرها البنفسجى ، والأضواء الآخر بين بين . والكبر والصغر هنا أمر نسبي وإلا فأكبر هذه الموجات صغير جدا بالنسبة لما ألفه الانسان . فطول الموجة الحمراء حوالى ٠.٠٠٧٥ ر من المليمتر ، وطول الموجة البنفسجية ٠.٠٠٤ ر من المليمتر ، والموجات الآخر بين ذلك .

والفرق بين هذه الأطوال ضئيل فى ذاته لكنه فى نتائجه كما نعرف كبير . فأول هذه النتائج هو الإحساس بالألوان وهذا شئ خطير . لكن ليس كل الألوان التى نراها راجع إلى مواد ملونة فى الأجسام ، فهناك ألوان نألفها ليست راجعة إلى أصباغ ، مثل حمرة الشمس عند الشروق والغروب وحمرة الشفق وألوان السحاب البهية وزرقة السماء .

ألوان السحاب : فأما الألوان التى يصطبغ بها السحاب خصوصاً قرب الغروب فراجع أكثرها إلى انكسار الضوء وتفريقه . وقد عرفت أن الأحمر إن كان أطول الأضواء موجة فهو أقلها انكساراً ، وتزداد درجة الانكسار كلما صغرت الموجة حتى تبلغ الانكسارية أقصاها فى البنفسجى . فاذا اخترق الضوء السحاب قرب الغروب ، وتفرق إلى أضوائه المختلفة بفعل قطيرات الماء ، فإن أجدر هذه الأضواء أن يصل إلى الأرض لقلّة انكساره هو الأحمر فالبرتقالى فالأصفر . أما الأخضر والأزرق والبنفسجى فكبر انكسارها يذهب بها إلى أعلى فلا يصل العين عادة منها شئ إلا إذا انعكست عن سحاب آخر فيبدو لونه طبق ذلك . لذلك يرى الإنسان السحاب قرب المغرب مصطبغاً بألوان عناصرها الأحمر والبرتقالى والأصفر . أما إذا كان السحاب من العلو بحيث ينعكس عنه الضوء الأبيض إلى الأرض فإنه يرى عندئذ أبيض .

حمرة الشفق : وحمرة الشفق راجعة إلى ما رجعت إليه حمرة السحاب عند



الغروب من تفريق الضوء بقطيرات الماء الدقيقة في الهواء وقلة انكسار الضوء الأحمر وما إليه . والفرق بين الحرتين أن أشعة الشفق آتية من الشمس تحت الأفق ، والأخرى آتية من الشمس وهى فوق الأفق . على أن الشفق قد يتلون عتب الغروب مباشرة بألوان عدة يميل بعضها إلى الخضرة وإلى البنفسجية .

هذا إذا كان في الغرب شىء من السحاب ، أما إذا لم يكن فحمرة الشفق ترجع إلى سبب آخر متوقف لا على التفريق ولكن على التشتيت . إن الهواء الجوى يحوى دائماً مقداراً من الغبار المعلق والهباء الدقيق . هذا الهباء يغاب أن يكون قطر واحدته صغيراً بالنسبة إلى طول الموجة الحمراء ، كبيراً بالنسبة لطول الموجة الزرقاء وما فوقها . فإذا مرت الأشعة في طبقات الجو العليا بعد الغروب وصادفت هذا الهباء فإن الضوء الأحمر يمر عليه غير متأثر به كما يمر موج البحر الكبير على الحجارة الصغيرة غير آبه بها . أما الضوء الصغير الموجة بالنسبة لأبعاد الهباء فيحدث له ما يحدث لموج الماء إذا لاقى حجارة كبيرة نسبياً . فكما ينقسم هذا إلى موجات تذهب هنا وهناك ، تنقسم الموجات الخضراء والزرقاء والبنفسجية إلى موجات تتشتت هنا وهناك في السماء ، وتكون النتيجة أن الضوء الشمسى يصفى الهباء والغبار من الأزرق وما إليه ، فلا يصل إلى الأرض بالانكسار أو الانعكاس في الجو إلا الأحمر وما إليه . أما الأخضر فأحياناً يختفى وأحياناً يرى كما قد تشاهد بعضه في الشفق بعد الغروب بقليل .

### حمرة الشمس في الشروق والغروب : وإلى نفس السبب ترجع حمرة

قرص الشمس عند الشروق والغروب إلا أنه لا انعكاس . فالأشعة التى تخترق الجو عندئذ تصفى من أكثر عناصرها الضوئية الصغيرة الموجة ، بحيث يغلب على ما يصل منها إلى الأرض ما كان نسبياً كبير الموجة الضوئية كالأحمر والبرتقالى . وتصفية الأشعة هكذا من الزرقاء والبنفسجية وما إليهما راجع أولاً إلى قلة الأشعة



الواصلّة إلى سطح الأرض في ذينك الوقتين ، وثانياً إلى عظم المسافة الهوائية التي تخترقها تلك الأشعة القليلة الشديدة الميل . وواضح أن مقدرة الغلاف الهوائى الأرضى على تشتيت الضوء الأزرق وما إليه تتناسب مع طول مسار ضوء الشمس في الهواء ، لذلك لا تبدو الشمس حمراء في غير طرفى النهار إلا إذا شوهدت من خلال قتام خفيف أو ضباب .

زرقّة السماء : أما زرقّة السماء فترجع إلى أن الضوء الأزرق والبنفسجى المشتت بفعل الهباء ودقيق بخار الماء بالصورة السالفة يصل بعضه إلى الأرض ، وما يصل منه إلى أعلى الجو بالتشتت أو الانكسار ينعكس إلى الأرض مرة أخرى انعكاساً كلياً من الطبقات الهوائية العلوية المخلخلة على نحو ما يجرى عند رؤية السراب . ونتيجة هذا وذاك أن تبدو السماء بلونها الذى تبدو به . هذا سبب زرقّة السماء بالنهار وطرفى الليل ؛ أما زرقتها وسط الليل فلا ضوء الكواكب دخل كبير فيها . والمسألة كلها أعقد من هذا ، لكن فيما قدمناه ما يكفي لتبسيطها وتقريبها .

الأشعة غير البصرية في ضوء الشمس : لقد تكلمنا إلى الآن عن أشعة

الإبصار التي لقبناها في بعض الفصول السالفة بالمرئية لأنها ترى بالانعكاس عن الأجسام . هذه الأشعة البصرية ليست هى كل أشعة ضوء الشمس أو غير ضوء الشمس من الأضواء الصناعية ، فهناك في ضوء الشمس أشعة أخرى مثل الأشعة الحرارية .

الأشعة الحرارية في ضوء الشمس : وشعورنا بالحرارة عند سقوط ضوء

الشمس علينا ليس في ذاته دليلاً على وجود أشعة حرارية خاصة في الضوء ، إذ من المحتمل أن يكون ذلك الشعور راجعاً إلى تحول الضوء إلى حرارة ، أو إلى



الأثر الحرارى لبعض أشعة الضوء . وقد اختبر الطيف الشمسى من الناحية الحرارية ببعض الآلات الحساسة بالحرارة غير الترمومتر فوجد أن المنطقة البنفسجية من الطيف لا حرارة بها ، والزرقاء لا يكاد يكون بها حرارة ، ثم تزداد الحرارة شيئاً فشيئاً من الخضراء إلى الحمراء .

ولو وقف الأمر عند هذا الحد لجاز أن تكون حرارة الشمس راجعة كلها إلى عناصر ضوءها إلا البنفسجى والأزرق . لكنهم لما امتحنوا المنطقة المظلمة المجاورة للمنطقة الحمراء من الطيف ، وذلك بنفس الآلة الحرارية الحساسة ، وجدوا إحساسها بالحرارة قد زاد فجأة زيادة كبرى ، ووجدوا مقدار الحرارة قد استمر فى الازدياد بالتثقل بالآلة فى تلك المنطقة المظلمة حتى بلغ أقصاه فى مدى قصير ، ثم أخذ فى التناقص بسرعة حتى تلاشى . أى أن هناك بجوار المنطقة الضوئية فى الطيف مما يلى الأحمر منطقة مظلمة حرارية يسمونها **ما تحت الأحمر** ويسمون أشعتها **الأشعة دونه الحمراء** أو **تحت الحمراء** ، فعلمنا الحرارى أقوى بكثير من الفعل الحرارى المقترب بالطيف من الأخضر إلى الأحمر . وقد قاسوا الطاقة الحرارية فى منطقة ما تحت الأحمر من طيف الضوء الكهر بآئى الأبيض فوجدوها نحو **ثمانية أمثال** الطاقة الحرارية فى الطيف الكهر بآئى المرئى . وقد تكون فى الطيف الشمسى مثل ذلك أو أكثر من ذلك .

وهنا يرد سؤال هو : ألا يصح أن يكون الفعل الحرارى للطيف المرئى راجع ، لا إلى فعل أشعة هذا الطيف ، ولكن إلى فعل جزء من الطيف الحرارى المظلم امتد إلى منطقة الطيف المرئى ؟ أى إلى تراكم جزئى للطيفين المنير والمظلم ؟ هذا السؤال قد أجابت عليه تجارب الأستاذ تندال بالإيجاب وإن كان قد أجرى تجاربه على الضوء الكهر بآئى الأبيض ، وهو أقرب الأضواء الصناعية إلى ضوء الشمس . وتلخص تجارب الأستاذ تندال فى أنه مرر الضوء فى محلول من الشب ،



وجعله بعد ذلك عند نقطة بواسطة عدسة محدبة كبيرة ، وجعل الضوء عند تلك النقطة يسطع على جدار إناء زجاجي تكاثف عليه بخار الهواء طبقة متجمدة رقيقة بفعل محلول مبرد في داخله . وبرغم تعرض هذه الطبقة الرقيقة تعرضاً كافياً لذلك الضوء المتجمع فإنه لم يَسخ منها شيء ، لأن محلول الشب قد امتص الأشعة الحرارية كلها من الضوء . فهذه تجربة دلت على أن الأشعة المنيرة نفسها ليس لها فعل حرارى .

وقد أعاد الأستاذ تبدال هذه التجربة بنصها بعد أن استبدل محلول الشب بمحلول قوى من اليود في سائل عضوى اسمه ثانى كبريتيد الكربون ، وهذا المحلول يمتص الضوء كله . فلما وضع الإناء الزجاجي في موضعه في التجربة الأولى ساحت الطبقة الرقيقة من الثلج في الحال ؛ ولما استبدل به إناء آخر فيه ماء غلا الماء بعد نحو دقيقتين . فلما وضع بدل الماء ورقة بيضاء عند نقطة تجمع الضوء في التجربة الأولى احترقت الورقة بعد فترة قصيرة ؛ ولما وضع بدل الورقة البيضاء ورقة سوداء اشتعلت في الحال .

