الفصل السادس
تطبيقات البلازما

طب البلازما

طب البلازما هو حقل الطب المبتكر، الذي يجمع بين فيزياء البلازما، وعلوم الحياة والطب السريري؛ لاستخدام البلازما الفيزيائية لتطبيقات علاجية. تؤكد التجارب الأولية أن البلازما يمكن أن تكون أداه فعالة في المطهرات، في الجسم الحي، دون التأثير على الأنسجة المحيطة بها. استنادًا إلى البحوث الأساسية المتطورة على تفاعل البلازما مع الأنسجة، والتطبيقات العلاجية الأولى في التئام الجروح، سيتم استخدام البلازما في علاج الأمراض الجلدية وطب الأسنان. البلازما هي الحالة الرابعة من المادة، تشمل: الجزيئات والذرات الفعالة والأيونات والإلكترونات، بالإضافة إلى أنها مصدر لفوتونات الأشعة الفوق البنفسجية. هذه البلازما تولد أصنافًا نشطة مفيدة لعديد من التطبيقات الطب الحيوي، مثل: تعقيم الأدوات الجراحية، والأنسجة الحية المزروعة. التطبيقات الحساسة للبلازما، مثل: تعريض جسم الإنسان، أو الأعضاء الداخلية للعلاج ممكنة أيضًا للأغراض الطبية.

البلازما غير الحرارية تحت الضغط الجوي للعلاج الطبي

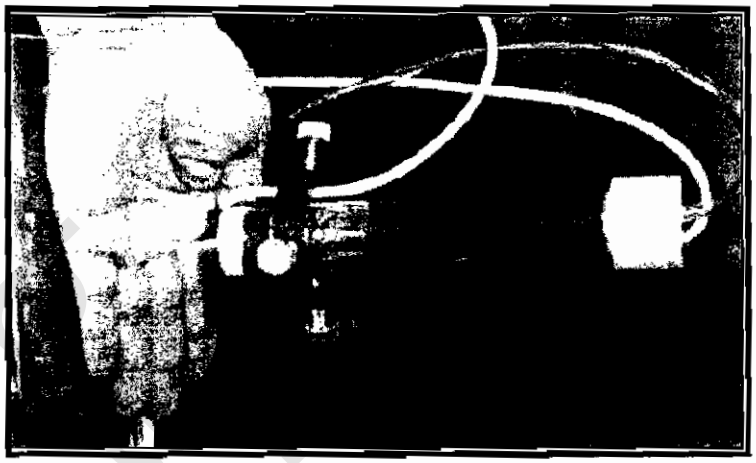
في الآونة الأخيرة، من أهم التحديات هي تطبيق البلازما غير الحرارية مباشرة على سطح جسم الإنسان، أو على الأعضاء الداخلية. بينما يمكن لتعقيل الأسطح وإزالة التلوث البيولوجي، على حد سواء، للبلازما المتولدة تحت الضغط المنخفض والضغط الجوي. فقط مصادر البلازما المتولدة تحت الضغط الجوي قابلة للتطبيق؛ حيث يمكن استخدامها لتطبيقات علاجية مباشرة. وأحد مصادر البلازما، التي يمكن تطبيقها على الجسم البشري، تستند إلى مبدأ تفريغ حاجز العازل (DBD). يتألف جهاز DBD التقليدي من قطبين مستويين، على الأقل واحد منها مغطى بمادة عازلة، ويتم فصل الأقطاب بفجوة صغيرة تسمى فجوة التفريغ. ومع ذلك، لتطبيق أجهزة DBD في الأغراض الطبية،

فإن جسم الإنسان يمكن اعتباره أحد الأقطاب الكهربائية، وبالتالي القطب الأخر مغطى بمادة عازلة، مثل: الألومينا أو الكوارتز. من أهم التطبيقات الطبية لجهاز DBD، هو علاج الأمراض الجلدية والجروح وعلاج الورم، والتطهير من سطح الجلد.

والتفاعلية العالية للبلازما هي نتيجة مكونات البلازما المختلفة: الإشعاعات الكهرومغناطيسية (الأشعة فوق البنفسجية، والضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء، والمجالات الكهرومغناطيسية عالية التردد.. إلخ)، من جهة والأيونات والإلكترونات، والأنواع الكيميائية المتفاعلة والشقوق الكيميائية من ناحية أخرى.

النهج الأول للطب العلاجي بالبلازما: تؤكد الأمراض الجلدية والتئام الجروح التجارب الأولية أنه يمكن قتل العوامل المعدية، دون ردود فعل سلبية على خلايا الجسم السليمة المحيطة. وعلاوة على ذلك، فمن الممكن تحفيز العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية في الأنسجة الحية، عن طريق العلاج بالبلازما في ظل ظروف خاصة. وهذا يفتح إمكانة استخدام البلازما لدعم التئام الجروح، وكذلك لعلاج عديد من الأمراض الجلدية. لذلك، يتم توجيه تطبيق البحوث لتطوير المفهوم المتكامل لعلاج الجروح بالبلازما، التي تضم كلا من تنظيف الجروح السطحية والمطهرات، وتحفيز ترميم الأنسجة في طبقات الأنسجة العميقة. على أساس علمي متين، يوجد مزيد من التطبيقات، مثل: البلازما العلاجية في طب الأسنان، أو الجراحة، وسيتم افتتاحه خلال السنوات القادمة.

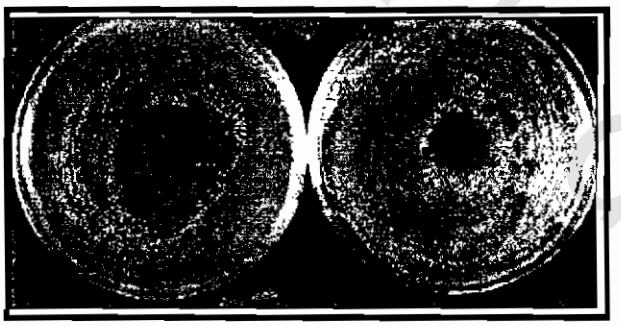
تخيل أن يهب نسيم بارد من الهيليوم على الجرح النازف ومراقبة تخثر الدم والجرح، يبدأ شفاء بمعدل أسرع مما تفعل عادة. يبدو بعيد المنال، ولكن فرق من العلماء من ذوي الخبرة في مجال العلوم البلازما، وعلم الأحياء الدقيقة والكيمياء الحيوية والطب يعملون على صنع شيء، من هذا القبيل، يحدث في الواقع. إنها لا تستخدم الهليوم بالضبط، ولكن بدلا الهليوم (أو الغازات الأخرى) في حالة تنشيط تسمى "بلازما". ويمكن للبلازما الباردة ملامسة الجلد دون الإضرار بها؛ مما يجعلها مثالية لتطهير الجروح.



