

進階問題：

1. 牛頓理論的平直時空與閔考斯基時空(Minkowski spacetime)有什麼分別？

牛頓理論下空間的轉換牽涉時間，但時間的轉換卻與空間無關，時空因而沒有了連續性；閔考斯基時空裡時間及空間是一個整體，時間及空間同時牽涉在轉換中，因此都是相對於觀測者座標系統的量。

如果只考慮慣性系統，牛頓理論的座標轉換是伽利略變換(Galilean Transformation)，應用於牛頓力學中勻速系統間的轉換；閔考斯基時空裡的慣性座標轉換為勞倫茲變換 (Lorentz Transformation)，應用於狹義相對論中。

若對時空座標位於位置 x 及時間 t 的事件轉換到相對速度為 v 的慣性系統上，兩種轉換如下：

伽利略變換： $(x, t) \rightarrow (x - vt, t)$

勞倫茲變換： $(x, t) \rightarrow (\gamma(x - vt), \gamma(t - vx))$, $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2}}$

勞倫茲變換的方程用了光速等於 1 的單位系統以簡化表達。

2. 狹義相對論跟廣義相對論有什麼關係？

狹義相對論更正了牛頓力學中絕對時間及絕對空間的概念，指出時間及空間都是相對於不同觀察者的量，轉換座標時需同時變換。可是在未有一套完整並相容的重力理論前，狹義相對論無法應對重力存在的情況，廣義相對論正是一套在等效原理及狹義相對論上拓展出的重力理論。

廣義相對論的描述下，重力的效應等價於彎曲的時空，如果我們考慮細小的範圍，時空差不多等同於平直的閔考斯基時空，這是因為重力沒有局部影響，那麼這範圍內的運動就可以用狹義相對論形容。

即使在沒有重力的情況下，廣義相對論仍較狹義相對論「廣義」。狹義相對論起初的表達方式只應用於慣性座標系統的轉換，至於非慣性系統的轉換則需要另加伸延；而廣義相對論對於慣性和非慣性座標系統的描述都是一致的，擁有廣義不變性 (general covariance)。因此，現在反觀狹義相對論實際上就是廣義相對論在沒有重力效應及選取了慣性座標下的「特例」。

3. 激光干涉儀使用光的相位改變測量重力波，既然重力波能夠影響空間長度，會否同時改變光的波長，從而影響測量結果？

重力波的確能夠改變光束的波長，但由於激光干涉儀所測量的重力波週期遠比光束從發射器以至到達接收器所需的時間長，光束從出發到被接收，重力波的相位幾乎未變，所以不會影響量度。

4. 黑洞是什麼？

黑洞是一些極高密度天體，由於重力太強，一定範圍內的光(或任何電磁波)無法脫離，這空間的邊界稱作事件視界(event horizon)。黑洞有不同質量級別，包括恆星質量黑洞(stellar-mass black hole)，中等質量黑洞(intermediate-mass black hole)，亦有超大質量黑洞(supermassive black hole)。恆星質量黑洞的質量與恆星相約，可以是太陽的數倍以至數十倍，相信是由大質量恆星演化至末期後的重力塌縮產生；中等質量黑洞是一種假設存在的黑洞，它的質量在太陽的百倍至百萬倍之間，現時未有明確發現中等質量黑洞；超大質量黑洞的質量高達太陽的百億倍，現時幾乎每一個星系的中心都找到超大質量黑洞，它們的來源是當今的研究目標之一。

5. 中子星是什麼？

中子星是高密度天體，它的質量與太陽相約，但半徑卻比太陽短七萬倍。中子星的質量不能超過 TOV 上限(Tolman-Oppenheimer-Volkoff limit)，否則會塌縮成黑洞，TOV 上限約為太陽質量的 1.5 至 3 倍。中子星由恆星演化至末期後的重力塌縮生成，並不會以核聚變產生能量，因此大部份情況下它的內部都處於低溫、高密度的狀態，這是現時實驗不能達到的環境。

中子星主要依靠費米子(fermions)在低溫、高密度環境下強大的簡併壓力(degeneracy pressure)抵抗著重力塌縮。中子星的理論首先由沃爾特·巴德(Walter Baade) 及弗里茨·茲威基(Fritz Zwicky)於 1934 年發表，根據當時的假設，中子星是恆星經由重力塌縮後的超新星爆炸所產生，物質中的質子及電子在重力的擠壓下轉變成中子，所以中子星由中子構成。隨著數十年的理論及實驗研究，現今已有大量中子星的理論模型，它的主要構成部份亦可以是不同的亞原子粒子(subatomic particles)甚至基礎粒子(elementary particles)，至於要確定哪些模型更符合現實中的中子星，還需要更多的觀測及研究。