

ΠΡΟΣ: Την Επιτροπή Εκπαίδευσης & Ερευνών του ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας

ΠΡΟΤΑΣΗ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

1. Συγκεντρωτικά στοιχεία

1. Ανάδοχος, Τμήμα: **ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.**
2. Συνεργαζόμενα Τμήματα, Ιδρύματα ή Φορείς: **Τμήμα Φυσικής, ΣΘΕ/ΑΠΘ**
3. Τίτλος έργου: **Σκοτεινή Ενέργεια: Η «σκιώδης» αντανάκλαση της σκοτεινής ύλης.**
4. Επιστημονικός υπεύθυνος:
 - Ονοματεπώνυμο: **Dr. Κων/νος Κλεϊδης**
 - Θέση: **Επίκουρος Καθηγητής, Πρόεδρος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.**
5. Χρονική διάρκεια του έργου: **12 μήνες.** Έναρξη ερευνητικού έργου: 15 Οκτωβρίου 2015
6. Συνοπτικός προϋπολογισμός ανά κατηγορία:
 - α) Εκδόσεις: **1300 €**
 - β) Αναλώσιμα: **200 €**

2. Αντικείμενο του προτεινόμενου έργου και επιδιωκόμενα αποτελέσματα

Τα τελευταία δέκα χρόνια πολλές από τις επί μακρόν παγιωμένες αντιλήψεις της επιστημονικής κοινότητας, οι οποίες αφορούν στο Σύμπαν στο οποίο ζούμε, έχουν ανατραπεί. Πράγματι, σημαντικός αριθμός πρόσφατων αστρονομικών παρατηρήσεων συγκλίνει στο εντυπωσιακό γεγονός ότι η διαστολή του Σύμπαντος, αντί να επιβραδύνεται (λόγω της ίδιο-βαρύτητας του), **επιταχύνεται**. Οι πρώτες, εξαιρετικά σημαντικές ενδείξεις παρουσιάστηκαν κατά τη μελέτη μακρινών υπερκαινοφανών αστερών τύπου Ia (δες, π.χ., Riess et al. 1998, 2004, 2007; Perlmutter et al. 1999; Astier et al. 2006; Wood-Vasey et al. 2007; Kowalski et al. 2008; Hicken et al. 2009).

Επιπροσθέτως, οι λεπτομερείς μετρήσεις των διαταραχών της θερμοκρασίας της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου, ιδίως μετά την αξιοποίηση των δεδομένων του διερευνητή της μικροκυματικής ακτινοβολίας Wilkinson (WMAP), επιβεβαίωσαν περίτρανα ότι, το Σύμπαν στο οποίο ζούμε είναι **χωρικά επίπεδο** (δες, π.χ., de Bernardis et al. 2000; Spergel et al. 2003), δηλαδή, η συνολική πυκνότητα (ϵ) της ύλης-ενέργειας που περιέχει, είναι πολύ κοντά σε μια **κρίσιμη τιμή** (ϵ_{cr}), η οποία διαχωρίζει τα διαστελλόμενα από τα συστελλόμενα κοσμολογικά πρότυπα.

Τα παραπάνω παρατηρησιακά δεδομένα έχουν ως βάση ένα και μοναδικό θεωρητικό αποτέλεσμα, το **«αποτέλεσμα της χιλιετίας»** όπως χαρακτηρίστηκε, που είναι, πως, μεγάλο μέρος (~73%) του συνολικού ποσού της ύλης-ενέργειας που περιέχεται στο Σύμπαν, αντιστοιχεί σε κάποιο **άγνωστο είδος (σκοτεινής) ενέργειας**,

η οποία αποτελεί και την αιτία της παρατηρούμενης επιταχυνόμενης διαστολής. Η εν λόγω θεωρία έτυχε μιας ιδιαίτερα θερμής υποδοχής από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα, η οποία κορυφώθηκε με την απονομή του βραβείου Nobel Φυσικής 2011 στους εμπνευστές της, Saul Perlmutter, Brian Schmidt και Adam Riess.

