



بررسی انتشار پیرامحور و غیر پیرامحور پرتوهای لاگر گاوس با تغییرات (Z) مولفه

میدان الکترونیک

نرجس خاقانی نژاد^۱، مجتبی ثروتخواه^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک گرایش اتمی و مولکولی، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

Narjes.khaghani@yahoo.com

^۲ گروه فیزیک، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

servatkhah@yahoo.com

چکیده: در سالهای اخیر استفاده از لیزر، ساخت انواع مختلف آن همچنین چگونگی استفاده از آن در عرصه های مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته. کاربردهای وسیع این پدیده در علوم مختلف بخصوص در صنعت و پزشکی ایجاد کرده است و به جرات می توان گفت پیشرفت علوم بدون تکنولوژی لیزر امکان پذیر نیست. در بعضی از سیستم ها پرتوها بصورت خطی یا شعاعی، پیرامحور و یا غیر پیرامحور منتشر می شود و گاهی لازم است برای کاربرد هر چه بیشتر خواص لیزر در صنایع مختلف پرتوها را بصورت شعاعی قطبیده کنیم. در این پژوهش با شروع از توزیع برداری میدان لکترونیک پرتوهای قطبی شده شعاعی و انتگرال پراش ریلی سامر فیلد معادلات مربوط به انتشار غیر پیرامحور پرتوهای لاگر گاوس با قطبش شعاعی را بدست آورده سپس با در نظر گرفتن یک تقریب (تقریب پیرامحوری) به معادلات مربوط به حالت پیرامحور دست یافتیم. همچنین تابع توزیع شدت پرتوهای لاگر گاوس را در حالت دو بعدی و سه بعدی را برای حالت پیرامحور و غیر پیرامحور با در نظر گرفتن پارامترهای موثر یکسان از جمله p (مرتبه) w (اندازه کمر پرتو) و تغییرات Z (مولفه میدان الکترونیک) رسم نموده و با هم مقایسه کردیم.

کلمات کلیدی: انتشار پرتو - پیرامحور - غیر پیرامحور - انتشار شعاعی

1.مقدمه: امروزه ساخت انواع لیزر همچنين چگونگي استفاده از آن اساس کار صنايع و علوم مختلف از جمله پزشکی و دندان پزشکی قرار گرفته است. در شرايط آزمایشگاهی ميتوان ليزر توليد کرده و از مزيت های آن بهره جست. با توجه به کاربرد های مختلف آن در علوم مختلف از پرتوهای گوناگون با قطبش های مختلف استفاده میشود. نحوه انتشار پرتوها نیز نقش بسزایی در کاربرد آنها دارد در گذشته انتشار پیرامحور پرتوهای مختلف مورد توجه قرار داشتند اما امروزه بررسی انتشار پرتوهای مختلف در حالت پیرامحور و غير پیرامحور و مقایسه آنها با یکدیگر مورد اهمیت ویژه قرار دارد. در این پژوهش با استفاده از معادلات میدان الکتریکی پراش یافته در حالت پیرامحور و غير پیرامحور پرتوهای لاگر گاوس وحل آنها بوسیله نرم افزار میپل شبیه سازی انجام شده و نمودارها و اشکال سه بعدی هر کدام از حالت ها به ازای پارامترهای موثر از جمله p (مرتبه) و w_0 (اندازه کمر پرتو) و Z (مولفه میدان الکتریکی) رسم شده و مورد بررسی قرار گرفته اند.

2. انتشار پیرامحور و غير پیرامحور پرتوهای لاگر گاوس

2-1. معادلات مربوط به انتشار غير پیرامحور و پیرامحور پرتوهای لاگر گاوس با قطبش شعاعی:

معادلات زیر یک توصیف کلی برای میدان پراش پرتوهای که بصورت شعاعی قطبیده شده و بصورت غير پیرامحور در فضای خلا منتشر می شوند را ارائه می دهند.

