

物理学研究連絡委員会報告

「高エネルギー密度状態の科学を探究する
学術研究の推進」

平成17年9月15日

日本学術会議

物理学研究連絡委員会

この報告は、第19期日本学術会議物理学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめ発表するものである。

物理学研究連絡委員会

委員長	北原 和夫	日本学術会議第4部会員、国際基督教大学教養学部教授
幹事	渡邊 靖志	東京工業大学大学院理工学研究科教授
幹事	佐藤 正俊	名古屋大学大学院理学研究科教授
幹事	並木 雅俊	高千穂大学教養学部教授
	秋光 純	日本学術会議第4部会員、青山学院大学理工学部教授
	江澤 洋	日本学術会議第4部会員、学習院大学名誉教授
	上坪 宏道	日本学術会議第4部会員、理化学研究所中央研究所加速器研究施設統括調整役
	郷 信広	日本学術会議第4部会員、日本原子力研究所特別研究員
	後藤 俊夫	日本学術会議第5部会員、名古屋大学高等研究院長
	村木 綏	名古屋大学太陽地球環境研究所教授
	小山 勝二	京都大学大学院理学研究科教授
	山中 卓	大阪大学大学院理学研究科物理教授
	永宮 正治	高エネルギー加速器研究機構大強度陽子加速器計画推進部部長
	福山 秀敏	東北大学金属材料研究所附属材料科学国際フロンティアセンター教授
	榊 裕之	東京大学生産技術研究所第三部教授
	寺倉 清之	北海道大学創生科学研究機構教授
	高田 俊和	日本電気(株)基礎・環境研究所主席研究員
	盛永 篤郎	東京理科大学理工学部教授
	伏見 讓	埼玉大学工学部教授
	小嶋 泉	京都大学数理解析研究所助教授
	江尻 有郷	明治大学理工学部物理学科専任講師
	鹿児島誠一	東京大学大学院総合文化研究科教授
	後藤 輝孝	新潟大学大学院自然研究科教授
	菅 滋正	大阪大学大学院基礎工学研究科教授
	中村 新男	名古屋大学大学院工学研究科教授
	山田 耕作	京都大学理学部教授

前川	禎道	東北大学金属材料研究所教授
潮田	資勝	北陸先端科学技術大学院大学長
大貫	惇睦	大阪大学大学院理学研究科教授
西森	秀稔	東京工業大学大学院理工学研究科教授
高畠	敏郎	広島大学大学院先端物質科学研究科教授
矢ヶ崎	克馬	琉球大学理学部長
倉本	義夫	東北大学大学院理学研究科教授
鈴村	順三	名古屋大学大学院理学研究科教授
上田	和夫	東京大学物性研究所長
石原	宏	東京工業大学フロンティア創造共同センター教授
二宮	正夫	京都大学基礎物理学研究所教授
藤川	和男	日本大学理工学部量子科学研究所教授
小林	誠	高工エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所長
土岐	博	大阪大学核物理研究センター長
堀内	昶	京都大学大学院理学研究科教授
大塚	孝治	東京大学大学院理学研究科教授
谷森	達	京都大学大学院理学研究科教授
福島	正己	東京大学宇宙線研究所教授
鳥居	祥二	神奈川大学工学部教授
木船	正	信州大学工学部教授
吉村	太彦	岡山大学理学部教授
駒宮	幸男	東京大学理学系研究科教授、東京大学素粒子物理国際研究センター長
高崎	史彦	高工エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所教授
西川	浩一郎	京都大学大学院理学研究科教授
武田	廣	神戸大学理学部長
黒川	眞一	高工エネルギー加速器研究機構加速器研究施設教授
酒井	英行	東京大学大学院理学研究科教授
本橋	透	理化学研究所本村重イオン核物理研究室主任研究員
橋本	治	東北大学理学部教授
延與	秀人	理化学研究所延與放射線研究室主任研究員
伊藤	早苗	九州大学応用力学研究所教授
奥野	和彦	東京都立大学客員教授
加藤	義章	日本原子力研究所理事
西川	恭治	広島大学顧問
柳下	明	高工エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所教授