Όμως, ακόμη και σήμερα, αυτή καθαυτή η φύση της σκοτεινής ενέργειας παραμένει ένα θεμελιώδες αίνιγμα για τη σύγχρονη Φυσική, η επίλυση του οποίου είναι πιθανό να οδηγήσει ακόμα και σε αναθεώρηση των αντίστοιχων θεμελιωδών θεωριών, ανάλογη των αναθεωρήσεων που οδήγησαν στη διατύπωση της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας ή/και της Κβαντικής Μηχανικής.

Χαρακτηριστικές του πολύ μεγάλου διεθνούς ενδιαφέροντος για το εν λόγω θέμα, είναι οι μελέτες δύο διακρατικών ομάδων εργασίας: Η πρώτη ομάδα (Albrecht et al. 2006) έχει συσταθεί από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών (USA Department of Energy), τη NASA και το αντίστοιχο Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών (USA National Science Foundation). Η δεύτερη (Peacock et al. 2006) έχει συσταθεί από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (European Space Agency). Στόχος και των δύο αυτών ομάδων είναι να συμβουλέψουν τους προαναφερθέντες (χρηματοδοτικούς) οργανισμούς, όσον αφορά στις πιο αποδοτικές μεθοδολογίες και στα πειράματα που άπτονται της μελέτης της σκοτεινής ενέργειας. Αποτέλεσμα των εισηγήσεων των δύο αυτών ομάδων ήταν η λήψη αποφάσεων, για τη διενέργεια μεγάλων και δαπανηρών πειραμάτων, με στόχο τον εντοπισμό της φύσης (πιο συγκεκριμένα, της καταστατικής εξίσωσης) της σκοτεινής ενέργειας, όπως, π.χ., η *Joint Dark Energy Mission* της NASA, <http://jdem.gsfc.nasa.gov/>, ο *Euclides* της ESA, <http://sci.esa.int/science-e>, η (ευρείας διεθνούς συνεργασίας) *Dark Energy Survey* <https://www.darkenergysurvey.org/>, κ.α..

Στο πλαίσιο των παραπάνω ερευνητικών προσπαθειών, πριν από τέσσερα χρόνια προτείναμε τη μελέτη ενός **πρωτότυπου σεναρίου**, το οποίο είναι ιδιαίτερα ελκυστικό για την απλότητά του. Τα αποτελέσματα της εν λόγω μελέτης, η οποία χρηματοδοτήθηκε από την Επιτροπή Εκπαίδευσης και Ερευνών του (τότε επονομαζόμενου) ΤΕΙ Σερρών, οδήγησαν σε **δύο** δημοσιεύσεις, οι οποίες έγιναν δεκτές με ιδιαίτερα κολακευτικά σχόλια, στο διεθνούς κύρους επιστημονικό περιοδικό με κριτές *Astronomy & Astrophysics*, το οποίο έχει συντελεστή επιστημονικού αντίκτυπου **4,587** (Kleidis & Spyrou 2011 και Kleidis & Spyrou 2015). Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, η σκοτεινή ενέργεια αποτελεί τη μακροσκοπική εκδήλωση της ενέργειας των εσωτερικών βαθμών ελευθερίας της σκοτεινής ύλης.

Η **σκοτεινή ύλη** αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό (85%) της μάζας του υλικού περιεχομένου του Σύμπαντος και το 23% του συνολικού ποσοστού της ύλης-ενέργειάς του (δες, π.χ., Komatsu et al. 2009). Κατά συνέπεια, είναι η κύρια υπεύθυνη για τη σταθερότητα των δομών μεγάλης και πολύ μεγάλης κλίμακας, δηλαδή των γαλαξιών και των σμηνών γαλαξιών (δες, π.χ., Hooper 2009). Και σ' αυτήν την περίπτωση, το επίθετο «σκοτεινή» αντικατοπτρίζει την άγνοιά μας για τη φύση του εν λόγω κοσμικού συστατικού, για το οποίο οι επιστήμονες συμφωνούν στο ότι αποτελείται από σωματίδια σχετικά μεγάλης μάζας, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μόνο μέσω της ασθενούς πυρηνικής δύναμης (WIMPs). Για το λόγο αυτό, η ενεργός διατομή, που αφορά στις μεταξύ τους συγκρούσεις, αναμένονταν ιδιαίτερα μικρή (δες, π.χ., Olive 2003).

