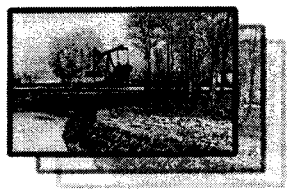


الفصل الرابع : استخـراج البترول

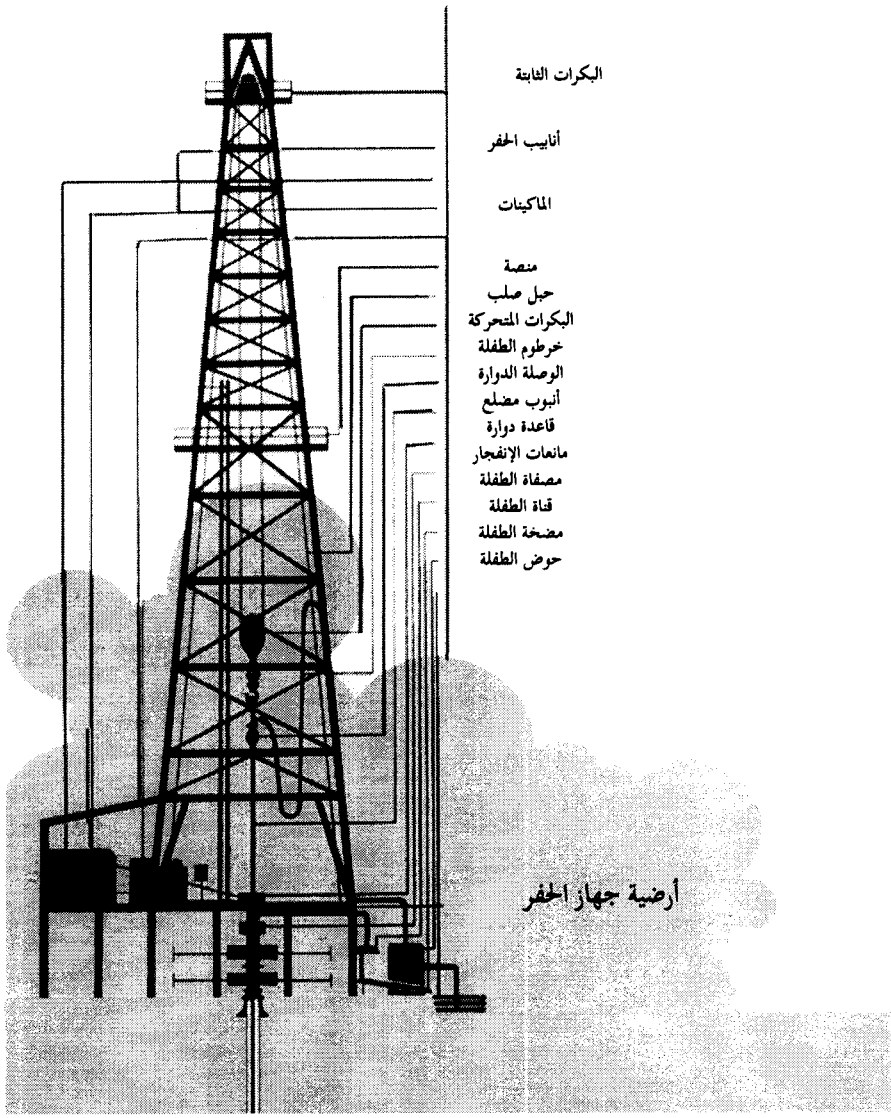
س٥٣ : مم يتكون جهاز الحفر الدوار ؟

لمعرفة ما إذا كان الجيولوجيون محقين فى افتراض وجود البترول أو الغاز فى الأعماق تحت موقع معين ليس هناك سوى وسيلة واحدة ، وهى أن نحفر بئرا فى هذا الموقع ، ولإجراء عملية الحفر **DRILLING** لابد أولا من استخراج التراخيص اللازمة من السلطات المحلية المسئولة ، ويتم تحديد الموقع بدقة ثم يصل جهاز الحفر **DRILLING RIG** إلى الموقع المختار ، وتتوقف المدة اللازمة للانتهاء من حفر بئر البترول على العمق المطلوب الوصول إليه وعلى طبيعة الصخور التى يتم الحفر خلالها فى هذه المنطقة ، كما تتوقف على كفاءة الآلات والأفراد القائمين بالعمل ، وتتراوح هذه المدة بين بضعة أسابيع إلى عدة شهور ، وإذا وصل عمق البئر إلى مداه المقرر دون العثور على النفط أو الغاز يقال أن هذه البئر جافة **DRY WELL** ، وتختلف تكلفة حفر بئر بترولية فى البر عنها فى البحر ، إذ تبلغ تكلفة حفر بئر بترولية بحرية حوالى خمسة أضعاف تكلفة حفر بئر على اليابسة .

