

教育部補助大專校院延攬國際頂尖人才

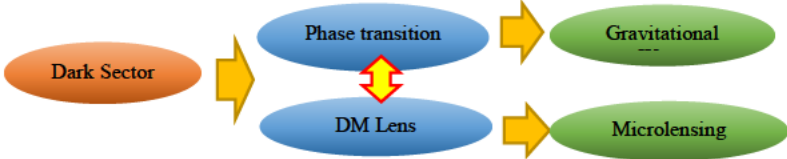
年度績效報告

學校名稱及聘任系所：國立清華大學物理學系	學門領域：理 學
學者姓名：曾柏彥	行政支援費學者
報告年度：110 年 (第 1 年)	

二、質化績效說明（執行成果得累計呈現，如：第 2 年之年度績效報告，可包含第 1 年及第 2 年之成果）

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資 料
一、學者之研究工作主要內容及全程經過概述。	<p>我們預計可以得到，目前和未來的巡天觀測對於暗物質透鏡的質量和尺寸靈敏的偵測範圍。根據估算，Subaru-HSC 可以探測質量約在 10^{-10} 至 10^{-5} 太陽質量之間，而半徑從質點到 10 太陽半徑的暗物質透鏡。然後，基於理論模型的假設，暗物質粒子可能與標量相互作用，從而生成標量位能並引發一階相變。為了產生暗物質透鏡的特定尺寸和質量，標量勢不能是任意的，這縮小了其參數空間。這將使來自相變的引力波信號的幅度和頻率更加可預測。使得，暗物質區的理論模型被微重力透鏡巡天觀測和引力波觀測夾在中間，這些觀測可為彼此互補。</p> <p>藉由上述這些步驟及重力波跟微重力透鏡的觀測，來了解暗物質質量來源跟標量場產生自發性對稱性破缺的關聯。進而探討相變對暗物質結構所產生的改變，從單獨粒子狀態壓縮成巨觀的天體，進而造成暗物質直接測量方法(Dark Matter Direct Detection)的不適用。反之，微重力透鏡效應與巡天觀測成為主要的探測方法。預計從暗物質區的理論模型中得到吻合目前實驗觀測的理論，且探討未來實驗觀測的可能性，進而了解暗物質質量來源。</p>	<p>第一年：</p> <p>發表文章：</p> <p>[1] "Isodoublet vector leptoquark solution to the muon g-2, RK, K*, RD, D*, and W-mass anomalies", K.-Cheung, W.-Y.-Keung and P.-Y.-Tseng, Phys. Rev. D 106, no.1, 015029 (2022).</p> <p>[2] "Correlated signals of first-order phase transitions and primordial black hole evaporation," D.-Marfatia and P.-Y.-Tseng, JHEP 08, 001 (2022).</p> <p>[3] "Correlated gravitational wave and microlensing signals of macroscopic dark matter," D.-Marfatia and P.-Y.-Tseng, JHEP 11, 068 (2021).</p> <p>文章內容：</p> <p>[1] 我們研究了 Iso-doublet Leptoquark 作為 B-meson 測量數量異常 RK, RK* 和 RD, RD* 的解決方案，並解釋了 muon 和電子異常磁矩以及最近美國費米實驗室測量結果的 W 玻色子質量異常。</p> <p>[2] 這篇論文為本計畫議題的延伸。如果構成它們的費米子暗物質粒子通過足夠強的湯川力相互作用，在宇宙學一階相變中產生的費米球可能會坍縮成原始黑洞。我們展示了由具有真空能量從 0.1 MeV 到 0.001 MeV 之間的四次多項式熱</p>	如附件○

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資 料
		<p>有效勢能描述的相變產生質量為 10^{-20} 太陽質量到 10^{-16} 太陽質量 的原始黑洞，以及來自一階相變的引力波（在 THEIA/ μ Ares）可以與來自黑洞蒸發（在 AMEGO-X/e-ASTROGAM）的各向同性星系外 X 射線/γ 射線背景相關聯。</p> <p>[3]這篇論文已經涵蓋本計畫大部分要討論的議題。費米子暗物質粒子可以通過一階相變聚集形成宏觀的暗物質結構，其中由於暗物質粒子被困在假真空中。我們研究了由通用四次多項式熱有效勢能引起的相變中產生的費米球。我們表明，對於質量為 3×10^{-12} 太陽質量到 10^{-5} 太陽質量 的費米球，相變期間產生的引力波（在 SKA/THEIA/ μ Ares）和費米球引起的引力微透鏡（在 Subaru-HSC 天體物理學望遠鏡），可以製造。</p>	