Όμως, πρόσφατες παρατηρήσεις ανιχνευτών σωματιδίων μεγάλης ενέργειας και εξωγήινης προέλευσης, όπως, π.χ., αυτοί των επιστημονικών προγραμμάτων ATIC (Chang et al. 2008) και PAMELA (Andriani et al. 2009), σε συνδυασμό με την ανάλυση νέων δεδομένων (Hooper, Finkbeiner & Dobler 2007) που συλλέχθηκαν από

το δορυφόρο WMAP, υπέδειξαν ότι η παραπάνω άποψη δεν είναι απόλυτα ακριβής. Με άλλα λόγια, είναι πλέον πιθανόν ότι, η σκοτεινή ύλη αποτελείται από σωματίδια τα οποία συγκρούονται μεταξύ τους **πολύ συχνότερα** απ' όσο νομίζαμε μέχρι σήμερα. Οι εν λόγω παρατηρήσεις έρχονται να επιβεβαιώσουν σχετικά πρόσφατες αναλύσεις δεδομένων (Gilmore et al. 2007), που προέκυψαν από τη μελέτη ενός μεγάλου αριθμού γαλαξιών - νάνων, σύμφωνα με τις οποίες η σκοτεινή ύλη δεν είναι τόσο «*ψυχρή*» όσο πιστεύαμε μέχρι σήμερα (η θερμοκρασία των – αυστηρά καθορισμένης ελάχιστης γραμμικής κλίμακας – συγκεντρώσεών της είναι της τάξης των $10000 \text{ }^\circ\text{K}$), με αποτέλεσμα, τώρα πια, να **της αποδίδονται και κάποιου είδους θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά**. Στην περίπτωση αυτή, το υλικό περιεχόμενο του Σύμπαντος δεν αποτελείται πλέον από «*σκόνη*», όπως πιστεύαμε μέχρι σήμερα, αλλά από ένα ρευστό με μικρή (μεν, αλλά πάντως υπαρκτή) πίεση, *p*. Ακολούθως, οι διάφορες κινήσεις μέσα στο Σύμπαν δεν αντιστοιχούν πλέον σε γεωδαισιακές τροχιές σημειακών σωματιδίων, αλλά σε υδροδυναμικές ροές των στοιχείων όγκου του εν λόγω ρευστού.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ότι, κατά τον προσδιορισμό του συνολικού βαρυτικού πεδίου του Σύμπαντος (δηλαδή τη συναρτησιακή έκφραση του μετρικού τανυστή), θα πρέπει να συμπεριλάβουμε ακόμη έναν όρο στο δεξί μέλος των εξισώσεων Einstein, ο οποίος αντιστοιχεί στην **ενέργεια των εσωτερικών κινήσεων του ρευστού** (δες, π.χ., Fock 1959).

Στο παραπάνω πλαίσιο, υπό την υπόθεση **ισόθερμων** κοσμολογικών ροών, οι Kleidis και Spyrou (2011) έδειξαν ότι, πράγματι, η εισαγωγή του συγκεκριμένου όρου, τροποποιεί τη συναρτησιακή μορφή του μετρικού τανυστή (σε σχέση με την αντίστοιχη του μοντέλου σκόνης), με αντίκτυπο σε μια σειρά ποσοτήτων κοσμολογικής σημασίας, όπως είναι η «*παράμετρος κοσμολογικής μετάθεσης προς το ερυθρό*», η «*απόσταση λαμπρότητας*», η «*παράμετρος Hubble*» και η «*παράμετρος επιβράδυνσης*». Αυτό είχε, εν τέλει ως αποτέλεσμα, η θεωρητικώς υπολογισμένη καμπύλη της απόστασης λαμπρότητας των φωτεινών πηγών κοσμολογικής προέλευσης να συμφωνεί πλήρως με την παρατηρούμενη κατανομή των υπερκαινοφανών αστερών τύπου Ia.