وقد أوضح تبدال بهذه التجارب الجميلة : **أولاً** أن الأشعة المنيرة يمكن تخليصها من أشعة الحرارة ، وعندئذ لا يكون لها أثر حرارى . **ثانياً** : أن الأثر الحرارى للضوء راجع كله إلى الأشعة المظلمة تحت الحمراء . **ثالثاً** : وهو ما وضعه عرضاً ، أن الأشعة الحرارية تنكسر وتتجمع كما يتجمع الضوء .

هذا من الناحية النظرية ، أما من الناحية العملية في الحياة فإن الطيف المرئى مقترن دائماً بجزء من الطيف الحرارى غير المرئى ، وإذن فلاشعته دائماً أثر حرارى وإن قل .

**الأشعة المظلمة البنفسجية** : لكن ليست الأشعة الحرارية ، أو الأشعة تحت

الحمراء ، هي الأشعة المظلمة الوحيدة في الطيف الشمسى . فهناك منطقة مظلمة



أخرى مما يلي المنطقة البنفسجية في الطيف أثبت البحث أن فيها أشعة سميت من أجل ذلك بالأشعة فوق البنفسجية . لكن هذه الأشعة لم تعرف بأثرها الحرارى كما عرفت الأشعة تحت الحمراء ، وذلك لأنها كالبنفسجية ليست بذات حرارة ، وإنما عرفت بأثرها الكيماوى . فقد وجد أن الطيف إذا امتحننت مناطقه من حيث فعلها الكيماوى فى بعض أملاح الفضة ، فإن هذا الفعل يزداد من الطرف الأحمر الذى لا يكاد يكون له أثر إلى الطرف البنفسجى ، ويزداد كثيراً فيما وراء البنفسجى كما يزداد الفعل الحرارى كثيراً فيما وراء الأحمر ، أى أن ترتيب مناطق الطيف بفعلها الكيماوى هو عكس ترتيبها بفعلها الحرارى .

على أن أشعة ما وراء البنفسجى التى لا ترى يمكن تحويلها إلى أشعة ترى بواسطة بعض مواد قادرة على ذلك التحويل . من هذه المواد المادة المعروفة بكبريتات الكينا أو سلفات الكينا . هذه المادة التى لا لون لها إذا وضع محلولها فى أنبوبة وعرضت الأنبوبة لأجزاء الطيف جزءاً جزءاً فإنه لا يشاهد أدنى تغيير إلا فى الجزء الأزرق والبنفسجى إذ يشع سطح المحلول بضوء فيه زرقة . فإذا ما وضع المحلول فى المنطقة المظلمة فوق البنفسجية ظل يشع بنفس الضوء . وقد فسر ذلك السير . ج . استوكس الذى امتحن هذه الظاهرة بأن كبريتات الكينا تمتص أشعة ما فوق البنفسجى ثم ترسل جزءاً منها مرة أخرى على صورة موجات أطول تحسها العين ، وهى فى هذه الحالة موجات الضوء الأزرق . ومن الواجب هنا ملاحظة أن المنشور الذى يستعمل لتكوين الطيف عند إرادة امتحان منطقة ما وراء البنفسجى يجب ألا يكون من الزجاج ، لأن الزجاج يمتص كثيراً من هذه الأشعة ، وإنما يجب أن يكون من مادة أخرى لا تمتصها مثل الكورتز أو الرمل النقى إذ يصهر ويصنع منه المنشور المطلوب .

وامتحان الطيف قد أثبت أنه كل متصل ، من تحت الأحمر إلى ما فوق



البنفسجى . وقد قيست أطوال الموجات من طرف إلى طرف فوجد أنها تزداد بالتدريج من أقل من ٠.٠٠١ , من المليمتر فيما فوق البنفسجى إلى نحو ٠.٦ ر من المليمتر فيما تحت الأحمر . وليس للأشعة المرئية من بين هذا إلا مدى ضئيل : من ٠.٠٠٤ ر إلى ٠.٠٠٧٥ ر من المليمتر ؛ وأقصر الموجات الكهر بائية التى باغوها طولها نحو ٥ مليمترات .

### أطوال الموجات بالمليمتر

فوق البنفسجى : دون ٠.٠٠١ ر إلى ٠.٠٠٤ ر  
البنفسجى إلى الأحمر : ٠.٠٠٤ ر إلى ٠.٠٠٧٥ ر  
تحت الأحمر : ٠.٠٠٧٥ ر إلى ٠.٦ ر  
فجوة : —

الموجات الكهر بائية : نحو ٥ مليمترات إلى آلاف المليمترات

**الفلورة :** وظاهرة تمديد الأشعة القصيرة وتحويلها إلى أطول منها تسمى بالفَلَوْرَة . وهذا التحويل يحدث عند سطح المادة الفلورية . وتفسير هذا بسيط . مادامت الظاهرة ظاهرة امتصاص الأقصر ثم إشعاعه بعد تحويله إلى أطول ، لأن الطبقات السطحية كافية لامتصاص الأقصر وتطويله فلا يبقى لما تحتها ما تمتصه وتطيله .

وهناك مواد فلورية كثيرة غير كبريتات الكينا التى سبق ذكرها ، كل منها تمتص نوعاً خاصاً من الموجات وترسله نوعاً آخر أطول . فالخضر الذى يسمونه الكلوروفل خطأ يمتص الضوء الأزرق ويرسله ضوءاً أحمر فتبدو المادة الخضراء حمراء فى الجزء الأزرق من الطيف ؛ وزجاج اليورانيوم يبدو أصفر فى الجزء الأخضر من الطيف .

**الفسفرة :** والمواد الفلورية لا تفعل فعلها إلا مدة وقوع الضوء عليها ، فإذا



حيل بينهما وبين الضوء لم ترسل من الضوء شيئاً . لكن هناك مواد أخرى تمتص الضوء إذا عرضت له لكنها لا ترسل ما ترسله منه دفعة وإما ترسله بالتدريج بحيث إذا وضعت في ظلمة بعد ذلك دلت على نفسها بالضوء الذي يشع منها . وقد سموا هذه الظاهرة بالفَسْفَرة تشبيهاً لها بالفسفور الذي يُرى إذا اتصل بالهواء في الظلام . لكن إشعاع الفسفور راجع إلى تفاعل كيميائى بينه وبين أكسجين الهواء في حين أنه لا تفاعل مطلقاً من النوع الكيمياءى في ظاهرة الفَسْفَرة . إنما هي ظاهرة طبيعية راجعة إلى امتصاص الضوء وإرساله مرة أخرى بالتدريج بحيث يبصر الجسم في الظلام بما يرسل من الأشعة قبل أن يخرج منها كل ما امتصه . ومن هنا يرى أن الفلورة والفسفرة هما من قبيل واحد . هما ظاهرتا امتصاص للأشعة ثم إرمالها بعد تغيير في طول موجاتها ، إلا أن الإرسال في الفلورة ينتهى بانتهاء سقوط الضوء على الجسم الفلورى ، والإرسال في الفسفرة يستمر بعد ذلك إلى أجل يتوقف على طول تعرض الجسم الفسفرى للضوء .

أما المواد الفسفورية فخير مثال لها كبريتيد الكاسيوم وكبريتيد الباريوم .

سرعة الضوء : كان ديكارت يرى ، وكان غيره يرى معه ، أن الضوء

ليس له سرعة محدودة ، وأنه يصل إلينا فجأة من الشمس ومن الكواكب غير مستغرق زمناً ما . لكن أَلْف رومر الفلكي الدانمركي كان بمرصده بباريس سنة ١٦٧٦ يرصد خسوف أقمار المشتري ، وأقمار المشتري يدور كل منها حوله كما يدور القمر حول الأرض . ولو كان هناك راصد على كوكب آخر يرصد الأرض وقمرها لرأى الأرض منيرة كما نرى المشتري ، ولرأى القمر يدور حولها ، ولشاهده يختفي وراءها ، ثم يظهر مرة في كل دورة : يختفي حين يدخل مخروط ظل الأرض ، أى حين تبدأ الأرض تحجب ضوء الشمس عنه ، ويظهر حين يخرج من الظل ويتعرض مرة أخرى لضوء الشمس . كذلك يحدث لكل قمر



من أقمار المشتري : يختفي كل منها في ظل المشتري ثم يظهر حين يخرج منه ، وذلك مرة في كل دورة حول المشتري . وقد رصد رومر خسوف ثانى هذه الأقمار قريباً من المشتري فوجد أن الزمن الذى يمضى بين اختفاءين متتاليين ، أو بين ظهورين متتاليين ، هو بالضبط ٤٢ ساعة و ٢٨ دقيقة و ٣٥ ثانية . وكان هذا الرصد والأرض في أقرب نقطة من فلكها إلى المشتري ، وهو من الدقة بحيث أن رومر اعتمد عليه في حساب وقت الخسوف المتمم المائة بعد ذلك الخسوف الأول المرصود . فلما مر نحو ستة أشهر وجاء أوان الخسوف الثانى لذلك القمر ورصده رومر أخذه العجب إذ وجد أن الخسوف لم يقع في موعده المحسوب ولكن وقع بعد موعده بخمس عشرة دقيقة ، وأن الخلف أخذ يزداد شيئاً فشيئاً كلما دنت الأرض في فلكها من أبعد النقط عن المشتري ، أى من النقطة المضادة للنقطة الأولى التى كانت الأرض فيها حين حصل الرصد الأول . فقال رومر لنفسه : إن الأرض الآن بعدت عن موضعها عند رصد الخسوف الأول بقدر قطر فلكها حول الشمس تقريباً ، أى نحو ١٩٥ مليون ميل . وقد تأخر ظهور القمر ١٦,٥ دقيقة بعد ستة أشهر بالضبط من الرصد الأول ، فلا بد أن يكون هذا الزمن هو زمن عبور الضوء فلك الأرض ؛ ولو كنت في الناحية الأخرى من الفلك لظهر قمر المشتري في موعده وما وجدت خلفاً ما ؛ وإذن فللضوء سرعة محدودة يمكن حسابها ، لا كما يقول ديكارت ولا كما يقول هوك . ثم عاد فقال : إذا كان استنتاجى هذا صحيحاً فإن الفترة بين ظهورين متتاليين للقمر ستقصر شيئاً فشيئاً حتى تبلغ طولها الأول إذا بلغت الأرض موضعها الأول في دورتها حول الشمس . وأخذ رومر يرصد قمر المشتري فوجد الفترة أخذت تقصر بالفعل ، ووجدها لما آن الأوان بعد نحو ستة أشهر أخرى قد عادت ٤٢ ساعة و ٢٨ دقيقة و ٣٥ ثانية .