<p>二、學者未來研究主題與校務發展（包括高等教育深耕計畫）之連結及預期效益：</p> <p>（1）學者研究規劃及目標。</p> <p>（2）學者研究主題內容及其與學校校務發展關聯性。</p> <p>（3）具體工作績效或成果，內容請包括專題研究計畫期中進度報告。</p> <p>（4）預期成效（預計可達到量化或質化之具體成果）</p>	<p>（一）學者研究規劃及目標</p> <p>暗物質的本質和特性對粒子物理來說還是個謎。目前只有從重力效應知道暗物質的存在，特別是他密度在宇宙中的分布。此研究主題是要探討用重力訊號我們還可以探索暗物質那些其他的特性。從標準模型(Standard Model)出發，希格斯玻色子(Higgs)的位能隨溫度的變化，造成自發性對稱性破壞，賦予了標準模型中粒子的質量。以同樣得邏輯，暗物質的質量也能來自同樣的機制，在暗物質區有一標量場與暗物質耦合，並其位能隨溫度的變化而造成自發性對稱性破壞。標量場位能造成自發性對稱性破壞其實是一種相變。假設標量場位能在某溫度時能產生兩個簡併的最小值，就有可能發生激烈一階相變。如果一階相變發生在早期宇宙，就有機會產生重力波信號。</p> <p>本研究計劃的目的是通過當前或不久的將來的實驗觀測靈敏度，徹底研究可檢測到的重力波或來自暗物質區(dark sector)的重力感應信號。暗物質區有許多過</p>	<p>(1) 學者研究規劃及目標：</p> <p>有計劃的實現團隊規劃。</p> <p>團隊建立與人才養成： 我們（張敬民教授、史馬丁教授和我）開始招聘國際的博士後研究員加入我們國立清華大學高能研究組。現在，意大利 SISSA 研究所的 Jan Tristram Acuna(安建宇)博士於今年 8 月 1 日加入了我們的小組，然後印度理工學院(IIT) Bombay 的 Priyanka Sarmah (普揚卡)博士將於 11 月加入我們。他們兩人在之前的研究所都有出色的表現。安建</p>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢附資料
<p>※如有量化績效者，請另再填寫附件 1</p>	<p>程可以產生引力信號，例如，早期宇宙中的一階相變(first-order phase transition)是由暗物質區的標量勢(scalar potential)產生的，然後相變的副產物迫使暗物質(dark matter)粒子形成巨觀的物體，聚集形成恆星或隕石的大小和質量的暗物質可能會引起微重力透鏡效應，從而偏轉背景恆星發出的光。</p>  <pre> graph LR DS([Dark Sector]) --> PT([Phase transition]) DS --> DL([DM Lens]) PT <--> DL PT --> G([Gravitational]) DL --> M([Microlensing]) </pre> <p>最近，引力波觀測有了突破性的進展。特別是來自 LIGO 實驗，它檢測到雙星黑洞系統合併產生的引力波信號。近年來，通過干涉儀進行的引力波觀測正蓬勃發展，並且在未來將更加進展，例如 KAGRA，DECIGO，ET，LISA 等。此外，NANOGrav 證明了利用脈衝星時間陣列(pulsar timing array)也具有探測隨機引力(stochastic gravitational wave)的潛力，特別是對於 宇宙早期一階相變產生的頻率非常低的電波信號。</p> <p>來自暗物質的另一個引力信號是微引力透鏡效應(microlensing effects)。一旦暗物質聚集並形成了宏觀結構（如次量(sub-halo)，團塊(clump)或緊湊暗物質恆星(compact dark star)等），它就可以被檢測到。我們可以將這些物體視為引力透鏡在靜態背景恆星上移動，這會導致背景恆星的暫時性和時間依賴性亮度增強。