



دانشکده علوم پایه

استفاده از آزمون تطبیق پذیر جهت بر آورد سطح توانایی دانشجویان در مبحث معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم غیر همگن

نگارش

سعیده سادات میرعابدینی

استاد راهنما: دکتر الهه امینی فر

استاد مشاور: دکتر بهرام صالح صدق پور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته آموزش ریاضی

اردیبهشت ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سعیده سادات میرعابدینی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه / رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه / رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادرشده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی می‌باشد.

سعیده سادات میرعابدینی

امضا



دانشکده علوم پایه

استفاده از آزمون تطبیق پذیر جهت بر آورد سطح توانایی دانشجویان در مبحث معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم غیر همگن

نگارش

سعیده سادات میرعابدینی

استاد راهنما: دکتر الهه امینی فر

استاد مشاور: دکتر بهرام صالح صدق پور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته آموزش ریاضی

اردیبهشت ۱۳۹۱

تأیید هیات داوران

تقدیم با تمامی عشق

نخست به آن دو که خداوند از آغاز مرا در دامان پر مهرشان نهاد....

پدر و مادر عزیزتر از جانم؛

و سپس

به همسر مهربانم

که وجودش کیمیا بود برای برگ برگ این دفتر.

و اما بعد...

به رسم ادب سر فرومی آورم

در مقابل آنان که شمع وجودشان روشنی بخش آسمان دانش است؛

استاد راهنمایم دکتر الهه امینی فر

و استاد مشاورم جناب آقای دکتر بهرام صالح صدقپور

و شما که نام داور دارید

اما نگاهتان پر از عشق بیکران است به کودکی که تازه پا در راه نهاده؛

جناب آقای دکتر فریبرز درتاج

و سرکار خانم دکتر فرزانه نوروزی

چکیده

ضرورت دانستن و به کارگیری ریاضی در عصر ارتباطات و اطلاعات که تکنولوژی ابزار اصلی آن است چشم گیرتر از گذشته است. از طرفی ریاضیاتی که تضمین کننده تنوع، مساوات آموزشی و دستیابی به امکانات آموزشی برای همگان نباشد، قدرت حضور در برنامه های درسی آموزش عمومی را نخواهد داشت. نیاز یادگیرندگان از طریق برنامه های غیرقابل انعطاف، روش های ارزشیابی ایستا و روش های یاددهی و یادگیری مربوط گذشته، پاسخ داده نخواهد شد. گسترش فناوری اطلاعات و کاربردهای آن، فرصت هایی را برای توزیع آموزش فراهم نموده و با توجه به افزایش روزافزون استفاده از اینترنت، آموزش الکترونیکی به صورت یک شیوه انعطاف پذیر برای یادگیرندگان درآمده است.

هدف این پژوهش استفاده از آزمون تطبیق پذیر جهت برآورد سطح توانایی دانشجویان در مبحث معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم غیرهمگن است. در مطالعه مقدماتی بر اساس مدل دانش یادگیرنده و اهداف آموزشی این مبحث آزمونی با ۲۶ سؤال طراحی گردید و ۲۰ دانشجو در رشته های علوم پایه و فنی-مهندسی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران به آن پاسخ دادند. رویی و پایایی سؤالات آزمون با توجه به ضریب تمیز، ضریب دشواری و مقدار آلفای کرونباخ برای هماهنگی درونی سؤالات مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس آن ۱۲ سؤال حذف شده و ۱۴ سؤال باقیمانده آزمون اصلی را تشکیل دادند. برای اجرای نهایی ۱۱۵ دانشجو به کمک نمونه گیری خوشه ای از رشته های علوم پایه و فنی-مهندسی دانشگاه مذکور انتخاب شده و به آزمون پاسخ دادند. بعد از جمع آوری داده ها با استفاده از محاسبات نظریه سؤال-پاسخ، پارامترهای سؤالات (a,b) برآورد شدند. سپس با داشتن مدل دانش یادگیرنده و بر اساس پارامتر دشواری سؤالات، آزمون رایانه ای تطبیق پذیر طراحی و به کمک آن، آزمون کتبی ۳۰ آزمودنی تجزیه و تحلیل شد. ضریب همبستگی پیرسون بین نمرات آزمودنی ها از آزمون کتبی و رایانه ای تطبیق پذیر مقدار ۰/۶۷/۴٪ به دست آمد که نشان دهنده همبستگی معنادار بین این دو متغیر در سطح $p < 0/01$ است.