وقد حسب رومر سرعة الضوء على هذا الأساس فوجدها نحو ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية لخطأ في حساب قطر فلاك الأرض إذ ذاك ، فلما صُحِّح هذا الخطأ بعدُ وأعيد حساب السرعة كانت ١٨٧٠٠٠ ميل ، أى نحو ٣٠١٠٠٠ كيلومتر في الثانية . ومع وجاهة الأسباب التي بنى عليها رومر حسابه ، فقد ظل ديكارت ومن لف لفته على رأيهم حتى جاء برَدْلَى الفيلسوف الانجليزى فاستنتج نفس السرعة الضوئية عن طريق فلكى آخر لا محل لشرحه ، ثم زال كل شك لما استطاع فيزو أن يتوصل إلى طريقة لقياس سرعة الضوء عبْر باريس ، واستطاع فوكو بعده أن يبتدع طريقة أدق قاس بها سرعة الضوء من غير أن يغادر غرفته . ومتوسط نتائج هذه الطرق كلها أن سرعة الضوء ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية أو ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . وهى سرعة كما ترى يذهل أمامها العقل ، وهى أكبر سرعة معروفة للانسان ، تحقر بجانبها سرعة الصوت البالغة نحو  $\frac{1}{10}$  ميل في الثانية . وعظم الفرق بينهما هو السر في الزمن الذى يمر بين رؤية البرق وسماع الرعد الذى نشأ عنه . ومن الممكن حساب العلو الذى حصل عنده التفريغ الكهربائى في السحاب بضرب هذا الزمن في سرعة الصوت في الهواء .

طبيعة الضوء : قد رأيت قبل أنه كان هناك نظريتان في طبيعة الضوء ، إحداهما تقول بأنه جسيمات غاية في الدقة تامة المرونة ، والأخرى تقول إنه موجات مستعرضة بالغة الصغر تقوم بالاثثير . وليس هناك شك في خطأ الأولى لأنها أدت إلى نتيجة أثبت الاختبار عكسها . أما الثانية فقد فسرت كل خواص الضوء التى كانت معروفة عند ظهورها ، وتنبأت بكثير مما لم يكن معروفا ثم تحقق بعد بالاختبار . وكان من ضمن تنبؤاتها أن النسبة بين سرعتى الضوء في وسطين شفافين هى عكس النسبة بين معاملى انكسار الضوء في ذينك الوسطين ، في حين أن النظرية الجسيمية أدت إلى أن النسبة بين سرعتين تساوى النسبة بين



المعاملين ، وقد صدق الاختبار النظرية الموجية في هذا وكذب النظرية الجسيمية .  
هذه النبوءة على أهميتها لا غرابة فيها ، لكن هناك نبوءة أخرى غريبة للنظرية  
الموجية حققتها الاختبار كذلك . إن الموجات فمر يبطل بعضها بعضاً إذا اجتمعت .  
فإذا صادف في موج مثل موج الماء أن نجد موجة قابله وهذ أخرى تساويها  
بطات الموجتان وسكن الماء . هذا في عرف الطبيعيين اسمه التداخل ، وتستطيع  
أن تشاهد تداخل الأمواج إذا وقفت على شاطئ البحر ورأيت أثر اجتماع الموجة  
الهاجة بالموجة التي قبلها بعد انعكاسها عن الساحل أو عن الرصيف . فإذا كان  
الضوء موجات جاز أن تتداخل موجاته وأن يبطل بعضها بعضاً إذا اجتمعت على  
وجه خاص نجداً لوهد ، ويكون نتيجة اجتماع ضوءين في هذه الحالة ليس زيادة  
النور ولكن إنقاصه أو إبطاله ، أى جاز أن تنشأ ظلمة من اجتماع ضوءين . أليست  
هذه نتيجة غريبة ؟ ولكن فرسند استطاع تحقيقها بأن عكس شعاعين من الضوء  
على موضع واحد من حجاب أبيض بواسطة مرآتين متجاورتين على استقامة واحدة  
تقريباً فوجد أن مجمع الضوءين على الحجاب فيه حزومات من النور متراوحة مع  
حزومات من الظلمة : حزمة نور تليها حزمة ظلمة وهكذا . إلا أنه وجد أن حزم  
النور كانت ملونة ومنتشرة قليلاً في حزم الظلمة لاختلاف مواضع الحزم الناتجة من  
تداخل أمواج كل ضوء من الأضواء الداخلة في تركيب الضوء الأبيض الذي  
أجرى عليه التجربة . فلما أعاد إجراءها بضوء بسيط مثل الضوء الأحمر وجد  
التراوح بين حزم النور وحزم الظلمة ظاهراً لا شك ولا اختلاط فيه .  
مثل هذه النتائج لا تدع مجالاً للشك في موجية الضوء . لكن هناك مع  
ذلك نقطة واحدة هي موضع الضعف من النظرية الموجية ، ألا وهي اضطرابها  
إلى القول بوجود حامل للضوء يشبه المادة في خواصه ولكن ليس كشيء من  
المواد المعروفة ، وهو الذي سموه بالأثير .



إن الأثير لم يره أحد ، ولا يمكن أن يراه أو يحسه أحد بوجه من الوجوه ، وإنما استنتجت خواصه من خواص الضوء . فهو ألطف كثيراً من أى مادة معروفة ؛ وما دام هو ناقل الضوء ، والضوء يمر من مثل الزجاج من المواد الشفافة فلا بد أن يكون الأثير منبثاً بين جزيئات الزجاج كانبثاات الهواء بين أوراق الشجر . وإذا كان للطافته يتخلل الزجاج فهو إذن يتخلل كل مادة معروفة ، وهذا هو السر فى أنه لا يحبس ولا يحس . وهناك أسباب تدل على أن أمواج الضوء فى الأثير هى مثل أمواج الماء فى الماء . وإذا وضعت قطعة من الخشب على ماء فى حوض ، وأحدثت فى الماء موجات ، فإنك تشاهد الخشبة تعلو وتهبط من غير أن تزايل موضعها حين تمر بها الموجات من طرف الحوض إلى طرف . هذا معناه أن الماء يتحرك فى اتجاه رأسى حين تسير الموجة فى اتجاه أفقى . وهذا النوع من الموجات التى يكون اتجاه حركة الوسط فيها عمودياً على اتجاه حركة الموجة يسمى بالموج المستعرض . أما إذا كان اتجاه الحركتين على خط واحد ، كما هو حال الموجات الصوتية فى الهواء ، فإن الموج يسمى بالموج الطولى . فالضوء إذن موجات مستعرضة فى الأثير . ولما كانت تلك الموجات صغيرة الطول جداً ومع ذلك تنتقل فى الأثير ، فلا بد أن يكون الأثير خالياً من المسام لأن المسام تحول دون انتقال الموجات المستعرضة الصغيرة جداً فى الطول . وهذا وجه آخر من أوجه مخالفة الأثير للعادة المعروفة .

كل هذا ليس فيه كبير غرابة . لكن تعال الآن وتأمل ما يأتى : إن القواعد الرياضية تدل على أن سرعة الموجات فى أى وسط تساوى الجذر التربيعى للنسبة بين المرونة الخاصة للوسط وبين كثافة الوسط . وسرعة الضوء فى أى وسط مادى معروف أكبر كثيراً من الجذر التربيعى لنسبة أى مرونة له إلى كثافته ، وهذا برهان آخر على أن الضوء لا ينتقل فى المادة المعروفة ، من زجاج أو غيره ، بفعل جزيئات



تلك المادة . إذن فسرعة الضوء التي عرفناها ، إذا كان الأثير يشبه المادة في هذه الناحية ، تمثل الجذر التربيعي لنسبة مرونة الأثير إلى كثافته . وهذا معناه أن كثافة الأثير مهما صغرت يجب أن تكون ذات مقدار محدود ، وإلا لما كانت سرعة الضوء فيه محدودة ولكانت لا نهائية كما كان يظن ديكارت . وقد قدرها اللورد كلفن بنحو  $5 \times 10^{10}$  أس<sup>١٨</sup> ، وتكون مرونة الأثير المستنتجة على هذا الأساس من سرعة الضوء نحو ١٨٠ ، وهي أشبه بمرونة الماء . فكان الأثير يشبه الجوامد من ناحية ، ويشبه الموائع من ناحية ، ومع ذلك فالكواكب كلها تتحرك فيه بسرعاتها العظيمة من غير أن تلقى منه مقاومة ! هذا هو موضع الضعف في فكرة الأثير ، وهو موضع الضعف في النظرية الموجية المضطربة إلى القول بالأثير ، مع ارتفاع كل شك في موجية الضوء .

إن الإنسان وإن علم كثيراً لا يزال يجهل كثيراً . ولعل خير ما يمكن أن يقال في هذا الصدد إن هناك بين السماء والأرض شئ ينقل الموجات الضوئية لا يدري ما هو ، وإن من الخطأ قياسه على المادة المعروفة . ( وتبارك الذي له ملك السموات والأرض وما بينهما وعنده علم الساعة وإليه ترجعون ) .

---



## الفصل السابع

### الآثار الكيميائية للضوء

قد عرفت أن الضوء يكون دائماً مصحوباً بأشعة حرارية هي أشعة ماتحت الأحمر ، وبخار الماء في الهواء يمتص بعضها كما أن الزجاج يمتص كثيراً منها . كذلك الضوء يكون مصحوباً بأشعة غير حرارية ولا بصرية هي الأشعة فوق البنفسجية ، وهذه تمتاز على الأخص بتأيينها الهواء وقتلها الجراثيم وهذا أثر من فعلها الكيميائية . أما الأشعة البصرية نفسها فهي من حيث الفعل الحرارى والفعل الكيميائى بين بين حسبما سبق شرحه .

الفعل الكيميائى للضوء : هذا راجع على العموم إلى الأشعة فوق البنفسجية

وطرف الطيف المجاور لها ، وإن كان لكل جزء من الطيف أثره الكيميائى حتى للجزء الأحمر فى بعض الأحوال .