Subaru-HSC，OGLE-IV 和 EROS-2 已經進行了大量的這類的天體測量。</p> <p>簡而言之，重力波觀測和微引力透鏡效應已經成為探測暗物質區物理學的有力工具，特別是宇宙早期的一階相變能同時產生這兩種信號。我們需要研究來自其他暗物質區模型的這些信號的強度和特性。然後，我們就能確定合適的觀測系統，以從暗物質區探測這些過程。</p>	<p>宇和我已經開始了一些討論，我們將考慮黑洞和中子星之間的相互作用。</p> <p>目前，我有五位碩士生(陳品融,蔡宗軒,周煜庭,葉昱旻,周冠諺)和一位學士生:葉勇陞。</p> <p>葉昱旻當他是四年級的學生時，他與我進行了研究。██████████ 考入國立清華大學碩士班，繼續我們的研究。葉昱旻和我使用原始的黑洞霍金輻射產生足夠的正電子來解釋來自星系中心的 511 keV 伽馬射線線，同時，原始黑洞產生了從銀河外產生伽馬射線頻譜 作為限制。它需要使用數值模擬來再現伽馬射線譜的技術和一階相變的背景知識。研究結果即將發表。</p> <p>陳品融在今年開始██████████ 一年級碩士生。我們的研究調查了當一個質量為 10^{-14} 太陽質量 到 10^{-11} 太陽質量 的原始黑洞通過由碳 (C) 和氧 (O) 組成的白矮星 (White Dwarf)，Bondi-Hoyle-Lyttleton (BHL) 反應介質中的吸積會產生衝擊波，從而導致直接在單個白矮星核心中爆炸點火，然後導致熱核超新星爆炸 (SNe Ia)。本研究的目的從 SN Ia 事件率通過計算和觀察獲得對原始黑洞宇宙豐度施加限制。</p>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資 料
	<p>(二)學者研究主題內容及其與學校校務發展關聯性</p> <p>該研究項目涉及粒子物理學和天體物理學，需要各個領域的知識。國立清大物理系的這兩個領域都有很多專家，因此它為順利推進該項計畫提供了理想的資源。在粒子物理學中，張敬民(Kingman Cheung)教授和史馬丁(Martin Spinrath)教授是暗物質方面的專家。史馬丁教授還研究了使用 LIGO 和 KAGRA 干涉儀尋找暗物質粒子的可能性，並清楚地了解了由 GeV 質量暗物質散射引發信號在干涉儀內部的敏感度。在天體物理學中，張祥光(Hsiang-Kuang Chang)教授研究了海王星跨物體(trans-Neptunian object)的 X 射線掩星(X-ray occultation)，其想法類似於暗物質透鏡的微引力透鏡效應。不同之處在於暗物質透鏡不是掩蓋背景恆星亮度，而是增強恆星的發光度。其他教授，例如教授 Albert Kong 和教授 Tomotsugo Goto 正在參與 Subaru-Hyper Suprime-Cam (HSC) 的計畫。如果整合來自國立清大物理系的所有資源將大大提高此計畫的深度和廣度。</p> <p>(三)研究工作之具體做法</p> <p>我們關注於暗物質區的兩種不同的引力效應，即早期宇宙中一階相變產生的引力波和宏觀暗物質產生的微重力透鏡信號，它們可以作為暗物質區機制的互補觀測。我們將這項研究分為幾個步驟。步驟 1：從理論角度研究可能產生引力波信號的所有可能機制。步驟 2：產生由暗物質粒子形成的宏觀天體物理物體的相關過程（在文獻中，它們被稱為費米球(Fermi Ball)，玻色子星(Boson star)或暗物質星(dark star)），其中不同的一階相變過程將產生這些宏觀暗物質物體不同的大小和質量。步驟 3：估算由各種機制產生的引力波的強度和頻率範圍。步驟 4：對於宏觀天體暗物質來說，微重力透鏡效應取決於它們的大小和質量。步驟 5：將來自暗物質區理論模型的預測引力波和微重力透鏡信號與目前的實驗靈敏度或在不久將來的觀測結果進行比較。我將在下面詳細說明每個步驟。</p> <p>步驟 1：在過去的 40 年中，粒子物理學的標準模型（Standard Model）取得了巨大的成功，並解釋了無數的實驗觀察結果。在以標準模型為基礎的“宇宙大爆炸”之後，我們的宇宙經歷了電弱和QCD（量子色動力學）相變，但是它們都是溫和相變的交叉相變(cross-over)。