$$E_{p1x}(r) = \frac{(-1)^{p+1} E_0 \sqrt{2} k^2 z x}{4 w_0 r^3 [1/w_0^2 - ik/(2r)]^2} \left[\frac{1/w_0^2 + ik/(2r)}{1/w_0^2 - ik/(2r)} \right]^p \left(\exp \left[ikr - \frac{k^2(x^2 + y^2)/(4r^2)}{1/w_0^2 - ik/(2r)} \right] \right)$$

$$E_{p1y}(r) = -\frac{1}{2\pi} \int \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{E_0 \sqrt{2}}{w_0 L} \frac{1}{p} \left[\frac{2(x^2 + y^2)}{w_0^2} \right] \exp \left[-\left(\frac{x^2 + y^2}{w_0^2} \right) \right] y \left(\frac{\delta G}{\delta Z} \left[\frac{\exp ik \left(r + \frac{x_0^2 + y_0^2 - 2xx_0 - 2yy_0}{2r} \right)}{r + \frac{x_0^2 + y_0^2 - 2xx_0 - 2yy_0}{2r}} \right] \right) \right] dx_0 dy_0$$

$$E_{p1z}(r) = \frac{i\sqrt{2} E_0 k^2 / (2w_0 r^2)}{\left[\frac{1}{w_0^2 - ik/(2r)} \right]^2} \exp \left[ikr - \frac{k^2(x^2 + y^2)/(4r^2)}{1/w_0^2 - ik/(2r)} \right] \left\{ (-1)^{p+1} \frac{ik(x^2 + y^2)}{2r} \left[\frac{1/w_0^2 - ik/(2r)}{1/w_0^2 - ik/(2r)} \right]^p \left(L_p^1 \left[\frac{k^2(x^2 + y^2)/(4r^2)}{1/w_0^2 + k^2 w_0^2 / (4r^2)} \right] \right) + \sum_{m=0}^p (-1)^{m+1} \frac{(p+1)!}{(p-m)! m!} \left(\left[\frac{1/w_0^2}{1/w_0^2 - ik/(2r)} \right]^m L_{m+1} \left[\frac{k^2(x^2 + y^2)/(4r^2)}{1/w_0^2 - ik/(2r)} \right] \right) \right\}$$

حال با استفاده از یک تقریب و با قرار دادن $(r) = z + (x^2 + y^2)$ معادلات فوق به شکل زیر در می آیند:

$$E_{p1xp}(r) = \frac{E_0 \sqrt{2} x}{w_0 (1 + iz/z_R)^2} \left(\frac{1 - iz/z_R}{1 + iz/z_R} \right)^p \left(\exp \left[ikz - \frac{(x^2 + y^2)/w_0^2}{1 + iz/z_R} \right] L_p^1 \left[\frac{2(x^2 + y^2)/w_0^2}{1 + iz^2/z_R^2} \right] \right)$$

$$E_{p1yp}(r) = \frac{E_0 \sqrt{2} x}{w_0 (1 + iz/z_R)^2} \left(\frac{1 - iz/z_R}{1 + iz/z_R} \right)^p \left(\exp \left[ikz - \frac{x^2 + y^2}{w_0^2 (1 + iz/z_R)} \right] L_p^1 \left[\frac{2(x^2 + y^2)}{w_0^2 (1 + iz^2/z_R^2)} \right] \right)$$

$$E_{p1zp}(r) = \frac{iz\sqrt{2}E_0/(kw_0)}{w_0(1+iz/z_R)^2} \exp \left[ikz - \frac{(x^2+y^2)}{w_0^2(1+iz/z_R)} \right] \left\{ \left(\frac{ik(x^2+y^2)}{w_0^2} \left(\frac{1-iz/z_R}{1+iz/z_R} \right)^p \right) \left(L_p^1 \left[\frac{2(x^2+y^2)}{w_0^2(1+iz^2/z_R^2)} \right] \right) + \sum_{m=0}^p (-1)^m \frac{(p+1)!}{(p-m)!m!} \left(\frac{2}{1-iz/z_R} \right)^m L_{m+1} \left[\frac{(x^2+y^2)}{z^2/z_R^2(1-iz/z_R)} \right] \right\}$$