Παρόλ' αυτά, όμως, όπως αναγνωρίστηκε από τους ίδιους τους συγγραφείς της εν λόγω εργασίας, η συμφωνία μεταξύ θεωρίας και παρατήρησης είναι ακριβής μόνο στην περίπτωση όπου η σκοτεινή ύλη αποτελείται από ταχέως κινούμενα (σχετικιστικά) σωματίδια και κάτι τέτοιο δε φαίνεται να συμφωνεί με την παρατηρούμενη κατανομή των δομών μεγάλης κλίμακας στο Σύμπαν (δες, π.χ., Olive 2003, Hooper 2009). Στην προσπάθειά μας να αντιμετωπίσουμε την παραπάνω αντίφαση, παρατηρήσαμε ότι, εν τέλει, οι **πολυτροπικές** ροές του υλικού περιεχομένου του Σύμπαντος φαίνεται πως έχουν πολύ περισσότερο φυσικό περιεχόμενο από τις αντίστοιχες ισόθερμες (Kleidis και Spyrou 2015).

3. Ανάλυση της επιστημονικής μεθόδου και φάσεις εργασίας (παραδοτέα)

Περίπου δέκα χρόνια πριν, δύο ανεξάρτητες ερευνητικές ομάδες αστροφυσικών, αναλύοντας τα δεδομένα που συνέλλεξαν από την παρατήρηση μακρινών υπερκαινοφανών αστερών, κατέληξαν σ' ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα: Τα τελευταία 6.5 (τουλάχιστον) δισεκατομμύρια χρόνια το Σύμπαν διαστέλλεται μ' **επιταχυνόμενο ρυθμό**. Το αποτέλεσμα αυτό, οδήγησε στην απονομή του Βραβείου Nobel Φυσικής 2011, στους εμπνευστές του αντίστοιχου πειράματος.

Τι είναι, όμως, αυτό που προκαλεί την επιτάχυνση της διαστολής του Σύμπαντος; Οι επιστήμονες συμφώνησαν ότι, για να εξηγηθεί η επιταχυνόμενη κοσμική διαστολή, το συνολικό απόθεμα ύλης και ενέργειας του Σύμπαντος θα πρέπει να κυριαρχείται από μια (άγνωστη προς το παρόν) μορφή ενέργειας, η οποία προκαλεί **βαρυτική άπωση**. Το όνομά της είναι ευρύτατα πλέον γνωστό, ακόμη και στο μη ειδικό κοινό, λόγω της άνευ προηγουμένου κάλυψης του θέματος από τα ΜΜΕ και συμπυκνώνεται σε δύο λέξεις: **Σκοτεινή Ενέργεια** (dark energy). Σήμερα, μια δεκαετία μετά την πλήρη επιβεβαίωση της ύπαρξής της, η φύση (και η Φυσική) αυτής της άγνωστης μορφής ενέργειας συνιστά το πλέον θεμελιώδες, πρώτης γραμμής ενδιαφέροντος επιστημονικό πρόβλημα της σύγχρονης Κοσμολογίας.

Στο παρόν ερευνητικό πρόγραμμα, προτείνουμε τη μελέτη ενός σεναρίου, το οποίο είναι ιδιαίτερα ελκυστικό για την απλότητά του. Σύμφωνα με αυτό, η σκοτεινή ενέργεια αποτελεί τη μακροσκοπική εκδήλωση της εσωτερικής ενέργειας των **αδιαβατικών ροών** ενός ρευστού αποτελούμενου, κατά κύριο λόγο, από σκοτεινή ύλη.

Πράγματι, πρόσφατες παρατηρήσεις ανιχνευτών σωματιδίων μεγάλης ενέργειας και εξωγήινης προέλευσης, όπως, π.χ., αυτοί των επιστημονικών προγραμμάτων ATIC και PAMELA, σε συνδυασμό με την ανάλυση νέων δεδομένων που συλλέχθηκαν από το δορυφόρο WMAP, υποδεικνύουν ότι η σκοτεινή ύλη αποτελείται από σωματίδια τα οποία συγκρούονται μεταξύ τους πολύ συχνότερα απ' όση νομίζαμε μέχρι σήμερα. Οι εν λόγω παρατηρήσεις έρχονται να ενισχύσουν τα αποτελέσματα της (από διετίας) μελέτη μας, σύμφωνα με την οποία η σκοτεινή ύλη διαθέτει και κάποιου είδους θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά.