الشكل (١): البلازما الباردة تلامس الجلد دون ضرر؛ مما يجعلها مثالية لتطهير الجروح.

تتراوح البلازما في درجة حرارة من (المسألة في بداية التفريغ الكهربي) حار جدًّا إلى (مسألة مختبر مكثف) بارد جدًّا. تهتم البلازما الطبية بما فيه الكفاية لإنتاج أنواع رد الفعل اللازمة لمعالجة فعالة، ولكن باردة بما يكفي لمغادرة الأنسجة سالمة. في العقد الماضي، كثفت البحوث بشأن استخدام البلازما في درجة حرارة منخفضة في الطب. وقد اكتشف الباحثون السبل، التي يمكن بها تطبيق البلازما مباشرة إلى الأنسجة الحية؛ لإيقاف مسببات الأمراض؛ لوقف نزيف دون إتلاف الأنسجة السليمة؛ لتطهير الجروح وتسريع التئام الجروح؛ وقتل انتقائي لبعض أنواع الخلايا السرطانية. تنتج البلازما كيميائيًّا الذرات والجزيئات التفاعلية، مثل: الهيدروكسيل والأكسجين الذري، التي يمكن أن تقتل البكتيريا الضارة عن طريق الأكسدة. وهذا أمر مهم؛ لأن أكسدة الدهور والبروتينات، التي تشكل غشاء الخلية، يمكن أن تؤدي إلى تعطيل كامل للغشاء. اكتشف الباحثون أن البكتيريا لا يمكن أن تتعامل مع البيئة القاسية، التي أوجدتها البلازما؛ إذ تقتل البكتيريا بأعداد كبيرة في غضون دقائق أو حتى ثوانٍ. لقد استغل العلماء هذه الخاصية من البلازما؛ لتطوير أجهزة البلازما التي يمكن استخدامها لتعقيم الأدوات الطبية، دون التعرض لخطر تعرضها لتلف. يتم تعقيم عديد من الأدوات الطبية الحديثة من البوليمرات الحساسة للحرارة بواسطة الوسائل التقليدية، مثل: جهاز الأوتوكليف، والذي يستخدم

ارتفاع ضغط البخار الساخن. يمكن أن تقتل استخدام أنواع البلازما التفاعلية، قرب درجة حرارة الغرفة، البكتيريا بسرعة والفيروسات والفطريات المودعة على أسطح الأدوات الجراحية والأجهزة الطبية، بما فيها تلك المصنوعة من البوليمرات الحساسة للحرارة. تفتح الخصائص الخاصة للبلازما الباردة آفاقًا جديدة للحماية من العوامل المعدية بدرجة عالية، مثل بريون، وهو بروتين شوه هيكليًا، وهو المسؤل عن مرض "جنون البقر"، والتي هي مقاومة لجميع إجراءات التطهير التجارية. ويبدو أن أنواعًا من البلازما التفاعلية تسبب ضررًا قليلاً أو مقبولة لتعايش لدى الأنسجة الحيوانية والنباتية، في حين أنها قادرة على تدمير الخلايا البكتيرية. وبناء على ذلك، تم العثور على خلايا الجلد ليفية، تكون قادرة على البقاء في ظل ظروف البلازما، التي هي قاتلة للخلايا كولاي (شكل ٢). وهذه القدرة من البلازما الكافية لتدمير البكتيريا، وترك الأنسجة الحيوانية والنباتية سليمة، هي المفتاح لتطوير تطبيقات البلازما المهمة، بما في ذلك إزالة التلوث الغذائي وتطهير الجلد، والحد من الورم.



شكل (٢): يوضح تعرض أطباق بتري من الخلايا كولاي لمدة ١٢٠ ثانية إلى عمود البلازما الباردة (يسار – الهيليوم + أكسجين، واليمين – الهيليوم فقط). المناطق المظلمة في المركز "مناطق قتل"؛ حيث تم تدمير الخلايا البكتيرية، دون مضاعفة.

بالتشابه مع العلاج الكيميائي، فإن العلاج بالبلازما الباردة يبدو أن له القدرة على إحداث الموت المبرمج (موت الخلايا المبرمج) بين الخلايا السرطانية، وكبح التكاثر السريع للخلايا السرطانية، ولكن بأقل ضرر للأنسجة البشرية الحية. في نهاية المطاف، فإن نجاح هذا النهج يعتمد على إيجاد وصفات صحيحة لأصناف البلازما المتفاعلة، وتحريرها بشكل فعال في بيئة معقدة من

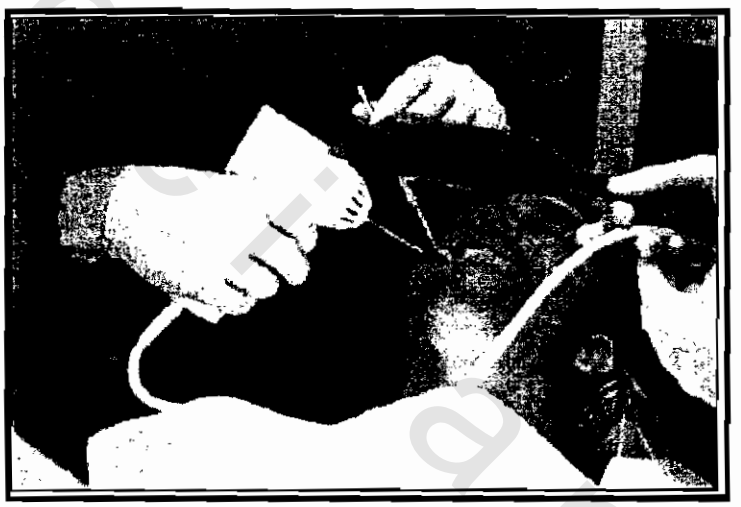
المواقع المريضة في الجسم البشري. وهناك أمل في أن يمكن تطوير تطبيقات البلازما الباردة من حل بعض من هذه التحديات الطبية الملحة. بينما يمكن أن تدمر البلازما مسببات الأمراض بجرعات كافية، وعند الجرعات المنخفضة يمكن أيضًا ان تعجل من تكاثر الخلايا، كخطوة مهمة في عمليات شفاء الجروح.