واژه های کلیدی: آزمون تطبیق پذیر، سطح توانایی، معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم

فهرست مطالب

صفحات	عنوان
ب	تقدیم به
ج	تقدیر و تشکر
د	چکیده
ه	فهرست مطالب
ط	فهرست جدول‌ها
ی	فهرست شکل‌ها
ک	فهرست پیوست‌ها
۱	فصل اول: طرح مسأله
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ عنوان پژوهش
۳	۳-۱ بیان مسأله و سؤالات پژوهش
۵	۴-۱ اهمیت و ضرورت پژوهش
۶	۵-۱ اهداف پژوهش
۶	۱-۵-۱ اهداف کلی
۶	۲-۵-۱ اهداف جزئی
۶	۶-۱ قلمرو پژوهش
۶	۱-۶-۱ قلمرو مکانی
۷	۲-۶-۱ قلمرو زمانی

۷-۱ سؤالات پژوهش ----- ۷

۸-۱ تعریف واژه‌ها، مفاهیم و متغیرها ----- ۷

۱-۸-۱ تعاریف نظری ----- ۷

۲-۸-۱ تعاریف عملیاتی ----- ۸

فصل دوم: مروری بر ادبیات پژوهش ----- ۹

۱-۲ مقدمه ----- ۱۰

۲-۲ معادلات دیفرانسیل ----- ۱۰

۳-۲ یادگیری الکترونیکی ----- ۱۱

۴-۲ اهداف آموزشی ----- ۱۴

۵-۲ مدل دانش یادگیرنده ----- ۱۸

۶-۲ ارزشیابی ----- ۱۹

۱-۶-۲ ارزشیابی از راه دور ----- ۲۱

۲-۶-۲ ارزشیابی تطبیق پذیر ----- ۲۵

۷-۲ نظریه کلاسیک ----- ۲۶

۸-۲ نظریه سؤال-پاسخ ----- ۲۹

فصل سوم: روش پژوهش ----- ۳۲

۱-۳ مقدمه ----- ۳۳

۲-۳ روش و طرح پژوهش ----- ۳۳

۳-۳ فرآیند پژوهش ----- ۳۳

۴-۳ جامعه آماری ----- ۳۴

۳۴	----- ۵-۳ نمونه، روش نمونه گیری و حجم نمونه
۳۵	----- ۶-۳ ابزار گردآوری داده‌ها
۳۵	----- ۱-۶-۳ فرآیند تهیه آزمون
۳۶	----- ۲-۶-۳ محتوای سؤالات آزمون
۳۸	----- ۳-۶-۳ بررسی ابزار اندازه گیری و تحلیل سؤالات آن
۳۹	----- ۴-۶-۳ روایی ابزار جمع آوری داده‌ها
۴۱	----- ۵-۶-۳ پایایی ابزار جمع آوری داده‌ها
۴۱	----- ۷-۳ گردآوری داده‌ها
۴۲	----- ۸-۳ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها
۴۲	----- ۱-۸-۳ محاسبات نظریه سؤال-پاسخ
۴۶	----- ۲-۸-۳ همبستگی پیرسون
۴۸	----- فصل چهارم: تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش
۴۹	----- ۱-۴ سؤال اول پژوهش
۵۲	----- ۲-۴ سؤال دوم پژوهش
۷۳	----- ۳-۴ سؤال سوم پژوهش
۷۵	----- ۴-۴ سؤال چهارم پژوهش
۷۷	----- ۵-۴ سؤال پنجم پژوهش
۷۷	----- ۶-۴ سؤال ششم پژوهش
۷۹	----- فصل پنجم: نتیجه گیری، بحث و پیشنهادها
۸۰	----- ۱-۵ خلاصه نتایج پژوهش

۸۳	----- ۲-۵ بحث و نتیجه گیری
۸۵	----- ۳-۵ محدودیت های پژوهش
۸۶	----- ۴-۵ پیشنهاداتی از یافته های پژوهش
۸۷	----- پیوست
۸۸	----- پیوست (۱)
۹۱	----- منابع