وفى العادة فإن حفر آبار البترول يتم رأسيا من أعلى إلى أسفل ، ولكن هناك حالات قد تعوق الحفر رأسيا فيلجأ خبراء الحفر إلى الحفر المائل الموجه **DIRECTIONAL DRILLING** ، وتبدأ البئر رأسية فى جميع الحالات ثم يبدأ توجيه الميل عند نقطة محسوبة تحت الأرض للوصول إلى مكامن البترول .

ويبلغ ارتفاع برج جهاز الحفر أكثر من خمسين متراً ، ويحمل بين قاعدته وقمته عددا من الأدوات والماكينات ذات الأوزان الثقيلة يتحكم فيها ويديرها شخص ماهر يسمى الحفار **DRILLER** ، ويرأس الحفار فريقا من أربعة أفراد على الأقل هم الميكانيكى ومهمته صيانة وتشغيل الآلات ، وعامل المنصة العليا ومهمته توصيل أو فصل أنابيب الحفر من أعلاها بالبكرات المتحركة وعاملان

على الأرضية مهمتهما صف أنابيب الحفر على الأرضية ، ويقوم الفريق كله بالتعاون فى القيام بجميع الأعمال البدنية التى تتطلبها عملية تشغيل جهاز الحفر ، ويبلغ وزن مجموعة البكرات المتحركة **TRAVELLING BLOCK** حوالى خمسة أطنان ، تتحرك رأسيا وهى معلقة بحبل من الصلب المضفر ، الذى يمر حول مجموعة من البكرات الثابتة أعلى البرج **CROWN BLOCK** ، مشدودا عند أحد طرفيه إلى قاعدة البرج وعند طرفه الآخر حول بكرة تديرها ماكينات الجر، وتتعلق فى البكرات المتحركة بواسطة خطاف ضخم وصلة دوارة **SWIVEL** ، وتسمح هذه الوصلة بضخ سوائل الحفر **-DRILL ING MUD** (الطفلة) داخل أنبوب مضلع **KELLY** ، ويدور هذا الأنبوب المضلع حول نفسه ، ويتم تدويره بواسطة قاعدة دوارة **Rotary Table** على شكل قرص، تحيط بالأنبوب المضلع وتدور به وتستمد حركتها الدائرية من الماكينات الضخمة عند القاعدة ، وعند بدء الحفر يوصل بالطرف السفلى للأنبوب المضلع قاطع للصخر**DRILLING BIT** ، وعندما يتم حفر وإنزال ما يساوى طول الأنبوب المضلع فى عمق البئر يرفع الحفار المنظومة كلها عن طريق البكرات الرافعة ويتم توصيل طول إضافى من أنابيب الحفر الأسطوانية الشكل **DRILL PIPE** بين قاطع الصخر والأنبوب المضلع ، وتستمر زيادة منظومة أنابيب الحفر واحدة وراء الأخرى كلما تم حفر ٣٠ قدمًا من البئر أو ٩٠ قدما فى الحفارات الكبيرة ، ويستمد جهاز الحفر طاقته المحركة من مولد كهربائى خاص يزود المحركات الكهربية المتعددة بالطاقة اللازمة.



جهاز الحفر الدوار المستخدم فى حفر الآبار
العميقة مبينا عليه الأجزاء المختلفة

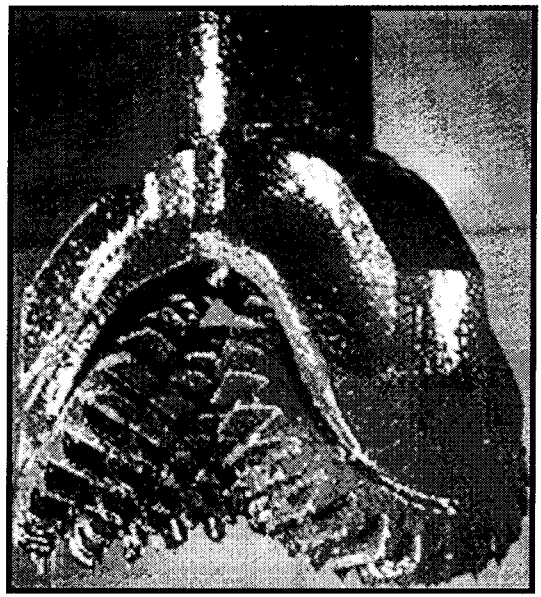
س٥٤ : كيف يتم حفر بئر البترول بطريقة الحفر الدوار ؟