قدرة البلازما لقتل خلايا البكتيريا وتسريع تكاثر خلايا الأنسجة السليمة، معروفة باسم عملية "البلازما القاتلة / شفاء البلازما"، وقد قاد العلماء التحقيق في استخدام البلازما الباردة لرعاية الجروح. الجروح المزمنة، مثل قرح مرضى السكري، التي لا تستجيب بشكل جيد لطرق العلاج التقليدية. تحدث عشرات الآلاف من عمليات البتر كل عام في الولايات المتحدة؛ بسبب الأساليب الطبية الحالية، التي ليست لها القدرة على شفاء هذه الأنواع من الجروح. وعلى الرغم من أن تكنولوجيا البلازما القائمة لرعاية الجروح لا تزال في مرحلة البحث والاختبارات الاولية، إلا أنها تظهر علامات من العلاجات الناجحة لبعض أنواع الجروح المزمنة.

ثمة تطور مثير آخر هو استخدام البلازما الباردة في طب الأسنان، وقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن البلازما يمكن أن تكون فاعلة للسيطرة على الأغشية الحيوية، عن طريق الفم. في مختبر بيئة البلازما، قد تبين إبطال نشاط البكتيريا التي تسبب تسوس الأسنان وأمراض اللثة. ويمكن إزالة الأنسجة المصابة في تجويف الأسنان، باستخدام البلازما، والاستعاضة عن مثقاب الأسنان الذي يخشاه الجميع. وتشير التطورات الأخيرة لأبحاث البلازما إلى أن أجهزة البلازما، في المستقبل، سوف تكون متاحة لأطباء الأسنان، وكذلك السماح لهم لعلاج الأمراض، التي تنتقل عن طريق الفم على نحو فعال، مع الألم قليلا لمرضاهم (شكل ٣).

يمكن أن تتواجد البلازما في صور متنوعة، كما يمكن أن تخلق بطرق مختلفة. في عديد من التطبيقات التكنولوجية، على سبيل المثال، بلازما الغاز الموجودة تحت الضغط المنخفض. ومن ناحية أخرى، الإضاءة هي مثال للبلازما الحرارية تحت الضغط الجوي، ومن المهم أن نميز بين البلازما الحرارية وغير الحرارية. في جميع البلازما التي يدعمها المجال الكهربي، تتلقى الإلكترونات الطاقة الخارجية أسرع بكثير من الأيونات الثقيلة، وتتاح

الفرصة للحرارة؛ لتصل إلى عدة آلاف من الدرجات قبل بيئتهم، مع ارتفاع درجات الحرارة. في البلازما غير حرارية التبريد من الأيونات والجزيئات غير المشحونة أكثر فعالية من نقل الطاقة من الإلكترونات، ولا يزال الغاز في درجة حرارة منخفضة؛ لهذا السبب تعرف البلازما غير الحرارية ببلازما غير متوازنة.



شكل (٣): استخدام البلازما في علاج تسوس الأسنان وأمراض اللثة.

من ناحية أخرى، في البلازما الحرارية، فيض الطاقة من الالكترونات للجسيمات الثقيلة، يوازن فيض الطاقة من الجسيمات الثقيلة إلى البيئة فقط، عندما تصبح درجة حرارة الجسيمات الثقيلة مساوية تقريبًا لدرجة حرارة الإلكترون. وبالطبع، فإن المصطلحات، حرارية وغير حرارية، والتوازن وعدم التوازن، ليست دقيقة جدًّا. تعتمد بعض التطبيقات المبكرة للبلازما في الطب أساسًا على التأثير الحراري من البلازما. وقد تم استغلال الحرارة ودرجة الحرارة العالية في مجال الطب لفترة طويلة؛ لغرض إزالة الأنسجة، والتعقيم والكي (وقف النزيف).

وقدم بعض من التطبيقات، في وقت سابق، من البلازما في الطب بديل للكي الكهربي بتلامس المعادن. في تخثر البلازما الأرجونية (وتسمى أيضًا تخثر الحزمة الأرجونية)؛ لتحل البلازما عالية التوصيل محل الوصلات المعدنية؛ من أجل تمرير تيار خلال الأنسجة وتجنب صعوبات التصاق مع الأنسجة. أيضًا البلازما الساخنة التي تستخدم لقطع الأنسجة، على الرغم من أن الآلية

الدقيقة التي تحدث هذا القطع لا تزال غير واضحة. تستخدم الحرارة التي تحررها البلازما مؤخرًا لتجميل إعادة هيكلة الأنسجة.

أكثر ما يميز الأبحاث الأخيرة حول تطبيقات البلازما في الطب، هو استغلال التأثيرات غير الحرارية. التأثيرات غير الحرارية من البلازما واعدة جدًّا ومثيرة للاهتمام، والسبب الرئيسي هو أنه يمكن ضبطها لمختلف الأغراض الفرعية القاتلة، مثل: التئام الجروح وانفصال الخلية، وغيرها. وعلاوة على ذلك، يمكن للتأثيرات غير الحرارية أن تكون انتقائية في تحقيق النتيجة المرجوة لبعض المادة الحية، في حين يوجد تأثير لايذكر على الأنسجة المحيطة. هذا هو الحال، على سبيل المثال، بلازما تخثر الدم وتعطيل البكتيريا، التي لا تسبب التسمم في الأنسجة الحية المحيطة.