Στην περίπτωση αυτή, το υλικό περιεχόμενο του Σύμπαντος δεν αποτελείται πλέον από «σκόνη», όπως πιστεύαμε μέχρι σήμερα, αλλά από ένα ρευστό με μικρή πίεση, p . Ακολούθως, οι διάφορες κινήσεις μέσα στο Σύμπαν δεν αντιστοιχούν πλέον σε γεωδαισιακές τροχιές σημειακών σωματιδίων, αλλά σε πολυτροπικές ροές των στοιχείων όγκου του εν λόγω ρευστού.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ότι, κατά τον προσδιορισμό του συνολικού βαρυτικού πεδίου του Σύμπαντος (δηλαδή τη συναρτησιακή έκφραση του μετρικού τανυστή), θα πρέπει να συμπεριλάβουμε ακόμη έναν όρο στο δεξί μέλος των εξισώσεων Einstein, ο οποίος αντιστοιχεί στην **ενέργεια των πολυτροπικών εσωτερικών κινήσεων του κοσμικού ρευστού**. Είναι προφανές ότι, η εισαγωγή του συγκεκριμένου όρου, θα τροποποιήσει τη συναρτησιακή μορφή του μετρικού τανυστή σε σχέση με την αντίστοιχη του προηγούμενου μοντέλου των ισόθερμων ροών (δες, π.χ., Kleidis & Spyrou 2011, 2015), κάτι που αναμένεται πως, για μια ακόμη φορά, θα έχει αντίκτυπο σε μια σειρά ποσοτήτων κοσμολογικής σημασίας, όπως είναι η «*παράμετρος κοσμολογικής μετάθεσης προς το ερυθρό*», η «*απόσταση λαμπρότητας*», η «*παράμετρος Hubble*» και η «*παράμετρος επιβράδυνσης*».

Οι φάσεις της εργασίας που έχουν προγραμματιστεί να πραγματοποιηθούν στο πλαίσιο του παραπάνω θεωρητικού προτύπου, έχουν ως εξής:

Ανάπτυξη του μαθηματικού υποβάθρου που αφορά σ' ένα **χωρικά επίπεδο** κοσμολογικό πρότυπο του τύπου Robertson-Walker, στο οποίο το υλικό περιεχόμενο αντιστοιχεί σ' ένα τέλειο κοσμολογικό ρευστό, αποτελούμενο (κυρίως) από σκοτεινή ύλη. Στην περίπτωση αυτή, η σχέση μεταξύ της πίεσης, p , και της πυκνότητας, ρ , του κοσμικού ρευστού δίδεται μέσω της **πολυτροπικής εξίσωσης κατάστασης** $p = k\rho^\gamma$, όπου k είναι μια θετική σταθερά, η οποία σχετίζεται με την εντροπία, και γ είναι ο

επονομαζόμενος αδιαβατικός δείκτης, ο οποίος, σε ένα τέλειο ρευστό, είναι συνάρτηση των εσωτερικών βαθμών ελευθερίας των συστατικών του εν λόγω ρευστού. Εφόσον η σκοτεινή ύλη κατέχει κάποιου είδους θερμοδυναμικές ιδιότητες, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον **πρώτο θερμοδυναμικό νόμο** (στον καμπύλο χωρόχρονο) για να προσδιορίσουμε τη συναρτησιακή έκφραση της ενέργειας των εσωτερικών κινήσεων του κοσμικού ρευστού, ως συνάρτηση της πυκνότητας, ρ . Ακολούθως, από την **εξίσωση συνέχειας** μπορούμε να προσδιορίσουμε την εξέλιξη της πυκνότητας του υλικού περιεχομένου του Σύμπαντος ως συνάρτηση του **παράγοντα κλίμακας**, S (το μέγεθος του Σύμπαντος σε κάθε χρονική στιγμή, συγκρινόμενο με την τιμή του κατά τη σημερινή εποχή). Κατόπιν, εισάγοντας τα αποτελέσματα αυτά στο δεξί μέλος των αντίστοιχων **εξισώσεων Einstein** (στην περίπτωση μας, το σύστημα των διαφορικών εξισώσεων Friedmann με μηδενική κοσμολογική σταθερά), θα επιχειρήσουμε να τις επιλύσουμε, για να βρούμε τη συναρτησιακή έκφραση του S ως προς το «σύμμορφο» χρόνο, η .