ومظاهر الفعل الكيميائى الضوئى متعددة يلاحظ الإنسان منها تغير البشرة بالتعرض للشمس ، وانحلال الأصباغ فى الأقمشة بطول التعرض للشمس كذلك ؛ ولذا كان من أول الاختبارات التى تجرى عند اكتشاف صبغة جديدة أن تعرض قطعة من قماش مصبوغ بها مدة كافية لضوء كثير الأشعة فوق البنفسجية مثل ضوء مصباح الزئبق ، فإن لم يتغير لون القماش كانت الصبغة ثابتة فى ضوء الشمس وإلا كانت غير ثابتة ، وإن اختلفت الأصباغ فى قوة الثبوت .

ومن الآثار الكيميائية للبنفسجية وما فوقها قتلها الجراثيم أينما وصل الضوء ، وهذا هو السر فى إمكان المعيشة بالقرى مع ما هو معروف من قوة الأخذ فيها



بالوسائل الصحية . فاشعة الشمس تطهر ما تسطع فيه أو عليه من الحارات والأزقة والسطوح والأحواش والحجرات ، كما تطهر إلى حد كبير ما تصل إليه من جداول الماء والترع والبرك والمستنقعات . ولذا كان من الخطأ الحيلولة بين ضوء الشمس وبين الغرف باغلاق منافذها مطلقاً ، فإن الزجاج كما علمت يمتص كثيراً من الأشعة فوق البنفسجية .

وإلى هذا الفعل الكيماوى الضوئى ترجع تلك الظاهرة المرضية المعروفة بضربة الشمس التى تصيب من يطيل تعريض دماغه وقفاه للشمس . وتعود تعريض الرأس إلى حد ما للشمس ضرورى ، فإن الجسم يستطيع إلى حد محدود التكيف بما يدفع عنه غائلة تلك الأشعة ، ومن حرم نفسه هذا التكيف كان أكثر تأثراً بتلك الأشعة عند التعرض ، فيكفى فى إصابته ما لا يكفى فى إصابة المتعود .

**التصوير الشمسى :** وقد استطاع الإنسان أن ينتفع بالفعل الكيماوى للضوء فى التصوير الشمسى . والتصوير الشمسى راجع فى صميمه إلى حقيقتين اثنتين : الأولى الفعل الكيماوى للضوء فى بعض أملاح الفضة ، وهذا الفعل يتناسب مع شدة الضوء وطول التعرض له ، ومن آثاره إمكان تحويل ما تأثر بالضوء إلى فضة راسبة بمعالجته ببعض المحاليل الكيماوية . الثانية أن مذيبات هذه الأملاح قبل التعرض لا تذيب ما تغير منها بالتعرض والمعالجة .

واللوح الفتوغرافى أو اللوح الشمسى هو عبارة عن لوح زجاجى مغطى بطبقة جلاتينية من ملح فضى مناسب مثل بروميد الفضة . والمقصود بالذات من هذه الطبقة هو بروميد الفضة ، أما الجلاتين فواسطة لطلئ اللوح بالبروميد .

هذا اللوح إذا وقع عليه خيال ضوئى حقيقى للجسم المراد تصويره تأثر بروميد الفضة فى المساحة الواقع عليها ضوء الخيال بنسبة ما فى أجزاء الخيال من الضوء . فالحواجب وشعر الرأس مثلاً إذا كانت سوداء لا تسكاد تعكس من الضوء شيئاً



في حين أن بقية الوجه الأبيض يعكس كثيراً من الضوء ، فيتغير بروميد الفضة حيث وقع الضوء الآتي من الوجه في حين أنه لا يتغير حيث وقعت صورة الحواجب وشعر الرأس ، وهلم جرا في بقية أجزاء الصورة . فبعد انتهاء التعريض يكون مكان الخيال من اللوح قد تأثر تأثراً مختلفاً حسب شدة الضوء الذي كان واقعاً عليه ، لكن العين لا تدرك من هذا التأثير شيئاً ويقال للصورة عندئذ إنها **لامنة** . أما بقية اللوح فيبقى كما هو إذ لم يقع عليه ضوء . وينبغي طبعاً أن يحافظ على اللوح قبل أخذ الصورة وبعده فلا يقع عليه ضوء إلا الضوء الأحمر الذي ليس له أثر كيميائي .

فإذا أخذ هذا اللوح إلى غرفة مظلمة إلا من الضوء الأحمر ، وتقع في محلول خاص يرسب الفضة في المواطن التي تأثرت بالضوء ، ظهرت الصورة . وهذه العملية تعرف **بالتحميم** . لكن الصورة تظل عرضة للانطباع بالضوء إذا لم يُزل بروميد الفضة من بقية اللوح . لذلك يغسل اللوح جيداً بالماء بعد التحميم وينقع في محلول آخر يذيب بروميد الفضة ولا يذيب الفضة ، فيبقى في اللوح صورة ضدية للجسم ؛ ويراد بضدية أن الأسود في الجسم يبدو فيها أبيض والأبيض يبدو فيها أسود ؛ فوضع الحواجب مثلاً لم يتغير فيذوب ويبقى مكانه شفافاً في حين أن موضع بقية الوجه قد تغير كثيراً فلم يذب منه إلا القليل فيبقى معتماً أو أسود للفضة الراسبة فيه . وعملية تذويب ما لم يتغير بالضوء من مادة اللوح تسمى **عملية التثبيت** ، لأن الصورة بعدها تصير ثابتة لا تتغير بالضوء . والصورة الضدية الباقية تسمى بالصورة السالبة أو السالبة اختصاراً .

هذه الزجاجية السالبة إذا وضعت في إطار خشبي ووضع وراءها ورق شمسي حساس بالضوء أى مغطى ببروميد الفضة مثلاً وعرضت للضوء زمناً مناسباً تأثر البروميد في الورقة عكس تأثره في اللوح إذ الأجزاء الشفافة التي كانت سوداء



في المرئي ستُنْفَذ من الضوء أكثر مما تُنْفَذ الأجزاء غير الشفافة التي كانت بيضاء في الأصل ، فتتأثر الورقة الشمسية عند الطبع بعكس تأثر اللوح الشمسي عند التصوير إلا أن الصورة هنا تكون ظاهرة . فإذا عولجت الورقة بعد ذلك بما عولج به اللوح بعد التحميص ثبتت في الورقة صورة موجبة كل جزء فيها يقابل من حيث السواد والبياض نظيره في الجسم المصوّر ، فإذا غسات بالماء وجففت كانت هي الصورة الشمسية النهائية التي يعطيها المصوّر .

أما تكون الصورة ، أو بالأحرى تكون الخيال على اللوح ، فيرجع إلى فعل عدسة تكون في مقدمة حجرة المصوّرة ، فتجمع الأشعة من الجسم المراد تصويره فتلقّيها خيالا حقيقيا على اللوح الضوئي الذي يوضع في مؤخرة الحجرة بعد ضبط المسافات والتأكد من أن الخيال سيتكون حيث يوضع اللوح .

السما أو الخيال : والسما متوقفة على أخذ صور متعددة للجسم المتحرك في أوضاعه المختلفة أثناء حركته ، وهذه الصور تؤخذ على شريط ضوئي بدلا من اللوح ، وتظهر في الشريط بالتحميص وتثبت ، كما تظهر وتثبت في اللوح . ثم يطبع من الشريط السالب أشرطة أخرى موجبة كما تطبع الصورة من اللوح على الورقة الضوئية ، وتثبت عليه كما تثبت عليها خطوة بخطوة . فإذا أخذ هذا الشريط الموجب وعُرض بواسطة آلة تحركه جزءا جزءا أمام ضوء قوى محصور فإن الضوء ينفذ من الشريط على درجات من الشدة تناسب نصيب أجزاء الشريط وصوره من الشفافية . فإذا وقع هذا الضوء النافذ على سطح مستو أبيض انطرح لكل صورة في الشريط صورة تماثلها على السطح . ولما كانت كل حركة من حركات الجسم المصوّر تمثلها في الشريط عدة صور كل صورة منها تمثل الجسم في وضع أثناء الحركة ، فإن الصور المطروحة إذا تتابعت أمام البصر بسرعة مناسبة



مثلت الجسم الأصلي في حركاته ، فبدأ خياله من حيث الحركة كما كان يبدو الجسم المتحرك للإنسان لو أنه رآه .

تلك بعض استخدامات الإنسان للفعل الكيمياوى للضوء ، لكن أكبر فعل كيمياوى للضوء فيما يعلم الإنسان هو أثره في حياة النبات المعروف بالتمثيل الكوروفلى أو التمثيل الخضرى كما ينبغي أن يسمى :

التمثيل الخضرى : لقد عرفت قبل أن النبات يتغذى بمواد بسيطة من الهواء ومن الأرض ، فمن الهواء يأخذ الأكسيجين وثانى أكسيد الكربون وأحياناً الأزوت ، ومن الأرض يأخذ الماء وبعض الأملاح خصوصاً الأزوتات . وخلقاً النبات كلها دخل طبعاً في كل هذا لكن محور هذا التغذى ، وهو تمثيل ثانى أكسيد الكربون ، لا يحدث إلا في الأجزاء الخضراء من النبات سواء كانت الخضرة في الساق أو الفروع أو الأوراق . لكن ما يحدث في غير الأوراق ضئيل بالنسبة لما يحدث في الأوراق لكثرتها ورقتها واتساع سطحها ، وإذن فمن الممكن أن يقال إن حياة النبات وحياة الحيوان المرتبطة بحياة النبات متوقفة كلها على تمثيل ثانى أكسيد الكربون في الأوراق الخضراء .

إن النبات يبدأ حياته في الغالب بذرة أو نواة توضع في الأرض وتسقى بالماء فتنبت أى تنفلق ويخرج منها جذير يمتد إلى أسفل وسويق يمتد إلى أعلى تنشق عنه الأرض حاملاً وريقتين خضراوين . هذا هو الدور الأول من حياة النبات ويصح أن يسمى بدور الإنبات : لا تأخذ فيه الحبة أو النواة من الخارج إلا الماء والأكسيجين ، أما ما عدا ذلك من الغذاء اللازم لتكوين الجذير والسويق والورقتين فيستمد مما أودع الله الحب والنوى من مواد عضوية كالنشا قدرها الله بحيث تكفى لتكوين تلك الأعضاء . وعلى الجذير والورقتين يتوقف



تغذى النبات بعد ذلك ، فالجذير يمتص الماء وما فيه من أملاح ذائبة من الأرض ، والوريقات الخضراء تعمل عملين :

**الأول :** تمتص الأكسيجين من الهواء لإحراق الغذاء داخل خلايا النبات حرقاً بطيئاً ، وتطرد أكثر فضلات التغذية من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء . هذه العملية عملية تنفسية وتجرى ليلاً ونهاراً ، وهى وإن كانت غير مقصورة على الورق إلا أنها فى الورق أفعل وأكثر .