為了從早期宇宙中產生引力波信號，我們需要劇烈的一階相變，該相變可能來自於暗物質區。例如，發生一階相變的幾種方法是引入新的標量粒子或是藉由暗量子色動力學(dark QCD)[Ref.01]，當相變</p>	<p>教學課程：</p> <p>我分別在 110 個秋季學期和 111 個春季學期用英語教授了“粒子物理導論 I 和 II”。這些課程的目的是向學士生介紹和發展粒子物理學的基本知識。從基本的相對論運動學、對稱概念開始，將觀察和實驗測量聯繫起來。我們非常詳細地研究了散射截面，包括多粒子的複雜相空間，學習了最準確的理論“量子電動力學”。學生應該能夠使用費曼圖方案計算簡單的二對二粒子散射過程。第二學期開設了更多高級課程，介紹了弱相互作用和粒子物理學的聖杯“標準模型”。標準模型基於量子場論的框架和拉格朗日(Lagrangian)的對稱性。拉格朗日量描述了不同粒子之間的相互作用，此外，對稱性決定了拉格朗日量的結構，因此粒子之間的相互作用。在課堂上，我還嘗試讓學生了解粒子物理學研究的全局，並解釋當前的研究課題和我們將要解決的重要問題。 陳品融,葉昱旻,葉勇陞,他們都是這門課程的學生,並開始了學術研究。</p>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資 料
	<p>時，其與溫度相關的電勢在一定溫度下會產生兩個簡併的局部最小值（真真空(true vacuum)和假真空(false vacuum)）。然而，隨著宇宙溫度的降低，簡併性被打破了。通過量子隧穿效應，位於虛假真空中的宇宙有著較高的勢能穿隧到了真的真空[Ref.02]。這個過程類似於沸騰的水，在早期宇宙的相變過程中，許多氣泡會形成並膨脹，因此氣泡內部的勢能量最低（真真空），而氣泡外部的勢能量較高（假真空）。隨著許多氣泡的膨脹，氣泡壁最終不可避免地會彼此碰撞，從而導致產生可觀測到的重力波信號，其中的能量源來自於真真空和假真空勢能量之差。</p> <p>步驟 2：從粒子物理學的角度來看，暗物質以單獨粒子狀態存在於我們的銀河量中。這類暗物質有很多候選模型，例如 WIMP（弱相互作用的質量粒子），SIMP（強相互作用的質量粒子），axion(軸突)等。然而，透過一階相變會迫使暗物質聚集在一起，並形成宏觀的天體物理尺寸的物體，使得透過微重力透鏡效應得以觀測到。這可以在某些情況下實現，當暗物質在第一階相變期間由於來自暗物質區的標量場自發性對稱性破壞而產生的質量大於真假真空的位能差，而無法穿透氣泡壁時。這樣一來，暗物質粒子便被困在膨脹氣泡之外的假真空中，隨著氣泡的膨脹以至於假真空不斷的縮小，最終暗物質顆粒將被壓縮成緊湊的巨觀物體[Ref.02，Ref.03]。這些物體的大小和質量取決於暗物質粒子與標量場的相互作用，相變的溫度和持續時間等，在本研究項目中應對此進行詳細研究。另一方面，尋找其他形成巨觀暗物質的機制也可能是一個有趣的研究題目。</p> <p>步驟 3：引力波信號的幅度和頻率可以根據暗物質區標量場之溫度相關位能來計算[Ref.01]。重力波主要來自於一階相變時氣泡的膨脹，以致氣泡壁彼此碰撞產生。特別地，振幅與真真空和假真空之間的能量差有關。另外，宇宙進行量子穿隧從假真空到真真空所花的時間以及氣泡壁的膨脹速度將決定重力波信號的頻率。但是，由於涉及流體動力學系統的複雜性，這些過程的詳細計算仍在爭論中。在文獻中，存在著對重力波信號的幅度和頻率的半解析公式，這些公式基於來自對電腦模擬結果的擬合。</p> <p>步驟 4：一旦形成宏觀大小與質量的暗物質物體，其引力就會使穿過物體附近的光發生偏轉，因此我們可以將其視為暗物質透鏡。光的偏轉角可以通過求解透鏡方程來獲得透鏡的撞擊參數(impact parameter)，而該方程與透鏡的密度分佈有關[Ref.04, Ref.05]。通過使用積分形式，可以將透鏡方程推廣到有限尺寸的透鏡</p>		

審 查 重 點	預 期 達 成 目 標	執 行 績 效 及 目 標 達 成 情 形 說 明	檢 附 資 料			