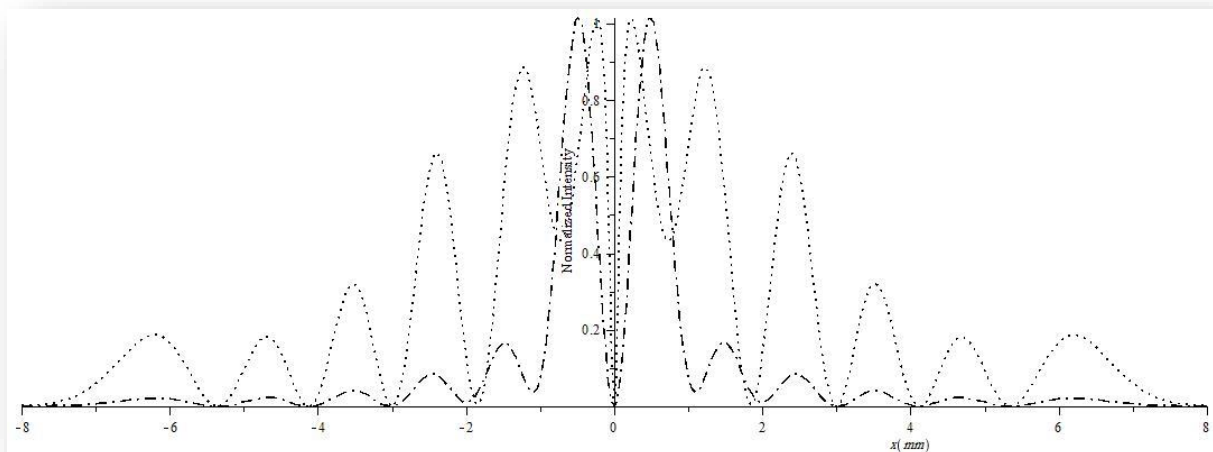
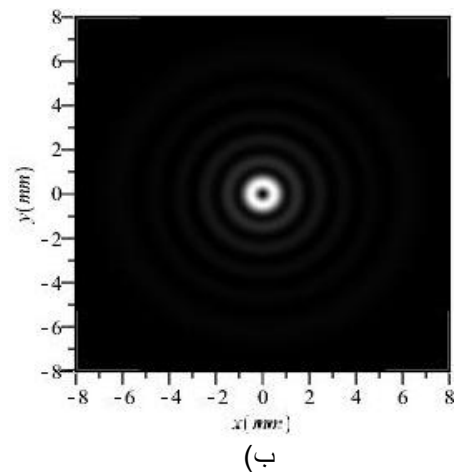
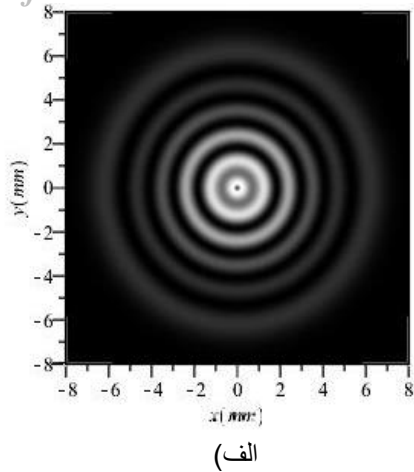
معادلات فوق معادلات مربوط به انتشار غیر پیرامحور پرتو های لاگر گاوس با قطبش شعاعی است.

برای بدست آوردن شدت در هر دو حالت پیرامحور و غیر پیرامحور باید قدر مطلق میدان های بدست آمده در هر حالت را به توان دو برسانیم و با هم جمع کنیم.
بنابراین خواهیم داشت:

$$I_{np} = |E_{p1x}|^2 + |E_{p1y}|^2 + |E_{p1z}|^2$$

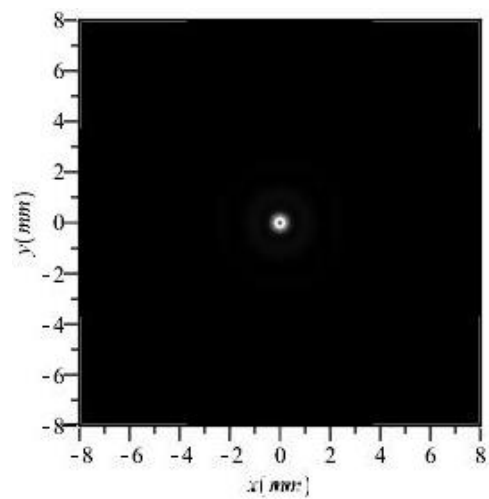
$$I_p = |E_{p1xp}|^2 + |E_{p1yp}|^2 + |E_{p1zp}|^2$$

۲-۲ شبیه سازی انتشار پیرامحور و غیر پیرامحور پرتو های لاگر گاوس:

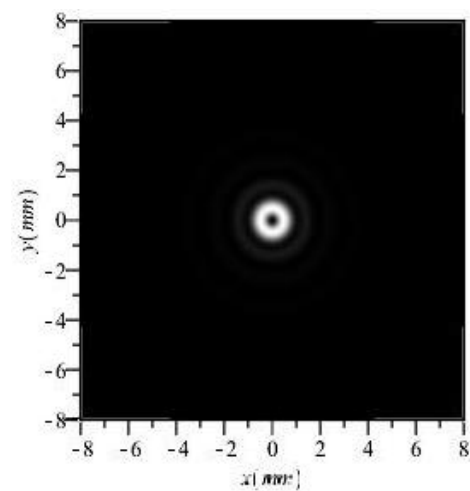


شکل ۱: انتشار پرتوهای لاگر گاوس در حالت غیر پیرامحور با تغییرات z ($w_0=2e-3, p=5$: الف) $z=1e-4$ و ب) $z=1e-3$ را نشان می دهد.

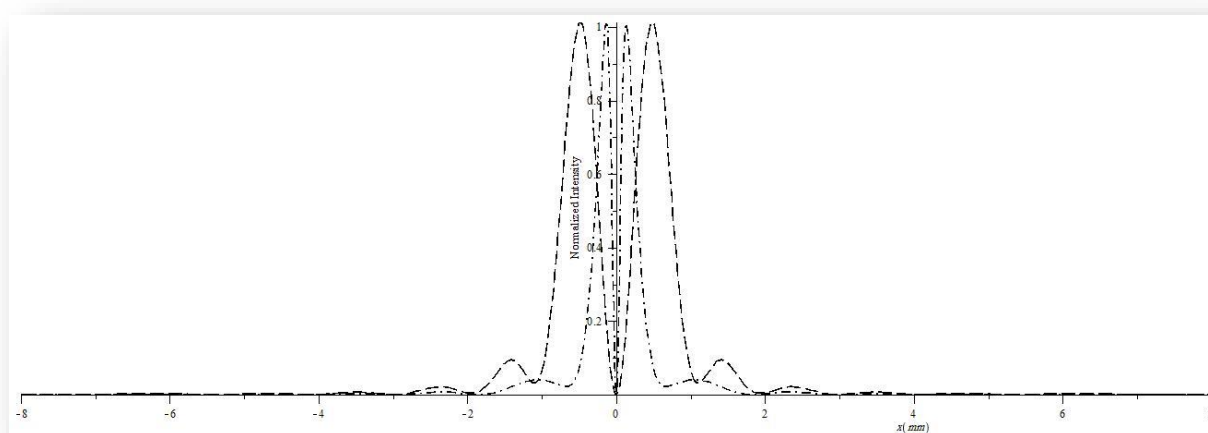
اشکال الف) و ب) تابع توزیع شدت پرتوهای لاگر گاوس را در حالت غیر پیرامحور بصورت سه بعدی و نمودار ج) حالت دو بعدی الف و ب) را نمایش می دهد. همانطور که مشاهده میشود با افزایش z (مولفه میدان الکتریکی) شاهد کاهش شدت هستیم. و در شکل الف) همانطور که میبینید حلقه دوم در حال تولید شدن است و مینیمم مرکزی در حال کوچکتر شدن است. نمودار ج) نیز تصدیق کننده اشکال سه بعدی است. (حالت الف) خط نقطه چین حالت ب) نقطه چین)



(الف)



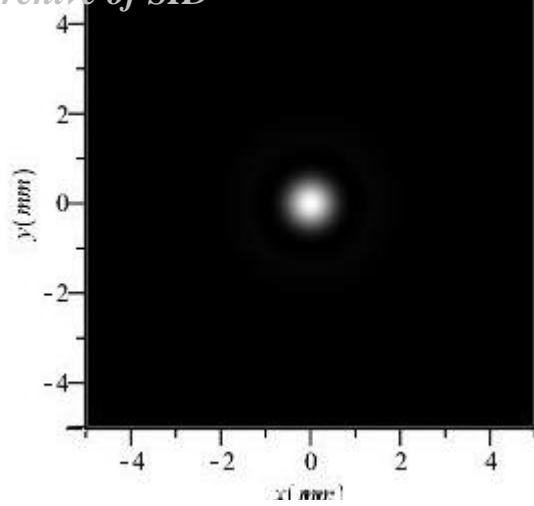
(ب)