渡辺	信一	電気通信大学電気通信部教授
兵頭	俊夫	東京大学大学院総合文化研究科教授
山崎	泰規	東京大学大学院総合文化研究科教授
犬竹	正明	東北大学大学院工学研究科教授
植田	憲一	電気通信大学レーザー新時代研究センター教授
佐野	正博	明治大学経営学部教授

要 旨

1. 報告書の名称

高エネルギー密度状態の科学を探究する学術研究の推進

2. 報告書の内容

(1) 作成の背景

大規模高強度レーザー技術の進展により、前人未踏の超高温・超高密度のプラズマを実験室に生成することができるようになった。このような極限プラズマを研究対象とする高エネルギー密度状態の科学とその応用を俯瞰すると、原子物理、極限物性、放射光・高エネルギー粒子源、レーザー粒子加速、核融合科学、地球・惑星物理、宇宙物理、核物理・素粒子物理など幅広い物理分野が連携した新たな研究展開が展望できる。国際的にも高エネルギー密度科学の推進のための共同研究体制が欧米を中心に整いつつある。本研究分野が物理の学際的領域として認知され、新領域を形成しつつあることは、2005 年秋に国際学術誌「Journal of High Energy Density Physics」が Elsevier 社から発刊されることから明らかである。

(2) 現状及び問題点

高エネルギー密度科学と表現できる新しい研究分野が生まれようとしている。米国、欧州を中心に組織的な学術展開が始まろうとしている状況を鑑み、我が国で培われてきた大規模レーザー技術とそれによる実験や理論の知的財産に立脚しつつ、高エネルギー密度科学を我が国においても発展させていく必要がある。しかし、我が国においては極めて限られた人数の研究者がプラズマ物理学を中心に核融合と関連して研究してきた経緯があり、広い関連物理分野の研究者との緊密な連携に乏しい現実がある。このような問題点を克服し国際的な発言権を確保するためにも、我が国における共同研究体制を緊急に構築する努力が求められている。

提言：高エネルギー密度状態の科学という広い物理分野が連携した新学術領域の推進を提案する。この新領域における我が国の競争力を高めることは基礎科学の振興だけでなく、学術の応用研究の将来性を含めて重要である。本研究分野推進のため関連する物理分野の専門家が緊密に連携できる共同研究体制の構築を提案する。

目 次

1 .	はじめに	1
2 .	基本的な考え方	2
2.1	高エネルギー密度科学とは	
2.2	高エネルギー密度科学の先進性と重要性	
2.3	高エネルギー密度科学のこれまでの成果と将来性	
2.4	世界の現状と国際的な競争と協力	
3 .	提言	7
4 .	おわりに	8
	付録：国際学術誌「高エネルギー密度の物理」の発刊	9

1 . はじめに

技術の進歩が新しい研究領域を切り拓いていくことは歴史に照らせば明白であり、同時に、極めて挑戦的な研究課題の設定が、それを動機に先端的な技術を生み出してきたことも歴史は教えてくれる。特に基礎科学の位置づけは、単に、その研究内容の斬新さや物理等の世界観の新たな展開という成果にのみあるのではなく、その研究目的を遂行する過程で要求される先端的な技術が長い年月を経て民生技術として社会に還元されていくことにもある。具体的な例としてはコンピューターや集積回路を初めとして枚挙にいとまがない。同時に、若い優秀な学生や研究者を魅了し、彼らの潜在的能力を引き出すために、科学技術創造立国を標榜し国家の存続基盤としている我が国においては、極めて挑戦的な研究課題の設定が学术界に常に求められている。

1960年のレーザーの登場がもたらしたものは科学と技術の相互作用の典型である。現在、レーザーを研究手段として使わない分野を探すのが難しいほど、科学技術の中心的存在にまでレーザーは成長している。レーザーの集光性を最大限に生かし、局所に短時間にエネルギーを投入することで、他の方法では実現できない高温で高密度のプラズマを生成することが出来る。その特性を利用して高温・高密度プラズマを生成し、核融合エネルギーを取り出そうというのがレーザー核融合である。レーザー核融合研究は1973年と1978年の第1次、2次石油危機に後押しされた形で、社会の要請を受け、大規模レーザーの建設により飛躍的に進展した。さらに、レーザーの技術革新が研究の新展開をもたらしてきた。その代表がレーザーパルスを千倍から一万倍に圧縮する超高強度パルスレーザー（CPA: Chirped Pulse Amplification)法である。CPA法の利用で相対論的プラズマを実験室に生成することができるまでに至った。