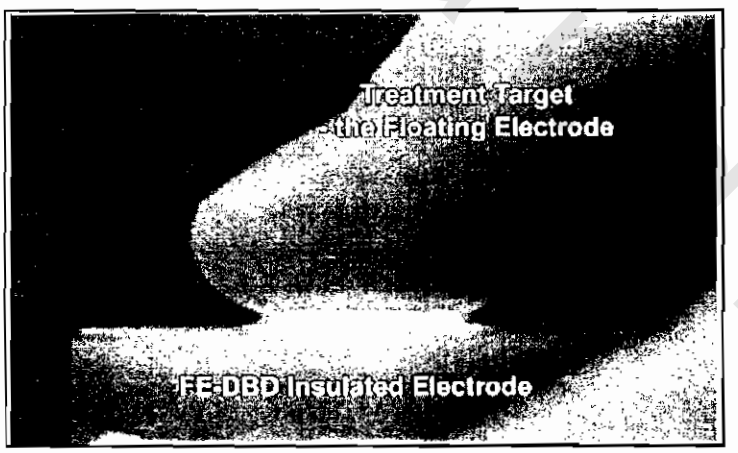
تعقيم الأنسجة الحية الحيوانية والبشرية

معالجة البلازما مباشرة تعني أن تستخدم الأنسجة الحية نفسها باعتبارها واحدة من الأقطاب الكهربائية، وتشارك مباشرة في عمليات التفريغ الكهربي وتفعيل البلازما. هكذا يوضح الشكل (٤) مباشرة العلاج بالبلازما (التعقيم) من جلد فأر حي؛ إذ يتم تفريغ حاجز العازل (DBD) البلازما في هذه الحالة بين قطب الجهد العالي المغطى سطحة بالكوارتز والفأر، التي هي بمثابة القطب الثاني.

شكل (٤): استخدام بلازما DBD لعلاج الأنسجة الحية.

يتطلب التطبيق المباشر للجهد العالي (١٠-٤٠ كيلو فولت) تفريغات البلازما غير الحرارية في الهواء في الضغط الجوي لعلاج الحيوانات الحية، والناس مستوى عاليًا من احتياطات السلامة. ضمان وسلامة الأنظمة غير المتضررة هي القضايا الحاسمة في الطب البلازما، وينبغي أن يقتصر تيار التفريغ أدنى من القيم المسموح بها لمعالجة الأنسجة الحية. وعلاوة على ذلك، ينبغي أن يكون التفريغ نفسه متجانسًا بما يكفي لتجنب الأضرار المحلية. خصوصية إنشاء التفريغ في الغلاف الجوي؛ لحل هذه المشكلات بشكل فاعل، يمثل تحديًا مهمًّا لطب البلازما.

قام فريدمان وآخرون بتطوير جهاز DBD ذات القب العائم؛ خصيصًا لهذا الغرض؛ حيث يتصل أحد الأقطاب بمصدر القدرة ومعزول للحماية، والقطب الثاني هو جلد الإنسان أو الحيوان. دون جلد الإنسان أو الحيوان أو الأنسجة التفريغ لا يتشعل. بمجرد أن يكون التفريغ الجوي آمنًا يمكن تطبيقه مباشرة لجسم الإنسان، كما هو موضح بالشكل (٥).



الشكل (٥): تطبيق DBD مباشرة لجسم الإنسان.

ومن المعروف البلازما هي الحالة الرابعة من المادة بعد السوائل والمواد الصلبة والغازات، وتتشكل عندما تكون عالية الطاقة فى قطاع العمليات ذرات من الإلكترونات؛ لإنتاج تدفقات الغاز المتأين في درجة حرارة عالية. وعدد متزايد من التطبيقات التقنية والطبية والبلازما الساخنة، وتستخدم بالفعل لتطهير الأدوات الجراحية. وأوضح الدكتور سفيتلانا Svetolana، الذي أجرى البحث أن التطور الأخير في البلازما الباردة مع درجات الحرارة من ٣٥-

٤٠ درجة مئوية، يجعل التكنولوجيا خيارًا جذابًا لعلاج العدوى. "البلازما الباردة قادرة على قتل البكتيريا بواسطة الحمض النووي الميكروبية الضارة والبنى السطحية، دون أن تضر الأنسجة البشرية. والمهم هو أننا قد أظهرنا أن البلازما قادرة على قتل البكتيريا نموًا في الأغشية الحيوية في الجروح، وعلى الرغم من أن أكثر الأغشية الحيوية سمكا تظهر بعض المقاومة للعلاج."

يمكن أن تمثل تكنولوجيا البلازما في نهاية المطاف أفضل بديل للمضادات الحيوية، وفقًا للدكتور Ermolaeva. "عملنا يدل على أن البلازما هي فاعلة ضد البكتيريا المسببة للأمراض، مع المقاومة للمضادات الحيوية متعددة، وليس فقط في أطباق بتري، ولكن في جروح المصابين الفعلية"، قالت. "وهناك ميزة أخرى ضخمة للعلاج البلازما، هو أنه غير محدد؛ مما يعني أنها أصعب بكثير للبكتيريا لتطوير المقاومة. إنها الطريقة التي يتم الاتصال، وغير مؤلم حرا، ولا تسهم في التلوث الكيميائي للبيئة."

أمثلة لعمليات البلازما

تم تطوير عمليات البلازما؛ لتحقيق مجموعة متنوعة من خصائص سطح معين.

وهنا بعض الأمثلة:

تنظيف الأسطح

تكون معالجة البلازما بالأوكسجين آمنة وصديقة للبيئة وبديلة لطرق التنظيف التقليدية. تستخدم تشكيلة واسعة من الصناعات معالج البلازما الغازية لإزالة التلوث السطح العضوي من المواد، التي تتطلب تنظيفًا حرجًا. الأنواع النشطة في الأوكسجين، جنبا إلى جنب، مع طاقة الأشعة فوق بنفسجية يخلق التفاعل الكيميائي مع الملوثات السطحية؛ مما يؤدى إلى تطايرها وإزالتها من غرفة التفاعل. وتشمل التطبيقات تنظيف لوحات الدوائر لتحسين روابط الأسلاك، وإزالة التلوث العضوي من الشرائح الزجاجية والشاشات المسطحة، وتنظيف الأجهزة الطبية، وغيرها من المواد مثل المعادن والسيراميك المختلفة.

تعزيز التصاق

تحسين الالتصاق بين سطحين هو تطبيق شائع. الالتصاق الجيد يتطلب قوى بينية قوية عبر التوافق الكيميائي و / أو الروابط الكيميائية. ويمكن معالجة

البلازما للأسطح تساعد أيضًا في إنشاء مجموعات توظيفية نشطة كيميائيًّا، مثل: الأمينات، الكربونيل، ومجموعات الهيدروكسيل والكربوكسيل، لتحسين الالتصاق البيني. وتشمل التطبيقات الشائعة للمعالجة الأولية للقسطرة الطبية والدعامات القلبية الوعائية، ومكونات المحاقن، وأجزاء مضخة الغسيل الكلوي وأكياس بلاستيكية للأفلام المخدرات. كما يستخدم البلازما لتحسين قدرة الترابط على الطبقات التحتية، مثل: البوليمرات، والسيراميك والزجاج والمعادن المختلفة.