**الثانى :** تمتص ثانى أكسيد الكربون من الهواء فيتغير داخلها تغيراً كيميائياً باتحاده مع الماء بواسطة الخضر اتحاداً ينشأ عنه من ناحية مواد غذائية للنبات ، مثل السكريات والنشا ، تدور بصورة ما فى العصارة النباتية على الخلايا لتمثلها مع ما يكون فى العصارة من أملاح ؛ وينشأ عنها من ناحية أخرى أكسيجين بقدر ما كان فى ثانى أكسيد الكربون ، وهذا هو المقصود من قولهم إن النبات فى التمثيل الخضرى يحلل ثانى أكسيد الكربون فيأخذ الكربون ويطرد الأكسيجين . الواقع أنه لا يخلله ابتداء ولكن يركبه مع الماء تركيباً تنتج عنه مواد عضوية وأكسيجين بقدر ما كان فى ثانى أكسيد الكربون . وهذا هو التمثيل الخضرى .

فمن هذا ترى أن جميع النباتات من شجر وزرع بعد دور الإنبات إنما يحتاجها الله من بين الوريقات الخضراء والجذير : **الجذير يمتص** الماء والأملاح والوريقات **تمتص** الأكسيجين وثانى أكسيد الكربون وترفعهم ذلك كله ، أى تحوله إلى مواد معقدة نسبياً إلا أنها صالحة لتمثيل خلايا النبات إياها وتحويها إلى الأجزاء النباتية التى يقتضيها نمو الجذير إلى جذر ، والسويق إلى ساق ، والوريقات إلى أوراق كثيرة ، ثم إذا جاء دور الإثمار إلى أزهار وحب وثمار .

لكن هذا التركيب والنمو والبناء عمل عظيم لا بد لإتمامه من طاقة ، فمن أين



يأتى النبات بالطاقة اللازمة ؟ هو لا يأخذها من الغذاء كما يفعل الحيوان ولكن الله سبحانه يرسلها له مسخرة فى ضوء الشمس : يقع الضوء على المادة الخضراء فتمتص بعضه تستعين بطاقته على تمثيل ثانى أكسيد الكربون والماء ، أى أنها تحول ما تمتصه إلى طاقة كيميائية كامنة فى نواتج التمثيل الخضرى التى يتغذى بها النبات بعد كما يتغذى الحيوان بنواتج هضم طعامه . لذلك كان التمثيل الخضرى لا يجرى إلا نهاراً فى حين أن التنفس يجرى نهاراً وليلاً ، وكان التمثيل الخضرى أقوى كثيراً فى الشمس منه فى الظل . على أن للتمثيل الخضرى فى الضوء حد أقصى يقف عنده قلما يبالغه النبات ولو فى الشمس لأنه متوقف أيضاً على مقدار ثانى أكسيد الكربون فى الهواء ، وهذا بالطبع ينقص بالتمثيل . فالتمثيل الخضرى يتوقف بعد المادة الخضراء على ثلاثة أشياء : الضوء من ناحية ، وثانى أكسيد الكربون والماء من ناحية أخرى .

١ — الضوء : وأنت من غير شك تنتظر أن يكون أفعال أجزاء الضوء فى التمثيل الخضرى هو البنفسجى وما فوقه ، لكن الأشعة البنفسجية وما فوقها ، التى هى أفعال أجزاء الضوء فى التصوير الشمسى وفى قتل الجراثيم ومسح الأصباغ ، ليس لها فى التمثيل الخضرى إلا نصيب ضئيل . أما أفعال أجزاء الضوء فى التمثيل الخضرى فهو الضوء الأصفر .

٢ — ثانى أكسيد الكربون : ونسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء ضئيلة متغيرة حسب الأمكنة والفصول . فقريباً من وجه الأرض مثلاً تبلغ نسبته بالحجم ١٢ إلى ١٣ فى كل ١٠٠٠٠ ، وفى يولييه مثلاً تبلغ نسبته ٢,٧ إلى ٢,٩ ، وفى الشتاء ٣ إلى ٣,٦ فى كل ١٠٠٠٠ ؛ والنسبة طبعاً تزداد حيث يكثر الاحتراق أو التعتن والتخمير ، لكن الرياح وانتشار الغازات كفيلان بمزج الهواء وتوزيع أجزائه على السواء . ومتوسط نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء هى بالحجم نحو



٣,٣ إلى ٣,٥ في كل ١٠٠٠٠ حجم من الهواء . هذه نسبة ضئيلة لكنها تقابل في مجموع الهواء الجوي مقداراً هائلاً من ثاني أكسيد الكربون قدره بنحو ٢١٠٠ بليون كيلو جرام تحتوى على نحو ٥٦٠ بليون كيلو من الكربون كلها مسخرة للنبات بالعوامل الدائمة على نشر الغاز في الهواء .

على أن هذا المقدار الهائل لا يكفي حياة النباتات الأرضية إلا نحو ثلاثين عاماً . إن سرعة التمثيل الخضرى تختلف طبعاً باختلاف النبات واختلاف الظروف ، لكنهم قدروا أن المتر المربع من الورق الأخضر في الظروف المسعدة يُنتج بالتمثيل الخضرى من نصف جرام إلى جرام من المواد العضوية الجافة في الساعة . فتصور المساحات الهائلة للورق الأخضر في أشجار الأرض وزروعها ، وساعات عملها في فصول نشاطها في العام ، تدرك هول مقدار المواد العضوية التي يخلقها الله بالتمثيل الخضرى في درجة الحرارة العادية كل عام . صحيح أن هذه المواد داخل في عناصرها الأكسيجين والإدروجين وما إليهما بجانب الكربون ، لكن مقدار الكربون اللازم لهذا الحصول قد قدره بنحو ١٤ إلى ٢٢ بليون كيلو جرام آتية من نحو ٥٠ إلى ٨٠ بليون كيلو من ثاني أكسيد الكربون . فلو لم يتجدد ثاني أكسيد الكربون في الهواء بعمليات التنفس والتعفن والاحتراق لوقفت حياة النبات في نحو ثلث قرن ، ووقفت بوقوفها كل حياة .

فانظر إلى عجب صنع الله كيف جعل الموت ضرورياً للحياة ، وكيف خلق الحياة من نواتج التعفن والتحلل بعد الموت . إن الله يخلق الأحياء من عناصر قليلة لكن هذه العناصر محدودة المقدار في الأرض ، يكفي أن يستنفد عنصر واحد منها في جيل أو أجيال قليلة لتقف الحياة قاطبة على وجه الأرض . فلم يكن بد لوجود مطلق الحياة على سطح الأرض من تعاقب الحياة والموت جيلاً بعد جيل في النبات والحيوان ، لتتجدد بموت جميل المادة التي يخلق الله منها الجيل الذي



بعده . **فأوكسجين** يستنفده الأحياء من الهواء ، فإذا ماتوا وتحولوا بالتعفن إلى ثانى أكسيد الكربون رده الله إلى الهواء مرة أخرى بفعل التمثيل الخضرى . **والسكر بوزنه** يستنفده النبات من ثانى أكسيد من الجو ، ويتغذى الحيوان بالنبات ، ثم يموت النبات فيحرق أو يتعفن ويتحول إلى ثانى أكسيد الكربون فيما يتحول إليه ؛ ويموت الحيوان فيدفن ويتعفن ويتحول إلى ثانى أكسيد الكربون فيما يتحول إليه ؛ ويصعد ثانى أكسيد الكربون فى الحالين إلى الجو فيتغذى به النبات مرة أخرى بواسطة التمثيل الخضرى ، وهكذا دواليك . **والأزوت** يأخذه النبات من أزوتات الأرض وأحياناً من أزوت الجو فيحوّله إلى جزء منه ؛ ويتغذى الحيوان بالنبات ، وتحلل فضلاتهما وأجسامهما فى الأرض بعد الموت وتحول إلى رماد أو تراب أو أزوت يصعد فى الجو ، وفى الحالين يتغذى النبات بأزوت التراب أو الجو مرة أخرى ، وهكذا دواليك . طبعاً هذه الدورات دائمة متدرجة لا يحس الجيل الحى فيها بفتور أو انقطاع لدوام تجدد كل عنصر من تلك العناصر : كلما استنفد منه جزء فى حلقة من حلقات الدورة تجدد بدله جزء فى حلقة أخرى . وقد وازن الله سبحانه بين قوى الاستهلاك وقوى التجديد حتى ليبدو كل عنصر أنه ثابت المقدار ، وهذا هو سر خفاء تلك الدورات عن ملاحظة الإنسان فلم ينتبه إليها ولم يفقه ما فقّه منها إلا بعد أن أوقى حظاً من العلم فى هذا العصر الحديث .

تلك أمثلة من دورة المادة فى حياة النبات والحيوان ، أو بين الحياة والموت . وللتمثيل الخضرى أثر عظيم فيها . أما الطاقة التى تقوم عليها حياة الكائن الحى كما تقوم على المادة فليس لها دورة ، أو ليس يعرف الإنسان لها دورة . إنما الطاقة على سطح الأرض مستمدة كلها من الشمس ، وللتمثيل الخضرى فى ذلك أعظم الأثر . إن الإنسان والحيوان ينتفع طبعاً بما يصله من



حرارة الشمس وضوئها المباشر ، وكذلك النبات ينتفع باعتدال حرارة الجو حوله ، لكن هذا على عظمه لا يكاد يذكر بجانب انتفاع النبات بما يمتص ويخزنه من ضوء الشمس ، أو بجانب انتفاع الحيوان بالطاقة المخزونة في النبات . فالطاقة التي يخزنها النبات من الشمس هي جزء من صميم كيانه كالمادة التي يأخذها من الهواء أو من الأرض . والإنسان والحيوان يستمد مادته وطاقته من النبات ، فهو حين يتغذى بالنبات ليس يأخذ مادة للنمو فقط ولكن يأخذ طاقة للعمل . وكل طاقة له خارجية مردها في النهاية إلى النبات ، ومصدرها الأول هو الشمس . فالنار التي يستدق بها الإنسان أو التي يستوقدها في قطاراته أو سفنه البخارية أو آلاته الصناعية كلها نباتي الأصل ، سواء أكانت نار خشب أم نار فحم أم نار زيت أم نار كحول أم نار بنزين ، حتى نار البترول الذي يختلفون في مصدره أحيوانى هو أم نباتى أم معدنى مردها أيضاً إلى النبات في النهاية .