大規模レーザー装置を用いた比較的大きなプラズマの生成実験と、時間的・空間的に超高分解能の計測器開発が相まって、高エネルギー密度科学と表現できる新しい研究分野が生まれようとしている。この新しい科学は広い物理分野に関連しているのが特徴である。プラズマ物理学を学術基盤に、原子物理、極限物性、放射光・高エネルギー粒子源、レーザー粒子加速、核融合科学、地球・惑星物理、宇宙物理、そして近い将来、核物理・素粒子物理とも関連してくる可能性を持っている。我国で培われてきた大規模レーザーを用いたプラズマ実験や理論の知的財産に立脚し、高エネルギー密度科学を学術として発展させていくためには、研究人口の増大がまずは必要である。それは、今まで交流に乏しかったが本科学と

密接に関連している物理分野との連携する過程で達成していくべきである。日本学術会議物理学研究連絡委員会は、高エネルギー密度状態の科学という新しい研究を推進することが、物理学の新領域を切り拓く果敢な挑戦であり、我が国の科学・技術の発展に重要であると判断し提言をまとめた。

2 . 基本的な考え方

天然資源に乏しい我が国は 1995 年に「科学技術基本法」を制定し、科学技術創造立国を国家目標とした。その法案提出説明文において「科学技術の総合的・学際的取り組みが重要であり、若者の理科離れを防ぐ対策が必要である」と記されている。次世代のために、総合的・学際的な学術の展開に取り組める場を用意することが我々には求められており、それが、21 世紀における魅力的な学術の創造につながると考えている。本提言にある高エネルギー密度科学の推進は、細分化された物理分野の連携を生み出すと同時に、知の創造と活力による人材、基礎研究、知的財産、研究基盤の向上・発展に寄与しながら、大学等の活力に富んだ発展に貢献すると考えている。

2.1 高エネルギー密度科学とは

レーザー光はボソンの集合体であることから、集光により単位体積内の光子の数を極限まで高めることができる。光はエネルギーであり、物質と相互作用することにより物質を宇宙にしか存在しないような高温にまで加熱することができる。同時に、爆縮により密度も固体の千倍近くにまで高くできることが実験的に示されている。この様に、超高温で極めて高密度なプラズマ状態を高エネルギー密度状態と表現し、その物性や放射流体などのダイナミクスを研究する新分野を高エネルギー密度状態の科学（高エネルギー密度科学）と言う。

ここで言う高エネルギー密度状態は圧力にして 100 万気圧以上に対応する。これをエネルギー密度に換算すると 10^{12}J/m^3 以上、つまり、1 ミリ四方に 1 キロジュール以上を詰め込むことになる。このような状態は地上の自然界には存在せず、地球中心部（100 万気圧）から太陽中心（1 億気圧）に相当する。宇宙物理や惑星物理で理論的にしか議論されてこなかった高エネルギー密度状態の物理を実験室で研究することができるようになりつつある。

瞬時にエネルギーを局所に投入することができる高強度パルスレーザーの利点を生かせば、高エネルギー密度物質状態の物性を研究するにとどまらず、高エネルギー密度物質の爆発現象など、華々しい光やX線の放出を通して観測される宇宙の様々な爆発現象の主要な物理過程を実験室に模擬することが可能になる。また、従来、検証の手段がなかった宇宙・惑星物理の数値モデルの正当性の確認が模擬実験との比較を通して可能となる。実験室での高エネルギー密度物理現象を計測する超高速のX線カメラなどの計測手段の開発がレーザー核融合研究を中心として行われてきたことにより、詳細な実験データが得られるようになった背景がある。