تستخدم البلازما حاليًا فى عديد من الدول المتقدمة؛ فى التخلص من المواد السامة الملوثة للبيئة، معتمدين على العمليات الكيميائية الفريدة، التى تتم داخل البلازما؛ حيث يمكن أن تقوم البلازما بتحويل المواد السامة المنبعثة من مداخن المصانع، ومن عوادم السيارات، مثل: غاز اكسيد الكبريت (SO) واكسيد النيتريك (NO) إلى مواد غير سامة. فعلى سبيل المثال قبل أن يخرج غاز NO من المدخنة إلى الغلاف الجوى، توجه عليه حزمة من الإلكترونات ذات طاقة عالية من جهاز مثبت فى منتصف المدخنة، تعمل على تأيين الغازات الموجودة (المادة السامة NO والهواء)؛ أى تحولها إلى حالة بلازما. وقبل خروجها إلى الجو، تكون مرحلة التأيين قد انتهت، وتتكون جزيئات النيتروجين والاكسجين نتيجة لعملية إعادة الاتحاد، وبهذا نكون قد حولنا الغازات الملوثة إلى غازات نافعة بتكاليف أقل.

يجدر الإشارة هنا إلى أنه تم حديثًا التوجه إلى معالجة الغازات المنطلقة من عوادم السيارات؛ حيث تم تركيب جهاز بلازما فى عادم السيارة؛ ليعالج الغازات السامة، قبل خروجها إلى الجو.

كذلك أجريت تجارب عديدة على الفضلات الصلبة والسائلة؛ حيث تستخدم بلازما عند درجات حرارة عالية، تصل إلى 6000 درجة مئوية، تعمل على تبخير وتحطيم المواد السامة، وتحولها إلى غازات غير سامة، وفى نهاية العملية يكون ماتبقى من مواد صلبة فى صورة زجاج. وتم فى أمريكا العام الماضى التخلص من حوالى 4000 مستودع، يحتوى على فضلات صلبة وملوثة للبيئة بواسطة البلازما. وقد كانت هذه الفضلات تدفن فى باطن الأرض؛ مما كانت تسبب أخطار تلوث. وباستخدام البلازما، يمكن حاليًا التخلص من 200 كيلوجرام، من المواد السامة فى الساعة.

تستخدم البلازما ذات درجات الحرارة المنخفضة فى عديد من المجالات الهامة على سبيل المثال، معظم الدوائر المتكاملة المعقدة جدًا، والتى تدخل فى تركيب كل جهاز إلكترونى، هذه الدوائر الإلكترونية تحتوى على عشرات الآلاف من الترانزستورات والمكثفات الموصلة ببعضها البعض بواسطة أسلاك قطرها فى حدود ٠,١ ميكرومتر، هذا النوع من التكنولوجيا الدقيقة والمعقدة تصنع باستخدام البلازما، حيث تقوم البلازما بنحت الدوائر الإلكترونية على شريحة السيليكون، بناءً على القناع المعدنى الموضوع أمام الشريحة.

فى هذه العملية يكون النحت على شريحة السليكون كالآتى:

حيث إن الإلكترونات داخل البلازما حرة الحركة وطاقتها أعلى من الأيونات الموجبة، فإنها تصل إلى أطراف البلازما بسرعة، وتقوم بدورها بجذب الأيونات الموجبة اتجاهها وتعجلها باتجاه الشريحة، وعند اصطدام الأيونات الموجبة بالمناطق المكشوفة على الشريحة تقوم بنحتها، وبعدها يستبدل القناع المعدنى بآخر مطبوع عليه الدوائر الكهربية الخاصة بالطبقة الثانية، وهكذا بالنسبة لباقي الطبقات حتى تتم عملية النحت.

مقصات البلازما

تعريف مقص البلازما: أداة تستعمل لقص الفولاذ والمواد الأُخرى. مقصات البلازما تبعث قوساً كهربائيًا من خلال غاز يمر بداخل فتحة محددة. الغاز قد يزن هواءً، نيتروجين، أرجون، أوكسجين، إلخ. يسبب هذا ارتفاعًا بدرجة حرارة الغاز، حتى مرحلة أن يدخل إلى الحالة الرابعة للمادة. كلنا نعرف الحالات الثلاث الأولى للمادة، أي: الصلب، السائل والغاز. العلماء يعرفون هذه الحالة الإضافية كالبلازما. بما أن المعدن الذي يتم قصه هو جزء من الدائرة، فإن الموصلية الكهربائية للبلازما تجعل القوس ينقل قوة العمل الخاصة به. الفتحة المحددة (الفوهة) والتي يمر الغاز من خلالها تسبب له أن يمر بسرعة فائقة، كالهواء العابر من خلال أنبوب كاربور اتور. الغاز فائق السرعة يقص في المعدن المصهور. الغاز موجه أيضاً حول محيط مساحة القص لصد القص.

عمليات الإنتاج بواسطة مقصات البلازما تستعمل الغاز كوسيلة لتمرير الطاقة الحرارية من مصدر للطاقة الكهربائية للمادة المعالجة. من الممكن تصنيف المعالجة بواسطة مقص البلازما بموجب صنفين من البلازما: البلازما الحارة

والبلازما الباردة، بموجب درجة الحرارة (وكثافة التأيُّن الناتجة) التي تصلها المواد الثقيلة. في البلازما الحارة، المواد الثقيلة لديها معدل درجة حرارة مساو للجزيئات الخفيفة (ابتداءً من 10000 درجة مئوية) البلازما تكون في حالة من التوازن الحراري. في البلازما الباردة، لا يكون الغاز في حالة من التوازن الحراري: للجزيئات الثقيلة درجة حرارة أقل بصورة غريبة (حوالي 500-800 درجة مئوية) بالمقارنة مع درجة الحرارة الإلكترونية.

درجات حرارة البلازما وحالاتها تؤثر على تطبيقاتها: تطبيقات البلازما الباردة تتعلق بالمناهج الحرارية، والتي تتطلب معالجة انتقائية ومحدودة للمواد (صهر انتقائي، معالجة الحرارة، تغييرات بنيوية، إلخ) وتفاعلات وتحولات كيميائية وفيزيائية. التطبيقات الرئيسية للبلازما الحارة تتعلق باللِّحام، والرش الحراري وقص المعادن.