فعلى النبات مدار حياة الحيوان وحياة الإنسان ، لا من حيث المادة فحسب ولكن من حيث الطاقة التي هي بالفعل وبالحرف أهم من المادة . ومدار النبات في مادته وطاقته على التمثيل الخضرى المتوقف على الضوء من ناحية ، وعلى نواتج التحلل والتعفن والاحتراق من ناحية أخرى .

بعض الآيات القرآنية المنصلة بهذا الموضوع : وأظنك قياساً على

ما ذكرنا لك من الآيات القرآنية الواردة في مواضيع أخرى تنتظر أن تكون الآيات الواردة في هذا الموضوع كثيرة . وإنها كذلك بالفعل : بعضها مجمل وبعضها أكثر تفصيلاً ، وكلها تتعلق بحياة النبات وحياة الحيوان والتدليل ببعضهما على قدرة الله سبحانه وعظمته ووحدانيته . وإنك تستطيع في نور ما قدمنا لك أن تفهم من معنى تلك الآيات ما لم تكن لتستطيع أن تفهمه من قبل . تستطيع في نور ما ذكرناه لك عن الإنبات أن تكون أفهم لمعنى قوله تعالى : ( ألم تر أن



الله أنزل من السماء ماء فتصبح الأرض مخضرة ؟ إن الله لطيف خبير ) ؛ وفي نور ما ذكرناه عن تعلق حياة الإنسان بحياة النبات أن تكون أفهم لمعنى قوله تعالى : ( والله أنبتكم من الأرض نباتاً ، ثم يعيدكم فيها ويخرجكم إخراجاً ) ؛ وفي نور ما ذكرناه لك عن حياة النبات وطاقة الحيوان أن تكون أفهم لمعنى قوله تعالى : ( أفرايتم النار التي تورؤون ؟ أنتم أنشأتم شجرتها أم نحن المنشئون ؟ نحن جعلناها تذكرة ومتاعاً للمُقوين . فسبح باسم ربك العظيم ) . لكننا نريد مع ذلك ألا نترك هذا الباب حتى ننظر معك في آيتين اثنتين لن نجد صعوبة في فهم إشارتهما الواضحة إذا استحضرت ما قدمنا لك من الحقائق : الأولى آية الأنعام والثانية آية يس . كلتا الآيتين تنبه إلى أثر التمثيل الخضرى في الحياة إلا أن آية يس تؤكد فيه ناحية الطاقة وآية الأنعام تؤكد فيه ناحية النمو .

أما آية يس : ( الذى جعل لكم من الشجر الأخضر ناراً فإذا أنتم توقدون ) فمفتاح معناها وصف الشجر بالأخضر وترتيب النار على خضرة الشجر . ومن يعرف أثر الخضرة في نمو الشجر ، وفي بناء كيانه الخشبى على الأخضر ، وفي اختزان ما فى ذلك السكبان من طاقة تبدو ناراً عند الاستيقاد ، لا يجد صعوبة فى إدراك سر ترتيب النار على الخضرة ، أو فى تبين عظمة الآية و بلاغتها وإعجازها . ومن لم يعرف هذا تحير أمام هذا الترتيب الغريب ، وراح يتلمس للآية توجيهاً فيذهب بها فى غير وجهها ، كما فعل من تلمس تفسير الآية فى سهولة انتقاد المرخ والغفار . على أن هناك قرينة قرآنية قوية تعين أن تفهم الآية الكريمة على هذا الوجه الذى ذكرناه ، ألا وهى قرينة السياق . إن تلك الآية الكريمة إنما سبقت رداً على منكر البعث بعث الإنسان بعد أن يصير عظماً رمياً : ( وضرب لنا مثلاً ونسي خلقه ؛ قال من يحيى العظام وهى رميم ؟ قل يحييها الذى أنشأها أول مرة وهو بكل خلقٍ عليم . الذى جعل لكم من الشجر الأخضر ناراً فإذا أنتم منه



توقدون) . فلا بد أن يكون هناك صلة بين معناها وبين مسألة البعث ، كما لا بد أن يكون هناك حجة فيها على منكرى البعث . أما الصلة فظاهرة من أن الآية متصل موضوعها اتصالاً وثيقاً بحياة النبات وإنشائه حياً نامياً قوياً بعد أن كان بذرة أو نواة لا نماء بها ولا حياة ، وترداد الصلة بأمر البعث وضوحاً بأتراح الحجة التي في الآية على منكر البعث ، والتي تقوم على أن جميع نماء الشجر ومادته وطاقته بعد خروج أول وريقتين خضراوين من البذرة أو النواة إنما هو آت من مواد أولية هي نواتج تعفن الشجر بعد موته أو احتراقه ، أى من مواد تشبه من كل الوجوه ذلك العظم الرميم الذى استبعد المنكر الجاحد أن يحيمه الله مرة أخرى . بل إن ذلك المنكر لم يشر إلا إلى جزء من نواتج التعفن تعفن الإنسان أو الحيوان ، ألا وهو العظم الرميم ، فى حين أن هناك كما عرفت نواتج أخرى للتعفن غير العظم مثل ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء جهلها ذلك المنكر فلم تخطر له على بال . أما الآية الكريمة فقد أشارت إشارة واضحة يفهمها العالمون إلى ظاهرة تشبه ظاهرة البعث تمام الشبه لأنها بالفعل ظاهرة بعث للنبات بعد أن صار بالتعفن أو الاحتراق بخار ماء وثانى أكسيد كربون ورماداً أو أملاحاً فى الحقيقة التى تقابل العظم الرميم الذى ذكره الجاحد . فكأن الآية الكريمة تقول لذلك المنكر إن الذى يبعث الشجرة بعد أن فنيت ، ويخلقها مرة أخرى بواسطة المادة الخضراء من نواتج تعفنها أو احتراقها ، قادر على أن يبعث الإنسان بعد موته ويخلقها مرة أخرى من نواتج تعفنه وتحوله إلى عظم رميم وغير عظم رميم . إلا أنه لما لم يكن مأموناً على العقل حين نزلت الآية التصريح بهذه المعانى اكتفى فى الآية الكريمة بإيداعها مفاتيح إلى هذه المعانى لينتفع بها الإنسان إذا اتسع علمه ، ألا وهى وصف الشجر بالخضرة عند جعله أصلاً للنار ، مع السياق .

على أنه إذا كانت آية يس قد عبرت عن خلق الشجر من الخضرة بلازمه



وهو خلق النار من الخضره فإن ما أشارت إليه آية يس قد صرحت به آية الأنعام :  
( وهو الذى أنزل من السماء ماء فأخرجنا به نبات كل شىء فأخرجنا منه خضرًا  
نخرج منه حبا متراكبًا ) فإن هذه الآية الكريمة إذا أخذت حرفيا قد صرحت  
بما ألمنا به من حياة النبات فى التفسير السابق . فهناك دور الإنبات بالماء ينتهى  
بمخرج الوريقات الخضراء . وكلمة نبات فى الآية يصح أن تكون أيضاً اسم مصدر  
بمعنى الإنبات . فالماء ينبت الله به كل بذر وكل نوى ، ومن ناتج هذا الإنبات  
يخرج الله الخضر ، ومن هذا الخضر يخرج الله الحب المتراكب الذى هو ثمرة  
النبات ، وإذن فالله يخرج أيضاً من الخضر ما بين الخضر والحب من ساق وفروع  
وأوراق وأزهار .

على أن بقية آية الأنعام صريحة أيضاً فى أن ما يخرجها الله سبحانه من الخضر  
ليس مقصوراً على الزرع ذى الحب ولكن يتناول أيضاً الأعناب والزيتون  
والرمان وأشباهاها من النباتات طبعاً : ( ومن النخل من طلعها قنوان دانية ، وجنات  
من أعناب ، والزيتون والرمان مشتبهاً وغير متشابه ، انظروا إلى ثمره إذا أثمر وينعه ،  
إن فى ذلكم لآيات لقوم يؤمنون ) . فهذه كلها يخرجها الله سبحانه خشباً وثمرًا من  
المادة الخضراء ، وقد بين العلم كيفية هذا الإخراج وأنه يكون بواسطة الضوء  
من نواتج تحلل النبات وتعفنه . فالآيتان الكریمتان تتناولان ظاهرة حياة النبات  
من وجهيهما المهمين ، غير أن آية الأنعام أكثر تفصيلاً وفيها من الله على الإنسان  
بالحب والثر ، وفى آية يس من عليه بالنار الناتجة طبعاً من احتراق الخشب .  
وبعبارة أخرى نهت آية يس إلى الطاقة التى يخرنها الله للإنسان بالمادة الخضراء  
فى الخشب الذى هو أكثر مادة الشجر ، أما آية الأنعام فنهته إلى خلق الثمر  
الذى منه غذاء الإنسان وكل ما يستمد منه الغذاء من مادة وطاقة لولاهما  
ما استطاع أن يعمل وما استطاع أن يعيش . فالشجر كله خشبه وثمره ، والزرع كله



ورقه ووجهه ، يخلقه الله سبحانه مرة بعد أخرى من نفس المواد التي خلق منها أولاً والتي إليها يعود . بل الإنسان والحيوان يخلقهما الله سبحانه مرة بعد أخرى في هذه الحياة من نفس المواد التي خلَقَ منها والتي إليها يعودان بعد الموت ، وكل الفرق بين الخلقين أن النبات يُخلَقُ من تلك المواد مباشرة ، وهذا هو الحكمة في إقامة الحجة به ، وأما الحيوان والإنسان فيخلقان منها بواسطة النبات . فالقرآن ينبه مستبعد البعث إلى البعث الذي يجري بين يديه وأمام عينيه . صحيح أن البعث الجاري أمام الإنسان هو بعث النوع فيما يتعلق بالإنسان ، لكنه فيما يتعلق بالنبات بل وبغير الإنسان من الحيوان أقرب ما يكون إلى بعث الفرد ، إذ ليس للفرد النباتي أو الحيواني شخصية مستقلة متميزة كما للفرد الإنساني . ولعل هذا حكمة أخرى في إقامة الحجة على منكر البعث بلفت نظره إلى بعث النبات . ومهما يكن الأمر في هذا فإن في بعث الأنواع الجاري حول الإنسان ما يكفي لإلزام منكري البعث ، لأن موضع الإنكار من هؤلاء ليس هو بعث الفرد أو بعث النوع ، ولكن هو مطلق البعث ، هو إمكان خلق الحى من الميت وتحويل نواتج تعفن الميت إلى حى . فأراهم الله في القرآن أن هذا ليس ممكناً فقط بل هو الحقيقة الواقعة التي تقوم عليها الحياة وتدور .