加速器が個々の粒子のエネルギーを極限まで高くして、粒子同士の衝突現象に伴う高エネルギー物理の「素過程」を中心に研究する装置であるのに対し、大規模高強度レーザーは個々の電子やイオン粒子のエネルギーは数百 eV から MeV の領域であるが、粒子密度が高く、荷電粒子が集団となって初めて現れる極限世界の「集団現象」を研究するための装置である。従って、大規模レーザーは加速器に取って代わるものではなく、むしろ、互いを補間し合うことによって物理のフロンティアを切り拓く。また、加速器とレーザーの組み合わせにより、従来では不可能と思われていた研究の新たな展開も期待されることから両分野の研究者の交流も極めて重要である。

2.2 高エネルギー密度科学の先進性と重要性

理論的に可能性が指摘されていた炭素の金属遷移などを実験的に調べることができるようになってきた。将来的には物性物理の長年の課題である水素の金属遷移の存在に決着をつけることは高エネルギー密度科学の大きな課題の一つである。高エネルギー密度科学は木星のような巨大惑星の内部状態を実験室で確認する唯一の手段と言っても過言ではない。同時に、高密度状態の物質の状態方程式の研究は近年観測が急速に進んできた惑星形成の研究に重要なデータを提供すると考えられている。

超高強度レーザーを集光するとその電場は 10^{13} V/m (=10kV/cm) という超高強度場となり、地上で実現できる最強電場である。このような電場で振動する電子のエネルギーは数十 MeV にも達し、相対論効果による電子質量の変化でレーザーの自己収束が起こる。また、原子核の励起エネルギーにも相当することから核物理研究と関係してくる。当然、レーザー加熱で発生する電子は相対論的となるので、

その電流密度は極めて高く、その際に発生する磁場はギガ・ガウスにまで達する。これも実験室で発生できる最強磁場である。また、電子電流束の分裂・融合などの相対論的な非線形プラズマ現象が起こる。このようなプラズマ現象はコンパクト星など宇宙でのみ発現すると考えられて来たが、レーザー実験で研究することが可能になってきた。その結果、ガンマ線バーストなどの研究にも影響を与えるに至っている。相対論的プラズマの非線形現象は数多くの先進的な研究テーマを提供している。

高エネルギー密度科学研究では、レーザーを照射する物質の材料や構造、ガスなどの環境を変えることにより多様な実験が可能となる。照射物質を総称してターゲットと呼んでいる。ターゲットの材料や構造を工夫することで原子物理、流体物理、輻射物理、状態方程式、衝撃波物理など複数の物理がからんだ物理複合型のプラズマ現象だけではなく、調べたい物理のみが際立つようなモデル実験を行うことが可能になる。このようなモデル実験をそれぞれの要素物理に対して行い、そのデータベースを構築することで、物理統合型の大規模計算科学の進展に貢献する。このような物理統合型コードの開発は核融合プラズマや宇宙プラズマの物理現象の予言に有効であり、信頼性向上に高エネルギー密度科学の学術的蓄積が不可欠である。宇宙でしか現れないような様々な物理の複合現象も対象とする高エネルギー密度科学の推進が大規模計算科学の発展に貢献することも特筆すべき点である。

2.3 高エネルギー密度科学のこれまでの成果と将来性

本研究の源は学術としてではなく核融合エネルギー開発研究の手段として推進されてきた経緯がある。レーザー核融合実現には固体密度の千倍で温度が1億度の高エネルギー密度プラズマの実現が不可欠である。我が国における実験で、1980年代に1億度の温度が、1990年代に固体の600倍の密度が実証された実績がある。固体密度の600倍とは地球中心部の密度より高く、太陽中心密度をも超える。この記録は今でも世界一である。

高強度レーザー以外の方法では電離や輻射が流体現象に重要となる高温流体の物理を調べることは困難である。ところが、宇宙などで観測される爆発現象では超新星爆発に代表されるように、強い衝撃波で物質は電離しプラズマ化し、X線など輻射によるエネルギー輸送が重要となる局面が多々見られる。レーザーを使った実験室内での爆風波の実験で、輻射輸送を伴う爆発現象が流体不安定を引き