	<p>和光源。在這裡，我們可將巡天觀測(sky survey)中的恆星視為光源。由於背景恆星和暗物質（即透鏡）之間的相對速度，一旦透鏡通過恆星，透鏡效應將突然增加背景恆星的光度，我們將其作為信號。通常，當恆星的亮度比其原本亮度提高 1.35 倍時，人們定義有效的透鏡撞擊半徑(impact radius)。我們可以根據透鏡方程的多重解來得出總亮度的增強。為了計算這種光度變化在巡天觀測的事件發生率，我們可以從暗物質密度分布中估計出暗物質透鏡的數量密度，並且其穿過背景恆星頻率。因此，整個星系的巡天觀測將是尋找信號的理想實驗。</p> <p>步驟 5：我們將重力波信號和微引力透鏡事件的發生率與當前和未來近期的實驗觀察結果靈敏度進行比較。對於重力波，目前的 LIGO 實驗的靈敏度很難觀測到從早期宇宙的一階相變。然而隨著 LIGO 的成功，有許多將來使用干涉儀量測重力波的提案，可以顯著提高靈敏度。例如，DECIGO，BBO，ET，LISA，每個都有不同的頻率窗口，可以探測從暗物質區產生一階相變的各種模型。引力波觀測的另一種類型是使用 PTA（脈衝定時陣列 Pulsar timing array）。例如，當前的 NANOGrav 搜索各向同性隨機重力波背景(stochastic gravitational wave background)，該背景對奈米赫茲(nano-Hz)頻率附近的低頻重力波信號敏感 [Ref.06]。</p> <p>對於微重力透鏡信號，我們可以依靠 Subaru-HSC，OGLE-IV 和 EROS-2 的巡天觀測數據。Subaru-HSC 對 M31 星系進行了大約 1 億顆恆星的巡天觀測，經過七個小時的觀察，他們僅觀察到一個光度變化的事件[Ref.05]。這大大限制了形成暗物質透鏡的數量密度和質量分布。透鏡的大小與背景恆星的相對速度決定每個事件的時間頻率，從發光度變化開始測量到其恢復到原始亮度。不同的巡天觀測對不同的頻率窗口也很敏感，這有助於區分暗物質透鏡的各種尺寸。</p> <p>[參考資料]</p> <table><tr><td>[Ref.01] D.Marfatia and P.Y.Tseng, " <i>Gravitational wave signals of dark matter freeze-out,</i>" <i>JHEP</i> 2102, 022 (2021),[arXiv:2006.07313 [hep-ph]].</td></tr><tr><td>[Ref.02] J.P.Hong, S.Jung and K.P.Xie," <i>Fermi-ball dark matter from a first-order phase transition,</i>" <i>Phys. Rev. D</i> 102, no. 7, 075028 (2020), [arXiv:2008.04430 [hep-ph]].</td></tr><tr><td>[Ref.03] Y.Bai, A.J.Long and S.Lu, " <i>Dark Quark Nuggets,</i>" <i>Phys. Rev. D</i> 99, no. 5, 055047 (2019), [arXiv:1810.04360 [hep-ph]].</td></tr></table>	[Ref.01] D.Marfatia and P.Y.Tseng, " <i>Gravitational wave signals of dark matter freeze-out,</i> " <i>JHEP</i> 2102 , 022 (2021),[arXiv:2006.07313 [hep-ph]].	[Ref.02] J.P.Hong, S.Jung and K.P.Xie," <i>Fermi-ball dark matter from a first-order phase transition,</i> " <i>Phys. Rev. D</i> 102 , no. 7, 075028 (2020), [arXiv:2008.04430 [hep-ph]].	[Ref.03] Y.Bai, A.J.Long and S.Lu, " <i>Dark Quark Nuggets,</i> " <i>Phys. Rev. D</i> 99 , no. 5, 055047 (2019), [arXiv:1810.04360 [hep-ph]].		