فهرست جدول‌ها

- جدول ۳-۱ اهداف، مفاهیم و محتوای سه گانه معادلات دیفرانسیل غیرهمگن ----- ۳۷
- جدول ۴-۱ ضریب همبستگی نمره هر سؤال آزمون با نمره کل آزمون ----- ۴۹
- جدول ۴-۲ درجه دشواری سؤالات آزمون ----- ۵۰
- جدول ۴-۳ میزان پایایی سؤالات آزمون پس از حذف هر سؤال ----- ۵۱
- جدول ۴-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱ ----- ۵۳
- جدول ۴-۵ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۲ ----- ۵۴
- جدول ۴-۶ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۳ ----- ۵۵
- جدول ۴-۷ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۴ ----- ۵۷
- جدول ۴-۸ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۵ ----- ۵۸
- جدول ۴-۹ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۶ ----- ۶۰
- جدول ۴-۱۰ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۷ ----- ۶۱
- جدول ۴-۱۱ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۸ ----- ۶۳
- جدول ۴-۱۲ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۹ ----- ۶۴
- جدول ۴-۱۳ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۰ ----- ۶۵
- جدول ۴-۱۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۱ ----- ۶۷
- جدول ۴-۱۵ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۲ ----- ۶۸
- جدول ۴-۱۶ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۳ ----- ۷۰
- جدول ۴-۱۷ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۴ ----- ۷۱
- جدول ۴-۱۸ سطح توانایی آزمودنی‌ها از آزمون کتبی و آزمون تطبیق پذیر ----- ۷۶

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲ ساختار سلسله مراتبی اهداف آموزشی معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم غیرهمگن - ۱۷
- شکل ۲-۲ مدل دانش یادگیرنده در مبحث معادلات دیفرانسیل خطی مرتبه دوم غیرهمگن - ۱۹
- شکل ۱-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱ ----- ۵۳
- شکل ۲-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۲ ----- ۵۵
- شکل ۳-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۳ ----- ۵۶
- شکل ۴-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۴ ----- ۵۸
- شکل ۵-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۵ ----- ۵۹
- شکل ۶-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۶ ----- ۶۰
- شکل ۷-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۷ ----- ۶۲
- شکل ۸-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۸ ----- ۶۳
- شکل ۹-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۹ ----- ۶۵
- شکل ۱۰-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۰ ----- ۶۶
- شکل ۱۱-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۱ ----- ۶۸
- شکل ۱۲-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۲ ----- ۶۹
- شکل ۱۳-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۳ ----- ۷۱
- شکل ۱۴-۴ احتمال پاسخ درست مشاهده شده و محاسبه شده برای سؤال ۱۴ ----- ۷۲
- شکل ۱۵-۴ الگوریتم ترتیب ارائه سؤالات آزمون ----- ۷۴
- شکل ۱۶-۴ توانایی آزمودنی‌ها در آزمون کتبی و تطبیق‌پذیر ----- ۷۵

فهرست پیوست

پیوست ۱: سؤالات آزمون معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم غیرهمگن ----- ۸۸

فصل اول

طرح مسأله

۱-۱ مقدمه

ضرورت دانستن و به کارگیری ریاضی در عصر ارتباطات و اطلاعات که تکنولوژی ابزار اصلی آن است، چشم گیرتر از گذشته است. در عصر جدید ریاضیاتی که تضمین کننده تنوع، مساوات آموزشی و دستیابی به امکانات آموزشی یعنی عدالت آموزشی برای همگان نباشد، قدرت حضور و بقا در برنامه های درسی آموزش عمومی را نخواهد داشت. لذا از طریق برنامه های غیرقابل انعطاف و سنتی، روش های ارزشیابی ایستا و روش های یاددهی و یادگیری مربوط به قرن گذشته، پاسخ داده نخواهد شد. برای تحقق هدف های والای تضمین عدالت آموزشی، برنامه و محتوای درسی با نیازهای یادگیرندگان با توجه به تنوع نیاز و علاقه آنها، جامعه آموزش ریاضی را با چالش های بزرگی روبه رو کرده است (گویا، ۱۳۷۸).

بیش از ۳۰۰ سال است که آنالیز تواناترین شاخه ریاضیات بوده و مبحث معادلات دیفرانسیل بخش عمده آن است. این موضوع هدف طبیعی حساب دیفرانسیل و انتگرال مقدماتی و مهم ترین بخش ریاضیات در ک علوم طبیعی است. همچنین در مسائل عمیق تری که زائیده همین بخش از ریاضیات هستند، معادلات دیفرانسیل منبع اکثر ایده ها و نظریه هایی است که آنالیز عالی را تشکیل می دهند (سیمونز^۱، ۱۹۸۵).