تعتمد عملية الحفر الدوار على تفتيت الصخور تحت أنبوب الحفر بواسطة قاطع الصخر **DRILLING BIT** ، ثم نقل فتات الصخر هذه عن طريق سائل يتم ضخه داخل أنبوب الحفر ، فينفذ من فتحات موجودة فى قاطع الصخر ، فيغسل القاطع المسنن ويدور حوله عائدا للسطح محملا بفتات الصخور خلال الفراغ الحلقى الكائن بين جدران البئر وبين السطح الخارجى لأنبوب الحفر ، هذا السائل يتكون غالبا من الماء والطين ويسمى بسائل الحفر أو (الطفلة) **DRILLING MUD** ، وإضافة إلى تبريد قاطع الصخر ونقل الفتات من أسفل البئر إلى السطح فإن لسوائل الحفر وظيفتين مهمتين ، فهى تبطن جدران البئر من الداخل بطبقة من الملاط الطينى يمنع انهيار جدران البئر أثناء الحفر ، وهى تشكل ضغطا على طبقات الأرض التى يجرى الحفر خلالها فتمنع تسرب أى سوائل أو غازات قد تتواجد فى هذه الطبقات من دخول البئر.

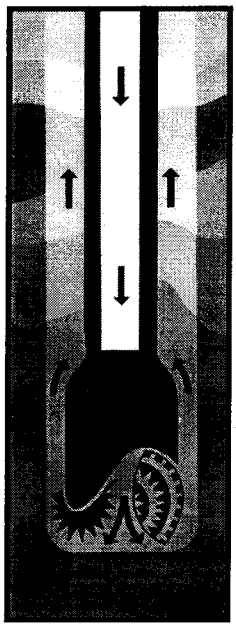
إذا صادف البئر طبقة حاملة لغازات أو سوائل مضغوطة وكان الضغط عند هذه الطبقة أكبر من ضغط الطفلة الموجودة فى البئر فإن الغازات والسوائل تتدفق إلى داخل البئر وتندفع إلى السطح ويصعب السيطرة عليها مما قد ينشأ عنه تلوث البيئة أو حدوث انفجار مدمر ، ويتم تزويد جهاز الحفر بعدد من مانعات الانفجار **BLOW OUT PREVENTOR** عند مخارج الطفلة بالقرب من قمة البئر ، وتقوم مانعات الانفجار عند حدوث تسرب للغازات بإغلاق البئر بإحكام فيرتفع ضغط سوائل الحفر وتتغلب على ضغط الغاز ويتوقف تدفقه إلى داخل البئر ، ويمكن فى بعض أجهزة الحفر الحديثة إغلاق البئر بطريقة التحكم عن بعد فى مانعات الانفجار عند الضرورة .

وعقب الانتهاء من مرحلة من مراحل الحفر يتم تبطين جدران الجزء المحفور بعدد من أنابيب الصلب يسمى كل منها القيسون **CASING** ، يجرى إنزاله فى داخل البئر وتثبيته إلى جدران البئر بالأسمنت ، والغرض من عملية التبطين هذه هو حماية البئر من الانهيار مع استمرار تقدم الحفر وعزل الطبقات المختلفة عن بعضها البعض ، ويتوقف عدد أنابيب التبطين على نوع وسمك ومحتويات

الطبقات الأرضية التى تم حفرها ، وعند الانتهاء من تبطين جزء من البئر يتم حفر المرحلة التالية للبئر بقطر أصغر من المرحلة السابقة له ، ويبدو البئر فى النهاية متدرجا بقطر يبلغ ٣٦ بوصة عند قمته إلى أن يصل عند نهايته إلى حوالى ٨ بوصات عبر خمسة مراحل بأقطار مختلفة (٣٦، ٢٤، ١٦، ١٠,٧٥ ، ٨,٢٥بوصة) ويجدر بالذكر أن تكلفة عملية تبطين بئر عمقها ٣٠٠٠ متر بأنابيب الصلب قد تزيد على مليون دولار أمريكى .