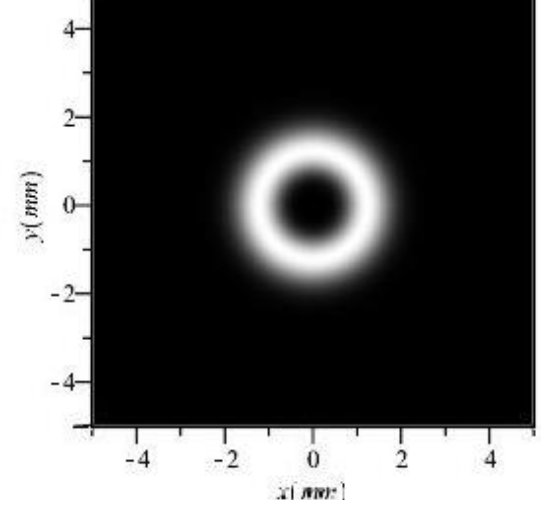
(ج)

شکل ۲: انتشار پرتوهای لاگر گاوس در حالت پیرامحور با تغییرات z ($w_0=2e-3, p=5$ الف) $z=1e-4$ و ب) $z=1e-3$ را نشان می دهد.

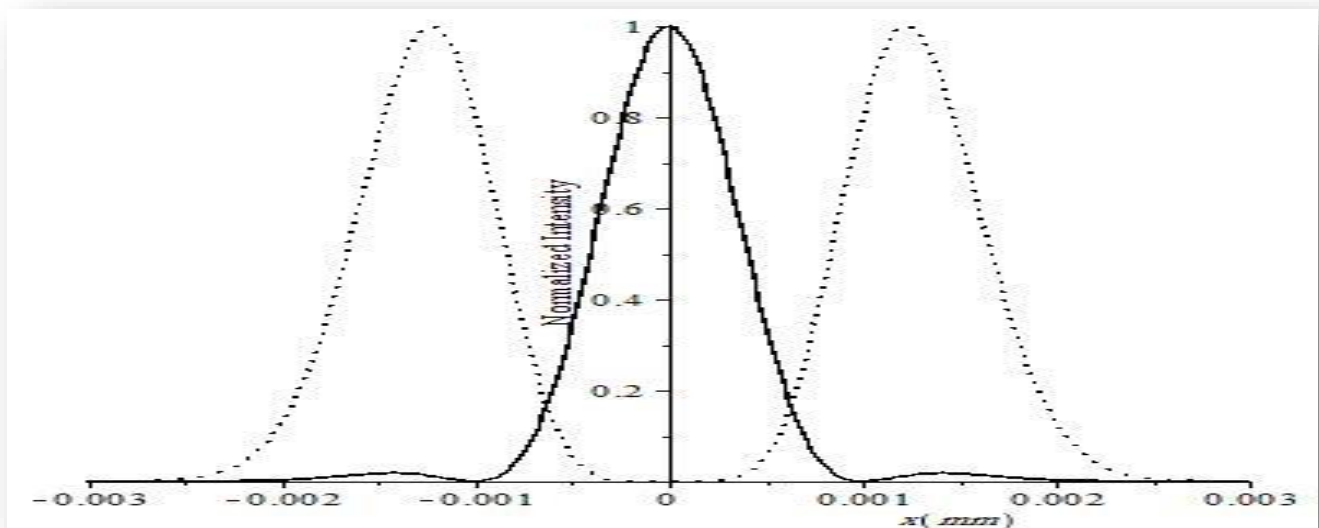
اشکال الف) و ب) تابع توزیع شدت پرتوهای لاگر گاوس را در حالت پیرامحور بصورت سه بعدی و نمودار ج) حالت دو بعدی الف) و ب) را نمایش می دهد. همانطور که مشاهده میشود با افزایش z (مولفه میدان الکتریکی) پهنای لکه افزایش میابد نمودار ج) نیز تصدیق کننده اشکال سه بعدی است. (حالت الف) خط نقطه چین حالت ب) خط چین).



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳) مقایسه نمودار شدت در حالت پیرامحور و غیر پیرامحور با پارامترهای یکسان (P و W و Z، الف) حالت پیرامحور و (ب) حالت غیر پیرامحور را نشان می دهد. نمودار (ج) نیز حالت دو بعدی الف) و (ب) است.