در عصر جهانی سازی، کسب دانش ابزاری برای رقابت بین افراد است و به همین خاطر، یادگیری عنصر حیاتی کسب و کاربرد دانش شده است. گسترش فناوری اطلاعات و کاربردهای آن، فرصت هایی را برای توزیع آموزش فراهم نموده و با توجه به افزایش روزافزون استفاده از اینترنت، آموزش الکترونیکی به صورت یک شیوه انعطاف پذیر برای یادگیرندگانی درآمده است که می خواهند دانش های ضروری را کسب کنند. یادگیرندگانی که به سیستم آموزش الکترونیکی دسترسی دارند می توانند به مطالب آموزشی در شکل های مختلف آن مانند متن، تصاویر، صوت و نوار ویدئویی دسترسی داشته باشند (بهشتی، ۱۳۸۳).

ارزشیابی بخشی از فرآیند پیشرفت یادگیری است (کومر، گرابینگر و دانلپ^۲، ۱۹۹۶). از طریق ارزشیابی، یادگیرنده قادر است آنچه را که از قبل یاد گرفته است و نقاط قوت و ضعف خود را تعیین کند. همچنین می تواند پیشرفت یادگیری خود را مشاهده کرده و تصمیم بگیرد که برای پیشرفت کردن چگونه فرآیند

1 - Simonse

2- Kommers, Grabinger and Dunlap

یادگیری را هدایت کند. لذا ارزشیابی از یادگیری، بخشی ضروری از فرآیندهای طراحی آموزشی و سیستم نظام آموزشی است (میسلوی^۱، ۲۰۰۶).

در این پژوهش ابتدا پارامترهای دشواری^۲ و قدرت تشخیص^۳ سؤالات مبحث معادلات دیفرانسیل خطی مرتبه دوم غیرهمگن برآورد می‌شود. سپس با توجه به این پارامترها، آزمون تطبیق‌پذیر برای این مبحث طراحی می‌شود. با استفاده از این نوع ارزشیابی، یادگیرنده‌ها می‌توانند نقاط قوت و ضعف خود را مشخص کنند. همچنین طراحان آموزشی می‌توانند از این ارزشیابی برای تولید محتوای الکترونیکی مبحث مذکور استفاده کنند.

۱-۲ عنوان پژوهش

استفاده از آزمون تطبیق‌پذیر جهت برآورد سطح توانایی دانشجویان در مبحث معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم غیرهمگن

۱-۳ بیان مسأله و سؤالات پژوهش

درس معادلات دیفرانسیل مقدماتی مبحثی بسیار عالی است برای این که دانشجو بتواند ارتباط بین ریاضیات محض و علوم فیزیکی یا مهندسی را درک کند. پیش از آن که دانشجویی بتواند با اعتماد به کاربرد معادلات دیفرانسیل پردازد، باید به روش‌های حل آن‌ها تسلط پیدا کند، و حداقل از نظریه زیربنایی این مبحث اطلاع کمی داشته باشد. از طرف دیگر، آگاهی بر این که چگونه ضرورت حل مسائلی خاص، انگیزه پژوهش‌های مجردتری شده است، برای دانشجوی ریاضیات محض غالباً بسیار سودمند است (بویس و دپیریم^۴، ۱۹۹۷).

1- Mislevy

2- difficulty

3- discrimination

4- Boys & Deprima

روبرت مرداک^۱ که روی آخرین فناوری‌های آموزش مجازی تحقیق کرده، معتقد است آموزش بخش عظیمی از اینترنت را به خود اختصاص خواهد داد. همان‌گونه که فناوری اطلاعات و ارتباطات در بسیاری از فرآیندهای کاری روزمره مانند بانک‌داری الکترونیکی، تجارت الکترونیکی، پست الکترونیکی و دولت الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، حوزه یادگیری الکترونیکی^۲ نیز از این فناوری بهره‌مند شده است. حذف محدودیت‌های مکان، زمان و سن یادگیرنده که روزگاری دسترس‌ناپذیر به نظر می‌رسیدند، امروز دیگر محدودیت بزرگی به نظر نمی‌رسند. از طرفی باید توجه داشت که به‌وجود آمدن نیازهای گسترده و جدید در میان جوامع با ادامه استفاده از روش‌های متداول نظام آموزشی قابل تأمین نیست. یادگیری مبتنی بر رایانه، یادگیری مبتنی بر فناوری اطلاعات، کلاس مجازی، کتابخانه‌های مجازی و غیره راه را برای پیدایش شیوه‌های نوین آموزش، هموار ساخته‌اند (عبادی، ۱۳۸۳، به نقل از فتحیان و پورقهرمانی، ۱۳۸۸)