قاطع الصخر



اتجاه مرور سوائل الحفر (الطفلة)

س ٥٥ : كيف يتم استكمال البئر وإعداده للإنتاج WELL COM-PLETION ؟

عقب وصول الحفر إلى العمق المطلوب الوصول إليه وانتهاء عملية تبطين البئر بأنابيب من الصلب ، وعقب أخذ عينات من الطبقة المقصودة وتحليلها يقرر الخبراء إذا كانت هذه البئر منتجة أو غير منتجة للبترول ، فإذا ثبت لديهم أن البئر قادرة على إنتاج البترول تبدأ عملية استكمال البئر لوضعها على خريطة

الإنتاج ، ونحو منتصف الثلاثينيات نجح الأخوان شلمبر جير **SCHLUM-BERGER** فى ابتكار طريقة لدراسة خواص الطبقات المختلفة فى البئر ، فعن طريق أجهزة دقيقة يجرى إنزالها فى البئر أمكن قياس بعض الخواص الطبيعية للصخور مثل المقاومة الكهربية وسرعة انتقال الصوت والإشعاع الطبيعى ، ويستطيع الخبراء التوصل لمعرفة الخواص الجيولوجية المطلوبة فى مجال البحث عن البترول مثل ترتيب الطبقات وسمك كل منها ومسامية الصخر **POROSI-TY** وانفاذيته (مدى سماحه للسوائل بالنفاذ خلاله) **PERMEABILITY** بل ووجود البترول والغاز فى طبقة معينة ، وذلك عن طريق دراستهم للبيانات والرسومات التخطيطية الناتجة عن هذه الأجهزة.

وعقب الانتهاء من هذه القياسات يتم تبطين المرحلة الأخيرة من البئر ويجرى إنزال أنابيب الإنتاج **TUBING** إلى أسفل البئر ، وهذه الأنابيب أخف وزنا وأصغر قطرا من أنابيب الحفر ، ولايزيد قطر أكبرها عادة على ١٨ سنتيمتر (٧بوصات) ، وتصل هذه الأنابيب بين الطبقة المنتجة وسطح الأرض وتثبت عند قمة البئر **WELL HEAD** ، ويجرى تزويد قمة البئر بمجموعة من الصمامات للتحكم فى إنتاج البئر ولإغلاقه عند الضرورة ، وتعرف مجموعة الصمامات هذه باسم شجرة عيد الميلاد **CHRISTMAS TREE** لقرب شبهها بهذه الشجرة ، وهذه المجموعة من الصمامات لها الأهمية القصوى فى عمليات الإنتاج وتأمين سلامة البئر ، فعبر أحد هذه الصمامات المسمى بالخانق **CHOKE** يتم خفض ضغط البترول الموجود فى البئر والذى يصل أحيانا إلى ما يعادل ٣٠٠ مثل الضغط الجوى المعتاد ، ثم يأخذ البترول طريقه إلى محطات تجميع الإنتاج وفصل الغاز ، وفوق الصمام العلوى يتم تركيب المزلق **LUBRI-CATOR** الذى يسمح بإدخال بعض أجهزة القياس أو أدوات التنظيف أو أسلحة القطع والثقب إلى قاع البئر أثناء الإنتاج عن طريق تمريرها خلال المزلق متصلة بسلك معدنى **WIRE LINE** ، أما الصمامات الرئيسة **MASTER VALVES** فتستخدم فى إغلاق البئر عند الضرورة ، ولكى تكتمل البئر نهائيا فلابد من إزاحة سوائل الحفر الثخينة (الطفلة) ذات الكثافة العالية التى تملأ البئر وتعوق تدفق البترول أو الغاز ، ويتم ذلك إما بضخ الماء داخل البئر بحيث

يقوم بإزاحة الطفلة ، أو بنزح الطفلة من داخل أنبوب الإنتاج ، ومشاهدة طاقم جهاز الحفر أثناء العمل لابد أن تثير الإعجاب بمدى تناغم أداء كل عضو فى الفريق مع جهود زملائه ، ويشبه الأمر أحد عروض الباليه حين يخرجون منظومة كاملة من أنابيب الحفر واحدة تلو الأخرى لاستبدال قاطع الصخر ثم إعادة إنزالها فى البئر لاستئناف الحفر ، وتعرف عملية الرفع وإعادة الإنزال هذه باسم الدورة **ROUND TRIP** كما أن بعض العمليات التى يقوم بها الحفار لمعالجة مشاكل الحفر المختلفة تشبه إجراء جراحة بالغة الدقة ولكن باستخدام آلات يزيد وزنها أحيانا على المائة طن أى ما يعادل وزن سفينة متوسطة الحجم.