همانطور که مشاهده میشود در حالت پیرامحور شاهد تشکیل قله و در حالت غیر پیرامحور شاهد تشکیل یک دره هستیم. نمودار (ج) نیز مصدق الف) و (ب) است.

۲-۳. نتیجه گیری:

(۱) همانطور که مشاهده می‌شود در حالت غیر پیرامحور با افزایش Z (مولفه میدان الکتریکی) شاهد کاهش شدت هستیم و در شکل الف) همانطور که می‌بینید حلقه دوم در حال تولید شدن است و مینیمم مرکزی در حال کوچکتر شدن است. نمودار ج) نیز تصدیق کننده اشکال سه بعدی است. (حالت الف) خط نقطه چین حالت ب) نقطه چین).

(۲) همانطور که مشاهده می‌شود در حالت پیرامحور با افزایش Z (مولفه میدان الکتریکی) پهنای لکه افزایش می‌ابد نمودار ج) نیز تصدیق کننده اشکال سه بعدی است. (حالت الف) خط نقطه چین حالت ب) خط چین).

۳. نتیجه گیری

در این پژوهش با شروع از معادلات مربوط به انتشار غیر پیرامحور پرتوهای لاگر گاوس و با در نظر گرفتن یک تقریب (تقریب پیرامحوری) حالت پیرامحور را بدست آوردیم. سپس اشکال سه بعدی و نمودارها در هر دو حالت (پیرامحور و غیر پیرامحور) با تغییرات Z مولفه میدان الکتریکی رسم کرده و مورد بررسی قرار دادیم. در حالت غیر پیرامحور با افزایش Z (مولفه میدان الکتریکی) شاهد کاهش شدت هستیم و در شکل الف) همانطور که می‌بینید حلقه دوم در حال تولید شدن است و مینیمم مرکزی در حال کوچکتر شدن است. نمودار ج) نیز تصدیق کننده اشکال سه بعدی است. (حالت الف) خط نقطه چین حالت ب) نقطه چین).

همانطور که مشاهده می‌شود در حالت پیرامحور با افزایش Z (مولفه میدان الکتریکی) پهنای لکه افزایش می‌ابد نمودار نیز تصدیق کننده اشکال سه بعدی است.

نهایتاً دو حالت پیرامحور و غیر پیرامحور با پارامترهای برابر و یکسان رسم شده و مورد بررسی قرار گرفته اند. و به آن نتیجه رسیدیم که در حالت پیرامحور ما شاهد تشکیل قله و در حالت غیر پیرامحور شاهد شکل گرفتن یک دره هستیم. بررسی‌ها نشان دهنده این است که در کارهایی که لازم است پرتو نزدیک به محور بماند از حالت پیرامحور استفاده می‌کنیم (در گیر اندازی اتم‌ها از انتشار پیرامحور استفاده می‌شود) اما زمانی که بخواهیم پرتو از محور انتشار فاصله بگیرد از حالت غیر پیرامحور استفاده می‌کنیم.

مراجع

- [1] Taknaka, t., Yokota, m., Fu. Kumitsu. O, (1985), "Propagation for light beams beyond the paraxial approximation", j.opt.
- [2] Shorjiro. Nemoto, (1990) "Nonparaxial Gaussian beams", optical Society of America, Vol 29 N0 13.
- [3] Ralf, Brauer, Olof. Bryngdahl, (1995) "Design Strategy of diffractive elements with prescribed diffraction angles in non-Paraxial regim", Optics Communication.