القص بالبلازما الحارة يتم من خلال إنتاج قوس كهربائي في الغاز خاضع لتذبذبات كهربائية مختلفة. يستطيع الغاز المتأيِّن ذو الحرارة العالية، الناتج عن ذلك إزالة، وإذابة وتعديل المواد. حزمة البلازما هي أداة قابلة للسيطرة بسهولة، والتي لا تحتك مباشرة مع المواد المعالجة.

لقد تحسنت جودة القص بالبلازما بشكل ملحوظ نتيجة تقديم البلازما عالية الدقة (القص القوسي بالبلازما عالية التحمل خلال التسعينيات. القص بالبلازما عالية الدقة هو نتيجة تطوير تكنولوجيات سابقة، وبالتالي فقد استبدلت جزئيًّا قص البلازما العادي؛ وخاصة في المعالجة الضحلة. ومع ذلك، ومع الأخذ بعين الاعتبار هذه التطويرات المهمة (الحدود النظيفة، الحافات خالية التخشنات، تحديد للمساحة المعرضة للحرارة في حافّات مربعة بما فيه الكفاية)، فقد تم استعمال قص البلازما، ليس فقط في قص المواد (بغية التحضير للمعالجة فيما بعد)، بل أيضاً بغية الحصول على سطوح جيدة وميزات هندسية واسعة النطاق في قص المعادن.

جهاز الدفع الصاروخى بالبلازما

البلازما عبارة عن تجمع من جسيمات سالبة (الكترونات)، وأخرى موجبة (أيونات)، وهي بذلك تمتلك خواص تختلف أساسًا عن التي يمتلكها الغاز المحايد (ليس له شحنة كهربية)، ويمكن التحكم في البلازما عن طريق المجال المغناطيسي. كما أنها موصل جيد للكهرباء، فعند تمرير تيار كهربائي خلال البلازما واستخدام المجال المغناطيسي، ويمكن بذلك إخضاع البلازما لقوة

obeikandl.com

كهرومغناطيسية مشابهة لتلك التي يعمل بها المحرك الكهربي، وهذه القوة يمكن استخدامها بشكل فعال لزيادة سرعة البلازما ودفعها بسرعة عالية جدًّا قد تصل إلى ٦٠ كيلومترا في الثانية، وبهذه الطريقة يتم إنتاج قوة دفع يمكنها دفع أي مركبة فضائية في الفضاء.

ويطلق على هذا الجهاز الذي يقوم بتوليد وتسريع البلازما اسم صاروخ البلازما، أو محرك البلازما، أو «جهاز الدفع بالبلازما» Plasma Thruster، وهو عبارة عن صاروخ كهربائي لاعتماده على الطاقة الكهربية، بدلا من احتراق الوقود. ويركز مختبر الدفع بالبلازما على دراسة الفيزياء المعقدة للبلازما، وتطوير أنواع مختلفة من صواريخ البلازما.

وبالنسبة إلى أهمية تقنية الدفع بالبلازما في المركبات الفضائية، فإن معظم الصواريخ المستخدمة حاليًا في الفضاء، هي صواريخ كيميائية (بوقود كيميائي) تعتمد على عملية الاحتراق؛ أي تحرق الوقود السائل داخل حجرة الاحتراق لإنتاج غاز كهربي محايد، يخرج كعادم من الصاروخ بسرعة لاتتجاوز ٣ كيلومترات في الثانية. وكلما كانت سرعة الغاز الخارج من الصاروخ عالية، قلت نسبة الوقود المستخدم لدفع مركبة فضائية من مكان لآخر في الفضاء؛ ولذا نحتاج إلى عدة أطنان من الوقود لإرسال مركبة فضائية كبيرة مأهولة أو على متنها معدات ثقيلة. أما اذا استخدمنا صاروخ البلازما، الذي تصل سرعة العادم فيه الى ٦٠ كيلومتراً في الثانية، فإن وزن المادة الدافعة يمثل جزءًا صغيرًا بالمقارنة بتلك، التي يستخدمها الصاروخ الكيميائي.

جهاز تنقية الهواء "بلازما كلاستر":

هى تكنولوجيا تصدر أيونات مشحونة بشحن إيجابية وسلبية تطلق في الهواء. هذه الأيونات غير مستقرة، وعلى الفور تحيط بها جزيئات المياه التي في الهواء. تنتشر الجزيئات الناتجة عن التجمعات التي نسميها "بلازما كلاستر"، خارج القاعة، لربط الجزيئات والجسيمات المحمولة جوًّا. إن هذا النظام يعامل الهواء في منزلك بطريقة مماثلة للطريقة الطبيعية لتنظيف البيئة. تساعد أجهزة تنقية الهواء "بلازما كلاستر" في القضاء على روائح الحيوانات الأليفة، ودخان السجائر ورائحة المطبخ وتحسين الجو في الغرفة.

تبقي أجهزة تنقية الهواء الجوي "بلازما كلاستر" في منزلك جديدة ونظيفة، من خلال ثلاثة مرشحات مكافحة الغبار وحبوب اللقاح ودخان التبغ غير المباشر. الفلتر الأول مصمم لالتقاط الغبار والأوساخ، وفلتر الكربون النشط يزيل الروائح المنزلية المزمنة، يجسد فلتر HEPA أكثر من ٩٩,٩٧ ٪ من الجسيمات (يتجاوز حجمها ٠,٣ ميكرون) في الهواء، الذي يمر عليه، وله طبقة مغلفة مضادة للبكتيريا كحماية إضافية. على نفس القدر من الأهمية، فإن ثلاثي الترشيح يتميز بكفاءة النظام؛ حيث تستمر مرشحات HEPA والكربون النشط لمدة تصل إلى خمس سنوات، وهذا يتوقف على شروط الاستخدام والغرفة.