起こすなどの発見があった。

また、部分電離した鉄などはX線を吸収し同時に放出することで星の進化を支配する。ターゲットを工夫することで各種元素プラズマのオパシティ（X線に対する不透明度の波長依存性）計測が世界中で行われてきた。そのデータは米国リバモア研究所で開発された「OPAL」に代表される複雑なオパシティ・コードの検証・改良に貢献してきた。その結果、例えば、新星の光度曲線の説明が可能になったし、セファイド型変光星の振動周期と振動モードの関係をより精度よく説明できるようになった。さらに研究を進め、星の進化における輻射輸送のモデルが精緻化すれば、宇宙年齢を球状星団の星の年齢から決定することも可能になると考えられる。同時に、変光星を用いたハッブル定数割り出しの精度向上などにも貢献する。

非平衡原子物理、圧縮性流体の物理、非局所輸送の物理、輻射輸送の物理、オパシティ、状態方程式、粒子加速、強結合プラズマ物理、相対論的プラズマの非線形物理など物理学の複数の分野に関連した学術を体系的に研究していくことが高エネルギー密度科学には求められている。その体系化の過程で、大規模計算科学推進への貢献は大きい。上記のような学術の体系化は長期のレーザー核融合の実現や宇宙・惑星科学に必要なだけでなく、並行して学術の新たな応用の芽も育てる。特に、高強度レーザーを用いることによりコンパクトな高エネルギー粒子源や放射源を製作することができ、基礎科学から産業まで広い応用研究の展開が期待される。また、本学術を支える高出力レーザー技術の開発研究は、加速器技術と高エネルギー物理の関係と同じで、高エネルギー密度物理と両輪をなす重要な研究である。

2.4 世界の現状と国際的な競争と協力

冷戦の終結に始まる21世紀はグローバル化の時代であり、科学技術の分野ではその傾向が極めて顕著である。この「世界大競争の深化」と表現される、米国の世界的優位性、欧州連合の拡大、中国などアジアの台頭の時代にあって、科学技術の分野に置いてフロントランナーであり続けることは極めて厳しい。我が国がフロントランナーであるためには、常に新しい学術展開の試みが求められている。

高エネルギー密度状態の科学は、米国では高エネルギー密度物理（HEDP: High Energy Density Physics）として既に推進されている。米国では冷戦の終結を受け、

核兵器研究所であるリバモア研究所やロスアラモス研究所などでの研究生活に、正義感に駆られた優秀な若者が魅力を感じる動機が希薄となり、人材不足に悩んでいる。その結果、国家安全保障が危険にさらされるという現実には直面している。そこで、エネルギー省 (DOE: Department of Energy) の国家核安全保障局 (NNSA: National Nuclear Security Agency) が維持管理する大規模レーザーやパルス・パワー装置を基礎科学の研究に供することで、優秀な人材を確保していく政策がとられている。その予算規模は膨大で、かつ、米国航空宇宙局 (NASA: National Aeronautic and Space Administration) や全米科学基金 (NSF: National Science Foundation) も協力しながら高エネルギー密度物理を推進している。現在部分的に稼働中の巨大レーザー「NIF」(National Ignition Facility <http://www.llnl.gov/nif/>) も 15% を大学などの基礎研究に開放する予定である。

欧州においては英国のラザフォード研究所や仏国のエコール・ポリテクニークに大規模レーザーがある。それらは欧州レーザー研究機構 (LaserLab Europe 9ヶ国、17機関 <http://www.laserlab-europe.net/>) を通して多数の欧州研究者が共同利用できる体制にある。また、仏国ポルドーに建設中の巨大レーザー「LMJ」(Laser Mega Joule) もその一部を共同研究用に開放する予定である。

中国では上海に高強度レーザー材料の製造技術を有する大規模な研究所がある (名称: 上海光机所)。そこで製造されたレーザー材料を用いて成都市北東 160 km に位置する綿陽のレーザー核融合研究センターで大規模レーザー装置の建設が進められている。このセンターでは高エネルギー密度プラズマ物理と研究題目を掲げ、中国科学院と連携しながら全国的な研究展開を図っている。

我が国においても、従来、核融合を主たる目的としてきた研究所が、超高温超高密度状態の科学へと研究領域を拡大しつつある。それを支援する物理学研究者のコミュニティも生まれつつある。