[Ref.01] D.Marfatia and P.Y.Tseng, " <i>Gravitational wave signals of dark matter freeze-out,</i> " <i>JHEP</i> 2102 , 022 (2021),[arXiv:2006.07313 [hep-ph]].						
[Ref.02] J.P.Hong, S.Jung and K.P.Xie," <i>Fermi-ball dark matter from a first-order phase transition,</i> " <i>Phys. Rev. D</i> 102 , no. 7, 075028 (2020), [arXiv:2008.04430 [hep-ph]].						
[Ref.03] Y.Bai, A.J.Long and S.Lu, " <i>Dark Quark Nuggets,</i> " <i>Phys. Rev. D</i> 99 , no. 5, 055047 (2019), [arXiv:1810.04360 [hep-ph]].						

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資 料
	<div data-bbox="694 240 1514 592"> <p>[Ref.04] D.Croon, D.McKeen and N.Raj, “<i>Gravitational microlensing by dark matter in extended structures</i>,” Phys. Rev. D 101, no. 8, 083013 (2020), [arXiv:2002.08962 [astro-ph.CO]].</p> <p>[Ref.05] D.Croon, D.McKeen, N.Raj and Z.Wang, “<i>Subaru-HSC through a different lens: Microlensing by extended dark matter structures</i>,” Phys. Rev. D 102, no. 8, 083021 (2020), [arXiv:2007.12697 [astro-ph.CO]].</p> <p>[Ref.06] Z.Arzoumanian <i>et al.</i> [NANOGrav Collaboration], “<i>The NANOGrav 12.5 yr Data Set: Search for an Isotropic Stochastic Gravitational-wave Background</i>,” Astrophys. J. Lett. 905, no. 2, L34 (2020),[arXiv:2009.04496 [astro-ph.HE]].</p> </div> <p>(四)預期成效(預計可達到量化或質化之具體成果)</p> <p>我們預計可以得到，目前和未來的巡天觀測對於暗物質透鏡的質量和尺寸靈敏的偵測範圍。根據估算，Subaru-HSC 可以探測質量約在 10^{-10} 至 10^{-5} 太陽質量之間，而半徑從質點到 10 太陽半徑的暗物質透鏡。然後，基於理論模型的假設，暗物質粒子可能與標量相互作用，從而生成標量位能並引發一階相變。為了產生暗物質透鏡的特定尺寸和質量，標量勢不能是任意的，這縮小了其參數空間。這將使來自相變的引力波信號的幅度和頻率更加可預測。使得，暗物質區的理論模型被微重力透鏡巡天觀測和引力波觀測夾在中間，這些觀測可為彼此互補。</p> <p>藉由上述這些步驟及重力波跟微重力透鏡的觀測，來了解暗物質質量來源跟標量場產生自發性對稱性破缺的關聯。進而探討相變對暗物質結構所產生的改變，從單獨粒子狀態壓縮成巨觀的天體，進而造成暗物質直接測量方法(Dark Matter Direct Detection)的不適用。反之，微重力透鏡效應與巡天觀測成為主要的探測方法。預計從暗物質區的理論模型中得到吻合目前實驗觀測的理論，且探討未來實驗觀測的可能性，進而了解暗物質質量來源。</p>		

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資 料
