

---

# راه‌های ورود نانوذرات به بدن و برهمکنش آن با پروتئین‌ها

---

**مؤلفین:**

**فرح ناز بهزاد**

دانشجوی دکترای نانوفناوری پزشکی-دانشگاه علوم پزشکی تهران

**رویا پناهی**

کارشناسی ارشد بیوفیزیک-دانشگاه تبریز

**دکتر اعظم صمدی**

دکترای شیمی تجزیه-دانشگاه تبریز

**دکتر مهدی آدابی**

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران



عنوان و نام پدیدآور	: راه‌های ورود نانوذرات به بدن و برهمکنش آن با پروتئین‌ها/ مولفین فرح‌ناز بهزاد ... [و دیگران]؛ [برای] انجمن علمی نانوفناوری پزشکی ایران.
مشخصات نشر	: تهران : رویان‌پژوه، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۱۲۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۴۰۸-۸۵۴-۱
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: مولفین فرح‌ناز بهزاد، رویا پناهی گلجه، اعظم صمدی، مهدی آدابی.
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۱۰۹] - ۱۲۴.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: نانوذرات -- اثر فیزیولوژیکی
موضوع	: Nanoparticles -- Physiological effect
موضوع	: نانوذرات -- سم‌شناسی
موضوع	: Nanoparticles -- Toxicology
شناسه افزوده	: بهزاد، فرحناز، ۱۳۶۸-
شناسه افزوده	: انجمن علمی نانوفناوری پزشکی ایران
رده بندی کنگره	: RA۱۲۷۰
رده بندی دیویی	: ۵۷۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۶۶۷۴۱۹



## راه‌های ورود نانوذرات به بدن و برهمکنش آن با پروتئین‌ها

**مؤلفین:** فرح ناز بهزاد، رویا پناهی، دکتر اعظم صمدی، دکتر مهدی آدابی

ناشر:	رویان پژوه
نوبت چاپ:	اول - ۱۴۰۰
صفحه آرا:	مصطفی ابدان
چاپ و صحافی:	نور
قطع و تعداد صفحات:	وزیری - ۱۲۸
شمارگان:	۳۰۰ نسخه
بها:	۵۲۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۴۰۸-۸۵۴-۱

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به ناشر است و هرگونه تکثیر، بازنویسی، خلاصه‌برداری و یا برداشت به هر نحوی بدون اجازه کتبی از ناشر مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد.

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، خیابان انقلاب، بین ۱۲ فروردین و منبری جاوید (روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران)

تلفن: ۶۶۴۸۶۳۷۳ - ۶۶۹۷۰۷۴۰

ساختمان کتاب‌های جیبی، طبقه سوم

[www. RPpub. ir](http://www.RPpub.ir)

## فهرست

پیشگفتار مولفین.....	۷
مقدمه .....	۹
فصل ۱: مسیرهای ورود نانوذرات به بدن، اثر بر اندامها و نحوه توزیع آن .....	۱۱
۱-۱ کاربردهای نانومواد و مخاطرات احتمالی ناشی از آنها.....	۱۲
۲-۱ مسیرهای ورود نانوذرات به بدن، اثر بر اندامها و نحوه توزیع آن .....	۱۵
فصل ۲: برهمکنش پروتئین-نانوذرات و تشکیل پروتئین کرونا .....	۲۳
مقدمه .....	۲۴
۲-۱ سطح مشترک بیو-نانو.....	۲۴
۲-۲ برهمکنش پروتئین-نانوذره .....	۲۷
۲-۳ روش‌های تحلیلی به منظور مطالعه‌ی برهمکنش پروتئین - نانومواد.....	۶۰
۲-۴ مطالعه انواع برهمکنش‌های پروتئین-نانوذره پس از ورود به بدن.....	۸۱
۲-۵ آزمایش‌های درون تنی .....	۹۸
۲-۶ پیامدهای برهمکنش سلولی پروتئین - نانومواد.....	۱۰۳
منابع .....	۱۰۹
واژه‌یاب.....	۱۲۵

## پیشگفتار مؤلفین

سپاس و ستایش خداوند بلند مرتبه را که به لطف و عنایت بی‌کران او توفیق تالیف و تدوین کتاب حاضر حاصل آمد. کتابی که پیش‌رو دارید حاصل تلاشی چندین ساله به منظور تدوین و تالیف دانسته‌ها و تجربیات نگارندگان است. این کتاب مطابق با مراجع معتبر علمی دنیا تالیف شده و مهم‌ترین هدف آن ارائه اطلاعات جامع و جدید همسو با نشریات معتبر علمی است.