それと並行して、我が国では、化学、生物、医学などへの応用を視野に入れた広領域の「光科学」の研究ネットワークの構築が進行中である。

このような世界の動向を反映して 2005 年の秋に Elsevier 社より国際学術誌「Journal of High Energy Density Physics」(<http://www.elsevier.com/locate/hedp/>) が刊行される運びとなった (付録参照)。また、国際純正応用物理学連合 (IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics) の C16 (Plasma Physics) 委員会の下に、超高強度レーザー国際委員会 (ICUIL: International Committee on Ultra-intense Lasers) が 2004 年 2 月に発足し、CPA 法を導入した比較的コンパクトなレーザーで

超高強度場を発生させ、基礎から応用まで多様な研究展開を世界的に図る試みが行われている。

我が国に於ける高エネルギー密度科学研究の迅速な展開にあわせた国際協力推進は、科学技術基本法の第 18 条にうたう「国は、国際的な科学技術活動を強力に展開することにより、我が国の国際社会における役割を積極的に果たすとともに、我が国における科学技術の一層の進展に資するため、研究者等の国際的交流、国際的な共同研究開発、科学技術に関する情報の国際的流通等科学技術に関する国際的な交流等の推進に必要な施策を講ずるものとする」の国際共同研究の積極的な推進の精神とも合致する。高エネルギー密度科学の分野においても国際的な競争力を持ち、国際協力におけるリーダーシップがとれるように、我が国における研究を推進していく必要がある。

3 . 提言

提言： 高エネルギー密度状態の科学という広い物理分野が連携した新学術領域の推進を提案する。この新領域における我が国の競争力を高めることは基礎科学の振興だけでなく、学術の応用研究の将来性を含めて重要である。本研究分野推進のため関連する物理分野の専門家が緊密に連携できる共同研究体制の構築を提案する。

高エネルギー密度状態の科学はプラズマ物理学を学術基盤とし、原子物理、物性物理、放射光・高エネルギー粒子源、レーザー加速器、核融合科学、地球・惑星物理、宇宙物理、原子核・素粒子物理などを包含した幅広い物理学の連携を必要とする新しい研究領域である。この研究領域は米国においてはエネルギー省傘下の全米共同研究機関ですでに推進されており、多様な分野の英知が結集して新しい学問分野を育成しつつある。また、欧州においても 9 ヶ国、17 研究機関で構成する研究機構を通して広い分野の研究者が大規模レーザー利用による本分野の国際的競争力を高めつつある。我が国においては極めて限られた人数の研究者がプラズマ物理学を中心に核融合と関連して研究してきた経緯があり、関連物理分野の研究者との連携が急がれる。

高エネルギー密度科学の興隆は世界的傾向であり、我が国が後れを取らないためにも、また、これまでの実績を踏まえて国際的なリーダーシップを発揮する意

味でも、広範な物理分野と連携しながら研究を展開していくことが今、求められている。そのためには、関連する専門家による幅広い緊密な共同研究が必要であり、そのような共同研究を可能にする研究体制の整備と、その中核をなす共同研究施設の設立が強く望まれる。

4 . おわりに

レーザー核融合研究に端を発した大規模レーザー装置による高密度・高温度プラズマの研究はレーザー技術の急速な進展に助けられ、新しい学術的展開の時期を迎えている。大規模レーザーにより生成されるプラズマはターゲットの材料や構造を工夫することにより多様な物理状態や物理現象の研究対象となる。それは従来、他の方法では生成が困難であった極限プラズマであり、宇宙にしか存在しない高エネルギー密度状態にある。

大規模レーザー装置を用いた比較的大きなプラズマの生成実験と、高分解能計測器の開発が相まって、高エネルギー密度科学と表現できる新しい研究分野が生まれようとしている。この新しい科学は広い物理分野の連携があって初めて発展する点が特徴である。プラズマ物理学を学術基盤に、原子物理、極限物性、放射光・高エネルギー粒子源、レーザー粒子加速、核融合科学、地球・惑星物理、宇宙物理、核物理・素粒子物理などの分野が関連している。