- [4] Joseph. T. Verdeyen (1995), "*Laser Electronics*", Prentice- Hall.
- [5] Bouchal, Z and Olivik. M., (1995), "*Non- diffractive vector Bessel Beams*", J. Mod. Opt. 42. Pp. 1555-15.
- [6] Hall. D. G., (1996), "*Vector- beam solutions of max well's wave equation*", Opt. let. 21, pp. 9- 11.
- [7] Pasivahima, Ville. Kettunen, Markku. Kuittinen and Jeri. Turunen, (1997), "*Electromagnetic analysis of non paraxial Bessel beams generated by diffractive axicons*", Department of physics, University of Joensuu, Vol 1418.
- [8] Greene. P.L. and Hall D. G. (1998), "*Properties and diffraction of vector Bessel- Gauss beams*", JOSA A, Vol. 15, Issue 12, PP. 3020-3027.
- [9] Voloyar and T.A. Fadeeva, (1999), "*Nonparaxial Gaussian Beam 1: Vector Field*", Technical physics letters, Vol. 26, No, 7.
- [10] A.V. Voylar, V. G. Shedov, T. A. Fedeeva and E. A. Konshu, (2000), "*Nonparaxial Gaussian Beam: 3. Optical vortices*", Technical letters, Vol 27, NO. 6, pp. 225 – 238.
- [11] Richardo. Borghi, Massimo. Santrasiero and Miguel. A. Porras, (2000), "*Nonparaxial Bessel- Gaussian Beams*", J. Opt. Soc. Am. A/ vol. 18, No. 7.
- [12] P. Chqmorro, Posada, G. S. McDonald and G. H. C. New, "*Nonparaxial beam propagation*", optics communication.
- [13] Alessandro. Ciattoni, Bruno. Crosignani, "*Vectorial analytical description of propagation of a highly non paraxial beam*".
- [14] Kaicheng. Zhua, Xing. Subnb, Xuewen. Wangc, Huiqin. Tanga and Yongg. Penga, (2003), "*Paraxial propagation of Gaussian beam through Curved transverse parabolic graded- index wave guides*". a) School of physics science and Technology, Central South university, Changsha 410083, Hunan, China. b) Computer science and Technology Department, Zhu Zhou Institute of technology, zhuzhou 412008, c) Department of physics, Xiangtan Normal university, Xiangtan 411201, Hunan.
- [15] Baiolalu, Pusheng. Liu, (2004), "*A comparative study of the propagation of vectorial non paraxial beams in the use of different approaches*".
- [16] Yaoju. Zhang, (2004), "*Nonparaxial propagation of elliptical Gaussian beams diffracted by a circular aperture*", Optics Communications 317-326.
- [17] Yongi. Gao. B, Huiqin. Tang. A, and kaicheng. Zhu. A, (2004), "*Paraxial propagation of Gaussian beam through curved tapered graded- index waveguides*". a) Department of physics, school of physics science and Technology, central south university, Changsha 410088, Hunan, China. b) Xiangtan Normal university, Xiangtan 411201, Hunan, China.

- [18] Guo. Quen. Zhou, Linan. Zhejiang, (2005), “*Vectorial Structures of Non paraxial linearly polarized Gaussian beam and their beam propagation factors*”, PACS: 41.85. EW, 42. 25. BS, 42. 55. Px, optics. Communication 265. 39- 46.
- [19] Dongmei. Deng, (2006) “*Non paraxial propagation of radially polarized light beams*”. South china Normal University, Guang zhou 510631, China.
- [20] Yangjian. Caia. B, xiang. Lu, “*propagation of Bessel and Bessel- Gaussian beams*”. a)
- [21] Zhangrong. Mei and Daomu. Zhao, (2007), “*Non paraxial analysis of*

Review of paraxial and non paraxial propagation of Gaussian- Laguerre beams with different z(electrical field component)

1 narjes khaghani nezhad

Atomic and molecular physics graduate student orientation, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran, narjes. khaghani@yahoo. com
2mojtaba servatkah

Department of Physics, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran, servatkah@yahoo.com

Abstract.

In recent years, using laser, manufacturing different types of laser as well as how to use it have been investigated in various areas. Broad application of this phenomenon in different sciences, especially industry and medicine, has led to great advances and it can be said definitely that without laser technology, advance in sciences is impossible.

In some systems, beams are propagated in linear or radial, paraxial or non-paraxial forms and sometimes it is necessary to polarize the beams radially in order to apply more the laser properties in different industries.

In the present study, starting from the vector distribution of electrical field of radially polarized beams and Sommerfield rail diffraction integral, equations related to non-paraxial propagation of Gauss-Laguerre beams are obtained by radial polarization and then considering an approximation (paraxial approximation), equations related to the paraxial mode were achieved.

Also, the intensity distribution function of Laguerre-Gauss beams were drawn in two-dimensional and three-dimensional statuses for both paraxial and non-paraxial modes by changing the effective parameters such as p (magnitude), w (beam waist) and z (electrical field component) and then they were compared.

Investigations show that in both modes, as p increases, number of rings also increases and as w (beam waist) increases, the shapes become wider.

Drawn charts also verify three-dimensional shapes.

Keywords: Beams propagation; paraxial, nonparaxial, radiallypropagation