Η χρήση της συνάρτησης $S(\eta)$, θα μας επιτρέψει να προσδιορίσουμε μια πληθώρα παρατηρησιακών μεγεθών κοσμολογικής σημασίας, όλα εξαρτώμενα από την **παραμέτρο της κοσμολογικής μετάθεσης προς το ερυθρό**, z , όπως είναι η **απόσταση λαμπρότητας**, $d_L(z)$, και το αντίστοιχο **μέτρο απόστασης**, $\mu(z)$, των φωτεινών πηγών που βρίσκονται σε αποστάσεις κοσμολογικής κλίμακας, καθώς επίσης και τις **παραμέτρους Hubble**, $H(z)$, και **επιβράδυνσης**, $q(z)$, οι οποίες χαρακτηρίζουν την κοσμική διαστολή, ή/και την εξέλιξη του Σύμπαντος, εν γένει. Ακολούθως, θα πρέπει να προβούμε σε έλεγχο της συμβατότητας του προτεινόμενου μοντέλου με τις πρόσφατες παρατηρήσεις κοσμολογικής σημασίας, όπως, π.χ., τα παρατηρησιακά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη μακρινών υπερκαινοφανών αστεριών τύπου Ia.

Παραδοτέα – Δημοσίευση αποτελεσμάτων: Τα αποτελέσματα του εν λόγω ερευνητικού προγράμματος θα υποβληθούν προς δημοσίευση στο διεθνούς κύρους επιστημονικό περιοδικό με κριτές Entropy, το οποίο περιλαμβάνεται στο τεταρτημόριο **Q2** της δικτυακής πύλης SCImago Journal & Country Rank (<http://www.scimagojr.com>) και έχει συντελεστή επιστημονικού αντίκτυπου (impact factor): **1,502**.

4. Σύνθεση της ομάδας και απασχόληση του κάθε μέλους

1) Dr. Κων/νος Κλειδής, Επίκουρος Καθηγητής, Πρόεδρος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., ΣΤΕΦ/ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, κύριος ερευνητής και συντονιστής του έργου.

2) Dr. Νικόλαος Κ. Σπύρου, Ομότιμος Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής ΣΘΕ/ΑΠΘ, π. Διευθυντής του Εργαστηρίου Αστρονομίας, κύριος ερευνητής.

Οι δύο κύριοι ερευνητές θα διεκπεραιώσουν, τόσο το ερευνητικό μέρος του έργου, όσο και τη συγγραφή της εργασίας.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Το προσωπικό που θα προσληφθεί αποκλειστικά για το έργο, να επισημανθεί με αστερίσκο (*). Αν δεν έχουν προσδιοριστεί ακόμα τα πρόσωπα, αναφέρεται ειδικότητα και αναγκαία προηγούμενη πείρα.

5. Προηγούμενες εργασίες σχετικές με το θέμα στην Ελλάδα και διεθνώς-Βιβλιογραφία