米国、欧州を中心に組織的な学術展開が始まろうとしている状況を鑑み、我が国で培われてきた大規模レーザー技術とそれによる実験や理論の知的財産に立脚しつつ、高エネルギー密度科学を我が国において発展させていくことが肝要である。そして、国際的な競争と協力においてリーダーシップを発揮していくことは我が国の科学・技術の進展に重要な貢献をする。そのためには、我が国における本科学の研究者人口の増加がまずは必要であると同時に、広い関連物理分野の専門家が連携し物理の新領域に挑戦していくことが求められる。このような状況の実現のために、共同研究体制を緊急に構築し、その構築の過程で中核をなす研究拠点が形成されていくことが望まれる。

付録： 国際学術誌「高エネルギー密度の物理」の発刊

Introducing the new journal

High Energy Density Physics



Unique scope, maximum visibility

Aims and Scope

High Energy Density Physics is an international journal covering original experimental and related theoretical work studying the physics of matter and radiation under extreme conditions. 'High energy density' is understood to be an energy density exceeding about 10^{11}J/m^3 . The editors and the publisher are committed to provide this fast-growing community with a dedicated high quality channel to distribute their original findings.

Papers suitable for publication

Papers suitable for publication in this journal cover topics in both the warm and hot dense matter regimes, such as laboratory studies relevant to non-LTE kinetics at extreme conditions, planetary interiors, astrophysical phenomena, inertial fusion, and quark-gluon plasmas and include studies of, for example, material properties and both stable and unstable hydrodynamics. Developments in associated theoretical areas, for example the modelling of strongly coupled, partially degenerate and relativistic plasmas, will also be covered.

Editors-in-Chief

Richard W. Lee

Lawrence Livermore National Laboratory,
USA

Steven J. Rose

Oxford University
Department of Physics,
Clarendon Laboratory, United Kingdom



www.elsevier.com/physics

Benefits for Authors

- **Rapid publication, easy online submission and no page charges**

Submit your paper online at
<http://www.elsevier.com/locate/hedp>

- **High Visibility**

When your article is published in *High Energy Density Physics* it will appear on ScienceDirect, the worlds leading provider of electronic Scientific information, reaching over 16 million scientists and researchers worldwide.

- **Track your citations**

The 'Save as Citation' alert function in Science Direct allows you to set up an e-mail update that notifies you each time the article is cited – an excellent way of keeping track of how your own research is being used.

- **More services for authors: proofs, online tracking, free offprints**

It is easy to check the progress of your paper online. In addition to the publication, *High Energy Density Physics* sends you 25 complimentary offprints of your paper.

- **30% discount on all Elsevier books**

If your work is published in *High Energy Density Physics*, you will be entitled to a 30% author discount on all Elsevier books, and books of associated imprints including Academic Press.

Journal ordering information:

- ISSN: 1574-1818
- Commenced publication 2005 (Volume 1)

Take out a free subscription:

For 2005 you can take a free personal subscription by registering at: www.elsevier.com/locate/hedp or by filling out the paper request form.

For more information and instructions to Authors, please visit:

www.elsevier.com/locate/hedp



www.elsevier.com/physics

Editorial Board

Editors-in-Chief

Dr. Richard W. Lee, Lawrence Livermore National Laboratory, USA,
Email: lee32@llnl.gov

Professor Steven J. Rose, Oxford University
Department of Physics, Clarendon Laboratory,
United Kingdom,
E-mail: s.rose1@physics.ox.ac.uk

Advisory Board

Stefano Atzeni, Università di Roma "La Sapienza", Italy

Christopher Deeney, Sandia National Laboratories, USA

Jean-Claude Gauthier, Université Bordeaux I, France

Michel Koenig, Ecole Polytechnique, France

Wim P. Leemans, Lawrence Berkeley National Lab, USA

Michael S. Murillo, Los Alamos National Laboratory, USA

Bruce A. Remington, Lawrence Livermore National Laboratory, USA

Hideaki Takabe, Osaka University, Japan

Justin Wark, Oxford Physics, United Kingdom

Oswald Willi, Universität Düsseldorf, Germany

Jie Zhang, Chinese Academy of Sciences, China