س٥٦ : ما طرق استخراج البترول المتبعة بعد حفر البئر؟

يتواجد البترول والغاز تحت الأرض بين مسام الصخور فى جزء من إحدى الطبقات الرسوبية ، ويطلق على كتلة الصخر المشربة بالنفط أو الغاز اسم المكمن النفطى **OIL RESERVOIR** ، وتتفاوت مثل هذه الكتل الصخرية فى الشكل والحجم من خزان إلى آخر ، كما تتفاوت كميات النفط الموجودة بين المسام بحسب نوع الصخر ، وغالبا ما تحتوى مكامن النفط على مياه البحر أسفل طبقة من الزيت الذى قد يعلوه أحيانا طبقة من الغاز ، ويتعرض الزيت لضغوط عالية يسببها الماء من أسفل أو يسببها الغاز من أعلى ، هذه الضغوط تدفعه للتدفق إلى داخل البئر ومنه إلى سطح الأرض بدون وسائل رفع صناعية ، وتعرف هذه الحالة بالتدفق الطبيعى **NATURAL FLOW** ، فإذا تناقصت هذه الضغوط يتم اللجوء إلى وسائل رفع صناعية **ARTIFICIAL LIFT** لرفع الزيت إلى سطح الأرض ، هذه الوسائل نوجزها فيما يلى :

١ـ حقن الغاز **GAS INJECTION** ويتم ضخ الغاز الطبيعى من أحد الآبار فى أعلى نقطة فى مكمن النفط لرفع الضغط داخله واستمرار تدفق النفط من الآبار الأخرى حول بئر الحقن.

٢ـ حقن الماء **WATER INJECTION** ويتم ضخ الماء من أحد الابار فى أدنى نقطة فى مكمن النفط لرفع الضغط داخله واستمرار تدفق النفط من الآبار الأخرى حوله.

٣ـ المضخات الماصة **PUMPS** ويتم إنزال مضخة لسحب البترول من قاع البئر ورفعه إلى السطح .

٤ـ المعالجة الكيميائية **CHEMICAL TERATMENT** يتم حقن أحماض كيميائية لتحسين خواص الصخر (الإنفاذية) بحيث يسمح بسهولة مرور الزيت خلاله .

٥ـ إذابة النفط **MISCIBL EFLOOD** يتم حقن مذيب للبترول من نفس جنسه (كربونات مهدرجة) مثل (البروبان) لتقليل لزوجة البترول مما يساعد على زيادة تدفقه.

٦ـ التسخين **FIRE FLOOD** يتم تسخين الزيت إذا كان من النوع الثقيل لتقليل درجة لزوجته إما بحقن بخار الماء الحار أو بحقن الهواء داخل المكمن وإشعال النار فى جزء من البترول الموجود فيه .

ووسائل إنتاج البترول التى ذكرناها آنفا لم تنجح حتى يومنا هذا فى استخراج كل البترول الموجود فى أى من مكامن النفط ، ويطلق على نسبة البترول التى يمكن استخراجها فعليا إلى البترول الموجود فى أحد المكامن تعبير نسبة المستخلص **ERCOVERY** ، وتتوقف هذه النسبة على طبيعة الصخر الحامل للبترول وعلى نوع خام البترول نفسه ، وعندما تعجز جميع الوسائل الصناعية عن استخلاص المزيد من النفط بحيث تغطى تكاليف الإنتاج يقال أن المكمن قد استنزف **DEPLETED** ، ويتم هجر الحقل وإغلاق الآبار فى انتظار تطور وسائل الإنتاج فى المستقبل ، ويعمل مهندسو البترول على إطالة عمر المكامن النفطية لاستخلاص أعلى نسبة ممكنة من البترول الموجود داخلها ، ويوجهون عنايتهم إلى دراسة خواص الطبقة المنتجة وتحديد مواقع الآبار وحساب معدلات الإنتاج المثلى ، ويجب أن نشير إلى حقيقة أن تجاوز كميات الإنتاج المحسوبة قد يعجل بانتهاء عمر مكمن النفط ، وبالتالى تبقى كميات كبيرة من النفط تحت الأرض ويستحيل إخراجها رغم وجود الآبار ، يبقى أن نعرف أن نسبة استخلاص النفط من مكامنه تتوقف على عوامل عديدة منها درجة لزوجة الزيت **VISCOSITY** ونسبة المركبات الخفيفة فيه وكثافته ووجود تجمع غازى