1. Albrecht, A., et al. [Dark Energy Task Force]: *Report of the dark energy task force*, arXiv: astro-ph/0609591 (2006).
2. Adriani, O., et al. [PAMELA Collaboration]: *An anomalous positron abundance in cosmic rays with energies 1.5 - 100 GeV*, Nature **458**, 607-609 (2009).
3. Astier, P., et al. [SNLS Collaboration]: *The Super-Nova Legacy Survey: Measurement of Ω_M , Ω_Λ and w from the first year data set*, A&A **447**, 31-48 (2006).
4. Chang, J., et al. [ATIC Collaboration]: *An excess of cosmic-ray electrons at energies of 300 - 800 GeV*, Nature **456**, 362-365 (2008).
5. de Bernardis, P., et al. [BOOMERanG Collaboration]: *A flat Universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation*, Nature **404**, 955-959 (2000).
6. Fock, V.: *The theory of space, time and gravitation*, Pergamon Press, London (1959), pp. 81 - 84 and 90 - 94.
7. Gilmore, G., Wilkinson, M. I., Wyse, R. F. G., et al.: *The observed properties of dark matter on small spatial scales*, Astrophys. J. **663**, 948 - 959 (2007).
8. Hicken, M., Wood-Vasey, M., Blondin, S., et al.: *Improved dark-energy constraints from 100 new CfA supernovae Type Ia light curves*, Astrophys. J. **700**, 1097-1140 (2009).
9. Hooper, D.: *TASI 2008 Lectures on Dark Matter*, arXiv: 0901.4090 [hep-ph] (2009).
10. Hooper, D., Finkbeiner, D. P., & Dobler, G.: *Possible evidence for dark-matter annihilations from the excess microwave emission around the centre of the galaxy seen by the Wilkinson microwave anisotropy probe*, Phys. Rev. **D 76**, 083012(1)-083012(6) (2007).
11. Kleidis, K., & Spyrou, N. K.: *A conventional approach to the dark-energy concept*, A&A **529**, A26 (2011).
12. Kleidis, K., & Spyrou, N. K.: *Polytropic DM flows illuminate DE and accelerated expansion*, A&A **576**, A23 (2015).
13. Komatsu, E., et al. [WMAP Collaboration]: *Five - years Wilkinson microwave anisotropy probe observations: Cosmological interpretation*, Astrophys. J. Suppl. Series **180**, 330-376 (2009).

14. Kowalski, M., et al. [Supernova Cosmology Project Group]: *Improved cosmological constraints from new, old, and combined supernova data-sets*, *Astrophys. J.* **686**, 749-778 (2008).
15. Olive, K. A.: *TASI 2002 Lectures on Dark Matter*, arXiv:astro-ph/0301505 (2003).
16. Peacock, J. A., et al. [ESA-ESO Working Group on Fundamental Cosmology]: *Report of the ESA-ESO working group on fundamental Cosmology*, arXiv:astro-ph/0610906 (2006).
17. Perlmutter, S., et al. [Supernova Cosmology Project Collaboration]: *Measurements of Ω and Λ from 42 high-redshift supernovae*, *Astrophys. J.* **517**, 565-586 (1999).
18. Riess, A. G., et al. [High-z Supernova Search Team]: *Observational evidence from supernovae for an accelerating Universe and a cosmological constant*, *Astron. J.* **116**, 1009-1038 (1998).
19. Riess, A. G., et al. [High-z Supernova Search Team]: *Type Ia supernova discoveries at redshifts $z > 1$ from the Hubble space telescope: Evidence for past deceleration and constraints on dark-energy evolution*, *Astrophys. J.* **607**, 665-687 (2004).
20. Riess, A. G., et al. [High-z Supernova Search Team]: *New Hubble space telescope discoveries of Type Ia supernovae at $z = 1$: Narrowing constraints on the early behavior of dark energy*, *Astrophys. J.* **659**, 98-121 (2007).
21. Spergel, D. N., et al. [WMAP Collaboration]: *First-year Wilkinson microwave anisotropy probe (WMAP) observations: Determination of cosmological parameters*, *Astrophys. J. Suppl. Series* **148**, 175-194 (2003).
22. Wood-Vasey, W. M., et al. [ESSENCE Supernova Survey Team]: *Observational constraints on the nature of dark energy: First cosmological results from the ESSENCE supernova survey*, *Astrophys. J.* **666**, 694-715 (2007).