# الدليل الهجائي للكتاب

(الرقعة أسماء أعلام)

( ١ )

الأثير ٢٥، ١٣٦، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٠٨

الاتحاد ٧٩

الاجتهاد العلمى والدينى ٢٢

الاحتراق ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٣

الأحماض والقواعد ٩٣

الاختبار العلمى ١٧

أرشيميدس : ٥٤

الأسماء الكيمياوية ٩٩

الإشعاع ١٣٦، ١٣٨، ١٣٩

الإشعاعية ١١٣، ١١٤، ١١٥

الأشعة الإبصارية وغيرها ١٩٨

» تحت الحمراء ١٩٩

» فوق البنفسجية ٢٠٠

أطراف الفطرة ٩

الألوان ١٩٢ : الأولية ١٩٤ : الفرق بينها

١٩٥ : المتتامة ١٩٤

امتصاص الحرارة ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠

امتصاص الضوء ١٣٨ الخ، ١٩٢ الخ

الإنبات ٢١٣

انتقال الحرارة ١٣١

الانعكاس : فى الحرارة ١٣٦ ؛ فى الضوء

١٩، ١٧٧ ؛ السكلى ١٧٨، ١٨٢

الانكسار : فى الحرارة ١٣٧، ٢٠٠ ؛

فى الضوء ١٩، ١٧٩ ؛ أمثله ١٨٣ ؛

الفلكى ١٨٤ ؛ معاملته ١٨١

أنواع المادة ٨٦

ايتكن : ١٤٨، ١٤٩

الأيون الهوائى ١٥٥، ١٥٦

( ب )

بخار الماء فى الهواء ١٤٥ ؛ ضغطه ١٤٥

البرد ١٥٠، ١٦٠

البرق ١٥٩، ٢٠٥

البرودة ٦٧، ٦٨، ٦٩

البعث والتمثيل الخضرى ٢٢٠

بكتيه ٧٠٠

بكرل : ١١٣

( ت )

تأين الهواء ١٥٤

تأينين » ١٥٥

تبخر السوائل ٦٣

تبخير الجوامد والسوائل ٦١



التمثيل الخضرى ٢١٣؛ والبث ٢٢٠؛

تمدد الأجسام ١٣٩؛ الماء ١٢٩، ١٤٣،

شمال : ١٣٩، ١٤٠، ١٩٣، ٢٠٠،

تنفس النبات ٢١٤

توافق الحقائق ٩

التوصيل ١٣١

(ث)

ثانى أكسيد الكربون ٨١، ٨٤،

٢١٦، ٨٥

الثقل النوعى ٤١

التأرجح ١٥٠، ١٦٠؛ صغره ٧٣

(ج)

الجازية ٢٦؛ قانونها ٢٨؛ أهميتها فى

الكون ٢٩ — ٣١؛ والسحاب ١٥٧

والقرآن ٣٠، ٣١ — ٣٣

الجيال ١٥٢، ١٥٤، ١٥٧،

جدول درجات الغليان والتجمد ٧١؛ القيم

الاقلاقية ٦٧؛ معاملات الانكسار ١٨١؛

أطوال الموجات ٢٠٢

جزئى ٩٨، ١٠٩، ١١٠؛ حركته فى

المادة ٥١، ٥٨، ٦٠،

الجليد ١٤٧

الجمد ١٥٠، صغره ٧٣، كشافه ١٤٣

المجمدة ٥٠

الجوامد والموائع، الفروق بينها ٥١؛ الخ؛

مساميتها ٤٨، ٤٩،

تبريد الهواء ١٥٢

التبريد : وسائله ٦٧

التجميد ٦٣

تحت الحمراء : الأشعة ١٩٩

تحضير الأكسجين من الهواء ٧٤

التحميض والتثبيت ٢١١

تداخل : الموج ٢٠٦؛ الضوء ٢٠٦

تردد الضوء ١٩٥

الترمومترا ١٢١ — ١٢٥

التسييح ٦٠

التسييل ٦٣؛ بالضغط ٦٥

تسييل الغازات ٦٥ — ٧١

تشبع الهواء ١٤٦، ١٥١،

التشتيت ١٧٩، ١٨٩، ١٩٧، ١٩٨،

التصوير الشمسى ٢١٠

التعفن ٨٣

التغذى ٨٤

تغير الحالة ٦٠

تغـيرات المادة ٧٦؛ الطبيعية ٧٧؛

الكيمياءية ٧٨

التفاعل الكيمياءى ٩٨

التفريق الضوئى ١٨٩

تكاثف البخار ٦٤

تلازم المادة والطاقة ٢٤

التلمس العلمى ١٦



( ح )

الحجم ٣٨

الحرارة ١٢٠، الإشعاعية ١٣٦، ١٣٧

١٤٠؛ درجة ١٢٠، ١٢٦؛ الساقطة

على جسم ١٣٨؛ الكامنة ١١٨؛

الكامنة للتجمد والسيجان ١٤١؛

مقدار ١٢٦

الحرارة النوعية ١٢٧؛ الماء ١٢٨، ١٢٩

حرارة الماء ١٤١

حفظ الأطعمة ٧٤؛ الغازات السائلة ٧١

حمرة الشفق ١٩٦؛ حمرة الشمس ١٩٧

الحمل ١٣٤

( خ )

الخضري: التمثيل ٢١٣ الخ

خفاء الضوء ١٧٣

خواص الأشياء في درجات الحرارة

المنخفضة ٧٥

الخيالة ٢١٢

( د )

درجة الالتهاب ١٣٤؛ الانصهار ٦١؛

التجمد ٧١

الدرجة الانقلاية ٦٥

درجة الحرارة ١٢٠، ١٣٦؛ قياسها

١٢١، المنخفضة ٧٥

درجة الغليان ٦١، ٦٢، ٧١

دورة: الأكسجين ٢١٧؛ الأزوت

٢١٧؛ الكربون ٨٥، ٢١٧؛ الماء

١٧١

دلتون: ١٠٩، ١١٠، ١١١، ١١٢

ديطرت: ٢٠٣

الدين والعلم ٣، ١١٦

ديبور: ٧٠، ٧١، ٧٢

( ذ )

ذرة ٩٨، ١٠٢، ١٠٩، ١١٢، ١١٣

الذري: الوزن ١١١، ١١٢

الذوبان ٧٧؛ ذوبان الجوامد ٦٢

( ر )

الريوم ١١٣، ١١٤

الرطوبة المطلقة ١٤٧؛ النسبية ١٤٧، ١٥١

الرعد ١٥٩، ٢٠٥

الرفع ٥٤

رور: ترمومتر ١٢٣؛ الفلكي ٢٠٣

الرياح ١٥٣، ١٥٧، ١٥٨

( ز )

زاوية: الانعكاس ١٩، ١٧٧؛ الانقلاب

أو الزاوية المخرجة ١٨٣؛ الانكسار

٢٠، ١٨٠



زرققة السماء ١٩٨

(س)

استوكس : ٢٠١

السحاب ١١٨، ١٥٠، ١٥١، ١٥٧؛

ألوانه ١٩٦

السراب ١٨٦

سرعة الصوت ٢٠٥؛ الضوء ٢٠٣

السعر ١٢٨

السفر ١٨٥

السنا ٢١٢

سنن الله الكونية ١ الح

السوائل : والجوامد ٥١، ٥٠؛

والغازات ٥٨؛ تبخر ٦٣

(ش)

شذوذ الماء ١٢٨، ١٤٢، ١٤٣

الشعاع : الأتني ١١٣؛ البائي ١١٤؛

الجيبي ١١٤

الشعاع، العناصر ١١٣

الشفاف ١٧٤

الشفافية للحرارة والضوء ١٣٧

الشفق الأحمر ١٩٦

(ص)

صارفة الصواعق ١٦٣

الصاعقة ١٦٢

الصدأ ٧٨

الضفر ٦٣، ١٢٣؛ المطلق ٦٨، ١٢٦

الصقيع ١٤٧

الصوت ٢٥، ٢٠٥، ٢٠٧

الصورة السالبة ٢١١؛ الموجبة ٢١٢

(ض)

الضباب ١٤٨

الضغط الانقلابي ٦٦

» الجوى ١٥٢، والغليان ٦٢

الضوء ١٨، ٢٥، ٧٨، ١٧٢؛

استقامة مساره ١٧٣؛ انعكاسه ١٧٧

انكساره ١٧٩؛ خفاؤه ١٧٣ سرعته

٢٠٣

ضوء الشمس ١٨٧؛ تركيبه ١٨٧،

تفريقه ١٨٨، ١٨٩؛ والتمثيل ٢١٥

طبيعته ١٨، ٢١، ٢٠٥؛ طيفه

١٨٩، ١٩٨ — ٢٠١

(ط)

الطاقة ٢٣؛ تلازمها والمادة ٢٤؛ الظاهرة

والكامنة ١١٧؛ في المركب ١٠٣،

١٠٦؛ في النشخر ٦٣؛ في التفاعل

الكيميائي ٩٨، ١٠٣؛ في التمثيل

٢١٥؛ في النوبان ٦٢؛ في العناصر

الشعاع ١١٣، ١١٤؛ مصدرها

٢١٧، ٢١٨



الغازات السائلة ، حفظها ٧١ ؛ فوائدها

٧٢

الغازات الهامدة ٩٠

غازى الرديوم ١١٤

الغبار : عدده ١٤٨ ؛ والتكاثف ١٤٩

( ف )

فارنهایت : ترمومتر ١٢٣

الفرق بين الجامد والمائع ٥١ ؛ بين

السائل والغاز ٥٨

الفرق بين المركب والمخلوط ١٠٦

الفسفرة ٢٠٢

الفعل الكيميائى للضوء ٢٠٩

الفلزات واللافلزات ٩١ ، ٩٢

الفلورة ٢٠٢

فوق البنفسجية ، الأشعة ٢٠٠

فوكرو ٢١ ، ٢٠٥

فيزر : ٢٠٥

( ق )