أعلى المكمن البترولى ووجود المياه الأرضية تحت ضغط مرتفع وعمق وشكل المصيدة البترولية ومسامية وإنفاذية الصخور التى تحتوى البترول ، وتصل نسبة المستخلص القصوى بوسائل الإنتاج الطبيعية إلى ٤٠ ٪ من الزيت الموجود فى أفضل الظروف ، ويمكن أن تزيد بمقدر ٢٥ ٪ أخرى على الأكثر باستخدام وسائل الرفع الصناعية المعقدة ، ويتبقى حوالى ٣٥ ٪ من البترول الموجود فى الخزان مستعصيا على حيلة المهندسين حتى الآن.

س ٥٧ : كيف يتم إنتاج البترول من أعماق البحر ؟

تبلغ كميات الإنتاج البترولى من قاع البحر ثلث البترول المنتج فى العالم كله ، ولا يختلف إنتاج البترول من الأراضى المغمورة وأعماق البحر **OFF-SHORE** عن إنتاجه من اليابسة من حيث طرق الحفر والإنتاج إلا من حيث حاجة العمليات البحرية إلى إنشاء قاعدة فى وسط الماء يتم من فوقها إجراء نفس العمليات السابق تفصيلها ، وتعرف مثل هذه القاعدة باسم منصة الحفر أو الإنتاج **PLATEFORM** ، ومع تطور تقنيات الإنتاج أصبح فى الإمكان إنتاج البترول من أعماق البحار ، وقد بدأت العمليات البحرية بأعماق ضحلة لا تزيد على سبعة أمتار فى عام ١٩٤٧ ، وأصبح ممكنا إنتاج البترول من أعماق تصل إلى ٤١٥ مترا فى عام ١٩٨٩ ، وباستمرار التقدم التقنى (التكنولوجى) أصبح ممكنا إقامة منصات الإنتاج وسط الماء واستمرار العمليات بدون الحاجة للتواجد البشرى بفضل وسائل التحكم الحديثة ، ويتم توصيل مجموعة من الآبار المنتجة بواسطة شبكة من الأنابيب الممددة على قاع البحر إلى منصة الإنتاج ، وتجرى عمليات الصيانة تحت البحر باستخدام آلات تعمل بالتحكم عن بعد.

س٥٨ : ما المقصود بعملية معالجة البترول والغاز ؟

سبقت الإشارة إلى أن البترول والغاز الطبيعى يتكونان من عنصرين من عناصر الطبيعة هما الكربون والهيدروجين ، ويتحد الكربون مع الهيدروجين بنسب متفاوتة فينتج عن اتحادهما أنواع عديدة من المركبات الكيميائية تسمى الكربونات المهدرجة (هيدروكربون) ، وتختلف هذه المركبات فى خصائصها الطبيعية من حيث اللون والكثافة ودرجة الغليان ، ولكنها تختلط وتذوب مع