با توجه به اینکه در سال‌های اخیر، با توسعه‌ی فناوری نانو، انسان در معرض نانومواد قرار گرفته که می‌توانند از طرق مختلف وارد گردش خون شده و با پروتئین‌ها برهمکنش دهند و جذب پروتئین به سطح نانوذرات ممکن است منجر به سمیت شود. از این رو، در این کتاب راه‌های ورود نانوذرات به بدن و برهمکنش پروتئین-نانوذرات مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد که می‌تواند در پزشکی و سم‌شناسی حائز اهمیت باشد.

اکنون که به یاری پروردگار تالیف کتاب حاضر به سرانجام رسید وظیفه خود می‌دانیم که نهایت سپاسگزاری را از زحمات خانواده عزیزمان اعلام داریم. همچنین از سایر همکاران و دوستانی که هر کدام به نحوی در تهیه این مجموعه همکاری داشته‌اند تشکر نموده و موفقیت همه آنها را از خداوند متعال خواهانیم. از دانشجویان عزیز، همکاران گرامی و خوانندگان محترم استدعا داریم که با رهنمودهای ارزشمند خود ما را در جهت رفع نقایص احتمالی یاری نمایند.

با احترام- مؤلفین

E-mail: farahnaz.behzad@yahoo.com

## مقدمه

نانوفناوری به مطالعه پدیده‌ها و خواص نوین موادی با مساحت سطح بسیار زیاد، با ابعاد کمتر از صد نانومتر می‌پردازد و امروزه نانومواد<sup>۱</sup> در حوزه‌های وسیعی از علم از قبیل زیست فناوری، پزشکی، داروسازی و صنایع غذایی کاربرد دارد. با توسعه کاربردهای فناوری نانو، انسان در معرض طیف وسیعی از نانوذرات قرار گرفته است که پس از ورود به بدن، می‌توانند در اندام‌های مختلف بدن توزیع شوند. خون اولین محیط فیزیولوژیکی است که نانو ذرات با آن روبرو می‌شوند، پلاسمای خون شامل هزاران نوع پروتئین با غلظت‌های متفاوت می‌باشد. علاوه بر پروتئین‌ها، چربی‌ها نیز در پلاسمای خون موجود هستند. بنابراین، پس از تزریق نانوذرات به داخل خون، یک رقابت بین مولکول‌های زیستی مختلف برای جذب بر روی سطح نانوذرات وجود دارد (اثر ورم‌ن). در مرحله‌ی اول، فراوان ترین و کوچکترین پروتئین‌ها روی سطح نانوذرات جذب سطحی می‌شوند؛ با این حال، به مرور زمان توسط پروتئین‌های با میل ترکیبی بالاتر جایگزین می‌شوند. جذب پروتئین‌ها بر سطح نانوذرات ممکن است باعث تغییر در خصوصیات پروتئین‌ها از جمله صورت‌بندی<sup>۲</sup> آنها شود و از آنجایی که صورت‌بندی پروتئین‌ها تعیین کننده‌ی عملکرد آنها می‌باشد، می‌تواند در نهایت منجر به سمیت و پاسخ‌های زیستی متعدد شود. از این رو، ارزیابی، درک برهمکنش و تغییرات ساختار - عملکرد بیومولکولی پروتئین - نانومواد می‌تواند در مطالعات علوم پزشکی و سم شناسی<sup>۳</sup> بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

1. Nanomaterial
2. Conformation
3. Toxicological