قاعدة أرشميدس ٥٤

قانون : الأجسام الطافية ٥٤ ؛ الانعكاس

١٩ ، ١٧٧ ؛ الانكسار ١٩ ، ١٧٩ ؛

تفاوت الطاقة بالتفاعل ١٠٣ ؛ ثبوت

المادة ١٠٣ ، ١١٦ ؛ ثبوت الوزن

١٠٢ ؛ الجاذبية ٢٨ ؛ الحركة ٤٧ ؛

عدم تجدد المادة ١٠٣ ، ١١٦ ؛ النسب

الثابتة أو التركيب الثابت ١٦ ، ١١١ ؛

النسب المتضاعفة ١١١

الطاقة الكيميائية ١٠٣ ، ١١٧ ،

٢١٥ الخ

طريق اكتشاف قوانين الفطرة ١٦

الطريقة العلمية والقرآن ٥ الخ

طريقة التبريد ٦٧ ، ٧٠

الطفو ٥٤ ، ٥٥

طوائف العناصر ٩٥

طول الموجات ٢٠٢

الطيف ١٦٩ ، ١٩٨ — ٢٠١

( ظ )

الظلال ١٧٥

الظواهر الجوية والقرآن ١٦٣

» الكيميائية فى الحياة ٧٨ الخ

( ع )

العقل ، تحكيم ٨

العلم الطبيعى ١ الخ

» قرآنى : باسمه ٣ ؛ بموضوعه ٤ ؛

بطريقته ٥ الخ ؛ العلم قديماً وحديثاً ١٣

العنصر ٨٩

العناصر ٨٦ الخ ؛ السائلة والغازية ٨٩ ،

٩٠ ؛ الشعاع ١١٣ ؛ أصلها ١١٥ ؛

الفلزية واللافلزية ٩١ الخ ؛ طوائفها ٩٥

( غ )

الغازات والسوائل : الفروق بينها ٥٨ ؛

تسييلها ٦٣ ، ٦٥ الخ



أصلها ١٠٨ : أنواعها ٨٦ : تغيراتها  
٧٦  
المتنامة ، الألوان ١٩٤  
المخاليط ١٠٤ : المخلوط والمركب ١٠٦ ،  
١١٥  
المركبات ٩٧ : أقسامها ٩٩ : العضوية  
١٠١ : كثرتها مع قلة العناصر ١٠٢ :  
والمخاليط ١١٥  
المرونة ٤٢ : وسرعة الموجات ٢٠٧ :  
والأثير ٢٠٨  
مخرج الأضواء ومخرج الأصباغ ١٩٤  
المسافة والجاذبية ٢٧ : والوزن ٣٧  
المسامية ٤٧  
المشبع ، الهواء ١٤٦  
مصباح الأمن ١٣٣  
مصدر الطاقة ٢١٨  
المضيء والنير ١٧٣  
المطر ١٥ ، ١٥٦ ، ١٥٩ ، ١٦٧  
معامل الانكسار ١٨١  
المعقم ١٧٤  
مقاييس درجة الحرارة ١٢١  
مقدار الحرارة ١٢٦  
الموازين ٣٥  
الموجات المستعرضة والطولية ٢٠٧  
الموصلات ، الحرارية ١٣١ ، ١٣٢  
الموصلية ١٣٢

قوانين الفطرة ١٦ الح  
القرآن والتمثيل الخصري ٢١٨ - ٢٢٢  
القرآن والجاذبية ٣٠ - ٣٣  
« والظواهر الجوية ١٦٣ - ١٧١  
« والعلم ٣ - ١٣  
القصور الذاتي ٤٣  
القواعد والأحماس ٩٣ ، ٩٤  
قوس قزح ١٩٠  
القيم الانقلاية ٦٧  
(ك)  
الكتلة ٢٣ ، ٣٤ ، ١١٦  
الكثافة ٤٠ : الضوئية ١٩ ، ١٨٠  
كظف ، لورد ٢٠٨  
الكهرباء ٢٤ ، ٧٨ ، ٩٨ ، ١٠٣ ،  
١١٣ ، ١١٤ ، الجوية ١٥٤ —  
١٥٦ ، ١٥٨ — ١٦٣  
كهير ، كهرب ، الكترون ١١٤  
كورى ١١٣  
(ل)  
اللافلزات ٩٢  
لفوازييه ٨٢ ، ١٠٣  
اللوح الشمسي ٢١٠  
اللون ١٩٣ - ١٩٨  
(م)  
المادة ٢٣ : خواصها ٢٦ : أحوالها ٥٠



الموقع الظاهري للكواكب ١٨٤

(ن)

نار ٨٠، ٨١، ٢١٨ الخ

الندى ١٤٧، ١٩٠

النظر العلمي، أدواره ١٥ الخ

النظرية : الجسيمية الضوئية ١٨، ٢٠٥ ؛

الذرية ١٠٩، ١١٥ ؛ العلمية ١٧ ؛

الموجبة الضوئية ٢١، ٢٠٥

نظرية الفلوجستون ٨١

النويات ١٤٩، ١٥١، ١٥٤

نيوتن ١٨، ٢٦، ٤٧، ١٨٧، ١٨٨،

١٨٩

(هـ)

الهليوم ٥٨، ٧١، ٩٠، ٩٥، ١١٤

الهواء، مخلوط ١٠٥ ؛ بخار الماء في ١٤٥ ؛

تشبعه بالبخار ١٤٦، ١٥١ ؛ تأينه-

١٥٤ ؛ تأينه ١٥٥ ؛ تبريده ١٥٢ ؛

تسييله ٧٠، ٧١ ؛ ضغطه ١٥٢ ؛

الغبار فيه ١٤٩، كسره الضوء ١٨٣

— ١٨٦ ؛ المصنفي ١٤٩

هيفين ٢١

(و)

الوزن ٣٣ ؛ والكتلة ٣٤ ؛ النوعى ٤١

ولس ١٤٩، ١٥٤، ١٥٥

(ى)

اليورانيوم ١١٣ ؛ زجاج ٢٠٢

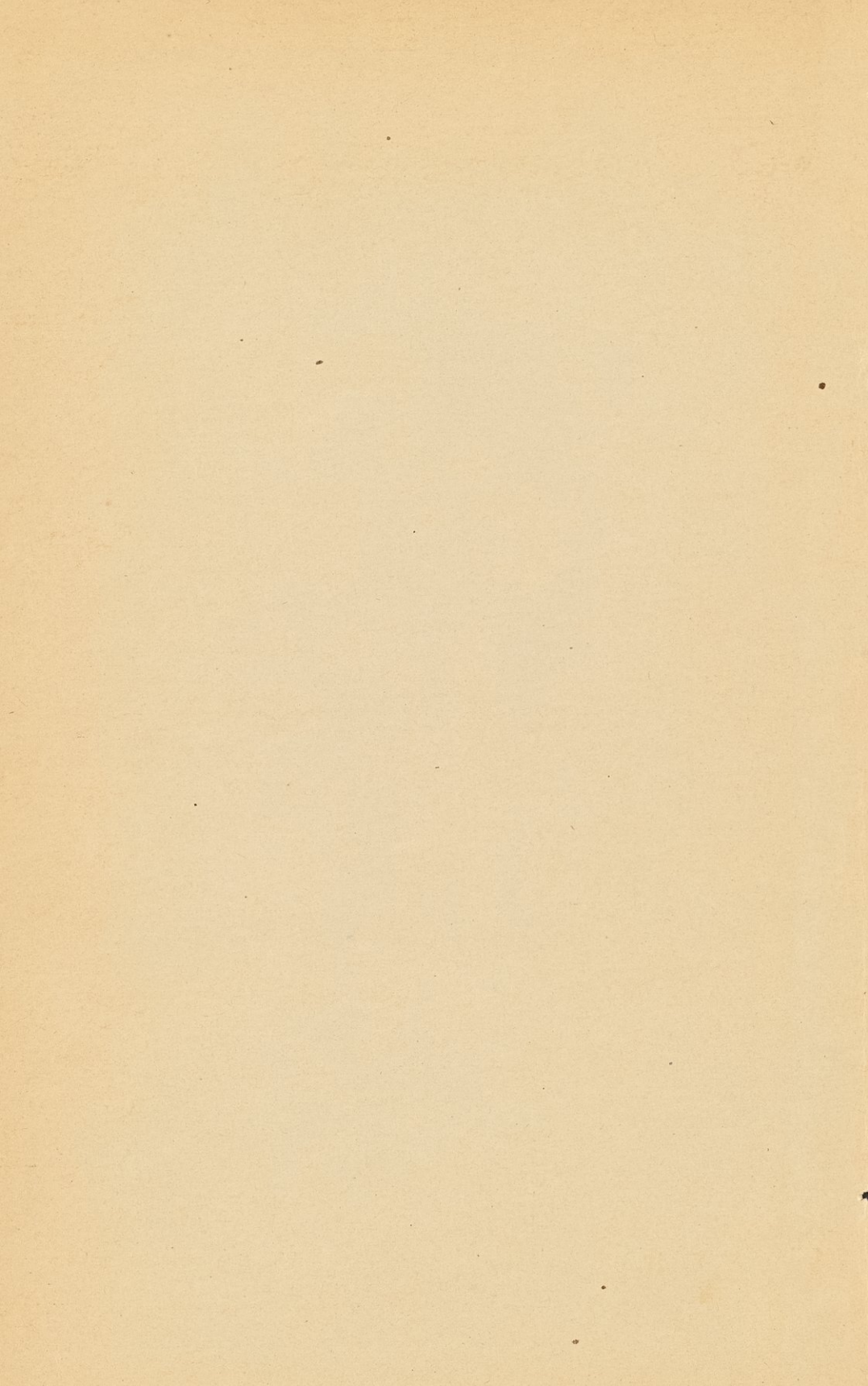
أخطاء فرطت في الكتاب

| ص  | سطر   | خطأ    | صواب   |
|----|-------|--------|--------|
| ٤٧ | ٩     | جزئيات | جزئيات |
| ٥٥ | ٢     | الرابع | الثالث |
| ٧٠ | ١٠    | ديوورز | ديوور  |
| ٧١ | ٣     | »      | »      |
| ٧٢ | ١١، ٢ | »      | »      |
| ٧٣ | ٤     | الثلج  | الجمد  |































LIBRARY  
OF  
PRINCETON UNIVERSITY



Princeton University Library



32101 073553537