<p>三、<u>學校申請計畫原定目標暨支持成效</u>。（請敘明學校協助學者進行教學研究所提供之各項配合措施或經費，如研究設備及經費、研究助理人事費、住宿搬遷、子女教育協助事項等）</p>	<p>(一)學校整體之配套措施</p> <p>1.新聘教師學術專案補助費(start up 起始費)</p> <p>(1)補助目的：鼓勵本校新聘教師從事學術研究，協助建立必須之研究設施。</p> <p>(2)補助對象：到校任職半年內，經系所(中心)推薦之新聘教師。</p> <p>(3)補助內容：補助研究相關之經費，惟不包括申請人之薪資津貼。補助經費總額及項目：總額以不超過 150 萬元為原則，由校款及學校管理費支付。由系所(中心)、院(含清華學院)、校以對等比例共同補助。</p> <p>2.宿舍及房租津貼補助</p> <p>(1)新聘教師原則優先配住「學人宿舍」，房型為一房及兩房。此外，尚有清華會館及第二招待所可供申請。詳見 http://ddfm.site.nthu.edu.tw/p/412-1494-18019.php?Lang=zh-tw、 http://ddfm.site.nthu.edu.tw/p/412-1494-16435.php?Lang=zh-tw。</p> <p>(2)房租津貼補助：編制內新聘專任教師符合本校房租津貼要件者每月補助 10,000 元，自到職日起至多 3 年。</p> <p>3.子女入學</p> <p>(1)國立清華大學附設實驗小學及幼兒園優先入學： 依本校附設實驗國小學新生入學辦法及幼兒園招生簡章，本校編制內專任之教職員工之子女享有清華附小與幼兒園優先入學資格。</p> <p>(2)國立新竹科學園區實驗高級中等學校具有入學申請資格： 本校編制內專任教職員及學校約用人員之子女可申請國立新竹科學園區實驗高級中等學校之國中部、國小部、幼兒園部新生及轉學生入學。</p> <p>(3)子女教育補助費：依「全國軍公教員工待遇支給要點」標準補助。 http://person.site.nthu.edu.tw/p/406-1066-12001,r940.php?Lang=zh-tw</p> <p>4.福利事項</p> <p>(1)生日禮券：編制內教職員每年發給。</p> <p>(2)健康檢查補助：年滿 40 歲以上編制內教職員，兩年補助一次。</p> <p>(3)優惠團體保險：請參考人事室員工福利網站。</p> <p>(4)優惠存款：郵局、兆豐銀行、玉山銀行。</p> <p>(5)體育場館：本校教職員工優惠使用重訓室、羽球館、游泳池；參加各種舞蹈班；借用運動器材。</p>	<p>系院校提供的 startup 起始費。</p> <p>1. 系級 ()</p> <p>2. 院級 ()</p> <p>3. 校級 ()</p> <p>Startup 開辦費之運用: Startup 開辦費在第一年極大地幫助了我建立學術研究團隊。理論粒子物理學嚴重依賴計算機能力。從理論模型開始，為了與實驗結果或觀察結果進行比較，這些通常是非常複雜的系統，我們需要進行數值模擬。</p> <p>我購買了一台桌上型主機和兩台具有高 CPU 性能的工作站。現在，我正在使用一台桌上型主機和一台工作站來計算一階相變的原始黑洞形成。此外，黑洞還發出暗物質通量，為地面探測器提供信號。另一個工作站被分配給安建宇博士後，以計算黑洞穿過中子星的軌跡。它需要求解微分方程。</p> <p>智慧平板對於在線教學非常有用。它被用於“基本粒子物理導論 I 和 II”課程。特別是當我推導出方程式或解釋一些物理概念時，我可以共享屏幕並使用蘋果鉛筆寫下方程式或繪製草圖。學生可以很容易地理解推導。</p> <p>目前有五台筆記本電腦， 在這些筆記本電腦中，我們安</p>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資料
	<p>5.教學資源與輔助</p> <p>(1)提供「新進教師研習營」</p> <p>(2)提供「教師研習工作坊」</p> <p>(3)設置「教師社群」</p> <p>(4)提供「教師教學精進錄影」服務</p> <p>(5)支援「個別教學發展計畫」</p> <p>(二)擬聘單位(系所/院)之配套措施(如有與企業合作提供實驗設備、共組研發團隊或挹注經費等相關配套措施，亦請特別敘明)</p> <p>理學院物理系將規劃給曾柏彥博士一間辦公室，以及放置數值運算設施的空間。目前物理系現已在清華實驗室建立高階叢集伺服器機房，亦可容納曾博士伺服器空間需求。</p>	<p>裝了 linux ubuntu OS 系統，因為它是編碼和計算機語言的友好環境。很多電腦程序都兼容 linux 系統而不是 window 系統。</p> <p>此外，Startup 開辦費購買辦公室的辦公桌和椅子，這讓我可以存放這些電腦設備和提供友好的工作環境。</p> <p>Startup 開辦費中之業務費用來補助七月六日到八月四日訪問 J.F Oberlin University 的 Prof. Shoichi Kawamoto 的日支費。</p> <p>行政支援費之運用: 第一年行政支援費中之業務費用來提供學生 ██████████ 研究獎助學金。</p> <p>住宿費房租津貼補助: ████████ /月。</p> <p>計畫薪資補助: ████████ 月。</p>	

審查重點	預期達成目標	執行績效及目標達成情形說明	檢 附 資 料