وكذلك فإنها سهلة التشغيل للمحافظة على الجهد. وتشمل كلا النموذجين شارب رائحة الاستشعار التلقائي، وهو مجس أو حساس لاستشعار رائحة الغرفة؛ وهذا الاستشعار لحماية إضافية من الأسر الأكثر شيوعا للحساسية، ولكل من هذه القوى أجهزة تنقية الهواء وتعبئتها، ومن البديهي أن يتم ذلك باستخدام جهاز التحكم عن بعد.

obeikandl.com

وحدات وثوابت

UNITS AND CONSTANTS

- SI units: meters (m), kilograms (kg), seconds (s), coulombs (C)

  $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C; electron charge $= -e$

- Energy unit is joule (J)

  Often use electron-volt

  $$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

- Temperature unit is kelvin (K)

  Often use equivalent voltage of the temperature:

  $$\boxed{\text{T}_e(\text{volts}) = \frac{kT_e(\text{kelvins})}{e}}$$

  where k = Boltzmann's constant $= 1.38 \times 10^{-23}$ J/K

  $$\boxed{1 \text{ V} \Longleftrightarrow 11,600 \text{ K}}$$

- Pressure unit is pascals (Pa); 1 Pa = 1 N/m^2

  Atmospheric pressure $\approx 10^5$ Pa $\equiv$ 1 bar

  Often use English units for gas pressures

  Atmospheric pressure = 760 Torr

  $$1 \text{ Pa} \Longleftrightarrow 7.5 \text{ mTorr}$$

obeikandl.com

ثوابت فيزيقية

Fundamental Physical Constants

Quantity	Symbol	Best Value[6]	Relative Uncertainty ($\times 10^{-6}$)
electron mass	m_e	$9.109\,389\,7 \times 10^{-31}$ kg	0.59
proton mass	m_p	$1.672\,623\,1 \times 10^{-27}$ kg	0.59
elementary charge	e	$1.602\,177\,33 \times 10^{-19}$ C	0.30
speed of light in vacuum	c	299 792 458 m/s	exact[7]
permeability of vacuum	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H/m	exact
permittivity of vacuum	ϵ_0	$1/\mu_0 c^2$ F/m	exact
gravitational constant	G	$6.672\,59 \times 10^{-11}$ N·m^2/kg^2	128
Planck constant	h	$6.626\,075\,5 \times 10^{-34}$ J·s	0.60
Boltzmann constant	k_B	$1.380\,658 \times 10^{-23}$ J/K	8.5

SI Units And Their Abbreviations, Interrelationships

Quantity	Name	Symbol	In Terms Of Other Units
length	meter	m	10^2 cm = 10^{10} Å
mass	kilogram	kg	10^3 g
time	second	s	
electric current	ampere	A	C/s
temperature	kelvin	K	$\simeq 1/11\,604.4$ eV
amount of substance	mole	mol	
atomic unit of energy	electron volt	eV	$\simeq 1.602\,177\,33 \times 10^{-19}$ J
atomic unit of mass	amu	u	$\simeq 1.660\,540\,2 \times 10^{-27}$ kg
frequency	hertz	Hz	s^{-1} (cycles per second)
force	newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
pressure, stress	pascal	Pa	$N/m^2 = m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
energy, work	joule	J	$N \cdot m = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
power	watt	W	$J/s = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
electric charge	coulomb	C	$s \cdot A$
electric potential	volt	V	$W/A = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
capacitance	farad	F	$C/V = m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
electrical resistance	ohm	Ω	$V/A = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
magnetic flux	weber	Wb	$V \cdot s = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
magnetic flux density[8]	tesla	T	$Wb/m^2 = kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
inductance	henry	H	$Wb/A = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

openkandil.com

Other Physical Constants

Quantity	Symbol	Value
Avogadro constant	N_A	6.022×10^{23} #/mol
Molar gas constant	R	$8.31\ \mathrm{J \cdot mol^{-1} K^{-1}}$
Air (20°C and 1 atmosphere)		
density	n	2.49×10^{25} molecules/$\mathrm{m^3}$
sound speed	c_S	343 m/s
atmospheric pressure	p	760 Torr = 1.01×10^5 Pa
molecular weight		28.9 g/mol
viscous diffusivity	μ^m/ρ_m	1.5×10^{-5} $\mathrm{m^2/s}$
Water		
density	n	3.33×10^{28} molecules/$\mathrm{m^3}$
sound speed	c_S	1460 m/s
viscous diffusivity	μ^m/ρ_m	10^{-6} $\mathrm{m^2/s}$
Earth		
mass	M_E	5.98×10^{24} kg
mean radius	R_E	6.37×10^6 m
gravitational acceleration	g	$9.81\ \mathrm{m/s^2}$
magnetic dipole moment	M_d	$8.0 \times 10^{22}\ \mathrm{A \cdot m^2}$

Particle Masses

Particle or Atom	Symbol	Atomic Number Z	Best Atomic Mass[9] Value	Energy Units (mc^2/e, MeV)
electron	m_e		0.000 548 579 903	0.511
muon	m_μ		0.113 428 913	105.658
proton	m_p	1	1.007 276 470	938.272
neutron	m_n		1.008 664 904	939.566
deuteron	m_D	1	2.013 553 214	1 875.613
triton	m_T	1	3.016 050	2 809.853
helium	m_{He}	2	4.002 603	3 728.402
carbon	m_C	6	12.011 15	
nitrogen	m_N	7	14.006 7	
oxygen	m_O	8	15.999 4	
argon	m_{Ar}	18	39.948	
iron	m_{Fe}	26	55.845	
molybdenum	m_{Mo}	42	95.94	
tungsten	m_W	74	183.84	

بارامترات البلازما الأساسية

كل الكميات مقدرة بوحدات cgs (الجاوسي) عدا درجة الحرارة تقدر بوحدة الكترون فولت eV وكتلة الأيون m_i يعبر عنها بكتلة البروتون $\mu = m_i/m_p$ و Z حالة الشحنة، k ثابت بولتزمان، K العدد الموجي، γ المعامل الأديابتيكي و $\ln\Lambda$ لوغاريتم كولوم.