ارزشیابی یادگیرنده‌ها برای آموزش حیاتی است. نتایج ارزشیابی به یادگیرنده‌ها بازخوردی در مورد عملکردشان می‌دهد به‌طوری‌که آن‌ها می‌توانند از پیروزی و شکست‌شان یاد بگیرند (تومی^۳، ۲۰۰۸).

پژوهش حاضر در پی آن است که ابتدا پارامترهای دشواری و قدرت تشخیص سؤالات معادلات دیفرانسیل خطی مرتبه دوم غیرهمگن را برآورد کند و با استفاده از آن‌ها آزمون تطبیق‌پذیر برای این مبحث طراحی کند و سپس به این سؤالات پاسخ دهد:

- بر اساس نظریه سؤال-پاسخ^۴، سؤالات مناسب دارای کدام پارامترها هستند؟
- سطح توانایی^۵ افراد با توجه به آزمون تطبیق‌پذیر چگونه است؟
- رابطه نمره آزمون کتبی و آزمون تطبیق‌پذیر چگونه است؟

1- Rubert Murdoch

2- E-learning

3- Tomei

4- Item Response Theory (IRT)

5- ability

۱-۴ اهمیت و ضرورت پژوهش

انقلاب شگرف الکترونیکی در اواسط سده بیستم و رشد روزافزون کاربرد ریزپردازنده‌های الکترونیکی در محصولات مختلف و همچنین کاهش بهای تمام شده آن‌ها از یک سو و نیاز بشر به استفاده از اطلاعات از دیگر سو موجب پدید آمدن موج اطلاعات گردید. موجی که جهان را دچار تحولی کرد که در آن استانداردهای زندگی، الگوهای کار و فراغت، بازار کار و نظام آموزشی تحت تأثیر پیشرفت‌هایی قرار گرفته که در قلمرو اطلاعات و دانش به وقوع پیوسته است (فتحیان و مهدی نور، ۱۳۸۳، به نقل از فرج‌الهی و معینی کیا، ۱۳۸۸). از جمله این تحولات که جزء ویژگی ذاتی عصر اطلاعاتی است نیاز همگانی به اطلاعات و دانش و به تبع آن نیاز به دسترس‌پذیر بودن آن است، به همین منظور در عصر اطلاعات، شیوه آموزشی جدیدی مورد نیاز است. شیوه‌ای که یادگیرندگان در هر زمان و مکان و هر جنس و نژادی بتوانند به دانش دسترسی داشته باشند. به عبارت دیگر آموزش باز و از دور، نیاز اصلی عصر اطلاعات است. وظیفه اصلی آموزش از راه دور تدارک دوره‌های آموزشی برای کسانی است که علاقه دارند تحصیلات دانشگاهی و یا صلاحیت حرفه‌ای به دست آورند اما قادر نیستند یا نمی‌خواهند و یا به هر دلیل دیگر نمی‌توانند در پردیس دانشگاهی حضور یابند (کریم‌زادگان مقدم، ۱۳۸۵، به نقل از فرج‌الهی و معینی کیا، ۱۳۸۸).

مطالعه معادلات خطی مرتبه دوم در معادلات دیفرانسیل به دو دلیل اساسی از اهمیت خاصی برخوردار است. اول این که معادلات خطی، ساختار نظری غنی دارند که مأخذ شماری از روش‌های اصولی جواب است و قسمت اساسی این روش‌ها در یک سطح نسبتاً مقدماتی ریاضی قابل درک هستند. دومین دلیل مطالعه معادلات خطی مرتبه دوم آن است که در هر بررسی جدی مربوط به زمینه‌های حل مسائل فیزیکی حیاتی هستند. بدون دستیابی به ضرورت حل معادلات دیفرانسیل خطی مرتبه دوم، پیشرفت چندانی در مطالعه پدیده‌های مربوط به مکانیک سیالات، رسانش گرما، حرکت موجی یا الکترومغناطیس نمی‌توان داشت (بویس و دیپریمما، ۱۹۹۷).