<p>四、<u>學者國際化</u>合作，鏈結接軌國外學術資源合作交流，與學校發展相結合；學者亦應善用其國際學術網絡資源，協助任職學校國際化，推動國際交流合作（包括國際師生交換、跨國合作研究、雙聯學制）</p>		<p>國際會議： 國立陽明交通大學國立清華大學高能組協辦國際研討會 “The future is illuminating”：</p> <p>這是 NCTS TG2.1 新竹 Hub Workshop 繼 “The future is dark” 之後的第二期。在本期中，我們討論了最近的發展:1. 標準模型之外的暗物質和物理學,2. 原始黑洞,3. 引力波及其探測器,4. 晶格量子色動力學以及它們的相互作用。</p> <p>由於當前的 COVID-19 情況，我們決定切換到完全在線的研討會。</p> <p>特邀演講嘉賓： Mayumi Aoki（金澤大學）, Sunghoon Jung（國立首爾大學）, Kazunori Kohri (KEK) ,Kin-Wang Ng (中央研究院) ,Amy Nicholson（北卡羅來納大學）, Enrico Rinaldi (U. Michigan & RIKEN)。</p> <p>組織委員會： 張維甫 (NTHU), 張敬民 (NTHU), Anthony Francis (NYCU), 林及仁 (NYCU), 林貴林 (NYCU), 史馬丁 (NTHU), 曾柏彥(NTHU)。</p> <p>我們總共有大約 100 名參與者及 25 個口頭報告，包括來自日本、韓國、中國、印度、印度尼西亞、美國、歐洲。它激發了很多討論和國際合作。</p>	

量化績效說明

項目		成果及具體工作績效	說明
1.人才培育		碩博班課程___堂 學士班課程_2_堂 博士生___人 碩士生_5__人 學士生_1__人 其他_____	課程:基本粒子物理學導論上下兩個學期的課程。 碩士生:陳品融,蔡宗軒,周煜庭,葉昱旻,周冠諺 學士生:葉勇陞
2.論文著作	國內	期刊論文___篇 專書及專書論文___本 研討會論文___篇 技術報告___篇 其他___	
	國外	期刊論文_3__篇 專書及專書論文___本 研討會論文___篇 技術報告___篇 其他___	[1]"Isodoublet vector leptoquark solution to the muon g-2, RK,K*, RD,D*, and W-mass anomalies", Phys. Rev. D 106, no.1, 015029 (2022) . [2]"Correlated signals of first-order phase transitions and primordial black hole evaporation," JHEP 08, 001 (2022) . [3]"Correlated gravitational wave and microlensing signals of macroscopic dark matter," JHEP 11, 068 (2021) .
3.專題演講		_9__場次	[1]國立清華大學專題演講,110 年 9 月 23 日。 [2]中央研究院物理研究所專題演講,110 年 10 月 22 日。 [3]國立清華大學 colloquium,110 年 12 月 15 日。 [4]University of Hawaii Manoa, seminar,111 年 2 月 15 日。 [5]國立清華大學前沿物理演講,111 年 3 月 2 日。 [6]NCTS workshop, "Rapid response workshop on W mass anomaly" 111 年 5 月 27 日。 [7]J.F.Oberlin colloquium, 111 年 7 月 22 日, "Particle physics and the Universe" [8]KEK 專題演講, 111 年 7 月 25 日, "Correlated signals from first order phase transition in dark sector" [9]Kavli IPMU 專題演講,111 年 7 月 27 日, "Correlated signals from first order phase transition in dark sector"

4.專利 (含申請中)	國內	____件	
	國外	____件	
	<input type="checkbox"/> 不適用		
5.產學合作	產學合作企業____家		
	產學合作計畫____案		
6.技術移轉	技轉授權____項		
	技術移轉授權金合計 (金額)____元		
	<input type="checkbox"/> 不適用		
7.其他	組織國際研討會		“The future is illuminating”6月28-30日: https://phys.ncts.ntu.edu.tw/act/actnews/The-future-is-illuminating-64547473/home