بعضها البعض بسهولة عند درجات الحرارة المنخفضة أو تحت الضغوط المرتفعة ، وينشأ عن اختلاطها ببعضها أنواع مختلفة من البترول أو مشتقاته ، وحين يصل البترول إلى سطح الأرض فإنه يكون خليطا من هذه المركبات يبقى فى صورة سائل أسود لزج ، وقد يصل مع البترول مواد أخرى غير مرغوب فيها مثل الماء والرمال وغازات النيتروجين وثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ، وتخليص البترول من هذه الشوائب ومن بعض الغازات البترولية الخفيفة الذائبة هو ما نعرفه بمعالجة البترول ، وتتوقف مراحل المعالجة فى محطات الإنتاج على ضغط البترول وكمية الشوائب والغازات التى يحتويها ، وتتكون محطات الإنتاج من مجموعة من الأوعية أسطوانية الشكل مصنوعة من الصلب تعرف باسم الفرازات **SEPARATORS** ، تستقبل البترول القادم من الآبار عبر شبكة من الأنابيب السطحية والصمامات التى تتحكم فى تدفق البترول ، ويتم تخفيض الضغط داخل الفرازة فينفصل الغاز ويخرج من أعلى ويستقر الماء فى الجزء السفلى بينما يبقى البترول طافيا أعلى الماء ، ويتم تمرير الماء إلى خزانات المياه حيث يمكن إعادة حقنه فى مكامن النفط إن احتاج الأمر ، كما يتم تمرير البترول إلى خزانات البترول السطحية حيث يتم منها ضخه خلال خط أنابيب إلى معامل تكرير البترول أو إلى الموانئ البحرية حيث تنقله ناقلات البترول إلى الأسواق العالمية ، وفى حالة إنتاج البترول تحت ضغوط مرتفعة (أكثر من ٣٥ ضغط جوى) يتم تخفيض الضغط على عدة مراحل فى فرازات متتالية ، وتعتبر مركبات الكبريت عيبا فى بعض الخامات يستدعى التخلص منه عن طريق وحدة معالجة خاصة لفصل الكبريت **DESULFURIZATION** ، كما قد يحتاج فصل الماء فى بعض الخامات إلى معالجة كيميائية لفصله عن الزيت **EMULSION TREATER** .

س ٥٩ : كيف يتم تداول الغازات البترولية ؟

الغازات البترولية هى مركبات من الكربون والهيدروجين (كربونات مهدرجة أو هيدروكربون) ، وهى فى ذلك تتفق مع باقى مكونات البترول الخام ، ولكنها تختلف فى درجة الغليان ، حيث إن هذه المركبات لا تبقى فى صورة سوائل

بل تتحول إلى أبخرة عند درجات حرارة وضغط الجو المعتاد ، وتتواجد الغازات البترولية المصاحبة **ASSOCIATED GAS** أحيانا ذائبة فى البترول وتنفصل عنه فى محطات الإنتاج لدى تخفيض ضغط الزيت ، وكانت هذه الغازات فيما مضى تحرق قرب حقول النفط ، قبل أن يتم التفكير فى الاستفادة منها كوقود أو كخامات فى الصناعات التحويلية ، كذلك تتواجد هذه الغازات أحيانا أخرى فى مكامن مستقلة عن مكامن النفط ، وفى هذه الحالة الأخيرة يتم الإنتاج من حقول الغاز مباشرة ، ويتم هنا فصل المركبات السائلة **CONDENSATES** وتسويقها بشكل منفرد كوقود بعد المعالجة المناسبة ، أما الغازات فيتم تسييل بعضها عن طريق ضغطها صناعيا وتبريدها وتعبئتها فى أسطوانات وتسويقها تحت اسم الغاز البترولى المسيل **LIQUIFIED PETROLEUM GAS** ويرمز إليه اختصار **LPG** ، ويتكون من غازى البروبان والبيوتان المسالان ، ومن أمثلتهما أسطوانات الغاز المستخدمة فى بيوتنا للطهى (البوتاجاز) ، وبعض الغازات البترولية الأخرى الأخف مثل غازى الميثان والإيثان يتم تسييلهما بغرض النقل أو التخزين ، ثم يعادان إلى الحالة الغازية لدى الاستعمال كوقود فى المنازل أو المصانع ، وشبكات أنابيب الغاز الطبيعى **NATURAL GAS** التى يتم توصيلها الآن للمنازل فى كثير من البلدان تقوم فى الواقع بتوزيع غاز الميثان كبديل أرخص وأنظف عن البوتاجاز ، وينقل الغاز الطبيعى **LIQUIFIED NATURAL GAS** المعروف اختصارا **LNG** تحت ضغط الجو المعتاد فى خزانات مبردة (تبلغ درجة حرارتها أقل من ١٦٠ درجة مئوية تحت الصفر) على متن سفن خاصة . وينبغى التمييز بين هذا الأخير ومنتج آخر يتم استخلاصه من الغازات البترولية عن طريق الضغط والتبريد وهو سوائل الغاز الطبيعى **NATURAL GAS LIQUID** المعروف اختصارا **NGL** ، حيث سوائل الغاز الطبيعى هى خليط من مركبات مثل الإيثان والبروبان والبيوتان والبنتان والجازولين الطبيعى ومتكثفات أخرى ، ومع تزايد الوعى الحضارى بحتمية المحافظة على البيئة وخفض التلوث يزداد الإقبال على الغاز الطبيعى كوقود نظيف للمستقبل.