6. Ανάλυση της σκοπιμότητας και του αναμενόμενου οφέλους

Η αναζήτηση της φύσης της σκοτεινής ενέργειας, αποτελεί σήμερα ένα ραγδαία εξελισσόμενο, πρώτης γραμμής ενδιαφέροντος ερευνητικό πεδίο, και, παρά την πλούσια διεθνή βιβλιογραφία, το θέμα βρίσκεται μακράν του να έχει εξαντληθεί. Στο πλαίσιο αυτό, η προτεινόμενη μελέτη φιλοδοξεί να ρίξει φως σε πολλά επιστημονικά θέματα, τα οποία αποτελούν την αιχμή της σύγχρονης έρευνας και μπορούν να παράσχουν το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την κατανόηση προβλημάτων που σχετίζονται με τη μελέτη του Σύμπαντος ως σύνολο. Σε κάθε περίπτωση, η συμμετοχή επιστημονικού προσωπικού του TEI Κεντρικής Μακεδονίας σε

καινοτόμα, πρώτης γραμμής ενδιαφέροντος επιστημονικά – ερευνητικά προγράμματα, και η απόκτηση του αντίστοιχου *know how*, συνιστά από μόνη της ένα μεγάλο όφελος για το σύνολο του Τεχνολογικού Τομέα της Ανώτατης Εκπαίδευσης στην Ελλάδα.

7. Διάρθρωση - Αιτιολόγηση προϋπολογισμού του έργου

Οι δαπάνες για την υλοποίηση του παρόντος ερευνητικού έργου αφορούν:

(α) Σε δαπάνες για έξοδα δημοσίευσης - 1400 Ελβετικά Φράγκα (1285 €), με βάση την κοστολόγηση του περιοδικού *Entropy*. Τόσο η συμβολή του Επιστημονικώς Υπευθύνου κ. Κωνσταντίνου Κλειΐδη όσο και αυτή του π. Διευθυντή του Εργαστηρίου Αστρονομίας του ΑΠΘ και Ομότιμου Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ, κ. Ν. Κ. Σπύρου, παρέχονται *αμισθί*.

(β) Αναλώσιμα χρήσης Η/Υ, άκρως απαραίτητα για την παραγωγή επιστημονικών δημοσιεύσεων, οι οποίες και αποτελούν τα **παραδοτέα** του έργου.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι, τον προϋπολογισμό του προταθέντος ερευνητικού έργου **δε** βαρύνουν δαπάνες για τη χρήση εργαστηριακού εξοπλισμού, καθώς θα χρησιμοποιηθεί ο υφιστάμενος εξοπλισμός του ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, ο οποίος επαρκεί (και με το παραπάνω) για την επιτυχή περάτωση του συγκεκριμένου έργου.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ (σε ευρώ)

α/α	ΕΙΔΟΣ ΔΑΠΑΝΗΣ (σε Ευρώ)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	ΠΟΡΟΙ ΕΙΔΙΚΟΥ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ	ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ (1)	ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. (2)
1	ΥΠΕΡ ΕΙΔΙΚΟΥ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ	-	-	-	-
2	ΑΜΟΙΒΕΣ α) Συντονιστή (Επιστημ. Υπεύθυνου.) β) Ερευν. Ομάδας γ) Συνεργατών - Βοηθών	-	-	-	-
3	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ α) Όργανα β) Πάγια γ) Χρήση εγκαταστάσεων & εξοπλισμού δ) Λοιπά	-	-	-	-
4	ΑΝΑΛΩΣΙΜΑ	200	200	-	-
5	ΒΙΒΛΙΑ	-	-	-	-
6	ΕΚΔΟΣΕΙΣ (Περιλαμβάνονται δακτυλογραφήσεις, φωτοτυπίες, κλπ)	1300	1300	-	-
7	ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	-	-	-	-
8	ΔΙΑΦΟΡΑ	-	-	-	-
9	ΜΙΣΘΩΣΕΙΣ	-	-	-	-
	ΣΥΝΟΛΟ	1500	1500	-	-

(1) Χρηματοδότηση από φορείς εκτός του ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας.

(2) Χρηματοδότηση από το ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, εξαιρουμένων, όμως, των πόρων του ειδικού λογαριασμού της Επιτροπής Εκπαίδευσης & Ερευνών.

Ο

Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου

Dr. Κων/νος Κλεϊδης

**Επίκουρος Καθηγητής
του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.**