الترددات

Frequencies

electron gyrofrequency	$f_{ce} = \omega_{ce}/2\pi = 2.80 \times 10^6 B\,\mathrm{Hz}$
	$\omega_{ce} = eB/m_e c = 1.76 \times 10^7 B\,\mathrm{rad/sec}$
ion gyrofrequency	$f_{ci} = \omega_{ci}/2\pi = 1.52 \times 10^3 Z\mu^{-1} B\,\mathrm{Hz}$
	$\omega_{ci} = ZeB/m_i c = 9.58 \times 10^3 Z\mu^{-1} B\,\mathrm{rad/sec}$
electron plasma frequency	$f_{pe} = \omega_{pe}/2\pi = 8.98 \times 10^3 {n_e}^{1/2}\,\mathrm{Hz}$
	$\omega_{pe} = (4\pi n_e e^2/m_e)^{1/2}$
	$= 5.64 \times 10^4 {n_e}^{1/2}\,\mathrm{rad/sec}$
ion plasma frequency	$f_{pi} = \omega_{pi}/2\pi$
	$= 2.10 \times 10^2 Z\mu^{-1/2} {n_i}^{1/2}\,\mathrm{Hz}$
	$\omega_{pi} = (4\pi n_i Z^2 e^2/m_i)^{1/2}$
	$= 1.32 \times 10^3 Z\mu^{-1/2} {n_i}^{1/2}\,\mathrm{rad/sec}$
electron trapping rate	$\nu_{Te} = (eKE/m_e)^{1/2}$
	$= 7.26 \times 10^8 K^{1/2} E^{1/2}\,\mathrm{sec}^{-1}$
ion trapping rate	$\nu_{Ti} = (ZeKE/m_i)^{1/2}$
	$= 1.69 \times 10^7 Z^{1/2} K^{1/2} E^{1/2} \mu^{-1/2}\,\mathrm{sec}^{-1}$
electron collision rate	$\nu_e = 2.91 \times 10^{-6} n_e \ln\Lambda T_e^{-3/2}\,\mathrm{sec}^{-1}$
ion collision rate	$\nu_i = 4.80 \times 10^{-8} Z^4 \mu^{-1/2} n_i \ln\Lambda T_i^{-3/2}\,\mathrm{sec}^{-1}$

الأطوال

Lengths

electron deBroglie length	$\lambda = \hbar/(m_e kT_e)^{1/2} = 2.76 \times 10^{-8} T_e^{-1/2}$ cm
classical distance of minimum approach	$e^2/kT = 1.44 \times 10^{-7} T^{-1}$ cm
electron gyroradius	$r_e = v_{Te}/\omega_{ce} = 2.38 T_e^{1/2} B^{-1}$ cm
ion gyroradius	$r_i = v_{Ti}/\omega_{ci}$ $= 1.02 \times 10^2 \mu^{1/2} Z^{-1} T_i^{1/2} B^{-1}$ cm
electron inertial length	$c/\omega_{pe} = 5.31 \times 10^5 n_e^{-1/2}$ cm
ion inertial length	$c/\omega_{pi} = 2.28 \times 10^7 Z^{-1} (\mu/n_i)^{1/2}$ cm
Debye length	$\lambda_D = (kT/4\pi ne^2)^{1/2} = 7.43 \times 10^2 T^{1/2} n^{-1/2}$ cm

السرعات

Velocities

electron thermal velocity	$v_{Te} = (kT_e/m_e)^{1/2}$ $= 4.19 \times 10^7 T_e^{1/2}$ cm/sec
ion thermal velocity	$v_{Ti} = (kT_i/m_i)^{1/2}$ $= 9.79 \times 10^5 \mu^{-1/2} T_i^{1/2}$ cm/sec
ion sound velocity	$C_s = (\gamma Z k T_e/m_i)^{1/2}$ $= 9.79 \times 10^5 (\gamma Z T_e/\mu)^{1/2}$ cm/sec
Alfvén velocity	$v_A = B/(4\pi n_i m_i)^{1/2}$ $= 2.18 \times 10^{11} \mu^{-1/2} n_i^{-1/2} B$ cm/sec

علاقات دون أبعاد

Dimensionless

number of electrons in Debye cube	$n_e \lambda_{De}^3$	$\simeq$	$4.1 \times 10^{11} [T_e(\text{eV})]^{3/2}/\sqrt{n_e}$
Coulomb logarithm	$\ln \Lambda$	$\equiv$	$\ln\left(\dfrac{\lambda_D}{\max\{b_{\min}^{\text{cl}}, b_{\min}^{\text{qm}}\}}\right)$
	$b_{\min}^{\text{cl}}$	$=$	$Z_i/(12\pi n_e \lambda_{De}^2) \simeq 5 \times 10^{-10} Z_i/T_e(\text{eV})$ m
	$b_{\min}^{\text{qm}}$	$=$	$h/(4\pi m_e v) \simeq 1.1 \times 10^{-10}/[T_e(\text{eV})]^{1/2}$ m
plasma to magnetic pressure	β	$\equiv$	$\dfrac{P}{B^2/2\mu_0} = \dfrac{n_e T_e + n_i T_i}{B^2/2\mu_0}$
		$\simeq$	$4.0 \times 10^{-25} \left(\dfrac{n_e}{B^2}\right) \left[T_e(\text{eV}) + \dfrac{n_i}{n_e} T_i(\text{eV})\right]$
Lundquist number	S	$\equiv$	$\dfrac{a^2/(\eta/\mu_0)}{L_\parallel/c_A}$
		$\simeq$	$1.6 \times 10^{13} \dfrac{a^2 B [T_e(\text{eV})]^{3/2}}{L_\parallel Z_i \sqrt{n_i A_i}} \left(\dfrac{17}{\ln \Lambda}\right)$

obeikandl.com

المراجع

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_(physics).
2. Anderson J. D. (1991) Fundamental of Aerodynamics Mc-grow. Hill, New York
3. Fridman G, Fridman A, Peddinghaus M, Balasubramanian M, Gutsol A, Friedman G (2005) From Plasma Biology to Plasma Medicine: Sterilization, Tissue Engineering, Treatment of Surface Wounds and Skin Diseases. in The 58th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC). San Jose, CA, USA
4. Kalghatgi, S. U., Fridman, G., Cooper, M., Nagaraj, G., Peddinghaus, G., Balasubramanian, M., Vasilets, V. N., Gutsol, A., Fridman, A., Fridman, G. 2007. Mechanism of Blood Coagulation by Non-Thermal Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge Plasma, IEEE Trans. Plasma Sci. 35(5): 1559-1566.
5. Francis Chen, 1974, 1988, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press.
6. Yaffa & Shalom Eliezer, 1989 (2nd edition, 2001), The Fourth State of Matter, Hilger, Bristol.
7. Goldston R. J. and Rutherford P. H., (1995) Introduction to Plasma Physics, IOP.
8. Lindl J., (1998), Inertial Confinement Fusion, Springer.
9. Wesson J., (2004), Tokomaks, 3rd ed., Oxford Univ. Press.
10. McCracken G. and Stott P., (2005) Fusion: The Energy of the Universe, Elsevier.

obeikandl.com